

# 甘油三酯葡萄糖指数与冠心病的研究进展

邱娟, 朱秀兰\*

重庆医科大学附属璧山医院全科医学科, 重庆

收稿日期: 2026年5月18日; 录用日期: 2026年6月11日; 发布日期: 2026年6月23日

## 摘要

近年来, 冠状动脉粥样硬化性心脏病(CAD)的患病率不断攀升, 同时, 冠心病的发病人群逐渐呈现年轻化趋势, 对冠心病的防治已成为一项严峻的公共卫生挑战。胰岛素抵抗(IR)通过代谢紊乱、慢性炎症、损伤血管等机制, 显著增加心血管疾病风险, 是冠心病的发生发展的重要原因, 需要及早干预。在IR的替代指标中, 甘油三酯葡萄糖(TyG)指数作为一项简便的生物标志物, 已被证实能够可靠反映IR水平。本文旨在阐述TyG指数与CAD相关性的研究现状, 为CAD的预防、治疗和预后评估提供参考依据, 同时探讨TyG指数在临床应用中的潜在价值与未来研究方向。

## 关键词

冠状动脉粥样硬化性心脏病, 甘油三酯葡萄糖指数, 胰岛素抵抗

# Research Progress on Triglyceride-Glucose Index and Coronary Heart Disease

Juan Qiu, Xiulan Zhu\*

Department of General Practice, Bishan Hospital Affiliated to Chongqing Medical University, Chongqing

Received: May 18, 2026; accepted: June 11, 2026; published: June 23, 2026

## Abstract

In recent years, the prevalence of coronary artery disease (CAD) has been steadily increasing, and the affected population is progressively trending toward younger age groups. Consequently, the prevention and treatment of CAD have emerged as a significant public health challenge. Insulin resistance (IR) contributes to an elevated risk of cardiovascular disease through mechanisms involving metabolic disorders, chronic inflammation, and vascular injury. As a critical factor in the

\*通讯作者。

initiation and progression of CAD, IR necessitates early intervention. Among the surrogate markers for IR, the triglyceride-glucose (TyG) index, a convenient and cost-effective biomarker, has been demonstrated to reliably reflect IR levels. This article aims to review the current research status on the association between the TyG index and CAD, providing a reference for CAD prevention, treatment, and prognosis assessment. Additionally, the potential clinical applications and future research directions of the TyG index are discussed.

## Keywords

Coronary Atherosclerotic Heart Disease, Triglyceride Glycemic Index, Insulin Resistance

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

《中国心血管健康与疾病报告 2024》[1]数据显示, 心血管疾病占农村、城市总死亡人数的 49.0%和 47.4%, 仍居于我国居民死亡原因的首位, 且呈现出不断增长的趋势。其中, 缺血性心脏病、出血性卒中和缺血性卒中是中国心血管疾病死亡的 3 大主要原因。自 2012 年以来, 冠状动脉粥样硬化性心脏病 (Coronary Atherosclerotic Heart Disease, CAD) 的死亡率持续上升, 对 CAD 的早期预防和治疗刻不容缓。胰岛素抵抗 (Insulin Resistance, IR) 是糖尿病、代谢综合征和动脉粥样硬化的中间过程, 是导致心血管疾病发生风险增加的重要因素[2]。在反映 IR 的各项指标中, 由空腹甘油三酯与空腹血糖计算而来的甘油三酯葡萄糖 (Triglyceride-Glucose, TyG) 指数[3]因操作简便, 结果可靠而引起关注。多项研究表明, TyG 指数对冠心病发病、冠脉病变严重程度及患者预后均具有一定预测价值。因此, 本文将 TyG 指数与冠心病相关研究进行总结, 以期对冠心病的早期防治提供思路。

## 2. 胰岛素抵抗的研究进展

研究表明, IR 通过损害血管内皮功能、促进平滑肌细胞的增殖与凋亡失衡, 以及增强巨噬细胞内质网应激和炎症反应, 共同加速动脉粥样硬化进程[4]。高胰岛素 - 正葡萄糖钳夹试验[5]被公认为评估胰岛细胞功能的金标准, 然而其属于侵入性操作, 且操作困难、价格昂贵, 难以在临床中大规模应用。稳态模型评估 (Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance, HOMA-IR) [6]通过测量空腹血浆胰岛素和葡萄糖浓度来评估胰岛素抵抗的程度, 是常用的 IR 替代指标。然而, 其对接受胰岛素治疗及胰岛细胞功能缺陷的患者应用价值有限[7]。TyG 指数近年来被证实是胰岛素抵抗的可靠替代指标, 其计算公式为  $\text{Ln}[\text{甘油三酯}(\text{mg/dL}) \times \text{空腹血糖}(\text{mg/dL})/2]$  [8]。相较于其他指标, 其具有简便、经济的优点, 适合应用于社区医院及偏远地区医疗单位。一项队列研究[9]表明, TyG 指数相较于其他 IR 替代指标对我国中老年人心血管事件风险的预测价值更高。

## 3. TyG 指数的发展历程

TyG 指数最早于 2008 年由 Simental-Mendía 等提出, 作为 IR 的简便替代指标[8]。随后, Guerrero-Romero 等[10]采用高胰岛素 - 正葡萄糖钳夹这一金标准技术对该指数进行了验证, 证实其识别 IR 的敏感性达 96.5%、特异性达 85.0%, 为其临床应用奠定了坚实基础。随着研究的深入, TyG 指数的应用价值

不断拓展。Vasques 等[11]在巴西人群中的研究证实其评估 IR 的效果优于 HOMA-IR。另有研究发现该指数可独立预测心血管事件(冠心病、脑血管病等)的发生风险[12], 并与冠状动脉疾病患者的不良心血管预后显著相关[13]。近年来, Tao 等[14]通过系统性综述全面梳理了 TyG 指数在心血管疾病领域的研究进展, 确认其作为经济、简便的胰岛素抵抗替代标志物, 在资源有限及基层医疗单位具有重要的临床应用价值。

#### 4. TyG 指数与动脉粥样硬化

临床上常用大血管如颈动脉、冠状动脉、颅内外动脉等的粥样硬化情况估计患者总体动脉粥样硬化的程度。Miao 等研究发现[15], 高 TyG 指数水平的缺血性脑卒中患者出现异常颈动脉内中膜厚度( $\geq 1$  mm) 风险更高, 认为 TyG 指数可能是一项有前景的动脉粥样硬化标志物。随后, Wang 等[16]在非糖尿病社区人群中进一步研究了 TyG 指数与冠状动脉及颅内外动脉斑块负荷的相关性, 结果发现, 在调整所有混杂因素后, 随着 TyG 指数的升高, 参与者出现动脉粥样硬化斑块的风险及斑块负荷均显著提升。同时, 与 HOMA-IR 相比, TyG 指数与颅内动脉粥样硬化的相关性更为显著。然而, 该研究缺乏对不同血糖状态下 TyG 指数与动脉粥样硬化相关性的探讨。Li 等[17]在有症状的 CAD 患者中研究发现, 无论血糖和血脂如何, 高 TyG 指数组发生异常颈动脉内中膜厚度的风险及冠状动脉病变严重程度(Gensini 评分)均显著增加。相较于单一的空腹血糖或空腹甘油三酯水平, TyG 指数对冠状动脉和颈动脉粥样硬化斑块的识别价值更高, 提示 TyG 指数是一项有效且可靠的动脉粥样硬化预测指标。

#### 5. TyG 指数与动脉易损斑块

动脉易损斑块是动脉硬化斑块中发展迅速、具有血栓形成倾向的不稳定高危斑块, 是急性冠脉综合征、脑卒中等严重心血管疾病发生及导致患者不良临床结局的重要因素[18]。Zhang 等对 2658 名 2 型糖尿病患者的冠脉 CTA 检查结果研究发现[19], 患者的 TyG 指数越高, 出现非钙化斑块、混合斑块和脆弱斑块的几率越大。多元回归分析显示, TyG 指数与易损斑块之间存在独立相关性。Guo 等[20]在 ST 段抬高性心肌梗死(ST-Segment Elevation Myocardial Infarction, STEMI)患者的研究中也得出了相似的结论。Huo 等对不同血糖状态下 TyG 指数与颈动脉斑块的稳定性的关联进行了研究[21], 发现 TyG 指数是颈动脉斑块不稳定的独立预测因子, 且相较于 FBG、TG 具有更好的预测价值。在不同血糖状态下, TyG 指数均与颈动脉斑块不稳定风险显著相关, 其中糖尿病患者的 OR 值最高(OR = 2.51 [95% CI, 1.87~3.36])。受限三次样条回归分析显示, TyG 指数与不稳定颈动脉斑块呈非线性关系, TyG 指数 $>8.63$  时, 颈动脉斑块不稳定的风险随着 TyG 指数的增加迅速增加。然而, 上述研究均为单中心回顾性研究, 尚需开展多中心、前瞻性研究进一步验证 TyG 指数与动脉易损斑块的相关性。

#### 6. 从胰岛素抵抗到心血管事件: TyG 指数的机制基础

胰岛素抵抗状态下, 高血糖和甘油三酯升高不仅作为代谢指标存在, 更通过多种途径直接损伤血管。Jialal 等[22]在一项纳入 102 例受试者的研究中发现, 随着 TyG 指数三分位数的升高, ox-LDL、硝基酪氨酸、C 反应蛋白、内毒素、chemerin、IL-6 水平及单核细胞 TLR-4 和 TLR-2 的表达均显著增加, 表明 TyG 指数升高与促炎、促氧化表型密切相关。内皮功能障碍是胰岛素抵抗向动脉粥样硬化转化的关键环节, 一项纳入 840 名研究对象的横断面研究发现[23], TyG 指数每升高 1 个单位, 血流介导的血管舒张功能(FMD)值降低 0.330 (95% CI:  $-0.609$  至  $-0.052$ ,  $P = 0.020$ ), 且这种关联在非糖尿病人群中尤为显著( $\beta = -0.594$ , 95% CI:  $-1.042$  至  $-0.147$ ,  $P = 0.009$ ), 说明 TyG 指数升高可直接损害血管内皮功能。另有研究报道[24], TyG 指数升高还与中性粒细胞/HDL-C 及单核细胞/HDL-C 比值升高显著相关, 进一步佐证了 TyG 指数所反映的胰岛素抵抗状态与慢性炎症之间的紧密联系。上述促炎、促氧化及内皮损伤的级联反

应, 共同构成了胰岛素抵抗加速动脉粥样硬化、诱发斑块失稳并最终导致心血管事件的病理基础。

## 7. TyG 指数与冠心病

### 7.1. TyG 指数与冠心病发病

一项西班牙的队列研究[12]发现, 患者基线 TyG 指数越高, 在随访期间发生心血管疾病的风险越大。根据 TyG 指数五分位数将患者分为五组, TyG 指数最高组患心血管疾病的风险为最低组的 2.32 倍(95% CI: 1.65~3.26)。在 Framingham 预测模型加入 TyG 指数后, 其对 CAD 的预测准确性得到了提升, 提示 TyG 指数有助于早期识别心血管事件高危人群。Liu 等[25]对华东地区非糖尿病人群进行了一项为期 10 年的前瞻性队列研究, 进一步证实了 TyG 指数水平与 CVD 和冠心病发病风险的相关性。在按性别、年龄、高血压和 BMI 分层的亚组分析中, 该相关性在各亚组间仍具有一致性和稳定性。但是, 关于糖尿病患者 TyG 指数与冠心病发病风险的相关性仍有待进一步研究。Pan 等[26]对高血压患者的回顾性研究发现, TyG 指数与阻塞性冠状动脉疾病(OCAD)的发病率间存在 J 型关系, 随着 TyG 指数超过 8.61, OCAD 患病率的比值显著增加, 提示 TyG 指数与高血压患者 OCAD 的发生率显著相关。

近年来, 冠心病发病逐渐呈现年轻化趋势, 这不仅对患者的生活质量造成显著损害, 同时也为其家庭带来了沉重的经济与照护负担。一项以白种人群为研究对象的随访调查显示[27], 对诊断年龄<40 岁的早发型冠心病(Premature Coronary Artery Disease, PCAD)患者, 其 15 年累积总死亡率为 30%, 其中射血分数<30%的患者 15 年内死亡率高达 83%。因此, 有必要开展早期且精准的风险分层, 以识别 PCAD 的高风险人群。国内一项纳入了 64,489 名开滦队列参与者的研究发现[28], 随着 TyG 指数的升高, 中青年(男性 < 55 岁, 女性 < 65 岁)发生动脉粥样硬化性心血管疾病(ASCVD)的风险而显著增加, TyG 指数每增加一单位, 早发性 ASCVD 事件的风险便增加 20%。Shali 等[29]在国内进行的一项面对年龄≤45 岁人群的多中心研究发现, 相较于对照组, 早发冠状动脉疾病(Early-Onset Coronary Artery Disease, EOCAD)组具有更高的 TyG 指数。在调整其他混杂因素后, TyG 指数与 EOCAD 患病率升高仍存在正相关性, 当 TyG 指数阈值为 7.11 时, EOCAD 发生的 ROC 曲线下面积(AUC)最大为 0.687, 提示 TyG 指数可作为未来改善 CAD 风险分层的有效指标。

### 7.2. TyG 指数与冠脉病变严重程度

国内一项多中心回顾性研究发现[30], TyG 指数升高与多血管 CAD 风险增加显著相关。当 TyG 指数作为分类变量时, T3 患者多血管 CAD 风险是 T1 患者风险的 2.280 倍。进一步研究表明, TyG 指数与多血管 CAD 风险在糖尿病患者具有统计学上的相关性, 而在非糖尿病和前糖尿病患者无统计学关联, 提示 TyG 指数可作为识别糖尿病患者多支血管病变高危人群的参考指标。

Xiong 等[31]使用 SYNTAX 评分评估患者冠脉病变严重程度, 发现急性冠脉综合征(Acute Coronary Syndrome, ACS)患者的 SYNTAX 评分随着 TyG 指数的升高而增加, 调整混杂因素后两者之间仍存在正相关性。亚组分析结果显示, 无论是在血糖正常、糖尿病前期还是糖尿病患者群体中, TyG 指数均为中/高 SYNTAX 评分的独立危险因素, 提示 TyG 指数可作为评估 ACS 患者 CAD 复杂性的无创预测指标。Xu 等[32]通过 Gensini 评分评估 H 型高血压患者冠脉狭窄程度时, 发现 TyG 指数升高与患者冠状动脉严重狭窄的易感性增加显著相关。相较于非 H 型高血压患者, TyG 指数对 H 型高血压患者冠状动脉严重狭窄具有更好的预测价值(AUC = 0.888 vs AUC = 0.615)。

### 7.3. TyG 指数与主要不良心血管事件

研究发现[33], 在老年急性冠脉综合征患者中基线 TyG 指数水平越高, 于中位随访 63 个月期间发生

全因死亡及主要不良心血管事件(Major Adverse Cardiovascular Events, MACE) (包括心源性死亡、非致死性心肌梗死、靶血管血运重建、充血性心力衰竭及非致死性卒中)的风险越大。单因素 COX 回归分析进一步证实, TyG 指数是这类患者远期不良预后的独立预测因子。随后, Wu 等[34]对 PCAD 的研究进一步证实了 TyG 指数与患者 MACE 发生率存在正相关性, TyG 指数每增加一个标准差, 患者发生 MACE 的风险比为 1.45 (95% CI: 1.11~1.91)。在现有风险预测模型中纳入 TyG 指数可显著提升其预测效能, 表明 TyG 指数对 PCAD 的风险分层和早期干预具有重要的意义。一项前瞻性队列研究发现[35], TyG 指数与院内 CAD 患者 MACE 发生率存在“U”形非线性关系, 当基线 TyG 指数高于 8.62 时, 随访期间 MACE 的发生率显著升高。

#### 7.4. TyG 指数与 PCI 术后

研究发现[36], TyG 指数较高的 ST 段抬高型急性心肌梗死(STEMI)患者在接受“经皮冠状动脉介入治疗”(Percutaneous Coronary Intervention, PCI)后 30 天、6 个月和 1 年内, 出现不良心血管结局(包括 MACE 和全因死亡)的风险显著升高。TyG 指数预测 STEMI 患者术后 MACE 的受试者工作特征曲线下面积(AUC)为 0.685。另一项关于 TyG 指数与接受 PCI 治疗的 ACS 患者心血管结局的研究也证实了 TyG 指数与患者 1 年内发生不良心血管事件风险存在正相关性[37], 这表明 TyG 指数可以作为心血管风险的早期预测指标, 并具备成为心血管疾病管理中潜在干预靶点的价值。关于 TyG 指数与慢性冠脉综合征(CCS)患者预后的研究发现[38], TyG 指数 CCS 患者 PCI 术后重复血运重建和支架内再狭窄(in-stent restenosis, ISR)显著相关, 且调整混杂因素后仍存在正相关性。受限三次样条分析显示, TyG 指数与主要终点之间存在线性剂量-反应关系, 认为 TyG 指数可能是评估接受 PCI 的 CCS 患者预后的有效预测因子。Zhu 等[39]在 1574 例 ACS 患者中的研究证实, TyG 指数与患者 PCI 术后 ISR 呈独立正相关。多因素回归分析显示, TyG 指数每增加 1 个单位, ISR 风险升高 42.4% (OR = 1.424, 95% CI: 1.116~1.818,  $p = 0.005$ )。该研究提示, TyG 指数可作为简便有效的指标用于 ACS 患者 PCI 术后 ISR 的风险评估。

基于 TyG 指数与冠心病患者 PCI 术后预后的相关性, Ye 等[40]开发了包括 TyG 指数、年龄、糖尿病、吸烟情况的列线图模型, 用于对 STEMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的风险进行预测。外部独立验证队列显示, 预测结果和实际结果之间存在显著相关性, 证实了该列线图模型的临床价值。然而, 该研究为回顾性研究且样本量较少。Feng 等[41]将 TyG 指数和 ACEF 评分(包括年龄、肌酐和左心室射血分数)加入常规风险预测模型, 结果发现该模型的 C 统计值从 0.664 增加到 0.703, 显著提升了该风险预测模型对 PCI 术后 MACE 风险的预测能力。

#### 8. TyG 指数与其他 IR 衍生指标的联合应用

尽管本研究聚焦于 TyG 指数与冠心病风险的相关性, 但近年来新兴 IR 指标如胰岛素抵抗代谢评分(METS-IR)、估算葡萄糖处置率(eGDR)及甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇(TG/HDL-C)等常被提议与 TyG 联合使用以提升风险评估效能。Sun 等[42]在一项纳入 1899 例急性心肌梗死患者的 6 年随访研究中发现, TyG 指数联合 METS-IR 预测 MACE 风险的 AUC (0.625)显著优于单一 METS-IR (0.573), 证实联合使用在 AMI 人群中具有增量预测价值, 但该联合 AUC 绝对值仍偏低, 提示信息冗余和多重共线性可能导致其效能提升受限。类似地, TyG 联合 TG/HDL-C 虽成本最低、检测简便, 但同样存在信息冗余问题。Che 等[43]发现血脂异常可解释两者与 CVD 关联的约 40%~46%, 提示预测信息高度重叠。

He 等[44]基于 NHANES 数据库 17,787 例一般人群的研究显示, 高 TyG 联合低 eGDR 组全因死亡风险升高 59.2%、心血管死亡风险升高 68.3%。Ruan 等[45]利用 CHARLS 队列的中介分析则从机制上证明, eGDR 显著介导了 TyG 与心血管代谢共病的关联, 且未发现两者间显著的交互作用, 表明二者通过独立

且互补的通路贡献于疾病风险, 从而在理论上克服了多重共线性的问题, 但其劣势在于需测量腰围、血压及 HbA1c, 在大规模流行病学调查中数据可及性较差。

## 9. TyG 指数的局限性

TyG 指数作为一项简便、经济的 IR 指标, 对减少冠心病发病率及改善患者预后具有重要意义。然而, 其预测能力仍有待进一步提升。多项研究显示[32][34], 单一 TyG 指数预测冠心病的 ROC 曲线下面积不超过 0.7。近年来, TyG 指数联合其他指标如体重指标、炎症指标等与冠心病相关性的研究逐渐增多[46], 结果显示, 相较于单一 TyG 指数, 联合指标对冠心病预测价值更高。因此, 后续可继续发掘更有效的 TyG 指数联合指标以提高其在临床中的应用价值。

另外, 由于空腹血糖及血脂的获取容易受患者饮食、用药情况等影响, 单次测量的 TyG 指数可能存在偏差。研究发现[47], 平均 TyG 指数相较于基线 TyG 指数能更好地预测冠心病患者的预后。因此, 在后续研究中关注平均 TyG 指数及其动态变化趋势可能有利于对 CHD 的预测。

## 10. 结论与展望

现有证据表明, TyG 指数作为一种简便可靠的胰岛素抵抗替代标志物, 在冠心病的风险分层与预后判断中具有临床应用价值[48]。然而, 该领域仍存在若干尚未解决的关键问题。首先, 现有研究以观察性设计为主, 因果关系尚不明确。已有孟德尔随机化研究在欧洲裔人群中提示 TyG 指数与心血管疾病之间存在因果关联[49], 但该结论尚需在亚洲人群及多族裔中进一步验证。其次, 临床上是否应将 TyG 指数作为独立的干预靶点仍需验证, 目前尚无针对降低 TyG 指数水平能否改善心血管结局的随机对照试验。此外, 联合体重指标或炎症指标可提升预测效能, 但不同联合策略的最佳选择尚无定论[46]。最后, 单次测量的 TyG 指数易受饮食、用药等因素干扰, 而平均 TyG 指数及其长期变化趋势可能提供更稳健的预后信息[47]。解决上述问题, 将有助于推动 TyG 指数在冠心病防治中的精准应用。

## 参考文献

- [1] 刘明波, 何新叶, 杨晓红, 等. 《中国心血管健康与疾病报告 2024》要点解读[J]. 心肺血管病杂志, 2025, 44(9): 899-917.
- [2] Ormazabal, V., Nair, S., Elfeky, O., Aguayo, C., Salomon, C. and Zuñiga, F.A. (2018) Association between Insulin Resistance and the Development of Cardiovascular Disease. *Cardiovascular Diabetology*, **17**, Article No. 122. <https://doi.org/10.1186/s12933-018-0762-4>
- [3] Chamroonkiadtikun, P., Ananchaisarp, T. and Wanichanon, W. (2020) The Triglyceride-Glucose Index, a Predictor of Type 2 Diabetes Development: A Retrospective Cohort Study. *Primary Care Diabetes*, **14**, 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2019.08.004>
- [4] Adeva-Andany, M.M., Ameneiros-Rodríguez, E., Fernández-Fernández, C., Domínguez-Montero, A. and Funcasta-Calderón, R. (2019) Insulin Resistance Is Associated with Subclinical Vascular Disease in Humans. *World Journal of Diabetes*, **10**, 63-77. <https://doi.org/10.4239/wjd.v10.i2.63>
- [5] DeFronzo, R.A., Tobin, J.D. and Andres, R. (1979) Glucose Clamp Technique: A Method for Quantifying Insulin Secretion and Resistance. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, **237**, E214-E223. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1979.237.3.e214>
- [6] Matthews, D.R., Hosker, J.P., Rudenski, A.S., Naylor, B.A., Treacher, D.F. and Turner, R.C. (1985) Homeostasis Model Assessment: Insulin Resistance and Beta-Cell Function from Fasting Plasma Glucose and Insulin Concentrations in Man. *Diabetologia*, **28**, 412-419. <https://doi.org/10.1007/bf00280883>
- [7] Minh, H.V., Tien, H.A., Sinh, C.T., Thang, D.C., Chen, C., Tay, J.C., et al. (2021) Assessment of Preferred Methods to Measure Insulin Resistance in Asian Patients with Hypertension. *The Journal of Clinical Hypertension*, **23**, 529-537. <https://doi.org/10.1111/jch.14155>
- [8] Simental-Mendía, L.E., Rodríguez-Morán, M. and Guerrero-Romero, F. (2008) The Product of Fasting Glucose and Triglycerides as Surrogate for Identifying Insulin Resistance in Apparently Healthy Subjects. *Metabolic Syndrome and*

*Related Disorders*, **6**, 299-304. <https://doi.org/10.1089/met.2008.0034>

- [9] Zhou, H., Shi, Y. and Zhou, X. (2025) Comparison of Nine Insulin Resistance Surrogates for Predicting Cardiovascular Disease: A Cohort Study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **17**, Article No. 365. <https://doi.org/10.1186/s13098-025-01933-z>
- [10] Guerrero-Romero, F., Simental-Mendía, L.E., González-Ortiz, M., Martínez-Abundis, E., Ramos-Zavala, M.G., Hernández-González, S.O., *et al.* (2010) The Product of Triglycerides and Glucose, a Simple Measure of Insulin Sensitivity. Comparison with the Euglycemic-Hyperinsulinemic Clamp. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **95**, 3347-3351. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0288>
- [11] Vasques, A.C.J., Novaes, F.S., de Oliveira, M.d.S., Matos Souza, J.R., Yamanaka, A., Pareja, J.C., *et al.* (2011) Tyg Index Performs Better than HOMA in a Brazilian Population: A Hyperglycemic Clamp Validated Study. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **93**, e98-e100. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2011.05.030>
- [12] Sánchez-Íñigo, L., Navarro-González, D., Fernández-Montero, A., Pastrana-Delgado, J. and Martínez, J.A. (2016) The TyG Index May Predict the Development of Cardiovascular Events. *European Journal of Clinical Investigation*, **46**, 189-197. <https://doi.org/10.1111/cci.12583>
- [13] Jin, J., Cao, Y., Wu, L., You, X., Guo, Y., Wu, N., *et al.* (2018) Triglyceride Glucose Index for Predicting Cardiovascular Outcomes in Patients with Coronary Artery Disease. *Journal of Thoracic Disease*, **10**, 6137-6146. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.10.79>
- [14] Tao, L., Xu, J., Wang, T., Hua, F. and Li, J. (2022) Triglyceride-Glucose Index as a Marker in Cardiovascular Diseases: Landscape and Limitations. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 68. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01511-x>
- [15] Miao, M., Zhou, G., Bao, A., Sun, Y., Du, H., Song, L., *et al.* (2022) Triglyceride-Glucose Index and Common Carotid Artery Intima-Media Thickness in Patients with Ischemic Stroke. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 43. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01472-1>
- [16] Wang, M., Mei, L., Jin, A., Cai, X., Jing, J., Wang, S., *et al.* (2022) Association between Triglyceride Glucose Index and Atherosclerotic Plaques and Burden: Findings from a Community-Based Study. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 204. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01638-x>
- [17] Li, J., Dong, Z., Wu, H., Liu, Y., Chen, Y., Li, S., *et al.* (2023) The Triglyceride-Glucose Index Is Associated with Atherosclerosis in Patients with Symptomatic Coronary Artery Disease, Regardless of Diabetes Mellitus and Hyperlipidaemia. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 224. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01919-z>
- [18] Braunwald, E. (2009) Noninvasive Detection of Vulnerable Coronary Plaques: Locking the Barn Door before the Horse Is Stolen. *Journal of the American College of Cardiology*, **54**, 58-59. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.03.040>
- [19] Zhang, Y., Shi, R., Jiang, Y., Gao, Y., Jiang, Y., Wang, J., *et al.* (2025) The Association between the Triglyceride-glucose Index and Vulnerable Plaques in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: Insights from Coronary Computed Tomography Angiography. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 169. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02673-0>
- [20] Guo, Y., Cui, L., Guo, J., Jin, C., Xiu, L., Gao, Y., *et al.* (2025) The Triglyceride-Glucose Index Is Associated with Coronary Plaque Features and Clinical Outcomes in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, **16**, Article ID: 1665292. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1665292>
- [21] Huo, G., Zheng, J., Cao, J., Zhang, L., Yao, Z., Zeng, Y., *et al.* (2025) Association between Triglyceride-Glucose Index and Carotid Plaque Stability in Different Glycemic Status: A Single-Center Retrospective Study. *Journal of the American Heart Association*, **14**, e037970. <https://doi.org/10.1161/jaha.124.037970>
- [22] Adams-Huet, B. and Jialal, I. (2024) An Increasing Triglyceride-Glucose Index Is Associated with a Pro-Inflammatory and Pro-Oxidant Phenotype. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article No. 3941. <https://doi.org/10.3390/jcm13133941>
- [23] Li, Y., Yi, M., Wang, X., Zhang, Y., Xiao, K., Si, J., *et al.* (2024) Association between Triglyceride-Glucose Index and Endothelial Dysfunction. *Endocrine*, **85**, 717-723. <https://doi.org/10.1007/s12020-024-03785-5>
- [24] Gounden, V., Devaraj, S. and Jialal, I. (2024) The Role of the Triglyceride-Glucose Index as a Biomarker of Cardio-Metabolic Syndromes. *Lipids in Health and Disease*, **23**, Article No. 416. <https://doi.org/10.1186/s12944-024-02412-6>
- [25] Liu, L., Wu, Z., Zhuang, Y., Zhang, Y., Cui, H., Lu, F., *et al.* (2022) Association of Triglyceride-Glucose Index and Traditional Risk Factors with Cardiovascular Disease among Non-Diabetic Population: A 10-Year Prospective Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 256. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01694-3>
- [26] Pan, W., Ren, Y., Yang, F., Wang, M., Li, X. and Yin, D. (2023) Triglyceride Glucose Index Is Associated with Obstructive Coronary Artery Disease in Hypertensive Patients. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 9. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01739-1>
- [27] Cole, J.H., Miller, J.I., Sperling, L.S. and Weintraub, W.S. (2003) Long-Term Follow-Up of Coronary Artery Disease Presenting in Young Adults. *Journal of the American College of Cardiology*, **41**, 521-528.

- [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(02\)02862-0](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(02)02862-0)
- [28] Hou, Q., Qi, Q., Han, Q., Yu, J., Wu, J., Yang, H., *et al.* (2024) Association of the Triglyceride-Glucose Index with Early-Onset Atherosclerotic Cardiovascular Disease Events and All-Cause Mortality: A Prospective Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 149. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02249-4>
- [29] Shali, S., Luo, L., Yao, K., Sun, X., Wu, H., Zhang, S., *et al.* (2023) Triglyceride-Glucose Index Is Associated with Severe Obstructive Coronary Artery Disease and Atherosclerotic Target Lesion Failure among Young Adults. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 283. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02004-1>
- [30] Su, J., Li, Z., Huang, M., Wang, Y., Yang, T., Ma, M., *et al.* (2022) Triglyceride Glucose Index for the Detection of the Severity of Coronary Artery Disease in Different Glucose Metabolic States in Patients with Coronary Heart Disease: A RCSCD-TCM Study in China. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 96. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01523-7>
- [31] Xiong, S., Chen, Q., Long, Y., Su, H., Luo, Y., Liu, H., *et al.* (2023) Association of the Triglyceride-Glucose Index with Coronary Artery Disease Complexity in Patients with Acute Coronary Syndrome. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 56. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01780-0>
- [32] Xu, Z., Chen, P., Wang, L., Yan, J., Yan, X. and Li, D. (2024) Relationship between TyG Index and the Degree of Coronary Artery Lesions in Patients with H-Type Hypertension. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 23. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02013-0>
- [33] Jiao, Y., Su, Y., Shen, J., Hou, X., Li, Y., Wang, J., *et al.* (2022) Evaluation of the Long-Term Prognostic Ability of Triglyceride-Glucose Index for Elderly Acute Coronary Syndrome Patients: A Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 3. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01443-y>
- [34] Wu, Z., Liu, L., Wang, W., Cui, H., Zhang, Y., Xu, J., *et al.* (2022) Triglyceride-Glucose Index in the Prediction of Adverse Cardiovascular Events in Patients with Premature Coronary Artery Disease: A Retrospective Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 142. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01576-8>
- [35] Hao, B., Lyu, L., Xu, J., Zhu, X., Xu, C., Gao, W., *et al.* (2024) The Relationship between Triglyceride-Glucose Index and Prospective Key Clinical Outcomes in Patients Hospitalised for Coronary Artery Disease. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 40. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02132-2>
- [36] Luo, E., Wang, D., Yan, G., Qiao, Y., Liu, B., Hou, J., *et al.* (2019) High Triglyceride-Glucose Index Is Associated with Poor Prognosis in Patients with Acute ST-Elevation Myocardial Infarction after Percutaneous Coronary Intervention. *Cardiovascular Diabetology*, **18**, Article No. 150. <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0957-3>
- [37] Hu, S., Yan, H., Sun, Y., Wang, D., Zeng, H. and Cui, G. (2025) Triglyceride Glucose Index in Patients with Acute Coronary Syndrome Undergoing Percutaneous Coronary Intervention Predicts Cardiovascular Events: A Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 380. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02937-9>
- [38] Guo, X., Shen, R., Yan, S., Su, Y. and Ma, L. (2023) Triglyceride-glucose Index for Predicting Repeat Revascularization and In-Stent Restenosis in Patients with Chronic Coronary Syndrome Undergoing Percutaneous Coronary Intervention. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 43. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01779-7>
- [39] Zhu, Y., Liu, K., Chen, M., Liu, Y., Gao, A., Hu, C., *et al.* (2021) Triglyceride-Glucose Index Is Associated with In-Stent Restenosis in Patients with Acute Coronary Syndrome after Percutaneous Coronary Intervention with Drug-Eluting Stents. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 137. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01332-4>
- [40] Ye, Z., Xu, Y., Tang, L., Wu, M., Wu, B., Zhu, T., *et al.* (2023) Predicting Long-Term Prognosis after Percutaneous Coronary Intervention in Patients with New Onset ST-Elevation Myocardial Infarction: Development and External Validation of a Nomogram Model. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 87. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01820-9>
- [41] Feng, Q., Jiang, M., Peng, X., He, H., Jia, D., Feng, J., *et al.* (2024) Adjustment of the ACEF Score by the Triglyceride Glucose Index Improves the Prediction of Clinical Outcomes in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 440. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02534-2>
- [42] Sun, Y., Sun, P. and Liu, D. (2025) Association of Triglyceride-Glucose Index and Estimated Glucose Disposal Rate with Outcomes in Patients with Acute Myocardial Infarction: Cumulative Effect and Mediation Analysis. *PLOS ONE*, **20**, e0328150. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328150>
- [43] Che, B., Zhong, C., Zhang, R., Pu, L., Zhao, T., Zhang, Y., *et al.* (2023) Triglyceride-Glucose Index and Triglyceride to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio as Potential Cardiovascular Disease Risk Factors: An Analysis of UK Biobank Data. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 34. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01762-2>
- [44] He, H., Xie, Y., Chen, Q., Li, Y., Li, X., Mu, Y., *et al.* (2024) The Additive Effect of the Triglyceride-Glucose Index and Estimated Glucose Disposal Rate on Long-Term Mortality among Individuals with and without Diabetes: A Population-Based Study. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 307. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02396-8>
- [45] Ruan, X., Ling, Y., Chen, J., Xiang, Y., Ruan, H., Zhang, W., *et al.* (2025) Joint Effects of Triglyceride Glucose Index

- and Its Obesity-Related Derivatives with Estimated Glucose Disposal Rate on Cardiometabolic Multimorbidity in Middle-Aged and Older Chinese Adults: A Nationwide Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 382. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02939-7>
- [46] Miao, Y., Wang, Y. and Wan, Q. (2025) Association between TyG Index with Obesity Indicators and Coronary Heart Disease: A Cohort Study. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 8920. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93922-5>
- [47] Shan, Y., Lin, M., Gu, F., Li, D., Zhu, Q., Chen, Z., *et al.* (2025) The Prognostic Association of Triglyceride-Glucose Index and Its Derived Indicators with Stable Coronary Artery Disease Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, **16**, Article ID: 1465376. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1465376>
- [48] Lai, J., Zhang, X., He, Y. and Liang, S. (2025) Triglyceride-Glucose Index and the Risk of Major Adverse Cardiovascular Events in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine (Baltimore)*, **104**, e42562. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000042562>
- [49] Hao, Q.Y., Gao, J.W., Zeng, Y.H., *et al.* (2025) Roles of Triglyceride-Glucose Index in Aortic Valve Calcification Progression: A Prospective and Mendelian Randomization Analysis. *Clinical Radiology*, **84**, Article ID: 106860. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2025.106860>