

TyG 指数与 2 型糖尿病非增殖性 视网膜病变的相关性

焦聪¹, 侯超¹, 李蓉²

1. 西安医学院全科医学院, 陕西 西安 710068; 2. 西安医学院第一附属医院眼科, 陕西 西安 710077

摘要: **目的** 探讨三酰甘油葡萄糖乘积指数(TyG)与2型糖尿病(T2DM)非增殖性视网膜病变(NPDR)严重程度的相关性。**方法** 回顾性收集2018年1月至2022年6月西安医学院第一附属医院收治的235例T2DM患者的临床资料及实验室检查结果,根据眼底情况分为无糖尿病性视网膜病变(DR)组(NDR组,75例)、I期DR组(77例)、II期DR组(59例)、III期DR组(24例)。计算TyG指数并比较组间差异;分析影响NPDR的危险因素,以及TyG指数对NPDR的预测价值。**结果** NDR组与I、II、III期DR组的TyG指数差异有统计学意义($P < 0.05$)。Logistic回归分析显示,影响NPDR的危险因素为T2DM病程、收缩压、血肌酐(Scr)、三酰甘油(TG)、空腹血糖(FPG)。ROC曲线分析显示,TyG指数预测NPDR的曲线下面积显著大于TG[0.705(0.639~0.771) vs 0.656(0.585~0.726), $Z = 2.657$, $P = 0.008$]。**结论** TyG指数可综合反映NPDR的发生情况,在预测NPDR方面,TyG指数较TG更优,其可作为预测NPDR发生的生物学指标。

关键词: 2型糖尿病;糖尿病性视网膜病变,非增殖性;视网膜病变程度;三酰甘油葡萄糖乘积指数

中图分类号: R587.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2023)05-0656-05

Correlation between TyG index and non-proliferative retinopathy in type 2 diabetes mellitus

JIAO Cong*, HOU Chao, LI Rong

* Department of General Practice, Xi'an Medical University, Xi'an, Shaanxi 710068, China

Corresponding author: LI Rong, E-mail: rechelrong198222@163.com

Abstract: Objective To explore the associations of triglyceride-glucose (TyG) index with the degree of non-proliferative diabetic retinopathy (NPDR) in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). **Methods** The clinical data and laboratory results of 235 T2DM patients treated in the First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University from January 2018 to June 2022 were retrospectively analyzed. According to the fundus conditions, the patients were divided into without diabetic retinopathy (DR) group (NDR group, $n = 75$), stage I DR group ($n = 77$), stage II DR group ($n = 59$) and stage III DR group ($n = 24$). TyG indexes were calculated and compared among the groups to analyze the risk factors affecting NPDR and the predictive value of TyG index to NPDR. **Results** There were statistical differences in TyG index between DR groups and NDR group ($P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that course of T2DM, systolic blood pressure, serum creatinine (Scr), triglyceride (TG) and fasting plasma glucose (FPG) were the risk factors of NPDR. ROC curve showed that the AUC of TyG index for NPDR was significantly larger than that of TG [0.705 (0.639-0.771) vs 0.656 (0.585-0.726), $Z = 2.657$, $P = 0.008$]. **Conclusion** TyG index can comprehensively reflect the status of NPDR and is superior to TG in predicting it, which may be used as a biological index to predict the occurrence of NPDR.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus; Diabetic retinopathy, non-proliferative; Degree of retinopathy; Triglyceride-glucose index

Fund program: Shaanxi Provincial Science and Technology Plan Project (2021SF-157)

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.05.004

基金项目: 陕西省科技计划项目 (2021SF-157)

通信作者: 李蓉, E-mail: rechelrong198222@163.com

出版日期: 2023-05-20

糖尿病性视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)是糖尿病最常见的眼部神经血管并发症,疾病进展将导致视力下降甚至失明。据估计全球糖尿病患者中DR的患病率约为34.6%,其中对视力造成威胁的DR约占10.2%^[1]。糖尿病患者在60~69岁时DR的患病率达到高峰,并且随着糖尿病病程的延长而急剧增长^[2]。目前,评价DR的方法主要是散瞳后检眼镜检查,但散瞳药物的应用有过敏风险,会诱发眼压升高,以及限制被检查者近距离用眼。DR的病理机制十分复杂,已有研究证实多种细胞因子通过复杂的信号通路和交互作用参与其中,可通过控制DR的风险因素,以达到控制疾病进展、减轻患者视力残疾带来的家庭和社会负担的目的^[3-5]。

三酰甘油葡萄糖乘积指数(triglyceride-glucose index, TyG)最早由Simental-Mendia等针对胰岛素抵抗提出^[1]。有报道称TyG指数与2型糖尿病(T2DM)、冠心病、非酒精性脂肪肝等相关,而胰岛素抵抗则为这些代谢性疾病的共同发病基础^[6-7]。DR的发生与“糖毒性”、“脂毒性”及“胰岛素抵抗”相关,而三者均与TyG指数相关。但目前国内外关于TyG指数与DR相关性的文献报道较少。本文主要探讨TyG指数与糖尿病非增殖性视网膜病变(non-proliferative diabetic retinopathy, NPDR)的相关性,以期为早期预测DR的发生提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取2018年1月至2022年6月西安医学院第一附属医院内分泌科收治的235例T2DM患者,以患者入院为研究起点,以出院为研究终点。纳入标准:本研究均为T2DM患者,且符合1999年WHO糖尿病诊断标准^[8];NPDR采取1984年国际临床分级标准进行诊断、分期^[9]。排除标准:(1)合并糖尿病急性并发症,如糖尿病酮症、高血糖高渗综合征、低血糖等;(2)DR以外的慢性严重并发症;(3)合并严重肝肾功能不全、甲状腺功能异常;(4)存在应激状态,如严重感染、急性脑血管事件等;(5)患有自身免疫性疾病;(6)非糖尿病眼病,如青光眼、白内障等;(7)增殖性糖尿病视网膜病变。本研究已获得医院伦理委员会批准(No. XYYFY2022LSKY-039),并取得豁免知情同意。

1.2 资料收集 采集患者的一般临床资料。(1)一般情况:住院号、性别、年龄、身高、体重、血压、既往史等。(2)辅助检查:白蛋白(ALB)、球蛋白(GLOB)、

血尿酸(SUA)、尿素(BUN)、血肌酐(Scr)、三酰甘油(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C),空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、餐后2h血糖(2hPG)。(3)计算体质量指数(BMI)。(4)根据公式 $\ln[\text{TG}(\text{mg/dL}) \times \text{FPG}(\text{mg/dL})/2]$ ^[1]计算TyG指数。(5)眼底情况根据国际糖尿病视网膜膜分级标准(1984年版)分为I期DR组(77例)、II期DR组(59例)、III期DR组(24例)及NDR组(75例)。

1.3 统计学方法 采取SPSS 25.0软件分析数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,服从正态分布及方差齐性采取单因素方差分析,多重比较采用Dunnett-*t*检验;非正态分布计量资料以 $M(Q_L, Q_U)$ 表示,非正态分布、方差不齐采取Kruskal-Wallis检验,Nemenyi法进行多重比较;计数资料以例(%)描述,采取 χ^2 检验;采用logistic回归分析DR的危险因素;绘制受试者工作特征曲线(ROC)评估各指标对T2DM患者NPDR发生风险的预测效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 T2DM患者235例,其中男性140例,女性95例,年龄24~77(53.81 ± 10.97)岁,病程0~30(6.75 ± 5.66)年。四组间比较,年龄、T2DM病程、收缩压、ALB、GLOB、BUN、TG、TC、FPG、2hPG、TyG指数差异有统计学意义($P < 0.05$),各DR组上述指标水平部分或全部与NDR组差异有统计学意义($P < 0.05$)。T2DM病程、GLOB、FPG、TyG指数等有随DR期别升高而升高的趋势。见表1。

2.2 多因素logistic回归分析NPDR的影响因素 以T2DM患者是否合并NPDR(NDR=0, NPDR=1)为因变量,以各临床指标为自变量,行多因素logistic回归分析(其中男性、吸烟、饮酒赋值为1,女性、不吸烟、不饮酒赋值为0),结果显示较长的T2DM病程,高水平的收缩压、Scr、TG和FPG是T2DM发生NPDR的独立危险因素($P < 0.05$);较低水平的BMI是T2DM发生NPDR的保护因素($P < 0.05$)。见表2。

2.3 TyG指数预测NPDR的ROC曲线 以有无NPDR为因变量,TyG指数、FPG、TG为自变量,绘制ROC曲线。结果显示,TyG指数预测NPDR发生的ROC曲线下面积为0.705(95%CI: 0.639~0.771)大于TG。TyG指数为1.909时,其约登指数最大(0.364),其灵敏度为43.1%,特异度为93.3%。见表3、图1。

表1 四组 T2DM 患者临床资料比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab. 1 Comparison of clinical data among four groups ($\bar{x}\pm s$)

| 项目 | NDR 组 (n=75) | I 期 DR 组 (n=77) | II 期 DR 组 (n=59) | III 期 DR 组 (n=24) | $\chi^2/F/U$ 值 | P 值 |
|--|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|--------|
| 男/女(例) | 51/24 | 49/28 | 30/29 | 10/14 | 7.800 | 0.050 |
| 年龄(岁) | 51.52±10.66 | 53.32±11.35 | 54.88±10.53 | 59.88±9.69 ^a | 3.914 | 0.009 |
| T2DM 病程(年) | 4.80±4.04 | 7.74±5.87 ^a | 7.77±5.87 ^a | 9.54±5.63 ^a | 10.162 | <0.001 |
| 吸烟[例(%)] | 26(34.67) | 27(35.06) | 20(33.90) | 6(25.00) | 0.910 | 0.823 |
| 饮酒[例(%)] | 3(4.00) | 5(6.49) | 3(5.08) | 1(4.17) | 0.622 | 0.971 |
| BMI(kg/m ²) | 24.77±3.96 | 24.63±3.26 | 24.79±3.09 | 25.83±3.18 | 0.770 | 0.512 |
| 收缩压(mmHg) | 122.18±10.65 | 123.7±10.37 | 128.52±13.05 ^a | 127.88±11.83 ^a | 4.266 | 0.006 |
| 舒张压[mmHg, M(Q _L , Q _U)] | 75.00(70.00, 80.00) | 75.00(70.00, 80.00) | 78.00(72.00, 80.00) | 80.00(75.00, 80.00) | 5.602 | 0.133 |
| ALB(g/L) | 40.98±3.73 | 40.93±3.75 | 39.74±4.05 | 38.88±4.42 ^a | 2.822 | 0.040 |
| GLOB(g/L) | 25.76±3.74 | 28.07±4.95 ^a | 27.61±3.91 ^a | 28.65±4.36 ^a | 4.949 | 0.002 |
| SUA(μmol/L) | 291.69±82.46 | 299.43±70.59 | 301.36±76.31 | 332.71±99.16 | 1.641 | 0.181 |
| BUN(mmol/L) | 5.06±1.40 | 5.08±1.42 | 5.24±1.14 | 6.00±1.78 ^a | 3.126 | 0.027 |
| Ser(μmol/L) | 59.77±10.88 | 62.42±13.94 | 60.92±15.61 | 60.05±13.45 | 0.532 | 0.661 |
| TG(mmol/L) | 1.43±0.67 | 1.97±1.45 | 2.43±2.52 ^a | 2.21±0.99 ^a | 4.700 | 0.003 |
| TC(mmol/L) | 4.18±1.20 | 4.30±0.84 | 4.51±1.13 | 5.35±1.98 ^a | 6.365 | <0.001 |
| HDL-C[mmol/L, M(Q _L , Q _U)] | 1.09(0.94, 1.26) | 1.07(0.90, 1.26) | 1.09(0.93, 1.31) | 1.23(1.10, 1.49) | 7.850 | 0.049 |
| LDL-C(mmol/L) | 2.85±0.84 | 2.76±0.62 | 2.93±0.76 | 3.16±0.90 | 1.883 | 0.133 |
| HbA1c(%) | 9.14±2.36 | 9.65±2.21 | 9.69±2.16 | 10.16±2.28 | 1.544 | 0.204 |
| FPG(mmol/L) | 6.18±1.54 | 7.01±1.71 ^a | 7.09±2.70 ^a | 8.21±1.78 ^a | 7.170 | <0.001 |
| TyG 指数 | 1.36±0.38 | 1.72±0.64 ^a | 1.84±0.76 ^a | 2.08±0.44 ^a | 11.103 | <0.001 |
| 2hPG(mmol/L) | 14.87±4.66 | 16.22±4.28 | 17.90±4.62 ^a | 17.94±5.00 ^a | 5.858 | 0.001 |

注:与 NPR 组比较,^aP<0.05。

表2 NPDR 影响因素的多因素 logistic 回归分析

Tab. 2 Multivariate logistic regression analysis of influencing factors of NPDR

| 指标 | β | SE | Wald | P 值 | OR(95% CI) |
|------------|---------|-------|--------|--------|--------------------|
| 性别(男 vs 女) | -0.306 | 0.635 | 0.232 | 0.630 | 0.737(0.212~2.555) |
| 年龄 | 0.014 | 0.022 | 0.404 | 0.525 | 1.014(0.971~1.059) |
| T2DM 病程 | 0.168 | 0.051 | 11.050 | 0.001 | 1.183(1.071~1.307) |
| 吸烟史 | 0.020 | 0.490 | 0.002 | 0.967 | 1.021(0.390~2.669) |
| 饮酒史 | -0.181 | 0.998 | 0.033 | 0.856 | 0.834(0.118~5.904) |
| BMI | -0.166 | 0.070 | 5.615 | 0.018 | 0.847(0.739~0.972) |
| 收缩压 | 0.049 | 0.023 | 4.418 | 0.036 | 1.051(1.003~1.100) |
| 舒张压 | -0.031 | 0.034 | 0.824 | 0.364 | 0.970(0.907~1.036) |
| ALB | -0.079 | 0.061 | 1.678 | 0.195 | 0.924(0.819~1.042) |
| GLOB | 0.093 | 0.057 | 2.701 | 0.100 | 1.098(0.982~1.227) |
| SUA | 0.005 | 0.003 | 3.371 | 0.066 | 1.005(1.000~1.011) |
| BUN | -0.168 | 0.154 | 1.192 | 0.275 | 0.845(0.625~1.143) |
| Ser | 0.046 | 0.020 | 5.199 | 0.023 | 1.047(1.006~1.088) |
| TG | 1.087 | 0.289 | 14.194 | <0.001 | 2.967(1.685~5.224) |
| TC | 0.553 | 0.418 | 1.752 | 0.186 | 1.739(0.766~3.944) |
| HDL-C | -0.082 | 0.392 | 0.043 | 0.835 | 0.922(0.427~1.987) |
| LDL-C | -0.807 | 0.560 | 2.074 | 0.150 | 0.446(0.149~1.338) |
| HbA1c | 0.099 | 0.121 | 0.671 | 0.413 | 1.105(0.871~1.401) |
| FPG | 0.460 | 0.144 | 10.241 | 0.001 | 1.584(1.195~2.098) |
| 2 hPG | -0.013 | 0.057 | 0.056 | 0.813 | 0.987(0.883~1.103) |

表3 TyG 指数、FPG、TG 对 NPDR 的预测价值

Tab. 3 Predictive value of TyG Index, FPG and TG to NPDR

| 指标 | 最佳截断值 | AUC(95% CI) | Z 值 | P 值 |
|--------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| TyG 指数 | 1.909 | 0.705(0.639~0.771) | — | — |
| FPG | 6.085 mmol/L | 0.667(0.593~0.740) | 0.938 ^a | 0.348 ^a |
| TG | 1.885 mmol/L | 0.656(0.585~0.726) | 2.657 ^a | 0.008 ^a |

注:^a表示与 TyG 指标的曲线下面积比较的 Z 检验结果。

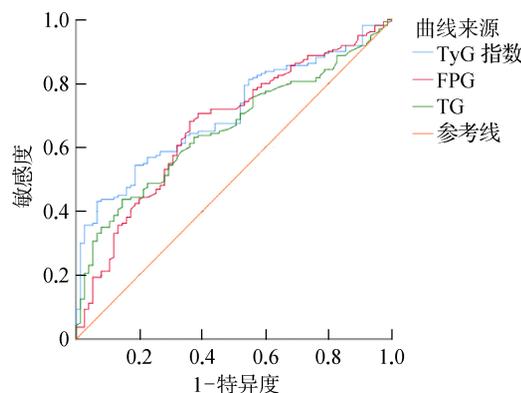


图1 TyG 指数、FPG、TG 预测 NPDR 的 ROC 曲线

Fig. 1 Prediction of ROC curve of NPDR by TyG index, FPG, TG

3 讨论

有报道称糖尿病发生 DR 主要与收缩压相关,并且收缩压每下降 10 mmHg,糖尿病相关微血管并发症下降 13%,本研究结果与其相一致^[10]。但有学者认为舒张压的升高也会影响 DR^[11]。故指导糖尿病患者进行血压管理具有重要的意义。魏欣欣等^[12]研究发现,Scr 为 DR 发生的危险因素,并且 Scr 每升高 1 μmol/L,患 DR 风险会增加 0.37 倍,本研究结果与其相一致。Wang 等^[13]研究认为,糖尿病肾病与 DR 之间并不完全平行,而 Scr 作为 DR 的危险因素有待进一步商榷。有研究证实,BMI 与血压、血脂及血糖控制不佳密切相关,提示 BMI 可能为 DR 发生的危险因素^[14]。而 Peng 等^[15]的研究发现 BMI 与 DR 的发生无关。此外,有学者认为在 T2DM 患者中,较高的 BMI 对造成视力损害的 DR 具有保护作用,本研究结果与其一致^[16]。上述关于 BMI 研究存在较大差异,考虑可能与 BMI 易受多种因素影响相关,期待后续研究。

血糖是公认的 DR 危险因素,众多 Meta 分析已证实,强化血糖控制能延缓糖尿病相关并发症的发生、发展,且血糖每下降 1 mmol/L,DR 患病率将降低 20%^[17]。本研究显示,与 NDR 组相比,各期 DR 组的 FPG 显著升高;logistic 回归分析证实 FPG 为 DR 发生的独立危险因素。脂代谢异常会通过多种复杂通路交互作用,进而诱导视网膜新生血管的形成,导致 DR^[18]。但近年来有研究认为 TG 等传统血脂异常指标与 DR 之间并无相关性^[19]。而 Zhang 等^[20]研究发现,TG 水平较低的中国人更易患 DR。本研究显示,与 NDR 组相比,Ⅱ期 DR 组、Ⅲ期 DR 组的 TG 显著升高;logistic 回归分析证实 TG 为 DR 发生的危险因素;提示血脂的紊乱会导致 DR 的发生。综上所述,虽然国内外关于血脂与 DR 的相关性并未定论,但目前仍建议将糖尿病患者的血脂控制在合理范围之内,以预防微血管并发症的发生。

当前研究显示,TyG 指数与胰岛素抵抗相关,并且在评价胰岛素抵抗方面 TyG 指数相比于高胰岛素-正葡萄糖钳夹实验有着更好的表现^[21]。此外研究表明,TyG 指数可预测 T2DM 的发展、非酒精性脂肪肝的发生,促进动脉粥样斑块的形成与发展,及作为代谢综合症的筛查指标^[22-25]。目前关于 TyG 指数与 DR 的相关性结论尚不一致。王静等^[26]研究认为,TyG 指数与 DR 的发病风险相关,对 DR 的风险识别方面优于 FPG、TG、HbA1c。本研究结果与其一

致。而另一项研究表明,TyG 指数与下肢血管狭窄程度及肾脏微血管损伤相关,而与 DR 无相关性^[27]。研究结果的差异可能与研究对象的选取不同,研究设计及统计方法不同,以及没有考虑其他相关因素对 TyG 指数的影响有关。本研究 ROC 曲线分析显示,TyG 指数曲线下面积显著大于 TG,在提示 T2DM 发生 NPDR 方面,TyG 指数较 TG 更优。

综上所述,TyG 指数与 T2DM 患者发生 NPDR 密切相关,并且 TyG 指数对是否发生 NPDR 具有良好的预测价值。然而,本研究属于单中心研究,存在一定的选择性偏倚;本研究纳入的样本量较小,且为回顾性研究,在治疗过程中无统一标准,可能对结果产生影响。因此,尚需要开展大规模、多中心临床研究,以进一步明确 TyG 指数与 DR 发生发展的关系。

利益冲突 无

参考文献

- [1] Flaxel CJ, Adelman RA, Bailey ST, et al. Diabetic retinopathy Preferred Practice Pattern[®] [J]. *Ophthalmology*, 2020, 127(1): 66-145.
- [2] Song PG, Yu JY, Chan KY, et al. Prevalence, risk factors and burden of diabetic retinopathy in China: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Glob Health*, 2018, 8(1): 010803.
- [3] 赵思郁,左韬,赵磊.中西医结合治疗非增殖期糖尿病视网膜病变的荟萃分析[J].*中国临床研究*,2022,35(7):905-911. Zhao SY, Zuo T, Zhao L. Meta-analysis of integrated Chinese and Western medicine in treatment of non-proliferative diabetic retinopathy[J]. *Chin J Clin Res*, 2022, 35(7): 905-911.
- [4] Fickweiler W, Park K, Wolfson E, et al. 327-OR: association of retinol binding protein 3 with retinal neural structure and clinical parameters in diabetic retinopathy[J]. *Diabetes*, 2020, 69: 69(Supplement 1):327.
- [5] 罗向霞,康莉,王晗,等.血清 CysC、β2-MG 与糖尿病视网膜病变的相关性研究[J].*中国中医眼科杂志*,2020,30(1):26-29. Luo XX, Kang L, Wang H, et al. Correlation study between serum CysC, β2-MG and diabetic retinopathy[J]. *China J Chin Ophthalmol*, 2020, 30(1): 26-29.
- [6] 傅佳蓉,朱雨宸,虞洁,等.多囊卵巢综合征患者甘油三酯葡萄糖乘积指数与非酒精性脂肪性肝病患病风险的关系[J].*中国医药导报*,2021,18(28):98-102. Fu JR, Zhu YC, Yu J, et al. Association of triglyceride-glucose index with risk of non-alcoholic fatty liver disease in patients with polycystic ovary syndrome[J]. *China Med Her*, 2021, 18(28): 98-102.
- [7] Ceriello A, Motz E. Is oxidative stress the pathogenic mechanism underlying insulin resistance, diabetes, and cardiovascular disease? The common soil hypothesis revisited[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2004, 24(5): 816-823.
- [8] Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of

- diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation [J]. *Diabet Med*, 1998, 15(7): 539-553.
- [9] 周宪梁, 杨涛. 内科学[M]. 3版. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 733-756, 220-227.
- Zhou XL, Yang T. *Internal medicine*[M]. 3rd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014: 733-756, 220-227.
- [10] Keel S, Itsiopoulos C, Koklanis K, et al. Prevalence and risk factors for diabetic retinopathy in a hospital-based population of Australian children and adolescents with type 1 diabetes[J]. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 2016, 29(10): 1135-1142.
- [11] Forga L, Goñi MJ, Ibáñez B, et al. Influence of age at diagnosis and time-dependent risk factors on the development of diabetic retinopathy in patients with type 1 diabetes[J]. *J Diabetes Res*, 2016, 2016: 9898309.
- [12] 魏欣欣, 吕茜. 尿酸及血肌酐水平与糖尿病性视网膜病变的关系分析[J]. *河北医药*, 2016, 38(18): 2820-2822.
- Wei XX, Lyu Q. Relationship between serum uric acid and creatinine levels and diabetic retinopathy[J]. *Hebei Med J*, 2016, 38(18): 2820-2822.
- [13] Wang W, Lo ACY. Diabetic retinopathy: pathophysiology and treatments[J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(6): 1816.
- [14] Chawla S, Trehan S, Chawla A, et al. Relationship between diabetic retinopathy microalbuminuria and other modifiable risk factors[J]. *Prim Care Diabetes*, 2021, 15(3): 567-570.
- [15] Peng Y, Guo XX, Liu JN, et al. Incidence and risk factors for diabetic retinopathy in the communities of Shenzhen[J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(1): 615-624.
- [16] Li WT, Gong X, Wang W, et al. Association of different kinds of obesity with diabetic retinopathy in patients with type 2 diabetes[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(5): e056332.
- [17] Zoungas S, Arima H, Gerstein HC, et al. Effects of intensive glucose control on microvascular outcomes in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of individual participant data from randomised controlled trials[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2017, 5(6): 431-437.
- [18] Whitehead M, Wickremasinghe S, Osborne A, et al. Diabetic retinopathy: a complex pathophysiology requiring novel therapeutic strategies[J]. *Expert Opin Biol Ther*, 2018, 18(12): 1257-1270.
- [19] Benarous R, Sasongko MB, Qureshi S, et al. Differential association of serum lipids with diabetic retinopathy and diabetic macular edema [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(10): 7464-7469.
- [20] Zhang GH, Chen HY, Chen WQ, et al. Prevalence and risk factors for diabetic retinopathy in China: a multi-hospital-based cross-sectional study[J]. *Br J Ophthalmol*, 2017, 101(12): 1591.
- [21] Vasques ACJ, Novaes FS, da Saúde de Oliveira M, et al. TyG index performs better than HOMA in a Brazilian population: a hyperglycemic clamp validated study[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2011, 93(3): e98-e100.
- [22] 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[J]. *Prev Med*, 2016, 86: 99-105.
- [23] 魏文志, 王力, 温晓华, 等. TyG指数与体检人群非酒精性脂肪性肝病相关性分析[J]. *中华保健医学杂志*, 2019, 21(3): 212-215.
- Wei WZ, Wang L, Wen XH, et al. Correlation relationship between triglyceride-glucose index and nonalcoholic fatty liver disease in health checkup population [J]. *Chin J Health Care Med*, 2019, 21(3): 212-215.
- [24] 司月乔, 范文俊, 高秀鑫, 等. TyG指数与稳定性冠心病及冠状动脉钙化斑块负荷的相关性[J]. *天津医药*, 2020, 48(9): 875-880.
- Si YQ, Fan WJ, Gao XX, et al. The correlation between TyG index and stable coronary artery disease and coronary artery calcified plaque burden [J]. *Tianjin Med J*, 2020, 48(9): 875-880.
- [25] 陈海静, 孙海燕, 刘红丹. 三酰甘油葡萄糖乘积指数与三酰甘油高密度脂蛋白胆固醇比值评价代谢综合征的价值[J]. *海南医学*, 2019, 30(4): 416-419.
- Chen HJ, Sun HY, Liu HD. Value of triglyceride-glucose product index and Triglyceride-to-high density lipoprotein cholesterol ratio in the evaluation of metabolic syndrome [J]. *Hainan Med J*, 2019, 30(4): 416-419.
- [26] 王静, 张海芳, 李春慧. 三酰甘油-葡萄糖指数对糖尿病视网膜病变的预测价值[J]. *国际眼科杂志*, 2022, 22(8): 1385-1390.
- Wang J, Zhang HF, Li CH. Triglyceride and glucose index as a predictive factor for diabetic retinopathy in Type 2 diabetic patients [J]. *Int Eye Sci*, 2022, 22(8): 1385-1390.
- [27] 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]. *J Diabetes Res*, 2021, 2021: 8757996.

收稿日期: 2022-09-05 修回日期: 2022-12-18 编辑: 石嘉莹