

TyG、TyG-BMI、脂质比与中老年人高尿酸血症的相关性研究

谭识洁¹, 伊鹏飞², 胡传萌¹, 孟灿灿², 孙海玲^{2*}

¹济宁医学院临床医学院, 山东 济宁

²济宁医学院附属医院保健与国际医疗部, 山东 济宁

收稿日期: 2024年11月27日; 录用日期: 2024年12月21日; 发布日期: 2024年12月30日

摘要

目的: 探讨中老年人群甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇(triglyceride/high density lipoprotein cholesterol ratio, TG/HDL-C)、甘油三酯-葡萄糖乘积(riglyceride-glucose index, TyG)指数及TyG-BMI (ri-glyceride-glucose index-body mass index, TyG-BMI)与高尿酸血症(hyperuricemia, HUA)的相关性, 同时分析TG/HDL-C、TyG以及TyG-BMI预测HUA的能力。方法: 获取2022至01月01日至2023年6月30日健康体检中心年龄在45岁以上1165例受检者进行回顾性分析, 将研究对象分为HUA组(n = 139)和NUA组(n = 966), 分析两组间的人群的一般情况、生化指标、TG/HDL-C、TyG指数及TyG-BMI的差异。运用Logistic回归分析, ROC曲线分析TyG、TyG-BMI、脂质比与HUA的相关性。结果: Logistic回归分析显示, Logistic回归分析提示TG/HDL-C为HUA的危险因素, 在调整混杂因素后, 仍保持着这种关系。在TyG、TyG-BMI中也可发现类似的结果。ROC曲线分析显示, TyG指数、TG/HDL-C、TyG-BMI预测HUA的ROC曲线下面积分别为0.675、0.656、0.701、0.725 ($p < 0.001$)。结论: TG/HDL-C、TyG指数及TyG-BMI与HUA的关系密切, 均为HUA的危险因素。与TG/HDL-C比值、TyG指数相比, TyG-BMI对HUA诊断价值更高。

关键词

TG/HDL-C, TyG指数, TyG-BMI, 高尿酸血症

Study on the Correlation between TyG, TyG-BMI and Hyperuricemia and TG/HDL-C in middle-aged and elderly populations

Shijie Tan¹, Pengfei Yi², Chuanmeng Hu¹, Cancan Meng², Hailing Sun^{2*}

¹Clinical Medicine School of Jining Medical University, Jining Shandong

²Health and International Medical Department, Jining Medical College Affiliated Hospital, Jining Shandong

*通讯作者。

文章引用: 谭识洁, 伊鹏飞, 胡传萌, 孟灿灿, 孙海玲. TyG、TyG-BMI、脂质比与中老年人高尿酸血症的相关性研究[J]. 临床个性化医学, 2024, 3(4): 2306-2314. DOI: 10.12677/jcpm.2024.34329

Abstract

Objective: To investigate the correlation between triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio (TG/HDL-C), triglyceride glucose index (TyG), and TyG-BMI (TyG-BMI) and hyperuricemia (HUA) in middle-aged and elderly populations, and to analyze the predictive ability of TG/HDL-C, TyG, and TyG-BMI for HUA. **Method:** A retrospective analysis was conducted on 1165 subjects aged 45 and above at the Health Examination Center from January 1, 2022 to June 30, 2023. The study subjects were divided into HUA group (n = 139) and NUA group (n = 966), and the differences in general information, biochemical indicators, TG/HDL-C, TyG index, and TyG-BMI between the two groups were analyzed, using logistic regression analysis and ROC curve analysis to examine the correlation between TyG, TyG-BMI, lipid ratio, and HUA. **Result:** Logistic regression analysis showed that TG/HDL-C was a risk factor for HUA, and this relationship remained after adjusting for confounding factors. Similar results can also be found in TyG and TyG-BMI. ROC curve analysis showed that the areas under the ROC curves for predicting HUA using TyG index, TG/HDL-C, and TyG-BMI were 0.675, 0.656, 0.701, and 0.725, respectively ($p < 0.001$). **Conclusion:** TG/HDL-C, TyG index, and TyG-BMI are closely related to HUA and are all risk factors for HUA. Compared with the TG/HDL-C ratio and TyG index, TyG-BMI has higher diagnostic value for HUA.

Keywords

TG/HDL-C, TyG Index, TyG-BMI, Hyperuricemia

Copyright © 2024 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

HUA 以 UA 水平升高为特征, 通常归因于尿酸合成升高或尿酸消除减少。尿酸是嘌呤分解的副产物, 主要通过肾脏排出, 因为人体缺乏尿酸酶。嘌呤代谢中断、尿酸生成增加或排泄受损可导致尿酸失调, 导致各种并发症, 如痛风、肾结石、代谢综合征、高血压和心血管疾病[1]。它影响所有年龄和性别的患者, 其患病率在全球范围内呈上升趋势。截至 2016 年, 全球 HUA 患病率已达到 21% [2], HUA 因地理区域而异。例如, 在韩国, HUA 的患病率为 11.4% [3], 而在中国 18~59 岁的成年人中进行的一项调查显示, HUA 的患病率为 15% [4]。此外, HUA 对公共卫生构成严重威胁, 因为许多流行病学研究证实, 它是许多慢性疾病的重要危险因素, 包括痛风、心血管疾病、慢性肾病、高血压、代谢综合征等[5] [6], 对公共卫生构成严重威胁。胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)是与 HUA 密切相关的生理和病理过程。在评估 IR 时, 葡萄糖钳夹法被视为金标准。然而, 由于其复杂性和相对昂贵的成本, 这种检测技术在临床实践中的使用受到限制。只需使用 TyG 指数即可确定体内的 IR 水平[7]。近年来, 一些简单 IR 评估工具应运而生, 如 TG/HDL-C, TyG 指数以及 TYG 的衍生指数。TG/HDL-C 比率以及 TyG 指数被认为是 IR 鉴定的有用生物标志物。此外, 这些方法更适合临床实践[8] [9]。最近的研究表明, 将 TyG 指数与体重指数(TyG-BMI)相结合可显著提高其评估 IR 的有效性[10]。然而, 每个指数代表胰岛素抵抗的不同方面。TG 是人体产生的脂质或脂肪, 用于储存能量。HDL-C 是一种有益的胆固醇分子, 可吸收多余的胆固醇并将其从体内返回肝脏以供排泄或再利用[11]。因此, TG/HDL-C 比率反映了 IR 中的脂质代谢。TyG 指

数是使用空腹 TG 和葡萄糖水平计算的,反映了脂质和葡萄糖代谢之间的相互作用[12]。TyG-BMI 是 TyG 指数和 BMI 的乘积,进一步反映了肥胖。因此,我们认为这些指数代表的预测能力不同。这些简易指标为 IR 的评估提供了更多选择, TG/HDL-C, TyG 及其衍生指数已被认为与非酒精性脂肪肝、糖尿病肾病和原发性高血压患者显著相关[13]-[15]。然而,目前综合分析 TyG、TG/HDL、TyG-BMI 与中老年人群 HUA 患病风险的关系的研究较少。在中老年人群中, TG/HDL-C、TyG 及 TyG-BMI 与 HUA 的关系如何,将作为本研究的重点,分析讨论 TG/HDL-C、TyG 指数及 TyG-BMI 与 HUA 之间的相关性,并进一步比较这些指标对中老年人群患 HUA 的诊断价值。

2. 研究对象与方法

2.1. 研究对象

选择 2022 年 1 月 1 日~2023 年 6 月 30 日济宁医学院附属医院健康体检人群为研究对象。纳入标准: (1) 选取年龄 ≥ 45 岁人群; (2) 完整的临床资料,包括年龄、性别、血压、病史及实验室指标(FPG、血脂、肝功、肾功等)。排除标准: (1) 外伤手术史; (2) 肿瘤病史; (3) 严重感染疾病; (4) 资料缺失的患者。

2.2. 资料收集

本研究的体检人员均由专业医生进行体格检查和实验室检查,身高和体质量的测量要求记录员使用电子身高测量仪按照标准测量方法进行记录,并确保所有研究对象使用相同型号的电子血压计,连续测量 3 次,计算平均值为最终的记录结果,并计算 $BMI = \text{体重(kg)}/\text{身高(m)}^2$ 。测量腰围时选取肋骨下缘和髂骨顶部之间的位置,在呼气末时,由专业的工作人员用一根无弹性卷尺紧贴腰部进行测量,精确到 0.1 厘米。收集研究对象的实验室指标。在清晨空腹状态下抽取静脉血进行检测,使用生化自动分析仪检测 FPG、TG、HDL-C、低密度脂蛋白胆固醇(Low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、总胆固醇(Total cholesterol, TC)、UA、ALT、天冬氨酸转氨酶(Aspartate aminotransferase, AST)、尿素氮(Blood urea nitrogen, BUN)以及肌酐(Creatinine, Cr)等。

2.3. 相关定义及诊断标准

HUA 定义为以下标准[16]: 尿酸 $> 420 \mu\text{mol/L}$ (男性)或尿酸 $> 360 \mu\text{mol/L}$ (女性)。IR 替代指标包括 TG/HDL-C 比值、TyG 指数、三酰甘油葡萄糖-体重指数(triglyceride glucose-body mass, TyG-BMI), 计算公式: $TyG = \ln [(TG (\text{mg/dL}) \times FPG (\text{mg/dL})/2)]$ [7], $TyG-BMI = \ln [(TG (\text{mg/dL}) \times FPG (\text{mg/dL})/2) \times BMI]$ [17]; 基线 TyG 指数四分位数 Q1 组: TyG 指数 < 8.28 ; Q2 组: $8.28 \leq TyG \text{ 指数} < 8.67$; Q3 组: $8.67 \leq TyG \text{ 指数} < 9.13$; Q4 组: TyG 指数 ≥ 9.13 ; $TyG-BMI = TyG \times BMI$; 基线 TyG-BMI 四分位数 Q1 组: $TyG-BMI < 196.86$; $196.86 \leq TyG-BMI < 223.36$; Q4 组: $TyG-BMI \geq 223.36$ 。TG/HDL-C = TG (mmol/L)/HDL-C (mmol/L); 基线 TG/HDL-C 四分位数 Q1 组: $TG/HDL-C < 0.65$; Q2 组: $0.65 \leq TG/HDL-C < 1.03$; Q3 组: $1.03 \leq TG/HDL-C < 1.62$; Q4 组: $TG/HDL-C \geq 1.62$ 。

2.4. 统计方法

使用 SPSS 27.0 统计学软件进行数据分析。正态分布的连续变量以均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验。若数据不满足正态分布,连续变量以 M(P25, P75)表示,两组间比较采用检验。计数资料以百分比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。计量资料两组间比较采用非参数秩和检验(Mann-Whitney U 检验)。Logistic 回归法分析 HUA 的危险因素,结果采用比值比(odds ratio, OR)和 95%可信区间(confidence interval, CI)表示。受试者工作特征曲线(Receive Operating Characteristic Curve, ROC)用于检

测基线时各指标对中老年人群 HUA 的预测价值，并确定曲线下面积(Area Under the Curve, AUC)。p < 0.05 被认为有统计学意义。

3. 结果

3.1. 研究人群的一般资料及相关指标

经过纳入标准和排除标准筛选后，最终进入研究的共有 1105 人，其中男性 835 人，女性 270 人。依据 HUA 的诊断标准把研究人群分成 HUA 组和 NUA 组，其中 HUA 组 139 例，对照组 966 例，研究人群中 HUA 患者的比例为 12.58%。同对照组相比，HUA 组人群 SBP、DBP、BMI、WC、Hb、ALT、AST、ALB、Cr、尿素氮、TG、TC、LDL-C、水平更高，而 HDL-C 水平低于对照组，上述差异均具有统计学意义(p < 0.05)。值得关注的是，HUA 组中 TG/HDL-C 比值、TyG 指数、TyG-BMI 高于对照组，差异也同样具有统计学意义(p < 0.05)。见表 1。

Table 1. Comparison of HUA baseline characteristics
表 1. HUA 基线特征比较

指标	NUA 组(n = 996)	HUA 组(n = 139)	p 值
男性(例%) Male (n%)	712 (71.5)	123 (88.5)	0.689
年龄(岁) Age (years)	57.25 ± 7.40	57.45 ± 7.13	0.030
收缩压(mmHg) Systolic blood pressure	130.38 ± 20.07	133.81 ± 18.25	<0.001
舒张压(mmHg) Diastolic blood pressure	78.77 ± 12.20	83.81 ± 11.24	<0.001
体重指数(kg/m²) Body mass index	25.37 ± 3.35	27.71 ± 3.50	<0.001
腰围(cm) Waist circumference	92.44 ± 10.00	98.58 ± 8.93	<0.001
血红蛋白(g/L) Hemoglobin	146.68 ± 10.84	150.07 ± 10.41	<0.001
空腹血糖(mmol/L) Fasting blood glucose	5.73 ± 1.57	5.55 ± 0.97	0.753
谷丙转氨酶(U/L) Alanine transaminase	22.08 ± 14.94	30.68 ± 22.62	<0.001
天门冬氨酸转氨酶(U/L) Aspartate transaminase	19.96 ± 9.90	23.55 ± 11.48	<0.001
白蛋白(g/L) Albumin	47.03 ± 2.52	47.49 ± 2.35	0.045
血肌酐(umol/L) Creatinine, urea nitrogen	66.13 ± 12.52	74.92 ± 23.21	<0.001
尿素氮(mmol/L) Urea nitrogen	5.16 ± 1.19	5.49 ± 1.59	<0.001
甘油三酯(mmol/L) Triglycerides	1.60 ± 1.20	2.42 ± 1.60	<0.001
高密度脂蛋白胆固醇 high-density lipoprotein cholesterol (mmol/L)	1.39 ± 0.34	1.25 ± 0.22	<0.001
胆固醇(mmol/L) cholesterol	4.93 ± 0.93	5.10 ± 0.91	0.047
低密度脂蛋白胆固醇 low-density lipoprotein cholesterol (mmol/L)	3.06 ± 0.76	3.23 ± 0.76	0.017
TG/HDL-C	1.31 ± 1.44	2.08 ± 1.62	<0.001
TyG	8.70 ± 0.64	9.08 ± 0.65	<0.001
TyG-BMI	221.41 ± 38.63	251.66 ± 36.47	<0.001

注：正态分布的连续变量表示为均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)，非正态分布的连续变量表示为中位数(四分位数)，分类变量表示为数值及百分比(n, %)表示。

3.2. 不同指数不同水平下 HUA 发病风险

为进一步分析 TG/HDL-C、TyG 指数和 TyG-BMI 与 HUA 的关系，本研究采用 Logistic 回归分析，将有无 HUA 设为因变量，将性别、年龄、SBP、DBP、Hb、BMI、ALT、AST、Cr 等指标设为自变量，并通过三个模型进行分析。模型 1 显示，各 TG/HDL-C 四分位组水平均为高尿酸血症的危险因素，与第一 TG/HDL-C 四分位组相比，第二、三、四 TG/HDL-C 四分位组高尿酸血症患病风险 OR 值(95%CI)分别为 2.58、4.30、8.94。在模型 2 及模型 3 中，HUA 的患病风险 OR 值虽有所下降，TG/HDL-C 仍是高尿酸血症的危险因素(OR > 1, p < 0.05)，并保持 HUA 的患病风险随着 TG/HDL-C 水平的升高而升高的趋势(详见表 2)。从表中同样可以发现，TyG、TyG-BMI 也是 HUA 的危险因素，随着 TyG、TyG-BMI 水平的升高，HUA 的发生风险也相应地升高，在先后调整混杂因素后这种关联仍然存在。

Table 2. HUA incidence risk at different indices and levels

表 2. 不同指数不同水平下 HUA 发病风险

指标	模型 1		模型 2		模型 3	
	β (95%CI)	p	β (95%CI)	p	β (95%CI)	p
TG/HDL-C						
第 1 组	1.00		1.00		1.00	
第 2 组	2.58 (1.21~5.50)	<0.001	2.46 (1.15~5.26)	0.02	2.35 (1.05~5.27)	0.38
第 3 组	4.30 (2.09~8.84)	<0.001	4.04 (1.96~8.32)	<0.001	3.43 (1.57~7.47)	0.002
第 4 组	8.9 (4.49~17.78)	<0.001	7.8 (3.92~15.78)	<0.001	6.1 (2.89~13.17)	<0.001
TyG						
第 1 组	1.00		1.00		1.00	
第 2 组	1.64 (0.84~3.22)	<0.001	1.55 (0.79~3.05)	0.205	1.43 (0.71~2.88)	0.319
第 3 组	3.02 (1.63~5.59)	<0.001	2.80 (1.51~5.20)	0.001	2.26 (1.18~4.33)	0.14
第 4 组	4.69 (2.59~8.50)	<0.001	4.20 (2.30~7.65)	<0.001	2.98 (1.56~5.70)	0.001
TyG-BMI						
第 1 组	1.00		1.00		1.00	
第 2 组	4.0 (1.64~10.21)	0.003	3.74 (1.50~9.38)	0.005	3.42 (1.32~8.83)	0.11
第 3 组	8.5 (3.56~20.30)	<0.001	7.62 (3.17~18.30)	<0.001	6.90 (2.75~17.33)	<0.001
第 4 组	14.1 (6.02~33.25)	<0.001	12.38 (5.23~29.32)	<0.001	10.17 (4.06~25.45)	<0.001

模型 1 中未调整任何混杂因素；模型 2 对年龄、性别这两个因素进行了调整；模型 3 则在模型 2 的基础上进一步调整 SBP、DBP、Hb、BMI、ALT、AST、Cr。

3.3. TG/HDL-C、TyG 指数和 TyG-BMI 对 HUA 的诊断价值分析

ROC 曲线评估 TG/HDL、TyG 指数、TyG-BMI 在识别中老年人群发生 HUA 风险的预测价值，结果显示，TyG 指数、TG/HDL-C、TyG-BMI 预测中老年人群发生 HUA 的 ROC 曲线下面积分别为 0.675、0.656、0.701、0.725。最佳切点分别为 8.96、1.46、231.74，所对应约登指数最大分别为 0.305、0.305、

0.367, 此时诊断 HUA 的敏感性和特异性分别为 60%、71%, 56%、74%, 73.4%、66.3% ($p < 0.001$) (详见图 1 和表 3)。

可以发现, 与 TG/HDL-C、TyG 指数比较, TyG-BMI 检测中老年人患 HUA 的预测价值更高, AUC 可达 0.725, 敏感度为 73.4%, 特异度为 63.3%。

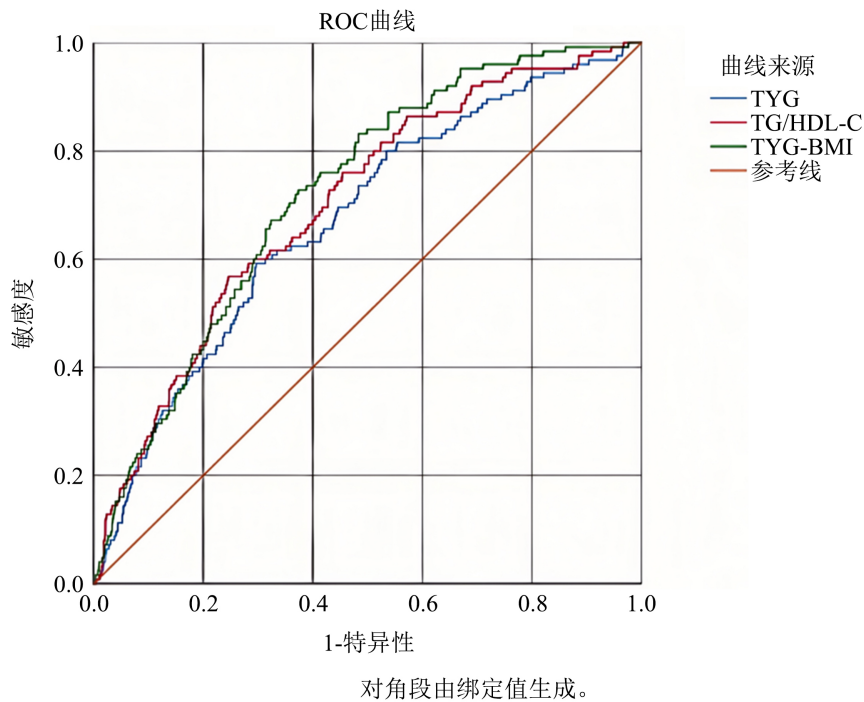


Figure 1. ROC curves of TG/HDL-C, TyG index, and TyG-BMI for diagnosing HUA
图 1. TG/HDL-C、TyG 指数及 TyG-BMI 诊断 HUA 的 ROC 曲线

Table 3. ROC curves for diagnosing HUA using different indicators
表 3. 不同指标诊断 HUA 的 ROC 曲线

项目	AUC	95%CI	切点	敏感性(%)	特异性(%)	p 值
TG/HDL-C	0.701	(0.656~0.745)	1.46	0.56	0.74	<0.001
TyG 指数	0.675	(0.628~0.722)	8.96	0.60	0.71	<0.001
TyG-BMI	0.725	(0.685~0.766)	231.74	0.73	0.63	<0.001

4. 讨论

HUA 是目前的全球公共卫生问题。HUA 的病因复杂且高效, 在进行大规模流行病学筛查时仍缺乏准确的评估指标。本研究的目的是评估 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 与中老年人患 HUA 风险的相关性。根据中国东北地区先前的一项横断面研究, TG/HDL-C、TyG 指数和 HUA 呈线性正相关, TyG 每增加一个单位, HUA 的可能性就会增加 54.1% [18]。在泰国进行的一项横断面研究还发现, 在泰国皇家陆军成员中, TyG 指数和 HUA 具有显著的正相关关系, 总体而言, TyG 指数每增长一个单位, UA 就增加 0.32 mg/dL; 与第一个四分位数相比, 第四个 TyG 四分位数的士兵患高尿酸血症的可能性更大; 无论士兵的肥胖状况如何, 这种关系都持续存在, 在肥胖个体中, 与第一个 TyG 指数四分位数相比, 男性

和女性 TyG 指数第四个四分位数的 HUA 的 AOR 分别为 2.15 和 2.14。然而,对于非肥胖个体,与 TyG 指数的最高四分位数相比, HUA 的 AOR 分别为 2.73 和 5.03 [19]。这些研究支持我们的发现。TyG 在 HUA 中的机制尚不清楚,但可以解释以下生物学机制。由于 TyG 是通过将 TG 和 FPG 相加来计算的,因此 HUA 的病理生理学与人体的 TG 和 FPG 水平之间存在很强的相关性。脂质代谢异常是由于大量 TG 分解成游离脂肪酸,然后游离脂肪酸转移到身体的不同部位并加速三磷酸腺苷的分解。脂质代谢异常会导致肾脏损伤,减少尿酸排泄,从而增加血清尿酸水平[20]。此外,高 TG 水平会抑制脂肪细胞上的胰岛素受体活性和数量,与葡萄糖竞争以阻断胰岛素与受体结合并引起 IR 的能力[21]。葡萄糖的过度积累会导致高血糖,改变组织中葡萄糖转运蛋白的表达和活性,并降低胰岛素敏感性[22]。然而, TyG 指数与 HUA 发病风险的关联并不如 TG/HDL-C 强。究其原因可能是 FPG 与 SUA 水平之间存在倒 U 型关系,高胰岛素血症可通过增加 SUA 的产生和(或)减少其排泄来升高 SUA 水平[23]。然而,当 FPG 升高到一定阈值时,升高的尿葡萄糖水平会竞争性抑制尿酸的再吸收,增加尿酸的排泄。前期的研究显示 TG/HDL-C 在一般人群中与 HUA 有显著相关性,且其预测价值高于 TyG 和 METS-IR [24]。一项纳入 30,291 例研究对象的研究通过对 TyG、TyG-BMI、TG/HDL-C 比值进行比较后发现,对于识别代谢不良和具有心血管疾病高风险的人群, TyG 指数更适合。Li 等[25]发现, TyG 指数、TyG-BMI、TG/HDL-C 和 METS-IR 与高血压合并 HUA 有显著相关性, TyG-BMI 和 METS-IR 对高血压合并 HUA 具有判别能力。本研究对 TyG、TyG-BMI、TG/HDL-C 等常见的 IR 评估指数进行了综合分析比较,结果发现均与 HUA 发病风险呈正相关,其中 TyG-BMI 与 HUA 关联性较强,与既往研究结论相符[24] [25]。

5. 结论

本研究结果表明, HUA 患者 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 高四分位数分组发生 HUA 的风险均较低四分位数分组高。在这 3 个指标中, TyG-BMI 与高尿酸血症的相关性最强; TyG-BMI 最高四分位数的参与者患高尿酸血症的风险是最低四分位数的 10.17 倍。综上, TG/HDL-C、TyG 指数及 TyG-BMI 与 HUA 的关系密切,均为 HUA 的危险因素。与 TG/HDL-C 比值、TyG 指数相比, TyG-BMI 与 HUA 关联性较强,可作为 HUA 发生的临床预测指标。

局限性

然而,本研究存在一定的局限性。首先,横断面研究不能充分证明 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 和 HUA 之间的因果关系。其次, HUA 的发展与饮食因素可能有关,本研究未评估饮食习惯对结果的影响。最后,研究对象为来自单一中心的人群,尚需要通过扩大样本量来进一步验证。

致 谢

感谢本次科研及论文写作过程中老师们及师弟的帮助和大力支持。

参考文献

- [1] Amiya, E. (2021) Link between Hyperuricemia, Renal Dysfunction, and Hypertension. *The Journal of Clinical Hypertension*, **23**, 2078-2079. <https://doi.org/10.1111/jch.14389>
- [2] Chen-Xu, M., Yokose, C., Rai, S.K., Pillinger, M.H. and Choi, H.K. (2019) Contemporary Prevalence of Gout and Hyperuricemia in the United States and Decadal Trends: The National Health and Nutrition Examination Survey, 2007-2016. *Arthritis & Rheumatology*, **71**, 991-999. <https://doi.org/10.1002/art.40807>
- [3] Kim, Y., Kang, J. and Kim, G. (2018) Prevalence of Hyperuricemia and Its Associated Factors in the General Korean Population: An Analysis of a Population-Based Nationally Representative Sample. *Clinical Rheumatology*, **37**, 2529-2538. <https://doi.org/10.1007/s10067-018-4130-2>
- [4] Piao, W., Zhao, L., Yang, Y., Fang, H., Ju, L., Cai, S., *et al.* (2022) The Prevalence of Hyperuricemia and Its Correlates

- among Adults in China: Results from CNHS 2015-2017. *Nutrients*, **14**, Article 4095. <https://doi.org/10.3390/nu14194095>
- [5] Dalbeth, N., Gosling, A.L., Gaffo, A. and Abhishek, A. (2021) Gout. *The Lancet*, **397**, 1843-1855. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)00569-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00569-9)
 - [6] Ruilope, L.M. (2012) Antihypertensives in People with Gout or Asymptomatic Hyperuricaemia. *BMJ*, **344**, d7961. <https://doi.org/10.1136/bmj.d7961>
 - [7] 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>
 - [8] Guerrero-Romero, F., Simental-Mendía, L.E., González-Ortiz, M., Martínez-Abundis, E., Ramos-Zavala, M.G., Hernández-González, S.O., *et al.* (2010) The Product of Triglycerides and Glucose, a Simple Measure of Insulin Sensitivity. Comparison with the Euglycemic-Hyperinsulinemic Clamp. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **95**, 3347-3351. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0288>
 - [9] Giannini, C., Santoro, N., Caprio, S., Kim, G., Lartaud, D., Shaw, M., *et al.* (2011) The Triglyceride-to-HDL Cholesterol Ratio: Association with Insulin Resistance in Obese Youths of Different Ethnic Backgrounds. *Diabetes Care*, **34**, 1869-1874. <https://doi.org/10.2337/dc10-2234>
 - [10] Ramírez-Vélez, R., Pérez-Sousa, M., González-Ruiz, K., Cano-Gutierrez, C., Schmidt-RioValle, J., Correa-Rodríguez, M., *et al.* (2019) Obesity- and Lipid-Related Parameters in the Identification of Older Adults with a High Risk of Prediabetes According to the American Diabetes Association: An Analysis of the 2015 Health, Well-Being, and Aging Study. *Nutrients*, **11**, Article 2654. <https://doi.org/10.3390/nu11112654>
 - [11] Iwani, N.A.K.Z., Jalaludin, M.Y., Zin, R.M.W.M., Fuziah, M.Z., Hong, J.Y.H., Abqariyah, Y., *et al.* (2017) Triglyceride to HDL-C Ratio Is Associated with Insulin Resistance in Overweight and Obese Children. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 40055. <https://doi.org/10.1038/srep40055>
 - [12] Zhou, Q., Yang, J., Tang, H., Guo, Z., Dong, W., Wang, Y., *et al.* (2023) High Triglyceride-Glucose (TyG) Index Is Associated with Poor Prognosis of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 263. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02001-4>
 - [13] Li, Q., Shao, X., Zhou, S., Cui, Z., Liu, H., Wang, T., *et al.* (2022) Triglyceride-Glucose Index Is Significantly Associated with the Risk of Hyperuricemia in Patients with Diabetic Kidney Disease. *Scientific Reports*, **12**, Article No. 19988. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23478-1>
 - [14] Liu, S., Zhou, Z., Wu, M., Zhang, H. and Xiao, Y. (2023) Association between the Triglyceride Glucose Index and Hyperuricemia in Patients with Primary Hypertension: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Endocrinology*, **2023**, Article 5582306. <https://doi.org/10.1155/2023/5582306>
 - [15] Qi, J., Ren, X., Hou, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Tan, E., *et al.* (2023) Triglyceride-Glucose Index Is Significantly Associated with the Risk of Hyperuricemia in Patients with Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **16**, 1323-1334. <https://doi.org/10.2147/dmso.s408075>
 - [16] 沈立军, 孔永, 邱玉华. Pristane 诱导的系统性红斑狼疮小鼠模型的研究进展[J]. 中国免疫学杂志, 2016, 32(6): 900-903
 - [17] Er, L., Wu, S., Chou, H., Hsu, L., Teng, M., Sun, Y., *et al.* (2016) Triglyceride Glucose-Body Mass Index Is a Simple and Clinically Useful Surrogate Marker for Insulin Resistance in Nondiabetic Individuals. *PLOS ONE*, **11**, e0149731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149731>
 - [18] Shi, W., Xing, L., Jing, L., Tian, Y. and Liu, S. (2019) Usefulness of Triglyceride-Glucose Index for Estimating Hyperuricemia Risk: Insights from a General Population. *Postgraduate Medicine*, **131**, 348-356. <https://doi.org/10.1080/00325481.2019.1624581>
 - [19] Lertsakulbunlue, S., Sangkool, T., Bhuriveth, V., Mungthin, M., Rangsin, R., Kantiwong, A., *et al.* (2024) Associations of Triglyceride-Glucose Index with Hyperuricemia among Royal Thai Army Personnel. *BMC Endocrine Disorders*, **24**, Article No. 17. <https://doi.org/10.1186/s12902-024-01542-3>
 - [20] Cui, N., Cui, J., Sun, J., Xu, X., Aslam, B., Bai, L., *et al.* (2020) Triglycerides and Total Cholesterol Concentrations in Association with Hyperuricemia in Chinese Adults in Qingdao, China. *Risk Management and Healthcare Policy*, **13**, 165-173. <https://doi.org/10.2147/rmhp.s243381>
 - [21] Goodpaster, B.H. and Kelley, D.E. (2002) Skeletal Muscle Triglyceride: Marker or Mediator of Obesity-Induced Insulin Resistance in Type 2 Diabetes Mellitus? *Current Diabetes Reports*, **2**, 216-222. <https://doi.org/10.1007/s11892-002-0086-2>
 - [22] Hoy, A.J., Bruce, C.R., Cederberg, A., Turner, N., James, D.E., Cooney, G.J., *et al.* (2007) Glucose Infusion Causes Insulin Resistance in Skeletal Muscle of Rats without Changes in Akt and AS160 Phosphorylation. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, **293**, E1358-E1364. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00133.2007>

- [23] Li, H., Zha, X., Zhu, Y., Liu, M., Guo, R. and Wen, Y. (2016) An Invert U-Shaped Curve: Relationship between Fasting Plasma Glucose and Serum Uric Acid Concentration in a Large Health Check-Up Population in China. *Medicine*, **95**, e3456. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000003456>
- [24] Liu, X.Z., Xu, X., Zhu, J.Q. and Zhao, D.B. (2019) Association between Three Non-Insulin-Based Indexes of Insulin Resistance and Hyperuricemia. *Clinical Rheumatology*, **38**, 3227-3233. <https://doi.org/10.1007/s10067-019-04671-6>
- [25] Li, Y., You, A., Tomlinson, B., Yue, L., Zhao, K., Fan, H., *et al.* (2021) Insulin Resistance Surrogates Predict Hypertension Plus Hyperuricemia. *Journal of Diabetes Investigation*, **12**, 2046-2053. <https://doi.org/10.1111/jdi.13573>