

TyG指数与2型糖尿病合并超重肥胖的影响因素分析

韶龙格*, 魏 枫[#]

内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院内分泌科, 内蒙古 包头

收稿日期: 2025年1月24日; 录用日期: 2025年2月17日; 发布日期: 2025年2月27日

摘 要

目的: 分析成年人甘油三酯葡萄糖乘积(TyG)指数与2型糖尿病(T2DM)伴超重/肥胖状况之间的影响因素。方法: 本研究选取60例T2DM伴超重/肥胖的患者组成患病组, 同时选取30名健康个体构成健康对照组。收集两组的基本信息、检验参数指标, 行统计学分析。结果: 健康组与患病组在TyG指数、甘油三酯水平(TG)、空腹血糖值(FPG)、体重指数(BMI)、糖化血红蛋白(HbA1c)、红细胞计数(RBC)及空腹C肽浓度(FCP)等指标方面有显著差异。TyG指数、BMI的升高以及HbA1c的上升伴随RBC的下降, 是T2DM伴超重/肥胖的独立风险因素。ROC曲线下面积(AUC)为0.841。结论: TyG指数在T2DM伴超重/肥胖人群的诊断与预测中发挥着重要作用。

关键词

TyG指数, T2DM, 超重肥胖, 影响因素

Analysis of the Influencing Factors of TyG Index and T2DM Combined with Overweight and Obesity

Longge Shao*, Feng Wei[#]

Department of Endocrinology, The First Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou Inner Mongolia

Received: Jan. 24th, 2025; accepted: Feb. 17th, 2025; published: Feb. 27th, 2025

*第一作者。

[#]通讯作者。

文章引用: 韶龙格, 魏枫. TyG 指数与 2 型糖尿病合并超重肥胖的影响因素分析[J]. 临床个性化医学, 2025, 4(1): 636-641.
DOI: 10.12677/jcpm.2025.41093

Abstract

Objective: To analyze the influencing factors between adult triglyceride glucose product (TyG) index and type 2 diabetes mellitus (T2DM) with overweight and obesity. **Methods:** In this study, 60 patients with T2DM with overweight and obesity were selected to form the disease group, and 30 healthy individuals were selected to form the healthy control group to collect basic information of the two groups. The parameters were tested and the difference was compared by binary and multi-factor Logistic regression ROC curve. **Results:** TyG index, triglyceride level (TG), fasting blood glucose value (FPG), body mass index (BMI), glycosylated hemoglobin (HbA1c) in the healthy group and the diseased group. There were significant differences in red blood cell count (RBC) and fasting C-peptide concentration (FCP), and the increase of TyG BMI and HbA1c were accompanied by the decrease of RBC. The area under ROC curve (AUC) of T2DM with overweight and obesity was 0.841. **Conclusion:** TyG index plays an important role in the diagnosis and prediction of T2DM patients with overweight and obesity.

Keywords

TyG Index, T2DM, Overweight and Obese, Influencing Factor

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会经济的增长和人们生活质量的提升,由此导致的不良生活习惯的形成,已促使超重与肥胖现象在全球范围内广泛流行[1]。目前,全年龄段超重肥胖患病率的急剧增加是 T2DM 人口呈指数增长的主要原因之一。T2DM 与超重肥胖、衰老、种族和家族史等因素密切相关,占全世界 90% 以上的糖尿病[2]。据研究,2021 年全球确诊糖尿病的人数已经激增至 5.37 亿。预计在 2030 年增长至 6.43 亿,并有迹象表明在 2045 年继续上升至 7.83 亿。到 2030 年,世界人口(超过 10 亿人)中男性中的 14% 和女性中的 20% 患有肥胖症,成年人肥胖症比例为 18%、II 度肥胖($\text{BMI} \geq 35 \text{ kg/m}^2$)为 6%、III 度肥胖($\text{BMI} \geq 40 \text{ kg/m}^2$)为 2% [3]。TyG 指数体现了葡萄糖和甘油三酯的测量值,可以深入了解患者整体的代谢状态[4]。然而,目前对葡萄糖和脂质紊乱及其对 2 型糖尿病(T2DM)合并超重肥胖患者具体影响的研究依然甚少。

2. 研究对象与研究方法

2.1. 研究对象

本研究选取 22 年 12 月至 23 年 8 月,就诊地点为包头医学院第一附属医院,就诊科室为内分泌代谢科的 60 例 T2DM 合并超重肥胖患者作为患病组。纳入标准:1) 满足 T2DM 诊断[5]; 2) 满足超重肥胖[6]; 3) 满足成年。此外,作为对照选取 30 名健康个体为健康组。排除标准:1) 患有 T1DM、GDM、MODY 等其它类型糖尿病患者; 2) 心、肝、肾功能严重不全者; 3) 消化系统疾病、自身免疫性疾病、恶性占位性病变、精神心理疾病、长期酗酒、除糖尿病以外的其他对血糖有明显影响的内分泌疾病者; 4) 哺乳期妇女; 5) 数据不全致后期无法分析者。医院伦理审查委员会审核通过且签署知情同意书。

2.2. 资料收集

2.2.1. 一般资料收集

通过问诊的方式获取患病组患者及健康组人群的病例一般资料(包括性别、年龄、身高、体重)。

2.2.2. 实验室指标检测

12 小时禁食后, 研究参与者(患病组及健康组)抽取 2 毫升静脉血, 检测部分生化指标、空腹 C 肽水平(FCP)、血常规指标。

2.2.3. 二次计算指标

BMI 为体重与身高的平方相除(kg/m^2); TyG 指数为 $\ln[\text{甘油三酯浓度(TG)} \times \text{空腹血糖值(FPG)}]$ 的乘积除以 2 [7] (TG、FPG 的单位均为 mg/dl)。

2.3. 研究对象分组

根据是否患有 T2DM 合并超重肥胖将有 T2DM 合并超重肥胖的患者分为患病组, 将无 T2DM 合并超重肥胖的患者分为健康组。

2.4. 数据统计分析

临床数据的进一步分析使用 SPSS 25.0 统计软件。计数型数据以 n 及百分比(%)的形式呈现, 使用 χ^2 检验比较患病组和健康组的差异; 连续型数据资料进行正态性检验。其中符合正态分布的资料运用 t 检验(呈现为 $\bar{x} \pm s$); 非正态的采用 Mann-Whitney U 检验[呈现为 $M (P25, P75)$]; 后选择有统计意义的指标建立二元多因素 Logistic 回归模型分析, 绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 计算曲线下面积(AUC)。以 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

3. 结果

3.1. 差异性分析

本研究患者入组人数共 90 例(含患病组与健康组)。患病组共 60 例, 男性 37 例(占 33.33%), 女性 23 例(占 66.67%); 健康组有 30 例, 男性 20 例(占 61.67%), 女性 10 例(占 38.33%)。

性别采用 χ^2 检验进行分析; Age: 年龄(years)、TyG 指数: 甘油三酯葡萄糖指数、BMI: 体重指数(kg/m^2)、HbA1c: 糖化血红蛋白(%), Hb: 血红蛋白(g/L)、RBC: 红细胞计数($\times 10^{12}/\text{L}$)、MCV: 红细胞平均体积(fl)、MCH: 红细胞平均血红蛋白含量(pg)、WBC: 白细胞计数($\times 10^9/\text{L}$)、PLT: 血小板计数($\times 10^9/\text{L}$)、MPV: 血小板平均体积(fl)、HCT: 红细胞压积采用 t 检验; TG: 甘油三酯(mmol/L)、FPG: 空腹血糖(mmol/L)、FCP: 空腹 C 肽(mmol/L)采用 Mann-Whitney U 检验。

结果(见表 1): 两组性别与年龄无显著差异(P 值 > 0.05)。而在 TG、TyG 指数、FPG、BMI、HbA1c、FCP、RBC 等指标上, 两组存在统计学上的显著差异(P 值 < 0.05)。另外, 两组间差异无统计学意义的指标还包括 PLT、HCT、MCV、Hb、MCH、MPV、WBC (P 值 > 0.05)。

3.2. 二元多因素 Logistics 回归分析

探究影响 T2DM 合并超重肥胖状况的因素采取多因素 Logistics 回归分析来进行。设定 T2DM 合并超重肥胖的有无为因变量(其中无 T2DM 合并超重肥胖赋值为 0、有 T2DM 合并超重肥胖赋值为 1), 同时将上述单因素分析中表现有显著差异的指标, 包括 TyG 指数、BMI、FCP、HbA1c、RBC 等 5 项指标一并纳入多因素 Logistic 回归模型中, 结果(见表 2)显示: BMI、HbA1c、TyG 指数越高, 是 T2DM 合并超

重肥胖的独立影响因素(正相关)；RBC 是它负相关的独立因素。

Table 1. Comparison of general data and clinical and calculated indicators between the two groups
表 1. 两组一般资料及临床及计算指标的比较

	合计(N = 90)	0 组(N = 30)	1 组(N = 60)	$\chi^2/t/z$	P
性别				0.215	0.643
男	57 (63.333%)	20 (66.67%)	37 (61.67%)		
女	33 (36.67%)	10 (33.33%)	23 (38.33%)		
Age	43.11 ± 13.61	40.43 ± 13.57	44.45 ± 13.55	-1.325	0.188
BMI	26.17 ± 4.08	24.19 ± 3.55	27.16 ± 3.98	-3.444	0.001
HbA1c	8.14 ± 2.62	6.18 ± 1.63	9.13 ± 2.47	-5.935	<0.001
FPG	7.50 [5.80; 10.97]	5.85 [5.10; 7.07]	9.80 [6.27; 11.67]	-4.148	<0.001
FCP	1.65 [1.26; 2.48]	1.48 [1.25; 1.67]	2.11 [1.30; 3.01]	-2.726	0.006
Hb	151.09 ± 19.11	149.03 ± 11.18	152.12 ± 22.05	-0.72	0.474
RBC	5.07 ± 0.57	5.26 ± 0.42	4.97 ± 0.61	2.355	0.021
WBC	7.09 ± 2.69	6.54 ± 1.54	7.36 ± 3.09	-1.365	0.176
PLT	229.77 ± 69.65	213.50 ± 43.11	237.90 ± 78.75	-1.58	0.118
HCT	0.44 ± 0.04	0.44 ± 0.02	0.43 ± 0.05	0.85	0.398
MCV	87.27 ± 4.24	87.51 ± 2.76	87.15 ± 4.83	0.371	0.712
MCH	30.25 ± 2.43	30.40 ± 1.79	30.17 ± 2.71	0.409	0.684
MPV	10.41 ± 1.00	10.17 ± 0.78	10.53 ± 1.08	-1.647	0.103
TG	1.50 [1.25; 3.04]	1.28 [1.10; 1.43]	2.12 [1.35; 4.02]	-4.657	<0.001
TyG	7.86 ± 1.02	7.12 ± 0.42	8.23 ± 1.03	-5.623	<0.001

注：缩略词及单位同上文。

Table 2. Multivariate logistic regression analysis of the risk factors of overweight and obesity associated with T2DM
表 2. 多因素逻辑回归分析 T2DM 合并超重肥胖的危险因素

	B	SE	Wald	P	OR	95% CI	
BMI	0.227	0.101	5.046	0.025	1.254	1.029	1.529
HbA1c	0.608	0.197	9.562	0.002	1.838	1.250	2.702
FCP	0.684	0.391	3.056	0.080	1.982	0.920	4.266
RBC	-1.701	0.729	5.446	0.020	0.182	0.044	0.761
TyG	1.552	0.757	4.207	0.040	4.723	1.071	20.820
常量	-13.572	7.029	3.728	0.053	0.001		

注：缩略词及单位同上文，B：回归系数；SE：回归系数的标准误；OR：优势比；CI：置信区间。

3.3. TyG 指数对于 T2DM 合并超重肥胖患病风险的预测价值

为了探讨 TyG 指数是否对 T2DM 合并超重肥胖患病风险有预测价值，绘制 ROC 曲线，结果(见图 1)：ROC^{AUC} 的值为 0.841，截断值为 7.42 时，敏感度 = 78.30%，特异度 = 83.30%，阳性预测值 65.80%、

阴性预测值 78.30%, 这表明 TyG 指数可以作为 T2DM 合并超重肥胖疾病的预测和诊断指标。

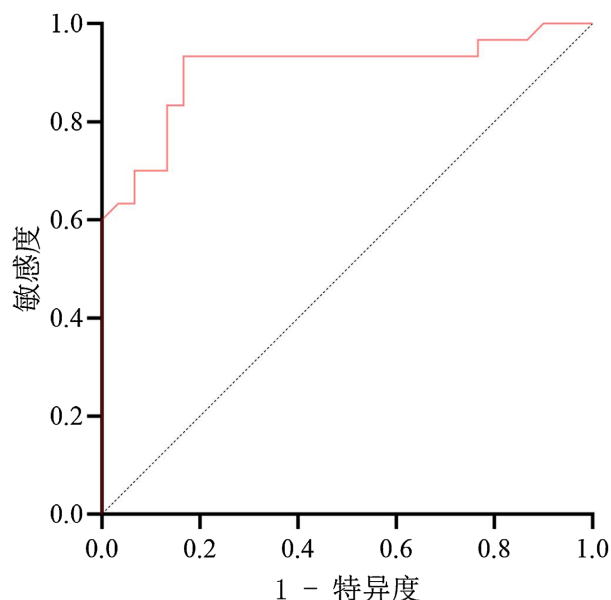


Figure 1. ROC curve of TyG index prediction and diagnosis of T2DM with overweight and obesity

图 1. TyG 指数预测及诊断 T2DM 合并超重肥胖的 ROC 曲线

4. 讨论

目前, T2DM 合并超重肥胖的发病率呈增长态势且发病机制多样复杂, 这给患者带来沉重的心理和经济负担。TyG 指数作为近年来研究的热门指标, 在胰岛素抵抗、肾功能和心血管损伤等疾病损伤方面十分重要[8]。同时, 甘油三酯 - 葡萄糖指数、血糖水平、代谢综合征与肥胖症的全因死亡率密切相关[9]。

本研究差异性分析显示, 两组 BMI、HbA1c、FPG、FCP、RBC、TG、TyG 指数等指标相比较, 存在有统计学显著差异($P < 0.05$), 提示 BMI、FPG、FCP、RBC、HbA1c、TG、TyG 指数与 T2DM 合并超重肥胖存在一定联系; 多因素逻辑回归分析显示, TyG 指数、BMI、HbA1c 数值越高, RBC 数值越低是出现 T2DM 合并超重肥胖的独立影响因素($P < 0.05$)。ROC 曲线: TyG 指数能较好地帮助 T2DM 合并超重肥胖患者预测和诊断。糖尿病患者的血糖控制状况与多项生化指标紧密相关, 这些指标包括胰岛素抵抗、血糖水平、C 肽浓度、胰岛素含量以及糖化血红蛋白值等[10]。TyG 指数可作为胰岛素抵抗的评估指标, 通过将 TG 和 FPG 两种生化指标乘积结合的方式来衡量检测者胰岛素的敏感性[11] [12]。胰岛素抵抗是 2 型糖尿病[13]、肥胖[14]、心血管疾病[15]等多种代谢疾病的重要危险因素。

综上所述, T2DM 合并超重肥胖与体重指数、糖化血红蛋白、空腹血糖、空腹 C 肽、红细胞计数、甘油三酯、甘油三酯葡萄糖指数存在一定联系, 其中 TyG 指数是 T2DM 合并超重肥胖疾病的预测及诊断指标。

本文基于研究人群的纳排标准进行数据指标和样本量的收集, 在表 1 中对健康组和患病组之间所有指标进行差异性分析, 表 2 进行两组上的多因素 Logistic 回归分析, 除 TyG 指数外, 同时还纳入了表 1 中有意义的指标: BMI、HbA1c、FCP、RBC 为混杂因素, 表 1 中其余无统计学意义的指标不纳入回归模型进行分析, 最终的结果显示: 在考虑混杂因素的影响后, TyG 指数依然是该病的独立危险因素。

本研究多因素逻辑回归中 BMI、HbA1c、TyG 指数越高, RBC 越低是 T2DM 合并超重肥胖的独立影响因素, 本文旨在探讨 TyG 指数对 T2DM 合并超重肥胖的影响, 基于表 2 多因素 Logistic 回归的结果,

在考虑了混杂因素的影响后, TyG 指数仍是该病的独立危险因素。因此, 重点针对 TyG 指数进行 ROC 曲线的绘制和相关参数的报告。同时, 由于本文样本量收集的客观条件限制, 最终纳入分析的人群有限, 收集汇总的研究指标也存在一定的局限性, 对于该病其他相关方面的指标, 可以在后续的研究中进一步通过扩大样本量、调整优化纳排标准来进行更深入的探索。

参考文献

- [1] Tsai, A.G. and Bessesen, D.H. (2019) Obesity. *Annals of Internal Medicine*, **170**, ITC33-ITC48. <https://doi.org/10.7326/aitc201903050>
- [2] International Diabetes Federation (IDF) (2022) IDF Diabetes Atlas. 10th Edition, International Diabetes Federation (IDF).
- [3] World Obesity Federation (2022) World Obesity Atlas 2022. World Obesity Federation.
- [4] Xu, L., Wu, M., Chen, S., Yang, Y., Wang, Y., Wu, S., *et al.* (2022) Triglyceride-Glucose Index Associates with Incident Heart Failure: A Cohort Study. *Diabetes & Metabolism*, **48**, Article 101365. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2022.101365>
- [5] Alberti, K.G.M.M. and Zimmet, P.Z. (1998) Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and Its Complications. Part 1: Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Provisional Report of a WHO Consultation. *Diabetic Medicine*, **15**, 539-553. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9136\(199807\)15:7<539::aid-dia668>3.0.co;2-s](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9136(199807)15:7<539::aid-dia668>3.0.co;2-s)
- [6] 中国营养学会肥胖防控分会, 中国营养学会临床营养分会, 中华预防医学会行为健康分会, 等. 中国居民肥胖防治专家共识[J]. 中国预防医学杂志, 2022, 23(5): 321-339.
- [7] Su, W., Wang, J., Chen, K., Yan, W., Gao, Z., Tang, X., *et al.* (2024) A Higher TyG Index Level Is More Likely to Have Enhanced Incidence of T2DM and HTN Comorbidity in Elderly Chinese People: A Prospective Observational Study from the Reaction Study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **16**, Article No. 29. <https://doi.org/10.1186/s13098-024-01258-3>
- [8] Cui, C., Liu, L., Zhang, T., Fang, L., Mo, Z., Qi, Y., *et al.* (2023) Triglyceride-Glucose Index, Renal Function and Cardiovascular Disease: A National Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 325. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02055-4>
- [9] Pontiroli, A.E., Centofanti, L., Zakaria, A.S., Cerutti, S., Dei Cas, M., Paroni, R., *et al.* (2024) The Triglyceride-Glucose Index, Blood Glucose Levels, and Metabolic Syndrome Are Associated with All-Cause Mortality in Obesity. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, **18**, Article 103146. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2024.103146>
- [10] 秦劲松. II 型糖尿病患者血清胰岛素浓度与血糖、糖化血红蛋白、C 肽、血脂检测结果分析[J]. 现代诊断与治疗, 2013, 24(12): 2843-2843.
- [11] Lee, J., Kim, B., Kim, W., Ahn, C., Choi, H.Y., Kim, J.G., *et al.* (2021) Lipid Indices as Simple and Clinically Useful Surrogate Markers for Insulin Resistance in the U.S. Population. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 2366. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82053-2>
- [12] Simental-Mendía, L.E., Rodríguez-Morán, M. and Guerrero-Romero, F. (2008) The Product of Fasting Glucose and Triglycerides as Surrogate for Identifying Insulin Resistance in Apparently Healthy Subjects. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, **6**, 299-304. <https://doi.org/10.1089/met.2008.0034>
- [13] DeFronzo, R.A., Ferrannini, E., Groop, L., Henry, R.R., Herman, W.H., Holst, J.J., *et al.* (2015) Type 2 Diabetes Mellitus. *Nature Reviews Disease Primers*, **1**, Article No. 15019. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.19>
- [14] Kahn, B.B. and Flier, J.S. (2000) Obesity and Insulin Resistance. *Journal of Clinical Investigation*, **106**, 473-481. <https://doi.org/10.1172/jci10842>
- [15] Dang, K., Wang, X., Hu, J., Zhang, Y., Cheng, L., Qi, X., *et al.* (2024) The Association between Triglyceride-Glucose Index and Its Combination with Obesity Indicators and Cardiovascular Disease: NHANES 2003-2018. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 8. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02115-9>