

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2025.10.011

论著 · 临床

老年 2 型糖尿病合并脑小血管病患者甘油三酯—葡萄糖指数变化及其临床意义

赵蕾, 宣琪, 杨伟, 任怡, 孙丽娜



基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81600927)

作者单位: 100053 北京, 首都医科大学宣武医院内分泌科(赵蕾、孙丽娜), 营养科(宣琪), 老年医学科(杨伟), 神经内科(任怡)

通信作者: 赵蕾, E-mail: zhoalei1881@126.com

【摘要】目的 探讨老年 2 型糖尿病(T2DM)合并脑小血管病(CSVD)患者甘油三酯—葡萄糖(TYG)指数变化及其临床意义。方法 选取 2021 年 1 月—2023 年 10 月首都医科大学宣武医院收治的老年 T2DM 患者 317 例为研究对象,根据是否并发 CSVD 将老年 T2DM 患者分为 CSVD 组($n=149$)和非 CSVD 组($n=168$),根据不同病情程度将并发 CSVD 的老年 T2DM 患者分为轻度亚组($n=72$)、中度亚组($n=50$)、重度亚组($n=27$)。Spearman 秩相关分析 TYG 指数与病情严重程度及相关指标的相关性;多因素 Logistic 回归分析老年 T2DM 患者并发 CSVD 的影响因素;受试者工作特征(ROC)曲线评估 TYG 指数对老年 T2DM 患者并发 CSVD 的预测价值。结果 CSVD 组 TYG 指数高于非 CSVD 组($t/P=16.531/<0.001$);不同病情程度老年 T2DM 并发 CSVD 患者 TYG 指数比较,重度亚组>中度亚组>轻度亚组($F/P=22.610/<0.001$);Spearman 秩相关分析显示, TYG 指数与 CSVD 病情严重程度、Fazekas 评分、脑微出血(CMBs)分级、腔隙性梗死(LI)数量、基底节区血管周围间隙(PVS)分级呈显著正相关($r/P=0.723/<0.001$ 、 $0.685/<0.001$ 、 $0.652/<0.001$ 、 $0.701/<0.001$ 、 $0.668/<0.001$);多因素 Logistic 回归结果显示, T2DM 病程长、FPG 高、HbA_{1c} 高、SCr 高、UA 高、BUN 高、Cys-C 高、UACR 高、TYG 指数高为老年 T2DM 患者并发 CSVD 的独立危险因素[$OR(95\%CI)=1.526(1.298\sim1.795)$ 、 $1.265(1.118\sim1.433)$ 、 $1.366(1.187\sim1.569)$ 、 $1.035(1.019\sim1.051)$ 、 $1.018(1.010\sim1.027)$ 、 $1.412(1.191\sim1.669)$ 、 $2.776(2.013\sim3.817)$ 、 $1.028(1.017\sim1.039)$ 、 $1.722(1.375\sim2.156)$], eGFR 高为保护因素[$OR(95\%CI)=0.969(0.958\sim0.980)$];ROC 曲线显示, TYG 指数预测老年 T2DM 患者并发 CSVD 的曲线下面积(AUC)为 0.838, 敏感度为 0.685, 特异度为 0.929, 最大约登指数为 0.614, 最佳阈值为 8.245, 95%CI 为 0.790~0.886。结论 TYG 指数与老年 T2DM 患者 CSVD 的发生及病情严重程度密切相关,可作为潜在预测指标;长期血糖、血脂及肾功能异常是 CSVD 的重要危险因素。

【关键词】 2 型糖尿病;脑小血管病;甘油三酯—葡萄糖指数;老年人

【中图分类号】 R587.1;R743.3

【文献标识码】 A

The changes of triglyceride-glucose index in elderly patients with Type 2 diabetes mellitus complicated with cerebral small vessel disease and its clinical significance Zhao Lei*, Xuan Qi, Yang Wei, Ren Yi, Sun Lina. * Department of Endocrinology, Xuanwu Hospital Capital Medical University, Beijing 100053, China

Funding program: National Natural Science Foundation of China (81600927)

Corresponding author: Zhao Lei, E-mail: zhoalei1881@126.com

【Abstract】 Objective To explore the changes of triglyceride-glucose (TyG) index and its clinical significance in elderly patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) complicated with cerebral small vessel disease (CSVD). Methods A total of 317 elderly T2DM patients admitted to Xuanwu Hospital Capital Medical University from January 2021 to October 2023 were enrolled. Patients were divided into CSVD group ($n=149$) and non-CSVD group ($n=168$) based on CSVD comorbidity. The CSVD group was further stratified into mild ($n=72$), moderate ($n=50$), and severe ($n=27$) subgroups according to disease severity. Spearman's correlation analysis was used to analyze the relationship between TyG index and disease severity. Multivariate logistic regression analysis was conducted to identify influencing factors for CSVD in elderly T2DM patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was performed to evaluate the predictive value of TyG index for CSVD in elderly T2DM patients. Results The TyG index in the CSVD group was significantly higher than that in

the non-CSVD group ($t/P=16.531/<0.001$). Among CSVD patients, the TyG index showed a severity-dependent increase: severe subgroup > moderate subgroup > mild subgroup ($F/P=22.610/<0.001$). Spearman's correlation analysis revealed significant positive correlations between TyG index and CSVD severity, Fazekas score, cerebral microbleeds grade, number of lacunar infarcts, and basal ganglia perivascular space grade ($r/P=0.723/<0.001$, $0.685/<0.001$, $0.652/<0.001$, $0.701/<0.001$, $0.668/<0.001$). Multivariate logistic regression identified long T2DM duration, high FPG, high HbA_{1c}, high SCr, high UA, high BUN, high Cys-C, high UACR, and high TyG index as independent risk factors for CSVD [$OR(95\% CI)=1.526 (1.298-1.795)$, $1.265 (1.118-1.433)$, $1.366 (1.187-1.569)$, $1.035 (1.019-1.051)$, $1.108 (1.010-1.027)$, $1.412 (1.191-1.669)$, $2.776 (2.013-3.817)$, $1.028 (1.017-1.039)$, $1.722 (1.375-2.156)$], while high eGFR was a protective factor [$OR(95\% CI)=0.969 (0.958-0.980)$]. ROC curve analysis showed that the AUC of TyG index for predicting CSVD was 0.838, with sensitivity of 0.685, specificity of 0.929, maximum Youden index of 0.614, optimal cutoff value of 8.245, and 95% CI of 0.790-0.886. **Conclusion**

The TyG index is closely associated with the occurrence and severity of CSVD in elderly T2DM patients and may serve as a potential predictive indicator. Long-term abnormalities in glucose, lipid, and renal function are important risk factors for CSVD.

【Key words】 Type 2 diabetes mellitus; Cerebral small vessel disease; Triglyceride-glucose index; Elderly

2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 作为一种常见的代谢性疾病,已成为全球性的公共卫生难题^[1]。根据国际糖尿病联盟 (IDF) 发布的数据显示^[2-3],2021 年全球 T2DM 患者人数已超过 4.63 亿,预计到 2045 年将上升至 7 亿,老年患者的比例也逐渐上升。老年 T2DM 患者常伴随多种并发症,其中脑小血管病 (cerebral small vessel disease, CSVD) 是影响其生活质量和预后的重要因素。CSVD 是一类主要累及脑内微小血管的病变,其不仅增加了老年患者认知功能障碍的风险,还与脑卒中、心血管事件的发生密切相关^[4-6]。CSVD 早期起病隐匿、症状复杂,因此寻找潜在可靠的早期预测指标阻止疾病的进展尤为重要。甘油三酯—葡萄糖 (triglyceride-glucose, TYG) 指数作为一种新兴的代谢综合征指标,早期主要用于识别胰岛素抵抗,近年来有研究发现 TYG 与 T2DM、心血管疾病等发生风险有关^[7-9]。本研究旨在分析 T2DM 合并 CSVD 患者 TYG 指数变化及其临床意义,为早期识别和干预此疾病提供理论依据,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2021 年 1 月—2023 年 10 月首都医科大学宣武医院收治的老年 T2DM 患者 317 例作为研究对象,根据是否并发 CSVD 将老年 T2DM 患者分为 CSVD 组 ($n=149$) 和非 CSVD 组 ($n=168$)。与非 CSVD 组比较,CSVD 组 T2DM 病程较长, FPG、HbA_{1c}、SCr、UA、BUN、Cys-C、尿白蛋白/肌酐比值 (UACR) 水平较高, eGFR 较低 ($P<0.01$); 2 组其他临床资料比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 1。本研究已经获得医院伦理委员会批准 (2020070), 患者或家属知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: ①T2DM 符合 2020

表 1 非 CSVD 组与 CSVD 组老年 T2DM 患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data of elderly patients with T2DM in the non-CSVD group and the CSVD group

项 目	非 CSVD 组 ($n=168$)	CSVD 组 ($n=149$)	χ^2/t 值	P 值
性别[例(%)]			1.363	0.243
男	111(66.07)	89(59.73)		
女	57(33.93)	60(40.27)		
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	73.11 $\pm$ 2.15	73.15 $\pm$ 2.08	0.168	0.867
BMI($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)	25.43 $\pm$ 3.11	24.82 $\pm$ 3.05	1.759	0.080
T2DM 病程($\bar{x}\pm s$, 年)	7.57 $\pm$ 1.11	8.72 $\pm$ 1.51	7.182	<0.001
吸烟史[例(%)]	48(28.57)	33(22.15)	1.713	0.191
饮酒史[例(%)]	11(6.55)	16(10.74)	1.780	0.182
冠心病史[例(%)]	8(4.76)	4(2.68)	0.936	0.333
高血压病史[例(%)]	75(44.64)	60(40.27)	0.618	0.432
收缩压($\bar{x}\pm s$, mmHg)	137.01 $\pm$ 14.12	138.41 $\pm$ 15.06	0.854	0.394
舒张压($\bar{x}\pm s$, mmHg)	81.51 $\pm$ 11.21	79.21 $\pm$ 12.08	1.758	0.080
FPG($\bar{x}\pm s$, mmol/L)	9.93 $\pm$ 3.71	11.94 $\pm$ 3.68	4.833	<0.001
HbA _{1c} ($\bar{x}\pm s$, %)	9.25 $\pm$ 2.15	10.14 $\pm$ 1.02	4.613	<0.001
TC($\bar{x}\pm s$, mmol/L)	5.09 $\pm$ 1.15	5.24 $\pm$ 1.13	1.169	0.244
TG($\bar{x}\pm s$, mmol/L)	1.96 $\pm$ 1.26	2.05 $\pm$ 1.31	0.623	0.534
HDL-C($\bar{x}\pm s$, mmol/L)	1.12 $\pm$ 0.15	1.09 $\pm$ 0.21	1.475	0.141
LDL-C($\bar{x}\pm s$, mmol/L)	3.39 $\pm$ 0.31	3.45 $\pm$ 0.29	1.773	0.077
SCr($\bar{x}\pm s$, μ mol/L)	121.42 $\pm$ 12.11	149.17 $\pm$ 15.39	17.936	<0.001
UA($\bar{x}\pm s$, μ mol/L)	235.34 $\pm$ 10.11	273.15 $\pm$ 12.25	30.089	<0.001
BUN($\bar{x}\pm s$, mmol/L)	5.68 $\pm$ 0.28	6.01 $\pm$ 0.36	9.161	<0.001
Cys-C($\bar{x}\pm s$, mg/L)	0.65 $\pm$ 0.11	0.87 $\pm$ 0.12	17.028	<0.001
UACR($\bar{x}\pm s$, mg/g)	30.50 $\pm$ 5.21	45.67 $\pm$ 8.34	19.648	<0.001
eGFR($\bar{x}\pm s$, ml · min ⁻¹ · 1.73m ⁻²)	85.20 $\pm$ 12.31	75.30 $\pm$ 10.62	7.619	<0.001

注: BMI. 体质指数; FPG. 空腹血糖; HbA_{1c}. 糖化血红蛋白; TC. 总胆固醇; TG. 甘油三酯; HDL-C. 高密度脂蛋白胆固醇; LDL-C. 低密度脂蛋白胆固醇; SCr. 血肌酐; UA. 血尿酸; BUN. 血尿素氮; Cys-C. 胱抑素-C; UACR. 尿白蛋白/肌酐比; eGFR. 估算肾小球滤过率。

版《中国老年 2 型糖尿病防治临床指南》^[10] 中的诊断标准; ②CSVD 符合 2021 版《中国脑小血管病诊治专

家共识》^[11]中的诊断标准;③年龄 ≥ 65 岁;④临床资料完整。(2)排除标准:①同时存在严重心脏、肾脏、肝脏疾病;②近6个月内使用过影响血糖或脂质代谢的药物;③有神经系统疾病史;④影像学检查结果显示脑出血、脑梗死、脑栓塞等急性或亚急性脑血管事件;⑤有严重精神心理障碍、药物滥用、酗酒史。

1.3 观测指标与方法

1.3.1 临床资料收集:收集患者一般人口学特征(性别、年龄、BMI、T2DM 病程、吸烟史、饮酒史、冠心病史、高血压病史、收缩压、舒张压)、实验室指标(FPG、HbA_{1c}、SCr、UA、TC、TG、HDL-C、LDL-C、Cys-C、UACR、eGFR、BUN)等。

1.3.2 TYG 指数计算: $TYG = \ln [FPG (mg/dl) \times TG (mg/dl) / 2]^{[12]} = \ln [FPG (mmol/L) \times TG (mmol/L) \times 800.48, TG 1 mmol/L = 88.5 mg/dl, FPG 1 mmol/L = 18 mg/dl]$ 。

1.3.3 病情评估及分组:依据 CSVD 病情严重程度将并发 CSVD 的老年 T2DM 患者分为轻度亚组(72 例)、中度亚组(50 例)、重度亚组(27 例)。轻度亚组:Fazekas 评分 ≤ 3 分,脑微出血(CMBs)分级 0~1 级,腔隙性梗死(LI)数量 ≤ 2 个,基底节区血管周围间隙(PVS)分级 ≤ 1 级,且无临床症状或仅有轻微认知功能障碍(MoCA 评分 ≥ 26 分);中度亚组:Fazekas 评分 4~6 分,CMBs 2 级,LI 数量 3~5 个,基底节区 PVS 2 级,伴轻至中度认知功能障碍(MoCA 评分 21~25 分)或轻微运动/感觉异常(如单纯性轻偏瘫);重度亚组:Fazekas 评分 ≥ 7 分,CMBs ≥ 3 级,LI 数量 ≥ 6 个,基底节区 PVS ≥ 3 级,合并中至重度认知功能障碍(MoCA 评分 ≤ 20 分)、步态异常(如磁性步态)或血管性痴呆(符合 DSM-5 血管性痴呆诊断标准)^[13]。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析。计数资料以频数或构成比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用 F 检验;Spearman 秩相关分析 TYG 指数与病情严重程度及相关指标的相关性;多因素 Logistic 回归分析老年 T2DM 患者并发 CSVD 的影响因素;受试者工作特征(ROC)曲线评估 TYG 指数对老年 T2DM 患者并发 CSVD 的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组 TYG 指数比较 CSVD 组 TYG 指数(9.13 ± 1.08)高于非 CSVD 组(7.64 ± 0.42),差异有统计学意义($t/P = 16.531 / < 0.001$)。

2.2 不同病情程度老年 T2DM 并发 CSVD 患者 TYG

指数比较 轻度亚组 TYG 指数为(8.21 ± 0.95),中度亚组 TYG 指数为(8.96 ± 1.02),重度亚组 TYG 指数为(9.85 ± 1.13)。重度亚组 TYG 指数显著高于轻度亚组($t/P = 6.832 / < 0.001$)和中度亚组($t/P = 4.216 / < 0.001$),中度亚组 TYG 指数亦高于轻度亚组($t/P = 3.215 / 0.001$)。3 亚组 TYG 指数比较,重度亚组 $>$ 中度亚组 $>$ 轻度亚组($F/P = 22.610 / < 0.001$)。

2.3 TYG 指数与 CSVD 病情严重程度及相关指标的相关性 Spearman 秩相关分析显示, TYG 指数与 CSVD 病情严重程度、Fazekas 评分、CMBs 分级、LI 数量、基底节区 PVS 分级呈显著正相关($r/P = 0.723 / < 0.001$ 、 $0.685 / < 0.001$ 、 $0.652 / < 0.001$ 、 $0.701 / < 0.001$ 、 $0.668 / < 0.001$)。

2.4 多因素 Logistic 回归分析老年 T2DM 患者并发 CSVD 的影响因素 以老年 T2DM 患者是否并发 CSVD 为因变量(赋值:是为“1”;否为“0”),将上述 $P < 0.05$ 项目作为自变量进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示:T2DM 病程长、FPG 高、HbA_{1c}高、SCr 高、UA 高、BUN 高、Cys-C 高、UACR 高、TYG 指数高为老年 T2DM 患者并发 CSVD 的独立危险因素,eGFR 高为保护因素($P < 0.01$),见表 2。

表 2 老年 T2DM 患者并发 CSVD 的多因素 Logistic 回归分析
Tab.2 Multivariate Logistic regression analysis of elderly patients with T2DM complicated with CSVD

自变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
T2DM 病程长	0.423	0.089	22.213	<0.001	1.526	1.298~1.795
FPG 高	0.235	0.062	14.478	<0.001	1.265	1.118~1.433
HbA _{1c} 高	0.312	0.078	16.321	<0.001	1.366	1.187~1.569
SCr 高	0.034	0.008	17.689	<0.001	1.035	1.019~1.051
UA 高	0.018	0.004	20.256	<0.001	1.018	1.010~1.027
BUN 高	0.345	0.092	14.023	<0.001	1.412	1.191~1.669
Cys-C 高	1.021	0.156	42.689	<0.001	2.776	2.013~3.817
UACR 高	0.028	0.006	22.897	<0.001	1.028	1.017~1.039
eGFR 高	-0.032	0.006	-27.778	<0.001	0.969	0.958~0.980
TYG 高	0.543	0.112	23.687	<0.001	1.722	1.375~2.156

2.5 TYG 指数对老年 T2DM 患者并发 CSVD 的预测价值 ROC 曲线显示, TYG 指数预测老年 T2DM 患者并发 CSVD 的 AUC 为 0.838,敏感度为 0.685,特异度为 0.929,约登指数为 0.614,最佳截断值为 8.245,95% CI 为 0.790~0.886, $P < 0.001$,见图 1。

3 讨论

本研究发现, TYG 为老年 T2DM 患者并发 CSVD 的影响因素,此项结果说明 TYG 反映胰岛素抵抗和脂质代谢紊乱的状态,其升高与老年 T2DM 患者并发 CSVD

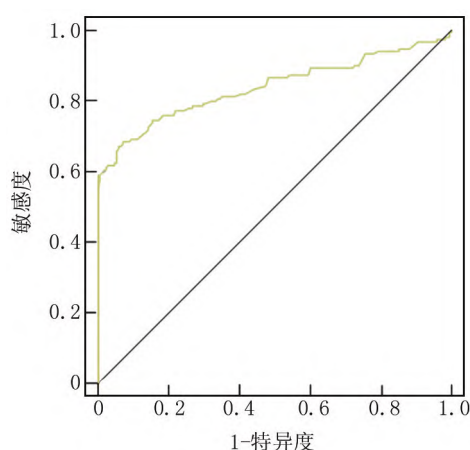


图1 TYG 指数预测老年 T2DM 患者并发 CSVD 的 ROC 曲线
Fig.1 ROC curve of TYG index in predicting CSVD in elderly patients with T2DM

的风险密切相关。Teng 等^[14]纳入 308 例老年 T2DM 患者,发现 TYG 指数升高与 CSVD 严重程度独立相关 ($OR=1.472, 95\%CI\ 1.003\sim2.160, P=0.048$),与本研究报道结果一致。TYG 指数反映胰岛素抵抗状态,而胰岛素抵抗可导致一氧化氮生成减少、氧化应激增强,破坏血脑屏障,促进炎症因子释放,加速小血管壁增厚和透明变性^[15];另外还可通过脂代谢紊乱影响 CSVD,甘油三酯、血糖水平升高会直接损伤血管内皮,促进脂质沉积和动脉粥样硬化,进而导致脑小动脉狭窄或闭塞^[16]。还可能通过血流动力学异常过程对 CSVD 产生影响,胰岛素抵抗常伴随高血压和动脉僵硬增加,进一步加重脑小血管的机械性损伤,例如,高血压可导致小动脉玻璃样变,而研究报道 TYG 指数升高与收缩压、脉压增大显著相关^[17]。也可能与炎症反应及氧化应激状态有关, TYG 指数升高与 C 反应蛋白(CRP)、同型半胱氨酸等炎症标志物水平升高相关,这些因素通过激活 NF- κ B 通路加剧小血管炎症反应,进而促进 CSVD 进展^[18]。ROC 曲线显示, TYG 指数预测老年 T2DM 患者并发 CSVD 的 AUC 为 0.838, 敏感度为 0.685, 特异度为 0.929, 提示 TYG 指数预测老年 T2DM 患者并发 CSVD 的效能较高。

本研究还发现,糖尿病病程的 OR 为 1.526, 表明病程越长,患者并发 CSVD 的风险显著增加,长期高血糖状态可导致血管内皮损伤、氧化应激和炎症反应,进而加速小血管病变。一项 Meta 分析显示^[19], 糖尿病病程每增加 10 年,心血管疾病风险升高 1.38 倍,且与 CSVD 相关的脑白质病变进展密切相关。FPG 和 HbA_{1c}也显示出显著的正相关性,提示血糖控制不良

可能加剧胰岛素抵抗及微血管损伤。尿酸的 OR 为 1.018, 尿酸在体内以抗氧化物质形式发挥作用,但过量时可导致炎症反应加剧,其次尿酸与胰岛素抵抗相关,常见于糖尿病患者,可能促进血管内皮功能障碍,此外,高尿酸血症还可能影响血管平滑肌,增加小血管病变风险^[20]。Tang 等^[21]对 14 项研究进行系统综述,发现高尿酸血症与 CSVD 显著相关 ($OR=1.42, 95\%CI=1.15\sim1.75$),血尿酸每升高 1 mg/dl, CSVD 风险增加 1%。因此,尿酸水平升高可能是 CSVD 的重要影响因素。肌酐 OR 值为 1.162, 显示出其可能作为肾功能衰退的指标,提示肾脏损害与 CSVD 之间存在密切关系,进一步强化糖尿病患者在微血管病变和肾病方面的相互影响^[22]。Xiao 等^[23]也表示,对 57 030 例参与者的 Meta 分析显示,低 eGFR ($<60\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot1.73\text{ m}^{-2}$) 与脑微出血 ($OR=1.55$)、脑白质高信号 ($OR=1.40$) 及腔隙性梗死 ($OR=1.50$) 显著相关。且 UACR ($OR=1.348$)、eGFR ($OR=0.926$) 均为老年 T2DM 患者并发 CSVD 的影响因素,其机制可能与糖尿病微血管病变的全身性特征及代谢—血流动力学异常密切相关。UACR 升高反映肾小球滤过屏障损伤及内皮功能障碍,提示全身微血管通透性增加和血管内皮炎症反应激活,这种病理状态可通过血脑屏障破坏、氧化应激增强及血管周围炎症反应扩散直接累及脑小血管,进而促进 CSVD 的血管壁纤维化和管腔狭窄^[24]。而 eGFR 降低标志肾功能减退,可能与慢性肾脏病相关的尿毒症毒素蓄积、钙磷代谢紊乱及贫血相关缺氧有关,这些因素可加剧血管内皮损伤、促进血管钙化并降低脑血流自动调节能力,从而诱发脑白质高信号和腔隙性梗死^[25]。因此, UACR 和 eGFR 的异常从不同维度揭示了糖尿病微血管病变的全身性损害本质,二者通过共享的代谢—炎症反应机制和血流动力学改变共同推动 CSVD 的发生发展。

4 结 论

综上所述, TYG 在预测老年 T2DM 患者脑小血管病方面具有良好的临床价值,其高效的预测能力可为早期识别和干预相关风险提供重要依据。但是本研究存在不足,样本量相对较小,可能影响结果的普遍适用性;此外,研究设计为横断面,未能探讨 TYG 与 CSVD 之间的因果关系。此外 TYG 指数中血清甘油三酯和空腹静脉血浆血糖都是变动较大的指标,受到多种因素的影响,如检测时间、药物治疗、饮食结构等,这些因素可能导致在不同时间点测量时, TYG 指数的波动性增加,从而影响其作为长期预测指标的可靠性,因此,在未来的研究中,建议在更大样本量的基础上,采用纵

向研究设计,以更全面地评估 TYG 指数与脑小血管病之间的关系,并控制可能影响结果的混杂因素。同时,考虑到个体差异和生活方式对 TYG 指数波动的影响,未来的研究也应探索如何提高 TYG 指数的稳定性和预测能力。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

赵蕾:设计研究方案,实施研究过程,分析试验数据,论文撰写;宣琪:实施研究过程,资料搜集整理;杨伟:论文修改,进行统计学分析;任怡:资料搜集整理,论文修改;孙丽娜:分析试验数据,论文审核

参考文献

- [1] Sanz-Cánovas J, López-Sampalo A, Cobos-Palacios L, et al. Management of type 2 diabetes mellitus in elderly patients with frailty and/or sarcopenia [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19 (14): 8677. DOI: 10.3390/ijerph19148677.
- [2] Al-Mohaithef M, Abdelmohsen SA, Algamel M, et al. Screening for identification of patients at high risk for diabetes-related foot ulcers: A cross-sectional study [J]. *J Int Med Res*, 2022, 50 (3): 3000605221087815. DOI: 10.1177/03000605221087815.
- [3] Patel B, Priefer R. Infections associated with diabetic-care devices [J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2021, 15 (2): 519-524. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.02.023.
- [4] Ji X, Tian L, Niu S, et al. Trimethylamine N-oxide promotes demyelination in spontaneous hypertension rats through enhancing pyroptosis of oligodendrocytes [J]. *Front Aging Neurosci*, 2022, 14: 963876. DOI: 10.3389/fnagi.2022.963876.
- [5] Zhang L, Gao F, Zhang Y, et al. Analysis of risk factors for the development of cognitive dysfunction in patients with cerebral small vessel disease and the construction of a predictive model [J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 944205. DOI: 10.3389/fneur.2022.944205.
- [6] Nishinaka T, Yamazaki Y, Niwa A, et al. Alterations of lymphocyte count and platelet volume precede cerebrovascular lesions in stroke-prone spontaneously hypertensive rats [J]. *Biomarkers*, 2020, 25 (3): 305-313. DOI: 10.1080/1354750X.2020.1750703.
- [7] Zhang Y, Wang R, Fu X, et al. Non-insulin-based insulin resistance indexes in predicting severity for coronary artery disease [J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2022, 14 (1): 191. DOI: 10.1186/s13098-022-00967-x.
- [8] Simental-Mendía LE, Gamboa-Gómez CI, Aradillas-García C, et al. The triglyceride and glucose index is a useful biomarker to recognize glucose disorders in apparently healthy children and adolescents [J]. *Eur J Pediatr*, 2020, 179 (6): 953-958. DOI: 10.1007/s00431-020-03570-2.
- [9] Ye Z, Xie E, Gao Y, et al. The triglyceride glucose index is associated with future cardiovascular disease nonlinearly in middle-aged and elderly Chinese adults [J]. *BMC Endocr Disord*, 2022, 22 (1): 242. DOI: 10.1186/s12902-022-01157-6.
- [10] 《中国老年 2 型糖尿病防治临床指南》编写组. 中国老年 2 型糖尿病防治临床指南 (2022 年版) [J]. *中国糖尿病杂志*, 2022, 30 (1): 2-51. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2022.01.002.
- [11] 中国研究型医院学会脑小血管病专业委员会《中国脑小血管病诊治专家共识》编写组. 中国脑小血管病诊治专家共识 2021 [J]. *中国卒中杂志*, 2021, 16 (7): 716-726. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2021.07.013.
- [12] Vasques AC, Novaes FS, De Oliveira Mda S, 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): 98-100. DOI: 10.1016/j.diabres.2011.05.030.
- [13] 李杰, 贾林, 高凤霄, 等. 脑小血管病 MRI 总负荷与老年高血压群体认知功能障碍的相关性分析 [J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2025, 51 (1): 15-19. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2025.01.003.
- [14] Teng Z, Feng J, Dong Y, et al. Triglyceride glucose index is associated with cerebral small vessel disease burden and cognitive impairment in elderly patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13: 970122. DOI: 10.3389/fendo.2022.970122.
- [15] Santoleri D, Titchenell PM. Resolving the paradox of hepatic insulin resistance [J]. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol*, 2019, 7 (2): 447-456. DOI: 10.1016/j.jcmgh.2018.10.016.
- [16] Gómez-Zorita S, Milton-Laskibar I, Macarulla MT, et al. Pterostilbene modifies triglyceride metabolism in hepatic steatosis induced by high-fat high-fructose feeding: A comparison with its analog resveratrol [J]. *Food Funct*, 2021, 12 (7): 3266-3279. DOI: 10.1039/d0fo03320k.
- [17] Sun X, Liu B. Donepezil ameliorates oxygen-glucose deprivation/reoxygenation-induced brain microvascular endothelial cell dysfunction via the SIRT1/FOXO3a/NF-κB pathways [J]. *Bioengineered*, 2022, 13 (3): 7760-7770. DOI: 10.1080/21655979.2022.2045833.
- [18] 王鸿, 易芳, 谷文萍. 血清炎症标志物与出血性脑小血管病的相关性 [J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2025, 52 (1): 77-85. DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2025.01.013.
- [19] Fox CS, Sullivan L, D'Agostino RB Sr, et al. The significant effect of diabetes duration on coronary heart disease mortality: The Framingham Heart Study [J]. *Diabetes Care*, 2004, 27 (3): 704-708. DOI: 10.2337/diacare.27.3.704.
- [20] 邱悦, 徐阳, 薛婧, 等. 脑小血管病与代谢: 危险因素、治疗靶点和未来方向 [J]. *中国卒中杂志*, 2024, 19 (12): 1392-1399. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2024.12.005.
- [21] Tang X, Song ZH, Cardoso MA, et al. The relationship between uric acid and brain health from observational studies [J]. *Metab Brain Dis*, 2022, 37 (6): 1989-2003. DOI: 10.1007/s11011-022-01016-2.
- [22] Feng P, Wang G, Yu Q, et al. First-trimester blood urea nitrogen and risk of gestational diabetes mellitus [J]. *J Cell Mol Med*, 2020, 24 (4): 2416-2422. DOI: 10.1111/jcmm.14924.
- [23] Xiao CY, Ma YH, Ou YN, et al. Association between kidney function and the burden of cerebral small vessel disease: An updated meta-analysis and systematic review [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2023, 52 (4): 376-386. DOI: 10.1159/000527069.
- [24] 唐铭悦, 郭颖华. 糖尿病肾脏疾病与脑小血管病相关性的研究 [J]. *中国糖尿病杂志*, 2024, 32 (5): 357-360. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2024.05.008.
- [25] 郭晓敏, 雷向宇, 刘宗伟, 等. 脑小血管病患者基于血液 eGFR 和 NLR 构建发生认知功能障碍的列线图预测模型及评价 [J]. *现代检验医学杂志*, 2024, 39 (5): 85-91. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7414.2024.05.016.

(收稿日期: 2025-03-03)