

妊娠期糖尿病预测中胰岛素抵抗替代指标的研究进展

曾无虑¹, 张朝霞^{2*}, 黄大元¹

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²中南大学湘雅医学院附属常德医院(常德市第一人民医院), 产科, 湖南 常德

收稿日期: 2025年12月21日; 录用日期: 2026年1月16日; 发布日期: 2026年1月23日

摘要

妊娠期糖尿病(GDM)是妊娠期常见的疾病之一, 对孕产妇及胎儿的健康均构成潜在威胁。胰岛素抵抗(IR)被认为是参与GDM发生的重要机制之一。近年来, 研究者们发现甘油三酯-葡萄糖指数(TyG)、甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比值(TG/HDL-C)、甘油三酯葡萄糖体质量指数(TyG-BMI)以及胰岛素抵抗代谢评分(METS-IR)等新型胰岛素抵抗替代指标, 其对GDM的预测价值也逐步被验证。本文系统检索PubMed、CNKI等数据库, 对新型IR替代指标的研究进展及其与GDM的相关性展开综述, 旨在为GDM的早期识别提供夯实基础。

关键词

妊娠期糖尿病, 甘油三酯葡萄糖乘积指数, 甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比值, 胰岛素抵抗代谢评分, 甘油三酯葡萄糖体质量指数

Research Progress on Alternative Indicators of Insulin Resistance in the Prediction of Gestational Diabetes Mellitus

Wulü Zeng¹, Chaoxia Zhang^{2*}, Dayuan Huang¹

¹School of Medicine, Jishou University, Jishou Hunan

²Department of Obstetrics, Changde Hospital Affiliated to Xiangya Medical College of Central South University (The First People's Hospital of Changde City), Changde Hunan

Received: December 21, 2025; accepted: January 16, 2026; published: January 23, 2026

*通讯作者。

文章引用: 曾无虑, 张朝霞, 黄大元. 妊娠期糖尿病预测中胰岛素抵抗替代指标的研究进展[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(1): 384-391. DOI: 10.12677/jcpm.2026.51054

Abstract

Gestational diabetes mellitus (GDM) is one of the most common gestational disorders, posing potential threats to the health of both pregnant women and fetuses. Insulin resistance (IR) is recognized as a key mechanism involved in the pathogenesis of GDM. In recent years, researchers have identified several novel surrogate markers for insulin resistance, including the triglyceride-glucose index (TyG), triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio (TG/HDL-C), triglyceride-glucose body mass index (TyG-BMI), and metabolic score for insulin resistance (METS-IR). Their predictive value for GDM has been gradually validated in clinical studies. This review systematically retrieves literature from databases such as PubMed and CNKI, summarizing the research progress of these novel IR surrogate markers and their correlation with GDM. The aim is to provide a solid foundation for the early identification of GDM.

Keywords

Gestational Diabetes Mellitus, Triglyceride-Glucose Product Index, Triglyceride/High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio, METS-IR, Triglyceride-Glucose Body Mass Index

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

妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)是在妊娠期特发的以血糖升高为特征的代谢性疾病[1]。1964年, O'Sullivan 和 Mahan 正式承认 GDM [2] [3]。其诊断时间集中于妊娠 24~28 周, 对孕妇和胎儿的健康均存在潜在威胁[4] [5]。有文献报道中国 GDM 的总体患病率达 14.8%, GDM 患病率日益增加[6], 对 GDM 进行早期识别并实施干预具有重要的意义。目前 GDM 多在孕 24~28 周通过口服葡萄糖耐量试验(OGTT)诊断, 然而高血糖对胎儿的不良影响可能早于该阶段发生, 就会错过对 GDM 孕妇的最佳干预时机, 能否将预测时间窗前移至妊娠早期甚至孕前, 成为亟待探讨的问题。近年来, 甘油三酯-葡萄糖指数(Triglyceride-Glucose Index, TyG)、血清甘油三酯与高密度脂蛋白胆固醇的比值(Triglyceride to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio, TG/HDL-C)、甘油三酯葡萄糖-体质指数(TyG-Body Mass Index, TyG-BMI)、胰岛素抵抗代谢评分(Metabolic Score for Insulin Resistance, METS-IR)等新型胰岛素抵抗替代指标被提出。这些指标易获得、简单、成本低及实用价值高, 本综述进一步阐述上述指标在 GDM 预测中的应用价值、优势局限及未来发展方向, 旨在不增加经济成本的同时, 对 GDM 做到早发现、早干预, 为临床实践和科研夯实基础。

2. 胰岛素抵抗与妊娠期糖尿病的概述

IR 被认为是导致 GDM 发生的关键机制之一, 还有 β 细胞功能受损和其他代谢紊乱[5] [7], GDM 是妊娠期发生的一类常见疾病, 有相关研究数据显示, 该疾病在全球范围内的患病率约 16.5%, 是围产期母婴健康面临的重要挑战之一, 并且随着肥胖率的上升, 这一比例将继续增加[8]。有相关研究结果报道称, 在我国范围内, GDM 的总体发病率为 14.8% [6]; 而美国因 GDM 所产生的直接医疗支出高达 16 亿美元 [6] [9]。由此可见, 早期识别并干预 GDM, 不仅有助于减少母婴并发症, 还能优化医疗资源配置, 因此

探索 GDM 的早期预测方法具有重要的科研意义。

3. 新型 IR 替代指标的相关研究

高胰岛素-正葡萄糖钳夹技术(Hyperinsulinemic-Euglycemic Clamp, HIEC; 常简称为正糖钳)是评估组织胰岛素敏感性的“金标准”,其操作繁琐耗时、成本高昂且依赖专业团队协作,该技术通常只用于小样本量的科研应用,在临床实践中很少使用。近年来,新型 IR 替代指标(TyG 指数、TG/HDL-C、TyG-BMI、METS-IR)的出现为疾病的诊断提供了新的思路。然而目前产科学界对于孕前及妊娠早期高危人群的精准识别标准仍缺乏统一共识[10]。这些指标可通过常规的生化指标及人体测量指标计算得出,有望在孕早期为 GDM 的预测提供参考,弥补了传统 IR 评估方法的不足。

3.1. 甘油三酯-葡萄糖指数(TyG)

TyG 指数是整合空腹血脂与血糖的双重生物标志物信息,该指标的计算式: $TyG = \ln[\text{空腹甘油三酯浓度}(\text{mg/dL}) \times \text{空腹血糖值}(\text{mg/dL})/2]$ 。此指标具备计算流程简洁高效,且对检测资源的时间投入与经济成本要求显著低于传统复杂检测技术等优势,适用于流行病学调查和科研工作。但妊娠期甘油三酯生理性升高可能影响 TyG 指数的解读,导致假阳性率增加。TyG 指数与糖尿病、心血管疾病、脑血管疾病、肾脏疾病、肥胖等多种疾病都有关联[11]-[16]。此外, Sun 等人发现 TyG 指数在识别儿童和青少年的 IR 方面表现出独特预测能力[13]。在一项针对女性不孕症的研究中, TyG 指数被证明是识别胰岛素抵抗的有效指标,其灵敏度和特异性均表现良好[17]。

3.2. 甘油三酯葡萄糖体质量指数(TyG-BMI)

TyG-BMI 由 Vasques 等人于 2016 年首次构建,该指标的创新价值在于系统比较了脂质谱以及 TyG 系列衍生参数对胰岛素抵抗早期识别的诊断效能[18]。TyG-BMI 整合了 BMI 和 TyG 指数[19],其计算公式为: $TyG-BMI = \ln(TG \times FPG/2) \times BMI$,该指标能更全面地反映 IR 状态。其具有高度便捷性,资源投入要求较低且临床有用的 IR 早期识别替代标志物。亦有一定局限性,如: BMI 无法区分脂肪与肌肉含量,对肌肉量较高或水肿孕妇的评估可能存在偏差。此外,孕期体重增长模式个体差异大, TyG-BMI 的动态变化及其最佳阈值仍需进一步明确最近证据表明。在 IR 的鉴别诊断工作中, TyG 指数与 BMI 这两项指标的联合应用,在预测的准确性方面超过了传统的指标[19][20]。韩国一项纳入 588 名研究对象的队列研究显示与 TG、BMI、FPG、胰岛素和 HOMA-IR 等其他变量相比, TyG-BMI 表现出最高的 AUC,最佳阈值为 211.03,特异性为 86.23%。在一项前瞻性队列研究中,发现 TyG-BMI 成为最强的预测因子[3]。根据现有研究,我们发现 TyG-BMI 在识别女性 PCOS、2 型糖尿病患者合并非酒精性脂肪性肝病、高血压、慢性肾脏病、良性前列腺增生等疾病中有很高的预测价值[21]-[25]。

3.3. 甘油三酯与高密度脂蛋白胆固醇比值(TG/HDL-C)

TG/HDL-C 是 TG 与 HDL-C 的比值,计算公式为 $TG/HDL-C = TG(\text{mg/dL}) \div HDL-C(\text{mg/dL})$ 。TG/HDL-C 作为评估脂代谢紊乱的核心参数,已被广泛应用于代谢综合征及心血管疾病的风险分层。该指标具有操作简便、诊断效能突出的优势,但妊娠期 HDL-C 水平可能波动,且其变化与胰岛素抵抗的关系复杂,可能影响比值的解读。Lin 等学者研究表明,在各类血脂指标中, TG/HDL-C 与 IR 及糖尿病发生的关联强度最为显著[26]。临床研究表明, GDM 孕妇在妊娠的不同阶段,普遍存在脂质代谢紊乱的情况,与巨大儿的高发病率存在密切关联,进一步的研究结果显示,不同胎龄阶段的 TG/HDL-C 比值,对于巨大儿的发生具有较好的预测价值[27]。基于上述研究结论,对 TG/HDL-C 比率进行监测,对于早期识别存在高风险的妊娠女性具有十分重要的临床应用意义。

3.4. 胰岛素抵抗代谢评分(METS-IR)

METS-IR 通过整合空腹血糖、甘油三酯、BMI、高密度脂蛋白胆固醇等常规代谢参数,构建了不依赖于胰岛素检测的评估体系。计算公式为: $\text{METS-IR} = \text{自然对数}[2 \times \text{空腹血糖(FPG, 单位为 mg/dL)} + \text{甘油三酯(TG, 单位为 mg/dL)}] \times \text{体重指数(BMI, 单位为 kg/m}^2) \div \text{自然对数}[\text{高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C, 单位为 mg/dL)}]$ 。METS-IR 的生理意义在于,它不仅能反映个体的胰岛素敏感性,还能通过与代谢综合征(MetS)相关的多种生理指标(如血糖、血脂、体重等)进行综合评估,这一指数为代谢异常的早期识别与临床干预提供了有效的评估工具。已有相关研究结果证实, METS-IR 不仅是一项可用于评估健康人群及高危受试对象心脏代谢风险的新型评分指标,同时也是筛查机体胰岛素敏感性状况的一种极具应用前景的工具[28]。

4. 新型 IR 替代指标在 GDM 中的相关性研究

4.1. TyG 指数与 GDM

在 GDM 的预测领域, TyG 的实际应用正逐步获得临床及科研领域的广泛关注与重视。Zhang 等人进行的一项纳入 631 人的回顾性队列研究中发现, TyG 指数与 GDM 的发展密切相关, 且是预测 GDM 的独立危险因素[29]。Li 等学者的研究显示, 当 TyG 指数的增量每上升 1 个单位时, 妊娠高血压的发病风险会相应增加 106%, 先兆子痫的发病风险会提高 84%, 而胎膜早破的发病风险则会降低 26.0%, 成为了评估妊娠期代谢健康的重要指标[30]。在未来的研究中, TyG 有望作为 GDM 筛查的标准之一, 为早期干预提供依据。研究数据显示: TyG 指数对 GDM 的预测效能明显优于单一 TG 或 FPG 指标, 孕早期 TyG 水平可作为预测 GDM 发病风险的敏感指标, 为临床实施早期干预提供客观依据[31]。还有研究表明 TyG 与 GDM 呈正相关, 且是 GDM 的独立危险因素[32]。此外, 在一项纳入 1617 名大样本研究中发现, 妊娠期 TyG 的异常升高与 GDM 的发病风险呈显著正相关[33]; 另外, 金永梅等学者的研究也得出了类似结论, 即妊娠早期的 TyG 指数对 GDM 具有一定的预测价值[34]。因此, TyG 的发现有助于早期发现 GDM, 提升 GDM 的早期预防、干预和治疗, 从而改善妊娠结局。

4.2. TyG-BMI 与 GDM

GDM 的发病率逐年上升, TyG-BMI 作为一种新型生物标志物, 已被多项研究证实与 GDM 的发生存在显著相关性。韩国一项纳入 2014 年 11 月至 2016 年 7 月期间收集的 588 名单胎妊娠孕妇的前瞻性队列研究显示[35], 在妊娠 10~14 周 TyG-BMI 升高与 GDM 的发生显著相关。TyG-BMI 在临床应用中展现出广泛的潜力, 特别是在 GDM 的筛查和管理方面。鉴于 TyG-BMI 具备获取方式简便、预测效能优良等显著特点, 该指标可被视作一种颇具价值的临床工具。借助这一工具, 临床医师能够在妊娠期糖尿病发病初期对潜在患者进行精准识别, 再根据不同个体的具体差异制定具有针对性的干预策略与方案, 能够为优化母婴健康结局提供坚实且有效的支撑。

4.3. TG/HDL-C 与 GDM

在以往的学术研究中, 已有相当数量的科研成果针对 TG/HDL-C 和 GDM 之间存在的关联关系, 进行了较为深入的分析与探讨。一项回顾性研究显示, TG/HDL-C 有助于识别 GDM 高危孕妇, 有利于早期有效干预、改善预后[36]。此外, TG/HDL-C 在 GDM 患者中显著高于正常妊娠女性, 表明该比率可作为 GDM 的潜在预测因子。在一项纳入 590 名受试者的研究中发现, TG/HDL-C 升高与 GDM 发生有关且 10~14 周时的 TG/HDL-C 可以帮助识别有 GDM 风险的孕妇, 这一情况还有可能让妊娠期女性获得及时且有效的临床干预, 从而有助于优化疾病的预后效果[37]。综合多方面研究结果来看, TG/HDL-C 在妊娠

期糖尿病的预测工作中所拥有的实际效能,已经得到了众多相关研究的科学证实。该指标是开展妊娠期糖尿病早期筛查工作的实用指标,所具有的应用价值,在临床诊断与治疗的实际工作中,是值得进行进一步推广和应用的。

4.4. METS-IR 与 GDM

METS-IR 在 GDM 中的作用逐渐被研究者关注。Wen 等人的一项回顾性研究证明女性 METS-IR 可增加 GDM 发生的可能性[38]。此外, Rouholamin 等人的一项来自伊朗纳入 1845 人的前瞻性研究确立了 METS-IR 作为伊朗女性 GDM 的早期预测因子,该研究显示出优于传统代谢标志物的性能[39]。METS-IR 作为一种简单且有效的胰岛素抵抗评估工具,在 GDM 的筛查中展现出良好的应用前景。研究表明,结合 METS-IR 的传统筛查方法(如 OGTT)能够提高 GDM 的检测率,并且在孕期早期应用 METS-IR 进行筛查,能够有效识别高风险孕妇,从而提前干预,降低母婴并发症的风险。未来的研究应进一步探索 METS-IR 在不同人群中的适用性和准确性,以期 GDM 的筛查和管理提供更为科学的依据, METS-IR 作为一种简单且有效的胰岛素抵抗评估工具,在 GDM 的筛查中展现出良好的应用前景。

5. 多指标联合预测的可能性

已有关于妊娠期糖尿病的研究表明,单一生物标志物的预测能力有限,而结合多个指标可以显著提高预测的准确性[40]。在一项纳入 1019 例研究对象的研究中,发现孕早期 BMI 联合 TyG 指数对预测 GDM 的发生有一定的预测价值(AUC 为 0.794) [34]。还有研究发现,FBG、TyG 和 CRP 联合检测 GDM 的 AUC = 0.973,敏感度 100.0%,特异性 87.2%,对 GDM 的不良妊娠结局的效能较好[41]。此外,史晓娟等人的研究中发现单一的 TG/HDL-C 值和胱抑素 C (Cys-C)的 AUC 分别为 0.820 和 0.667;两者联合检测的 AUC 值为 0.848,诊断效能优于单项检测,得出该两项指标有望用于备孕期女性发生 GDM 的风险评估和预测 [42]。在陈丽琴等人的研究中发现孕期增重、孕晚期 Mets-IR 与足月新生儿超重相关,联合应用可用于预测新生儿超重[43]。未来的研究应致力于探索不同生物标志物之间的相互作用,以及它们在不同妊娠阶段的表现,以实现更有效的筛查和干预策略。此外,可以进一步开发基于机器学习的模型来整合多种生物标志物的数据。还可以联合各新型指标(比如新型指标 TyHGB [44]、血浆动脉粥样硬化指数(AIP) [3])预测 GDM 的效能、最佳阈值及影响因素。鉴于此,妊娠期糖尿病的管理将更加精准,母婴健康的安全结局将更有保障。

6. 妊娠期生理性代谢变化对 IR 替代指标解读的影响

在利用 TyG 指数、TyG-BMI、TG/HDL-C 及 METS-IR 等胰岛素抵抗替代指标预测 GDM 时,必须充分考虑妊娠期特有的生理性代谢改变。这些改变是母体为适应胎儿生长发育而产生的正常调整,若不加区分,会直接影响上述指标的数值解读与临床判断,可能导致假阳性率升高或预测效能降低。在妊娠期,尤其在孕中、晚期,雌激素和胰岛素抵抗状态会刺激肝脏合成甘油三酯(TG),并降低脂蛋白脂酶活性,导致血清 TG 水平显著升高,可达非孕期的 2~4 倍,而高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平变化相对复杂,可能先升后降或保持稳定。这直接导致 TyG 指数、TG/HDL-C 比值及 METS-IR 中涉及的 TG 计算部分在孕期生理性升高。它们对 TG 变化极为敏感。若采用非孕期参考范围,绝大多数健康孕妇在孕中晚期的测量值都会落入“异常”区间,导致特异性大幅降低,可能引发不必要的焦虑和过度医疗干预。未来应严格校正混杂因素,系统性地纳入孕周、孕前体重、年龄、产次等作为协变量,建立孕周特异性参考值,以更纯粹地揭示指标与 GDM 的独立关联。

7. 总结与展望

本文通过对 TyG 指数、TyG-BMI、TG/HDL-C 以及 METS-IR 在现有研究中的总结以及与 GDM 之间

相关性的分析,对上述指标与 GDM 的关系有了更进一步的了解,尽管这些指标在 GDM 预测中显示出良好的应用前景,但仍存在一些局限性。未来可开展大规模、多中心、前瞻性研究,纳入不同种族、地域人群,能够为妊娠期糖尿病的预防工作以及临床治疗方案的优化提供坚实的理论支撑与科学依据。尝试联合多个新型指标与传统临床因素构建综合预测模型,提高预测准确性。未来研究方向有:研究方向一:设计前瞻性队列研究,比较四种指标在孕早期预测 GDM 的效能;研究方向二:探索这些指标与胎盘源性激素(如 HPL)的关联,从病理生理机制上阐明其预测价值。通过不断探索和研究,指导临床医生早期识别 GDM 患者,降低 GDM 发病率,改善母婴结局。

参考文献

- [1] Ferrocino, I., Ponzo, V., Pellegrini, M., Goitre, I., Papurello, M., Franciosa, I., *et al.* (2022) Mycobiota Composition and Changes across Pregnancy in Patients with Gestational Diabetes Mellitus (GDM). *Scientific Reports*, **12**, Article No. 9192. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13438-0>
- [2] O'Sullivan, J.B. and Mahan, C.M. (1964) Criteria for the Oral Glucose Tolerance Test in Pregnancy. *Diabetes*, **13**, 278-285.
- [3] Zhang, L., Yan, X., Zheng, W., Yuan, X., Yang, R., Huang, J., *et al.* (2025) Assessment of First-Trimester Insulin Resistance Indices for Gestational Diabetes Mellitus: A Prospective Cohort Study. *Journal of Endocrinological Investigation*, **48**, 2167-2176. <https://doi.org/10.1007/s40618-025-02630-4>
- [4] Johns, E.C., Denison, F.C., Norman, J.E. and Reynolds, R.M. (2018) Gestational Diabetes Mellitus: Mechanisms, Treatment, and Complications. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, **29**, 743-754. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2018.09.004>
- [5] McIntyre, H.D., Catalano, P., Zhang, C., Desoye, G., Mathiesen, E.R. and Damm, P. (2019) Gestational Diabetes Mellitus. *Nature Reviews Disease Primers*, **5**, Article No. 47. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0098-8>
- [6] Juan, J. and Yang, H. (2020) Prevalence, Prevention, and Lifestyle Intervention of Gestational Diabetes Mellitus in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, Article No. 9517. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249517>
- [7] Quintanilla Rodriguez, B.S., Vadakekut, E.S. and Mahdy, H. (2025) Gestational Diabetes. StatPearls Publishing.
- [8] Plows, J.F., Stanley, J.L., Baker, P.N., Reynolds, C.M. and Vickers, M.H. (2018) The Pathophysiology of Gestational Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article No. 3342. <https://doi.org/10.3390/ijms19113342>
- [9] Sweeting, A., Hannah, W., Backman, H., Catalano, P., Feghali, M., Herman, W.H., *et al.* (2024) Epidemiology and Management of Gestational Diabetes. *The Lancet*, **404**, 175-192. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(24\)00825-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(24)00825-0)
- [10] Wu, S., Li, L., Hu, K., Wang, S., Zhang, R., Chen, R., *et al.* (2023) A Prediction Model of Gestational Diabetes Mellitus Based on OGTT in Early Pregnancy: A Prospective Cohort Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **108**, 1998-2006. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgad052>
- [11] Fang, Y., Xiong, B., Shang, X., Yang, F., Yin, Y., Sun, Z., *et al.* (2024) Triglyceride-Glucose Index Predicts Sepsis-Associated Acute Kidney Injury and Length of Stay in Sepsis: A MIMIC-IV Cohort Study. *Heliyon*, **10**, e29257. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29257>
- [12] Khalaji, A., Behnoush, A.H., Khanmohammadi, S., Ghanbari Mardasi, K., Sharifkashani, S., Sahebkar, A., *et al.* (2023) Triglyceride-Glucose Index and Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 244. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01973-7>
- [13] Sun, Y., Ji, H., Sun, W., An, X. and Lian, F. (2025) Triglyceride Glucose (TyG) Index: A Promising Biomarker for Diagnosis and Treatment of Different Diseases. *European Journal of Internal Medicine*, **131**, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2024.08.026>
- [14] Wang, Z., Qian, H., Zhong, S., Gu, T., Xu, M. and Yang, Q. (2023) The Relationship between Triglyceride-Glucose Index and Albuminuria in United States Adults. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article ID: 1215055. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1215055>
- [15] Yan, F., Yan, S., Wang, J., Cui, Y., Chen, F., Fang, F., *et al.* (2022) Association between Triglyceride Glucose Index and Risk of Cerebrovascular Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 226. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01664-9>
- [16] Yang, Y., Li, S., Ren, Q., Qiu, Y., Pan, M., Liu, G., *et al.* (2024) The Interaction between Triglyceride-Glucose Index and Visceral Adiposity in Cardiovascular Disease Risk: Findings from a Nationwide Chinese Cohort. *Cardiovascular*

- Diabetology*, **23**, Article No. 427. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02518-2>
- [17] Yan, R., Zhang, J., Ma, H., Wu, Y. and Fan, Y. (2025) Potential of Seven Insulin Resistance Indicators as Biomarkers to Predict Infertility Risk in U.S. Women of Reproductive Age: A Cross-Sectional Study. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **23**, Article No. 77. <https://doi.org/10.1186/s12958-025-01416-w>
- [18] 李亚年, 何胜虎. 甘油三酯葡萄糖体质量指数的研究进展[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(9): 130-133+138.
- [19] Er, L., Wu, S., Chou, H., Hsu, L., Teng, M., Sun, Y., *et al.* (2016) Triglyceride Glucose-Body Mass Index Is a Simple and Clinically Useful Surrogate Marker for Insulin Resistance in Nondiabetic Individuals. *PLOS ONE*, **11**, e0149731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149731>
- [20] Xiaojie, N., Bicheng, C., Yongling, L., Tingting, H., Yi, Z. and Chen, Z. (2023) Metabolic-Related Index to Predict Post-Transplantation Diabetes Mellitus after Kidney Transplantation. *Hormone and Metabolic Research*, **55**, 343-354. <https://doi.org/10.1055/a-2053-2688>
- [21] Mutailipu, K., Guo, J., Yin, J., Wang, Y., Lu, L., Jia, X., *et al.* (2025) Association between TyG-BMI Index and Hyperuricemia in Adult Women. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism*, **8**, e70028. <https://doi.org/10.1002/edm2.70028>
- [22] Li, B., Zhang, Z., Sun, C., Sun, Y., Li, J. and Liu, X. (2025) Association between TyG-BMI and BPH in a National Prospective Cohort Study. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 8743. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81629-y>
- [23] Fan, C., Guo, M., Chang, S., Wang, Z. and An, T. (2024) Elevated TyG-BMI Index Predicts Incidence of Chronic Kidney Disease. *Clinical and Experimental Medicine*, **24**, Article No. 203. <https://doi.org/10.1007/s10238-024-01472-3>
- [24] Ding, Z., Liao, K., Liang, K., Zhang, S., Pei, Z., Zhang, F., *et al.* (2025) The Triglyceride Glucose-Body Mass Index Predicts Adverse Reproductive Outcomes in Women with Polycystic Ovary Syndrome Undergoing Frozen Embryo Transfer. *Frontiers in Endocrinology*, **16**, Article ID: 1629837. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1629837>
- [25] Qian, X., Wu, W., Chen, B., Zhang, S., Xiao, C., Chen, L., *et al.* (2025) Value of Triglyceride Glucose-Body Mass Index in Predicting Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article ID: 1425024. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1425024>
- [26] Lin, D., Qi, Y., Huang, C., Wu, M., Wang, C., Li, F., *et al.* (2018) Associations of Lipid Parameters with Insulin Resistance and Diabetes: A Population-Based Study. *Clinical Nutrition*, **37**, 1423-1429. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.06.018>
- [27] Wang, X., Wu, L., Luo, H., Zhong, W., Zheng, X. and Xu, R. (2024) Association of Lipid Levels at Different Stages of Pregnancy with Gestational Diabetes Mellitus and the Incidence of Neonatal Macrosomia: A Retrospective Study. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, **50**, 2066-2075. <https://doi.org/10.1111/jog.16109>
- [28] Bello-Chavolla, O.Y., Almeda-Valdes, P., Gomez-Velasco, D., Viveros-Ruiz, T., Cruz-Bautista, I., Romo-Romo, A., *et al.* (2018) METS-IR, a Novel Score to Evaluate Insulin Sensitivity, Is Predictive of Visceral Adiposity and Incident Type 2 Diabetes. *European Journal of Endocrinology*, **178**, 533-544. <https://doi.org/10.1530/eje-17-0883>
- [29] Zhang, J., Fang, X., Song, Z., Guo, X., Lin, D., Jiang, F., *et al.* (2025) Positive Association of Triglyceride Glucose Index and Gestational Diabetes Mellitus: A Retrospective Cohort Study. *Frontiers in Endocrinology*, **15**, Article ID: 1475212. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1475212>
- [30] Li, H., Miao, C., Liu, W., Gao, H., Li, W., Wu, Z., *et al.* (2022) First-Trimester Triglyceride-Glucose Index and Risk of Pregnancy-Related Complications: A Prospective Birth Cohort Study in Southeast China. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **15**, 3705-3715. <https://doi.org/10.2147/dmso.s378964>
- [31] 李玲玲. 孕早期甘油三酯-葡萄糖(TyG)指数预测妊娠期糖尿病发病的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2022.
- [32] 徐美琳. 孕早期 HbA1c、FDP 及 TyG 指数对妊娠期糖尿病预测的临床价值分析[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2024.
- [33] 杨萱瑾, 王亚新, 李旎旎, 等. 妊娠早期 TG/HDL-C 与妊娠期糖尿病发生风险: 大样本回顾性队列研究[J]. 协和医学杂志, 2024, 15(3): 580-586.
- [34] 金永梅, 李慧云, 李欣玲, 等. 孕早期体重指数及三酰甘油-葡萄糖指数对妊娠期糖尿病的预测价值[J]. 中国临床保健杂志, 2025, 28(3): 394-397.
- [35] Liang, X., Lai, K., Li, X., Ren, D., Gui, S., Li, Y., *et al.* (2025) Association between Triglyceride Glucose-Body Mass Index and Gestational Diabetes Mellitus: A Prospective Cohort Study. *BMC Pregnancy and Childbirth*, **25**, Article No. 170. <https://doi.org/10.1186/s12884-025-07294-9>
- [36] Ma, N., Bai, L. and Lu, Q. (2024) First-Trimester Triglyceride-Glucose Index and Triglyceride/High-Density Lipoprotein Cholesterol Are Predictors of Gestational Diabetes Mellitus among the Four Surrogate Biomarkers of Insulin Resistance. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **17**, 1575-1583. <https://doi.org/10.2147/dmso.s454826>
- [37] You, Y., Hu, H., Cao, C., Han, Y., Tang, J. and Zhao, W. (2023) Association between the Triglyceride to High-Density

- Lipoprotein Cholesterol Ratio and the Risk of Gestational Diabetes Mellitus: A Second Analysis Based on Data from a Prospective Cohort Study. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article ID: 1153072. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1153072>
- [38] Wenxuan, H., Lingyun, X., Yujie, T., Ting, Z., Zhen, H., Xiao, L., *et al.* (2025) Association Analysis of Insulin Resistance Metabolic Score (METS-IR) and Gestational Diabetes Mellitus: Based on National Health and Nutrition Examination Survey Database from 2007 to 2018. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism*, **8**, e70062. <https://doi.org/10.1002/edm2.70062>
- [39] Rouholamin, S., Razavi, M., Pirjani, R. and Rezaeinejad, M. (2025) Metabolic Score for Insulin Resistance (METS-IR) as a Predictor of Gestational Diabetes: Findings from a Prospective Iranian Cohort Study. *Clinical Biochemistry*, **139**, Article ID: 110982. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2025.110982>
- [40] Yin, B., Ding, L., Chen, Z., Chen, Y., Zhu, B. and Zhu, Y. (2023) Combining Hba1c and Insulin Resistance to Assess the Risk of Gestational Diabetes Mellitus: A Prospective Cohort Study. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **199**, Article ID: 110673. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110673>
- [41] 孙心旂, 沈婷, 曹晓轩. GDM 孕产妇外周血 FPG、TyG、CRP 水平评估不良妊娠结局价值[J]. 中国计划生育学杂志, 2025, 33(4): 913-919.
- [42] 史晓娟, 李东风, 张小伟. 妊娠前三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇值联合胱抑素 C 预测妊娠期糖尿病的价值[J]. 中华全科医学, 2024, 22(2): 269-272.
- [43] 陈丽琴, 李晓丹, 张月辉. 孕妇孕期增重、胰岛素抵抗代谢评分异常与足月新生儿超重关系及其临床预测价值[J]. 中国计划生育学杂志, 2024, 32(11): 2667-2672.
- [44] Song, S., Zhang, Y., Qiao, X., Duo, Y., Xu, J., Peng, Z., *et al.* (2021) HOMA-IR as a Risk Factor of Gestational Diabetes Mellitus and a Novel Simple Surrogate Index in Early Pregnancy. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, **157**, 694-701. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13905>