

TyG指数与2型糖尿病性视网膜病变的关系研究

阿衣努热·吐逊江, 艾比拜·玉素甫*

新疆医科大学第一附属医院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年1月21日; 录用日期: 2024年2月14日; 发布日期: 2024年2月20日

摘要

目的: 评估甘油三酯-葡萄糖指数(triglyceride glucose, TyG)与2型糖尿病性视网膜病变(DR)的关系。方法: 横断面研究。收集2022年5月至2023年5月期间在我院内分泌科住院的235例2型糖尿病患者的临床资料, 由空腹血糖及空腹甘油三酯计算TyG指数, 将收集的2型糖尿病患者根据眼底检查结果分为DR组(160例)和无DR组(75例)。回归分析采取单因素和多因素Logistic回归分析, 利用ROC曲线确立TyG指数的曲线下面积(AUC)及截断点, 以及截断值的灵敏度和特异度, 以上均以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。结果: DR组的TyG指数与无DR组的TyG指数差异有显著统计学意义。校正不同的混杂因素的结果均显示随着TyG指数的水平越高, DR患病率越高的趋势且有显著差异($P < 0.05$)。TyG指数与2型糖尿病患者发生DR的风险显著相关, 可以作为2型糖尿病患者发生DR的一个预测因子。结论: TyG指数与2型糖尿病性视网膜病变有关, 对2型糖尿病患者发生DR具有预测价值。

关键词

甘油三酯-葡萄糖指数, 2型糖尿病, 糖尿病性视网膜病变

The Relationship between Triglyceride-Glucose Index and Type 2 Diabetic Retinopathy

Ayinure Tuxunjiang, Aibibai Yusufu*

The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Jan. 21st, 2024; accepted: Feb. 14th, 2024; published: Feb. 20th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 阿衣努热·吐逊江, 艾比拜·玉素甫. TyG指数与2型糖尿病性视网膜病变的关系研究[J]. 临床医学进展, 2024, 14(2): 3073-3080. DOI: 10.12677/acm.2024.142435

Abstract

Objective: To evaluate the relationship between the triglyceride-glucose index (triglyceride glucose, TyG) and type 2 diabetic retinopathy (DR). **Method:** A cross-sectional study. Clinical data of 235 patients with type 2 diabetes mellitus hospitalized in the endocrinology department of our hospital from May 2022 to May 2023 were collected, and TyG index was calculated from fasting blood glucose and fasting triglycerides. The patients with type 2 diabetes mellitus were divided into DR (160) and no DR (75) according to the fundus examination results. The regression analysis used univariate and multivariate Logistic regression analysis, which established the area under the curve (AUC) and the TyG index, as well as the sensitivity and specificity of the cutoff value. $P < 0.05$ was significant. **Results:** There was a significant difference between the TyG index in the DR group and the TyG index in the no-DR group. Results adjusted for different confounders showed a trend towards higher prevalence of DR with the higher level of TyG index ($P < 0.05$). The TyG index was significantly associated with the risk of DR in patients with type 2 diabetes, and can be used as a predictor of DR in patients with type 2 diabetes. **Conclusion:** The TyG index is associated with type 2 diabetic retinopathy and has predictive value for developing DR in patients with type 2 DM.

Keywords

Triglyceride-Glucose Index, Type 2 Diabetes Mellitus, Diabetic Retinopathy

Copyright © 2024 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

随着我国经济的发展, 人民物质生活水平的提高, 我国糖尿病患病率仍在上升, 2015 至 2017 年达到 11.2% [1]。糖尿病视网膜病变(DR)是糖尿病的主要眼部并发症, 到 2020 年, 在全球范围内, 有超过 1 亿人患有 DR [2], 是一个具有重大全球健康影响的问题[3]。血糖的控制最佳一直是预防糖尿病微血管和大血管并发症的主要手段。糖尿病常伴有脂质代谢异常, 脂质代谢异常是糖尿病血管疾病的重要危险因素[4] [5]。甘油三酯 - 葡萄糖指数(triglyceride glucose, TyG)是由空腹甘油三酯与空腹血糖等常规采集的血清生化参数计算而得出的一种简单、经济、可重复性好的指标, 与 2 型糖尿病的发生密切相关[6]。近来有关研究发现, TyG 指数可能是 2 型糖尿病性视网膜病变发生及发展的一个重要危险因素[7] [8]。目前国内有关 TyG 指数与 2 型糖尿病患者发生 DR 的研究尚不充分。本研究旨在探讨中国 2 型糖尿病患者甘油三酯 - 葡萄糖(TyG)指数与糖尿病视网膜病变(DR)的相关性, 探究利用 TyG 指数早期诊断 DR 的可行性。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

选取 2022 年 5 月至 2023 年 5 月在新疆医科大学第一附属医院内分泌科住院的 2 型糖尿病患者或门诊定期随访的明确诊断为 2 型糖尿病患者 235 人; 研究对象满足《中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)》中的诊断标准[9]; 年龄 ≥ 18 岁, 思维和意识清晰, 无中枢神经系统及精神状况疾病; 检查依从性良好。根据每位患者完善的眼底照相结果, 分为 DR 组(160 例)和无 DR 组(75 例), 其中 DR 组增殖期糖尿病性

视网膜病变组和非增殖期糖尿病性视网膜病变组。

排除标准：① 1 型糖尿病、妊娠期糖尿病、其他特殊类型糖尿病；② 合并其他眼科疾病、眼部手术史；③ 合并肝功能不全或急性心脑血管疾病；④ 使用降糖药物或降脂药物者。⑤ 资料不全者。

2.2. 临床资料收集

每名受试者在入院后进行标准化评估, 采集研究对象的基本信息资料和临床检查指标, 包括: 年龄、性别、身高、体质量、体质量指数(body mass index, BMI)、收缩压、舒张压、糖尿病病程、糖尿病家族史、吸烟史、饮酒史等。眼底照相采集均应用眼底照相机或血流光相断层扫描采用仪器。受试者入院后禁食 12 h 后于次日晨起采集清晨空腹静脉血, 测定空腹血糖、甘油三酯、糖化血红蛋白、血清空腹 C 肽、尿素、肌酐、血尿酸、血清低密度脂蛋白、血清高密度脂蛋白、记录在院期间非同日三次血压并记录其平均值。TyG 指数采用 $\text{Ln}[\text{空腹葡萄糖}(\text{mg/dL}) \times \text{空腹甘油三酯}(\text{mg/dL}) \div 2]$ [10] 计算。

2.3. 统计学处理

统计方法: 全部调查结果及实验室数据由专人收集及输入数据库, 采用 SPSS25.0 软件进行数据统计分析。计数资料采取卡方检验, 用例数(百分比)来表示; 连续性资料在两组上符合正态分布采取 t 检验, 用均数 \pm 标准差来表示, 不符合正态分布采取秩和检验, 用中位数(四分位数)来表示; 回归分析采取单因素和多因素 Logistic 回归分析; 利用 ROC 曲线确立 TyG 指数的曲线下面积(AUC)及截断点, 以及截断值的灵敏度和特异度; 以上均以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义, $P > 0.05$ 提示差异无统计学意义。

3. 结果

3.1. 一般资料

对性别、吸烟史、饮酒史、糖尿病家族史、高血压病史进行卡方检验, 对年龄、收缩压、舒张压进行 t 检验, 对病程(月)、BMI、空腹血糖、空腹 C 肽、HbA1c (%)、尿素(mmol/L)、肌酐(umol/L)、尿酸(umol/L)、TG、TC (mmol/L)、LDL-C (mmol/L)、HDL-C (mmol/L)、TyG 指数进行秩和检验, 结果显示: DR 组和无 DR 组的年龄、病程、空腹 C 肽、HbA1c、TyG 指数等的差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。DR 组的 TyG 指数为 9.62 [9.23; 10.14], 无 DR 组的 TyG 指数为 9.21 [8.82; 9.46], $P < 0.01$ 差异有显著统计学意义。见表 1。

Table 1. Comparison of general data between type 2 diabetic patient with diabetic retinopathy group and the group without diabetic retinopathy

表 1. T2DM 患者 DR 组和无 DR 组的一般资料对比

	[ALL] N = 235	0 N = 75	1 N = 160	$\chi^2/t/z$	P
性别				0.096	0.757
1	163 (69.36%)	51 (68.00%)	112 (70.00%)		
2	72 (30.64%)	24 (32.00%)	48 (30.00%)		
吸烟史				0.589	0.443
0	142 (60.43%)	48 (64.00%)	94 (58.75%)		
1	93 (39.57%)	27 (36.00%)	66 (41.25%)		
饮酒史				1.908	0.167
0	148 (62.98%)	52 (69.33%)	96 (60.00%)		
1	87 (37.02%)	23 (30.67%)	64 (40.00%)		

续表

糖尿病家族史				0.550	0.458
0	149 (63.40%)	45 (60.00%)	104 (65.00%)		
1	86 (36.60%)	30 (40.00%)	56 (35.00%)		
高血压				1.298	0.255
0	177 (75.32%)	60 (80.00%)	117 (73.12%)		
1	58 (24.68%)	15 (20.00%)	43 (26.88%)		
年龄	51.66 ± 12.26	48.01 ± 12.24	53.36 ± 11.92	-3.179	0.002
病程(月)	6.00 [0.67; 36.00]	1.00 [0.17; 3.00]	12.00 [2.00; 48.00]	-6.996	<0.001
BMI	25.68 [23.52; 27.94]	25.65 [23.68; 28.42]	25.69 [23.38; 27.44]	-0.866	0.387
收缩压	123.11 ± 11.96	124.56 ± 12.40	122.43 ± 11.73	1.274	0.204
舒张压	76.97 ± 8.19	76.32 ± 8.20	77.27 ± 8.19	-0.827	0.409
空腹血糖	10.00 [7.63; 13.38]	7.69 [6.28; 11.04]	10.77 [8.73; 14.61]	-5.849	<0.001
空腹 C 肽	1.64 [1.05; 2.32]	1.88 [1.25; 2.57]	1.49 [1.02; 2.25]	-2.303	0.021
HbA1c (%)	9.50 [7.60; 11.32]	8.40 [6.75; 11.27]	9.83 [8.57; 11.40]	-3.279	0.001
尿素(mmol/L)	5.00 [4.20; 5.90]	4.90 [4.05; 5.65]	5.10 [4.27; 5.97]	-1.235	0.217
肌酐(umol/L)	66.20 [58.00; 78.19]	68.00 [57.80; 79.90]	66.15 [58.00; 76.85]	-0.604	0.546
尿酸(umol/L)	303.90 [241.80; 360.55]	312.40 [256.62; 372.00]	302.85 [237.14; 353.88]	-1.002	0.316
TG	1.72 [1.21; 2.37]	1.45 [1.12; 2.16]	1.79 [1.22; 2.46]	-1.738	0.082
TC (mmol/L)	4.63 [4.01; 5.42]	4.81 [4.08; 5.44]	4.55 [3.95; 5.32]	-0.832	0.406
LDL-C (mmol/L)	3.15 [2.67; 3.73]	3.19 [2.80; 3.74]	3.12 [2.63; 3.59]	-1.036	0.300
HDL-C (mmol/L)	0.96 [0.84; 1.14]	0.95 [0.84; 1.15]	0.96 [0.84; 1.14]	-0.015	0.988
TyG 指数	9.48 [9.11; 9.99]	9.21 [8.82; 9.46]	9.62 [9.23; 10.14]	-4.936	<0.001

3.2. 二元 Logistic 回归

3.2.1. DR 的单因素 Logistic 回归分析

以是否发生 DR 为因变量, 分别纳入年龄、病程(月)、空腹血糖、空腹 C 肽、HbA1c (%)、TyG 指数的四分位为自变量进行单因素 Logistic 回归分析, 结果显示年龄、病程(月)、空腹血糖、空腹 C 肽、HbA1c (%)、TyG 指数均是 DR 病变的影响因素(P < 0.05)。见表 2。

Table 2. Univariate logistic regression analysis of diabetic retinopathy

表 2. DR 的单因素 Logistics 回归分析

指标	OR	95%CI	P
年龄	1.038	(1.013, 1.063)	0.002
病程(月)	1.053	(1.029, 1.079)	<0.001
空腹血糖	1.248	(1.138, 1.369)	<0.001
空腹 C 肽	0.695	(0.508, 0.949)	0.022
HbA1c (%)	1.223	(1.077, 1.389)	0.002
TyG 指数			
Q1		Ref.	
Q2	1.925	(0.923, 4.014)	0.081
Q3	9.806	(3.812, 25.224)	<0.001
Q4	5.76	(2.496, 13.293)	<0.001

3.2.2. DR 的多因素 Logistic 回归分析

将 TyG 指数划分为四分位数 Q1~Q4, 其中以第一分位数 Q1 为参照。针对 DR 的潜在混杂因素, 建立了三个调整程度递增的模型: Model 1 为未校正任何指标的结果, Model 2 为校正性别、吸烟史、饮酒史、糖尿病家族史、高血压的结果, Model 3 是在 Model 2 的基础上再校正年龄、病程、空腹 C 肽、HbA1C 的结果。上述结果显示在 Model 1、Model 2 和 Model 3 中均有随着 TyG 指数的水平越高, DR 患病率越高的趋势且有显著差异($P < 0.05$)。TyG 指数最高四分位数的 2 型糖尿病患者发生 DR 的风险为 TyG 指数最高四分位数的 2 型糖尿病患者的 8.1 倍(OR 8.102 95%CI 2.436~26.951, $P < 0.05$)。见表 3。

Table 3. Multivariate Logistic regression analysis for the diabetic retinopathy
表 3. DR 的多因素 Logistic 回归分析

	Model 1		Model 2		Model 3	
	OR (95%CI)	P	OR (95%CI)	P	OR (95%CI)	P
TyG	2.565 (1.633, 4.030)	<0.001	2.709 (1.709, 4.294)	<0.001	3.087 (1.638, 5.818)	<0.001
Q1	Ref.		Ref.		Ref.	
Q2	1.925 (0.923, 4.014)	0.081	1.865 (0.868, 4.007)	0.110	2.228 (0.815, 6.088)	0.118
Q3	9.806 (3.812, 25.224)	<0.001	10.575 (3.993, 28.003)	<0.001	13.812 (3.926, 48.592)	<0.001
Q4	5.76 (2.496, 13.293)	<0.001	6.722 (2.79, 16.198)	<0.001	8.102 (2.436, 26.951)	0.001

Model 1: 未校正。Model 2: 校正性别、吸烟史、饮酒史、糖尿病家族史、高血压。Model 3: 在 Model 2 的基础上再校正年龄、病程、C 肽、HbA1C。

3.3. TyG 指数对 DR 的预测价值

对 TyG 指数在是否有 DR 病变上进行 ROC 曲线分析, 结果显示 TyG 指数能够预测病变($P < 0.001$), 曲线下面积(AUC)为 0.700, 截断值为 9.46, 敏感度为 64.40%, 特异度为 76.00%。见图 1。

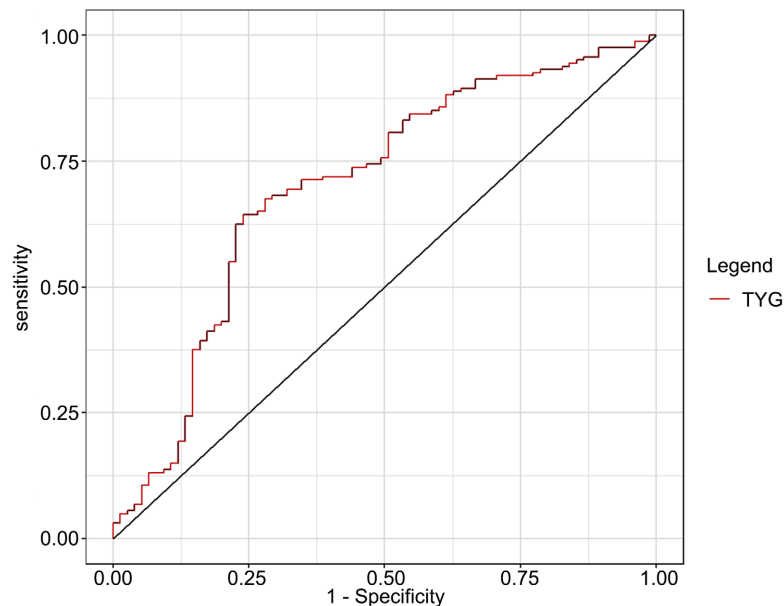


Figure 1. Receiver Operating Curve predicted by the TyG index in the diabetic retinopathy

图 1. TyG 指数在 DR 中预测的 ROC 曲线

4. 讨论

在中国,人们对糖尿病及其并发症的认识明显不足。糖尿病(DM)是一种慢性代谢性疾病,随着时间的推移,导致多器官功能障碍。血管并发症是2型糖尿病患者死亡和发病的主要原因[11],糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)是2型糖尿病患者的主要微血管并发症,DR作为一种常见的视网膜代谢性疾病,能导致视力不可逆丧失,伴随2型糖尿病患病率增长,DR已成为全球主要致盲原因之一[12][13][14]。DR一开始是沉默的,早期发现、预防和治疗对于降低其对生命和社会资源的影响至关重要[15]。近年来,2型糖尿病患者并发症的患病率呈现出年轻化的趋势[16],因此亟需明确DR危险因素,预测DR的发生风险,以便早期进行个体化干预,从而达到提高患者生活质量十分重要。

糖尿病患者血糖控制不良是视网膜病变的主要危险因素。长期高血糖可以导致视网膜微血管病变,进一步引发视网膜病变[17]。而高血脂可以加重视网膜微血管的损伤,从而加速视网膜病变的发展。有研究表明,早发型(18岁 < 年龄 < 40岁)T2DM更可能与DR相关,早发性和晚发性T2DM的潜在发病机制可能不同。建议在糖尿病早期进行HbA1c、SBP和TG等代谢危险因素的管理[18]。由于微血管并发症在糖尿病患者的发病率和死亡率中起着重要的作用,因此早期识别和预防糖尿病微血管并发症的研究工作至关重要。既往研究了許多生物标志物,但没有一个被证明是理想的,需要一种简单、可用的生物标志物来检测并发症。TyG指数是通过结合两种生化指标即血清甘油三酯和空腹血糖水平而得出,评估TyG指数的公式同时考虑了空腹血糖和甘油三酯水平,空腹血糖越高,TyG指数越高[7]。胰岛素抵抗(Insulin resistance, IR)是一种对胰岛素的敏感性和反应性降低的状态,被认为是T2DM的标志。IR在糖耐量受损和糖尿病(DM)的发展中起着关键作用[19]。评估胰岛素抵抗(HOMA-IR)指数的稳态模型是目前广泛使用的一种检测胰岛 β 细胞功能和IR的方法,但它在接受胰岛素治疗或没有功能 β 细胞的受试者中价值有限[20]。由于血清甘油三酯浓度升高在肝脏胰岛素抵抗中起着重要作用,基于血清甘油三酯和空腹血糖的指标在过去几年中得到了广泛关注,TyG指数被大量临床研究证明是评估高危人群IR的可靠、可及的指标,以往的研究提出TyG指数可以作为胰岛素抵抗的替代指标[21][22],并评价TyG指数与高血压[23]、动脉僵硬度[24]及心血管疾病[25]的关系。

近年来,TyG指数与糖尿病并发症相关研究已成为一个国内外研究热点,部分研究结果提示TyG指数在2型糖尿病患者中显著升高,与2型糖尿病的进展及并发症密切相关[26][27]。CHIU H等[28]研究了TyG指数与T2DM微、大血管病变的关系,但他们没有注意到在研究人群中TyG指数和DR之间的联系。本研究与KASSAB, H.S的研究结果一致[29],TyG指数是糖尿病微血管并发症的诊断指标,相反,在YAO L. [8]等人的另一项研究中,DR患者的TyG指数明显低于无DR的患者。此外,他们发现TyG指数随着DR严重程度的增加而下降。

在本探究中,对比2型糖尿病性视网膜病变患者与未发生糖尿病性视网膜病变的2型糖尿病患者的TyG指数,发现两组之间年龄、病程、空腹C肽、HbA1C、TyG指数差异均具有统计学意义($P < 0.05$),TyG指数与2型糖尿病患者发生DR的风险显著相关,TyG指数诊断DR的ROC曲线分析显示,截断值为9.46,AUC为0.700($P < 0.001$),具有可接受的敏感性和特异性。可以作为2型糖尿病患者发生DR的一个预测因子。在本研究当中,将TyG指数划分为四分位数Q1-Q4,其中Q1作为参照,三种模型校正了不同的混杂因素,结果显示在Model 1、Model 2和Model 3中均有随着TyG指数的水平越高,DR患病率越高的趋势且有显著差异($P < 0.05$)。

本研究也存在一些不足之处,本研究为横断面研究,不能体现TyG指数与2型糖尿病患者DR进展的因果关系,因此需要进一步的多中心前瞻性研究。

5. 结论

综上所述, TyG 指数与 2 型糖尿病性视网膜病变有关, 对 2 型糖尿病患者发生 DR 具有预测价值, TyG 指数越高, 发生 DR 的风险越大, 对于 2 型糖尿病患者, 定期检测和关注 TyG 指数的变化, 对于预防和控制其并发症的发生具有重要的意义, 临床上可以通过对 TyG 指数的早期筛查减少 2 型糖尿病患者发生 DR, 临床上可通过早期干预, 从而减少 DR 的发生发展, 以提高 2 型糖尿病患者的预后。

参考文献

- [1] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) (上) [J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668-695.
- [2] Teo, Z.L., Tham, Y.-C., Yu, M., *et al.* (2021) Global Prevalence of Diabetic Retinopathy and Projection of Burden through 2045: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ophthalmology*, **128**, 1580-1591. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.04.027>
- [3] Tan, T.-E. and Wong, T.Y. (2022) Diabetic Retinopathy: Looking Forward to 2030. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, **13**, Article ID: 1077669. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1077669>
- [4] Chen, Z.S., Hu, H.F., Chen, M.L., *et al.* (2020) Association of Triglyceride to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and Incident of Diabetes Mellitus: A Secondary Retrospective Analysis Based on a Chinese Cohort Study. *Lipids in Health and Disease*, **19**, Article No. 33. <https://doi.org/10.1186/s12944-020-01213-x>
- [5] Li, T.T. and Wu, Y. (2022) Correlation of Glucose and Lipid Metabolism Levels and Serum Uric Acid Levels with Diabetic Retinopathy in Type 2 Diabetic Mellitus Patients. *Emergency Medicine International*, **2022**, Article ID: 9201566. <https://doi.org/10.1155/2022/9201566>
- [6] Park, B., Lee, H.S. and Lee, Y.-J. (2021) Triglyceride Glucose (TyG) Index as a Predictor of Incident Type 2 Diabetes among Nonobese Adults: A 12-Year Longitudinal Study of the Korean Genome and Epidemiology Study Cohort. *Translational Research*, **228**, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2020.08.003>
- [7] Srinivasan, S., Singh, P., Kulothungan, V., *et al.* (2021) Relationship between Triglyceride Glucose Index, Retinopathy and Nephropathy in Type 2 Diabetes. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism*, **4**, e00151. <https://doi.org/10.1002/edm2.151>
- [8] Yao, L.T., Wang, X.Y., Zhong, Y.F., *et al.* (2021) The Triglyceride-Glucose Index Is Associated with Diabetic Retinopathy in Chinese Patients with Type 2 Diabetes: A Hospital-Based, Nested, Case-Control Study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **14**, 1547-1555. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S294408>
- [9] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315-409.
- [10] Wu, S.L., Xu, L.L., Wu, M.Y., *et al.* (2021) Association between Triglyceride-Glucose Index and Risk of Arterial Stiffness: A Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 146. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01342-2>
- [11] Yin, L., Zhang, D.L., Ren, Q., *et al.* (2020) Prevalence and Risk Factors of Diabetic Retinopathy in Diabetic Patients: A Community Based Cross-Sectional Study. *Medicine*, **99**, e19236. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019236>
- [12] Adki, K.M. and Kulkarni, Y.A. (2020) Potential Biomarkers in Diabetic Retinopathy. *Current Diabetes Reviews*, **16**, 971-983. <https://doi.org/10.2174/1573399816666200217092022>
- [13] Azad, R., Sinha, S. and Nishant, P. (2021) Asymmetric Diabetic Retinopathy. *Indian Journal of Ophthalmology*, **69**, 3026-3034. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1525_21
- [14] 郭燕青, 郭玲玲, 杨志清, 等. 山西医科大学第一医院医疗大数据中心, 基于大数据平台的糖尿病视网膜病变预测模型的建立及验证[J]. 中国初级卫生保健, 2020, 34(9): 60-63.
- [15] Wang, Q., Zeng, N., Tang, H.B., *et al.* (2022) Diabetic Retinopathy Risk Prediction in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus Using a Nomogram Model. *Frontiers in Endocrinology*, **13**, Article ID: 993423. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.993423>
- [16] Shi, R., Niu, Z.Y., Wu, B.R., *et al.* (2020) Nomogram for the Risk of Diabetic Nephropathy or Diabetic Retinopathy among Patients with Type 2 Diabetes Mellitus Based on Questionnaire and Biochemical Indicators: A Cross-Sectional Study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **13**, 1215-1229. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S244061>
- [17] Yang, J. and Liu, Z.S. (2022) Mechanistic Pathogenesis of Endothelial Dysfunction in Diabetic Nephropathy and Retinopathy. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, **13**, Article ID: 816400. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.816400>

- [18] Huang, J.-X., Liao, Y.-F. and Li, Y.-M. (2019) Clinical Features and Microvascular Complications Risk Factors of Early-Onset Type 2 Diabetes Mellitus. *Current Medical Science*, **39**, 754-758. <https://doi.org/10.1007/s11596-019-2102-7>
- [19] Tao, L.-C., Xu, J.-N., Wang, T.-T., Hua, F. and Li, J.-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>
- [20] Van Minh, H., Tien, H.A., Sinh, C.T., *et al.* (2021) Assessment of Preferred Methods to Measure Insulin Resistance in Asian Patients with Hypertension. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.)*, **23**, 529-537. <https://doi.org/10.1111/jch.14155>
- [21] Anoop, S., Jebasingh, F.K., Rebekah, G., *et al.* (2020) The Triglyceride/Glucose Ratio Is a Reliable Index of Fasting Insulin Resistance: Observations from Hyperinsulinaemic-Euglycaemic Clamp Studies in Young, Normoglycaemic Males from Southern India. *Diabetes & Metabolic Syndrome*, **14**, 1719-1723. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.08.017>
- [22] Ramdas Nayak, V.K., Satheesh, P., Shenoy, M.T., *et al.* (2022) Triglyceride Glucose (TyG) Index: A Surrogate Biomarker of Insulin Resistance. *The Journal of the Pakistan Medical Association*, **72**, 986-988. <https://doi.org/10.47391/JPMA.22-63>
- [23] Wang, Y., Yang, W. and Jiang, X. (2021) Association between Triglyceride-Glucose Index and Hypertension: A Meta-Analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **8**, Article ID: 644035. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.644035>
- [24] Li, M.H., Zhan, A.H., Huang, X., *et al.* (2020) Positive Association between Triglyceride Glucose Index and Arterial Stiffness in Hypertensive Patients: The China H-Type Hypertension Registry Study. *Cardiovascular Diabetology*, **19**, Article No. 139. <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01124-2>
- [25] Barzegar, N., Tohidi, M., Hasheminia, M., Azizi, F. and Hadaegh, F. (2020) The Impact of Triglyceride-Glucose Index on Incident Cardiovascular Events during 16 Years of Follow-Up: Tehran Lipid and Glucose Study. *Cardiovascular Diabetology*, **19**, Article No. 155. <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01121-5>
- [26] Pan, Y., Zhong, S., Zhou, K.X., *et al.* (2021) Association between Diabetes Complications and the Triglyceride-Glucose Index in Hospitalized Patients with Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes Research*, **2021**, Article ID: 8757996. <https://doi.org/10.1155/2021/8757996>
- [27] Pranata, R., *et al.* (2021) The Association between Triglyceride-Glucose Index and the Incidence of Type 2 Diabetes Mellitus—A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Cohort Studies. *Endocrine*, **74**, 254-262. <https://doi.org/10.1007/s12020-021-02780-4>
- [28] Chiu, H., Tsai, H.-J., Huang, J.-C., *et al.* (2020) Associations between Triglyceride-Glucose Index and Micro- and Macro-Angiopathies in Type 2 Diabetes Mellitus. *Nutrients*, **12**, Article No. 328. <https://doi.org/10.3390/nu12020328>
- [29] Kassab, H.S., Osman, N.A. and Elrahmany, S.M. (2023) Assessment of Triglyceride-Glucose Index and Ratio in Patients with Type 2 Diabetes and Their Relation to Microvascular Complications. *Endocrine Research*, **48**, 94-100. <https://doi.org/10.1080/07435800.2023.2245909>