

甘油三酯-葡萄糖指数对糖尿病视网膜病变的预测价值

王静, 张海芳, 李春慧

引用: 王静, 张海芳, 李春慧. 甘油三酯-葡萄糖指数对糖尿病视网膜病变的预测价值. 国际眼科杂志 2022;22(8):1385-1390

基金项目: 上海市卫生健康委员会卫生行业临床研究专项 (No. 20194Y0437)

作者单位: (214065) 中国江苏省无锡市, 华东疗养院眼科

作者简介: 王静, 毕业于上海交通大学, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 李春慧, 毕业于南京医科大学, 硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 眼底病. wangjing2034@126.com

收稿日期: 2021-12-27 修回日期: 2022-07-08

摘要

目的: 探讨采用甘油三酯-葡萄糖 (TyG) 指数识别 2 型糖尿病患者发生糖尿病视网膜病变 (DR) 的有效性。

方法: 横断面研究。对 2021 年来我院进行健康体检的上海地区 1061 例 2 型糖尿病患者, 所有受试者行问卷调查、体格检查、血液生化指标检测及眼底检查, 根据眼底照片分为 DR 组 (275 例) 和无 DR 组 (786 例)。采用单因素及多因素 Logistic 回归探讨 DR 形成的危险因素, 使用受试者操作特性 (ROC) 曲线来探索 TyG 指数在 DR 中的预测价值。

结果: TyG 指数升高是 2 型糖尿病患者发生 DR 的高危因素。在矫正各种混杂因素 (性别、年龄、吸烟史、糖尿病病程、糖化血红蛋白、收缩压、舒张压、体质量指数和血尿酸) 后, TyG 指数 Q4 组相对于 Q1 组患 DR 的 OR 值为 2.57 (95% CI 1.56~4.05), $P < 0.001$ 。ROC 曲线分析: TyG 指数的最佳临界值是 6.1762, 灵敏度为 66.92%, 特异度为 63.27%, AUC 为 0.6952, 95% CI 为 0.6575~0.7329。TyG 指数对于 DR 的预测价值要优于空腹血糖 (AUC = 0.6697)、糖化血红蛋白 (AUC = 0.6864) 和甘油三酯 (AUC = 0.6521)。

结论: TyG 指数与 DR 的发病风险显著相关, 可作为 2 型糖尿病患者发生 DR 的一个早期有效的预测因子。

关键词: TyG 指数; 2 型糖尿病; 糖尿病视网膜病变

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.8.29

Triglyceride and glucose index as a predictive factor for diabetic retinopathy in Type 2 diabetic patients

Jing Wang, Hai-Fang Zhang, Chun-Hui Li

Foundation item: the Clinical Special Program of Shanghai Municipal Health Commission (No.20194Y0437)

Department of Ophthalmology, Huadong Sanatorium, Wuxi 214065, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Chun-Hui Li. Department of Ophthalmology, Huadong Sanatorium, Wuxi 214065, Jiangsu Province, China. wangjing2034@126.com

Received: 2021-12-27 Accepted: 2022-07-08

Abstract

• AIM: To investigate the validity of triglyceride glucose (TyG) index to identify diabetic retinopathy (DR) in type 2 diabetic patients.

• METHODS: A cross-sectional study. A total of 1061 type 2 diabetic patients in Shanghai who underwent health checkup in our hospital in 2021, all the subjects underwent questionnaire survey, physical examination, blood biochemical index detection and fundus examination. According to the fundus photos, they were divided into DR group (275 cases) and no DR group (786 cases). Risk factors for DR were evaluated by univariate and multivariate Logistic regression analyses, receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyse the predicted values of TyG with DR.

• RESULT: Elevated TyG index was a high risk factor for development of DR in type 2 diabetic patients. After adjusting for multiple confounding factors (gender, age, smoking history, the course of diabetes, glycosylated hemoglobin, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, body mass index and serum uric), the OR value of the DR in the TyG index Q4 group relative to the Q1 group was 2.57 (95% CI: 1.56-4.05), $P < 0.001$. ROC curve analysis: the optimal cutoff value of TyG index was 6.1762, with a sensitivity of 66.92% and a specificity 63.27%, the AUC was 0.6952 and 95% CI was 0.6575-0.7329. TyG index had better predictive abilities than fasting blood glucose (AUC = 0.6697), glycosylated hemoglobin (AUC = 0.6864) and triglycerides (AUC = 0.6521).

• CONCLUSION: The TyG index correlates well with the onset risk of DR and potentially is a useful predictive factors, especially in the early stages of DR in patients with type 2 diabetes.

• KEYWORDS: TyG index; type 2 diabetics; diabetic retinopathy

Citation: Wang J, Zhang HF, Li CH. Triglyceride and glucose index as a predictive factor for diabetic retinopathy in Type 2 diabetic patients. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(8):1385-1390

0 引言

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,并且是劳动人群致盲的主要原因之一^[1],严重影响了患者的生活质量^[2]。近来相关研究表明,视网膜和全身脂代谢异常可能是DR发生及发展的一个重要的危险因素^[3-4],其中胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)是2型糖尿病的发病基础,也可导致血糖及血脂代谢紊乱,进而对人体的组织器官产生进一步的损伤^[5]。有研究发现,IR是导致DR的重要因素,也是判断DR严重程度的一项重要指标^[6-7]。测量IR的金标准是通过高胰岛素-正常葡萄糖钳夹技术,但由于其复杂的过程和高昂的成本,在临床中应用较少^[8]。甘油三酯-葡萄糖指数(triglyceride glucose, TyG)是甘油三酯与空腹血糖的乘积,是一种简单、经济、可重复性好、可靠的胰岛素抵抗指标^[9],与2型糖尿病的进展及并发症密切相关^[10-12]。一项横断面调查发现TyG指数的升高与DR发生有关^[13],另一项对国人住院人群的巢式病例对照研究表明TyG指数与DR的发生有关,与增殖性DR显著相关^[14]。以往研究的主要是住院人群,存在血糖控制不佳,病史较长的特点,其研究结果对一般的2型糖尿病人群缺乏普适性。本研究是首例针对体检人群2型糖尿病患者的DR及TyG指数的相关研究,并为后期的纵向队列研究提供基础和依据。

1 对象和方法

1.1 对象 随机抽取2021-03/11在华东疗养院健康体检的2型糖尿病患者1235例,入选标准:(1)均为2型糖尿病患者,符合《中国2型糖尿病防治指南(2020年版)》中的诊断标准^[15];(2)DR的诊断均符合《我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南(2014年)》中的诊断标准^[16];(3)自愿同意参加本研究。排除标准:眼底模糊不清;眼部手术史;资料不全者;重要精神或躯体疾病(脑梗塞、心肌梗塞、慢性肾脏疾病、恶性肿瘤、严重器官功能障碍、精神障碍等)>3a等病例。最后共纳入1061例2型糖尿病患者(图1)。由两位眼科医生依据眼底照片进行评估,判断是否有糖尿病特征性的微血管瘤、出血、硬性渗出、软性渗出、新生血管形成、玻璃体积血等症状。对免散瞳眼底摄影图像较差或怀疑DR者,则散瞳行周边视网膜检查及高分辨血流光相断层扫描仪检查,以明确诊断。分为无DR组及DR组,其中无DR组786例,DR组275例。本研究经华东疗养院医学伦理委员会审核通过,所有受试者均签署知情同意书。

1.2 方法 收集资料:每名受试者在入院后进行标准化评估,包括人体测量和临床指标:年龄、性别、身高、体质量、体质量指数(body mass index, BMI)、腰围、臀围、收缩压、舒张压、糖尿病病程。以调查问卷的方式来了解吸烟史、饮酒史、日常运动频率及饮食特点。吸烟被定义为既往有吸烟史或当前吸烟,饮酒被定义为既往有饮酒史或当前饮酒。运动频率分为经常(每周有氧运动天数 $\geq 3d$,时长 $\geq 45min$)、偶尔(每周有氧运动天数1~2d,时长 $\geq 30min$)、从不(每周有氧运动天数 $\leq 1d$,时长 $\leq 30min$);饮食特点分为荤素均衡、荤食为主、素食为主。眼底图像采集均应用眼底照相机(NW4000, Toyko, Topcon)。血流光相断层扫描采用仪器CIRRUS HD-OCT 5000(Carl Zeiss



图1 研究人群筛选流程。

Meditec AG, Jena, Germany)。实验室检查:采集所有研究对象清晨空腹静脉血4~5mL,分离血清后采用贝克曼AU5400自动生化分析仪检测空腹血糖、甘油三酯、血尿酸、肌酐、糖化血红蛋白。BMI是用体质量(公斤)除以身高(米)平方(kg/m²)计算;腰臀比为腰围(米)/臀围(米)。三次估计血压并记录平均值。入院第2d早晨禁食8~10h后采集静脉血标本,采用静脉血检测糖化血红蛋白、空腹血糖、尿酸、肌酐、甘油三酯。TyG指数采用Ln[空腹葡萄糖(mg/dL)×空腹甘油三酯(mg/dL)÷2]计算。

统计学分析:正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料以 $n(\%)$ 表示,两组间比较采用 χ^2 检验。单因素Logistic回归中,TyG指数按照四分位进行分类变量检验,四分位数1[Q1] ≤ 3.70 ,四分位数2[Q2]3.37~5.54,四分位数3[Q3]5.56~7.98,四分位数4[Q4] ≥ 7.99 。空腹血糖及糖化血红蛋白均按照临床上血糖标准进行分组。病程按照2型糖尿病四分位间距进行分组。采用多因素Logistic回归模型来评TyG水平和DR之间的相关性。模型1调整了性别和年龄,模型2调整年龄、性别、糖化血红蛋白,模型2中混杂因素的筛选标准为在基本模型中引入协变量和在完整模型中剔除协变量对于TyG的回归系数影响 $>10\%$ 。模型3除了模型2之外,增加的协变量为对DR的回归系数 P 值 <0.1 ,模型3调整年龄、性别、吸烟史、病程、糖化血红蛋白、收缩压、舒张压、BMI、血尿酸。应用受试者操作特性(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线分别评估空腹血糖、糖化血红蛋白、甘油三酯及TyG指数在DR中的预测价值,并计算最佳截断点,截止点由约登指数确定。所有的分析都使用统计软件包R(<http://www.r-project.org>; version 3.1.2 2014-10-31)。检验水准=0.05。

2 结果

2.1 一般情况 纳入的病例中,DR组有275例,无DR组有786例。两组年龄、性别、吸烟、病程、血压、BMI、甘油三酯、血糖、糖化血红蛋白、TyG指数等比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),DR组TyG指数为7.53(4.93, 11.93),高于无DR组,见表1。

2.2 DR的单因素Logistic回归分析 年龄、性别、吸烟、病程、收缩压、舒张压、BMI、甘油三酯、血糖、糖化血红蛋白、TyG指数均为DR的危险因素,见表2。

表1 糖尿病患者中 DR 组和无 DR 组一般情况对比

一般情况	无 DR 组	DR 组	$t/\chi^2/Z$	<i>P</i>
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	60.07±8.06	57.63±8.45	4.27	<0.001
性别(例,%)			13.69	<0.001
男	625(79.5)	246(89.5)		
女	161(20.5)	29(10.5)		
病程($\bar{x}\pm s$,a)	10.54±6.18	12.83±6.73	-5.16	<0.001
收缩压($\bar{x}\pm s$,mmHg)	131.00±16.87	136.07±17.34	-4.26	<0.001
舒张压($\bar{x}\pm s$,mmHg)	74.15±9.84	76.44±10.99	-3.22	0.001
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	25.22±2.92	26.06±3.08	-4.07	<0.001
腰臀比($\bar{x}\pm s$)	0.94±0.31	0.94±0.05	-0.30	0.761
甘油三酯[$M(P_{25},P_{75})$,mmol/L]	1.34(0.99,1.78)	1.70(1.18,2.61)	7.52	<0.001
血糖[$M(P_{25},P_{75})$,mmol/L]	7.43(6.46,8.62)	8.51(7.29,10.57)	8.39	<0.001
糖化血红蛋白[$M(P_{25},P_{75})$,%]	7.00(6.50,7.80)	7.90(7.00,9.20)	9.15	<0.001
尿酸($\bar{x}\pm s$, μ mol/L)	335.85±77.29	348.56±86.11	-2.28	0.023
肌酐($\bar{x}\pm s$, μ mol/L)	72.11±15.90	73.87±19.15	-1.49	0.136
TyG 指数[$M(P_{25},P_{75})$]	5.05(3.49,7.13)	7.53(4.93,11.93)	9.65	<0.001
吸烟(例,%)			5.85	0.016
否	421(53.6)	124(45.1)		
是	365(46.4)	151(54.9)		
饮酒(例,%)			1.49	0.222
否	388(49.4)	124(45.1)		
是	398(50.6)	151(54.9)		
锻炼(例,%)			94.98	<0.001
从不	19(2.4)	4(1.5)		
偶尔	702(89.3)	221(80.4)		
经常	65(8.3)	50(18.2)		
饮食习惯(例,%)			0.58	0.75
素食为主	81(10.3)	26(9.5)		
荤素搭配	670(85.2)	234(85.1)		
荤食为主	35(4.5)	15(5.5)		

2.3 DR 的多因素 Logistic 回归分析 模型 1:调整了性别和年龄,TyG 指数 Q3 组相对于 Q1 组患 DR 的 OR 值为 1.95(95%CI 1.21~3.07),*P*=0.006,TyG 指数 Q4 组相对于 Q1 组患 DR 的 OR 值为 4.53(95%CI 2.92~7.09),*P*<0.001。模型 2:调整年龄、性别、糖化血红蛋白,结果显示 TyG 指数 Q4 组相对于 Q1 组患 DR 的 OR 值为 2.52(95%CI 1.62~4.15),*P*<0.001。模型 3:调整年龄、性别、糖化血红蛋白、吸烟史、病程、收缩压、舒张压、BMI、尿酸,结果显示 TyG 指数 Q4 组相对于 Q1 组患 DR 的 OR 值为 2.57(95%CI 1.56~4.05),*P*<0.001。所有模型趋势性 *P* 值均<0.001,见表 3。

2.4 TyG 指数在 DR 中的预测价值 由于 TyG 指数是 DR 的危险因素,因此本研究将其作为 DR 的预测指标,并与血糖及 HbA1c 做对比。ROC 曲线显示血糖的最佳临界值是 8.38,灵敏度为 72.01%,特异度为 54.91%,曲线下面积(area under the curve,AUC)为 0.6697(95%CI 0.6315~0.7080);糖化血红蛋白的最佳临界值是 7.35,灵敏度为 62.96%,特异度为 67.04%,AUC 为 0.6864(95%CI 0.6484~0.7243);甘油三酯的最佳临界值是 1.905,灵敏度为 81.42%,特异度为 44%,AUC 为 0.6521(95%CI 0.6123~0.6918);TyG 指数的最佳临界值是 6.1762,灵敏

度为 66.92%,特异度为 63.27%,AUC 为 0.6952(95%CI 0.6575~0.7329)。综上所述,TyG 指数对于 DR 的预测价值要优于血糖、糖化血红蛋白及甘油三酯,见图 2。

3 讨论

本研究通过 3 个模型对于不同程度的混杂因素的校正,发现 TyG 指数与 DR 的发病风险显著相关,是 2 型糖

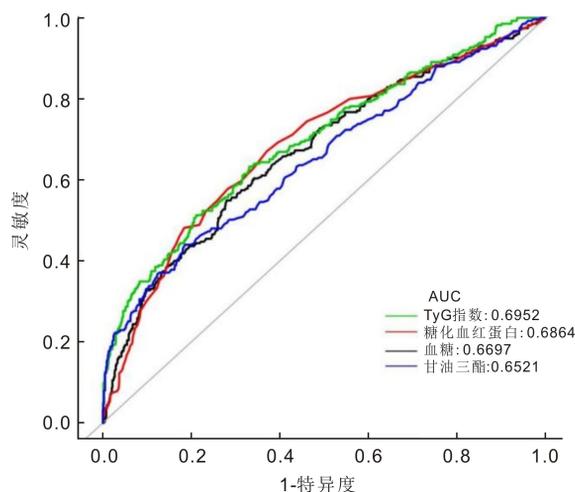


图2 TyG 指数、糖化血红蛋白、血糖及甘油三酯在 DR 中预测的 ROC 曲线。

表2 DR的单因素 Logistic 回归分析

因素	β	OR(95%CI)	P
年龄	-0.037	0.96(0.95~0.98)	<0.001
性别			
男	-	1.0	-
女	-0.50	0.62(0.50~0.77)	<0.001
病程(a)			
≤6	-	1.0	-
>6~11	0.37	1.45(0.97~2.17)	0.073
>11~15	0.69	1.99(1.31~3.01)	0.001
>15	0.94	2.57(1.74~3.79)	<0.001
吸烟			
否	-	1.0	-
是	0.34	1.41(1.07~1.85)	0.02
锻炼			
从不	-	1.0	-
偶尔	0.40	1.50(0.50~4.44)	0.47
经常	0.27	1.32(0.40~4.36)	0.65
收缩压	0.02	1.02(1.01~1.03)	<0.001
舒张压	0.02	1.02(1.01~1.04)	0.001
BMI	0.09	1.10(1.05~1.15)	<0.001
甘油三酯	0.69	1.99(1.69~2.33)	<0.001
糖化血红蛋白(%)			
≤7	-	1.0	-
>7~11	1.17	3.21(2.34~4.38)	<0.001
>11	2.03	7.65(3.78~15.47)	<0.001
血糖(mmol/L)			
≤7	-	1.0	-
>7~11	0.77	2.15(1.53~3.03)	<0.001
>11	1.97	7.16(4.47~11.45)	<0.001
TyG 指数			
Q1	-	1.0	-
Q2	0.34	1.40(0.88~2.24)	0.159
Q3	0.74	2.09(1.34~3.27)	0.001
Q4	1.66	5.28(3.46~8.06)	<0.001

表3 多因素 Logistic 回归模型

TyG	模型1 OR(95%CI)	P	模型2 OR(95%CI)	P	模型3 OR(95%CI)	P
Q1	1		1		1	
Q2	1.31(0.80~2.21)	0.240	1.24(0.82~2.01)	0.411	1.21(0.73~1.96)	0.535
Q3	1.95(1.21~3.07)	0.006	1.42(0.95~2.33)	0.159	1.33(0.82~2.15)	0.326
Q4	4.53(2.92~7.09)	<0.001	2.52(1.62~4.15)	<0.001	2.57(1.56~4.05)	<0.001
趋势性P值	<0.001		<0.001		<0.001	

注:模型1:调整年龄、性别;模型2:调整年龄、性别、糖化血红蛋白;模型3:调整年龄、性别、糖化血红蛋白、吸烟史、病程、收缩压、舒张压、BMI、血尿酸。

尿病患者患 DR 强有力的预测指标。通过 ROC 曲线发现 TyG 指数对于 DR 的早期预测价值要优于单独使用甘油三酯、空腹血糖或糖化血红蛋白。

高血糖一直被认为是 DR 的主要诱因,既往主要通过控制糖尿病患者的血糖及糖化血红蛋白来减少 DR 的发生及发展^[17-18]。但有研究表明即使血糖和糖化血红蛋白控制平稳的 2 型糖尿病,DR 仍会发生或进展。也有研究

表明早期 DR 是一种可逆的病理生理改变,早期发现和有效管理 DR 是保护糖尿病患者视力的关键^[19]。故需要寻找一个相对于血糖及糖化血红蛋白更灵敏的指标来预测早期 DR 的发生。

脂质代谢异常也被证实是 DR 发生发展的重要危险因素。Kowluru^[20]发现高血脂能够加速高血糖诱导的线粒体损伤,进而加速 DR 的发生发展。Xuan 等^[21]发现与没

有 DR 的患者相比,DR 患者的血清脂质显著升高,而且与 DR 的严重程度有关;新加坡的一项研究发现,内脏脂肪的增加与 DR 有关^[22];Liu 等^[23]对 13473 例 2 型糖尿病患者横断面研究发现,糖化血红蛋白及甘油三酯的升高均是早期 DR 的独立危险因素。

TyG 指数综合反映了血浆中空腹血糖和甘油三酯的变化,代表了糖和脂质的联合作用。既往研究表明 TyG 指数的升高可预测 2 型糖尿病的发展^[24]、糖尿病肾病的发生^[25]、冠状动脉狭窄的发生^[26]及冠心病患者的预后^[27]等。然而,国内外目前关于 TyG 指数和 DR 的相关性研究结论不一致。有研究提示 TyG 指数升高与 DR 的严重程度呈正相关^[28];庞敏等^[29]研究认为 TyG 指数升高是 DR 的危险因素,并可以预测 DR 的发展。与以上研究结果相一致,本研究结果显示:在矫正全部混杂因素后,TyG 指数 Q4 组患 DR 的几率是 Q1 组的 2.57 倍。然而台湾的一项研究表明,TyG 指数升高与微量白蛋白尿和脑血管疾病的风险显著相关,与 DR 无关^[30]。Pan 等^[31]发现 TyG 指数升高与 2 型糖尿病患者下肢血管狭窄和肾微血管损伤的高风险相关,与 DR 无关。研究结果的差异可能有以下原因:(1)以上研究没有考虑眼部作为糖尿病靶器官之一,眼部的手术史、外伤史及眼底病变等其它因素都会影响 DR 的发生发展,以上研究没有考虑眼部作为糖尿病靶器官之一,眼部的手术史、外伤史及眼底病变等其它因素都会影响 DR 的发生发展;(2)研究对象不同;(3)研究设计及统计方法不同。本研究还通过 ROC 曲线表明:TyG 指数预测 DR 的 AUC 为 0.6952,对于 DR 的预测价值高于单独使用血糖、糖化血红蛋白或甘油三酯,TyG 指数有望替代糖化血红蛋白成为预测 DR 发生的指标。

本研究的优势在于:(1)考虑到眼睛是外在独立的靶器官,排除对其影响的眼部混杂因素;(2)拟合多个模型,不同程度的调整混杂因素,确定 TyG 指数对 DR 的独立危险因素;(3)发现 TyG 指数对 DR 的预测价值高于甘油三酯、空腹血糖和糖化血红蛋白。本研究的不足之处:(1)研究的群体比较局限,大多数来自上海的健康体检人群,该人群学历高,男性比例较高,这一研究结果可能不适用于其它种族、其它地区人群;(2)由于本研究人群的健康干预意识更强,DR 患者中 85%是早期 DR,缺乏重度及增殖性 DR,没有进行分级研究,缺乏 TyG 指数与 DR 严重程度相关性的评估;(3)没有评估降糖药物及降脂药物对 TyG 指数的影响。

综上所述,TyG 指数与 DR 的发病风险显著相关,对 DR 的发生风险识别优于空腹血糖、糖化血红蛋白及甘油三酯,是一种简单、经济、可重复性好的生物学指标。对高 TyG 指数的糖尿病患者进行早期眼科筛查,并早期制定诊治计划,能够避免视功能的进一步损伤。未来我们会通过队列进一步研究 TyG 指数在 DR 发生发展中的动态变化,检验其在 DR 发展中的作用,为预防 DR 的进展提供临床价值,以提高 DR 患者的预后。

参考文献

1 Yau JW, Rogers SL, Kawasaki R, *et al.* Global prevalence and major risk factors of diabetic retinopathy. *Diabetes Care* 2012;35(3):556-564
2 Trento M, Passera P, Trevisan M, *et al.* Quality of life, impaired

vision and social role in people with diabetes: a multicenter observational study. *Acta Diabetol* 2013;50(6):873-877

3 Fort PE, Rajendiran TM, Soni T, *et al.* Diminished retinal complex lipid synthesis and impaired fatty acid β -oxidation associated with human diabetic retinopathy. *JCI Insight* 2021;6(19):e152109

4 Zhong YF, Yue S, Wu JY, *et al.* Association of the serum total cholesterol to triglyceride ratio with diabetic retinopathy in Chinese patients with type 2 diabetes: a community-based study. *Diabetes Ther* 2019;10(2):597-604

5 Laakso M. Is insulin resistance a feature of or a primary risk factor for cardiovascular disease? *Curr Diab Rep* 2015;15(12):105

6 李晓红, 马小莉, 王瑶, 2 型糖尿病视网膜病变与胰岛素抵抗关系的探讨. *中华临床医师杂志(电子版)* 2016;10(14):2201-2202

7 Li YY, Yang XF, Gu H, *et al.* The relationship between insulin resistance/ β -cell dysfunction and diabetic retinopathy in Chinese patients with type 2 diabetes mellitus: the Desheng Diabetic Eye Study. *Int J Ophthalmol* 2018;11(3):493-500

8 Borai A, Livingstone C, Ferns GA. The biochemical assessment of insulin resistance. *Ann Clin Biochem* 2007;44(pt 4):324-342

9 Sánchez-García A, Rodríguez-Gutiérrez R, Mancillas-Adame L, *et al.* Diagnostic accuracy of the triglyceride and glucose index for insulin resistance: a systematic review. *Int J Endocrinol* 2020;2020:4678526

10 Pranata R, Huang I, Irvan, *et al.* 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* 2021;74(2):254-262

11 Navarro-González D, Sánchez-Íñigo L, Pastrana-Delgado J, *et al.* Triglyceride-glucose index (TyG index) in comparison with fasting plasma glucose improved diabetes prediction in patients with normal fasting glucose: the Vascular-Metabolic CUN cohort. *Prev Med* 2016;86:99-105

12 Low S, Khoo KCJ, Irwan B, *et al.* The role of triglyceride glucose index in development of Type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 2018;143:43-49

13 Srinivasan S, Singh P, Kulothungan V, *et al.* Relationship between triglyceride glucose index, retinopathy and nephropathy in Type 2 diabetes. *Endocrinol Diabetes Metab* 2021;4(1):e00151

14 Yao L, Wang X, Zhong Y, *et al.* The triglyceride-glucose index is associated with diabetic retinopathy in Chinese patients with type 2 diabetes: a hospital-based, nested, case-control study. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2021;14:1547-1555

15 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). *中国实用内科杂志* 2021;41(8):668-695

16 中华医学会眼科学会眼底病学组. 我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南(2014 年). *中华眼科杂志* 2014;50(11):851-865

17 Diabetes Control and Complications Trial Research Group, Nathan DM, Genuth S, *et al.* The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 1993;329(14):977-986

18 Fullerton B, Jeitler K, Seitz M, *et al.* Intensive glucose control versus conventional glucose control for type 1 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;2014(2):CD009122

19 Stolar M. Glycemic control and complications in type 2 diabetes mellitus. *Am J Med* 2010;123(3):S3-S11

20 Kowluru RA. Diabetic retinopathy and NADPH oxidase-2: a sweet slippery road. *Antioxidants (Basel)* 2021;10(5):783

21 Xuan Q, Zheng F, Yu D, *et al.* Rapid lipidomic profiling based on ultra-high performance liquid chromatography-mass spectrometry and its

application in diabetic retinopathy. *Anal Bioanal Chem* 2020;412(15):3585-3594

22 Moh A, Neelam K, Zhang X, *et al.* Excess visceral adiposity is associated with diabetic retinopathy in a multiethnic Asian cohort with longstanding type 2 diabetes. *Endocr Res* 2018;43(3):186-194

23 Liu Y, Yang JR, Tao LY, *et al.* Risk factors of diabetic retinopathy and sight-threatening diabetic retinopathy: a cross-sectional study of 13 473 patients with type 2 diabetes mellitus in mainland China. *BMJ Open* 2017;7(9):e016280

24 Zhang M, Wang BY, Liu Y, *et al.* Cumulative increased risk of incident type 2 diabetes mellitus with increasing triglyceride glucose index in normal-weight people: the Rural Chinese Cohort Study. *Cardiovasc Diabetol* 2017;16(1):30

25 李隽, 张莹, 倪会芳, 等. 甘油三酯-葡萄糖指数与2型糖尿病肾病的相关性. *河南医学研究* 2021;30(2):216-219

26 Lee EY, Yang HK, Lee J, *et al.* Triglyceride glucose index, a marker of insulin resistance, is associated with coronary artery stenosis in

asymptomatic subjects with type 2 diabetes. *Lipids Health Dis* 2016;15(1):155

27 马凤莲, 靳景璐, 郭远林, 等. 甘油三酯血糖指数用于预测冠心病患者心血管预后的研究. *中国分子心脏病学杂志* 2020;20(6):3625-3630

28 Yasir M, Senthilkumar GP, Jayashree K, *et al.* Association of serum omentin-1, apelin and chemerin concentrations with the presence and severity of diabetic retinopathy in type 2 diabetes mellitus patients. *Arch Physiol Biochem* 2022;128(2):313-320

29 庞敏, 魏祎, 翁孝刚. 2型糖尿病视网膜病变危险因素分析. *新乡医学院学报* 2020;37(3):270-273

30 Chiu H, Tsai HJ, Huang JC, *et al.* Associations between triglyceride-glucose index and micro- and macro-angiopathies in type 2 diabetes mellitus. *Nutrients* 2020;12(2):328

31 Pan Y, Zhong S, Zhou KX, *et al.* Association between diabetes complications and the triglyceride-glucose index in hospitalized patients with type 2 diabetes. *J Diabetes Res* 2021;2021:8757996