

## • 临床研究 •



开放科学  
(资源服务)  
标识码(OSID)

# 三酰甘油葡萄糖乘积指数、三酰甘油与高密度脂蛋白比值、稳态模型胰岛素抵抗指数、载脂蛋白 B 与载脂蛋白 A1 比值、高敏 C 反应蛋白与高尿酸血症的风险关系

毛艳<sup>1</sup> 杜亮<sup>2</sup> 张冰斐<sup>2</sup> 卢丽<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖北医药学院附属国药东风总医院肾脏内科,十堰 442000; <sup>2</sup>湖北医药学院附属国药东风总医院内分泌代谢科,十堰 442000

通信作者:卢丽,Email:39021759@qq.com

**【摘要】目的** 分析三酰甘油葡萄糖乘积指数(triglyceride-glucose, TyG)、三酰甘油与高密度脂蛋白比值(triglyceride/high-density lipoprotein, TG/HDL)、稳态模型胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment-insulin resistance, HOMA-IR)、载脂蛋白 B 与载脂蛋白 A1 比值(apolipoprotein B/apolipoprotein A1)、高敏 C 反应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)与高尿酸血症(hyperuricemia, HUA)患病风险的关系。**方法** 选择 2009 年中国健康和营养状况调查(CHNS)10 241 例数据,经合并变量和数据清洗,按照有无 HUA 分为两组。采用 SPSS22.0 和 MedCalc 18 软件进行统计分析。**结果** 共纳入 9463 例研究对象,平均年龄 47.53 岁,HUA 患病 1468 例(15.5%)。Logistic 回归调整协变量后显示,与 Q1 组相比,Q4 组的 TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP 与 HUA 的患病风险分别为 8.19(5.14~13.04)、7.73(4.95~12.07)、1.94(1.38~2.73)、1.49(1.03~2.16)、2.64(1.80~3.88)。亚组分析显示,男性、年龄 $\geq 40$ 岁、体重指数 $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup>、吸烟饮酒者及合并糖尿病和高血压的人群患 HUA 的风险更高。受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)分析显示,TyG 对 HUA 预测价值最高,这种趋势集中在男性,年龄 $\geq 40$ 岁,体重指数 $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup>的个体特征。**结论** TyG 对 HUA 患病风险和预测能力最高,其次是 TG/HDL、hs-CRP、ApoB/ApoA1、HOMA-IR。

**【关键词】** 高尿酸血症;流行病学;预测;风险

**基金项目:**十堰市科技局引导性科研项目(19Y97)

DOI:10.3969/j.issn.1671-2390.2022.03.005

## Relationships of triglyceride-glucose, triglyceride/high-density lipoprotein, homeostasis model assessment-insulin resistance, apolipoprotein B/apolipoprotein A1, high-sensitivity C-reactive protein and risk of hyperuricemia

Mao Yan<sup>1</sup>, Du Liang<sup>2</sup>, Zhang Bing-fei<sup>2</sup>, Lu Li<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Nephrology; <sup>2</sup>Department of Endocrinology & Metabolism, Sinopharm Dongfeng General Hospital, Hubei University of Medicine, Shiyan 442008, China

Corresponding author: Lu Li, Email:39021759@qq.com

**【Abstract】 Objective** To explore the relationship between triglyceride-glucose (TG), triglyceride/high-density lipoprotein (TG/HDL), homeostasis model assessment-insulin resistance (HOMA-IR), Apolipoprotein B/Apolipoprotein A1 (ApoB/ApoA1), high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) and the risk of hyperuricemia (HUA). **Methods** Clinical data from 10,241 respondents of 2009 China Health and Nutritional Survey (CHNS) were reviewed. Various variables were merged and

cleaned. They were divided into two groups according to the presence or absence of HUA. Software packages SPSS22.0 and MedCalc 18 were utilized for statistical analyses. **Results** A total of 9463 subjects were included with an average age of 47.53 years and 1468 cases (15.5%) of HUA were identified. After adjusting covariates by Logistic regression, as compared with Q1 group, the risks of TyG, TG/HDL, HOMA-IR, ApoB/ApoA1, hs-CRP and HUA in Q4 group were 8.19(5.14-13.04), 7.73(4.95-12.07), 1.94(1.38-2.73), 1.49(1.03-2.16) and 2.64(1.80-3.88) respectively. Subgroup analyses indicated that males, age $\geq$ 40 years, body mass index (BMI)  $\geq$ 24 kg/m<sup>2</sup>, smokers, alcoholics and people with diabetes mellitus (DM) and hypertension were at higher risk of HUA. Receiver operating characteristic curve (ROC) analyses revealed that TyG had the highest predictive value for HUA. This trend was noteworthy in individuals of males, age $\geq$ 40 years and BMI $\geq$ 24 kg/m<sup>2</sup>. **Conclusion** TyG offers the highest risk and predictive capability for HUA, followed by TG/HDL, hs-CRP, ApoB/ApoA1 and HOMA-IR.

**【Key words】** Hyperuricemia; Epidemiology; Prediction; Risk

**Fund program:** Guiding Scientific Research Project of Shiyuan Municipal Science & Technology Bureau (19Y97)

DOI:10.3969/j.issn.1671-2390.2022.03.005

高尿酸血症(hyperuricemia, HUA)是由于嘌呤代谢异常导致体内尿酸生成过多和(或)排泄过少的一种代谢障碍性疾病<sup>[1]</sup>。流行病学研究表明,2010年中国中老年人群HUA患病率为6.4%<sup>[2]</sup>。HUA可导致高血压、糖尿病(diabetes mellitus, DM)等多种并发症<sup>[3-4]</sup>,这些并发症如不及时治疗,将严重影响患者生活质量。因此,早期识别HUA的风险对预防和诊断HUA至关重要。研究发现,血脂异常如三酰甘油(triglyceride, TG)升高、胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)和载脂蛋白(apolipoprotein, Apo)及炎症因子是HUA的病理基础之一<sup>[5]</sup>。三酰甘油葡萄糖乘积(triglyceride-glucose, TyG)是反映心血管代谢的新型指标<sup>[6]</sup>。TG/高密度脂蛋白(triglyceride/high-density lipoprotein, TG/HDL)可预测DM、代谢综合征等疾病<sup>[7]</sup>。稳态模型胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment-insulin resistance, HOMA-IR)是反映机体对胰岛素敏感性的指标,对HUA发生具有一定的诊断价值<sup>[8]</sup>。载脂蛋白包括ApoB、ApoA1均是血浆脂蛋白中的蛋白质。研究表明,HUA患者的ApoB和ApoA1水平较高<sup>[9]</sup>。高敏C反应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)除用于炎症监测外,近年来被发现可用于预测糖尿病、HUA的风险<sup>[10]</sup>。然而,目前尚无研究综合分析TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP与HUA患病风险的关系。因此,本研究采用2009年中国健康和营养状况调查(CHNS)数据库,分析TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP与HUA患病风险和诊断价值。

## 对象与方法

### 一、研究对象

以CHNS数据库的10241例人群为研究对象。排除标准:<18岁、妊娠、哺乳、数据缺失者。经合并变量、数据清洗后共纳入9463例研究对象。本研究数据来源于公开数据库,无需伦理审批和研究对象的知情同意声明。

### 二、调查内容

调查内容主要包括问卷调查、体格检查及实验室检查3个方面。(1)问卷调查:采取面访形式进行,包括社会人口学特征、患病情况、吸烟、饮酒情况等。女性含月经及生育史调查。(2)体格检查:采用统一标准测量身高、体重、腰围、血压(收缩压、舒张压)。(3)实验室检查:采集研究对象空腹静脉血,检测血清尿酸(serum uric acid, SUA)、空腹血浆血糖(fasting plasma glucose, FPG)、血清胰岛素(insulin, INS)、糖化血红蛋白(glycated hemoglobin, HbA1c)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、TG、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、ApoB、ApoA1、血清肌酐(serum creatinine, Scr)、hs-CRP等。

### 三、HUA概念界定及诊断标准

1. 正常嘌呤饮食状态下,非同日2次空腹SUA水平,男性 $>$ 420  $\mu$ mol/L,女性 $>$ 360  $\mu$ mol/L<sup>[11]</sup>。
2. 体重指数(body mass index, BMI, kg/m<sup>2</sup>) $<$ 25(偏瘦和体重正常)、 $\geq$ 25(超重和肥胖)。

3. DM FPG>7.0 mmol/L或HbA1c>6.5%。

4. 高血压 收缩压(systolic blood pressure, SBP)≥140 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和(或)舒张压(diastolic blood pressure, DBP)≥90 mmHg,或既往明确诊断为高血压者或接受降压药物治疗者。

5. 吸烟 吸烟定义为达到或超过每日1支且持续半年以上者,否则为不吸烟。(6)饮酒:饮酒定义为平均每周饮酒达1次且持续半年以上者,否则为不饮酒。

四、计算公式

1. BMI=体重(kg)/身高(m<sup>2</sup>)。

2. TyG<sup>[6]</sup>=Ln[TG(mg/dL)×FPG(mg/dL)]/2。

3. TG/HDL<sup>[7]</sup>=TG(mmol/L)/HDL(mmol/L)。

4. HOMA-IR<sup>[8]</sup>=FPG(mmol/L)×INS(mIU/L)/22.5。

5. ApoB/ApoA1<sup>[9]</sup>=ApoB(g/L)/ApoA1(g/L)。

五、统计学方法

使用SPSS 22.0和MedCalc 18.0软件对数据进行统计分析。Kolmogorov-Smirnov检验用以检验变量分布的正态性。连续变量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用t检验,分类变量资料采用构成比或四分位数(Quartile, Q)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。应用二分类非条件Logistic回归分析各指标的四分位数与HUA的风险关系,以第一分位数(Q1)为参照,调整协变量后计算风险比(OR)和95%置信区间(95%CI)。分别以性别、年龄、BMI、是否吸烟、饮酒和是否合并糖尿病、高血压分组,计算不同特征的人群OR和95%CI。使用受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC)比较TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP预测HUA的强度,计算各指标的曲线下面积(AUC)、95%CI、切点值、灵敏度、特异度和约登指数,并进行亚组分析。所有统计量的差异性检验以P<0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、基本特征

研究对象的基本特征见表1。9463例研究对象中,男4520例(47.5%),女4996例(52.5%),平均年龄47.56岁。HUA患病1468例(15.4%)。男性HUA患病率(9.3%)高于女性(6.1%)。HUA组的年龄、BMI、SBP、DBP、HbA1c、FPG、INS、UA、Scr、ApoA1、ApoB、hs-CRP、TC、TG、LDL-C、TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-

CRP水平均高于非HUA组,HUA组的LDL水平低于非HUA组,差异均有统计学意义(P<0.05)。HUA组的吸烟率、饮酒率、DM和高血压患病率均高于非HUA组。

二、TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP分位数与HUA的风险关联

表2的结果显示,与第一组的分位数相比,第四分位数的TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP与HUA的患病风险分别为8.19(5.14~13.04)、7.73(4.95~12.07)、1.94(1.38~2.73)、1.49(1.03~2.16)、2.64(1.80~3.88)。进一步按照性别、年龄、BMI、吸烟、饮酒、DM和高血压分组进行亚组分析。调整协变量后显示,与第一组的分位数相比,男性第四分位数的TyG与HUA的风险最高,且风险高于女性,年龄在40岁以上的TG/HDL与HUA的风险最高,且风险高于40岁以下。吸烟者的TyG与HUA的风险最高且风险高于不吸烟者。合并有糖尿病的TyG与HUA的风险最高,且风险高于无糖尿病者。

三、ROC曲线分析

TyG对HUA预测价值最高(AUC=0.74, 95%CI: 0.73~0.76, 切点值为8.84, 灵敏度为64.15%, 约登指数为0.37),其次是TG/HDL(AUC=0.73, 95%CI: 0.72~0.75, 灵敏度为59.19%, 约登指数为0.36)、hs-CRP(AUC=0.63, 95%CI: 0.62~0.65, 灵敏度为55.52%, 约登指数为0.22)、ApoB/ApoA1(AUC=0.62, 95%CI: 0.60~0.64, 灵敏度为59.67%, 约登指数为0.20)、HOMA-IR(AUC=0.61, 95%CI: 0.59~0.63, 灵敏度为45.45%, 约登指数为0.18)。亚组分析显示, TyG指数在男性、年龄≥40岁、BMI≥24 kg/m<sup>2</sup>的预测价值最高,hs-CRP在年龄<40岁灵敏度最高(70.18%)。(图1、表3)

讨 论

本研究是中国内地首次进行TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP与HUA患病风险关系的研究。校正混杂因素后,TyG对HUA的风险和预测价值最高,其次是TG/HDL、hs-CRP、HOMA-IR、ApoB/ApoA1。亚组分析进一步确定了男性、年龄≥40岁、BMI≥25 kg/m<sup>2</sup>、吸烟、饮酒及合并DM和高血压的个体,具有这些特征的人群患HUA的风险更高。

本研究回归分析和ROC曲线结果显示,TyG

表 1 两组人群的基本特征分布情况

基本特征	高尿酸血症(n=1468)	非高尿酸血症(n=7995)	$\chi^2/t$ 值	P值
性别[例(%)]			118.996	<0.01
男	889(9.3)	3605(66.6)		
女	579(6.1)	4390(46.5)		
年龄(岁)	49.61±18.42	46.43±18.03	-6.196	<0.01
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )	24.35±4.01	22.62±3.72	-15.973	<0.01
收缩压(mmHg)	127.81±20.45	121.88±19.63	-9.932	<0.01
舒张压(mmHg)	82.12±12.24	78.52±11.50	-10.141	<0.01
当前吸烟[例(%)]	455(30.99)	1933(24.18)	21.180	<0.01
当前饮酒[例(%)]	105(7.15)	358(4.48)	1.629	0.443
糖化血红蛋白(%)	5.70±0.90	5.58±0.89	-4.475	<0.01
空腹血浆血糖(mmol/L)	5.79±1.78	5.28±1.34	-12.761	<0.01
血清胰岛素(uU/mL)	18.98±33.92	13.73±20.69	-7.953	<0.01
尿酸( $\mu$ mol/L)	472.71±118.52	278.13±66.52	-89.085	<0.01
血清肌酐( $\mu$ mol/L)	97.78±36.48	83.88±18.61	-21.923	<0.01
载脂蛋白 A1(g/L)	1.15±0.37	1.12±0.42	2.570	<0.01
载脂蛋白 B(g/L)	0.98±0.30	0.87±0.26	-13.992	<0.01
高敏C反应蛋白(mg/L)	3.18±8.50	2.38±8.82	-3.199	<0.01
血清胆固醇(mmol/L)	5.16±1.14	4.71±0.98	-15.772	<0.01
血清三酰甘油(mmol/L)	2.89±2.55	1.38±0.97	-39.618	<0.01
血清高密度脂蛋白(mmol/L)	1.28±0.57	1.47±0.48	13.396	<0.01
血清低密度脂蛋白(mmol/L)	2.93±1.19	2.91±1.96	-0.292	0.770
三酰甘油葡萄糖乘积指数	9.14±0.83	8.48±0.64	-34.831	<0.01
三酰甘油与高密度脂蛋白比值	2.64±3.70	1.03±0.91	-31.997	<0.01
稳态模型胰岛素抵抗指数	4.97±9.14	3.45±6.35	-7.806	<0.01
载脂蛋白 B与载脂蛋白 A1 比值	0.92±0.34	0.81±0.48	-8.693	<0.01
合并糖尿病[例(%)]	157(10.69)	490(6.13)	41.178	<0.01
合并高血压[例(%)]	447(30.45)	1511(18.90)	108.622	<0.01

注:数据形式除标注外,均为 $\bar{x} \pm s$ 。

指数与HUA的风险关系最大,预测能力最强,这与惠瑜瑜<sup>[12]</sup>的研究结果一致。TyG指数是TG与FPG的复合指数,已被证明广泛应用预测IR、代谢综合征、心脑血管病及癌症等疾病,具有较高的灵敏度和特异度<sup>[6]</sup>。研究表明,TG水平升高可加速体内嘌呤代谢,增加SUA的生成,而过量的SUA刺激脂肪细胞,后者可引起炎症和氧化应激反应<sup>[13]</sup>。然而,SUA水平与血糖的关系的研究还尚存争议。谭树凤等<sup>[14]</sup>研究显示,SUA与HbA1c水平呈负相关。但也有研究表明随着HbA1c和FPG浓度的增加,HUA风险显著上升。这种现象归因于高FPG可引起IR,IR加重脂质代谢紊乱,干扰嘌呤代谢,同时又作用于肾小管,降低UA排泄率,增加体内SUA水平,形成正反馈机制。TG与FPG的结合指数显著增强了HUA的风险和预测能力,表明TG与FPG反映的高血脂和高血糖对UA升高具有协同作用,

因此TyG对HUA风险和预测能力最大。

TG/HDL-C又称为“血浆动脉粥样硬化指数”,研究发现该指标对冠心病、缺血性脑卒中及DM微血管病变具有较耗的预测价值<sup>[15]</sup>。TG/HDL-C已被证明与稳态模式评估法有较好的相关性。Liu等<sup>[16]</sup>研究发现TG/HDL-C与HUA具有较高相关性,且OR值高于TyG。而本研究显示,TG/HDL-C与HUA的OR低于TyG,表明HDL-C对HUA的风险低于FPG,但这种风险关联的差异也可能是研究对象的个体差异性导致的。

ApoB是构成LDL-C重要成分,ApoA1则是构成HDL-C主要成分<sup>[17]</sup>。研究发现,ApoB/ApoA1是评估冠心病的更有效的替代指标<sup>[17]</sup>。Logistic回归分析显示,随着ApoB/ApoA1的升高,调整OR和95%CI也随之升高,主要是由于载脂蛋白可能参与调节SUA水平与心血管直接的关联性。hs-CRP在

表 2 TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP 分位数与 HUA 的 OR 和 95%CI [OR(95%CI)]

四分位数	TyG	TG/HDL	HOMA-IR	ApoB/ApoA1	hs-CRP
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.50(0.88~2.56)	2.07(1.27~3.39)	1.17(0.82~1.68)	0.90(0.60~1.33)	1.44(0.99~2.09)
分位数 3	2.53(1.55~4.13)	1.98(1.21~3.22)	1.27(0.87~1.78)	1.38(0.96~1.99)	2.38(1.57~3.59)
分位数 4	8.19(5.14~13.04)	7.73(4.95~12.07)	1.94(1.38~2.73)	1.49(1.03~2.16)	2.64(1.80~3.88)
亚组分析					
性别					
男					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.52(0.85~2.60)	2.10(1.28~3.81)	1.19(0.84~1.75)	0.92(0.63~1.34)	1.48(1.03~2.16)
分位数 3	2.54(1.51~4.20)	2.10(1.22~3.56)	1.30(0.83~1.91)	1.40(0.98~2.12)	2.42(1.62~3.72)
分位数 4	8.23(5.09~13.98)	7.75(4.94~12.45)	1.96(1.41~2.80)	1.52(1.06~2.27)	2.67(1.83~3.98)
女					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.46(0.85~2.49)	2.14(1.30~3.53)	1.17(0.81~1.68)	0.86(0.58~1.28)	1.46(1.00~2.12)
分位数 3	2.50(1.53~4.09)	2.08(1.27~3.42)	1.22(0.85~1.75)	1.39(0.99~2.08)	2.39(1.58~3.63)
分位数 4	7.88(4.94~12.57)	7.70(4.89~12.12)	1.95(1.38~2.75)	1.44(1.01~2.08)	2.63(1.79~3.88)
年龄(岁)					
≥40					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.50(0.53~4.23)	3.07(0.94~10.01)	1.18(0.83~1.70)	0.98(0.62~1.54)	1.58(0.99~2.51)
分位数 3	1.91(0.71~5.16)	2.42(0.45~7.81)	1.28(0.89~1.81)	1.42(0.93~2.18)	3.00(1.82~4.94)
分位数 4	9.97(4.14~24.01)	10.73(3.61~31.90)	1.91(1.28~2.85)	1.53(1.05~2.29)	3.07(1.92~4.91)
<40					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.50(0.80~2.81)	1.85(1.07~3.21)	1.83(0.91~3.68)	0.70(0.34~1.74)	1.20(0.62~2.29)
分位数 3	2.65(1.49~4.71)	1.91(1.11~3.29)	0.86(0.41~1.81)	1.74(0.81~3.73)	1.32(0.59~2.97)
分位数 4	7.57(4.36~13.16)	7.06(4.31~11.57)	1.86(0.94~3.68)	1.88(0.91~3.89)	1.76(0.84~3.68)
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )					
≥24					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	3.09(0.84~11.35)	1.79(0.66~4.87)	0.53(0.52~1.66)	0.81(0.38~1.70)	1.98(1.02~3.83)
分位数 3	4.64(1.34~16.10)	2.05(0.80~5.24)	0.96(0.57~1.64)	1.56(0.82~2.99)	4.23(2.12~8.41)
分位数 4	16.28(4.85~54.70)	8.33(3.44~20.16)	1.59(0.96~2.61)	1.41(0.75~2.64)	3.94(2.03~7.66)
<24					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.25(0.67~2.32)	2.21(1.25~3.93)	1.33(0.83~2.12)	0.94(0.59~1.50)	1.24(0.78~1.97)
分位数 3	2.37(1.34~4.19)	1.97(1.08~3.60)	1.53(0.94~2.51)	1.43(0.88~2.31)	1.40(0.78~2.51)
分位数 4	7.17(4.20~12.24)	7.19(4.21~12.30)	2.25(1.37~3.68)	1.34(0.82~2.18)	2.13(1.29~3.51)
吸烟状况					
是					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.51(0.85~2.67)	2.27(1.34~3.84)	1.23(0.85~1.80)	0.97(0.65~1.46)	2.51(1.69~3.74)
分位数 3	2.69(1.60~4.53)	2.27(1.35~3.82)	1.22(0.83~1.78)	1.35(0.93~1.97)	3.67(0.70~19.23)
分位数 4	8.85(5.40~14.50)	8.08(5.02~13.02)	1.88(1.32~2.69)	1.50(1.02~3.21)	6.92(1.12~42.69)
否					
分位数 1	1	1	1	1	1

表 2(续)

四分位数	TyG	TG/HDL	HOMA-IR	ApoB/ApoA1	hs-CRP
分位数 2	1.09(0.20~5.83)	1.12(0.22~5.72)	0.76(0.18~3.18)	0.30(0.04~2.15)	1.35(0.92~1.98)
分位数 3	0.96(0.18~5.09)	0.48(0.09~2.65)	1.59(0.42~6.04)	1.76(0.40~7.78)	2.19(1.43~3.37)
分位数 4	3.83(0.79~18.54)	6.90(1.50~30.74)	3.10(0.86~11.15)	2.64(0.57~12.26)	4.51(0.85~23.99)
饮酒状况					
是					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.26(0.25~6.39)	1.83(0.30~11.16)	1.07(0.38~3.00)	0.59(0.17~2.01)	3.39(1.10~10.46)
分位数 3	2.41(0.55~10.54)	2.71(0.53~13.87)	0.77(0.28~2.11)	1.78(0.63~5.03)	6.22(1.76~21.93)
分位数 4	10.39(2.52~42.85)	18.01(3.70~87.55)	1.72(0.68~4.36)	1.79(0.64~4.92)	4.90(1.48~16.23)
否					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.57(0.89~2.78)	2.17(1.29~3.65)	1.21(0.82~1.78)	0.95(0.63~1.45)	1.30(0.88~1.94)
分位数 3	2.59(1.53~4.39)	2.00(1.19~3.37)	1.39(0.95~2.04)	1.46(0.98~2.18)	2.09(1.34~3.25)
分位数 4	8.35(5.07~13.74)	7.38(4.59~11.86)	1.99(1.37~2.88)	1.38(0.93~2.04)	2.49(1.66~3.75)
合并糖尿病					
是					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.49(0.88~2.61)	1.93(1.18~3.24)	1.25(0.96~1.87)	0.99(0.85~1.73)	1.56(1.08~2.32)
分位数 3	2.50(1.51~4.02)	2.11(1.33~3.52)	1.87(1.03~2.15)	1.52(1.14~2.38)	2.45(1.63~3.74)
分位数 4	8.78(5.14~14.63)	7.82(4.84~12.10)	3.42(1.56~3.98)	1.72(1.16~2.57)	2.69(1.83~4.02)
否					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.47(0.86~2.51)	1.91(1.16~3.14)	1.21(0.80~1.73)	0.98(0.66~1.48)	1.52(1.04~2.22)
分位数 3	2.46(1.47~3.98)	2.08(1.27~3.41)	1.22(0.81~1.75)	1.47(1.01~2.16)	2.40(1.57~3.67)
分位数 4	8.50(5.31~13.61)	7.56(4.81~11.88)	2.00(1.40~2.87)	1.65(1.12~2.42)	2.56(1.71~3.82)
合并高血压					
是					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.72(0.55~5.37)	2.01(0.75~5.40)	0.55(0.24~1.23)	0.94(0.57~1.56)	1.20(0.52~2.76)
分位数 3	2.38(0.82~6.87)	1.28(0.46~3.57)	0.80(0.39~1.62)	1.36(0.85~2.19)	1.94(0.80~4.71)
分位数 4	8.11(2.83~22.02)	8.27(3.38~20.22)	2.09(1.05~4.18)	1.67(1.03~2.69)	3.98(1.76~9.01)
否					
分位数 1	1	1	1	1	1
分位数 2	1.67(0.66~2.41)	1.82(0.99~3.32)	1.35(0.85~2.16)	1.08(0.46~2.49)	1.67(1.06~2.65)
分位数 3	2.27(1.26~4.10)	1.83(1.01~3.37)	1.44(0.92~2.27)	1.21(0.56~2.61)	2.78(1.64~4.69)
分位数 4	7.89(2.63~12.20)	7.17(4.12~12.51)	1.74(1.11~2.75)	1.84(0.87~3.90)	2.39(1.45~3.94)

注:所有比值比和 95% 置信区间均校正了人口学指标、身体测量学指标、血清学指标和合并症;TyG,三酰甘油葡萄糖乘积指数;TG/HDL,三酰甘油与高密度脂蛋白比值;HOMA-IR,稳态模型胰岛素抵抗指数;ApoB/ApoA1,载脂蛋白 B 与载脂蛋白 A1 比值;hs-CRP,高敏 C 反应蛋白。

机体炎症反应中可以作为反映指标<sup>[18]</sup>。研究结果表明,HUA 患者和健康者的研究对象相比,其体内的 hs-CRP 水平明显更高,进一步证明 HUA 患者存在一定程度的炎性水平<sup>[19]</sup>。

回归分析的亚组结果显示,男性、吸烟、合并糖尿病者的 TyG 指数与 HUA 的风险关系最大。诊断效能的亚组分析结果显示,TyG 指数在男性、年龄

≥40 岁、BMI≥24 kg/m<sup>2</sup> 的预测价值最高。男性患 HUA 风险较高主要与以下几个方面原因有关。一是中老年男性血脂和血糖水平高于女性。二是绝经前女性受到雌激素保护作用,其可促进肾脏增加对 UA 的排泄。三是从性别角色来看,男性比女性有更多的社会应酬、饮酒、食用海鲜等高嘌呤食物,而女性更关注自身健康。随着年龄的增长,尤其是步

表 3 TyG、TG/HDL、HOMA-IR、ApoB/ApoA1、hs-CRP 预测 HUA 的诊断效能

变量	TyG	TG/HDL	HOMA-IR	ApoB/ApoA1	hs-CRP
曲线下面积	0.74	0.73	0.61	0.62	0.63
95% 置信区间	0.73~0.76	0.72~0.75	0.59~0.63	0.60~0.64	0.62~0.65
切点值	8.84	1.27	3.26	0.82	1
敏感度(%)	64.16	59.19	45.45	59.67	55.52
特异度(%)	73.76	76.53	72.83	59.91	66.07
约登指数	0.37	0.36	0.18	0.20	0.22
性别					
男性					
曲线下面积	0.74	0.73	0.64	0.63	0.67
95% 置信区间	0.72~0.76	0.72~0.75	0.63~0.66	0.62~0.64	0.66~0.69
切点值	8.66	1.27	2.72	0.82	1
敏感度(%)	72.12	60.38	52.62	60.52	51.74
特异度(%)	64.10	74.35	72.93	63.99	67.29
约登指数	0.38	0.36	0.24	0.21	0.29
女性					
曲线下面积	0.74	0.73	0.59	0.61	0.60
95% 置信区间	0.73~0.76	0.72~0.74	0.58~0.60	0.59~0.62	0.58~0.61
切点值	8.83	1.28	3.28	0.84	1
敏感度(%)	63.43	57.19	51.30	56.65	61.31
特异度(%)	74.78	78.53	62.50	51.64	64.58
约登指数	0.36	0.35	0.15	0.18	0.16
年龄(岁)					
≥40					
曲线下面积	0.75	0.74	0.61	0.60	0.63
95% 置信区间	0.73~0.76	0.72~0.76	0.60~0.62	0.59~0.61	0.62~0.64
切点值	8.59	1.08	2.65	0.82	1
敏感度(%)	65.77	61.34	58.79	60.61	61.35
特异度(%)	74.94	76.64	59.63	56.27	61.03
约登指数	0.40	0.38	0.20	0.24	0.22
<40					
曲线下面积	0.73	0.73	0.61	0.65	0.61
95% 置信区间	0.72~0.74	0.72~0.74	0.59~0.63	0.63~0.67	0.59~0.63
切点值	8.85	1.27	3.80	0.83	1
敏感度(%)	65.21	61.02	38.34	51.16	70.18
特异度(%)	69.86	73.34	81.28	72.82	47.60
约登指数	0.36	0.34	0.18	0.17	0.18
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )					
≥25					
曲线下面积	0.73	0.73	0.60	0.59	0.61
95% 置信区间	0.72~0.75	0.71~0.74	0.58~0.61	0.56~0.59	0.60~0.63
切点值	8.66	1.08	4.03	0.84	1
敏感度(%)	75.52	60.81	45.05	66.58	65.54
特异度(%)	59.26	74.22	71.57	45.89	54.52
约登指数	0.35	0.35	0.17	0.17	0.20
<25					
曲线下面积	0.70	0.70	0.57	0.58	0.60
95% 置信区间	0.69~0.71	0.69~0.71	0.56~0.59	0.58~0.61	0.59~0.62
切点值	8.85	1.61	3.05	0.84	1
敏感度(%)	58.35	52.83	38.65	45.87	43.27
特异度(%)	73.85	77.16	76.46	70.89	72.44
约登指数	0.32	0.30	0.15	0.12	0.16

注: TyG, 三酰甘油葡萄糖乘积指数; TG/HDL, 三酰甘油与高密度脂蛋白比值; HOMA-IR, 稳态模型胰岛素抵抗指数; ApoB/ApoA1, 载脂蛋白 B 与载脂蛋白 A1 比值; hs-CRP, 高敏 C 反应蛋白。

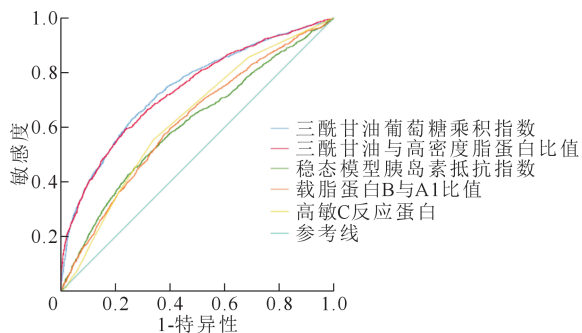


图1 三酰甘油葡萄糖乘积指数、三酰甘油与高密度脂蛋白比值、稳态模型胰岛素抵抗指数、载脂蛋白B与载脂蛋白A1比值、高敏C反应蛋白预测高尿酸血症的ROC曲线

入中年后,由于社会应酬增多,身体锻炼减少导致体内脂质代谢异常,增加了患HUA的风险。因此,TyG指数预测年龄 $\geq 40$ 岁和BMI $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup>人群的HUA能力最强。吸烟可导致机体血糖、血脂以及尿酸等代谢紊乱,进一步导致尿酸水平的升高。因此,吸烟者的TyG指数对HUA的风险和诊断效能较高。酒类含有维生素B1,是嘌呤和苷酸分解代谢的催化剂,嘌呤和苷酸与维生素B1发生化学作用,导致尿酸水平升高。因此,饮酒者的HUA风险较大。FPG的升高显著增加糖尿病患者风险,也会增加糖尿病患者HUA的风险,因此合并糖尿病者的TyG指数与HUA的风险关系较强。高血压可引起微血管硬化,使肾脏有效血流减少或局部乳酸堆积,导致乳酸与尿酸形成竞争性分泌,造成体内UA滞留。

本研究尚存在一定的局限性值得探讨。一是数据来源于2009年的调查,数据时效性较低。二是横断面研究无法确定这些指标与HUA的因果关联。三是研究样本较小,能否代表中国成年人群的HUA情况还有待进一步研究。

本研究表明,TyG对HUA患病风险和预测能力最高,其次是TG/HDL、hs-CRP、ApoB/ApoA1、HOMA-IR。男性、年龄 $\geq 40$ 岁、BMI $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup>、吸烟、饮酒者及合并DM和高血压的人群患HUA的风险更高。应积极采取有效措施预防和识别HUA的危险因素,及早干预。

利益冲突 所有作者均声明没有利益冲突

### 参 考 文 献

[1] Kuo KL, Chen HM, Hsiao SH, et al. The relationship between anthropometric factors and hyperuricemia in adolescent Athletes[J]. *Obes Res Clin Pract*, 2021, 15(4): 375-380. DOI: 10.1016/j.orcp.2021.03.012.

[2] Song PG, Wang H, Xia W, et al. Prevalence and correlates of

hyperuricemia in the middle-aged and older adults in China[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 4314. DOI: 10.1038/s41598-018-22570-9.

- [3] 王华,高迎. 高尿酸血症对2型糖尿病微血管病变的影响因素分析[J]. *中国临床医生杂志*, 2021, 49(4): 446-448. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2021.04.021.
- Wang H, Gao Y. Analysis of the influencing factors of hyperuricemia on microangiopathy in type 2 diabetes mellitus [J]. *Chin J Clin*, 2021, 49(4): 446-448. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2021.04.021.
- [4] 隋小芳,沈士琨,王凤玲,等. 原发性高血压合并高尿酸血症的危险因素分析[J]. *中国实验诊断学*, 2021, 25(4): 514-516. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4287.2021.04.012.
- Sui XF, Shen SK, Wang FL, et al. Analysis of risk factors for essential hypertension complicated with hyperuricemia [J]. *Chin J Lab Diagn*, 2021, 25(4): 514-516. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4287.2021.04.012.
- [5] 孙萌璐,徐锦江,祝春梅,等. 基于倾向性评分分析高尿酸血症对糖尿病发病风险的影响[J]. *现代预防医学*, 2021, 48(15): 2866-2869.
- Sun ML, Xu JJ, Zhu CM, et al. Effect of hyperuricemia on the risk of diabetes based on propensity score[J]. *Mod Prev Med*, 2021, 48(15): 2866-2869.
- [6] Alizargar J, Bai CH, Hsieh NC, et al. Use of the triglyceride-glucose index (TyG) in cardiovascular disease patients[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2020, 19(1): 8. DOI: 10.1186/s12933-019-0982-2.
- [7] Nur Zati Iwani AK, Jalaludin MY, Wan Mohd Zin RM, et al. TG: HDL-C ratio is a good marker to identify children affected by obesity with increased cardiometabolic risk and insulin resistance[J]. *Int J Endocrinol*, 2019, 2019: 8586167. DOI: 10.1155/2019/8586167.
- [8] Kim SC, di Carli MF, Garg RK, et al. Asymptomatic hyperuricemia and coronary flow reserve in patients with metabolic syndrome[J]. *BMC Rheumatol*, 2018, 2: 17. DOI: 10.1186/s41927-018-0027-6.
- [9] Rafiullah M, Siddiqui K, Al-Rubeaan K. Association between serum uric acid levels and metabolic markers in patients with type 2 diabetes from a community with high diabetes prevalence [J]. *Int J Clin Pract*, 2020, 74(4): e13466. DOI: 10.1111/ijcp.13466.
- [10] 程城铭,史晓通,李超峰,等. 合并高尿酸血症患者人工关节置换术后C-反应蛋白变化情况[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(12): 1327-1329. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2020.12.036.
- Cheng CM, Shi XT, Li CF, et al. Analysis of the changes of C-reactive protein after artificial joint replacement in patients with hyperuricemia [J]. *Chin J Bone Jo Inj*, 2020, 35(12): 1327-1329. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2020.12.036.
- [11] 兰阿勇,王朝旭. 基于《指南》的痛风及高尿酸血症基层防治策略探讨[J]. *中国初级卫生保健*, 2021, 35(7): 46-48. DOI: 10.3969/j.issn.1001-568X.2021.07.0013.
- Lan AY, Wang CX. Discussion on primary prevention and treatment strategies of gout and hyperuricemia based on "Guide" [J]. *China Primary Health Care*, 2021, 35(7): 46-48. DOI: 10.3969/j.issn.1001-568X.2021.07.0013.



- [12] 惠瑜瑜. 2型糖尿病患者合并高尿酸血症与TyG的关系及其影响因素分析[D]. 延安:延安大学,2020.  
Hui YY. Analysis of the relationship between TyG and hyperuricemia in patients with type 2 diabetes and its influencing factors[D]. Yan'an: Yan'an University, 2020.
- [13] 吴茵,蒋薇,辛柏青,等. 老年高尿酸血症与高甘油三酯血症发病的关系[J]. 中国老年学杂志,2017,37(24):6090-6091. DOI:10.3969/j.issn.1005-9202.2017.24.036.  
Wu Y, Jiang W, Xin BQ, et al. The relationship between hyperuricemia and hypertriglyceridemia in the elderly [J]. Chin J Gerontol, 2017, 37 (24) : 6090-6091. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2017.24.036.
- [14] 谭树凤,王凤,沈红卫,等. 上海某郊区老年健康体检人群血尿酸水平与代谢综合征的关系研究[J]. 老年医学与保健,2021,27(3):606-608,617. DOI:10.3969/j.issn.1008-8296.2021.03.038.  
Tan SF, Wang F, Shen HW, et al. Study on the relationship between serum uric acid level and metabolic syndrome in elderly health examination population in a suburb of Shanghai[J]. Geriatr Heal Care, 2021, 27 (3) : 606-608, 617. DOI: 10.3969/j.issn.1008-8296.2021.03.038.
- [15] 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):121-125,140. DOI:10.11969/j.issn.1673-548X.2021.02.028.  
You YQ, Han X, Ying CJ, et al. Triglyceride glucose index and triglyceride high-density lipoprotein ratio are powerful predictors of type 2 diabetes mellitus control[J]. J Med Res, 2021, 50(2): 121-125, 140. DOI:10.11969/j.issn.1673-548X.2021.02.028.
- [16] Liu XZ, Xu X, Zhu JQ, et al. Association between three non-insulin-based indexes of insulin resistance and hyperuricemia[J]. Clin Rheumatol, 2019, 38 (11) : 3227-3233. DOI: 10.1007/s10067-019-04671-6.
- [17] 廖付军,鲍海龙,何国祥,等. 应用ROC曲线评价载脂蛋白B与载脂蛋白A1比值诊断冠状动脉狭窄程度的价值[J]. 中国心血管病研究,2020,18(11):979-983. DOI:10.3969/j.issn.1672-5301.2020.11.004.  
Liao FJ, Bao HL, He GX, et al. Evaluation of ApoB/ApoA1 ratio on the diagnostic value of degree of coronary Stenosis by ROC curve[J]. Chin J Cardiovasc Res, 2020, 18 (11) : 979-983. DOI:10.3969/j.issn.1672-5301.2020.11.004.
- [18] 李佳,侯伟,徐秋焕,等. 高尿酸患者血清超敏C-反应蛋白水平与胰岛素抵抗发生相关性分析[J]. 中国卫生检验杂志,2018,28(6):706-708,726.  
Li J, Hou W, Xu QH, et al. Relationship analysis of serum super-sensitive C-reactive protein with insulin resistance in patients with hyperuricemia[J]. Chin J Heal Lab Technol, 2018, 28 (6) : 706-708, 726.
- [19] Kim S, Chang Y, Yun KE, et al. Development of nephrolithiasis in asymptomatic hyperuricemia: a cohort study[J]. Am J Kidney Dis, 2017, 70(2):173-181. DOI:10.1053/j.ajkd.2017.01.053.  
(收稿日期:2021-05-08)