

## 摘 要

### 目的:

本研究旨在探讨甘油三酯-葡萄糖指数(triglyceride-glucose index, TyG 指数)与 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者内脏脂肪及糖尿病肾病(Diabetic kidney diseases, DKD)的相关性。

### 方法:

本研究根据入排标准选取 2020 年 7 月至 2022 年 11 月在南昌大学第一附属医院内分泌科住院的 549 例患者作为研究对象。收集研究对象的性别、年龄、T2DM 病程、身高、体重、腰围(WC)、臀围(HC)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、肌酐(Cr)、尿酸(UA)、空腹血糖(FPG)、空腹 C 肽(FCP)、糖化血红蛋白(HbA1c)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C),应用定量 CT 技术测量研究对象的内脏脂肪面积(visceral fat area, VFA),计算 TyG 指数、改良 HOMA-IR,根据 TyG 指数四分位数分组,比较各组间指标的差异,分析 TyG 指数与各临床指标的相关性。根据 VFA 分为 T2DM 腹型肥胖组和 T2DM 非腹型肥胖组,采用 Logistic 回归分析 TyG 指数与 T2DM 腹型肥胖的关系;根据是否合并 DKD 分为非 DKD 组和 DKD 组,采用 Logistic 回归分析 TyG 指数与 DKD 的关系。

### 结果:

1、TyG 指数四组间的一般资料及临床指标的比较: Q4 组的体重、WC、HC、UA、FPG、FCP、TC、TG、LDL-C 高于 Q1 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), Q4 组的年龄、HDL-C 低于 Q1 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

2、T2DM 腹型肥胖组与 T2DM 非腹型肥胖组一般资料及临床指标的比较: T2DM 腹型肥胖组的体重、WC、HC、SBP、DBP、Cr、UA、TG、FCP、改良 HOMA-IR、TyG 指数高于 T2DM 非腹型肥胖组, T2DM 腹型肥胖组的 HDL-C 低于 T2DM 非腹型肥胖组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

3、DKD 组与非 DKD 组一般资料及临床指标的比较: DKD 组的 T2DM 病程、SBP、Cr、UA、TG、FCP、改良 HOMA-IR、TyG 指数高于非 DKD 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

4、在 T2DM 患者中，血糖控制不佳 ( $\chi^2_{趋势}=53.359$ ,  $P_{trend}<0.001$ )、高胰岛素抵抗 ( $\chi^2_{趋势}=71.468$ ,  $P_{trend}<0.001$ ) 及腹型肥胖 ( $\chi^2_{趋势}=28.585$ ,  $P_{trend}<0.001$ ) 的发生率随着 TyG 指数升高呈逐渐升高的趋势。

5、Spearman 相关性分析显示：TyG 指数与身高、体重、WC、HC、TC、VFA、DBP、UA、FPG、FCP、HbA1c、改良 HOMA-IR、TC、TG、LDL-C 呈正相关 ( $P<0.05$ )，与年龄、HDL-C 呈负相关 ( $P<0.05$ )。

6、以 T2DM 是否合并腹型肥胖为因变量进行多因素回归分析显示：体重 ( $OR=1.076$ ,  $95\%CI$  1.019-1.135,  $P=0.008$ )、WC ( $OR=1.138$ ,  $95\%CI$  1.063-1.218,  $P<0.001$ )、TyG 指数 ( $OR=1.894$ ,  $95\%CI$  1.016-3.532,  $P=0.044$ ) 是 T2DM 腹型肥胖的独立危险因素。

7、以有无 DKD 为因变量进行多因素回归分析显示：T2DM 病程 ( $OR=1.052$ ,  $95\%CI$  1.024-1.080,  $P<0.001$ )、SBP ( $OR=1.013$ ,  $95\%CI$  1.004-1.023,  $P=0.006$ )、UA ( $OR=1.003$ ,  $95\%CI$  1.001-1.005,  $P=0.002$ )、TyG 指数 ( $OR=1.465$ ,  $95\%CI$  1.001-2.144,  $P=0.049$ ) 是 DKD 的独立危险因素。

#### 结论：

TyG 指数与 T2DM 患者内脏脂肪及 IR 正相关，TyG 指数是 T2DM 腹型肥胖及 DKD 的独立危险因素。

**关键词：** TyG 指数； 2 型糖尿病； 内脏脂肪； 糖尿病肾病

## ABSTRACT

### **Objective:**

The objective of this study was to explore the correlations between triglyceride-glucose index (TyG index) and visceral fat and Diabetic kidney diseases (DKD) in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM).

### **Methods:**

In this study, 549 patients who were admitted to the Department of Endocrinology of the First Affiliated Hospital of Nanchang University from July 2020 to November 2022 were selected as study subjects according to the inclusion criteria. Gender, age, duration of T2DM, height, weight, waist circumference (WC), hip circumference (HC), diastolic blood pressure (DBP), systolic blood pressure (SBP), creatinine (Cr), uric acid (UA), fasting blood glucose (FPG), glycosylated hemoglobin (HbA1c), fasting C-peptide (FCP), total cholesterol(TC), high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low density lipoprotein cholesterol (LDL-C), triglyceride (TG) were collected. The visceral fat area (VFA) of the study subjects was measured by quantitative CT technique. TyG index and modified HOMA-IR were calculated and grouped according to the TyG index quartile. The difference of data among the groups was compared, and the correlation between TyG index and clinical indicators was analyzed. According to VFA, the group was divided into T2DM abdominal obesity group and T2DM non-abdominal obesity group, and the relationship between TyG index and T2DM abdominal obesity was analyzed by logistic regression. According to whether DKD was combined or not, the groups were divided into non-DKD group and DKD group, and the relationship between TyG index and DKD was analyzed by logistic regression.

### **Results:**

1. Comparison of general information and clinical indicators among the four groups of TyG index: the weight, WC, HC, UA, FPG, FCP, TC, TG and LDL-C of group Q4 were higher than those of group Q1, with statistical significance ( $P < 0.05$ );

the age and HDL-C of group Q4 were lower than those of group Q1, with statistical significance ( $P < 0.05$ ).

2. Comparison of general data and clinical indexes between T2DM abdominal obesity group and T2DM non-abdominal obesity group: Body weight, WC, HC, SBP, DBP, Cr, UA, TG, FCP, modified HOMA-IR and TyG indexes of T2DM abdominal obesity group were higher than those of T2DM non-abdominal obesity group, while HDL-C of T2DM abdominal obesity group was lower than that of T2DM non-abdominal obesity group, with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

3. Comparison of general information and clinical indicators between DKD and non-DKD groups: The duration of T2DM, SBP, Cr, TG, UA, FCP, modified HOMA-IR and TyG indices were higher in the DKD group than in the non-DKD group, with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

4. In patients with T2DM, poor blood glucose control ( $\chi^2_{trend} = 53.359$ ,  $P_{trend} < 0.001$ ), high insulin resistance ( $\chi^2_{trend} = 71.468$ ,  $P_{trend} < 0.001$ ) and abdominal obesity ( $\chi^2_{trend} = 28.585$ ,  $P_{trend} < 0.001$ ) showed a gradually increasing trend with the increase of TyG index.

5. Spearman correlation analysis showed that TyG index was positively correlated with height, weight, WC, HC, TC, VFA, DBP, UA, FPG, FCP, HbA1c, modified HOMA-IR, TC, TG and LDL-C ( $P < 0.05$ ), and negatively correlated with age and HDL-C ( $P < 0.05$ ).

6. A multifactorial regression analysis with the presence or absence of abdominal obesity in T2DM as the dependent variable showed that: weight ( $OR = 1.076$ , 95%  $CI$  1.019-1.135,  $P = 0.008$ ), WC ( $OR = 1.138$ , 95%  $CI$  1.063-1.218,  $P < 0.001$ ), TyG index ( $OR = 1.894$ , 95%  $CI$  1.016-3.532,  $P = 0.044$ ) was an independent risk factor for T2DM abdominal obesity.

7. A multifactorial regression analysis with the presence or absence of DKD as the dependent variable showed: Diabetes duration ( $OR = 1.052$ , 95%  $CI$  1.024-1.080,  $P < 0.001$ ), SBP ( $OR = 1.013$ , 95%  $CI$  1.004-1.023,  $P = 0.006$ ), UA ( $OR = 1.003$ , 95%  $CI$  1.001-1.005,  $P = 0.002$ ) and TyG index ( $OR = 1.465$ , 95%  $CI$  1.001-2.144,  $P = 0.049$ ) were independent risk factors for DKD.

**Conclusion:**

TyG index is positively correlated with visceral fat and IR in T2DM patients, and TyG index is an independent risk factor for abdominal obesity and DKD in T2DM

**Key Words:** TyG index, Type 2 diabetes, visceral fat, Diabetic kidney diseases

## 目 录

第 1 章 引言 .....	1
第 2 章 对象与方法 .....	3
2.1 研究对象 .....	3
2.2 研究方法 .....	3
2.2.1 一般资料及体格检查 .....	3
2.2.2 实验室指标 .....	3
2.2.3 内脏脂肪面积 .....	4
2.3 疾病诊断标准、指标计算及其他定义 .....	4
2.3.1 疾病诊断 .....	4
2.3.2 指标计算 .....	4
2.3.3 其他定义 .....	4
2.4 统计学方法 .....	4
第 3 章 结果 .....	6
3.1 基线资料特征 .....	6
3.1.1 不同 TyG 指数组临床指标的比较 .....	6
3.1.2 T2DM 腹型肥胖组与 T2DM 非腹型肥胖组临床指标的比较 .....	7
3.1.3 DKD 组与非 DKD 组临床指标的比较 .....	8
3.2 不同 TyG 指数间血糖控制欠佳、高胰岛素抵抗、腹型肥胖及 DKD 发生率的比较 .....	9
3.3 TyG 指数与临床指标的相关性 .....	9
3.4 T2DM 腹型肥胖影响因素的 logistic 回归分析 .....	10
3.5 DKD 影响因素的 logistic 回归分析 .....	12
第 4 章 讨论 .....	14
4.1 TyG 指数与 IR .....	14
4.2 TyG 指数与内脏脂肪 .....	15
4.3 TyG 指数与 DKD .....	16

## 目录

---

第 5 章 结论与展望 .....	18
5.1 结论 .....	18
5.2 不足与展望 .....	18
致 谢 .....	19
参考文献 .....	20
攻读学位期间的研究成果 .....	25
综 述 .....	26

## 中英文缩写及名称对应表

英文缩写	英文全称	中文全称
Cr	creatinine	肌酐
DKD	Diabetic kidney diseases	糖尿病肾病
DBP	diastolic blood pressure	舒张压
ESRD	end-stage renal disease	终末期肾病
FCP	fasting C peptide	空腹 C 肽
FPG	Fasting Plasma Glucose	空腹血浆葡萄糖
HbA1c	glycosylated hemoglobin A1c	糖化血红蛋白
HC	hip circumference	臀围
HDL-C	high density lipoprotein Cholesterol	高密度脂蛋白胆固醇
IDF	International Diabetes Federation	国际糖尿病联合会
IR	insulin resistance	胰岛素抵抗
LDL-C	low density lipoprotein Cholesterol	低密度脂蛋白胆固醇
OGTT	oral glucose tolerance test OGTT	口服葡萄糖耐量试验
SBP	systolic blood pressure	收缩压
T2DM	type 2 diabetes mellitus	2 型糖尿病
TC	total cholesterol	总胆固醇
TG	Triglycerides TG	甘油三酯
TyG 指数	triglyceride-glucose index	甘油三酯葡萄糖指数
UA	uric acid	尿酸
VFA	Visceral fat area	内脏脂肪面积
WC	waist circumference	腰围



## 第 1 章 引言

2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 是一种常见的慢性代谢性疾病, 与行为、遗传、环境以及社会层面危险因素有关, 国际糖尿病联合会 (International Diabetes Federation, IDF) 于 2021 年发布的全球糖尿病地图显示: 2045 全球糖尿病人数将增长至 7.83 亿<sup>[1]</sup>, 中国的糖尿病流行病学调查也显示中国糖尿病患病率正逐年上升, 且在糖尿病人群中, T2DM 占 90% 以上<sup>[2]</sup>, T2DM 已经成为了全球性的公共卫生问题。

胰岛素抵抗 (insulin resistance, IR) 和  $\beta$  细胞功能缺陷是 T2DM 发病的 2 个主要环节; IR 是指机体对胰岛素的敏感性下降, 常发生在肝脏、脂肪、骨骼肌等外周组织中, IR 已被证明显著增加了高血压、冠心病、心力衰竭等心血管疾病的发病率<sup>[3]</sup>, IR 也被认为是非酒精性脂肪肝病显著的预测因子<sup>[4]</sup>, 而引起 IR 的机制并无确切定论, 可能与胰岛素信号通路中胰岛素受体、IRS 磷酸化和/或受体后信号等多个水平的缺陷有关<sup>[5, 6]</sup>, 过量的脂肪组织, 尤其是内脏脂肪, 是发生 IR 的重要危险因素<sup>[7]</sup>, 内脏脂肪堆积过多可导致内分泌功能紊乱和促炎因子调节失调, 可能导致 IR 和 T2DM 的发生<sup>[8]</sup>, 研究表明内脏脂肪可影响人体的多个系统: 内脏脂肪增多增加了心血管疾病、脑小血管疾病的发病风险<sup>[9, 10]</sup>, 内脏脂肪介导的炎症因子释放通过影响骨代谢引起病理性骨丢失<sup>[11]</sup>, 此外, 内脏脂肪还有慢性肾脏病患者的预后有关, Shun Manabe 等人的研究提示内脏脂肪是慢性肾脏病进展的危险因素<sup>[12]</sup>。内脏脂肪面积 (visceral fat area, VFA) 可以直观、精确地反映人体的内脏脂肪, 是腹型肥胖 ( $VFA \geq 80\text{cm}^2$ ) 诊断的金标准<sup>[4]</sup>, 但由于检测 VFA 的费用比较昂贵, 因此限制了我国 VFA 的临床推广, 目前临床上多用腰围 (waist circumference, WC) [ $WC \geq 90\text{cm}$ (男)或 $\geq 85\text{cm}$ (女)] 诊断腹型肥胖<sup>[5]</sup>, 但 WC 无法区分腹部的皮下脂肪组织与内脏脂肪组织, 因此无法准确评估腹部肥胖。

糖尿病慢性并发症是 T2DM 患者死亡的主要原因之一, 一项纳入亚洲、非洲、南美和欧洲多个国家的观察性研究表明, T2DM 患者中有 53.5% 的患者患有微血管并发症<sup>[13]</sup>。糖尿病肾病 (diabetic kidney diseases, DKD) 是 T2DM 常见、最严重的并发症之一, 是导致肾功能衰竭的主要原因, DKD 的发病机制非常复杂, 确切的致病机制尚未完全清楚, 许多通路和介质参与 DKD 的发生和发展,

包括肾血流动力学改变、氧化应激、RASS 和炎症介质等<sup>[14]</sup>，目前 DKD 治疗效果不佳，严格的血糖和血压控制已被证实只能延缓疾病发展，而不能阻止 DKD 进展至终末期肾病（end-stage renal disease, ESRD）和降低 DKD 相关的死亡率<sup>[15]</sup>，高血糖、高血压、肥胖、吸烟、血脂异常、年龄和遗传等因素被认为是 DKD 发生和进展的危险因素<sup>[16]</sup>。

甘油三酯-葡萄糖指数（triglyceride-glucose index, TyG 指数）是结合血清甘油三酯（triglycerides, TG）和空腹血浆葡萄糖（fasting plasma glucose, FPG）而得出的指标{TyG 指数=  $\text{Ln} [\text{TG} (\text{mg/dL}) \times \text{FPG} (\text{mg/dL})/2]$ }，最早是作为评估健康人群的 IR 的指标<sup>[17]</sup>，但在不同种族、人群中预测 IR 的能力存在差异，随后有研究证明 TyG 指数与 T2DM 存在紧密的联系：Xiao 等人研究认为 TyG 指数升高与中国成人糖尿病发病风险增加独立相关，可能是高危人群发生糖尿病的可靠预测指标<sup>[18]</sup>，Nermina 等人进行的一项横断面研究提示 TyG 指数还可作为糖尿病患者血糖控制的有效预测指标<sup>[19]</sup>。一项纳入 1413 名 2 型糖尿病患者的研究表明 TyG 指数与糖尿病患者的视网膜病变有关<sup>[20]</sup>，X Xu 等人开展的研究结果也提示 TyG 指数高是中老年人糖尿病患者慢性肾脏病发生的独立危险因素<sup>[21]</sup>，此外，国内外对 TyG 指数与 T2DM 患者心脑血管事件也做了不少研究：ShiTai 等人通过对 T2DM 患者长期随访，发现 TyG 指数与 T2DM 患者心血管事件发病率显著相关，一项队列研究表明 TyG 指数升高是 T2DM 患者缺血性卒中的独立预测指标<sup>[22]</sup>。

综上，TyG 指数只需要获取简单的生化指标即可计算得出，由于其简便性、可靠性以及适用性，被用于临床和流行病学研究，部分研究结果表明 TyG 指数与糖尿病、糖尿病慢性并发症可能存在关联，而内脏脂肪与 IR、T2DM、多种代谢性疾病及心脑血管等疾病相关，目前国内少有 TyG 指数与内脏脂肪的相关性研究，本研究通过定量 CT 获取 VFA，旨在探索 TyG 指数与 T2DM 患者内脏脂肪及 DKD 的关系，为 T2DM 患者内脏脂肪及 DKD 的临床管理提供理论依据。

## 第 2 章 对象与方法

### 2.1 研究对象

选取在 2020 年 7 月-2023 年 11 月在南昌大学第一附属医院内分泌科住院的 T2DM 患者共 549 例，男性 310 例（56.5%），女性 239 例（43.5%）。纳入标准：（1）符合 WHO（1999 年）糖尿病诊断标准的患者或既往诊断为 T2DM 的患者；（2）年龄 $\geq 18$  岁；（3）数据资料齐全。排除标准：（1）T2DM 以外的其他类型糖尿病；（2）伴有感染性疾病或恶性肿瘤；（3）伴有糖尿病急性并发症；（4）妊娠妇女；（5）临床资料不完整。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 一般资料及体格检查

收集研究对象的性别、年龄、T2DM 病程、身高、体重、WC、臀围（hip circumference, HC）、收缩压（systolic blood pressure, SBP）、舒张压（diastolic blood pressure, DBP）。体重、身高的测量：研究对象脱鞋、取帽立于体重秤上，测量其身高、体重；腰围、臀围的测量：研究对象取自然站立位，嘱其平静呼吸，将无弹性的软尺置于脐水平线上紧贴皮肤绕腹 1 周测量腰围，将软尺置于臀部最突出位置并沿水平方向绕臀测量臀围。血压的测量：研究对象晨起安静休息 30 分钟后取坐位，将血压计、右手臂、心脏处于同一水平位置后，采用全自动臂式血压计测量血压。

#### 2.2.2 实验室指标

研究对象入院后第二天清晨空腹采集静脉血：测定总胆固醇（total cholesterol, TC）、TG、低密度脂蛋白胆固醇（low density lipoprotein Cholesterol, LDL-C）、高密度脂蛋白胆固醇（high density lipoprotein Cholesterol, HDL-C）、FPG、肌酐（creatinine, Cr）、尿酸（uric acid, UA）、空腹 C 肽（fasting C peptide, FCP）、糖化血红蛋白（glycosylated hemoglobin A1c, HbA1c）。

### 2.2.3 内脏脂肪面积

研究对象入院后通过定量 CT 测定 VFA: 采用美国 GE 公司的 CT680 系列 CT 机,选取研究对象腰椎 (L2) 层面测量其 VFA。

## 2.3 疾病诊断标准、指标计算及其他定义

### 2.3.1 疾病诊断

糖尿病诊断标准: 典型糖尿病症状 (烦渴多饮、多尿、多食和不明原因体重下降) 加上随机血糖  $\geq 11.1\text{mmol/l}$  或加上 FPG  $\geq 7.0\text{mmol/l}$  或加上口服葡萄糖耐量试验 (oral glucose tolerance test, OGTT) 2 小时血糖  $\geq 11.1\text{mmol/l}$ ; 如无糖尿病症状需再测一次予证实, 诊断才能成立。

DKD 诊断标准: 是指持续存在尿白蛋白/肌酐比值高于  $30\text{mg/g}$ , 和 (或) 估算肾小球滤过率低于  $60\text{ml/min/1.73m}^2$ , 超过 3 个月, 同时排除其他原因所致肾功能不全。

腹型肥胖诊断标准: 中国参考 WHO 标准, 将  $\text{VFA} \geq 80\text{cm}^2$  诊断为腹型肥胖<sup>[23]</sup>

### 2.3.2 指标计算

改良 HOMA-IR =  $1.5 + \text{FPG} (\text{mmol/L}) \times \text{FCP} (\text{pmol/L}) / 2800$ <sup>[24]</sup>

TyG 指数 =  $\text{Ln} [\text{TG} (\text{mg/dL}) \times \text{FPG} (\text{mg/dL}) / 2]$ <sup>[17]</sup>

### 2.3.3 其他定义

血糖控制不佳:  $\text{HbA1c} \geq 7\%$  定义为血糖控制不佳<sup>[25]</sup>

高胰岛素抵抗: 以改良 HOMA-IR 中位数 (2.55) 为界值, 改良 HOMA-IR  $\geq 2.55$  定义为高胰岛素抵抗

## 2.4 统计学方法

运用 SPSS 25.0 统计软件进行统计分析。计数资料用率或百分比表示, 计数资料的组间比较采用  $\chi^2$  检验; 符合正态分布的计量资料用均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 两组间均数的比较采用 t 检验, 非正态分布的计量资料用中位数 (四分位间距)  $[M(P_{25}, P_{75})]$  表示, 两组间中位数的比较采取秩和检验; 两变量的相关性

采用 Spearman 相关性分析；采用二元 Logistic 回归分别分析 TyG 指数与 T2DM 患者腹型肥胖、DKD 的关系，以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 第3章 结果

### 3.1 基线资料特征

#### 3.1.1 不同 TyG 指数组临床指标的比较

根据 TyG 指数四分位间距分为四组, Q1 组 (TyG 指数 $\leq 7.77$ )、Q2 组 ( $7.77 < \text{TyG 指数} \leq 8.31$ )、Q3 组 ( $8.31 < \text{TyG 指数} \leq 8.88$ )、Q4 组 (TyG 指数 $> 8.88$ ), Q4 组的体重、WC、HC、UA、FPG、FCP、TC、TG、LDL-C 高于 Q1 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), Q4 组的年龄、HDL-C 低于 Q1 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 四组间性别、身高、T2DM 病程、SBP、DBP、Cr 差异无统计学意义。(表 1)

表 1 不同 TyG 指数组基线资料的比较

变量	Q1 组(n=137)	Q2 组(n=138)	Q3 组(n=137)	Q4 组(n=137)	P
年龄(岁)	64.00 (57.00-70.00)	62.00 (53.00-71.00)	60.00 (54.00-68.00)	56.00 (48.00-66.00) <sup>ab</sup>	<0.001
性别(男/女)	74/63	82/56	76/61	78/59	0.827
身高(cm)	162.00 (155.00-167.00)	163.00 (156.00-168.00)	162.00 (155.00-170.00)	162.00 (157.00-170.00)	0.270
体重(kg)	59.00 (50.00-64.00)	62.50 (55.00-70.00) <sup>a</sup>	62.00 (55.00-70.00) <sup>a</sup>	65.00 (58.00-74.50) <sup>a</sup>	<0.001
WC(cm)	83.00 (77.00-89.00)	87.00 (81.00-94.00) <sup>a</sup>	88.50 (83.50-93.00) <sup>a</sup>	90.50 (85.00-98.50) <sup>ab</sup>	<0.001
HC(cm)	90.00 (87.00-94.00)	93.00 (88.00-97.00) <sup>a</sup>	93.00 (89.00-97.00) <sup>a</sup>	94.00 (90.00-98.00) <sup>a</sup>	<0.001
T2DM 病程(年)	9.00 (4.00-14.00)	7.00 (3.00-13.00)	9.00 (2.00-14.00)	6.00 (1.00-13.00) <sup>a</sup>	0.162
SBP(mmHg)	133.00 (118.00-148.00)	132.50 (118.00-145.00)	131.00 (117.00-146.00)	133.00 (120.00-145.00)	0.940
DBP(mmHg)	73.00 (64.00-81.00)	74.00 (66.00-83.00)	74.00 (67.00-81.00)	78.00 (69.00-87.00)	0.250
Cr(mmol/L)	60.90 (52.90-76.70)	67.70 (54.70-83.00)	63.70 (50.70-81.20)	65.90 (53.60-85.50)	0.293

### 第 3 章 结果

UA(mmol/L)	293.50 (248.40-354.00)	338.80 (271.00-395.80) <sup>a</sup>	325.00 (261.20-397.90) <sup>a</sup>	352.20 (282.00-417.30) <sup>a</sup>	<0.001
FPG(mmol/L)	5.65 (4.60-6.97)	7.08 (5.88-8.80) <sup>a</sup>	9.25 (7.09-10.89) <sup>ab</sup>	11.87 (8.91-14.60) <sup>abc</sup>	<0.001
FCP(ng/mL)	0.90(0.30-1.48)	1.07(0.25-2.28)	1.28(0.40-2.38) <sup>a</sup>	1.60(0.80-2.79) <sup>a</sup>	<0.001
TC(mmol/L)	3.73(3.24-4.63)	4.32(3.4-5.01) <sup>a</sup>	4.5(3.89-5.15) <sup>a</sup>	5.17(4.47-5.87) <sup>abc</sup>	<0.001
TG(mmol/L)	0.83(0.65-1.01)	1.28(0.95-1.53) <sup>a</sup>	1.69(1.34-2.09) <sup>ab</sup>	3.23(2.13-4.91) <sup>abc</sup>	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.24(1.03-1.6)	1.11(0.9-1.29) <sup>a</sup>	1.04(0.89-1.29) <sup>a</sup>	0.97(0.8-1.15) <sup>abc</sup>	<0.001
LDL-C(mmol/L)	2.15(1.68-2.74)	2.56(1.9-3.28) <sup>a</sup>	2.72(2.22-3.09) <sup>a</sup>	2.87(2.22-3.48) <sup>ab</sup>	<0.001

注: a 表示与 Q1 相比,  $P < 0.008$ , b 表示与 Q2 相比,  $P < 0.008$ , c 表示与 Q3 相比,  $P < 0.008$

#### 3.1.2 T2DM 腹型肥胖组与 T2DM 非腹型肥胖组临床指标的比较

T2DM 腹型肥胖组的体重、WC、HC、SBP、DBP、Cr、UA、TG、FCP、改良 HOMA-IR、TyG 指数高于 T2DM 非腹型肥胖组, T2DM 腹型肥胖组的 HDL-C 低于 T2DM 非腹型肥胖组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 两组间年龄、性别、身高、T2DM 病程、FPG、HbA1c、TC、LDL-C 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

(表 2)

表 2 T2DM 腹型肥胖组与 T2DM 非腹型肥胖组一般资料的比较

指标	非腹型肥胖组(n=69)	腹型肥胖组(n=480)	$t/z/\chi^2$	$P$
年龄(岁)	58.00(51.00, 67.00)	61.00 (54.00, 69.00)	-1.309	0.19
性别(男/女)	35/34	275/205	1.058	0.304
身高(cm)	160.00 (155.00, 166.00)	162.00(156.00, 169.00)	-1.664	0.096
体重(kg)	50.00(44.00, 54.00)	63.25 (57.38, 70.62)	-10.131	<0.001
WC(cm)	75.40(69.50, 80.00)	89.00(83.38, 94.12)	-10.753	<0.001
HC(cm)	85.00 (82.70, 88.00)	94.00 (89.70, 97.00)	-10.421	<0.001
T2DM 病程(年)	7.00(2.00, 10.00)	8.00 (2.75, 14.00)	-0.913	0.361
SBP(mmHg)	120.00 (109.00, 135.00)	134.00 (120.00, 146.00)	-4.376	<0.001
DBP(mmHg)	72.00 (61.00, 77.00)	75.00 (67.00, 84.00)	-3.385	0.001
Cr(mmol/L)	57.30 (51.50, 72.70)	66.25 (53.50, 82.55)	-2.380	0.017
UA(mmol/L)	272.30 (227.10, 342.50)	334.70(275.52, 397.68)	-4.236	<0.001
FPG(mmol/L)	7.90 (5.62, 11.17)	7.68(6.16, 10.60)	-0.512	0.609
FCP(ng/mL)	0.86 (0.20, 1.46)	1.23 (0.40, 2.38)	-3.151	0.002
HbA1c(%)	8.20 (6.60, 11.30)	8.10(6.70, 10.00)	-0.541	0.588

### 第 3 章 结果

改良 HOMA-IR	2.18(1.68, 2.95)	2.67 (1.83, 4.03)	-3.334	0.001
TC(mmol/L)	4.36 (3.47, 5.21)	4.50 (3.62, 5.24)	-0.774	0.439
TG(mmol/L)	0.85(0.63, 1.19)	1.53 (1.06, 2.28)	-7.408	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.41 (1.10, 1.72)	1.05 (0.88, 1.26)	-6.050	<0.001
LDL-C(mmol/L)	2.32 (1.77, 3.07)	2.62 (1.98, 3.20)	-1.661	0.097
TyG 指数	7.78 (7.42, 8.17)	8.37 (7.83, 8.93)	-5.471	<0.001

#### 3.1.3 DKD 组与非 DKD 组临床指标的比较

DKD 组的 T2DM 病程、SBP、Cr、UA、TG、FCP、改良 HOMA-IR、TyG 指数高于非 DKD 组，差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )，两组间性别、身高、体重、WC、HC、DBP、FPG、HbA1c、TC、HDL-C、LDL-C 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。(表 3)

表 3 DKD 组与非 DKD 组一般资料的比较

指标	非 DKD 组(n=369)	DKD 组(n=180)	$t/z/\chi^2$	$p$
性别(男/女)	206/163	104 /76	0.187	0.733
年龄 (岁)	61.00 (53.00, 69.00)	61.50 (54.00, 69.00)	-0.827	0.408
身高(cm)	162.00 (156.00, 168.00)	162.50 (155.00, 170.00)	-0.289	0.773
体重(kg)	61.00 (55.00, 69.00)	62.75 (55.00, 71.12)	-1.038	0.299
WC(cm)	87.00 (82.00, 92.00)	90.00 (82.00, 95.12)	-1.943	0.052
HC(cm)	92.00 (88.00, 97.00)	93.00 (88.00, 97.00)	-0.642	0.521
T2DM 病程(年)	7.00 (2.00, 12.00)	10.00 (4.75, 15.00)	-3.992	<0.001
SBP(mmHg)	131.00 (118.00, 143.00)	136.50 (119.00, 152.00)	-2.843	0.005
DBP(mmHg)	74.00 (66.00, 83.00)	75.00 (67.75, 83.25)	-0.694	0.488
Cr(mmol/L)	61.10 (51.70, 73.70)	81.00 (57.50, 113.58)	-7.482	<0.001
UA(mmol/L)	317.70 (263.50, 381.90)	353.15 (272.28, 442.80)	-3.266	0.001
FPG(mmol/L)	7.43 (6.10, 10.51)	8.00 (6.27, 11.01)	-1.347	0.178
FCP(ng/mL)	1.06 (0.30, 2.03)	1.46 (0.58, 2.63)	-2.563	0.01
HbA1c(%)	7.90 (6.70, 10.00)	8.40 (6.97, 10.15)	-1.920	0.055
改良 HOMA-IR	2.43 (1.76, 3.57)	2.85 (2.01, 4.35)	-2.875	0.004
TC(mmol/L)	4.47 (3.57, 5.21)	4.55 (3.60, 5.34)	-0.840	0.401
TG(mmol/L)	1.39 (0.96, 2.06)	1.52 (1.02, 2.38)	-1.988	0.047
HDL-C(mmol/L)	1.11 (0.89, 1.33)	1.06 (0.89, 1.29)	-0.938	0.348
LDL-C(mmol/L)	2.62 (1.96, 3.19)	2.52 (1.93, 3.13)	-0.291	0.771



TyG 指数	8.27 (7.74, 8.83)	8.38 (7.82, 9.04)	-2.065	0.039
--------	-------------------	-------------------	--------	-------

### 3.2 不同 TyG 指数间血糖控制不佳、高胰岛素抵抗、腹型肥胖及 DKD 发生率的比较

在 T2DM 患者中，血糖控制不佳 ( $\chi^2_{趋势}=53.359$ ,  $P_{trend}<0.001$ )、高胰岛素抵抗 ( $\chi^2_{趋势}=71.468$ ,  $P_{trend}<0.001$ ) 及腹型肥胖 ( $\chi^2_{趋势}=28.585$ ,  $P_{trend}<0.001$ ) 的发生率随着 TyG 指数升高呈逐渐升高的趋势，趋势有统计学意义 ( $P_{trend}<0.05$ )。(表 4、图 1)

表 4 不同 TyG 指数组血糖控制不佳、高胰岛素抵抗、腹型肥胖及 DKD 的发生率比较

变量	Q1	Q2	Q3	Q4	$P_{trend}$
血糖控制不佳[n(%)]	68(49.6%)	90(65.2%) <sup>a</sup>	98(71.5%) <sup>a</sup>	124(90.5%) <sup>abc</sup>	<0.001
高胰岛素抵抗[n(%)]	31(22.6%)	64(46.4%) <sup>a</sup>	81(59.1%) <sup>a</sup>	99(72.3%) <sup>ab</sup>	<0.001
腹型肥胖[n(%)]	103(75.2%)	119(86.2%)	127(92.7%) <sup>a</sup>	131(95.6%) <sup>ab</sup>	<0.001
DKD[n(%)]	37(27.0%)	45(32.6%)	48(35.0%)	50(36.5%)	0.085

注: a 表示与 Q1 相比,  $P<0.008$ , b 表示与 Q2 相比,  $P<0.008$ , c 表示与 Q3 相比,  $P<0.008$ 。  $P_{trend}<0.05$ , 表示随着 TyG 指数从 Q1 到 Q4 逐渐升高, 变量的趋势变化有统计学意义。

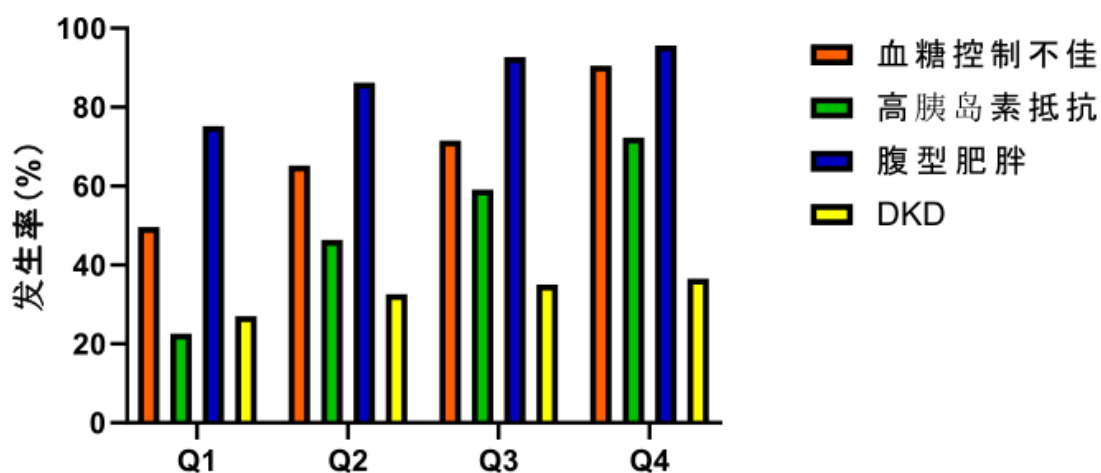


图 1 不同 TyG 指数间血糖控制不佳、高胰岛素抵抗、腹型肥胖及 DKD 发生率

### 3.3 TyG 指数与临床指标的相关性

Spearman 相关性分析显示: TyG 指数与身高、体重、WC、HC、TC、VFA、DBP、UA、FPG、FCP、HbA1c、改良 HOMA-IR、TC、TG、LDL-C 呈正相关

( $P<0.05$ ), 与年龄、HDL-C 呈负相关 ( $P<0.01$ )。(表 5)

表 5 TyG 指数与临床指标的相关性

指标	<i>R</i>	<i>P</i>
年龄	-0.218	<0.001
身高	0.095	0.025
体重	0.281	<0.001
WC	0.309	<0.001
HC	0.210	<0.001
T2DM 病程	-0.077	0.072
SBP	-0.013	0.758
DBP	0.148	<0.001
Cr	0.05	0.241
UA	0.196	<0.001
FPG	0.683	<0.001
FCP	0.185	<0.001
HbA1c	0.421	<0.001
改良 HOMA-IR	0.394	<0.001
TC	0.414	<0.001
TG	0.845	<0.001
HDL-C	-0.360	<0.001
LDL-C	0.257	<0.001
VFA	0.334	<0.001

### 3.4 T2DM 腹型肥胖影响因素的 logistic 回归分析

以是否合并腹型肥胖为因变量, 分别以性别、年龄、T2DM 病程、身高、体重、WC、HC、SBP、舒张压、DBP、Cr、UA、FPG、FCP、HbA1c、TC、TG、LDL-C、HDL-C、TyG 指数为自变量, 进行单因素 logistic 回归分析, 结果示: 体重、WC、HC、SBP、DBP、TG、UA、TyG 指数是 T2DM 腹型肥胖的危险因素 ( $P<0.05$ ), HDL-C 是 T2DM 腹型肥胖的保护因素 ( $P<0.05$ )。(表 6)

继续以是否合并腹型肥胖作为因变量, 将单因素 logistic 回归有统计学意义的指标: 体重、WC、HC、SBP、DBP、UA、TG、HDL-C、TyG 指数进行多因素 logistic 回归分析, 结果示: 体重 ( $OR=1.076$ ,  $95\%CI$  1.019-1.135,  $P=0.008$ )、

第 3 章 结果

WC ( $OR=1.138$ , 95% $CI$  1.063-1.218,  $P<0.001$ )、TyG 指数 ( $OR=1.894$ , 95% $CI$  1.016-3.532,  $P=0.044$ ) 是 T2DM 腹型肥胖的独立危险因素。(表 7)

表 6 T2DM 腹型肥胖的单因素回归分析

指标	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>Wald</i>	<i>P</i>	<i>OR</i>	95 % <i>CI</i>
年龄	0.010	0.011	0.783	0.376	1.010	0.998-1.032
性别	-0.265	0.258	1.054	0.305	0.767	0.463-1.272
身高	0.013	0.011	1.488	0.222	1.013	0.992-1.035
体重	0.178	0.021	74.140	<0.001	1.195	1.147-1.244
WC	0.226	0.025	82.864	<0.001	1.254	1.194-1.317
HC	0.309	0.037	70.359	<0.001	1.362	1.267-1.465
T2DM 病程	0.017	0.019	0.793	0.373	1.017	0.980-1.056
SBP	0.033	0.007	20.763	<0.001	1.033	1.019-1.048
DBP	0.042	0.011	13.675	<0.001	1.043	1.020-1.067
Cr	0.002	0.003	0.382	0.536	1.002	0.996-1.009
UA	0.006	0.002	13.894	<0.001	1.006	1.003-1.009
FPG	0.010	0.033	0.089	0.765	1.010	0.947-1.077
FCP	-0.004	0.006	0.465	0.495	0.996	0.984-1.008
HbA1c	-0.073	0.053	1.925	0.165	0.930	0.838-1.031
改良 HOMA-IR	-0.003	0.007	0.242	0.623	0.997	0.983-1.010
TC	0.088	0.109	0.647	0.421	1.091	0.882-1.351
TG	0.986	0.229	18.470	<0.001	2.679	1.709-4.200
HDL-C	-1.305	0.290	20.192	<0.001	0.271	0.154-0.479
LDL-C	0.181	0.141	1.642	0.2	1.199	0.908-1.582
TyG 指数	1.008	0.186	29.421	<0.001	2.741	1.904-3.946

表 7 T2DM 腹型肥胖的多因素回归分析

变量	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>Wald</i>	<i>P</i>	<i>OR</i>	95 % <i>CI</i>
体重	0.073	0.027	7.094	0.008	1.076	1.019-1.135
WC	0.129	0.035	13.994	<0.001	1.138	1.063-1.218
HC	0.069	0.056	1.507	0.220	1.071	0.960-1.196
SBP	0.020	0.011	3.171	0.075	1.020	0.998-1.042
DBP	0.011	0.020	0.320	0.572	1.011	0.973-1.051
UA	0.000	0.002	0.047	0.829	1.000	0.997-1.004

TG	-0.058	0.184	0.100	0.752	0.944	0.658-1.353
HDL-C	-0.178	0.342	0.272	0.602	0.837	0.428-1.634
TyG 指数	0.639	0.318	4.038	0.044	1.894	1.016-3.532

### 3.5 DKD 影响因素的 logistic 回归分析

以是否存在 DKD 为因变量, 分别以性别、年龄、T2DM 病程、身高、体重、WC、HC、SBP、舒张压、DBP、UA、FPG、FCP、HbA1c、TC、TG、LDL-C、HDL-C、TyG 指数为自变量, 进行单因素 logistic 回归分析, 结果示: T2DM 病程、SBP、TG、UA、TyG 指数为 DKD 的危险因素 ( $P < 0.05$ )。(表 8)

继续以是否存在 DKD 为因变量, 将单因素 logistic 回归有统计学意义的指标: T2DM 病程、SBP、TG、UA、TyG 指数以及两组间存在差异的指标: FCP、改良 HOMA-IR 进行多因素 logistic 回归分析, 结果示: TyG 指数 ( $OR=1.465$ ,  $95\%CI$  1.001-2.144,  $P=0.049$ )、T2DM 病程 ( $OR=1.052$ ,  $95\%CI$  1.024-1.080,  $P < 0.001$ )、SBP ( $OR=1.013$ ,  $95\%CI$  1.004-1.023,  $P=0.006$ )、UA ( $OR=1.003$ ,  $95\%CI$  1.001-1.005,  $P=0.002$ ) 是 DKD 的独立危险因素。(表 9)

表 8 DKD 的单因素回归分析

指标	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>Wald</i>	<i>P</i>	<i>OR</i>	<i>95%CI</i>
性别	-0.080	0.184	0.187	0.665	0.924	0.644-1.324
年龄	0.008	0.008	1.044	0.307	1.008	0.992-1.024
身高	-0.012	0.009	1.740	0.187	0.988	0.971-1.006
体重	0.007	0.008	0.747	0.387	1.007	0.992-1.022
WC	0.015	0.009	2.788	0.095	1.015	0.997-1.034
HC	0.006	0.013	0.204	0.651	1.006	0.980-1.032
T2DM 病程	0.051	0.013	14.981	<0.001	1.052	1.026-1.080
SBP	0.014	0.005	8.848	0.003	1.014	1.005-1.020
DBP	0.005	0.007	0.483	0.487	1.005	0.991-1.020
UA	0.004	0.001	14.428	<0.001	1.004	1.002-1.005
FPG	0.031	0.022	2.019	0.155	1.032	0.998-1.078
FCP	0.002	0.006	0.092	0.762	1.002	0.991-1.013
HbA1c	0.074	0.038	3.689	0.055	1.076	0.998-1.160
改良 HOMA-IR	0.002	0.006	0.081	0.775	1.002	0.990-1.014
TC	0.090	0.074	1.494	0.222	1.094	0.947-1.264

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/318022035010006030>