·流行病与统计方法·

基于随机森林算法的 TyG- 肥胖指数对社区成年人高尿酸血症的预测

杨济其[1,2]，余彬[3,1]，王仕鸿[3,1]，杨淑娟[1,2,4]

1.四川大学华西公共卫生学院 / 华西第四医院，四川 成都 610041；

2.主动健康与食品营养安全四川省重点实验室，四川 成都 610041；

3.四川大学 – 香港理工大学灾后重建与管理学院；4.武汉大学空间全生命周期健康国际研究中心，湖北 武汉 430072

摘要：目的　探讨多种 TyG- 肥胖指数（TyG-BMI、TyG-WHR、TyG-LAP、TyG-BRI、TyG-CVAI、TyG-BAI）对社区居民高尿酸血症的预测价值。**方法**　基于中国西南区域自然人群队列 2020 年横断面调查数据，纳入 960 名社区居民。采用随机森林算法构建基础模型，并通过受试者工作特征曲线下面积、准确率、精确率、召回率和 F1 值分别对不同 TyG- 肥胖指数在高尿酸血症预测中的性能进行评估。**结果**　在纳入的 TyG- 肥胖指数中，TyG-LAP 和 TyG-CVAI 模型的预测效能最佳，曲线下面积均为 0.716。TyG-LAP 模型在准确率和 F1 值上略优（0.667 和 0.543），而 TyG-CVAI 模型的召回率最高（0.807）。变量重要性分析显示，各 TyG- 肥胖指数在人口学特征、行为生活方式多因素的模型中均为重要的预测因子。**结论**　TyG- 肥胖指数对社区居民高尿酸血症具有良好的预测能力，尤其是 TyG-LAP 和 TyG-CVAI，可作为社区筛查和高危人群识别的重要变量。

关键词：高尿酸血症；TyG- 肥胖指数；预测模型；随机森林

中图分类号：R589　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1003-8507（2026）03-385-07

DOI：10.20043/j.cnki.MPM.202510007

Predictive value of TyG-obesity indices for hyperuricemia in community residents based on a random forest algorithm

YANG Ji-qi*, YU Bin, WANG Shi-hong, YANG Shu-juan

West China School of Public Health/West China Fourth Hospital of Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China

Abstract: Objective To evaluate the predictive value of various TyG-obesity indices (TyG-BMI, TyG-WHR, TyG-LAP, TyG-BRI, TyG-CVAI, TyG-BAI) for hyperuricemia in community residents. **Methods** Using data from the 2020 cross-sectional survey of the Southwest China Natural Population Cohort, 960 participants were included. A base model was constructed using the random forest algorithm. The predictive performance of models incorporating different TyG-obesity indices was evaluated using the area under the ROC curve, accuracy, precision, recall, and the F1-score. **Results** Among the TyG-obesity indices, the models incorporating TyG-LAP and TyG-CVAI showed the best predictive performance, both with an AUC of 0.716. The TyG-LAP model had slightly higher accuracy and F1-score (0.667 and 0.543), while the TyG-CVAI model achieved the highest recall (0.807). Feature importance analysis indicated that TyG-obesity indices were the important predictors in models incorporating demographic characteristics and behavioral and lifestyle factors. **Conclusion** TyG-obesity indices, particularly TyG-LAP and TyG-CVAI, demonstrate strong predictive ability for hyperuricemia in community residents and may serve as useful tools for community screening and identification of high-risk groups.

Keywords: Hyperuricemia; TyG-obesity indices; Prediction model; Random forest

高尿酸血症（hyperuricemia, HUA）是由嘌呤代谢紊乱、尿酸盐生产过剩和尿酸排泄不足等引起的临床症状[1]，不仅是痛风的重要诱因，还与心血管疾病密切关联[2]。近年来，我国社区居民 HUA 的患病率稳步上升，十省（自治区）的成年居民 HUA 血症的患病率从 2009 年的 11.39%增长到 2023 年的 14.54%[3]，并呈现年轻化趋势，其防控刻不容缓。

现有研究表明肥胖与 HUA 之间关系极为密切[4]。例如，身体质量指数（body mass index, BMI）、腰围、腰臀比和腰高比等指标的增高可增大 HUA 的发生风险[5]。相比以上指标，脂质蓄积指数（lipid accumulation product, LAP）、中国内脏肥胖指数（Chinese visceral adiposity index, CVAI）、身体肥胖指数（body adiposity

基金项目：国家重点研发计划（2023YFC3604702）；国家自然科学基金（723B2017）；四川省卫生信息中心科研项目（H231227）

作者简介：杨济其（2002—），男，硕士在读，研究方向：社会医学与卫生事业管理

通信作者：杨淑娟，E-mail：rekiny@126.com; yangsj@scu.edu.cn

index, BAI)、身体圆度指数（body roundness index, BRI)等肥胖指标在区分身体成分、体脂分布、量化个体体型等方面具有优势,且与 HUA 关系的研究较为有限。其次，从机制层面看，胰岛素抵抗(insulin resistance, IR）被认为是肥胖和高尿酸血症发生的关键机制,但直接测量复杂且成本高,不适合大样本研究。近年提出的甘油三酯－葡萄糖指数(triglyceride-glucose index, TyG）被认为是 IR 的替代指标,可用于 HUA 预测[6]。然而,现有证据或局限于特定人群,或仅考察了单一的 TyG- 肥胖组合,例如,有证据发现 TyG-BMI 指数是成年女性 HUA 的更有效预测因子[7],无法广泛代表我国社区居民情况,也缺乏系统性地评估多种 TyG- 肥胖指数对 HUA 的预测价值。因此，本研究拟在社区居民中系统评估多种 TyG- 肥胖指数对 HUA的预测性,并为我国社区居民 HUA 的预防与干预策略制定提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究依托中国西南区域自然人群队列研究(the China Multi-Ethnic Cohort, CMEC)2020 年随访调查的横断面数据[8],纳入 1 049 名成年参与者(含老年人),并排除符合以下任一条件者:(1)关键血液生化指标(如尿酸)缺失;(2)关键人体测量数据缺失;(3)确诊高血压。共计排除 89 人,最终 960 名参与者纳入研究分析。所有的研究对象在调查前均签署了知情同意,该项目获得了四川大学医学伦理委员会的审批(K2016038)。

1.2 研究方法

1.2.1 研究指标 研究包含源于问卷调查、体格检查、血生化检查的多项指标。问卷调查由经过培训的调查员开展,内容涵盖:(1)社会人口学特征,包括性别、年龄、民族、教育水平、婚姻状况等;(2)行为生活方式，包括吸烟状况，饮酒状况,DASH(dietary approaches to stop hypertension）饮食评分和体力活动水平。其中,吸烟定义为截至调查之日累积吸烟超过 100 支;既往吸烟定义为戒烟超过至少半年以上。经常饮酒定义为过去一年中基本每周至少喝酒一次;偶尔饮酒定义为一年当中仅在特定几个月里或特殊场合饮酒，或每月都饮酒但频度不到每周一次;DASH 饮食评分由食物频率问卷（food frequency questionnaire, FFQ)进行调查,并依据国际 DASH 评分方式计算得出[9]。体力活动采用国际体力活动问卷[10]由代谢当量值(metabolic equivalent,MET)进行评估,该值代表特定活动状态下每小时每千克体重消耗的能量与静坐时消耗的能量的比率，并通过对职业、通勤、家务和闲暇等四种类型的体力活动的强度和持续时间加权计算得到。

体格检查指标包括身高、体重、腰围、臀围。由受过专业培训的操作员根据标准操作流程,使用卷尺和校准的电子身高体重仪器进行测量。要求调查者持续保持空腹状态超过 8 h，在脱去鞋子和外套的情况下进行测量,身高测量值精确至 0.1 cm,体重测量值精确至 0.1 kg,重复测量 3 次后取平均值作为最终数值。

血生化指标包括测定总胆固醇、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)、甘油三酯及尿酸等。调查者在隔夜空腹至少 8 h 后，由专业医务人员使用真空采血管和采血针采集静脉血,并在指定实验室开展一系列的生化检验测试。

1.2.2 HUA的定义 参考由多学科专家联合 HUA 与痛风病友会制定的《高尿酸血症 / 痛风患者实践指南》诊断标准[11],将男性尿酸水平＞420 μmol/L、女性尿酸水平＞360 μmol/L 定义为 HUA 组。未被上述标准诊断的研究对象为非 HUA 组。

1.2.3 TyG- 肥胖指数的定义 TyG 指数通过 ln[TG(mg/dl)×FBG(mg/dl)/2]计算[12];本研究纳入的多种 TyG- 肥胖指数及其计算公式为:TyG-BMI=TyG × BMI;TyG-WHR=TyG × WHR;TyG-LAP=TyG × LAP;TyG-BRI=TyG × BRI;TyG-CVAI=TyG × CVAI;TyG-BAI=TyG × BAI;其中,FBG 为空腹血糖,WHR 为腰臀比。

1.2.4 统计学方法 针对两组人群，采用 Student t 检验、Wilcoxon 秩和检验或 χ^2 检验分析两组间在社会人口学特征、生活方式、肥胖指标以及生理和生化指标等方面的差异,对于连续变量,采用平均数和标准差或中位数和四分位数区间进行描述；对于分类变量,则使用频率和百分比进行刻画。双侧检验,检验水准 α=0.05。

构建基于随机森林的预测模型，按照 7∶3 的比例划分训练集与验证集，使用 R 包 ROSE 进行欠采样以处理数据不平衡,R 包 mlr3 等对超参数 mtry(决策树分支时随机抽样的变量个数,调优范围 1～10)、min.node.size(决策树终止生长的最小节点样本数,调优范围 1～20)、depth(每棵决策树的最大深度,调优范围 5～30)、sample.fraction(样本抽样比例,调优范围 0.3～1)进行随机搜索调优。以调优后的 mtry、min.node.size、depth、sample.fraction 使用 R 包 ranger 训练最终的随机森林模型,ntree(构建的决策树数目)固定为 1 000,随机种子设置为 999。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC）曲线下面积(area under the curve,AUC)、准确率、精确率、召回率、

F1 值来评估模型的预测效能。采用 5 折 10 次交叉验证。采用 DeLong 检验比较训练集与测试集 AUC 的差异。

2　结　果

2.1　研究人群基本情况　调查对象的年龄为（53.05 ± 11.50）岁；其中男性占 50.62%，初中以下学历者占 61.98%，已婚 / 同居者占 91.25%，汉族占 90.10%，不吸烟者占 74.48%，不饮酒者占 56.46%，体力活动为（18.83 ± 13.45）METs/d，DASH 饮食评分为（22.68 ± 4.37）。性别、吸烟状况、饮酒状况、TyG–BMI、TyG–WHR、TyG–LAP、TyG–BRI、TyG–CVAI、TyG–BAI 在 HUA组与正常尿酸组间差异具有统计学差异（$P<0.05$）。见表 1。

表 1　研究对象的基本特征描述[$(\bar{x} \pm s)$，n(%)]

Table 1　Basic characteristics of the study subjects [$(\bar{x} \pm s)$, n(%)]

变量	总人群（n=960）	正常尿酸（n=701）	高尿酸（n=259）	P 值
年龄（岁）	53.05 ± 11.50	53.26 ± 11.37	52.49 ± 11.84	0.360
性别				<0.001
男	486（50.62）	311（44.37）	175（67.57）	
女	474（49.38）	390（55.63）	84（32.43）	
文化程度				0.341
初中及以下	595（61.98）	443（63.20）	152（58.69）	
高中	198（20.62）	143（20.40）	55（21.24）	
本科及以上	167（17.40）	115（16.41）	52（20.08）	
婚姻状况				0.184
未婚	84（8.75）	67（9.56）	17（6.56）	
已婚 / 同居	876（91.25）	634（90.44）	242（93.44）	
民族				0.236
汉族	865（90.10）	637（90.87）	228（88.03）	
藏族	95（9.90）	64（9.13）	31（11.97）	
吸烟				0.025
否	715（74.48）	536（76.46）	179（69.11）	
是	245（25.52）	165（23.54）	80（30.89）	
饮酒				0.021
否	542（56.46）	412（58.77）	130（50.19）	
是	418（43.54）	289（41.23）	129（49.81）	
体力活动（METs/d）	18.83 ± 13.45	18.75 ± 13.56	19.07 ± 13.16	0.964
DASH 饮食评分	22.68 ± 4.37	22.71 ± 4.31	22.62 ± 4.56	0.653
TyG–BMI	34.24 ± 19.42	31.28 ± 18.84	42.26 ± 18.71	<0.001
TyG–WHR	1.21 ± 0.65	1.12 ± 0.64	1.46 ± 0.63	<0.001
TyG–LAP	82.42 ± 155.96	68.55 ± 160.25	119.94 ± 137.13	<0.001
TyG–BRI	5.68 ± 3.87	5.13 ± 3.75	7.17 ± 3.79	<0.001
TyG–CVAI	157.68 ± 131.64	137.73 ± 127.69	211.66 ± 127.16	<0.001
TyG–BAI	39.31 ± 21.05	36.56 ± 20.60	46.75 ± 20.50	<0.001

注：表 1 ~ 4 及图 1 ~ 2 中，TyG–WHR 表示 TyG– 腰臀比。

2.2　基于随机森林的风险预测模型构建　将是否患有 HUA作为结局构建其预测模型，按照 7 ∶ 3 的比例划分训练集与验证集，将年龄、性别、文化程度、婚姻状况、民族、吸烟状况、饮酒状况、运动状况、DASH 饮食评分纳入建立随机森林预测基础模型。在此基础上，分别纳入不同 TyG– 肥胖指数构建进一步的预测模型比较预测性能。由图 1 可知，与基础模型相比，加入不同 TyG– 肥胖指数时，AUC 值均有提升。其中 AUC 最大值为纳入 TyG–LAP 的模型和纳入 TyG–CVAI 的模型，其值均为 0.716。由表 2 可知，纳入 TyG–LAP 的模型准确率（0.667）、精确率（0.425）、F1 值（0.543）略高，而纳入 TyG–CVAI 的模型召回率（0.803）更高。在图 2 中各 TyG– 肥胖指数重要性最高，其次为年龄、性别。

表 2　不同模型下的准确率、精确率、召回率、F1 值

Table 2　Performance comparison of different models on accuracy, precision, recall, and F1–score

模型	准确率	精确率	召回率	F1 值
基础模型	0.611	0.369	0.671	0.477
TyG–BMI	0.628	0.395	0.763	0.520
TyG–WHR	0.608	0.386	0.829	0.527
TyG–LAP	0.667	0.425	0.750	0.543
TyG–CVAI	0.632	0.401	0.803	0.535
TyG–BRI	0.632	0.386	0.750	0.518
TyG–BAI	0.642	0.406	0.763	0.530

进一步模型进行交叉验证，结果发现不同模型下的各指标标准差基本较小，结果相对稳健，见表 3。对模型过拟合风险评估显示，不同模型的训练集与测试集 AUC 差异在 0.1 左右，DeLong 检验显示各模型训练集与测试集 AUC 差异具有统计学差异（$P<0.05$），提示存在过拟合风险，见表 4。

表 3　不同模型下的交叉验证稳定性分析结果（$\bar{x} \pm s$）

Table 3　Stability analysis of cross-validation results across different models（$\bar{x} \pm s$）

模型	准确率	精确率	召回率	F1 值	AUC
基础模型	0.605 ± 0.057	0.417 ± 0.072	0.690 ± 0.164	0.506 ± 0.080	0.613 ± 0.049
TyG-BMI	0.688 ± 0.059	0.499 ± 0.090	0.678 ± 0.094	0.568 ± 0.066	0.689 ± 0.055
TyG-WHR	0.673 ± 0.051	0.481 ± 0.075	0.681 ± 0.097	0.557 ± 0.058	0.681 ± 0.052
TyG-LAP	0.702 ± 0.053	0.514 ± 0.074	0.685 ± 0.089	0.583 ± 0.062	0.699 ± 0.056
TyG-CVAI	0.675 ± 0.060	0.486 ± 0.075	0.704 ± 0.098	0.569 ± 0.062	0.692 ± 0.060
TyG-BRI	0.683 ± 0.056	0.495 ± 0.077	0.635 ± 0.098	0.550 ± 0.059	0.682 ± 0.056
TyG-BAI	0.666 ± 0.060	0.478 ± 0.073	0.701 ± 0.109	0.561 ± 0.059	0.682 ± 0.053

表 4　不同模型下的过拟合风险评估

Table 4　Assessment of overfitting risk across different models

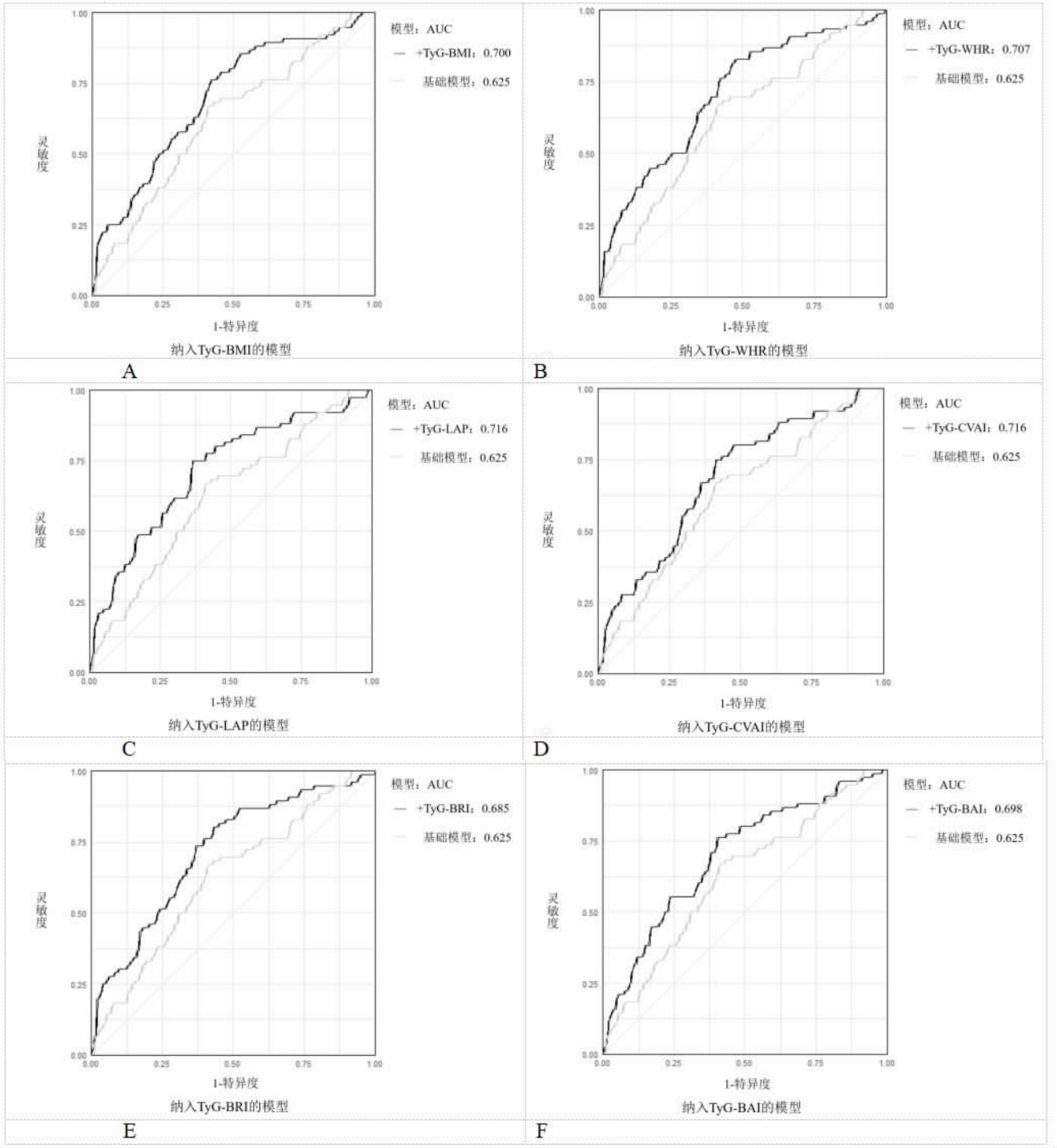
模型	训练集 AUC	测试集 AUC	AUC 差异	AUC 比值	DeLong 检验 P 值
基础模型	0.767	0.625	0.143	0.814	<0.001
TyG-BMI	0.814	0.700	0.114	0.860	0.004
TyG-WHR	0.807	0.707	0.100	0.876	0.012
TyG-LAP	0.814	0.716	0.099	0.879	0.014
TyG-CVAI	0.812	0.716	0.096	0.882	0.014
TyG-BRI	0.803	0.685	0.119	0.852	0.003
TyG-BAI	0.802	0.698	0.103	0.871	0.010

3　讨　论

本研究基于随机森林算法，构建了多个纳入不同 TyG- 肥胖指数的 HUA预测模型。而纳入 TyG 与 BMI、腰臀比、LAP、BRI、CVAI、BAI 结合后联合指标的模型，相较于基础模型，在精确率、准确率、召回率、F1 值和 AUC 值均有不同程度的提升，对 HUA具有更强的预测能力。变量重要性分析进一步佐证了 TyG- 肥胖指数对 HUA预测的核心地位。在所有构建的模型中，各类 TyG- 肥胖指数均被识别为对 HUA 最重要的预测变量，其贡献度远高于年龄、性别等传统风险因素。这清晰地表明，将反映 IR 的 TyG 指数与反映体脂分布和肥胖程度的指标相结合，能够捕捉到更丰富的病理信息，从而显著提升模型对 HUA的预测能力。

通过比较各模型的预测效能，结果显示纳入 TyG-LAP 指数和纳入 TyG-CVAI 指数的模型对 HUA 预测效能最佳，其 AUC 均达到 0.716，这很可能源于其独特的生物学基础。例如，LAP 指数结合了反映中心性肥胖的腰围与反映脂质代谢的甘油三酯，能更敏感地指示内脏脂肪分布[13]。CVAI 作为基于中国人群开发的指标，其公式综合了年龄、BMI、腰围等参数，能更精准地评估中国人的内脏脂肪水平[14]。HUA的发生与发展，与内脏脂肪堆积所导致的胰岛素抵抗、慢性炎症状态及尿酸排泄减少密切相关。因此，TyG 指数与 LAP/CVAI 的结合，实现了对代谢异常和脂肪分布异常两大核心病因的同步捕获，从而产生了协同预测效果。具体分析 TyG-LAP 模型和 TyG-CVAI 模型性能指标可以发现，TyG-LAP 模型在准确率（0.667）和 F1 值（0.543）上略胜一筹，表明该模型在整体判断正确性和综合性能上更为均衡，或更适合用于社区初步风险分级。而 TyG-CVAI 模型则展现了最高的召回率（0.803），提示其在识别 HUA患者方面漏诊的可能性更低，在针对高危人群（如代谢综合征患者）的筛查中可能更具价值，尚待进一步研究。

使用 TyG 指数预测 HUA的合理性已有文献证实[15]，但其关联机制尚未完全阐明。已有研究提出 IR 与 HUA之间的机制。IR 通过升高血清尿酸水平、减少肾脏尿酸排泄和导致肾脏损害等多种途径引起 HUA[16]。在 IR 引起的急性高胰岛素血症期间，尿酸排泄的调节中负责分泌和重吸收的转运蛋白表达可能会改变，增强尿酸盐的重吸收，从而提高血清尿酸水平[17-18]。IR 后继发的代偿性高胰岛素血症通过肾小管重吸收钠导致尿酸排泄减少；同时，高胰岛素血症激活肾素 - 血管紧张素系统，导致肾血流量减少，尿酸盐重吸收增加，并刺激黄嘌呤氧化酶的产生，进而增加尿酸产生[19]。TyG 指数基于空腹血糖和甘油三酯计

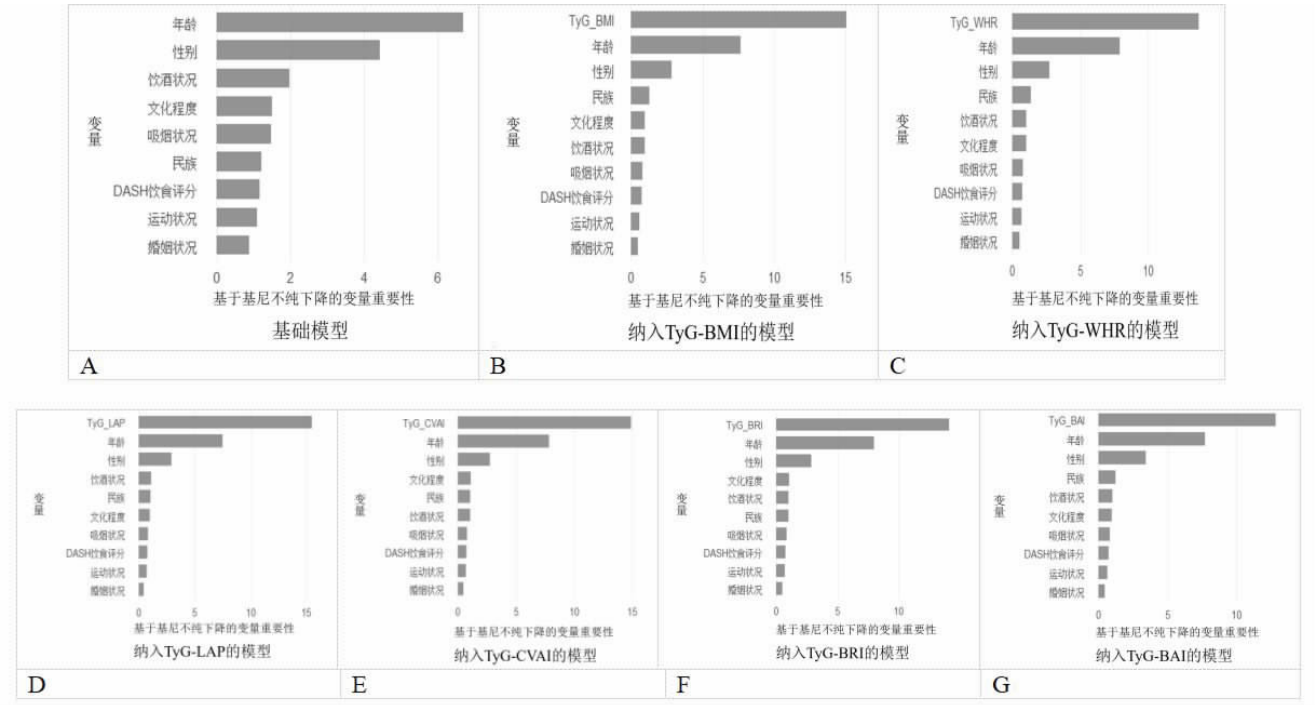


注：A 为基础模型，纳入年龄、性别、文化程度、婚姻状况、民族、运动状况、DASH 饮食评分、吸烟状况、饮酒状况；B 为纳入 TyG-BMI 的模型，在基础模型上增加 TyG-BMI；C 为纳入 TyG-WHR 的模型，在基础模型上增加 TyG-WHR；D 为纳入 TyG-LAP 的模型，在基础模型上增加 TyG-LAP；E 为纳入 TyG-CVAI 的模型，在基础模型上增加 TyG-CVAI；F 为纳入 TyG-BRI 的模型，在基础模型上增加 TyG-BRI；G 为纳入 TyG-BAI 的模型，在基础模型上增加 TyG-BAI。

图 1　不同模型下的 ROC 曲线

Figure 1　ROC curves of the different models

算，其另一潜在机制可能涉及血糖与血脂水平[20]。高血糖和高脂血症会降低甘油醛 -3- 磷酸脱氢酶活性，从而增加尿酸的合成[21]。此外，甘油三酯可因长期血脂异常导致肾小动脉变窄或阻塞，最终导致尿酸盐排泄障碍[22]。在预测非酒精性脂肪性肝病患者 HUA 时，TyG-BMI 指数比单独的 TyG 指数有更高的预测准确性[23]。在中国女性群体中也发现了 TyG-BMI、TyG-WC 和 TyG-WHtR 与 TyG 指数相比有更高的 HUA风险关联[24]。同样还有研究认可将 TyG 指数与 BMI、腰臂比、腰围等肥胖标志物结合可以增强对 HUA的预测价值[25]。还有研究发现 BMI、腰围和 HC 这三个肥胖指标在 TyG 指数与 HUA的关系中存在部



注：A 为基础模型，纳入年龄、性别、文化程度、婚姻状况、民族、运动状况、DASH 饮食评分、吸烟状况、饮酒状况；B 为纳入 TyG-BMI 的模型，在基础模型上增加 TyG-BMI；C 为纳入 TyG-WHR 的模型，在基础模型上增加 TyG-WHR；D 为纳入 TyG-LAP 的模型，在基础模型上增加 TyG-LAP；E 为纳入 TyG-CVAI 的模型，在基础模型上增加 TyG-CVAI；F 为纳入 TyG-BRI 的模型，在基础模型上增加 TyG-BRI；G 为纳入 TyG-BAI 的模型，在基础模型上增加 TyG-BAI。

图 2 不同模型下的变量重要性

Figure 2 Feature importance of different models

分中介作用，这些研究进一步强化了将 TyG 指数与肥胖指标结合用于预测 HUA的合理性与应用价值[26]。

本研究使用随机森林算法构建预测模型，其优势在于能够自动处理多种预测变量间的复杂非线性关系和交互作用，而这正是传统 logistic 回归等方法的局限所在。变量重要性排序即是该算法优势的一个体现，它量化了每个变量对模型预测结果的贡献度，为我们揭示了 TyG- 肥胖指数的核心作用。这种方法不仅提升了预测精度，也增强了模型的可解释性，为揭示 HUA的复杂病因结构提供了新的数据驱动视角。

本研究存在若干局限性。首先，横断面设计无法推断 TyG- 肥胖指数与 HUA的因果关系，因而无法确认这些指标是疾病的诱因、结果抑或是伴随标志物，这限制了对潜在机制的直接阐释及其在个体化前瞻性风险预测中的应用。其次，尽管引入 TyG- 肥胖指数后模型性能显著提升，但其 AUC 最高为 0.716，仅处于中等预测水平，表明仍有未知的强预测因子未被纳入，模型的临床转化效能尚需进一步提高。最后，研究对象均来源于中国西南地区的单一队列，可能存在选择偏倚，且其结果在外部人群，特别是不同地域、种族人群中的普适性有待进一步验证。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Dalbeth N, Gosling AL, Gaffo A, et al. Gout [J]. The Lancet, 2021, 397(10287): 1843–1855.

[2] Kuwabara M, Hisatome I, Ae R, et al. Hyperuricemia, a new cardiovascular risk [J]. Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases : NMCD, 2025, 35(3): 103796.

[3] 吴晓宇，关方旭，苏畅，等. 2009–2023 年中国十省(自治区)成年居民主要慢性代谢性疾病现状及流行趋势 [J]. 卫生研究，2024，53(6)：880–886, 913.
Wu XY, Guan FX, Su C, et al. Status and epidemic trends of major chronic metabolic diseases among adult residents in 10 provinces (autonomous regions)of China in 2009–2023 [J]. Journal of Hygiene Research, 2024, 53(6): 880–886, 913.(In Chinese)

[4] Gong M, Wen S, Nguyen T, et al. Converging relationships of obesity and hyperuricemia with special reference to metabolic disorders and plausible therapeutic implications [J]. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity : Targets and Therapy, 2020, 13: 943–962.

[5] Zhou SZ, Yu YJ, Zhang ZX, et al. Association of obesity, triglyceride–glucose and its derivatives index with risk of hyperuricemia among college students in Qingdao, China [J]. Frontiers in Endocrinology, 2022, 13: 1001844.

[6] Sun YT, Ji HY, Sun WJ, et al. Triglyceride glucose (TyG) index: A promising biomarker for diagnosis and treatment of different diseases [J]. European Journal of Internal Medicine, 2025, 131: 3–14.

[7] Mutailipu K, Guo J, Yin J, et al. Association between TyG–BMI index and hyperuricemia in adult women [J]. Endocrinol Diabetes Metab, 2025, 8(2): e70028.

[8] Zhao X, Hong F, Yin JZ, et al.Cohort profile: the China Multi-Ethnic cohort (CMEC) study[J]. International Journal of Epidemiology, 2021, 50(3): 721-721l.

[9] Chiu S, Bergeron N, Williams PT, et al. Comparison of the DASH (dietary approaches to stop hypertension) diet and a higher-fat DASH diet on blood pressure and lipids and lipoproteins: a randomized controlled trial [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2016, 103(2): 341-347.

[10] Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2003, 35 (8): 1381-1395.

[11] 黄叶飞,杨克虎,陈澍洪,等. 高尿酸血症 / 痛风患者实践指南[J]. 中华内科杂志,2020,59(7):519-527.
Huang YF, Yang KH, Chen SH, et al. Practice guideline for patients with hyperuricemia/gout [J]. Chinese Journal of Internal Medicine, 2020, 59(7): 519-527.(In Chinese)

[12] Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, et al. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man [J]. Diabetologia, 1985, 28(7): 412-419.

[13] Kahn HS. The "lipid accumulation product" performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population-based comparison [J]. BMC Cardiovascular Disorders, 2005, 5(1): 26.

[14] Xia MF, Chen Y, Lin HD, et al. A indicator of visceral adipose dysfunction to evaluate metabolic health in adult Chinese [J]. Scientific Reports, 2016, 6: 38214.[15]Wang J, He Q, Sun WH, et al. The association between the triglyceride glucose index and hyperuricemia: a Dose-Response Meta-Analysis[J]. Nutrients, 2025, 17(9): 1462.

[16] De oliveira EP, Burini RC. High plasma uric acid concentration: causes and Consequences [J]. Diabetology & Metabolic Syndrome, 2012, 4: 12.

[17] Toyoki D, Shibata S, Kuribayashi-Okuma E, et al. Insulin stimulates uric acid reabsorption via regulating urate transporter 1 and ATP-binding cassette subfamily G member 2[J]. American Journal of Physiology. Renal Physiology, 2017, 313(3): F826-F834.

[18] Mandal AK, Mount DB. The molecular physiology of uric acid homeostasis[J]. Annual Review of Physiology, 2015, 77: 323-345.

[19] Katsiki N, Dimitriadis GD, Mikhailidis DP. Serum uric acid and diabetes: from pathophysiology to cardiovascular disease [J]. Current Pharmaceutical Design, 2021, 27(16): 1941-1951.

[20] Li QH, Shao X, Zhou SJ, et al. Triglyceride-glucose index is significantly associated with the risk of hyperuricemia in patients with diabetic kidney disease [J]. Scientific Reports, 2022, 12 (1): 19988.

[21] Gao Z, Zuo M, Han F, et al. Renal impairment markers in type 2 diabetes patients with different types of hyperuricemia [J]. Journal of Diabetes Investigation, 2019, 10(1): 118-123.

[22] Zhang Y, Wei FJ, Chen C, et al. Higher triglyceride level predicts hyperuricemia: A prospective study of 6-year follow-up[J]. Journal of Clinical Lipidology, 2018, 12(1): 185-192.

[23] Li HT, Gao G, Xu ZK, et al. Association and diagnostic value of TyG-BMI for hyperuricemia in patients with Non-Alcoholic fatty liver disease: a Cross-Sectional study [J]. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity : Targets and Therapy, 2024, 17: 4663-4673.

[24] Gu Q, Hu X, Meng J, et al. Associations of Triglyceride-Glucose index and its derivatives with hyperuricemia risk: a cohort study in Chinese general population [J]. International Journal of Endocrinology, 2020, 2020: 3214716.

[25] Qin Z, Jian L, Zhang RZ, et al.TyG-WC index as a superior predictor of hyperuricemia risk in the hypertensive population: a prospective cohort study [J]. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity : Targets and Therapy, 2025, 18: 679-689.

[26] Sun J, Sun MY, Su YK, et al. Mediation effect of obesity on the association between triglyceride-glucose index and hyperuricemia in Chinese hypertension adults [J]. Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.), 2022, 24(1): 47-57.

收稿日期:2025-10-01

读者·作者·编者

本刊对统计学符号的要求

按照 GB/T 3358.1 ~ 3-2009《统计学术语》的有关规定，统计学符号一律采用斜体排印。常用：（1）样本的算术平均数用英文小写 $\bar{x}$ 或 mean（中位数英文叙述中用 *M* 或 median）；（2）标准差用英文小写 *s* 或大写 *SD*（限英文文献中）；（3）标准误用英文小写 $s_{\bar{x}}$ 或大写 *SE*（限英文文献中）；（4）*t* 检验用英文小写 *t*；（5）*F* 检验用英文大写 *F*；（6）卡方检验用希文小写 χ^2；（7）相关系数用英文小写 *r*；（8）自由度用希文小写 ν 或 *df*（限英文文献中）；（9）概率用英文大写 *P*（*P* 值前应给出具体检验值，如 *t* 值、χ^2 值、*q* 值等）。