

# TyG指数、TyG-BMI指数与2型糖尿病并发缺血性脑卒中的研究进展

常诗英<sup>1</sup>, 杨青岩<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>青海大学研究生院, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海大学附属医院老年医学科, 青海 西宁

收稿日期: 2023年4月17日; 录用日期: 2023年5月9日; 发布日期: 2023年5月17日

## 摘要

近年来,越来越多的研究表明甘油三酯葡萄糖(TyG)指数、甘油三脂葡萄糖体质量(TyG-BMI)指数与缺血性脑卒中(Ischemic Stroke, IS)的发生、发展和不良预后密切相关。与非糖尿病(Non-Diabetes Mellitus, N-DM)患者相比,2型糖尿病(Type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者IS发病率明显增加。并且, T2DM合并IS患者预后差,死亡率高。本文就TyG指数、TyG-BMI指数现状及其与T2DM患者并发IS的潜在机制和临床事件(IS发生、不良预后)的关系进行综述。

## 关键词

TyG指数, TyG-BMI指数, 2型糖尿病, 缺血性脑卒中, 临床事件

# Research Progress of TyG Index, TyG-BMI Index and Type 2 Diabetes Complicated with Ischemic Stroke

Shiying Chang<sup>1</sup>, Qingyan Yang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Qinghai University, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Department of Geriatrics, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Apr. 17<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 9<sup>th</sup>, 2023; published: May 17<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In recent years, more and more studies have shown that triglyceride glucose (TyG) index and trig-

\*通讯作者。

文章引用: 常诗英, 杨青岩. TyG 指数、TyG-BMI 指数与 2 型糖尿病并发缺血性脑卒中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(5): 7840-7846. DOI: 10.12677/acm.2023.1351096

lyceride glucose body mass (Tyg-BMI) index are closely related to the occurrence, development, and poor prognosis of Ischemic Stroke (IS). The incidence of IS is significantly increased in Type 2 diabetes mellitus (T2DM) patients compared with Non-Diabetes mellitus (N-DM) patients. In addition, T2DM patients with IS have poor prognosis and high mortality. This paper reviews the status of TyG index, Tyg-BMI index and their relationship with the potential mechanism and clinical events (IS occurrence and poor prognosis) of patients with T2DM.

## Keywords

TyG Index, TyG-BMI Index, Type 2 Diabetes, Ischemic Stroke, Clinical Events

Copyright © 2023 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. 前言

目前,用于诊断 T2DM 患者 IS 的方法有限,主要包括磁共振成像(MRI)和电子计算机断层扫描(CT),但这两项检查的实施对个体患者有一定的局限性和禁忌症。由于 MRI 和 CT 只能在医院进行,这在很大程度上限制了 T2DM 患者中无症状人群 IS 的早期识别。因此,我们希望找到一种可替代并可靠的指标,作为早期识别 T2DM 患者 IS 的有效手段。国内外相关研究表明,胰岛素抵抗(Insulin Resistance, IR)是 IS 的独立危险因素,IR 与 IS 的发生、发展与不良预后密切相关。既往研究发现高胰岛素血症-正葡萄糖钳夹技术和稳态模型评估(HOMA-IR)是评估 IR 的金标准[1]。但由于其操作复杂且成本高,在临床中难以实施。近年来,甘油三酯葡萄糖(TyG)指数、甘油三酯葡萄糖体质量(TyG-BMI)指数已成为新的评估 IR 的替代标志物,其不需要测量胰岛素,可由空腹血糖(FBG)、空腹甘油三酯(TG)、体质量指数(BMI)计算得出,简单易得,方便操作。

## 2. T2DM 与 IS 联系

T2DM 是一种主要以 IR 为基础、以长期高血糖为特点的慢性代谢性疾病,与中枢神经系统疾病风险增加有关,其可导致神经系统的电生理、结构、神经化学和退行性变化并严重损害神经功能[2]。IS 是指脑血循环障碍病因导致脑血管堵塞或严重狭窄,使脑血流灌注下降,进而缺血、缺氧导致脑血管供血区脑组织死亡。IS 是最常见的卒中类型,约占 84.4% [3]。临床上表现为突发局灶性或弥漫性的神经功能缺损,24 h 之后往往留有后遗症[4]。据报道,IS 老年人占比大,年轻人的患病率正在增加[5]。有研究表明[6],T2DM 患者 IS 的发病率远高于非 DM 患者,是非 DM 患者的 2~4 倍,并且,T2DM 并发 IS 的预后差、死亡率高,是 T2DM 患者致残、致死的重要原因,多数患者伴有不同程度的神经系统症状,如偏瘫、四肢麻木、失语症等,不良预后严重影响患者的社会功能及心理情况。此外,T2DM 的病程为 10 年或更长时,发生 IS 的风险比 T2DM 病程为 5 年的患者高 2 倍,T2DM 患者首次发生 IS 后 2 年内复发率较非 DM 患者复发率高[6]。

T2DM 是 IS 独立的危险因素,IS 是 T2DM 患者常见的大血管并发症之一,二者相互作用,相互影响[7]。随着社会经济的快速发展及人们生活方式的改变,诸多危险因素共同促进 T2DM 患者 IS 发生、发展。在 T2DM 患者中,IS 的危险因素包括年龄、性别、种族、遗传、不良生活方式、高血压、高血糖、脂代谢紊乱以及房颤等,其中高血糖、脂代谢紊乱、高血压、不良生活方式是可控的危险因素[8]。因

此明确 T2DM 患者发生 IS 的危险因素, 并找到可以预测 T2DM 患者发生 IS 的相关指标十分重要。

### 3. TyG 指数、TyG-BMI 指数

#### 3.1. 现状

TyG 指数是一种由 TG 和 FBG 确定的指标, 被证明是 T2DM、代谢紊乱、动脉粥样硬化性脑血管疾病(Atherosclerotic Cerebrovascular Disease, ASCVD)的有用预测指标[9]。TyG-BMI 指数是 FBG、TG 和 BMI 的乘积, 是一种由 TyG 指数延伸而来新的评估 IR 的可靠指标[10]。研究表明[11], 与单独传统脂质、BMI 和 TyG 指数相比, TyG-BMI 指数是更好的 IR 预测指标。IR 是一种代谢紊乱, 由受损组织对胰岛素刺激的反应引起, 特别是表现为葡萄糖和血脂代谢功能障碍[12]。现有研究证实, IR 是脑血管疾病(Cerebrovascular Disease, CVD)的危险因素, 与多种 CVD 或其触发因素密切相关, 包括高血糖、血脂异常、IS、动脉粥样硬化(Atherosclerosis, AS)、颈动脉斑块形成和破裂、颈动脉内膜-中层增厚和冠状动脉疾病[13][14][15]。并且, IR 可导致一般人群和 DM 患者发生 CVD, 并预测 CVD 患者的心脑血管预后[16]。

有研究表明[17], TyG 指数与高血糖和血脂异常呈正相关, 脂毒性和糖毒性都是导致 IR 发展的因素。TyG 指数越高的患者, IR 越高, 血糖越高[18]。此外, 对 TyG 指数的研究多集中在中老年个体, TyG 指数在年轻人中存在不确定性[19]。研究表明[20], TyG 指数发生 IS 的潜在机制可能是: 1) TyG 指数能够反映机体葡萄糖代谢、炎症和氧化应激情况, 能反映糖基化产物、氧自由基、一氧化氮(NO)代谢及血小板反应性, 可导致内皮细胞血管舒张。2) TyG 指数升高可增加脂肪组织游离脂肪酸(FFA)水平和 FFA 向非脂肪组织的通量, 增加肝脏中的 TG 合成和血浆中的释放, 这引起高 TG 血症和随后的代谢综合征。同时, 增加循环脂肪酸也可能抑制外周组织中葡萄糖摄取和脂质分解的胰岛素活性, 导致 IR 恶化以及 IR 和血脂异常之间另一个恶性循环的发展[21]。因此, 高 TG 血症被认为是 IR 状况的良好反映。以上因素表明 TyG 指数反映了 IR 水平, 可以间接用于预测 IS。

TyG-BMI 指数发生 IS 的潜在机制可能与 FPG、TG、BMI 三个因素与 IR 的关系有关。有研究表明[22], 肥胖与 IR 之间的强相关性已经确立, 肥胖是 IR 发生、发展的重要因素。近年来, 研究发现[23], DM 及其慢性并发症的发生发展与导致肥胖相关的免疫炎症反应存在相似性, 都与机体长期处于低度慢性炎症状态有关。这种长期低度慢性炎症被认为是 IS 的危险因素, 与肥胖相关的炎症可导致 IS 发生风险的进行性增加[24]。肥胖导致脂肪组织分泌促炎性细胞因子并发生多种免疫细胞浸润, 引发脂肪组织炎症并伴随着 IR; 同时促炎因子会通过激活或抑制各种信号通路导致 IR 加剧, 使 T2DM 病情不断恶化[25]。因此, TyG 指数与肥胖指标(BMI)结合后, 理论上更具有反映 IR 的优势。

#### 3.2. TyG 指数、TyG-BMI 指数与 T2DM 并发 IS 潜在机制的关系

目前关于 TyG 指数、TyG-BMI 指数与 T2DM 患者 IS 发生、发展的潜在机制尚不明确。因此, 主要通过阐明 IR 与 T2DM 并发 IS 潜在机制的关系来侧面反映 TyG 指数、TyG-BMI 指数与 T2DM 患者 IS 发生、发展的关系。根据目前研究, T2DM 并发 IS 的可能机制与 IR、高血糖、血脂代谢紊乱、高血压、内皮功能障碍、血小板聚集增加、凝血纤溶系统异常有关, 同时 T2DM 也可促进 AS, 增加 IS 的风险[26]。IR 可通过影响 T2DM 并发 IS 的机制来增加 IS 发生、复发风险: 1) IR 可干扰胰岛素信号传导, 增强慢性全身炎症, 降低胰岛素敏感性, 促进 AS 起始阶段泡沫细胞的形成[16]。IR 还可通过促进巨噬细胞、内皮细胞和血管平滑肌细胞的凋亡, 引起内皮功能障碍, 参与斑块破裂和晚期进展。2) 葡萄糖转运蛋白的表达和活性在多个组织中受到 IR 的调节, 促进葡萄糖在循环中的积累并形成高血糖症[27]。IR 还可在肝脏增加糖异生, 减少糖原的合成, 导致明显高血糖。此外, 高血糖症可能反过来损害胰岛素敏感性, 导致向 IR 的恶性循环。3) IR 可能抑制糖原合成, 并将直接将葡萄糖转化为脂肪生成途径, 导致血脂异常。4) IR

在骨骼肌使葡萄糖摄取受损, 导致在餐后高血糖和胰岛素水平代偿性增加导致高胰岛素血症[28]。5) IR 在脂肪组织促进炎症因子的释放导致脂肪组织低度炎症并导致全身性 IR。6) IR 可影响胰岛素样生长因子-1、胰岛素样生长因子-2、环磷酸鸟苷和 NO 的代谢, 从而在血小板粘附、活化和聚集中起关键作用[9] [29], 引起凝血纤溶系统异常。7) IR 可影响血压[30]: ① IR 可通过增加肾钠重吸收、激活交感神经系统、改变跨膜离子转运、增加阻力血管等途径使血压升高。② IR 可介导血管舒缩物质的合成释放, 如抑制内皮素、NO 的合成与释放, 改变血管阻力。③ IR 可能通过 Baylis 效应(肌源机制)、化学、神经元和代谢机制影响脑血管阻力, 导致脑灌注血流动力学受损, 这可能导致急性 IS 期间脑灌注的血流动力学紊乱。总之, IR 扩大了 T2DM 并发 IS 中可调控危险因素和潜在机制的作用, 例如糖尿病, 血脂异常和肥胖等, 加速 AS 的进展, 最终增加 IS 风险。

### 3.3. TyG 指数、TyG-BMI 指数与 IS 发生风险

有研究[31] [32]表明, TyG 指数与一般人群和许多脑卒中患者队列中 IS 的发病率和死亡率相关。2022 年, 国外一项 meta 分析报道了 TyG 指数与脑卒中之间的相关性[33], 这项研究表明, TyG 指数升高是 IS 的独立危险因素, 在出血性卒中中无统计学意义; 他们还表明, TyG 指数与脑卒中事件呈线性相关, 仅限于 T2DM 或急性冠脉综合征患者。此外, Tai 等人的研究[34]表明, 在 10 年随访中, 较高水平的 TyG 指数与 T2DM 患者发生主要不良心血管事件的风险增加显著相关。

一项国外的研究表明[35], TyG-BMI 指数与一般人群 IS 之间存在很强相关性, 独立于许多常规危险因素, 并且这种关系是线性的。同时, 研究结果还表明 TyG-BMI 在改善缺血性中风的风险分层方面具有潜在用途。2022 年, 中国全科医学发布一项关于 TyG 指数及其结合肥胖指标与中老年人新发 IS 的关系的前瞻性队列研究[25], 共纳入 9406 例中老年 T2DM 患者, 研究的主要终点是 IS 的发生, 10 年随访结果示, 随着 TyG-BMI 升高, 中老年人新发 IS 发生风险增高。TyG-BMI 指数或可成为预测中老年人新发 IS 的预测因子, 相较于 TyG 指数预测 IS 发生风险的能力更强。

### 3.4. TyG 指数、TyG-BMI 指数与 IS 不良预后

国外发表一项全国性的大规模卒中登记中[36], 代表 IR 的较高 TyG 指数与 IS 患者卒中复发、全因死亡率和神经系统恶化的风险增加有关。2023 年, Jin 等[37]发表的大型前瞻性研究表明, 在 12 个月随访期间观察到脑卒中复发风险显著增加、全因死亡率与 IR 显著相关。2022 年, 国外发表一篇横断面研究[38]表明, TyG 指数可用作评估 2 型糖尿病 IS 患者长期结局的重要风险预测指标, TyG 指数水平升高可作为 1 年随访时复发性 IS 和全因死亡风险增加的指标, 还表明 TyG 指数高的患者更可能有较高的 BMI、TG 以及较少的体力活动。Guo 等及 Nam 等[9] [39]的研究结果表明, TyG 指数与急性 IS 患者卒中复发、全因死亡率和神经系统恶化的风险增加有关。此外, 一项冠心病研究的 meta 分析[40]表明, TyG 指数的升高与冠状动脉粥样硬化进展和全因死亡率的升高相关, TyG 指数可作为预测心脑血管相关疾病预后的可靠指标。

然而, Yimo Zhou [36]和 Ki-Woong Nam [41]的研究均报告道, TyG 指数是否可以预测功能差或神经功能缺陷的解释有待研究, 但 TyG 指数对预测复发性卒中和死亡率仍很有价值。目前关于 TyG 指数与 IS 不良预后关系的临床研究结论并不一致, 分析可能原因如下: 1) 在每个研究中心测试空腹甘油三酯和葡萄糖水平。因此, 不能完全排除来自不同分析系统的测量误差。然而, 测试结果将是可比的, 因为所有中心的甘油三酯和葡萄糖的测量都是基于国际临床化学和实验室医学联合会(2011)的建议。2) 不能保证 IS 患者及时采集血液样本。因此, TyG 指数将在很大程度上反映压力性高血糖症; 此外, FBG 和 TG 水平受到入院前给予的各种干预措施的影响, 这些干预措施在研究中可能无法彻底管理。3) 可能是由于

国家、研究设计、TyG 指数条件、样本量、随访时间、诊断方法和纳入人群(包括年龄、性别、基线标准、种族等)的差异造成的。此外, 以前关于 IS 人群中 TyG 指数的研究较少, TyG 指数可能与其他 IR 测量标志物不同。4) 不同的中风护理质量或由于心血管危险因素影响的存在都可能导致潜在的偏倚, 并且无法避免选择性偏见。5) 目前对于 TyG 指数界定的阈值尚未确定, 各研究基本根据 TyG 指数水平以四分位数法分组, 各研究截点的不同也可能导致研究结论的差异性。

#### 4. 结语

综上所述, TyG 指数、TyG-BMI 指数可能成为预测 T2DM 患者 IS 发生的预测因子, TyG-BMI 指数预测 IS 发生风险的能力较 TyG 指数更强。目前, 关于 TyG 指数、TyG-BMI 指数对 IS 的临床事件的预测作用尚不明确, 尤其在 T2DM 并发 IS 患者中相关研究较少, 需进行更多实验进一步探讨。但, 现有的研究表明 TyG 指数、TyG-BMI 指数促进 IS 发生、发展并影响其预后, 故 TyG 指数、TyG-BMI 指数能够早期识别 T2DM 患者 IS 发生可能对防治 T2DM 患者 IS 发生、发展及不良预后有重大意义。

#### 参考文献

- [1] Tian, X., Zuo, Y., Chen, S., *et al.* (2021) Triglyceride-Glucose Index Is Associated with the Risk of Myocardial Infarction: An 11-Year Prospective Study in the Kailuan Cohort. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 19. <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01210-5>
- [2] Zhao, L., Zheng, Z. and Huang, P. (2016) Diabetes Mellitus and the Risk of Glioma: A Meta-Analysis. *Oncotarget*, **7**, 4483-4489. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.6605>
- [3] Loh, H.C., Lim, R., Lee, K.W., *et al.* (2020) Effects of Vitamin E on Stroke: A Systematic Review with Meta-Analysis and Trial Sequential Analysis. *Stroke and Vascular Neurology*, **6**, 109-120. <https://doi.org/10.1136/svn-2020-000519>
- [4] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018 [J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [5] Zhang, W., Zhou, F., Huang, H., Mao, Y. and Ye, D. (2020) Biomarker of Dietary Linoleic Acid and Risk for Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrition*, **79-80**, Article ID: 110953. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110953>
- [6] 张晓丽, 崔焜焱, 姚建华. 糖尿病并发急性脑梗死的多靶点机制分析[J]. 中国实验诊断学, 2019, 23(1): 151-154.
- [7] 张雪冰, 母义明, 李洪梅. 2 型糖尿病与缺血性脑卒中[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2015, 9(12): 2388-2391.
- [8] Wu, C.-S., Hsu, L.-Y. and Wang, S.-H. (2020) Association of Depression and Diabetes Complications and Mortality: A Population-Based Cohort Study. *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, **29**, e96. <https://doi.org/10.1017/S2045796020000049>
- [9] Guo, Y., Zhao, J., Zhang, Y., *et al.* (2021) Triglyceride Glucose Index Influences Platelet Reactivity in Acute Ischemic Stroke Patients. *BMC Neurology*, **21**, Article No. 409. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02443-x>
- [10] 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.
- [11] Er, L.-K., Wu, S., Chou, H.-H., *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>
- [12] Pendlebury, S.T. and Rothwell, P.M. (2009) Prevalence, Incidence, and Factors Associated with Pre-Stroke and Post-Stroke Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Lancet Neurology*, **8**, 1006-1018. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70236-4](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70236-4)
- [13] Kauw, F., Takx, R. A., de Jong, H. W., *et al.* (2018) Clinical and Imaging Predictors of Recurrent Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cerebrovascular Diseases*, **45**, 279-287. <https://doi.org/10.1159/000490422>
- [14] Rujirachun, P., Wattanachayakul, P., Phichitnitikorn, P., *et al.* (2020) Association of Premature Ventricular Complexes and Risk of Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Cardiology*, **44**, 151-159. <https://doi.org/10.1002/clc.23531>
- [15] Jiao, Y., Su, Y., Shen, 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>
- [16] Kurniawan, A.-L., Hsu, C.Y., Chao, J.C.-J., *et al.* (2021) Association of Two Indices of Insulin Resistance Marker with Abnormal Liver Function Tests: A Cross-Sectional Population Study in Taiwanese Adults. *Medicina*, **58**, Article No. 4. <https://doi.org/10.3390/medicina58010004>
- [17] Zeng, Z.Y., Liu, S.X., Xu, H., *et al.* (2020) Association of Triglyceride Glucose Index and Its Combination of Obesity Indices with Prehypertension in Lean Individuals: A Cross-Sectional Study of Chinese Adults. *Journal of Clinical Hypertension*, **22**, 1025-1032. <https://doi.org/10.1111/jch.13878>
- [18] Muhammad, I.F., Borné, Y., Zaigham, S., *et al.* (2021) Comparison of Risk Factors for Ischemic Stroke and Coronary Events in a Population-Based Cohort. *BMC Cardiovascular Disorders*, **21**, Article No. 536. <https://doi.org/10.1186/s12872-021-02344-4>
- [19] Yoon, J.S., Shim, Y.S., Lee, H.S., Hwang, I.T. and Hwang, J.S. (2021) A Population-Based Study of TyG Index Distribution and Its Relationship to Cardiometabolic Risk Factors in Children and Adolescents. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 23660. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03138-6>
- [20] Samuel, V.T. and Shulman, G.I. (2016) The Pathogenesis of Insulin Resistance: Integrating Signaling Pathways and Substrate Flux. *The Journal of Clinical Investigation*, **126**, 12-22. <https://doi.org/10.1172/JCI77812>
- [21] Ferrannini, E., Barrett, E.-J., Bevilacqua, S. and DeFronzo, R.A. (1983) Effect of Fatty Acids on Glucose Production and Utilization in Man. *The Journal of Clinical Investigation*, **72**, 1737-1747. <https://doi.org/10.1172/JCI111133>
- [22] Guerrero-Romero, F., Simental-Mendía, L.E., González-Ortiz, M., *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 and Metabolism*, **95**, 3347-51. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0288>
- [23] Yang, R., Pedersen, N.L., Bao, C., *et al.* (2019) Type 2 Diabetes in Midlife and Risk of Cerebrovascular Disease in Late Life: A Prospective Nested Case-Control Study in a Nationwide Swedish Twin Cohort. *Diabetologia*, **62**, 1403-1411. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4892-3>
- [24] 俞婷婷, 吴韩, 王昆. 体质指数与腹主动脉钙化的患病率呈负相关[J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(8): 676-680.
- [25] 缪莹, 汪宇, 晏丕军, 等. 甘油三酯葡萄糖指数及其结合肥胖指标与中老年人群新发缺血性脑卒中的关系: 一项追踪 10 年的前瞻性队列研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(26): 3232-3239.
- [26] 马成虹. 细胞炎性因子对 2 型糖尿病合并急性缺血性脑卒中的影响分析[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明医科大学, 2021.
- [27] Stringer, D.M., Zahradka, P. and Taylor, C.G. (2015) Glucose Transporters: Cellular Links to Hyperglycemia in Insulin Resistance and Diabetes. *Nutrition Reviews*, **73**, 140-154. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuu012>
- [28] Zhao, Y., Zhang, J., Chen, C., *et al.* (2022) Comparison of Six Surrogate Insulin Resistance Indexes for Predicting the Risk of Incident Stroke: The Rural Chinese Cohort Study. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, **38**, e3567. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3567>
- [29] Brown, E., Ozawa, K., Moccetti, F., *et al.* (2021) Arterial Platelet Adhesion in Atherosclerosis-Prone Arteries of Obese, Insulin-Resistant Nonhuman Primates. *Journal of the American Heart Association*, **10**, e019413. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.019413>
- [30] Fan, J.-L., Nogueira, R.C., Brassard, P., *et al.* (2021) Integrative Physiological Assessment of Cerebral Hemodynamics and Metabolism in Acute Ischemic Stroke. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, **42**, 454-470. <https://doi.org/10.1177/0271678X211033732>
- [31] Huang, R., Wang, Z., Chen, J., *et al.* (2022) Prognostic Value of Triglyceride Glucose (TyG) Index in Patients with Acute Decompensated Heart Failure. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 88. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01507-7>
- [32] 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/eci.12583>
- [33] Feng, X., Yao, Y., Wu, L., *et al.* (2022) Triglyceride-Glucose Index and the Risk of Stroke: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. *Hormone and Metabolic Research*, **54**, 175-186. <https://doi.org/10.1055/a-1766-0202>
- [34] Tai, S., Fu, L., Zhang, N., *et al.* (2022) Impact of Baseline and Trajectory of Triglyceride-Glucose Index on Cardiovascular Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Frontiers in Endocrinology*, **13**, Article ID: 858209. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.858209>
- [35] Du, Z., Xing, L., Lin, M. and Sun, Y. (2020) Estimate of Prevalent Ischemic Stroke from Triglyceride Glucose-Body Mass Index in the General Population. *BMC Cardiovascular Disorders*, **20**, Article No. 483. <https://doi.org/10.1186/s12872-020-01768-8>

- [36] Zhou, Y., Pan, Y., Yan, H., *et al.* (2020) Triglyceride Glucose Index and Prognosis of Patients with Ischemic Stroke. *Frontiers in Neurology*, **11**, Article 456. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00456>
- [37] Jin, A., Wang, S., Li, J., *et al.* (2023) Mediation of Systemic Inflammation on Insulin Resistance and Prognosis of Nondiabetic Patients with Ischemic Stroke. *Stroke*, **54**, 759-769. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.039542>
- [38] Liu, D., Yang, K., Gu, H., *et al.* (2022) Predictive Effect of Triglyceride-Glucose Index on Clinical Events in Patients with Acute Ischemic Stroke and Type 2 Diabetes Mellitus. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 280. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01704-4>
- [39] Nam, K.-W., Kwon, H.-M. and Lee, Y.-S. (2021) High Triglyceride-Glucose Index is Associated with Early Recurrent Ischemic Lesion in Acute Ischemic Stroke. *Scientific Reports*, **11**, Article 15335. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94631-5>
- [40] Ding, X., Wang, X., Wu, J., Zhang, M. and Cui, M. (2021) Triglyceride-Glucose Index and the Incidence of Atherosclerotic Cardiovascular Diseases: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 76. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01268-9>
- [41] Nam, K.-W., Kang, M.K., Jeong, H.-Y., *et al.* (2021) Triglyceride-Glucose Index Is Associated with Early Neurological Deterioration in Single Subcortical Infarction: Early Prognosis in Single Subcortical Infarctions. *International Journal of Stroke*, **16**, 944-952. <https://doi.org/10.1177/1747493020984069>