

甘油三酯葡萄糖乘积指数 与冠状动脉病变的相关性分析

吕正冉 武文祺 刘 芳

摘要 目的 探讨甘油三酯葡萄糖乘积指数(triglyceride glucose product index, TyG 指数)对冠心病(coronary heart disease, CHD)发生风险及冠状动脉狭窄严重程度的相关性分析。**方法** 回顾性纳入 2021 年 12 月~2022 年 10 月因不明原因胸痛于上海交通大学医学院附属新华医院首次行冠状动脉造影检查的患者 404 例,将样本分为冠心病组($n=216$)及非冠心病组($n=188$),收集所有入组者的基本资料、实验室数据、冠状动脉造影结果。通过倾向性评分匹配(propensity score matching, PSM)后得到冠心病组($n=123$)和非冠心病组($n=123$)。再根据 Gensini 评分中位数将冠心病患者分为低 Gensini 评分组(Gensini 评分 <35 分, $n=59$)和高 Gensini 评分组(Gensini 评分 ≥ 35 分, $n=64$),比较分析各组间资料的差异,分析 TyG 指数与冠状动脉狭窄严重程度的相关性。并采用 Logistic 回归和受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估 TyG 指数对冠心病发生风险及冠状动脉狭窄严重程度的预测价值。**结果** PSM 后,与非冠心病组比较,冠心病组的 TyG 指数、甘油三酯(triglyceride, TG)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)差异均有统计学意义($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果提示, TyG 指数可作为冠心病的独立危险因素。Spearman 相关性分析结果显示, TyG 指数与 Gensini 评分呈正相关($r=0.618, P<0.001$)。ROC 曲线分析结果显示, TyG 指数预测高 Gensini 评分的曲线下面积(area under the curve, AUC)为 0.873(95% CI: 0.802~0.943, $P<0.001$)。截断值为 7.08 时,敏感度和特异性分别为 95.2% 和 67.3%。**结论** TyG 指数可作为冠心病的独立危险因素,并对冠状动脉狭窄严重程度有一定的预测价值。

关键词 倾向性评分匹配 TyG 指数 冠心病 冠状动脉狭窄严重程度

中图分类号 R541.4

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2024.02.029

Correlation between Triglyceride Glucose Product Index and Coronary Heart Disease. LV Zhengran, WU Wenqi, LIU Fang. Department of General Practice, Xinhua Hospital Affiliated to Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200092, China

Abstract Objective To investigate the correlation of triglyceride glucose product index (TyG index) with the diagnosis of coronary heart disease (CHD) and the severity of coronary stenosis. **Methods** A total of 404 patients who received coronary angiography for the first time in Xinhua Hospital Affiliated to Shanghai Jiaotong University School of Medicine with unexplained chest pain from December 2021 to October 2022 were included. All subjects were divided into CHD group ($n=216$) and non-CHD group ($n=188$). General clinical data, laboratory information and coronary angiography results of all participants were collected. The CHD group ($n=123$) and the non-CHD group ($n=123$) were obtained after the propensity score matching (PSM). Patients in CHD group were further divided into low Gensini score (Gensini score <35 , $n=59$) group and high Gensini score (Gensini score ≥ 35 , $n=64$) group according to the median Gensini score. The differences among groups were compared and the relation between TyG index and the severity of coronary artery stenosis was analyzed. Then the predictive value of TyG index for CHD and the severity of coronary lesion was evaluated by Logistic regression and receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** After PSM, the differences in TyG index, TG, FPG, HDL-C in CHD group were statistically significant compared with the non-CHD group ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that the TyG index was an independent risk factor for CHD. Spearman correlation analysis showed that the TyG index was positively correlated with the Gensini score ($r=0.618, P<0.001$). The ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of the TyG index predicting a high Gensini score was 0.873(95% CI: 0.802-0.943, $P<0.001$). A cut-off value was 7.08, and the sensitivity and specificity were 95.2% and 67.3%, respectively. **Conclusion** TyG index can be used as an independent risk factor for CHD, and has certain predictive value for the severity of coronary stenosis.

Key words Propensity score matching; TyG index; Coronary heart disease; Severity of coronary stenosis

作者单位:200092 上海交通大学医学院附属新华医院全科医学科(吕正冉、刘芳);400000 重庆医科大学(武文祺)

通信作者:刘芳,电子邮箱:liufang@xinhumed.com.cn

中国心血管病 (cardiovascular disease, CVD) 患病率处于持续上升阶段,推算 CVD 现患人数为 3.3 亿,其中冠心病 1139 万,需要接受多种药物终生治疗预防 CVD 的人数越来越巨大,需要开展更深入的研究更为有效提高疾病的知晓率和控制率^[1]。目前诊断冠心病的“金标准”为冠状动脉造影检查,但其花费昂贵,存在过敏风险^[2]。因此,探索一种普遍可行的方式用于评估冠状动脉狭窄严重程度已成为新的研究热点。胰岛素抵抗 (insulin - resistance, IR) 是指机体对胰岛素敏感度及反应性下降,胰岛素不能在其敏感的靶器官发挥正常作用的总称^[3]。目前高胰岛素 - 正葡萄糖钳夹实验是评估 IR 的“金标准”,但该方法操作复杂、耗时且昂贵,限制了它在临床上的广泛应用^[4]。近年来,甘油三酯葡萄糖乘积 (triglyceride glucose product, TyG) 指数被视为一种新型 IR 替代指标,其计算方法为 $\ln[\text{空腹甘油三酯}(\text{mg/dl}) \times \text{空腹葡萄糖}(\text{mg/dl})/2]$ ^[5]。

TyG 指数作为结合空腹甘油三酯和空腹葡萄糖这两种冠心病传统危险因素的 IR 替代物,已被证实能够早期识别不良心血管事件发生^[6]。但 Alizargar 等^[7]研究认为,在患有心血管疾病患者中应用 TyG 指数很容易受到糖尿病和高脂血症的影响,应控制好这些混杂因素。Zhang 等^[8]避免了糖尿病史和高脂血症对心血管事件的影响,研究发现,在低密度脂蛋白胆固醇 (low - density lipoprotein cholesterol, LDL - C) 低于 1.8 mmol/L 的非糖尿病心肌梗死患者中,高 TyG 指数是后续血运重建的有效预测因子。由于本研究为回顾性研究,回顾性研究常出现患者临床资料在不同组别分布不均的情况,可能对结果真实性产生影响^[9]。因此,为着重对血糖、血脂进行研究,本研究将除血脂、血糖等相关指标外组间有差异的数据进行倾向性评分匹配 (propensity score matching, PSM) 后再对数据进行分析,既往此类研究较少,这也是本研究的新颖之处。本研究旨在为冠心病高危人群的识别提供帮助,同时为心血管疾病的防治提供新思路。

资料与方法

1. 临床资料:回顾性纳入 2021 年 12 月 ~ 2022 年 10 月因不明原因胸痛于上海交通大学医学院附属新华医院首次行冠状动脉造影检查的患者 404 例。根据冠状动脉造影结果分为冠心病组 ($n = 216$) 及非冠心病组 ($n = 188$),通过 PSM 后得到冠心病组 ($n = 123$) 和非冠心病组 ($n = 123$)。冠心病组包含稳定型冠心病 (stable coronary heart disease, SCAD) 和急性冠

状动脉综合征 (acute coronary syndrome, ACS)。再根据 Gensini 评分中位数将冠心病患者分为低分组 (Gensini 评分 < 35 分, $n = 59$) 和高分组 (Gensini 评分 ≥ 35 分, $n = 64$)。纳入标准:①符合 2010 年我国卫生部制定的冠状动脉粥样硬化性心脏病诊断标准^[10],冠状动脉造影显示至少 1 支冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$;②签署冠状动脉造影知情同意书;③临床资料完整。排除标准:①既往有溶栓、冠状动脉旁路移植术、经皮冠状动脉介入术治疗;②自身免疫性疾病以及恶性肿瘤患者;③肝肾功能严重不全患者;④先天性心脏病、严重心脏瓣膜病和感染性疾病患者;⑤近 3 个月服用过降血糖、降血脂药物的患者。本研究通过上海交通大学医学院附属新华医院医学伦理学委员会审批 (伦理学审批号: XHEC - D - 2023 - 013)。

2. 研究方法:收集患者的临床资料,包括姓名、性别、年龄、体重指数 (body mass index, BMI)、既往史、个人史。入院后第 2 天采肘静脉血,使用日立 LA-BOSPECT008AS 全自动生化分析仪检测血糖、血脂等生化指标。同时收集心电图和心脏超声结果。冠状动脉造影结果由上海交通大学医学院附属新华医院心内科团队的专科医生对患者进行冠状动脉造影术并对结果进行校对,心外膜冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 记为病变血管。

3. 统计学方法:应用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行统计分析。冠心病组及非冠心病组进行 PSM,配比因素包括性别、年龄、BMI、糖尿病的患病情况及除血糖、血脂等相关指标外差异有统计学意义的实验室指标。采用 Kolmogorov - Smirnov 检验分析连续性变量的正态分布,符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数 (四分位数间距) [$M(Q1, Q3)$] 表示,组间比较采用 Mann - Whitney U 检验。计数资料以例数 (百分比) [$n(\%)$] 表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Pearson 法进行相关性分析。通过 Logistic 回归探讨冠心病的有关影响因素。绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析 TyG 指数对冠状动脉狭窄严重程度的预测价值,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. PSM 后冠心病组与非冠心病组临床资料比较:采用 PSM 得到冠心病组、非冠心病组样本各 123 例。将匹配后两组的一般资料进行比较,发现年龄、性别、BMI、高血压病史、糖尿病病史、吸烟及饮酒史之间差

异均无统计学意义 ($P>0.05$)。匹配后两组的实验室资料进行比较发现, TyG 指数、TG、FPG、HDL - C 组间差异有统计学意义 ($P<0.05$), 而其他实验室指标差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 详见表 1。

表 1 PSM 后冠心病组与非冠心病组一般资料比较 [$n(\%)$, $\bar{x}\pm s$, $M(Q1, Q3)$]

项目	冠心病组 ($n=123$)	非冠心病组 ($n=123$)	$t/\chi^2/z$	P
年龄 (岁)	66 (61, 73)	66 (61, 70)	-0.921	0.357
男性	59 (48.0)	54 (43.9)	0.409	0.522
BMI (kg/m ²)	24.87 $\pm$ 3.35	24.93 $\pm$ 3.37	-0.145	0.885
高血压史	78 (63.4)	72 (58.5)	0.615	0.433
糖尿病史	13 (10.6)	12 (9.8)	0.045	0.833
吸烟史	31 (25.2)	25 (20.3)	0.832	0.362
饮酒史	9 (7.3)	8 (6.5)	0.063	0.802
TyG 指数	7.32 $\pm$ 0.57	7.05 $\pm$ 0.31	4.512	<0.001
HbA1c (%)	6.00 (5.70, 6.50)	5.90 (5.70, 6.30)	-1.606	0.108
FPG (mmol/L)	5.43 (4.80, 6.12)	5.09 (4.68, 5.66)	-2.667	0.008
TG (mmol/L)	1.57 (1.21, 2.15)	1.37 (1.10, 1.73)	-3.207	0.001
TC (mmol/L)	4.11 (3.60, 5.04)	4.25 (3.67, 4.77)	-0.129	0.897
HDL - C (mmol/L)	1.03 (0.88, 1.25)	1.09 (0.95, 1.28)	-2.039	0.041
LDL - C (mmol/L)	2.70 $\pm$ 0.92	2.75 $\pm$ 0.90	-0.429	0.668
Lp (a) (mg/dl)	19.60 (12.60, 30.40)	21.00 (12.50, 34.90)	-0.731	0.456
Apo - A (g/L)	1.31 $\pm$ 0.30	1.33 $\pm$ 0.24	-0.648	0.517
Apo - B (g/L)	0.93 $\pm$ 0.24	0.92 $\pm$ 0.24	0.453	0.651
Apo - A/Apo - B	1.40 (1.10, 1.80)	1.40 (1.20, 1.90)	-0.612	0.541
ALT (U/L)	19.00 (14.00, 29.00)	20.00 (14.00, 28.00)	-0.283	0.777
Cr (μ mol/L)	67.50 (55.10, 83.10)	66.80 (58.40, 79.40)	-0.306	0.760
UA (μ mol/L)	341.95 $\pm$ 90.29	342.58 $\pm$ 91.32	-0.055	0.956
BUN (mmol/L)	6.0 (5.0, 7.0)	6.0 (5.0, 7.0)	-0.856	0.392

2. 冠心病的危险因素 *Logistic* 回归分析: 以冠心病为因变量, 危险因素为自变量, 将经单因素分析差异有统计学意义的因素 (TyG 指数、HbA1c、HDL - C) 纳入回归分析, 结果提示 TyG 指数可作为冠心病的独立危险因素, 详见表 2。

3. CHD 组不同 Gensini 评分组临床资料比较: Gensini 评分低分组和高分组 TC、LDL - C、Lp (a)、Cr、BUN 等比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); TyG

指数、FPG、TG、HbA1c、HDL - C、Apo - A、Apo - B、Apo - A/Apo - B 等比较, 差异有统计学意义 ($P<0.01$), 详见表 3。

表 2 多因素 *Logistic* 回归分析

项目	β	Wald	OR (95% CI)	P
TyG 指数	1.377	13.216	3.963 (1.886 ~ 8.326)	<0.001
HbA1c	0.057	0.112	1.058 (0.759 ~ 1.475)	0.738
HDL - C	0.287	0.387	1.332 (0.540 ~ 3.286)	0.534

表 3 不同 Gensini 评分组临床资料比较 [$\bar{x}\pm s$, $M(Q1, Q3)$]

项目	低分组 ($n=59$)	高分组 ($n=64$)	$t/\chi^2/z$	P
TyG 指数	6.91 (6.71, 7.19)	7.55 (7.28, 7.91)	-6.986	<0.001
HbA1c (%)	5.90 (5.70, 6.20)	6.30 (5.80, 6.68)	-2.891	0.004
FPG (mmol/L)	4.99 (4.63, 5.65)	5.75 (5.24, 6.74)	-4.708	<0.001
TG (mmol/L)	1.25 (0.99, 1.66)	1.98 (1.51, 2.54)	-5.956	<0.001
TC (mmol/L)	4.21 $\pm$ 0.99	4.42 $\pm$ 1.02	-1.175	0.243
HDL - C (mmol/L)	1.21 (1.02, 1.38)	0.93 (0.81, 1.05)	-5.182	<0.001
LDL - C (mmol/L)	2.63 $\pm$ 0.84	2.76 $\pm$ 0.99	-0.787	0.433
Lp (a) (mg/dl)	18.80 (13.40, 28.80)	20.50 (8.63, 31.38)	-0.073	0.941
Apo - A (g/L)	1.40 $\pm$ 0.30	1.23 $\pm$ 0.27	3.210	0.002
Apo - B (g/L)	0.87 $\pm$ 0.21	0.99 $\pm$ 0.25	-2.920	0.004
Apo - A/Apo - B	1.60 (1.40, 2.10)	1.30 (1.00, 1.50)	-4.433	<0.001
ALT (U/L)	18.00 (12.00, 24.00)	22.00 (15.00, 35.00)	-2.559	0.011
Cr (μ mol/L)	68.18 $\pm$ 17.71	70.10 $\pm$ 17.98	-0.597	0.552
UA (μ mol/L)	324.20 $\pm$ 82.83	358.31 $\pm$ 94.36	-2.123	0.036
BUN (mmol/L)	6.0 (5.0, 7.0)	6.0 (5.0, 7.0)	-0.498	0.618

4. 相关性分析: *Spearman* 相关性分析提示, TyG 指数与 Gensini 评分呈正相关($r=0.618, P<0.001$), 详见图 1。

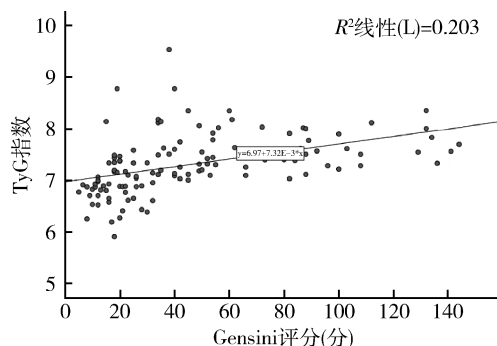


图 1 *Spearman* 相关性分析

5. ROC 曲线分析: ACS 中 ST 段抬高型心肌梗死 (ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI) 属于斑块破裂导致的急性闭塞, 为减少误差, 运用 ROC 曲线判断 TyG 指数对冠状动脉狭窄严重程度的预测价值时, 排除 STEMI 患者资料。ROC 曲线下面积 (area under the curve, AUC) 为 0.873 (95% CI: 0.802 ~ 0.943, $P<0.001$)。当 TyG 指数为 7.08 时, 对冠状动脉狭窄的预测价值最高, 敏感度和特异性分别为 95.2% 和 67.3%。

此外, FPG 的 AUC 为 0.710 (95% CI: 0.603 ~ 0.817, $P<0.001$), 截断值为 5.36, 敏感度为 71.4%, 特异性为 71.2%; TG 的 AUC 为 0.819 (95% CI: 0.735 ~ 0.903, $P<0.001$), 截断值为 1.36, 敏感度为 92.9%, 特异性为 63.5%, 详见图 2。

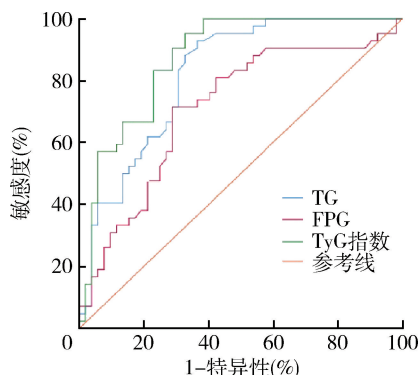


图 2 ROC 曲线

讨 论

我国正面临人口老龄化和代谢危险因素增加的双重压力, 冠心病负担仍将持续增加, 需要开展更为有效的预防策略, 减少发病人数, 以便更好地应对心

血管急重症的救治^[1]。研究表明, IR 与心血管疾病密切相关, 是心血管疾病的相关危险因素^[11]。也有研究发现, IR 与心血管事件发生率升高相关, 并且独立于其他心血管危险因素和糖尿病状态^[12]。Chen 等^[13]使用孟德尔随机化方法证明 IR 与冠状动脉疾病、心肌梗死、缺血性脑卒中和小动脉闭塞型脑卒中的风险存在因果关系。

TyG 指数是一种胰岛素抵抗的新型生物学标志物, 一项研究纳入 5014 例患者, 在平均 10 年的时间内进行了随访, 发现 TyG 指数升高是心血管事件发生风险增加的危险因素^[14]。然而, Vega 等^[15]对 39447 例男性进行研究, 发现 TyG 指数不能很好地预测冠心病, 这可能因为该研究人群年龄较轻、饮食差异、种族差异、代谢综合征发生率较低以及其他心血管风险因素较少。本研究发现, 冠心病组 TyG 指数、TG、FPG 高于非冠心病组, HDL-C 低于非冠心病组, 这与廖丽萍等^[16]研究结论一致, TyG 指数对冠心病患者的发病有一定作用。高密度脂蛋白具有逆向转运胆固醇的能力, 即将胆固醇从肝外组织转运到肝脏代谢, 并由胆汁排出体外, 所以高密度脂蛋白是抗动脉粥样硬化的脂蛋白^[17]。

本研究多因素 *Logistic* 回归分析提示, TyG 指数可作为冠心病的独立危险因素, 这与宋晚美等^[18]研究结论一致, 其对 TyG 指数与各心血管危险因素分析发现, TyG 指数可综合反映血脂和血糖信息。IR 的机制是可以诱导葡萄糖代谢失衡, 从而产生慢性高血糖症, 这又会引发氧化应激并引起炎症反应, 从而导致细胞损伤。IR 还可以改变全身脂质代谢, 然后导致血脂异常和众所周知的脂质三联体的发展: 高水平的血浆甘油三酯、低水平的高密度脂蛋白和小而密低密度脂蛋白的出现, 这都促成了动脉粥样硬化斑块的形成^[19]。IR 除了产生慢性高血糖和血脂异常外, 还能引起血压增高、促进炎症反应和促进血栓形成^[20]。

在本研究中, 根据冠状动脉 Gensini 评分中位数将冠心病组分为低分组和高分组, 两组 TyG 指数比较差异有统计学意义 ($P<0.05$), 与预期一致。本研究分析 TyG 指数与 Gensini 评分呈正相关 ($r=0.618, P<0.001$)。这些结果与既往研究结果相似, Lee 等^[21]和 Jin 等^[22]研究也发现, TyG 指数和冠状动脉狭窄严重程度呈正相关性。之后, 由于 ACS 中大多数 STEMI 是不稳定的粥样斑块溃破, 为减少误差, 采用 ROC 曲线进一步判断 TyG 指数对 Gensini 评分的

预测价值时,排除 STEMI 患者资料,考虑 TyG 指数对于冠状动脉狭窄严重程度的预测价值大于 FPG 或 TG 的单独预测价值。这与 Thai 等^[23]研究结论一致,均提示 TyG 指数可作为冠状动脉严重狭窄的预测因子。目前 TyG 指数和冠状动脉疾病严重程度之间的机制仍然不清楚,但在 Mao 等^[24]研究中发现 TyG 指数与冠状动脉狭窄评分独立相关,TyG 指数的致动脉粥样硬化机制可能归因于全身炎症、内皮功能障碍、氧化应激和 IR 介导的血管重塑。

本研究目前存在一定的局限性:(1)本研究为单中心、回顾性研究,样本量小,可能存在选择偏倚。(2)入院后空腹血糖、空腹甘油三酯仅测量 1 次,可能导致测量误差造成研究潜在的偏差。(3)由于未能检测空腹胰岛素数值,无法进行胰岛素抵抗的稳态模型评估(homeostasis model assessment of insulin resistance,HOMA-IR),因此无法同时比较 HOMA-IR 和 TyG 指数在冠心病中的应用价值。因此,需要开展更多数据、更大样本量和长期的研究来进一步证实本研究的结果。

综上所述,TyG 指数的提出有助于更加简便经济地评估 IR,对冠心病的诊断以及冠状动脉狭窄严重程度的预测具有一定的应用价值,便于广大基层医疗工作者快速地预警心血管疾病高危患者,更好地开展早期防治,对于减少医疗负担有重要意义。

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

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 2021 概要[J]. 心脑血管病防治, 2022, 22(4): 20-36, 40
- 2 陈恩玉, 陈智铭, 张嘉媛, 等. 基于真实世界数据挖掘在冠心病临床诊断中的应用研究[J]. 福建医药杂志, 2022, 44(5): 67-70
- 3 Semple RK, Savage DB, Cochran EK, *et al.* Genetic syndromes of severe insulin resistance[J]. *Endocr Rev*, 2011, 32(4): 498-514
- 4 DeFronzo RA, Tobin JD, Andres R. Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance[J]. *Am J Physiol*, 1979, 237(3): E214-E223
- 5 Chamroonkiadtikun P, Ananchaisarp T, Wanichanon W. The triglyceride-glucose index, a predictor of type 2 diabetes development: a retrospective cohort study[J]. *Prim Care Diabetes*, 2020, 14(2): 161-167
- 6 Hong S, Han K, Park CY. The triglyceride glucose index is a simple and low-cost marker associated with atherosclerotic cardiovascular disease: a population-based study[J]. *BMC Med*, 2020, 18(1): 361
- 7 Alizargar J, Bai CH, Hsieh NC, *et al.* Use of the triglyceride-glucose index (TyG) in cardiovascular disease patients[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2020, 19(1): 8
- 8 Zhang Y, Ding X, Hua B, *et al.* High triglyceride-glucose index is

- associated with poor cardiovascular outcomes in nondiabetic patients with ACS with LDL-C below 1.8 mmol/L [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2022, 29(2): 268-281
- 9 周洁, 张晟, 何书, 等. 使用 R 和 Stata 软件实现倾向性评分匹配[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(4): 628-632, 636
 - 10 中华人民共和国卫生部. 冠状动脉粥样硬化性心脏病诊断标准 WS 319-2010[S]. 2010
 - 11 李佳凝, 孔维敏, 高昕, 等. 心周脂肪体积与心血管危险因素及能量消耗的相关性研究[J]. 中国循环杂志, 2018, 33(11): 1089-1093
 - 12 Adeva-Andany MM, Martínez-Rodríguez J, González-Lucán M, *et al.* Insulin resistance is a cardiovascular risk factor in humans[J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(2): 1449-1455
 - 13 Chen W, Wang S, Lv W, *et al.* Causal associations of insulin resistance with coronary artery disease and ischemic stroke: a Mendelian randomization analysis[J]. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2020, 8(1): e001217
 - 14 Sánchez-Iñigo 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
 - 15 Vega GL, Barlow CE, Grundy SM, *et al.* Triglyceride-to-high-density-lipoprotein-cholesterol ratio is an index of heart disease mortality and of incidence of type 2 diabetes mellitus in men[J]. *J Invest Med*, 2014, 62(2): 345-349
 - 16 廖丽萍, 周跟东, 张晓红, 等. 甘油三酯葡萄糖乘积指数对中青年人群冠心病及冠状动脉狭窄程度的预测价值[J]. 中国心血管病研究, 2021, 19(5): 440-444
 - 17 曾晓容. 甘油三酯葡萄糖指数在冠心病患者中的临床意义研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2021
 - 18 宋晚美, 刘曦峰, 马小峰. 甘油三酯-血糖指数和甘油三酯-血糖-体质指数在冠心病预测和评估中的应用价值[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2021, 13(6): 680-683, 691
 - 19 Ormazabal V, Nair S, Elfeky O, *et al.* Association between insulin resistance and the development of cardiovascular disease[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2018, 17(1): 122
 - 20 Laakso M, Kuusisto J. Insulin resistance and hyperglycaemia in cardiovascular disease development[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2014, 10(5): 293-302
 - 21 Lee EY, Yang HK, Lee J, *et al.* Triglyceride glucose index, a marker of insulin resistance, is associated with coronary artery stenosis in asymptomatic subjects with type 2 diabetes[J]. *Lipids Health Dis*, 2016, 15(1): 155
 - 22 Jin JL, Sun D, Cao YX, *et al.* Triglyceride glucose and haemoglobin glycation index for predicting outcomes in diabetes patients with new-onset, stable coronary artery disease: a nested case-control study[J]. *Ann Med*, 2018, 50(7): 576-586
 - 23 Thai PV, Tien HA, Van Minh H, *et al.* Triglyceride glucose index for the detection of asymptomatic coronary artery stenosis in patients with type 2 diabetes[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2020, 19(1): 137
 - 24 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

(收稿日期: 2023-01-12)

(修回日期: 2023-03-07)