

## · 临床研究 ·

## 甘油三酯葡萄糖指数和血浆致动脉粥样硬化指数对冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗后再次血运重建的预测价值

吴迅<sup>1,2</sup>, 崔建国<sup>2</sup>, 杨霞<sup>2</sup>, 钱赓<sup>2</sup>, 金琴花<sup>1,2\*</sup><sup>(1)</sup> 解放军医学院, 北京 100853; <sup>(2)</sup> 中国人民解放军总医院第一医学中心心血管内科, 北京 100853)

**【摘要】目的** 探讨甘油三酯葡萄糖(TyG)指数和血浆致动脉粥样硬化指数(AIP)对冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后再次血运重建的预测价值。**方法** 回顾性分析2018年1月至2020年1月于中国人民解放军总医院第一医学中心接受药物洗脱支架植入后进行冠状动脉造影复查的787例冠心病患者的临床资料。根据是否需要再次血运重建,将患者分为再次血运重建组(315例)和非再次血运重建组(472例)。使用SPSS 25.0和R 4.1.3软件进行统计分析。根据数据类型,组间比较分别采用秩和检验、 $\chi^2$ 检验或Fisher精确检验。采用单变量Cox回归分析再次血运重建的影响因素。采用多变量Cox比例风险回归分析TyG指数和AIP是否为再次血运重建的独立预测因子。绘制时间依赖性受试者工作特征(ROC)曲线,并使用曲线下面积(AUC)分析TyG指数和AIP对冠心病患者PCI后再次血运重建的预测价值。**结果** 再次血运重建组与非再次血运重建组左室射血分数、吸烟史、白细胞计数、血小板计数、空腹血糖、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、系统性免疫炎症指数(SII)、TyG指数和AIP比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$ )。单变量Cox回归分析发现,吸烟史、心房颤动、白细胞计数、血小板计数、空腹血糖、总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇、SII、TyG指数及AIP是再次血运重建的危险因素,左室射血分数、高密度脂蛋白胆固醇是再次血运重建的保护因素。多变量Cox比例风险回归分析显示,在调整混杂因素后,TyG指数和AIP的增加仍与再次血运重建风险相关。Kaplan-Meier生存曲线分析显示,再次血运重建的累计发病率在TyG指数和AIP的第三分位数组明显高于第一及第二分位数组(均 $P_{\log\text{-rank}} < 0.001$ )。时间依赖性ROC曲线分析显示,TyG指数预测再次血运重建的AUC为0.571~0.618,AIP预测再次血运重建的AUC为0.573~0.605,TyG指数与AIP联合预测再次血运重建的AUC为0.577~0.614。**结论** TyG指数和AIP对冠心病患者PCI后再次血运重建事件有较好的预测价值。

**【关键词】** 冠心病;甘油三酯葡萄糖指数;血浆致动脉粥样硬化指数;再次血运重建**【中图分类号】** R541.4**【文献标志码】** A**【DOI】** 10.11915/j.issn.1671-5403.2024.05.069**Predictive value of triglyceride-glucose index and atherogenic index of plasma for revascularization events in coronary artery disease patients after percutaneous coronary intervention**Wu Xun<sup>1,2</sup>, Cui Jianguo<sup>2</sup>, Yang Xia<sup>2</sup>, Qian Geng<sup>2</sup>, Jin Qinhua<sup>1,2\*</sup><sup>(1)</sup> Medical School of Chinese PLA, Beijing 100853, China; <sup>(2)</sup> Department of Cardiology, First Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

**【Abstract】 Objective** To explore the predictive value of triglyceride-glucose (TyG) index and atherogenic index of plasma (AIP) for revascularization after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with coronary heart disease (CHD). **Methods** A retrospective analysis was conducted on 787 CHD patients undergoing coronary angiography in follow-up after drug-eluting stent implantation at the First Medical Center of Chinese PLA General Hospital from January 2018 to January 2020. According to need for revascularization or not, they were divided into a revascularization group (315 cases) and a non-revascularization group (472 cases). SPSS 25.0 and R 4.1.3 software were used for statistical analysis. Based on data type, rank sum test, *Chi-square* test or Fisher exact test was used for comparison between groups. Univariate Cox regression analysis was utilized to analyze the influencing factors for revascularization, and multivariate Cox proportional hazard regression analysis was applied to analyze whether TyG index and AIP are independent predictors of revascularization. A time-dependent receiver operating characteristics (ROC) curve was plotted, and the area under the curve (AUC) was employed to identify the predictive values of TyG index and AIP for revascularization after PCI. **Results** There were significant differences between the revascularization group and the non-revascularization group in terms of left ventricular ejection

收稿日期: 2023-11-16; 接受日期: 2024-02-19

基金项目: 中华心血管病发展专项基金(Z-2019-42-1908-2)

通信作者: 金琴花, E-mail: jinqh301@163.com

fraction (LVEF), smoking history, white blood cell (WBC) count, platelet (PLT) count, fasting blood glucose (FBG), total cholesterol (TC), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), systemic immune-inflammation index (SII), TyG index, and AIP (all  $P < 0.05$ ). Univariate Cox regression analysis found that, history of atrial fibrillation, smoking history, WBC count, PLT count, FBG, TC, TG, LDL-C, SII, TyG index, and AIP were risk factors for revascularization, while LVEF and HDL-C was a protective factor for revascularization. Multivariate Cox proportional hazards regression analysis showed that after adjusting for confounding factors, the increases in TyG index and AIP were still associated with the risk of revascularization. Kaplan-Meier survival curve analysis indicated that the cumulative incidence rate of revascularization was significantly higher in the third quantile array of TyG index and AIP than in the first and second quantile arrays (all  $P_{\log \text{rank}} < 0.001$ ). Time-dependent ROC curve analysis revealed that in predicting revascularization, the AUC value of TyG index ranged from 0.571 to 0.618, that of AIP predicts was from 0.573 to 0.605, and the value of their combination was from 0.577 to 0.614 for revascularization. **Conclusion** TyG index and AIP have good predictive value for revascularization events in CHD patients after PCI.

**【Key words】** coronary heart disease; triglyceride-glucose index; atherogenic index of plasma; revascularization  
This work was supported by the Special Fund of Chinese Cardiovascular Disease Development (Z-2019-42-1908-2).  
Corresponding author: Jin Qinhua, E-mail: jinqh301@163.com

《中国心血管疾病与健康报告 2022》指出,我国现有冠心病患者 1 139 万,且心血管疾病负担仍持续增加<sup>[1]</sup>。近年来,随着冠心病二级预防策略的推广、药物治疗的更新、经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)特别是药物洗脱支架(drug eluting stent, DES)的进步,极大改善了冠心病患者的预后。然而,PCI后仍有约 20% 的患者发生支架内再狭窄或新的血管严重狭窄病变,需进行再次介入治疗<sup>[2-4]</sup>。PCI后再次血运重建的诱因及潜在机制复杂,尚未完全确定。进一步识别和控制再次血运重建的危险因素可能有助于减少再次血运重建的发生。有研究指出,由空腹甘油三酯(triglyceride, TG)和空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)生成的甘油三酯葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数与由 TG 和高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)组成的新型血脂指标血浆致动脉粥样硬化指数(atherogenic index of plasma, AIP)可能是动脉粥样硬化和心血管疾病的重要预测因子<sup>[5,6]</sup>。然而, TyG 指数及 AIP 与 PCI 后中远期再次血运重建事件之间的相关性,尚未有研究进行验证。因此,本研究拟探讨 TyG 指数与 AIP 对冠心病患者 PCI 后中远期再次血运重建事件的预测价值。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取 2018 年 1 月至 2020 年 1 月在中国人民解放军总医院第一医学中心心血管内科住院接受 DES 植入后进行冠状动脉造影随访的 787 例冠心病患者为研究对象。根据复查冠状动脉造影时是否需要再次血运重建,分为再次血运重建组(315 例)和非再次血运重建组(472 例)。纳入标准:(1)临床资料完整;(2)于我院初次造影发现单支血管严重狭窄并行 DES 植入术,术后支架膨胀良好,残余狭窄 <

30%,于术后 1~10 年再发不稳定型心绞痛或急性心肌梗死入院复查冠状动脉造影。排除标准:(1)两次造影时间间隔 <1 年或 >10 年;(2)第一次造影发现左主干病变、多支血管严重狭窄或  $\geq 2$  支主要冠状动脉血管行介入治疗;(3)合并严重感染、肝肾功能不全;(4)合并血液系统疾病、免疫疾病或恶性肿瘤。

### 1.2 方法

收集患者一般资料,包括入院时年龄、性别、体质质量指数(body mass index, BMI)、左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、收缩压、舒张压、心率、心血管危险因素(高血压、糖尿病、吸烟史、饮酒史、卒中史、房颤史)、诊断及用药史。留取患者冠状动脉造影术前空腹血样,送检验科完成样本化验,收集患者实验室指标,包括单核细胞、白细胞、血小板、平均血小板体积、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸氨基转移酶、FBG、估算肾小球滤过率、尿酸、总胆固醇(total cholesterol, TC)、TG、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)及 HDL-C。TyG 指数 =  $\ln[\text{FBG}(\text{mg/dl}) \times \text{空腹 TG}(\text{mg/dl})/2]$ <sup>[5]</sup>。AIP =  $\log(\text{TG}/\text{HDL-C})$ 。系统性免疫炎症指数(systemic immune-inflammation index, SII) = 血小板计数  $\times$  中性粒细胞计数 / 淋巴细胞计数。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS 25.0 和 R 4.1.3 软件进行统计分析。计量资料均呈非正态分布者,以中位数(四分位数间距)[ $M(Q_1, Q_3)$ ]表示,组间比较采用秩和检验。计数资料以例数(百分率)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。绘制 Kaplan-Meier 生存曲线,并通过对数秩检验评估显著性。采用单变量 Cox 回归分析再次血运重建的影响因素。采用多变量 Cox 比例风险回归分析确定 TyG 指数和 AIP 是否为再次血运重建事件发生的独立预测因子。绘制时间依赖性受试者工作特征(receiver operating charac-

teristic, ROC) 曲线, 并使用曲线下面积 (area under curve, AUC) 分析 TyG 指数和 AIP 对冠心病患者 PCI 后再次血运重建的预测价值。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

本研究患者随访时间 12~120[34(19,57)]个月。

两组患者 LVEF、吸烟史、白细胞计数、血小板计数、FBG、TC、HDL-C、LDL-C、SII、TyG 指数及 AIP 比较, 差异均有统计学意义(P<0.05;表1)。

### 2.2 再次血运重建的单因素 Cox 回归分析

单因素 Cox 回归分析发现, 吸烟史、心房颤动、白细胞计数、血小板计数、FBG、TC、TG、LDL-C、SII、TyG 指数和 AIP 是再次血运重建的危险因素, LVEF 及 HDL-C 是再次血运重建的保护因素(均 P<0.05;表2)。

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between two groups

Item	Non-revascularization group (n=472)	Revascularization group (n=315)	P value
Age[ years, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	59.00(53.00, 65.75)	59.00(51.00, 66.00)	0.276
Gender[n(%) ]			0.612
Female	185(39.2)	130(41.3)	
Male	287(60.8)	185(58.7)	
BMI[ kg/m <sup>2</sup> , M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	26.00(23.90,28.10)	26.00(24.10,28.30)	0.547
SBP[ mmHg, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	130.00(119.25,143.00)	132.00(120.00,146.00)	0.344
DBP[ mmHg, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	73.00(65.00,80.00)	74.00(67.00,81.00)	0.110
HR[ beats/min, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	72.00(67.00,80.00)	73.00(67.00,80.00)	0.430
LVEF(% , M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	61.00(58.00,65.00)	60.00(56.00,63.00)	<0.001
Diagnosis[n(%) ]			0.269
AMI	87(18.4)	69(21.9)	
UA	385(81.6)	246(78.1)	
Risk factor[n(%) ]			
Hypertension	313(66.3)	220(69.8)	0.337
Diabetes mellitus	170(36.0)	120(38.1)	0.605
Smoking	137(29.0)	129(40.9)	<0.001
Alcohol drinking	121(25.6)	91(28.9)	0.354
Stroke	41(8.7)	30(9.5)	0.783
AF	18(3.8)	7(2.2)	0.298
Laboratory indicator[M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]			
Monocyte(%)	6.50(5.40,7.80)	6.70(5.40,7.90)	0.299
WBC(×10 <sup>9</sup> /L)	6.04(5.13,7.12)	6.32(5.46,7.70)	<0.001
Platelet count(×10 <sup>9</sup> /L)	195.00(159.25,230.00)	204.00(171.00,236.00)	0.034
MPV(fl)	10.50(9.80,11.10)	10.60(10.00,11.20)	0.104
ALT(U/L)	18.80(13.73,25.98)	19.10(13.30,25.70)	0.880
AST(U/L)	17.50(14.80,21.30)	17.50(14.20,22.20)	0.775
FBG(mmol/L)	5.52(4.89,7.01)	5.87(5.00,7.40)	0.033
eGFR[ ml/(min·1.73m <sup>2</sup> ) ]	94.03(77.51,114.48)	93.13(78.04,109.97)	0.238
Uric acid(μmol/L)	332.60(282.30,393.20)	343.30(289.65,402.70)	0.169
TC(mmo/L)	3.08(2.73,3.54)	3.27(2.80,3.91)	<0.001
TG(mmo/L)	1.20(0.89,1.62)	1.32(0.94,1.91)	0.237
HDL-C(mmo/L)	1.07(0.91,1.28)	1.00(0.84,1.19)	<0.001
LDL-C(mmo/L)	1.67(1.37,2.02)	1.83(1.43,2.41)	<0.001
SII	389.13(283.44,532.92)	414.23(306.01,579.23)	0.011
TyG index[M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	8.63(8.25,9.02)	8.78(8.36,9.31)	<0.001
AIP[M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	0.06(-0.12,0.22)	0.13(-0.06,0.32)	<0.001
Cardiovascular drug[n(%) ]			
Antiplatelet drug	464(98.3)	315(100.0)	0.050
Stains	470(99.6)	314(99.7)	>0.999
ACEI	179(37.9)	134(42.5)	0.222
β-blocker	305(64.6)	208(66.0)	0.740
Hypoglycemic drug	129(27.3)	106(33.6)	0.069
Follow-up time[ months, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ) ]	33(17,58)	36(21,57)	0.246

BMI: body mass index; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; HR: heart rate; LVEF: left ventricular ejection fraction; AMI: acute myocardial infarction; UA: unstable angina; AF: atrial fibrillation; WBC: white blood cell; MPV: mean platelet volume; ALT: alanine aminotransferase; AST: aspartate aminotransferase; FBG: fasting blood glucose; eGFR: estimated glomerular filtration rate; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; SII: systemic immune inflammation index; TyG: triglyceride-glucose; AIP: atherogenic index of plasma; ACEI: angiotensin converting enzyme inhibitor. 1 mmHg=0.133 kPa.

表 2 再次血运重建的单因素 Cox 回归分析

Table 2 Univariate Cox regression analysis of revascularization

Factor	HR(95%CI)	P value
Age	1.00(0.99-1.01)	0.983
Male	1.19(0.95-1.49)	0.134
BMI	1.01(0.97-1.04)	0.646
SBP	1.00(1.00-1.01)	0.217
DBP	1.01(1.00-1.02)	0.067
UA	1.10(0.84-1.43)	0.494
HR	1.00(0.99-1.01)	0.943
LVEF	0.99(0.97-1.00)	0.022
Smoking	1.51(1.20-1.89)	<0.001
Alcohol drinking	1.25(0.98-1.59)	0.077
Hypertension	1.21(0.95-1.54)	0.126
Diabetes mellitus	1.15(0.92-1.45)	0.216
Stroke	1.00(0.69-1.46)	0.989
AF	0.45(0.21-0.96)	0.039
Monocyte	0.95(0.91-1.00)	0.061
WBC	1.09(1.03-1.15)	0.005
Platelet count	1.01(1.00-1.03)	0.017
MPV	1.08(0.97-1.21)	0.145
ALT	1.00(1.00-1.01)	0.512
AST	1.00(1.00-1.01)	0.767
FBG	1.05(1.01-1.09)	0.027
eGFR	1.00(0.99-1.00)	0.397
Uric acid	1.00(1.00-1.00)	0.306
TC	1.26(1.11-1.44)	<0.001
TG	1.18(1.07-1.29)	<0.001
HDL-C	0.53(0.35-0.8)	0.002
LDL-C	1.29(1.12-1.50)	0.001
SII	1.02(1.01-1.03)	0.001
Stain	1.54(0.22-1.10)	0.665
ACEI	1.10(0.88-1.37)	0.411
β-blocker	0.94(0.75-1.19)	0.613
Hypoglycemic drug	1.21(0.96-1.53)	0.114
TyG index	1.42(1.19-1.70)	<0.001
AIP	2.25(1.54-3.30)	<0.001

BMI: body mass index; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; UA: unstable angina; HR: heart rate; LVEF: left ventricular ejection fraction; AF: atrial fibrillation; WBC: white blood cell; MPV: mean platelet volume; ALT: alanine aminotransferase; AST: aspartate aminotransferase; FBG: fasting blood glucose; eGFR: estimated glomerular filtration rate; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; SII: systemic immune inflammation index; ACEI: angiotensin converting enzyme inhibitor; TyG: triglyceride-glucose; AIP: atherogenic index of plasma.

### 2.3 再次血运重建的多因素 Cox 比例风险回归分析

TyG 指数与再次血运重建的多因素 Cox 比例风险回归分析显示,与 TyG 指数第一分位数组患者相比,第二和第三分位数组的 HR 分别为 0.88(95%CI 0.66~1.18)和 1.38(95%CI 1.05~1.81)。模型 2 中,TyG 指数每增加 1 个单位,再次血运重建风险增加 30%(趋势  $P=0.016$ )。

AIP 与再次血运重建的多因素 Cox 比例风险回归分析显示,与 AIP 第一分位数组患者相比,第二和第三分位数组中的 HR 分别为 0.91(95%CI 0.68~1.22)和 1.54(95%CI 1.17~2.03)。模型 3 中,AIP 每增加 1 个单位,再次血运重建风险增加 82%(趋势  $P=0.004$ ;表 3)。

表 3 再次血运重建的多因素 Cox 回归分析

Table 3 Multivariate Cox regression analysis of revascularization [HR(95%CI)]

Factor	Model 1	Model 2	Model 3
TyG index			
Per 1 Unit increase	1.42(1.19-1.70)**	1.30(1.08-1.56)*	1.06(0.83-1.36)
Tertile 1	1(reference)	1(reference)	1(reference)
Tertile 2	0.93(0.70-1.24)	0.88(0.66-1.18)	0.75(0.55-1.02)
Tertile 3	1.53(1.17-2.00)*	1.38(1.05-1.81)*	1.05(0.76-1.46)
P for trend	0.002	0.016	0.691
AIP index			
Per 1 Unit increase	2.37(1.59-3.53)**	1.94(1.30-2.91)*	1.82(1.18-2.80)*
Tertile 1	1(reference)	1(reference)	1(reference)
Tertile 2	0.95(0.71-1.28)	0.91(0.68-1.22)	0.89(0.66-1.20)
Tertile 3	1.72(1.31-2.26)**	1.54(1.17-2.03)*	1.47(1.11-1.93)*
P for trend	<0.001	0.001	0.004

Model 1: adjusted for age and gender. Model 2: adjusted for variables with  $P<0.05$  in univariate analysis, including LVEF, smoking, AF, WBC, platelet count, AST, SII. Blood glucose and lipid indicators such as FBG+TC+TG+LDL-C, HDL-C were not included. Model 3: for TyG index the model was further adjusted for TC+LDL-C+HDL-C; for AIP index, the model was further adjusted for FBG+TC+LDL-C. LVEF: left ventricular ejection fraction; AF: atrial fibrillation; WBC: white blood cell; AST: aspartate aminotransferase; SII: systemic immune inflammation index; FBG: fasting blood glucose; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol. \*  $P<0.05$ ; \*\*  $P<0.001$ .

### 2.4 不同水平 TyG 指数和 AIP 再次血运重建的 Kaplan-Meier 生存曲线分析

Kaplan-Meier 生存曲线显示,再次血运重建的累计发病率在 TyG 指数和 AIP 的三分位数中差异均有统计学意义,第三分位数组再次血运重建率明显高于第一分位数和第二分位数组(均  $P_{\log-rank}<0.001$ ;图 1)。

### 2.5 TyG 指数和 AIP 对再次血运重建的预测作用

时间依赖性 ROC 曲线分析显示,TyG 指数预测再次血运重建的 AUC 在 PCI 术后 4 年时达到 0.571,6 年时达到 0.575,8 年时达到 0.618;AIP 预测再次血运重建的 AUC 在 PCI 术后 4 年时达到 0.573,6 年时达到 0.605,8 年时达到 0.593。TyG 指数和 AIP 联合预测再次血运重建的 AUC 在 PCI 术后 4 年时达到 0.577,6 年时达到 0.598,8 年时达到 0.614(图 2)。



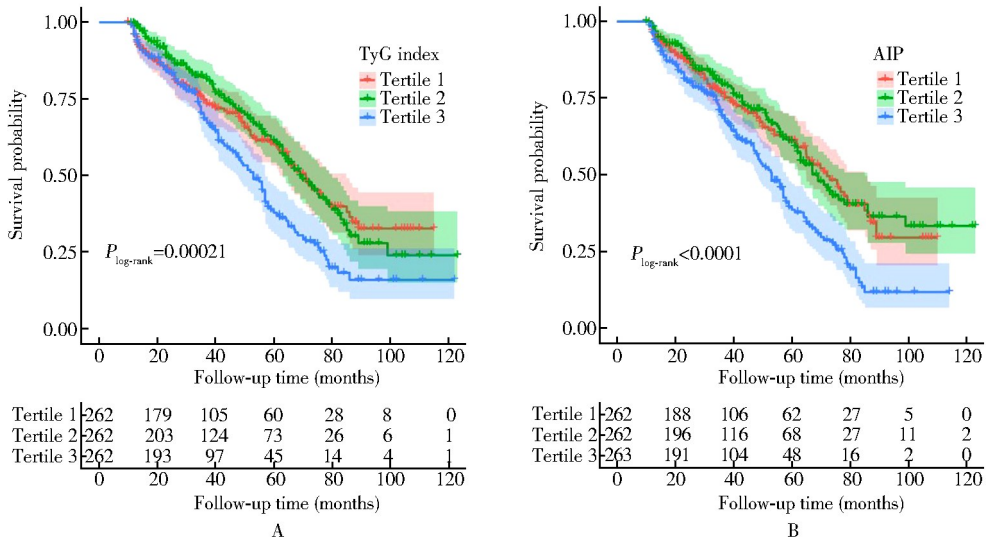


图1 TyG 指数 (A) 和 AIP (B) 三分位数中再次血运重建的 Kaplan-Meier 生存曲线分析

Figure 1 Kaplan-Meier survival curve analysis of revascularization in TyG index (A) and AIP (B) triquartiles

TyG: triglyceride-glucose; AIP: atherogenic index of plasma.

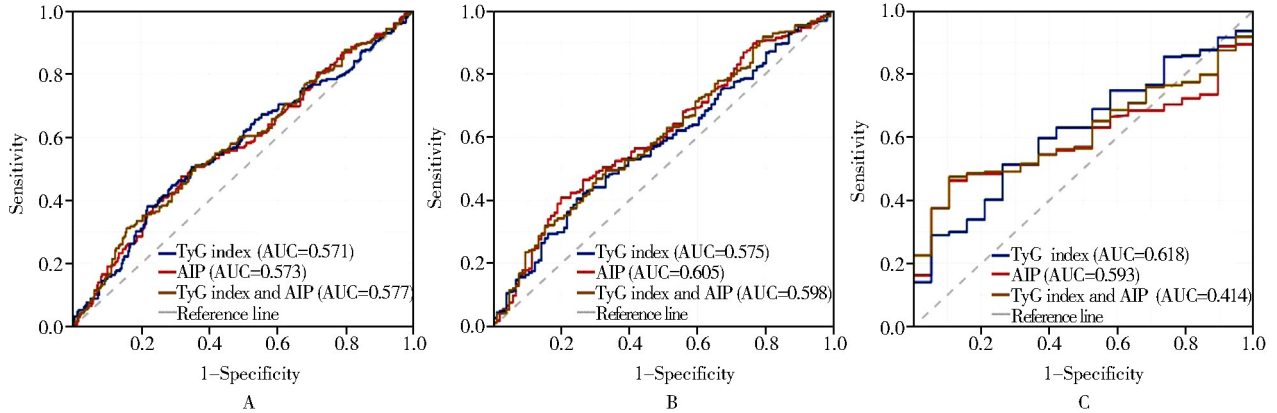


图2 TyG 指数及 AIP 预测再次血运重建的时间依赖性 ROC 曲线

Figure 2 Time-dependent ROC curve of TyG index and AIP in predicting revascularization

A, B and C show the ROC curves of TyG index, AIP and their combination at 4, 6 and 8 years after PCI to predict revascularization, respectively.

TyG: triglyceride-glucose; AIP: atherogenic index of plasma; ROC: receiver operating characteristic.

### 3 讨论

尽管随着冠状动脉介入治疗技术的发展,冠心病患者的生活质量得到显著改善,但仍有相当部分患者支架植入术后再发不稳定型心绞痛或急性心肌梗死,需要再次血运重建,给患者带来了巨大的经济负担。既往的研究大多集中在支架植入后出现支架内再狭窄的患者<sup>[7]</sup>,未纳入非靶病变进展引起的血运重建,而随访时发现二者再次血运重建发生比例相当。因此,本研究旨在分析新型指标 TyG 指数及 AIP 对冠心病患者 PCI 术后再次血运重建的预测价值,其中再次血运重建包括了复查冠状动脉造影时支架内再狭窄和非靶血管病变引起的血运重建。

本研究结果显示,冠心病患者 PCI 后再次血运重建组吸烟史比例及 LDL-C 水平显著升高。吸烟

及血脂代谢异常是传统心血管疾病的主要危险因素,吸烟可引起血管内皮细胞的损伤,血脂代谢异常则会加重血管壁斑块沉积,从而引起介入治疗后病变进展。

本研究再次血运重建组 TyG 指数与 AIP 均显著高于无再次血运重建组。多因素 Cox 回归分析显示,在调整混杂因素后,TyG 指数和 AIP 的增加仍与再次血运重建风险相关。TG、血糖、HDL-C 是心血管代谢的相关标志物,与动脉粥样硬化斑块进展相关。最近的研究表明,TyG 指数作为 TG 与血糖的复合指标,与冠心病患者不良心血管事件相关<sup>[8,9]</sup>。TyG 指数是反映胰岛素抵抗的简易替代指标,可作为临床实践中评估亚临床动脉粥样硬化风险简单有效的工具<sup>[10-12]</sup>。此外,TyG 指数与急性冠状动脉综合征患者主要不良心血管事件的相关性也得到了证

实<sup>[13,14]</sup>,高 TyG 指数与急性冠状动脉综合征患者 PCI 后支架内再狭窄相关<sup>[15]</sup>。本研究生存曲线分析显示,TyG 指数第三分位数组再次血运重建率明显高于第一分位数组和第二分位数组。

本研究中,AIP 与冠心病患者 PCI 后再次血运重建相关。AIP 第三分位数组再次血运重建率显著高于第一分位数组和第二分位数组。AIP 是一种综合的脂质指标,通过 TG 和 HDL-C 组合计算得出。血浆中高水平的 TG 会降低脂肪细胞上胰岛素受体的数量和活性,并通过与葡萄糖竞争进入细胞阻止胰岛素与受体结合。而较低的 HDL-C 水平可能会导致胰岛素分泌减少和敏感性降低。异常的血脂水平可通过引起炎症、内质网应激和脂毒性促进胰岛素抵抗的进展,从而导致 PCI 后再次血运重建的发生<sup>[16]</sup>。越来越多的证据表明,AIP 是动脉粥样硬化和心血管疾病的重要预测因子<sup>[6,17]</sup>。与高血压、糖尿病、动脉粥样硬化进展等代谢性疾病有关<sup>[18,19]</sup>。

有研究称,将 TyG 指数和 AIP 引入到基线风险模型中可显著提高急性冠脉综合征患者主要不良心血管事件的预测性,尽管 TyG 指数和 AIP 对主要不良心血管事件的预测价值较低<sup>[6,14]</sup>。本研究发现,TyG 指数与 AIP 是冠心病 PCI 后患者再次血运重建事件的独立预测因素。考虑到我国每年有上百万冠心病患者入院植入支架,TyG 指数和 AIP 结合已确定的风险因素对支架植入术后患者评估仍有重要的临床意义。推测支架植入后降低 TyG 指数和 AIP 的新型干预措施可能会减少未来再次血运重建的发生。

综上,TyG 指数和 AIP 作为一种新型的指标,与 DES 植入术后患者再次血运重建的风险具有独立的正相关性,对再次血运重建有一定预测价值。本研究存在一定局限性,纳入患者为单中心样本,代表性不足,结果可能存在一定偏倚,尚需进行多中心、前瞻性研究对结果进行验证。

## 【参考文献】

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组.《中国心血管健康与疾病报告 2022》概要[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(7): 485-508. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2023.07.002.
- [2] Spadaccio C, Antoniadis C, Nenna A, et al. Preventing treatment failures in coronary artery disease what can we learn from the biology of in-stent restenosis, vein graft failure, and internal thoracic arteries[J]. *Cardiovasc Res*, 2020, 116(3): 505-519. DOI: 10.1093/cvr/cvz214.
- [3] Radke PW, Kaiser A, Frost C, et al. Outcome after treatment of coronary in-stent restenosis results from a systematic review using meta-analysis techniques[J]. *Eur Heart J*, 2003, 24(3): 266-273. DOI: 10.1016/s0195-668x(02)00202-6.
- [4] 朱佑君, 陈昌春. 老年药物洗脱支架再狭窄及影响因素分析[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2023, 9(22): 687-691. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2023.09.144.
- [5] Yu H, Tao L, Li YG, et al. Association between triglyceride-glucose index trajectories and carotid atherosclerosis progression[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 130. DOI: 10.1186/s12933-023-

- 01847-y.
- [6] Özen Y, Bilal Özbay M, Yakut I, et al. Atherogenic index of plasma and triglyceride-glucose index to predict more advanced coronary artery diseases in patients with the first diagnosis of acute coronary syndrome [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023, 27(9): 3993-4005. DOI: 10.26355/eurrev\_202305\_32305.
- [7] Liu S, Zhou Y, Shen Z, et al. A randomized comparison of 2 different drug-coated balloons for in-stent restenosis [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16(7): 759-767. DOI: 10.1016/j.jcin.2022.12.018.
- [8] Huang Z, Ding X, Yue Q, et al. Triglyceride-glucose index trajectory and stroke incidence in patients with hypertension: a prospective cohort study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21(1): 141. DOI: 10.1186/s12933-022-01577-7.
- [9] Li H, Zuo Y, Qian F, et al. Triglyceride-glucose index variability and incident cardiovascular disease: a prospective cohort study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21(1): 105. DOI: 10.1186/s12933-022-01541-5.
- [10] Wang J, Huang X, Fu C, et al. Association between triglyceride glucose index, coronary artery calcification and multivessel coronary disease in Chinese patients with acute coronary syndrome[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21(1): 187. DOI: 10.1186/s12933-022-01615-4.
- [11] Kim MK, Ahn CW, Kang S, et al. Relationship between the triglyceride glucose index and coronary artery calcification in Korean adults[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2017, 16(1): 108. DOI: 10.1186/s12933-017-0589-4.
- [12] Jia X, Zhu Y, Qi Y, et al. Association between triglyceride glucose index and carotid intima-media thickness in obese and nonobese adults[J]. *J Diabetes*, 2022, 14(9): 596-605. DOI: 10.1111/1753-0407.13312.
- [13] Luo E, Wang D, Yan G, et al. High triglyceride-glucose index is associated with poor prognosis in patients with acute ST-elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2019, 18(1): 150. DOI: 10.1186/s12933-019-0957-3.
- [14] Zhang Y, Ding X, Hua B, et al. Predictive effect of triglyceride-glucose index on clinical events in patients with type 2 diabetes mellitus and acute myocardial infarction: results from an observational cohort study in China [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1): 43. DOI: 10.1186/s12933-021-01236-3.
- [15] Zhu Y, Liu K, Chen M, et al. Triglyceride-glucose index is associated with in-stent restenosis in patients with acute coronary syndrome after percutaneous coronary intervention with drug-eluting stents [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1): 137. DOI: 10.1186/s12933-021-01332-4.
- [16] Li N, Fu J, Koonen DP, et al. Are hypertriglyceridemia and low HDL causal factors in the development of insulin resistance? [J]. *Atherosclerosis*, 2014, 233(1): 130-138. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2013.12.013.
- [17] Won KB, Heo R, Park HB, et al. Atherogenic index of plasma and the risk of rapid progression of coronary atherosclerosis beyond traditional risk factors [J]. *Atherosclerosis*, 2021, 324: 46-51. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2021.03.009.
- [18] Shi Y, Wen M. Sex-specific differences in the effect of the atherogenic index of plasma on prediabetes and diabetes in the NHANES 2011-2018 population [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 19. DOI: 10.1186/s12933-023-01740-8.
- [19] Tan M, Zhang Y, Jin L, et al. Association between atherogenic index of plasma and prehypertension or hypertension among normoglycemia subjects in a Japan population: a cross-sectional study [J]. *Lipids Health Dis*, 2023, 22(1): 87. DOI: 10.1186/s12944-023-01853-9.