

TyG 指数及 TyG 指数联合 Grace 评分对急性心肌梗死患者预后的预测价值

张梦玮¹ 王宇¹ 段洋¹ 陆远¹ 李承宗¹ 徐晤¹ 王志荣¹

[摘要] 目的:探讨甘油三酯-葡萄糖指数(TyG 指数)与 Grace 评分单独及联合预测急性心肌梗死(AMI)患者预后的价值。方法:回顾性分析 2018 年 8 月—2019 年 1 月于我院确诊的 AMI 患者临床资料,计算入院 TyG 指数、Grace 评分。临床终点为主要不良心血管事件(MACE)。对比 MACE 组和非 MACE 组基线资料。根据 TyG 指数分组,比较 MACE 发生率。采用 Cox 生存分析进行单因素和多因素分析,Spearman 相关分析评估 TyG 指数和 Grace 风险评分的相关性。采用受试者工作特征曲线(ROC)分析各单因素指标及联合多因素指标预测 MACE 的效能。结果:TyG 指数、Grace 评分在 MACE 组和非 MACE 组差别有统计学意义($P < 0.001$)。高 TyG 指数组 MACE 发生率更高。将 $P < 0.01$ 的指标进行 Cox 生存分析,结果显示调整混杂因素后 TyG 指数及 Grace 评分仍是预测 MACE 的独立因子($HR 1.038, P < 0.001, 95\% CI 1.028 \sim 1.048; HR 2.467, P < 0.001, 95\% CI 1.556 \sim 3.911$)。相关性分析显示 TyG 指数与 Grace 评分呈正相关($R = 0.286, P < 0.001$)。ROC 曲线结果显示 TyG 指数、Grace 评分预测 MACE 的曲线下面积(AUC)分别为 0.742、0.829,敏感性分别为 86.8%、73.6%,特异性分别是 51.9%、78.9%,阈值分别为 8.806、167.5。二者联合的预测效能、敏感性和特异性均高于单独预测 MACE。DeLong 检验发现二者联合后均比单独预测 MACE 更有效($Z = 4.437, P < 0.001; Z = 2.378, P = 0.017$)。结论:TyG 指数和 Grace 评分是 AMI 患者临床预后的独立预测因子,二者呈正相关。TyG 联合 Grace 评分可以提高对 AMI 预后的预测价值。

[关键词] 急性心肌梗死;风险评估;Grace 评分;甘油三酯-葡萄糖指数

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2021.02.005

[中图分类号] R542.2 **[文献标志码]** A

TyG index and Grace score of prognostic value in patients with acute myocardial infarction

ZHANG Mengwei WANG Yu DUAN Yang LU Yuan
LI Chengzong XU Wu WANG Zhirong

(Department of Cardiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu, 221000, China)

Corresponding author: WANG Zhirong, E-mail: xzzrw@163.com

Abstract Objective: To investigate the value of triglycerides-glucose index(TyG index) and GRACE score in singly or in combination to predict the prognosis of patients with acute myocardial infarction(AMI). **Methods:** Clinical and laboratory data of AMI patients confirmed in our hospital from August 2018 to January 2019 were ret-

¹徐州医科大学附属医院心内科(江苏徐州,221000)
通信作者:王志荣,E-mail:xzzrw@163.com

- [3] 毛华,杜峰,胥勇,等. Moesin 抗体与动脉粥样硬化相关疾病的关系. [J] 中国动脉硬化杂志, 2013, 21(6): 549-553.
- [4] 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]. 临床急诊杂志, 2019, 20(4): 253-262.
- [5] 李梦涛,尹雷,王迁,等. 膜突蛋白及其抗体对人肺微血管内皮细胞损伤机制的研究[J]. 中华风湿病学杂志, 2010, 14(4): 232-235.
- [6] 王亚利,唐礼江,王欢,等. 有氧运动对介入术后急性冠脉综合征患者血清高敏 C 反应蛋白及白介素-6 含量的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(4): 301-303.
- [7] Frangogiannis NG. Chemokines in ischemia and reperfusion[J]. Thromb Haemost, 2007, 97(5): 738-747.
- [8] 杜峰,毛华,寿志南,等. 膜突蛋白抗体和 GRACE 评分与急性冠状动脉综合征的相关性[J]. 临床心血管病杂志, 2014, 30(7): 586-589.
- [9] 艾文婷,傅莹莹,李瑞,等. 急性冠状动脉综合征患者血清 I CTP、III CTP 水平与 TIMI 危险评分的相关性分析[J]. 临床急诊杂志, 2017, 18(6): 433-436, 440.
- [10] Zhou Q. Statin and cardiovascular diseases[J]. Curr Pharm Des, 2009, 15(5): 467-478.
- [11] 王勇,赖红梅,戴晓燕. 急性冠状动脉综合征患者介入术前后外周血炎症因子水平的变化及其与预后的相关性[J]. 临床急诊杂志, 2017, 18(1): 14-17.

(收稿日期:2020-08-01)

respectively analyzed, and TyG index and Grace score were calculated. The clinical end point was major adverse cardiovascular events(MACE). Baseline data and laboratory indicators were compared between the MACE group and the non-MACE group. The incidence of MACEs events was compared according to TyG index. Cox survival analysis was used for univariate and multivariate analyses, and Spearman correlation analysis was used to assess the correlation of TyG index and Grace risk score. **Results:** There were statistically significant differences in TyG index and Grace score between MACE group and non-MACE group. The MACEs event rate was higher in high TyG index group. Cox survival analysis showed that TyG index and Grace score were still independent factors for predicting MACE(HR=1.038, 95%CI: 1.028-1.048, $P<0.001$; HR=2.467, 95%CI: 1.556-3.911, $P<0.001$). Correlation analysis showed that TyG index was positively correlated with Grace score($R=0.286$, $P<0.001$). The ROC curve analysis showed that the AUCs of TyG index and Grace score in predicting MACEs events were 0.742 and 0.829 respectively, the sensitivities were 86.8% and 73.6%, the specificities were 51.9% and 78.9%, and the thresholds were 8.806 and 167.5, respectively. The Delong test found that the combination of the TyG index and Grace score was more effective than the single one in prediction of MACEs events. **Conclusion:** TyG index and Grace score were independent predictors of clinical prognosis in AMI patients. TyG combined with Grace score can improve the predictive value of AMI prognosis.

Key words acute myocardial infarction; risk assessment; Grace score; TyG index

急性心肌梗死(AMI)是心血管疾病中最常见的猝死类型。早期风险分层对 AMI 的预防和诊疗具有重要意义^[1-2]。全球急性冠状动脉事件注册(Grace)风险评分作为一种简单、易于获取的分层方式,能够有效、迅速对患者的预后进行评估。然而,目前的 Grace 风险评分只包括血清肌酐和肌钙蛋白,其他并没有纳入评分系统。

胰岛素抵抗(Insulin resistance, IR)在心血管疾病的发生中起着重要作用。既往研究发现高胰岛素血症-正葡萄糖钳夹实验是评价 IR 的金标准,然而,这项技术由于成本高、耗时长且复杂,在临床中难以实施^[3]。近年来,有学者提出甘油三酯葡萄糖乘积指数作为甘油三酯和空腹血糖合成指数(TyG 指数),是反映 IR 的重要指标,与 IR 的稳态模型评估(HOMA-IR)和高胰岛素血症-正葡萄糖钳夹实验密切相关^[4-5]。既往研究表明, TyG 指数与冠状动脉钙化、颈动脉粥样硬化、有症状的冠状动脉疾病相关^[6-9]。研究显示, TyG 指数可以独立预测非 ST 段抬高型心肌梗死和不稳定型心绞痛的严重程度和结局,有利于早期分层和预防主要不良心血管事件(MACE)的发生^[10-11]。本研究旨在探讨 TyG 指数、Grace 评分以及两者联合是否可以预测 AMI 患者临床转归。

1 对象与方法

1.1 对象

回顾性分析 2018 年 8 月 1 日—2019 年 1 月 31 日,于我院入院确诊 AMI 患者 343 例,其中男 248 例,女 95 例,年龄 26~95 岁,平均年龄(65.61±12.51)岁。纳入标准:①临床症状、心电图、心肌酶符合《急性心肌梗死诊断和治疗指南》^[12];②各项临床、实验室指标齐全。

排除标准:①严重肝、肾功能障碍;②感染性疾病;③自身免疫性疾病;④血液系统疾病;⑤瓣膜性疾病。

1.2 一般资料及辅助检查

收集患者临床和实验室资料。病史资料采集:查阅病历记录患者入院时的一般情况及生命体征,包括入院血压、心率、性别、年龄、高血压病、糖尿病、吸烟、既往病史等。实验指标采集:患者于入院第 2 日晨起空腹采取肘静脉血检测生化、血常规等。对入组患者进行入院时 Grace 评分:包括年龄、收缩压、心率、心电图 ST 段是否偏移、心功能分级、肌酐、入院就诊时是否心脏停搏及心肌酶共 8 个项目,根据 Grace 评分表对应分数对每项数据进行评分。计算入院时 TyG 指数: $\ln[\text{空腹甘油三酯}(\text{mg/dL}) \times \text{空腹葡萄糖}(\text{mg/dL}) / 2]$ 。

1.3 临床终点及患者随访

记录纳入患者住院期间及出院后 1 年 MACE 发生情况,包括全因死亡、非致死性心肌梗死、靶血管重建、需住院治疗的心绞痛、心力衰竭和非致死性卒中。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,符合正态分布者采用 t 检验,不符合正态分布者使用非参数秩和检验;计数资料及分类变量以频率(%)表示,两组间比较采用 χ^2 检验。运用 Cox 生存曲线分析 AMI 患者 MACE 发生的危险因素;采用 Spearman 相关分析检验 TyG 指数与 Grace 风险评分的相关性。绘制 ROC 曲线及 Delong 检验,分析 TyG 指数、Grace 评分以及两者联合指标预测发生 MACE 的效能。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MACE 组与非 MACE 组患者临床资料比较

在随访期间,有 106 例(30.9%)患者达到临床终点,其中 43 例(12.5%)死亡,12 例(3.5%)非致死性心肌梗死,13 例(3.8%)靶血管重建,10 例(2.9%)心力衰竭,26 例(7.6%)需住院治疗的心

绞痛,2例(0.6%)卒中。两组患者人口统计学、临床特征、生物标志物浓度见表1。MACE组与非MACE组性别、年龄、糖尿病病史、心率(HR)、空腹血糖(FBG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、甘油三酯(TG)、肌酐(Cr)、尿酸(UA)、白蛋白、血红蛋白、Grace评分、TyG指数比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表1 MACE与非MACE组AMI患者基本资料比较
 Table 1 Comparison of basic data of AMI patients in MACE group and non-MACE group $\bar{x} \pm s$

项目	MACE组(106例)	非MACE组(237例)	P
男/女/例	68/38	181/56	0.019
年龄/岁	71.62±11.78	62.92±11.90	<0.001
BMI/(kg·m ⁻²)	22.69±3.68	25.99±16.52	0.509
高血压/例(%)	54(50.94)	97(40.93)	0.084
糖尿病/例(%)	30(28.30)	44(18.47)	0.043
吸烟史/例(%)	24(22.64)	74(31.22)	0.104
SBP/mmHg	126.79±23.73	127.24±21.02	0.862
DBP/mmHg	74.69±13.49	77.60±14.67	0.273
HR/(次·min ⁻¹)	84.58±19.58	77.08±15.72	<0.001
FBG/(mmol·L ⁻¹)	8.97±3.88	6.37±2.25	<0.001
HbA1C/%	7.85±2.10	6.94±1.57	0.001
TC/(mmol·L ⁻¹)	4.42±1.19	4.44±0.98	0.303
TG/(mmol·L ⁻¹)	1.58±0.66	1.33±0.77	0.000
HDL/(mmol·L ⁻¹)	1.04±0.24	1.05±0.29	0.886
LDL/(mmol·L ⁻¹)	2.73±0.96	2.84±0.86	0.350
Cr/(μmol·L ⁻¹)	98.64±63.97	74.15±30.90	<0.001
UA/(μmol·L ⁻¹)	380.83±157.00	313.09±103.55	<0.001
血小板/(×10 ⁹ ·L ⁻¹)	206.48±71.80	210.84±60.24	0.428
白细胞/(×10 ⁹ ·L ⁻¹)	9.48±3.03	9.17±3.44	0.199
白蛋白/(g·L ⁻¹)	38.43±5.30	40.06±6.51	0.030
血红蛋白/(g·L ⁻¹)	125.23±21.14	131.28±18.99	0.021
中性粒细胞/(×10 ⁹ ·L ⁻¹)	7.56±2.99	7.03±3.32	0.056
Grace评分/分	191.42±35.70	150.46±26.08	<0.001
TyG指数	9.17±0.57	8.65±0.56	<0.001

2.2 不同 TyG 组一般资料及生化指标

根据 TyG 指数的中位数分为两组(Q1组: TyG 指数≤8.76; Q2组: TyG 指数>8.76)。研究人群的特征见表2。TyG 指数高的患者,男性少,糖尿病患者多,且 Grace 评分较高,FBG、HbA1C、TC、TG、HDL、LDL 和 UA 均较高。Kaplan-Meier 分析显示(图1),高 TyG 指数组患者 MACE 发生率高(Log Rank: $P < 0.001$)。

2.3 MACE 危险因素分析

以是否发生 MACE 作为终点指标,将各单因素年龄、HR、FBG、HbA1C、TG、Cr、UA、GRACE 评分、TyG 指数($P < 0.01$)纳入 Cox 生存分析。多因素 Cox 生存分析显示:调整多因素后,Grace 评分(HR 1.038, $P < 0.001$, 95% CI 1.028 ~ 1.048)、TyG 指数(HR 2.946, 95% CI 1.556 ~ 3.911, $P < 0.001$)仍是 MACE 发生的独立危险因素

(表3)。

2.4 相关性分析

Grace 风险评分与 TyG 指数的相关性计数采用 Spearman 相关分析。结果显示 Grace 风险评分和 TyG 指数之间存在相关性($R = 0.286$, $P < 0.001$)。

表2 不同 TyG 指数的 AMI 患者基本资料
 Table 2 Basic data of AMI patients with different TyG index $\bar{x} \pm s$

项目	Q1组(172例)	Q2组(171例)	P
男/例(%)	137(79.65)	112(65.50)	0.002
年龄/岁	65.15±11.73	66.06±13.27	0.503
BMI/(kg·m ⁻²)	25.87±19.32	25.32±3.81	0.713
高血压/例(%)	69(40.12)	82(47.95)	0.172
糖尿病/例(%)	24(13.95)	50(29.24)	0.001
吸烟史/例(%)	56(32.56)	42(24.56)	0.088
SBP/mmHg	125.70±21.24	128.49±22.43	0.238
DBP/mmHg	76.14±15.04	77.26±13.67	0.313
HR/(次·min ⁻¹)	76.70±14.81	82.08±19.19	0.016
FBG/(mmol·L ⁻¹)	5.65±1.02	8.69±3.66	<0.001
HbA1C/%	6.51±1.12	7.75±2.01	<0.001
TC/(mmol·L ⁻¹)	4.20±0.08	4.68±0.09	<0.001
TG/(mmol·L ⁻¹)	0.96±0.27	1.86±0.80	<0.001
HDL/(mmol·L ⁻¹)	1.09±0.29	1.01±0.26	0.005
LDL/(mmol·L ⁻¹)	2.69±0.88	2.92±0.89	0.013
Cr/(μmol·L ⁻¹)	76.35±29.05	87.06±56.49	0.279
UA/(μmol·L ⁻¹)	310.05±106.18	358.55±140.10	0.001
血小板/(×10 ⁹ ·L ⁻¹)	202.12±54.92	216.78±71.33	0.149
白细胞/(×10 ⁹ ·L ⁻¹)	9.18±3.72	9.36±2.88	0.142
白蛋白/(g·L ⁻¹)	38.43±5.30	40.06±6.51	0.293
血红蛋白/(g·L ⁻¹)	129.73±19.68	129.03±20.09	0.862
中性粒细胞/(×10 ⁹ ·L ⁻¹)	7.08±3.59	7.32±2.82	0.104
Grace评分/分	152.84±29.71	173.34±36.76	<0.001
MACE/例(%)	26(15.12)	80(46.78)	<0.001

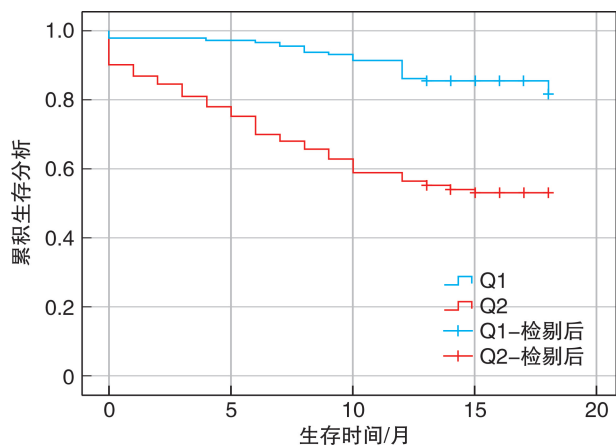


图1 两组 TyG 指数发生 MACE 的 Kaplan-Meier 生存分析

Figure 1 Kaplan-Meier survival analysis of MACE in TyG index in two groups

表 3 对 MACEs 的预测因子进行 Cox 生存分析
 Table 3 Cox survival analysis of the predictors of MACE

项目	HR(95%CI)	P
单因素分析		
年龄	1.064(1.044~1.085)	<0.001
HR	1.021(1.012~1.030)	<0.001
FBG	1.188(1.141~1.238)	<0.001
HbA1C	1.257(1.111~1.423)	<0.001
TG	1.338(1.101~1.625)	0.003
Cr	1.008(1.005~1.010)	<0.001
UA	1.004(1.003~1.005)	<0.001
Grace 评分	1.034(1.029~1.040)	<0.001
TyG 指数	3.303(2.440~4.471)	<0.001
多因素分析		
Grace 评分	1.038(1.028~1.048)	<0.001
TyG 指数	2.946(1.556~3.911)	<0.001

2.5 TyG 指数与 GRACE 评分单独或联合检测的预测价值

将 TyG 指数、Grace 评分做 ROC 曲线,曲线下面积分别为 0.742,0.829,预测 MACEs 敏感性分别为 86.8%、73.6%,特异性分别为 51.9%、78.9%,阈值分别为 8.806、167.5。二者联合后曲线下面积(AUC)为 0.856,敏感性为 74.5%,特异性为 83.5%,均高于 Grace 单独预测 MACEs。采用 Delong 检验,发现二者联合后比单独预测 MACEs 事件都更有效($Z=4.437, P<0.001; Z=2.378, P=0.017$)。因此, TyG 指数联合 Grace 评分后提高了 Grace 评分对于 AMI 患者临床终点的预测价值及 Grace 评分预测 MACEs 的敏感性和特异性。

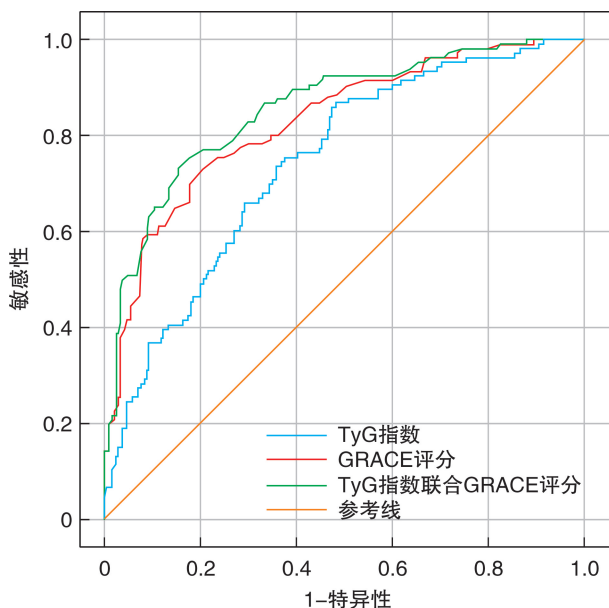


图 2 TyG 指数、Grace 评分及联合预测 MACE 的 ROC 曲线
 Figure 2 TyG index, Grace score and ROC curves

3 讨论

本研究评估了 TyG 指数和 Grace 风险评分在 AMI 患者队列中的单独和联合预测 MACE 的能力。共纳入 AMI 患者 343 例,单因素和多因素 Cox 生存分析结果显示, TyG 指数和 Grace 风险评分均是 AMI 患者发生 MACE 的独立预测因子。此外, MACEs 随 TyG 指数水平增加而增加,且 TyG 指数与 Grace 风险评分也有一定相关性。TyG 联合 Grace 风险评分后 AUC 增大。数据表明,在入院时测量 TyG 指数水平并融入 Grace 风险评分能提高对 AMI 患者心血管事件的预测能力。

目前 AMI 危险分层和预后的方法中,应用最为广泛的仍为 Grace 评分,因为其能更简单有效地评估 AMI 患者的结局^[13-14]。既往研究发现, C 反应蛋白和 B 型脑钠肽等指标加入到 Grace 评分系统中,可提高对 AMI 后不良心血管事件的预测价值^[15]。

近年来,有研究指出 IR 可能是不良心血管事件的发生机制。首先, IR 可增加交感神经活性、儿茶酚胺分泌和心肌耗氧量。其次, IR 可激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,加速心室重构,最终导致心功能不全。第三, IR 可能增加凝血和炎症因子的产生,导致凝血失衡和纤溶障碍,最终导致血栓形成。第四, IR 可能改变心脏代谢,损害收缩功能,从而导致心肌病和心力衰竭。第五, IR 可能促进动脉粥样硬化进展,诱发斑块不稳定,从而增加 MACEs^[16-17]。而 TyG 指数是反映 IR 的重要指标,相关研究证实 TyG 指数与稳态平衡模型和高胰岛素-正葡萄糖钳夹试验评估 IR 相比,其敏感性和特异性更高^[14]。有研究提出 TyG 指数可评价动脉斑块进展^[18-20], TyG 指数得到了广泛的研究。几项大规模前瞻性研究也指出,高 TyG 指数和心血管事件之间存在重要联系^[21-22]。在最近的研究中,证实 TyG 指数越高, PCI 术后的 ST 段抬高型心肌梗死患者 1 年内发生 MACEs 的风险越高^[23]。

本研究发现,发生 MACE 的 AMI 患者 TyG 指数水平高于未发生 MACE 的 AMI 患者, TyG 指数是 AMI 不良事件的独立预测因子。当 TyG 指数 >8.606 或 Grace 评分 >167.5 时, MACE 发生率提高。同时, Grace 风险评分与 TyG 指数水平具有相关性。TyG 指数联合 Grace 风险评分可以提高对 AMI 患者发生心血管事件的预测能力。

本研究局限性是随访时间较短,患者数量相对较少。因此,这些发现需要多中心、大样本量研究来加以验证。

参考文献

[1] Fox KA, Cokkinos DV, Deckers J, et al. The ENACT study: a pan-European survey of acute coronary syn-

- dromes. European Network for Acute Coronary Treatment[J]. *Eur Heart J*, 2000, 21(17):1440-1449.
- [2] Fox KA, Goodman SG, Anderson FA Jr, et al. From guidelines to clinical practice; the impact of hospital and geographical characteristics on temporal trends in the management of acute coronary syndromes. The Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) [J]. *Eur Heart J*, 2003, 24(15):1414-1424.
- [3] Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, et al. Obesity and the risk of myocardial infarction in 27, 000 participants from 52 countries; a case-control study [J]. *Lancet*, 2005, 366(9497):1640-1649.
- [4] Du T, Yuan G, Zhang M, et al. Clinical usefulness of lipid ratios, visceral adiposity indicators, and the triglycerides and glucose index as risk markers of insulin resistance [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2014, 13:146.
- [5] Navarro-González D, Sánchez-ínigo L, Pastrana-Delgado J, et al. Triglyceride-glucose index (TyG index) in comparison with fasting plasma glucose improved diabetes prediction in patients with normal fasting glucose; The Vascular-Metabolic CUN cohort [J]. *Prev Med*, 2016, 86:99-105.
- [6] 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.
- [7] Irace C, Carallo C, Scavelli FB, et al. Markers of insulin resistance and carotid atherosclerosis. A comparison of the homeostasis model assessment and triglyceride glucose index [J]. *Int J Clin Pract*, 2013, 67(7):665-672.
- [8] da Silva A, Caldas A, Hermsdorff H, et al. Triglyceride-glucose index is associated with symptomatic coronary artery disease in patients in secondary care [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2019, 18(1):89.
- [9] Sánchez-ínigo L, Navarro-González D, Fernández-Montero A, et al. The TyG index may predict the development of cardiovascular events [J]. *Eur J Clin Invest*, 2016, 46(2):189-197.
- [10] Mao Q, Zhou D, Li Y, et al. The triglyceride-glucose index predicts coronary artery disease severity and cardiovascular outcomes in patients with Non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. *Dis Markers*, 2019, 2019:6891537.
- [11] 刘江萍, 张雷, 刘志强, 等. 2015 至 2017 年 ACS 患者疾病谱变化及危险因素分析 [J]. *临床心血管病杂志*, 2019, 35(4):353-358.
- [12] 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.
- [13] Yan AT, Yan RT, Tan M, et al. Risk scores for risk stratification in acute coronary syndromes; useful but simpler is not necessarily better [J]. *Eur Heart J*, 2007, 28(9):1072-1078.
- [14] Guerrero-Romero F, Simental-Mendía LE, González-Ortiz M, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2010, 95(7):3347-3351.
- [15] Fan Y, Wang J, Zhang S, et al. Homocysteine enhances the predictive value of the GRACE risk score in patients with ST-elevation myocardial infarction [J]. *Anatol J Cardiol*, 2017, 18(3):182-193.
- [16] Wu S, Liu W, Ma Q, et al. Association between insulin resistance and coronary plaque vulnerability in patients with acute coronary syndromes; insights from optical coherence tomography [J]. *Angiology*, 2018, 70(6):539-546.
- [17] Bonora E, Kiechl S, Willeit J, et al. Insulin resistance as estimated by homeostasis model assessment predicts incident symptomatic cardiovascular disease in caucasian subjects from the general population; the Bruneck study [J]. *Diabetes Care*, 2007, 30(2):318-324.
- [18] 张月安, 武阳丰, 李莹, 等. 胰岛素抵抗与心血管病危险因素个体聚集性的剂量-反应关系 [J]. *中华心血管病杂志*, 2002, 30(5):294-297.
- [19] Won KB, Kim YS, Lee BK, et al. The relationship of insulin resistance estimated by triglyceride glucose index and coronary plaque characteristics [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(21):e10726.
- [20] Park K, Ahn CW, Lee SB, et al. Elevated TyG index predicts progression of coronary artery calcification [J]. *Diabetes Care*, 2019, 42(8):1569-1573.
- [21] Jin JL, Cao YX, Wu LG, et al. Triglyceride glucose index for predicting cardiovascular outcomes in patients with coronary artery disease [J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(11):6137-6146.
- [22] Li S, Guo B, Chen H, et al. The role of the triglyceride (triacylglycerol) glucose index in the development of cardiovascular events; a retrospective cohort analysis [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):7320.
- [23] Erfei Luo, Dong Wang, et al. High triglyceride-glucose index is associated with poor prognosis in patients with acute ST-elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention [J]. *Original Investigation*, 2019, 18:150.