

甘油三酯葡萄糖联合身体质量指数的研究进展

孔祥旭¹, 赵东明^{2*}

¹北华大学研究生院临床医学院, 吉林 吉林

²北华大学附属医院心血管内科, 吉林 吉林

收稿日期: 2025年1月24日; 录用日期: 2025年2月17日; 发布日期: 2025年2月25日

摘要

甘油三酯-葡萄糖(TyG)指数是近年来发现的评估胰岛素抵抗简单有效的测定指标, 且在心血管相关疾病的风险预测、危险分层及预后评估方面有重要意义。随着研究深入发现TyG指数与身体质量指数相结合, 在预测心血管疾病的发生风险上具有更强的可参考性, 尤其是在高血压及冠状动脉粥样硬化性心脏病方面。本文就TyG指数联合身体质量指数在多种心血管疾病的最新研究进展和相关机制及潜在不足进行阐述, 以期提高该指数应用价值。

关键词

TyG-BMI指数, 胰岛素抵抗, 心血管疾病

Research Progress on the Combined Use of Triglyceride-Glucose Index and Body Mass Index

Xiangxu Kong¹, Dongming Zhao^{2*}

¹School of Clinical Medicine, Graduate School of Beihua University, Jilin Jilin

²Department of Cardiology, Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin Jilin

Received: Jan. 24th, 2025; accepted: Feb. 17th, 2025; published: Feb. 25th, 2025

Abstract

The triglyceride-glucose (TyG) index has proven to be a simple and effective measure for assessing insulin resistance, demonstrating considerable importance in the risk prediction, stratification, and prognostication of cardiovascular diseases. Recent investigations suggest that the combination of

*通讯作者。

the TyG index and body mass index (BMI) offers enhanced predictive capabilities for cardiovascular events, particularly in cases of hypertension and coronary artery disease. This article presents a comprehensive review of current literature concerning the application of the TyG-BMI index in various cardiovascular pathologies, examining its underlying mechanisms, limitations, and potential for improved clinical application.

Keywords

Triglyceride-Glucose (TyG) Index, Insulin Resistance, Cardiovascular Disease

Copyright © 2025 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

随着社会的进步和经济的发展,心血管疾病及与其相关的代谢性疾病已经成为国家沉重的经济负担并严重威胁着个人健康,因此早期发现上述疾病显得尤为重要。根据《中国心血管健康与疾病报告 2022》的研究,我国心血管病(CVD)患病率处于持续上升阶段,由于我国居民不健康生活方式流行,人口老龄化加速,有 CVD 危险因素的人群巨大,我国 CVD 发病率和死亡率仍在升高,预估我国现有 CVD 病人数 3.3 亿人,其中患有冠心病人数 1100 万人[1]。冠心病患者往往合并高龄、男性、脂质代谢异常、高血压、吸烟史、糖尿病、肥胖体质和家族遗传史等危险因素,而有胰岛素抵抗(IR)患者往往合并有上述多种危险因素,其中冠脉血管粥样硬化进展尤为迅速。TyG-BMI 指数作为一个简单而有效的评估胰岛素抵抗的指数,对可能患有心血管及代谢性疾病的健康人群早期筛检、危险分层及预后评估方面均有潜在价值,本文将围绕上述指数来阐述其当前在多种心血管疾病中的研究进展及潜在的不足。

2. 胰岛素抵抗与 TyG-BMI 指数

胰岛素抵抗是由于靶器官或组织对胰岛素的敏感性降低,葡萄糖利用出现异常,包括胰岛素作用受损、高胰岛素血症、血管功能改变、高血压以及脂质代谢异常在内的多种途径,可致心血管疾病发生和发展,其发生和发展与遗传、炎症与氧化应激、胰岛素代谢信号通路、miRNA 表达、线粒体功能障碍等多种因素有关[2]。传统的评估胰岛素抵抗的方式均有一定局限性,高胰岛素正葡萄糖钳夹技术由 De Fronzo 于 1979 年首次提出,至今仍是评估胰岛素抵抗的“黄金标准”[3],HIEC 的主要局限性在于它费时,费力,昂贵且复杂,并且需要经验丰富的操作员来解决技术难题。胰岛素抵抗稳态模型(HOMA-IR)局限性在面对患者存在严重受损或缺乏 β 细胞功能的情况时,HOMA-IR 所提供的结果会丧失准确性。甘油三酯葡萄糖体重指数(TyG-BMI 指数)最早于 2016 年提出,计算公式为

$$\text{Ln}[\text{TG}(\text{mg/dl}) * \text{FBG}(\text{mg/dl}) / 2] * \text{BMI}(\text{kg/m}^2)$$
通过比较脂质,脂肪因子以及脂质和脂肪因子的比率,内脏脂肪指标, TyG 和 TyG 相关参数(TyG-WC, TyG-BMI)对早期识别 IR 的价值,得出了 TyG-BMI 指数与 HOMA-IR 的关联性最强,因此可以证明 TyG-BMI 是一种可以用于胰岛素抵抗评估的替代指标,且较传统模型更容易获得[4]。韩国的一项研究通过比较 TyG 指数, TyG-BMI, TyG-WC 和 TyG-WHtR 与 IR 的关联,得出 TyG-BMI 在预测胰岛素抵抗方面高于其他参数,进一步证明可以使用 TyG-BMI 作为临床环境中评估 IR 的替代标志物[5]。另有研究表明,当 TyG 指数结合一些肥胖指标如 BMI,腰围(WC),及腰围身高比(WTHR),其评价 IR 有效性会较单纯使用 TyG 指数进一步提升[6] [7]。

3. TyG-BMI 指数与心血管疾病相关性

3.1. TyG-BMI 指数与高血压

根据 2024 年中国高血压防治指南[8], 通过近 70 年的 5 次全国高血压抽样调查, 可以发现虽然高血压患病率与年龄呈正相关, 但是近年来, 中青年的高血压患病率显著升高, 在 1991~2015 间, 20~39 岁人群高血压患病率升高达 144.4%, 中青年高血压通常以舒张压升高为主, 而我国的成人高血压知晓率、治疗率和控制率虽然有所提升, 但仍较发达国家有一定差距, 以中青年患病为主的单纯舒张期高血压显著地增加了脑卒中、心血管疾病死亡及复合心血管事件发生风险, 这将会为个人和国家带来沉重的经济负担, 因此早发现、早控制显得尤为重要。研究表明[9], 人体处于胰岛素抵抗状态时, 胰岛素介导的 NO 生成的选择性损伤可能导致高血压。临床上测量胰岛素抵抗的方法相对复杂, Bala [6]等将 6 个评估 IR 的指数进行比较, 发现 TyG-BMI 指数及其他胰岛素抵抗指数均与高血压有正相关性, 且高血压组所有胰岛素抵抗指数均明显高于健康组。韩国的一项最新研究通过比较 TyG 指数, TyG-BMI, TyG-WC 和 TyG-WHtR 与 IR 的关联[5], 得出 TyG-BMI 预测 IR 参考价值显著高于其他指数。章陈露, 江晓波, 黄国勇等[10]对 552 例高血压患者进行回顾性研究, 探讨 TyG、TyG-BMI、TG/HDL-C 三个指标对动态血压指标的相关性, 发现 TyG-BMI 指数与高血压患者的舒张压均值和舒张压变异性密切相关。TyG-BMI 因为其加入了 BMI 指标, 明显优于其它 IR 替代指标, 因 BMI 是高血压发展的重要因素, 所以其联合 TyG 指数更具有优越性。当患者处于患有 IR 状态时, 也就是 TyG-BMI 指数升高时, 人体会处于一种慢性炎症反应状态, 此时会激活 RASS 系统导致血管紧张素 II 水平升高, 血管紧张素 II 通过抑制胰岛素受体底物的磷酸化, 抑制磷脂酰肌醇-3-激酶信号途径, 促进血管平滑肌增殖肥大; 通过与胰岛素受体底物 1/2 和 Grb2 蛋白结合, 激活丝裂原活化蛋白激酶途径, 导致血管收缩及内皮损伤, 最终使外周血管的阻力升高[11]。因此, 作为一个简单且有效的评估高血压发生及患者舒张压的工具, 在高血压的二级预防方面尤其是对中青年人群的舒张压高血压具有着一定的可参考性。

3.2. TyG-BMI 指数与冠心病及不良反应

冠状动脉粥样硬化性心脏病(Coronary atherosclerotic heart disease, CHD)是由于动脉粥样硬化导致冠状动脉管腔狭窄, 使心肌出现供血不足从而导致缺氧而引起的心脏病, 简称冠心病。其重要的危险因素之一就是胰岛素抵抗, 此时人体会出现糖脂代谢异常, 导致 FBG 和 TG 异常, 且 TG 升高又会促进 IR, 如再出现 BMI 指数异常, 三个重要的危险因素均出现, 则 CHD 的发生率将大幅度升高。宋晚美, 刘曦峰, 马小峰等[12]通过相关性分析研究发现, TyG-BM 指数可以预测和评估冠心病的发生风险, 同时与冠脉的病变程度呈正相关, 因此用于系统客观评价冠脉病变支数、部位和狭窄程度的 Gensini 评分和侧重于评估病变血管的优势分布、节段数和病变特征的 SYNTAX II 评分系统均表现出显著的独立正相关性, 从而证明了该指数预测冠心病及病变程度均有良好价值。Huang [13]等研究比较了 11 种心血管代谢指标(包括创新型和传统型)预测 3143 名中国台湾地区成年人 CHD 风险的有效性, 结果发现参与者基线 TyG-BMI 指数升高与成年人 CHD 风险增加显著相关, Cox 回归模型显示, 高水平的 TyG-BMI 指数与 CHD 风险增加显著相关, 剂量-反应曲线显示 TyG-BMI 指数与 CHD 风险呈线性正相关, 表明 TyG-BMI 指数可作为 CHD 的有效预测因子。上述研究说明, 在不同地区 TyG-BMI 指数均与 CHD 风险仍具有相关性, 具备一定的应用价值。最新研究[14]调查了 TyG-BMI 指数与接受经皮冠状动脉介入术(PCI)的 CHD 患者心血管事件之间的关系, 发现 TyG-BMI 指数与老年患者和女性患者的不良心血管事件发生率呈正相关, 并且是独立危险因素。上述研究表明, TyG-BMI 指数为 CHD 的独立危险因素, 在黄种人群中不同地区高 TyG-BMI 指数均较低 TyG-BMI 指数 CHD 发病风险更高, 在不同地区具有同样的应用价值, 老年人基线 TyG-BMI 指数升高尤其是年龄 \geq 75 岁的人群较预测年轻人的不良心血管事件更具有应用价值, 然而上述研究为回顾性设计, 研究对象是普

通人群, 而不是 CHD 患者, 这可能会降低 TyG-BMI 指数的平均水平。因此, 需要更多研究类型、不同研究人群及更大规模的研究来进一步探讨 TyG-BMI 指数在高血压进展中的作用。同时在 CHD 疾病的发生机制方面, IR 的核心是机体对胰岛素作用的敏感性下降, 导致葡萄糖代谢异常, 胰岛素无法有效促进葡萄糖摄取和利用, 导致血糖升高, 长期高血糖会损伤血管内皮细胞, 促进动脉粥样硬化的发生发展[15]。同时胰腺 β 细胞会分泌更多胰岛素, 导致高胰岛素血症, 促动脉粥样硬化作用, 还能促进血管平滑肌细胞增殖, 并影响脂质代谢。胰岛素抵抗与脂代谢异常相互作用, 导致甘油三酯升高, 高密度脂蛋白胆固醇降低。这些脂代谢紊乱是动脉粥样硬化的重要危险因素。并且 IR 诱导慢性低度炎症反应, 炎症细胞因子(如肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-6 等)的释放增加, 会损伤血管内皮细胞, 促进动脉粥样硬化斑块形成和不稳定。当人体处于 IR 状态时首先可导致氧化应激增加, 产生过量的活性氧自由基, 这些自由基会损伤血管内皮细胞, 其次可导致血栓形成的倾向增加, 它会影响凝血因子和纤溶系统的活性, 增加血小板活性, 从而增加冠状动脉血栓形成的风险。并且 IR 会损害血管内皮细胞的功能, 导致内皮依赖性血管舒张功能减弱, 增加血管阻力[16]。上述机制在内皮细胞损伤脂代谢异常血栓形成等方面共同促进冠心病的发生和发展, 因此 TyG-BMI 指数可为 CHD 预测及改善其危险分层评估预后具有重要的研究价值。

4. TyG-BMI 指数与心血管疾病相关的潜在分子机制

综上所述, TyG-BMI 指数作为反映的可靠指标, 其与 CVD 直接相关的机制尚待更多研究。现从潜在相关机制解释, 在正常生理情况下胰岛素与磷脂酰肌醇-3-激酶(PI3K)和丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)分子信号通路相关联, 以上分子信号通路在维持冠脉血管收缩和舒张功能中有着至关重要的作用; 胰岛素在生理范围内波动可以维持其二者间的平衡, 而 IR 会导致平衡被打破, 通过破坏 PI3K-NO 途径和增强 MAPK-ET-1 途径, 最终共同导致了血管内皮功能障碍。与此同时, IR 导致的糖脂代谢紊乱, 会使肝脏过度的脂肪积累而发生代谢应激, 激活线粒体电子传输链从而促进线粒体中活性氧(ROS)的生成。体内过量的 ROS 会产生大量氧化型低密度脂蛋白、丙二醛和同型半胱氨酸释放入血, 最后发生冠脉血管内皮损伤和反应功能受损。

5. 小结与展望

综上所述, 在评估 IR 方面 TyG-BMI 指数只需使用临床上常用的 BMI、FPG 和 TG 三个简易指标, 具备指标获得简单, 经济压力低, 评价效果好等优势, 不同于传统的评价 CVD 危险因素指标, TyG-BMI 指数作为 IR 的简易和有效的替代指标, 且因其内有 BMI 指数的结合在评估 CVD 方面更具有研究价值, 提早的将其纳入监测指标用于优化 CVD 的危险分层和预测结果, 具有不可忽视的作用, 可以为 CVD 患者提供更综合、更全面的管理治疗, 根据研究其评估高血压和冠心病方面均有确切的意义, 其相对于单一的 TyG 指数的预测能力更强, 未来可能会成为一个在评价 CVD 领域中的一个新型指标。虽然其具有重要的作用, 但现在目前关于 TyG-BMI 指数的研究尚不全面, 国内外均缺乏大样本数据和临床实验研究支持, 并且最新研究所选取的 CVD 中的均为慢性冠脉综合征, 缺乏对因动脉粥样硬化不稳定斑块破裂或糜烂导致冠状动脉内急性血栓形成的急性冠脉综合征相关性研究, 需进一步研究明确 TyG-BMI 指数升高与急性血栓形成发生风险增加的相关性。在机制方面更多地是从 IR 与 CVD 关系相关联, 在 TyG-BMI 与 CVD 机制方面尚不确切, 期待未来可将 TyG-BMI 作为心血管疾病标志物的应用进行系统分析, 进一步深入研究, 从而提升其应用价值。

参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告 2022 概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(6): 583-612.
- [2] 李莎, 熊峰. 胰岛素抵抗与心血管疾病研究进展[J]. 心血管病学进展, 2019, 40(9): 1307-1311.

- [3] Sánchez-García, A., Rodríguez-Gutiérrez, R., Mancillas-Adame, L., González-Nava, V., Díaz González-Colmenero, A., Solís, R.C., *et al.* (2020) Diagnostic Accuracy of the Triglyceride and Glucose Index for Insulin Resistance: A Systematic Review. *International Journal of Endocrinology*, **2020**, Article ID: 4678526. <https://doi.org/10.1155/2020/4678526>
- [4] 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>
- [5] Lim, J., Kim, J., Koo, S.H. and Kwon, G.C. (2019) Comparison of Triglyceride Glucose Index, and Related Parameters to Predict Insulin Resistance in Korean Adults: An Analysis of the 2007-2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *PLOS ONE*, **14**, e0212963. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212963>
- [6] Bala, C., Gheorghe-Fronea, O., Pop, D., Pop, C., Caloian, B., Comsa, H., *et al.* (2019) The Association between Six Surrogate Insulin Resistance Indexes and Hypertension: A Population-Based Study. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, **17**, 328-333. <https://doi.org/10.1089/met.2018.0122>
- [7] Ramírez-Vélez, R., Pérez-Sousa, M., González-Ruiz, K., Cano-Gutierrez, C., Schmidt-RioValle, J., Correa-Rodríguez, M., *et al.* (2019) Obesity- and Lipid-Related Parameters in the Identification of Older Adults with a High Risk of Prediabetes According to the American Diabetes Association: An Analysis of the 2015 Health, Well-Being, and Aging Study. *Nutrients*, **11**, Article No. 2654. <https://doi.org/10.3390/nu11112654>
- [8] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2024年修订版)[J]. 中华高血压杂志(中英文), 2024, 32(7): 603-700.
- [9] Schulman, I.H. and Zhou, M. (2009) Vascular Insulin Resistance: A Potential Link between Cardiovascular and Metabolic Diseases. *Current Hypertension Reports*, **11**, 48-55. <https://doi.org/10.1007/s11906-009-0010-0>
- [10] 章陈露, 江晓波, 黄国勇, 等. 甘油三酯葡萄糖指数、甘油三酯葡萄糖体重指数、甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇与高血压患者动态血压指标的相关性[J/OL]. 中华高血压杂志(中英文), 2024: 1-9. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5540.r.20240910.1736.004.html>, 2024-12-30.
- [11] Samuel, V.T. and Shulman, G.I. (2016) The Pathogenesis of Insulin Resistance: Integrating Signaling Pathways and Substrate Flux. *Journal of Clinical Investigation*, **126**, 12-22. <https://doi.org/10.1172/jci77812>
- [12] 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.
- [13] Huang, Y., Huang, J., Lin, C., Chien, H., Lin, Y., Wang, C., *et al.* (2021) Comparison of Innovative and Traditional Cardiometabolic Indices in Estimating Atherosclerotic Cardiovascular Disease Risk in Adults. *Diagnostics*, **11**, Article No. 603. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11040603>
- [14] Cheng, Y., Fang, Z., Zhang, X., Wen, Y., Lu, J., He, S., *et al.* (2023) Association between Triglyceride Glucose-Body Mass Index and Cardiovascular Outcomes in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention: A Retrospective Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 75. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01794-8>
- [15] 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>
- [16] Farhan, S., Redfors, B., Maehara, A., McAndrew, T., Ben-Yehuda, O., De Bruyne, B., *et al.* (2021) Relationship between Insulin Resistance, Coronary Plaque, and Clinical Outcomes in Patients with Acute Coronary Syndromes: An Analysis from the PROSPECT Study. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 10. <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01207-0>