

• 论 著 •

糖耐量减低人群 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与颈动脉粥样硬化关系*

林 成¹, 唐志家², 沈 茜¹

1. 安徽中医药大学附属铜陵中医医院检验科, 安徽铜陵 244000; 2. 铜陵职业技术学院, 安徽铜陵 244000

摘 要:目的 探讨糖耐量减低(IGT)人群三酰甘油/高密度脂蛋白(TG/HDL-C)、三酰甘油葡萄糖乘积指数(TyG)及其衍生指标水平与颈动脉粥样硬化(CAS)的关系。方法 回顾性分析安徽中医药大学附属铜陵中医医院 2021 年 3 月至 2023 年 3 月收治的 102 例糖耐量减低人群的临床资料, 根据是否发生颈动脉内膜增厚分为 CAS 组与非 CAS 组, 采用单因素、多因素 Logistic 回归分析 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标是否是 CAS 生成的影响因素并绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 采用 Spearman 相关法分析 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与颈动脉内膜中层厚度(IMT)的相关性。结果 CAS 患者 57 例, 非 CAS 患者 45 例, 发生率为 55.88%; 两组患者年龄、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、TG、体重指数(BMI)、TG/HDL-C、腰臀比(WHR)、IMT 水平比较, 差异有统计学意义($P<0.05$); CAS 组 TyG 及衍生指标均高于非 CAS 组, 差异有统计学意义($P<0.05$); TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与 IMT 呈正相关(均 $P<0.05$); 年龄、TG/HDL-C、WHR、TyG 及衍生指标是影响 IGT 患者发生 CAS 的因素($P<0.05$); TG/HDL-C、TyG 截断值分别为 1.04、9.10, 联合预测 IGT 患者发生 CAS 的曲线下面积(AUC)为 0.920(95%CI: 0.865~0.974), 优于单独预测的 0.831(95%CI: 0.749~0.913)、0.737(95%CI: 0.641~0.833)。结论 糖耐量减低人群 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与 IMT 具有相关性, 其对 CAS 有一定预测价值, 年龄、TG/HDL-C、TyG 及衍生指标、WHR 是 IGT 患者发生 CAS 的影响因素。

关键词:三酰甘油/高密度脂蛋白; 三酰甘油葡萄糖乘积指数; 糖耐量减低; 颈动脉粥样硬化

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2024.22.005

中图分类号:R541.4

文章编号:1673-4130(2024)22-2710-06

文献标志码:A

Correlation of TG/HDL-C, TyG and derivatives with carotid atherosclerosis in patients with impaired glucose tolerance*

LIN Cheng¹, TANG Zhijia², SHEN Qian¹

1. Department of Clinical Laboratory, Tongling Hospital of Traditional Chinese Medicine, Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Tongling, Anhui 244000, China;

2. Tongling Vocational and Technical College, Tongling, Anhui 244000, China

Abstract: **Objective** To investigate the correlation of triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C), triglyceride-glucose index (TyG) and derivatives with carotid atherosclerosis (CAS) in patients with impaired glucose tolerance (IGT). **Methods** Clinical data of totally 102 IGT patients admitted to Tongling Hospital of Traditional Chinese Medicine from March 2021 to March 2023 were retrospectively analyzed. Patients were classified into CAS group and non-CAS group according to the presence or absence of CAS. Univariate and multivariate Logistic regression models were utilized to testify whether TG/HDL-C, TyG and derivatives were responsible for CAS in IGT patients, and receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted, then Spearman correlation coefficient was calculated to verify the correlation of TG/HDL-C, TyG and their derivatives with carotid intima-media thickness (IMT). **Results** There were 57 patients with CAS and 45 patients without CAS, with an incidence of 55.88%. There were statistically significant differences in age, high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglycerides (TG), body mass index (BMI), TG/HDL-C, waist hip ratio (WHR), IMT between the two groups ($P<0.05$). The TyG and derivatives in the CAS group were higher than those in the non-CAS group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). TG/HDL-C, TyG and derivatives were positively correlated with IMT (both $P<0.05$). Age, TG/HDL-C, WHR, TyG and derivatives were the factors influencing the occurrence of CAS in IGT patients ($P<0.05$). The cut-off values of TG/HDL-C TyG were 1.04 and 9.10, the area under the curve (AUC) of the combined

* 基金项目: 安徽省级教学研究项目(2022jyxm1671)。

作者简介: 林成, 男, 主管技师, 主要从事生化、免疫学检验方面的研究。

prediction for the CAS in IGT patients was 0.920 (95%CI:0.865—0.974), which was larger than that of single prediction [0.831(95%CI:0.749—0.913), 0.737(95%CI:0.641—0.833)]. **Conclusion** TG/HDL-C, TyG and derivatives in IGT patients are closely correlated with IMT, which have a certain value in predicting CAS. Besides, age, TG/HDL-C, TyG and derivatives, and WHR are the influencing factors for the occurrence of CAS in IGT patients.

Key words: triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol; triglyceride-glucose index; impaired glucose tolerance; carotid atherosclerosis

糖耐量减低(IGT)属于糖尿病前期常见的表现,糖尿病前期是介于正常血糖与糖尿病之间糖代谢异常的疾病阶段,有研究发现 IGT 患病率高于空腹血糖受损人群,多数 2 型糖尿病患者都会经历 IGT 阶段^[1-2]。IGT 人群大部分因无明显临床症状易被忽略,血糖无法得到良好控制从而进展为糖尿病,治疗多采用粗粮高纤维饮食、适量有氧运动及降糖药物如二甲双胍等干预手段。目前研究认为 IGT 的发病机制与遗传、环境等因素有关,遗传性胰岛 β 细胞功能缺损、摄入热量过多导致机体肥胖产生胰岛素抵抗都是 IGT 发作的原因,且 IGT 相比空腹血糖受损具有更高的发生心血管事件风险^[3]。颈动脉粥样硬化(CAS)属于严重心血管事件之一,CAS 发生发展易增加冠心病、缺血性卒中等心脑血管疾病发生的风险^[4],因此分析研究 IGT 患者发生 CAS 的预测指标以降低并发 CAS 风险对于 IGT 患者预后转归具有重要意义。三酰甘油/高密度脂蛋白(TG/HDL-C)、三酰甘油葡萄糖乘积指数(TyG)是评估胰岛素抵抗的常用指标,TyG 由空腹血糖和 TG 计算得出,可用于识别代谢综合征,且 TG/HDL-C 是预测动脉粥样硬化发生风险的指标,其比值能反映动脉粥样硬化与抗动脉粥样硬化间的平衡^[5-6]。同时,有研究表明 TyG 是与动脉粥样硬化有关的生物学指标,其水平与缺血性卒中、高血压、糖尿病等疾病相关^[7],但 IGT 人群 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与 CAS 的相关性研究较少,因此 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标是否可以作为 IGT 患者发生 CAS 的预测标志物值得分析。本研究旨在探讨 IGT 患者 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与 CAS 的关系,为 IGT 患者后期诊疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取安徽中医药大学附属铜陵中医院 2021 年 3 月至 2023 年 3 月收治的 102 例 IGT 患者,其中男 55 例,女 47 例,年龄 35~88 岁,平均(57.30±11.92)岁。纳入标准为:(1)符合中华医学会糖尿病学分会制定的 IGT 诊断标准^[8]:6.1 mmol/L≤空腹血糖<7.0 mmol/L,口服葡萄糖耐量试验结果显示餐后 2 h 血糖为 7.8~11.1 mmol/L,排除其他应激因素、药物因素等引发的血糖增高;(2)均为成年患者;(3)均参与彩超检查颈动脉内膜中层厚度(IMT);(4)体重指数(BMI)<35.0 kg/m²。患者及其家属自愿签署知情同意书。排除标准:(1)合

并急性心肌梗死、心力衰竭、心绞痛等心血管疾病者;(2)合并传染病、肝肾功能不全、精神病等疾病者;(3)合并自身免疫性疾病、感染性疾病者;(4)有减肥药、降糖药、糖皮质类固醇等药物治疗史者;(5)妊娠期及哺乳期女性;(6)病历资料不全者。本研究经医院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 相关资料收集 根据患者彩超结果判定是否为 CAS 分别纳入 CAS 组和非 CAS 组,收集两组患者的性别、年龄,测量身高、体重、颈围(NC)、腰围(WC)、臀围(HC)、血压、血脂指标如 HDL-C、TG、空腹血糖(FBG),根据身高、体重数据计算 BMI,计算腰臀比(WHR)、TG/HDL-C、TyG 及 TyG×BMI、TyG×NC、TyG×WHR 衍生指标,TyG 衍生指标为 TyG 与人体测量学指标的乘积。计算公式为:TyG=ln[(TG×FBG)/2]。

1.2.2 身体维度检测 测量患者身高体重时,统一脱鞋、免冠,身着内衣测量净体重,并计算 BMI,BMI=体重(kg)/身高²(m²),BMI 18.5~25.0 为适中,>25.0~30.0 kg/m² 为超重,>30.0~35.0 kg/m² 为肥胖。NC 测量以甲状软骨上缘甲状切迹为水平绕颈 1 周,WC 测量以肋骨下缘及髂前上棘中点为水平绕腹部 1 周,HC 测量以股骨粗隆为水平绕臀 1 周,测量时嘱咐患者不屏息吸气,呼气末时进行测量,WHR=WC(cm)/HC(cm)。男性 WHR 正常范围为 0.85~<0.90,女性为 0.67~<0.85,以男性≥0.90、女性≥0.85 为诊断中心性肥胖阈值。

1.2.3 血糖血脂检测 患者入院后于第 2 天清晨空腹采集静脉血 5 mL,采用离心机以 3 000 r/min 离心 10 min 后分离血清,无菌管吸取上层清液将其转移至分析管中,采用 AU5800 全自动生化分析仪(贝克曼库尔特实验系统有限公司)检测 FBG、TG、HDL-C 指标。以葡萄糖氧化酶法测定 FBG 水平,将标本、工作液和比色杯 37℃保温,水浴 7 min 后冷却至室温,于 500 nm 波长处,读取样本管与标准管的吸光度,样本中葡萄糖浓度(mmol/L)=样本管吸光度/标准管吸光度×标准液浓度,以酶法测定 TG 浓度,将血清样品与甘油酯酶反应水解生成甘油和游离脂肪酸,以比色法测定游离脂肪酸、甘油浓度,计算公式为 TG 浓度=甘油浓度×2+游离脂肪酸浓度,以匀相测定两点法直接检测 HDL-C,取样品 3 μ L 加入试剂 I (反应

抑制) 300 μ L 反应 5 min 读取空白读数 A1,再加入试剂Ⅱ(反应促进)100 μ L 后反应 5 min 读取测定读数 A2,血清 HDL-C=A1/A2 $\times$ 校准液。FBG 参考范围为 3.9~6.1 mmol/L, TG 参考范围为<1.76 mmol/L,临界值为 1.76~2.25 mmol/L, HDL-C 参考范围为 $\geq$ 1.04 mmol/L。

1.2.4 CAS 判定 采用 PHILIPS-EPIQ 7C 彩色超声仪(飞利浦投资有限公司)检测,患者取仰卧位,嘱患者头部向对侧旋转 45°,沿胸锁乳突肌外源纵切扫查,探头与颈总动脉走向平行,产生颈总动脉远端灰阶成像,确保管腔-内膜、中膜-外膜界面双线结构清楚显示,于颈总动脉球部下方约 1 cm 处检测 IMT,颈动脉后壁呈现相对较低回声分割的两条平行线,内线为管腔-内膜分界线,外线为中膜-外膜分界线,其间距离为 IMT,检测 IMT 最厚处于距离次处近心 1 cm、远心 1 cm 三点取其平均值,IMT 在 1.0~1.2 mm 为内膜增厚,>1.2~1.4 mm 间为斑块形成,>1.4 mm 为颈动脉狭窄。

1.2.5 口服葡萄糖耐量试验 试验前 3 天嘱患者每日摄糖量不低于 150 g 并维持正常日常活动,停用影响试验的药物如咖啡因,嘱患者清淡饮食,试验前 1 天晚上 8 点以后禁食,不可吸烟、喝咖啡,检查期间保持情绪稳定,将 75 g 无水葡萄糖粉溶于 150 mL 水中搅拌均匀,患者在 5 min 内口服 150 mL 葡萄糖溶液,以开始喝葡萄糖溶液的时间开始计算,于空腹时及 1、2 h 后采集静脉血检测血糖变化,间隔期间安静休息,禁止剧烈活动、饮食、喝水及吸烟,当 FBG<7.0 mmol/L,糖耐量试验占餐后 2 h 血糖 7.8~11.1 mmol/L,表明人体对葡萄糖调节能力下降,诊断为糖耐量减低^[9]。

1.2.6 血压检测 嘱患者在测量前 30 min 不吸烟及不饮用咖啡,采用水银柱式血压计测量血压,患者将肘部及前臂放置于与心脏高度一致桌面上,掌心朝上,检查者将血压计袖带下缘控制于手肘窝上方两横指位置,气囊充气管对准患者肱动脉,同时将听诊器胸件放于肱动脉上,检查者戴上听诊器耳件,关闭气囊阀门进行充气,听到最后一声搏动时停止充气,打开阀门,第一声搏动声所对应的刻度即为收缩压,消失时即为舒张压,以收缩压>140 mmHg,舒张压>90 mmHg 判定为高血压。

1.3 统计学处理 采用 SPSS20.0 统计学软件进行数据分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验来检验变量分布的正态性,正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 形式表示,采用独立样本 *t* 检验分析组间差异;计数资料以例数或百分率表示,采用 χ^2 检验进行数据的组间比较,采用 Spearman 相关法分析 TG/HDL-C、TyG 与 IMT 的相关性确定单变量的相关系数,多因素 Logistic 回归分析 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标是否为影响 CAS 的因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线

分析 TG/HDL-C、TyG 对 IGT 患者发生 CAS 的预测曲线下面积(AUC)。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 单因素分析影响 IGT 患者发生 CAS 的相关因素 本研究中确诊 CAS 患者 57 例,非 CAS 患者 45 例,IGT 患者 CAS 发生率为 55.88%;本研究中男 55 例,女 47 例,CAS 患病率男性占比 50.88%,女性占比 49.12%,CAS 组合并高血压占比 43.86%,与非 CAS 组性别比、合并高血压占比,差异无统计学意义($P>0.05$);CAS 组患者 FBG、NC、WC、HC 均高于非 CAS 组,但差异无统计学意义($P>0.05$);CAS 组年龄、TG、BMI、TG/HDL-C、WHR、IMT 均高于非 CAS 组,HDL-C 低于非 CAS 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

表 1 影响 IGT 患者发生 CAS 的单因素分析
[*n*(%)或 $\bar{x}\pm s$]

指标	<i>n</i>	CAS 组 (<i>n</i> =57)	非 CAS 组 (<i>n</i> =45)	χ^2/t	<i>P</i>
性别				0.482	0.488
男	55	29(50.88)	26(57.78)		
女	47	28(49.12)	19(42.22)		
年龄(岁)	102	65.25 $\pm$ 8.94	47.24 $\pm$ 6.27	11.464	<0.001
HDL-C(mmol/L)	102	0.96 $\pm$ 0.18	1.17 $\pm$ 0.22	5.310	<0.001
TG(mmol/L)	102	1.91 $\pm$ 0.21	1.59 $\pm$ 0.19	7.966	<0.001
FBG(mmol/L)	102	5.87 $\pm$ 0.98	5.81 $\pm$ 1.02	0.305	0.761
NC(cm)	102	38.11 $\pm$ 4.12	37.27 $\pm$ 4.15	1.019	0.311
WC(cm)	102	92.29 $\pm$ 8.45	91.36 $\pm$ 8.51	0.550	0.583
HC(cm)	102	103.21 $\pm$ 8.46	99.87 $\pm$ 8.50	1.976	0.051
BMI(kg/m ²)	102	23.91 $\pm$ 2.68	22.77 $\pm$ 2.72	2.119	0.037
合并高血压				1.169	0.280
是	40	25(43.86)	15(33.33)		
否	62	32(56.14)	30(66.67)		
TG/HDL-C	102	1.29 $\pm$ 0.24	0.93 $\pm$ 0.22	7.817	<0.001
WHR	102	0.91 $\pm$ 0.08	0.87 $\pm$ 0.06	2.802	0.006
IMT(mm)	102	1.10 $\pm$ 0.07	0.91 $\pm$ 0.05	15.316	<0.001

2.2 两组 TyG 及其衍生指标水平对比 CAS 组 TyG、TyG $\times$ BMI、TyG $\times$ NC、TyG $\times$ WHR 均高于非 CAS 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与 IMT 的相关性分析 Spearman 相关分析显示,TG/HDL-C、TyG、TyG $\times$ BMI、TyG $\times$ NC、TyG $\times$ WHR 与 IMT 呈正相关($r=0.429、0.578、0.467、0.530、0.446$,均 $P<0.05$),且 TyG 与 IMT 的相关性最强。见表 3。

2.4 多因素 Logistic 回归分析影响 IGT 患者发生 CAS 的因素 将单因素分析中年龄、TG/HDL-C、

WHR、TyG、TyG×BMI、TyG×NC、TyG×WHR 等差异有统计学意义的因素作为自变量,发生 CAS 作为因变量,纳入多因素 Logistic 回归分析,结果显示年龄、TG/HDL-C、WHR、TyG、TyG×BMI、TyG×NC、TyG×WHR 水平是影响 IGT 患者发生 CAS 的因素(均 $P<0.05$)。见表 4。

表 2 两组 TyG 及其衍生指标水平对比($\bar{x}\pm s$)				
指标	CAS 组 ($n=57$)	非 CAS 组 ($n=45$)	t	P
TyG	9.02±0.54	8.47±0.51	5.245	<0.001
TyG×BMI	236.75±37.49	221.06±36.56	2.122	0.036
TyG×NC	343.75±43.82	315.67±44.56	3.190	0.002
TyG×WHR	8.59±0.81	8.25±0.86	2.041	0.044

2.5 ROC 曲线分析 TG/HDL-C、TyG 对 IGT 患者

发生 CAS 的预测价值 ROC 曲线分析显示: TG/HDL-C、TyG 截断值分别为 1.04、9.10,联合预测 IGT 患者发生 CAS 的 AUC 为 0.920 (95% CI: 0.865~0.974),优于 TG/HDL-C、TyG 水平单独预测的 0.831 (95% CI: 0.749~0.913) 和 0.737 (95% CI: 0.641~0.833)。见表 5。

表 3 TG/HDL-C、TyG 及其衍生指标与 IMT 的相关性		
指标	r	P
TG/HDL-C	0.429	<0.001
TyG	0.578	<0.001
TyG×BMI	0.467	<0.001
TyG×NC	0.530	<0.001
TyG×WHR	0.446	<0.001

表 4 影响 IGT 患者发生 CAS 的因素 Logistic 分析					
指标	β	SE	OR	95%CI	P
年龄	0.415	0.135	1.514	1.172~1.986	0.002
TG/HDL-C	0.600	0.170	1.822	1.278~2.486	<0.001
WHR	0.692	0.157	1.998	1.361~2.519	<0.001
TyG	0.699	0.175	2.012	1.524~3.029	<0.001
TyG×BMI	0.476	0.142	1.610	1.214~2.115	0.001
TyG×NC	0.262	0.110	1.300	1.033~1.591	0.017
TyG×WHR	0.365	0.130	1.441	1.143~1.903	0.005

表 5 TG/HDL-C、TyG 对 IGT 患者发生 CAS 的预测价值						
指标	截断值	AUC	95%CI	P	灵敏度(%)	特异度(%)
TG/HDL-C	1.04	0.831	0.749~0.913	<0.001	68.4	88.9
TyG	9.10	0.737	0.641~0.833	<0.001	87.7	46.7
联合检测	—	0.920	0.865~0.974	<0.001	84.2	86.7

注:—表示无数据。

3 讨 论

据统计,中国成人中糖尿病前期患者占比约为 40%,且糖尿病前期人群中代谢综合征约为 50%,具有较高的发病率^[10],因此对于糖尿病前期人群筛查、识别代谢综合征并进行干预非常重要。国外一项研究认为,糖尿病前期患者中 33%~64%会在 6 年内进展成为糖尿病,严重影响患者预后^[11]。由于糖尿病患者多并发心血管事件,临床研究认为糖尿病是动脉粥样硬化、冠心病、脑卒中等事件的危险因素^[12]。CAS 等心血管事件对于糖耐量异常及糖尿病人群具有颇高的致死亡风险,其中 IMT 是反映早期 CAS 的指标,与糖尿病患者 CAS 病变程度及范围密切相关,且能预测心血管事件的发生^[13]。IGT 患者多有胰岛素抵抗、FBG 水平异常等相关症状,导致机体更多游离脂肪酸进入肝、血浆中,从而促进血脂升高^[14]。目前评估稳态胰岛素抵抗需检测空腹胰岛素,而糖耐量减

低人群常规体检中常不包含此项,且检测过程复杂,临床难以大范围开展。TyG 及其衍生指标可作为评估胰岛素抵抗的替代标志物、动脉粥样硬化的预测因子,对高血压等心血管风险疾病具有重要意义^[15]。TG/HDL-C 又被称为血浆动脉粥样硬化指数,已经证实其与动脉粥样硬化性心脏病预后相关,且是非胰岛素依赖型糖尿病血管病变的危险因素^[16]。基于此原因,本研究意在探讨 IGT 患者 TG/HDL-C、TyG 及其衍生指标与 CAS 的关系,为糖耐量减低人群胰岛素抵抗的及时识别干预提供一定帮助。

BMI 是判断机体肥胖的常用指标,但其数值无法反映局部肥胖程度,因此,WC、HC、WHR、NC 等身体维度指标对肥胖体现更为直观,较高的 WHR 常提示腹部脂肪的堆积,内脏脂肪过多如负责葡萄糖代谢的关键器官肝脏等部位积累易导致胰岛 β 细胞功能障碍同时增强交感神经兴奋而激活肾素-血管紧张素-醛

固酮系统促使血压升高、心血管疾病风险^[17]。TyG 是早期评估胰岛素抵抗的简单方法,在胰岛素抵抗诊断中可取代稳态胰岛素抵抗指标方便大范围筛查。本研究中确诊 CAS 患者 57 例,非 CAS 患者 45 例,IGT 患者 CAS 发生率为 55.88%;两组患者性别、FBG、NC、WC、HC、合并高血压比例比较,差异无统计学意义($P>0.05$),HDL-C、TG、BMI、TG/HDL-C、WHR、IMT、TyG、TyG×BMI、TyG×NC、TyG×WHR 比较,差异有统计学意义($P<0.05$),此结果与安晋阳等^[18] TyG 及其衍生指标与代谢综合征的相关性很高的研究大致相符,说明 IGT 患者并发 CAS 与年龄较大, HDL-C 较低, TG、BMI、TG/HDL-C、WHR、TyG 及衍生指标较高具有相关性。由于老年高血压等基础疾病患者病程较长,随着脉压差的增大动脉内膜损害愈加严重, HDL 转运胆固醇代谢能力降低,低密度脂蛋白更容易沉积于动脉内膜下促进粥样硬化斑块的发生发展,同时随着年龄的增长血管自身老化愈加加重, IMT 呈线性增加趋势^[19]。在糖耐量减低人群中,大多数患者存在血脂异常包括 TG 水平增加、HDL-C 水平降低等情况。本研究发现, TG/HDL-C、TyG、TyG×BMI、TyG×NC、TyG×WHR 与 IMT 呈正相关,表明 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标越高, IMT 越大, IGT 患者合并 CAS 的风险则越高。其原因可能为 HDL-C 可以促进胰岛素分泌、增强胰岛素灵敏度、摄取肌肉葡萄糖等以维持葡萄糖稳定,同时 BMI、WHR 过高腹部堆积过多脂肪会损害脂肪酸代谢,使血脂异常从而 TG 水平升高脂代谢紊乱造成脂质蓄积产生胰岛素抵抗、增加游离脂肪酸,使免疫细胞大量积聚、糖代谢异常、促进血管壁巨噬细胞吞噬脂肪、增多泡沫细胞,从而使 IMT 增大诱发粥样硬化^[20-21]。

本研究 Logistic 回归分析显示,年龄、TG/HDL-C、WHR、TyG、TyG×BMI、TyG×NC、TyG×WHR 水平是影响 IGT 患者发生 CAS 的因素,且 TG/HDL-C、WHR、TyG 的可信度最高,与侯蓓蕾等^[22] 报道的年龄增加、稳态胰岛素抵抗指数、TyG 升高是糖尿病肾病患者发生 CAS 危险因素的研究结果大致相符,表明身体维度、血脂水平、血糖水平能预示糖耐量异常患者发生 CAS 的风险。TyG 升高能反映胰岛素抵抗症状的加重, IGT 患者由于日常生活饮食等方面不注意,摄入过多能量无法消耗,脂肪堆积身体维度上升,血糖血脂水平过高影响胰岛细胞分泌、降低胰岛素功能从而产生胰岛素抵抗,通过诱导糖脂代谢失衡引发高血糖血脂等病理性代谢紊乱,从而导致 IGT 患者发生 CAS 风险增加。本研究中 ROC 曲线分析显示, TG/HDL-C、TyG 联合预测的截断值分别为 1.04、9.10,联合预测 IGT 患者发生 CAS 的 AUC 为 0.920(95%CI:0.865~0.974), 优于 TG/HDL-C、TyG 单独预测的 0.831(95%CI:0.749~0.913)和

0.737(95%CI:0.641~0.833),提示 TG/HDL-C、TyG 升高能预测 IGT 患者 CAS 发生发展情况。这可能与 TG/HDL-C、TyG 升高表明血糖血脂异常升高导致血管内皮细胞损伤、加速细胞氧代谢、降低胰岛素分泌、增加机体葡萄糖代谢能量消耗、胰岛素抵抗激活炎症反应和氧化应激、诱导血小板过度活跃促使血管内皮屏障功能受损,诱发动脉粥样硬化有关^[23]。由此可见, IGT 患者应注重合理膳食结构、控制体重、血糖血脂定期监测等方式进行干预,从而降低合并 CAS、进展成为糖尿病及发生其他心血管事件等风险。同时, TG/HDL-C、TyG 及衍生指标作为常规指标测量容易获取、成本较低,不仅可反映血糖控制情况,而且对心血管事件如 CAS、代谢综合征具有一定预测价值。由于本研究样本量较小,缺乏对纳入样本人群的分类深度探讨,因此需要继续扩大样本量、纳入更多人群以制订合适的预测界值,同时延续随访以进一步研究,为治疗 IGT 预防 CAS 提供更多帮助。

综上所述,糖耐量减低人群 TG/HDL-C、TyG 及衍生指标与 IMT 具有相关性, TG/HDL-C、TyG 及衍生指标对于 CAS 具有一定的预测价值,年龄、TG/HDL-C、TyG 及衍生指标、WHR 是糖耐量减低患者发生 CAS 的影响因素。

参考文献

[1] HUANG J, HUTH C, COVIC M, et al. Machine learning approaches reveal metabolic signatures of incident chronic kidney disease in individuals with prediabetes and type 2 diabetes[J]. Diabetes, 2020, 69(12): 2756-2765.

[2] 赵薇, 李欣宇, 刘栩晗, 等. 大连市社区中老年人群夜间睡眠时间与糖耐量减低发生风险的队列研究[J]. 中国糖尿病杂志, 2022, 30(1): 52-56.

[3] SELENIUS J S, WASENIUS N S, KAUTIAINEN H, et al. Impaired glucose regulation, depressive symptoms, and health-related quality of life[J]. BMJ Open Diabetes Res Care, 2020, 8(1): e001568.

[4] 王琼, 胡红琳, 王佑民. 淋巴细胞/单核细胞与 2 型糖尿病颈动脉粥样硬化严重程度的相关性研究[J]. 中国心血管病研究, 2023, 21(1): 50-55.

[5] ZONSZEIN J, LOMBARDEO M, ISMAIL-BEIGI F, et al. Triglyceride high-density lipoprotein ratios predict glycemia-lowering in response to insulin sensitizing drugs in type 2 diabetes: a post hoc analysis of the BARI2D[J]. J Diabetes Res, 2015, 2015: 1-12.

[6] 刘玲娇, 林燕, 余湘尤, 等. TG/HDL-C 与职业人群 ASCVD 风险的相关性分析[J]. 重庆医学, 2021, 50(11): 1891-1895.

[7] 谢翼, 高修银, 李雷, 等. TyG 指数对老年大动脉粥样硬化型脑卒中患者预后的预测价值[J]. 医学研究杂志, 2021, 50(12): 141-144.

[8] 中华医学会糖尿病学分会, 朱大龙. 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.

[9] 张琳,董鹏,李友芳,等. 口服葡萄糖耐量试验负荷后 1 小时血糖筛查糖调节受损和糖尿病的最佳切点值及糖调节受损患者转归的随访研究[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(19): 3642-3645.

[10] LI Y Z, TENG D, SHI X G, et al. Prevalence of diabetes recorded in mainland China using 2018 diagnostic criteria from the american diabetes association: national cross sectional study[J]. Br Med J, 2020, 369: m997.

[11] YIP W C Y, SEQUEIRA I R, PLANK L D, et al. Prevalence of pre-diabetes across ethnicities: a review of impaired fasting glucose (IFG) and impaired glucose tolerance (IGT) for classification of dysglycaemia[J]. Nutrients, 2017, 9(11): 1273.

[12] 刘云涛,张萌,何婷,等. 达格列净对 2 型糖尿病合并颈动脉粥样硬化患者颈动脉内膜中层厚度及血清 miR-320 影响的研究[J]. 中国糖尿病杂志, 2023, 31(4): 265-269.

[13] 郑霄,胡晓晟. 瑞舒伐他汀对高血压伴颈动脉硬化的疗效及对外周巨噬细胞极化的影响[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2017, 22(9): 1035-1039.

[14] 杨茜,张俊飞,牛帅,等. 初发多囊卵巢综合征合并糖耐量减低患者临床干预前后性激素及脂质代谢指标变化情况[J]. 国际检验医学杂志, 2021, 42(13): 1580-1583.

[15] JI H K, D Y L, SE E P, et al. Triglyceride glucose index predicts coronary artery calcification better than other indices of insulin resistance in Korean adults: the kangbuk samsung health study[J]. Preci Fut Med, 2017, 1(1): 43-51.

[16] 尤玉青,韩啸,应长江,等. TyG 指数及 TG/HDL-C 是 2 型糖尿病患者血糖控制的有效预测指标[J]. 医学研究杂志, 2021, 50(2): 121-125.

[17] MATOS D, FERREIRA A M. The heart and the waist: relationship between abdominal fat and recurrent events after myocardial infarction[J]. Eur J Prev Cardiol, 2020, 27(18): 1942-1943.

[18] 安晋阳,杨宽,蒋娜,等. TyG 在糖尿病前期人群中对代谢综合征的预测价值[J]. 兰州大学学报(医学版), 2022, 48(12): 62-68.

[19] NICHOLLS S J, PURI R, ANDERSON T, et al. Effect of evolocumab on coronary plaque composition[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 72(17): 2012-2021.

[20] GONZALEZ LL, GARRIE K, TURNER M D. Type 2 diabetes: an autoinflammatory disease driven by metabolic stress[J]. Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis, 2018, 1864(11): 3805-3823.

[21] SKALS R, KROGAGER M L, APPEL E V R, et al. Insulin resistance genetic risk score and burden of coronary artery disease in patients referred for coronary angiography[J]. PLoS One, 2021, 16(6): e0252855.

[22] 侯蓓蕾,熊亚丹,胡雷袁,等. NLR、PLR、TyG 指数与 2 型糖尿病肾病患者肾功能、胰岛素抵抗和颈动脉粥样硬化的关系[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(7): 1288-1293.

[23] 冉东川,何艳,王莉华,等. 糖尿病合并动脉粥样硬化病人 CTRP3 的表达及其与血脂、血糖的相关性[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(22): 3952-3955.

(收稿日期: 2024-03-02 修回日期: 2024-07-12)

(上接第 2709 页)

[15] 吕蕾,巴燕·艾克海提,杨丽,等. CDFI 血流信号分级、抗 CCP 抗体、G6PI、RF 对类风湿性关节炎的诊断价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(6): 634-637.

[16] 毕千叶,冯磊,马琦欣,等. 炎症因素在自身免疫性疾病与动脉粥样硬化中的研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(5): 437-441.

[17] LIU Y, ZENG Y, SI H B, et al. Exosomes derived from human urine-derived stem cells overexpressing miR-140-5p alleviate knee osteoarthritis through downregulation of VEGFA in a rat model[J]. Am J Sports Med, 2022, 50(4): 1088-1105.

[18] MA S, WANG J, HE F, et al. Sodium propionate improves rheumatoid arthritis by inhibiting survivin mediated proliferation of fibroblast like synoviocytes by promoting miR-140-5p[J]. Autoimmunity, 2022, 55(6): 378-387.

[19] KOREN K M, HOJS R, HOLC I, et al. Accelerated atherosclerosis in premenopausal women with rheumatoid arthritis-15-year follow-up[J]. Bosn J Basic Med Sci, 2021, 21(4): 477-483.

[20] HUANG C C, LAW Y Y, LIU S C, et al. Adiponectin promotes VEGF expression in rheumatoid arthritis synovial fibroblasts and induces endothelial progenitor cell angiogenesis by inhibiting miR-106a-5p[J]. Cells, 2021, 10(10): 2627-2632.

[21] DONG G, YU J, SHAN G, et al. N6-methyladenosine methyltransferase METTL3 promotes angiogenesis and atherosclerosis by upregulating the JAK2/STAT3 pathway via m6A reader IGF2BP1[J]. Front Cell Dev Biol, 2021, 9(2): 73-81.

[22] BRAILE M, MARCELLA S, CRISTINZIANO L, et al. VEGF-A in cardiomyocytes and heart diseases[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(15): 52-57.

(收稿日期: 2024-04-23 修回日期: 2024-08-02)