

· 脂肪性肝病 ·

DOI: 10.12449/JCH260510

代谢指标联合人体测量指标对代谢相关脂肪性肝病及其 中高危程度的预测价值及列线图模型构建

赵思瑞¹, 李哲宇¹, 何文强², 李俊峰^{1,2}, 张立婷^{1,2,3}

1 兰州大学第一临床医学院, 兰州 730000

2 兰州大学第一医院肝病科/传染病研究室, 兰州 730000

3 兰州大学第一医院门静脉高压研究所, 兰州 730000

通信作者: 李俊峰, junfenglee@126.com (ORCID: 0000-0002-5638-706X); 张立婷, lcheneye@163.com (ORCID: 0009-0005-1259-5747)

摘要: **目的** 构建基于代谢与人体测量指标的代谢相关脂肪性肝病(MAFLD)临床预测模型,为MAFLD筛查和干预提供更有效的工具。**方法** 回顾性纳入2024年1月1日—2025年1月1日于兰州大学第一医院体检中心进行腹部彩超检查的2 824例体检人群为研究对象,将其按7:3的比例随机分为训练集($n=1\,976$)和验证集($n=848$)。收集研究对象的临床资料、血清学指标及腹部超声结果,计算甘油三酯-葡萄糖(TyG)指数、甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比值(TG/HDL-C)及多种人体测量指标。符合正态或近似正态分布的计量资料2组间比较采用独立样本 t 检验,偏态分布的计量资料2组间比较采用Mann-Whitney U 检验,计数资料组间比较采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。采用多因素Logistic回归分析分别筛选MAFLD及中高危MAFLD的独立相关因素,根据MAFLD的独立影响因素构建5种风险预测模型。绘制受试者操作特征曲线评估模型效能,并计算曲线下面积(AUC)。采用校准曲线评估模型的预测准确性,采用决策曲线分析评估模型的临床实用价值,并与传统模型的性能进行比较。**结果** 训练集1 976例体检者中937例(47.42%)为MAFLD,中高危MAFLD有423例(21.41%);验证集848例体检者中MAFLD为406例(47.88%)。多因素Logistic回归分析显示,男性[比值比(OR)=0.23, 95%置信区间(CI):0.13~0.39]、腰围($OR=1.11$, 95% CI :1.06~1.17)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)>40 U/L($OR=2.24$, 95% CI :1.44~3.51)、高密度脂蛋白胆固醇($OR=0.07$, 95% CI :0.04~0.15)、TyG指数($OR=8.27$, 95% CI :5.09~13.44)、TG/HDL-C($OR=0.84$, 95% CI :0.71~0.99)、身体形态指数(ABSI)($OR=0.45$, 95% CI :0.39~0.52)及体圆指数(BRI)($OR=2.31$, 95% CI :1.50~3.55)为MAFLD的独立影响因素(P 值均<0.05)。而中高危MAFLD的独立影响因素则包括男性($OR=0.17$, 95% CI :0.10~0.31)、年龄($OR=1.09$, 95% CI :1.07~1.11)、血红蛋白($OR=0.98$, 95% CI :0.97~0.98)、血小板计数($OR=0.81$, 95% CI :0.70~0.93)、空腹血糖($OR=0.80$, 95% CI :0.71~0.89)、甘油三酯($OR=0.14$, 95% CI :0.07~0.29)、TG/HDL-C($OR=0.78$, 95% CI :0.67~0.91)、TyG指数($OR=5.26$, 95% CI :3.32~8.33)、腰围($OR=2.50$, 95% CI :1.72~3.61)、ABSI($OR=0.58$, 95% CI :0.51~0.66)及BRI指数($OR=0.01$, 95% CI :0.00~0.21)(P 值均<0.05)。在构建的5种预测模型中,模型5(包含性别、ALT升高、HDL-C、TyG指数、TG/HDL-C、腰围和ABSI)表现最优,其在训练集中的AUC为0.917(95% CI :0.905~0.929),验证集中AUC为0.911(95% CI :0.892~0.930)。校准曲线显示模型5具有良好的预测准确性,决策曲线分析证实其具有临床实用价值。**结论** 基于代谢指标联合人体测量指标构建的MAFLD预测模型具有良好的判别能力,可用于MAFLD患病风险的评估。此外,本研究发现腰围、TyG指数、TG/HDL-C、ABSI及BRI等指标与中高危MAFLD独立相关,但其对肝纤维化进展的预测价值尚需进一步验证。

关键词: 代谢相关脂肪性肝病; 危险因素; Logistic 模型

基金项目: 国家自然科学基金(82360132); 甘肃省重点研发计划(22YF7FA085); 甘肃省联合科研基金(23JRRA1489); 甘肃省中医药课题重点项目(GZKZ-2022-7); 甘肃省重点人才项目(甘组通字[2024]4号); 兰州大学第一医院院内基金(1dyynn2020-02, 1dyynn2020-14); 北京肝胆相照公益基金会人工肝专项基金(iGandanF-1082024-RGG130)

Value of metabolic markers combined with anthropometric indicators in predicting and risk stratification of metabolic dysfunction-associated fatty liver disease and establishment of a nomogram model

ZHAO Sirui¹, LI Zheyu¹, HE Wenqiang², LI Junfeng^{1,2}, ZHANG Liting^{1,2,3}

1. The First Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Department of Hepatology & Infectious Diseases Research Laboratory, The First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 3. Institute of Portal Hypertension, The First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Corresponding authors: LI Junfeng, junfenglee@126.com (ORCID: 0000-0002-5638-706X); ZHANG Liting, lcheneye@163.com (ORCID: 0009-0005-1259-5747)

Abstract: Objective To develop a novel clinical predictive model for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease (MAFLD) based on metabolic markers and anthropometric indicators, and to provide a more effective tool for the early screening and intervention of MAFLD. **Methods** A retrospective analysis was performed for 2 824 individuals who underwent abdominal color Doppler ultrasound at Health Examination Center of The First Hospital of Lanzhou University from January 1, 2024 to January 1, 2025, and at a ratio of 7:3, they were randomly divided into training set with 1 976 patients and validation set with 848 patients. Clinical data, serological markers, and abdominal ultrasound results were collected from all patients, and triglyceride-glucose (TyG) index, triglyceride-to-high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio, and anthropometric indicators were calculated. The independent samples *t*-test was used for comparison of normally distributed or approximately normally distributed continuous data between two groups, and the Mann-Whitney *U* test was used for comparison of continuous data with skewed distribution between two groups; the chi-square test or the Fisher's exact test was used for comparison of categorical data between groups. The multivariate logistic regression analysis was used to identify independent predictive factors for MAFLD and intermediate- to high-risk MAFLD. Five risk prediction models were established for MAFLD based on the independent influencing factors, and a nomogram was plotted. The receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted to assess model performance, and the area under the ROC curve (AUC) was calculated. The calibration curve was used to evaluate the predictive accuracy of the models, and decision curve analysis was used to assess the clinical practicability of the models. These models were then compared with traditional models. **Results** Among the 1 976 individuals in the training set, 937 (47.42%) were diagnosed with MAFLD, and 423 (21.41%) were diagnosed with intermediate- to high-risk MAFLD; among the 848 individuals in the validation set, 406 (47.88%) were diagnosed with MAFLD. The multivariate logistic regression analysis showed that male sex (odds ratio [OR]=0.23, 95% confidence interval [CI]: 0.13—0.39, *P*<0.05), waist circumference (OR=1.11, 95%CI: 1.06—1.17, *P*<0.05), alanine aminotransferase (ALT) >40 U/L (OR=2.24, 95%CI: 1.44—3.51, *P*<0.05), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) (OR=0.07, 95%CI: 0.04—0.15, *P*<0.05), TyG index (OR=8.27, 95%CI: 5.09—13.44, *P*<0.05), TG/HDL-C ratio (OR=0.84, 95%CI: 0.71—0.99, *P*<0.05), A Body Shape Index (ABSI) (OR=0.45, 95%CI: 0.39—0.52, *P*<0.05), and body roundness index (BRI) (OR=2.31, 95%CI: 1.50—3.55, *P*<0.05) were independent influencing factors for MAFLD, and male sex (OR=0.17, 95%CI: 0.10—0.31, *P*<0.05), age (OR=1.09, 95%CI: 1.07—1.11, *P*<0.05), hemoglobin (OR=0.98, 95%CI: 0.97—0.98, *P*<0.05), platelet count (OR=0.81, 95%CI: 0.70—0.93, *P*<0.05), fasting blood glucose (OR=0.80, 95%CI: 0.71—0.89, *P*<0.05), triglycerides (OR=0.14, 95%CI: 0.07—0.29, *P*<0.05), TG/HDL-C ratio (OR=0.78, 95%CI: 0.67—0.91, *P*<0.05), TyG index (OR=5.26, 95%CI: 3.32—8.33), waist circumference (OR=2.50, 95%CI: 1.72—3.61, *P*<0.05), ABSI (OR=0.58, 95%CI: 0.51—0.66, *P*<0.05), and BRI (OR=0.01, 95%CI: 0.00—0.21, *P*<0.05) were independent influencing factors for intermediate- to high-risk MAFLD. Among the five models established, model 5 (incorporating sex, ALT elevation, HDL-C, TyG index, TG/HDL-C ratio, waist circumference, and ABSI) had the best performance, with an AUC of 0.917 (95%CI: 0.905—0.929) in the training set and 0.911 (95%CI: 0.892—0.930) in the validation set. The calibration curve showed that model 5 had good predictive accuracy, and the decision curve analysis confirmed its clinical practicability. **Conclusion** The predictive model for MAFLD constructed based on metabolic markers and anthropometric indicators has good discriminatory ability and can be used to assess the risk of MAFLD. In addition, this study shows that waist circumference, TyG index, TG/HDL-C ratio, ABSI, and BRI are independently associated with intermediate- to high-risk MAFLD, but further studies are needed to confirm their value in predicting liver fibrosis progression.

Key words: Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease; Risk Factors; Logistic Models

Research funding: National Natural Science Foundation of China (82360132); Gansu Provincial Key R&D Program (22YF7FA085); Gansu Provincial Joint Research Fund (23JRRA1489); Gansu Provincial Key Project on Traditional Chinese Medicine (GZKZ-2022-7); Gansu Provincial Key Talent Program (Gan Zu Tong Zi[2024]No.4); Lanzhou University The First Hospital Internal Fund (ldyyyn2020-02, ldyyyn2020-14); Beijing iGandan Foundation Artificial Liver Special Fund (iGandanF-1082024-RGG130)

代谢相关脂肪性肝病(metabolic dysfunction-associated fatty liver disease, MAFLD)是全球最常见的慢性肝病^[1]。MAFLD不仅与肥胖、2型糖尿病^[2]和高脂血症等代谢综合征密切相关^[3],还与肝纤维化、肝硬化甚至肝细胞癌的发生发展密切相关。MAFLD的全球患病率呈逐年上升趋势,亚洲地区成年人中MAFLD的患病率约为33.90%^[4],其正逐渐成为终末期肝病和肝移植的重要原因^[5]。随着疾病负担的不断加重,MAFLD的早期诊断、精准分期和临床管理面临着更严峻的挑战。然而,目前针对MAFLD的疾病分期尤其是早期阶段,仍缺乏良好的血液及人体测量学指标。浙江大学(Zhejiang University, ZJU)指数作为一种预测个体非酒精性脂肪性肝病(后被更名为MAFLD^[6])风险的有效工具,展现出良好的预测性能,其表现优于血浆动脉粥样硬化指数和残余脂蛋白胆固醇等现有参数^[7]。近年来,多项研究尝试将多项指标联合,以提升对MAFLD的预测能力^[8]。例如,甘油三酯-葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数^[9]、甘油三酯(triglyceride, TG)/高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)比值^[10]等指标,均已被证实与胰岛素抵抗及肝脂肪变性密切相关。然而,单纯依赖血清学指标构建的预测模型在识别早期MAFLD方面仍存在一定局限^[11]。因此,探索更具综合性的指标组合,尤其是融合代谢与体成分信息的复合指标,成为当前最具潜力的研究新策略。

本研究旨在系统评估TyG指数、TG/HDL-C等代谢指标,并结合腰围(waist circumference, WC)、身体形态指数(a body shape index, ABSI)等新型人体测量指标,构建MAFLD风险预测模型并进行验证,以期对MAFLD的早期筛查与风险评估提供更优工具。

1 资料和方法

1.1 研究对象 选取2024年1月1日—2025年1月1日于兰州大学第一医院体检中心行腹部彩超检查的12 229例体检人群为研究对象,经筛选后最终纳入2 824例。排除标准如下:(1)乙型肝炎表面抗原信息缺失者;(2)乙型肝炎表面抗原阳性者;(3)体重指数(body mass

index, BMI)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、血压、血浆TG和HDL-C等关键指标均缺失者;(4)WC数据缺失者。

1.2 数据采集

1.2.1 基本特征 收集研究对象的一般资料,包括年龄、性别和民族等。于清晨空腹状态下,采用标准方法测量身高、体重、WC、收缩压及舒张压;WC测量位置在髂嵴和胸腔下缘之间的连线中点(单位为cm)。计算BMI,并依据如下标准分级:偏瘦($BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$)、正常($18.5 \text{ kg/m}^2 \leq BMI < 24 \text{ kg/m}^2$)、超重($24 \text{ kg/m}^2 \leq BMI < 28 \text{ kg/m}^2$)、肥胖($BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$)。

1.2.2 血清学指标 所有研究对象禁食水8 h后采集5 mL肘静脉血,常规离心分离血清,测定血红蛋白、血小板计数、白细胞计数、中性粒细胞计数、丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(aspartate transaminase, AST)、血清尿酸、总胆红素、FPG、TG、HDL-C、低密度脂蛋白胆固醇。

1.2.3 腹部彩超检查 研究对象于清晨空腹状态下,由兰州大学第一医院超声科医师使用麦迪逊超声诊断仪(SO-NOA CEX 8,韩国三星公司)进行肝胆胰脾超声检查。

1.2.4 复合指数及计算公式 本研究涉及的复合指数包括TyG指数、TG/HDL-C、中性粒细胞/HDL-C(neutrophil to HDL-C ratio, NHR)、血清尿酸/HDL-C(serum uric acid to HDL-C ratio, UHR)、体重调整腰围指数(weight-adjusted waist index, WWI)、ABSI、甘油三酯-葡萄糖-腰围(TyG-WC)指数、体圆指数(body roundness index, BRI)、ZJU指数、肝脂肪变性(hepatic steatosis index, HIS)指数及肝纤维化4因子(fibrosis 4 Score, FIB-4)指数,其计算公式分别为:(1)TyG指数= $\ln[\text{TG}(\text{mg/dL}) \times \text{血浆葡萄糖}(\text{mg/dL})/2]$;(2)WWI= $\text{WC}(\text{cm}) \div \sqrt{\text{体重}(\text{kg})}$;(3)ABSI= $\text{WC}(\text{m}) \div [\text{BMI}(\text{kg/m}^2)^{2/3} \times \text{身高}(\text{m})^{1/2}]$;(4)TyG-WC指数= $\text{TyG} \times \text{WC}(\text{cm})$;(5)BRI= $364.2 - 365.5 \times \sqrt{1 - [\text{WC}(\text{m})/2\pi]^2 \div [0.5 \times \text{身高}(\text{m})]^2}$;(6)ZJU指数= $\text{FPG}(\text{mmol/L}) + \text{BMI}(\text{kg/m}^2) + \text{TG}(\text{mmol/L}) + 3 \times \text{ALT/AST} + 2$ (若为女性);(7)HIS指数= $8 \times \text{ALT/AST} +$

BMI(kg/m²)+2(若患糖尿病)+2(若为女性);(8)FIB-4指数=[年龄×AST(U/L)]/[血小板计数(×10⁹/L)×√ALT(U/L)]。

1.3 MAFLD的诊断标准 根据《代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南(2024年版)》^[12]中的标准诊断MAFLD,具体如下:影像学诊断(如超声、计算机体层扫描和磁共振成像)或肝活检确认肝脏存在脂肪变性,同时合并超重、高血压、2型糖尿病或代谢紊乱等代谢异常特征,且至少满足以下1项血管代谢风险因素:(1)男性WC≥90 cm、女性WC≥80 cm;BMI>24 kg/m²;(2)血压≥130/85 mmHg或正在接受特定药物治疗;(3)FPG为5.6~6.9 mmol/L;(4)血清TG≥1.7 mmol/L或正在接受特定药物治疗;(5)男性HDL-C<1.0 mmol/L,女性HDL-C<1.3 mmol/L或正在接受特定药物治疗。中高危MAFLD诊断标准:符合上述MAFLD的诊断标准,且FIB-4指数≥1.3判定为中高危MAFLD^[13]。

1.4 研究方法 将纳入研究对象按7:3的比例随机分为训练集和验证集,并评估两组数据的一致性 & 均衡性。在训练集中,采用多因素 Logistic 回归分析筛选变量,构建预测模型;并分别在训练集和验证集中评估各模型的预测效能及临床实用价值。研究技术路线见图1。

1.5 统计学方法 采用SPSS 27.0软件进行数据统计分析。符合正态或近似正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,

2组间比较采用独立样本 t 检验;偏态分布的计量资料以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示,2组间比较采用Mann-Whitney U 检验;计数资料2组间比较采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。在构建模型前对数据进行预处理,包括对缺失值的识别与填充。对纳入多因素的特征变量进行共线性诊断,基于多因素 Logistic 回归(加入向后逐步回归法)初步筛选MAFLD及中高危MAFLD的独立影响因素。在训练集中,依据多因素 Logistic 回归分析筛选出的变量不同组合建立预测模型,并分别在训练集和验证集中使用受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC曲线)评估各模型的预测效能;采用校准曲线分析评估模型的预测准确性,采用决策曲线分析评估模型的临床实用价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MAFLD组和非MAFLD组的临床资料比较 2 824例研究对象按7:3的比例随机分为训练集1 976例和验证集848例,训练集与验证集间临床资料均衡性良好。训练集中MAFLD患者937例(47.42%),验证集中MAFLD为406例(占47.88%)。训练集MAFLD组和非MAFLD组临床资料比较结果显示,MAFLD组与非MAFLD组的BMI分级及年龄分层差异均有统计学意义(P 值均<0.001);非MAFLD组中正常体重者占比为79.07%,而MAFLD患者的超重和肥胖比例较高;MAFLD组中50~59岁和60~69岁人群的比例较高,而70岁以上占比则相对较低。与非MAFLD组相比,MAFLD组患者的血红蛋白、中性粒细胞绝对值、白细胞计数、ALT升高及AST升高占比、血清尿酸、FPG、TG、LDL-C、TyG指数、TG/HDL-C、NHR、UHR、WC、WWI、ABSI、TyG-WC指数和BRI更高,HDL-C水平更低,差异均有统计学意义(P 值均<0.001)(表1)。

2.2 训练集中MAFLD的特征变量筛选 在建模前进行共线性诊断分析,发现BMI、TG、NHR、UHR、WWI、TyG-WC指数等指标与其他变量存在显著共线性(方差膨胀因子VIF>10),为避免多重共线性对模型稳定性的影响,上述指标未纳入多因素回归分析。多因素 Logistic 回归分析提示,性别、ALT升高、HDL-C、TyG指数、TG/HDL-C、WC、ABSI和BRI是MAFLD发生的独立影响因素(P 值均<0.05)(表2)。

2.3 训练集中中高危MAFLD(合并FIB-4≥1.3)的特征变量筛选 训练集1 976例体检者中共有中高危MAFLD患者423例(21.41%)。为避免多重共线性对模

收集在兰州大学第一医院体检中心体检并行腹部彩超检查的人群12 229例

排除:
HBsAg信息缺失($n=6\ 103$)
HBsAg阳性($n=102$)
BMI、FPG、血压、血浆TG、血浆HDL-C
等关键指标均缺失者($n=331$)
WC缺失者($n=2\ 869$)

纳入2 824例健康体检人群

7:3

训练集($n=1\ 976$)

验证集($n=848$)

采用Logistic回归分析
建立临床模型

模型评估:ROC曲线、校准曲线、决策曲线

确定最优模型,分析临床价值

注:HBsAg,乙型肝炎表面抗原;BMI,体重指数;FPG,空腹血糖;TG,甘油三酯;WC,腰围;HDL-C,高密度脂蛋白胆固醇;ROC曲线,受试者操作特征曲线。

图1 技术路线图

Figure 1 Technical roadmap

表1 训练集中MAFLD组和非MAFLD组临床资料比较
Table 1 Comparison of clinical data between MAFLD group and non-MAFLD group

项目	总计(<i>n</i> =1 976)	非 MAFLD(<i>n</i> =1 039)	MAFLD(<i>n</i> =937)	统计值	<i>P</i> 值
性别[例(%)]				$\chi^2=78.33$	<0.001
女	450(22.77)	319(30.70)	131(13.98)		
男	1 526(77.23)	720(69.30)	806(86.02)		
BMI 分级[例(%)]				$\chi^2=699.93$	<0.001
偏瘦	57(2.89)	55(5.30)	2(0.21)		
正常	1 061(53.75)	820(79.07)	241(25.72)		
超重	773(39.16)	158(15.24)	615(65.64)		
肥胖	83(4.20)	4(0.39)	79(8.43)		
年龄分层[例(%)]				$\chi^2=38.68$	<0.001
<30 岁	89(4.50)	59(5.68)	30(3.20)		
30 ~ 39 岁	261(13.21)	151(14.53)	110(11.74)		
40 ~ 49 岁	324(16.40)	159(15.30)	165(17.61)		
50 ~ 59 岁	605(30.62)	305(29.36)	300(32.02)		
60 ~ 69 岁	469(23.73)	218(20.98)	251(26.79)		
70 ~ 79 岁	149(7.54)	87(8.37)	62(6.61)		
≥80 岁	79(4.00)	60(5.78)	19(2.03)		
血红蛋白(g/L)	154.45 ± 15.08	151.10 ± 15.40	158.17 ± 13.80	<i>t</i> =-10.77	<0.001
WC(cm)	88.0(80.0 ~ 93.0)	82.0(76.0 ~ 88.0)	92.0(88.0 ~ 98.0)	<i>Z</i> =-25.21	<0.001
血小板计数($\times 10^9/L$)	207.0(174.0 ~ 242.0)	208.0(174.5 ~ 241.0)	206.0(174.0 ~ 242.0)	<i>Z</i> =-0.08	0.935
中性粒细胞绝对值($\times 10^9/L$)	3.40(2.76 ~ 4.14)	3.22(2.55 ~ 3.96)	3.61(2.96 ~ 4.37)	<i>Z</i> =-8.71	<0.001
白细胞计数($\times 10^9/L$)	5.92(4.98 ~ 6.92)	5.63(4.70 ~ 6.62)	6.27(5.32 ~ 7.33)	<i>Z</i> =-9.87	<0.001
ALT>40 U/L[例(%)]				$\chi^2=111.16$	<0.001
否	1 700(86.03)	975(93.84)	725(77.37)		
是	276(13.97)	64(6.16)	212(22.63)		
AST>40 U/L[例(%)]				$\chi^2=27.93$	<0.001
否	1 909(96.61)	1 025(98.65)	884(94.34)		
是	67(3.39)	14(1.35)	53(5.66)		
血清尿酸($\mu\text{mol/L}$)	370(315 ~ 426)	341(291 ~ 401)	397(349 ~ 449)	<i>Z</i> =-13.94	<0.001
FPG(mmol/L)	5.34(4.99 ~ 5.87)	5.17(4.89 ~ 5.61)	5.52(5.16 ~ 6.07)	<i>Z</i> =-11.50	<0.001
TG(mmol/L)	1.40(1.02 ~ 1.98)	1.15(0.88 ~ 1.48)	1.82(1.31 ~ 2.46)	<i>Z</i> =-20.68	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.17(1.02 ~ 1.38)	1.28(1.12 ~ 1.48)	1.07(0.95 ~ 1.22)	<i>Z</i> =-18.33	<0.001
LDL-C(mmol/L)	2.86(2.35 ~ 3.37)	2.76(2.27 ~ 3.25)	2.98(2.45 ~ 3.49)	<i>Z</i> =-5.50	<0.001
TyG 指数	8.72(8.38 ~ 9.09)	8.51(8.21 ~ 8.78)	9.02(8.67 ~ 9.38)	<i>Z</i> =-21.28	<0.001
TG/HDL-C	1.19(0.79 ~ 1.82)	0.91(0.63 ~ 1.25)	1.69(1.18 ~ 2.35)	<i>Z</i> =-23.40	<0.001
NHR	2.88(2.15 ~ 3.84)	2.50(1.86 ~ 3.31)	3.37(2.60 ~ 4.31)	<i>Z</i> =-15.87	<0.001
UHR	13.66(10.54 ~ 17.29)	11.58(8.95 ~ 14.67)	16.01(13.13 ~ 19.22)	<i>Z</i> =-19.90	<0.001
WWI	10.38(9.97 ~ 10.76)	10.19(9.77 ~ 10.62)	10.53(10.21 ~ 10.84)	<i>Z</i> =-12.45	<0.001
ABSI	0.12(0.12 ~ 0.13)	0.12(0.11 ~ 0.12)	0.13(0.12 ~ 0.13)	<i>Z</i> =-18.05	<0.001
TyG-WC 指数	766.96(689.44 ~ 836.35)	701.99(632.30 ~ 763.06)	832.19(778.80 ~ 884.79)	<i>Z</i> =-28.35	<0.001
BRI	3.63(3.00 ~ 4.23)	3.15(2.60 ~ 3.64)	4.14(3.68 ~ 4.69)	<i>Z</i> =-25.48	<0.001

注:MAFLD,代谢相关脂肪性肝病;BMI,体重指数;ALT,丙氨酸氨基转移酶;AST,天冬氨酸氨基转移酶;WC,腰围;FPG,空腹血糖;TG,甘油三酯;HDL-C,高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C,低密度脂蛋白胆固醇;TyG 指数,甘油三酯-葡萄糖指数;NHR,中性粒细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值;UHR,血清尿酸/高密度脂蛋白胆固醇比值;WWI,体重调整腰围指数;ABSI,身体形态指数;BRI,体圆指数。

表2 代谢及炎症相关因素与MAFLD关联的单因素及多因素回归分析

Table 2 Univariate and multivariate regression analysis of the association between metabolic and inflammatory factors and MAFLD

项目	单因素分析		多因素分析	
	OR(95%CI)	P值	OR(95%CI)	P值
男性	2.73(2.17 ~ 3.42)	<0.001	0.23(0.13 ~ 0.39)	<0.001
年龄	1.00(0.99 ~ 1.01)	0.682		
BMI	1.90(1.79 ~ 2.01)	<0.001		
WC	1.19(1.17 ~ 1.21)	<0.001	1.11(1.06 ~ 1.17)	<0.001
血红蛋白	1.03(1.03 ~ 1.04)	<0.001	1.00(0.99 ~ 1.01)	0.682
中性粒细胞绝对值	1.39(1.28 ~ 1.51)	<0.001	1.12(0.85 ~ 1.46)	0.425
白细胞计数	1.34(1.26 ~ 1.43)	<0.001	0.92(0.74 ~ 1.13)	0.428
ALT>40 U/L	4.45(3.31 ~ 5.99)	<0.001	2.24(1.44 ~ 3.51)	<0.001
AST>40 U/L	4.39(2.42 ~ 7.96)	<0.001	1.57(0.62 ~ 4.03)	0.343
血清尿酸	1.01(1.01 ~ 1.01)	<0.001	1.00(1.00 ~ 1.00)	0.255
FPG	1.36(1.25 ~ 1.49)	<0.001	0.91(0.80 ~ 1.04)	0.164
TG	3.84(3.26 ~ 4.52)	<0.001		
HDL-C	0.03(0.02 ~ 0.05)	<0.001	0.07(0.04 ~ 0.15)	<0.001
LDL-C	1.32(1.18 ~ 1.48)	<0.001	1.13(0.94 ~ 1.35)	0.199
TyG指数	9.08(7.16 ~ 11.50)	<0.001	8.27(5.09 ~ 13.44)	<0.001
TG/HDL-C	3.99(3.40 ~ 4.69)	<0.001	0.84(0.71 ~ 0.99)	0.041
NHR	1.77(1.63 ~ 1.92)	<0.001		
UHR	1.23(1.20 ~ 1.26)	<0.001		
WWI	2.66(2.25 ~ 3.13)	<0.001		
ABSI	1.02(1.02 ~ 1.03)	<0.001	0.45(0.39 ~ 0.52)	<0.001
TyG-WC指数	1.02(1.02 ~ 1.02)	<0.001		
BRI	5.68(4.82 ~ 6.71)	<0.001	2.31(1.50 ~ 3.55)	<0.001

注:MAFLD,代谢相关脂肪性肝病;OR,比值比;CI,置信区间;BMI,体重指数;ALT,丙氨酸氨基转移酶;AST,天冬氨酸氨基转移酶;WC,腰围;FPG,空腹血糖;TG,甘油三酯;HDL-C,高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C,低密度脂蛋白胆固醇;TyG指数,甘油三酯-葡萄糖指数;NHR,中性粒细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值;UHR,血清尿酸/高密度脂蛋白胆固醇比值;WWI,体重调整腰围指数;ABSI,身体形态指数;BRI,体圆指数。分类变量赋值方式:性别(女性=0,男性=1)、ALT>40 U/L(否=0,是=1)、AST>40 U/L(否=0,是=1);连续型变量均以原值纳入模型。

型稳定性的影响,在多因素回归分析前排除了存在显著共线性的变量(方差膨胀因子VIF>10),选择临床意义明确、共线性较低的指标纳入分析。多因素Logistic回归分析结果提示,性别、年龄、血红蛋白、WC、血小板计数、FPG、TG、TyG指数、TG/HDL-C、ABSI和BRI是中高危MAFLD发生的独立影响因素(P 值均<0.05)(表3)。

2.4 MAFLD预测模型的构建与评估 基于上述分析结果,本研究依次构建5个Logistic回归模型预测MAFLD。模型1纳入性别、ALT升高和HDL-C,在模型1的基础上,依次逐步添加TyG指数、TG/HDL-C、WC和ABSI,构建模型2、3、4和5,其公式如下:模型1: $\text{Logit}(P)=3.464+0.233 \times \text{性别}(\text{男性}=1, \text{女性}=0)+1.383 \times \text{ALT}(\text{升高}=1, \text{正常}=0)-3.267 \times \text{HDL-C}(\text{mmol/L})$;模型2: $\text{Logit}(P)=-12.702+0.076 \times \text{性别}(\text{男性}=1, \text{女性}=0)+1.188 \times \text{ALT}(\text{升高}=1, \text{正常}=0)-2.575 \times \text{HDL-C}(\text{mmol/L})+1.765 \times \text{TyG指数}$;模型3: $\text{Logit}(P)=-14.531+0.055 \times \text{性别}(\text{男性}=$

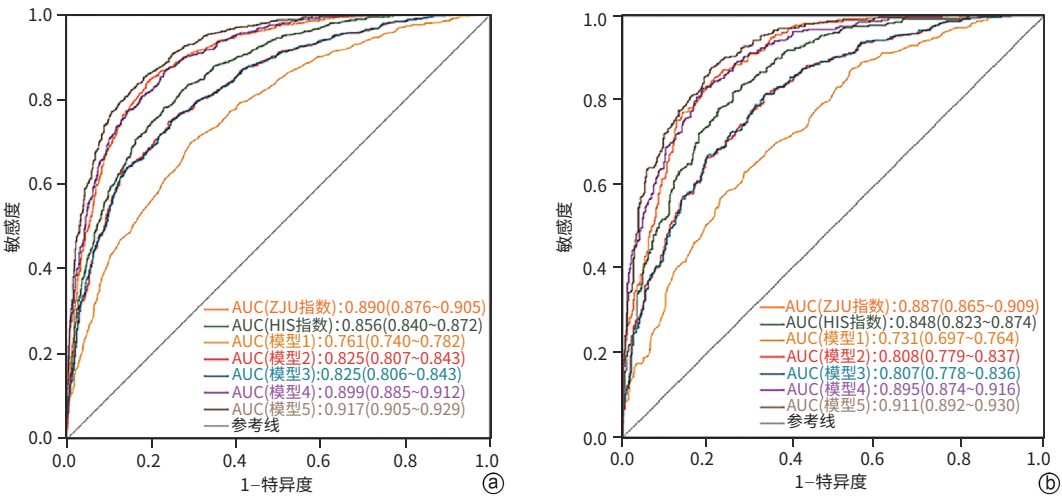
$1, \text{女性}=0)+1.191 \times \text{ALT}(\text{升高}=1, \text{正常}=0)-2.828 \times \text{HDL-C}(\text{mmol/L})+2.042 \times \text{TyG指数}-0.197 \times \text{TG/HDL-C}$;模型4: $\text{Logit}(P)=-29.746-1.815 \times \text{性别}(\text{男性}=1, \text{女性}=0)+0.995 \times \text{ALT}(\text{升高}=1, \text{正常}=0)-2.429 \times \text{HDL-C}(\text{mmol/L})+1.887 \times \text{TyG指数}-0.126 \times \text{TG/HDL-C}+0.200 \times \text{WC}$;模型5: $\text{Logit}(P)=-21.649-1.839 \times \text{性别}(\text{男性}=1, \text{女性}=0)+0.927 \times \text{ALT}(\text{升高}=1, \text{正常}=0)-2.306 \times \text{HDL-C}(\text{mmol/L})+2.067 \times \text{TyG指数}-0.132 \times \text{TG/HDL-C}+0.196 \times \text{WC}-77.164 \times \text{ABSI}$ 。

采用ROC曲线比较5种模型的预测效能,并与现有ZJU指数和HIS指数进行比较(图2)。ROC曲线分析结果显示,无论在训练集还是验证集,ZJU指数诊断效能显著优于HIS指数及模型1、2、3,差异均有统计学意义(P 值均<0.05);而模型4与ZJU指数的差异无统计学意义(P 值均>0.05);模型5在训练集和验证集的AUC值分别为0.917(95%CI:0.905 ~ 0.929)和0.911(95%CI:0.892 ~

表3 代谢及炎症相关因素与中高危MAFLD关联的单因素及多因素Logistic回归分析
Table 3 Univariate and multivariate Logistic regression analysis of clinical and biochemical factors associated with medium/high-risk MAFLD

项目	单因素分析		多因素分析	
	OR(95%CI)	P值	OR(95%CI)	P值
男性	1.82(1.36 ~ 2.42)	<0.001	0.17(0.10 ~ 0.31)	<0.001
年龄	1.07(1.06 ~ 1.08)	<0.001	1.09(1.07 ~ 1.11)	<0.001
BMI	1.29(1.24 ~ 1.34)	<0.001	0.62(0.33 ~ 1.19)	0.154
WC	1.10(1.09 ~ 1.12)	<0.001	2.50(1.72 ~ 3.61)	<0.001
血红蛋白	1.01(1.01 ~ 1.02)	0.007	0.98(0.97 ~ 0.98)	<0.001
血小板计数	0.98(0.98 ~ 0.98)	<0.001	0.81(0.70 ~ 0.93)	0.003
中性粒细胞绝对值	1.01(0.92 ~ 1.10)	0.891		
白细胞计数	0.99(0.93 ~ 1.06)	0.786		
血清尿酸	1.01(1.01 ~ 1.01)	<0.001	1.00(1.00 ~ 1.00)	0.888
FPG	1.29(1.19 ~ 1.40)	<0.001	0.80(0.71 ~ 0.89)	<0.001
TG	1.26(1.15 ~ 1.37)	<0.001	0.14(0.07 ~ 0.29)	<0.001
HDL-C	0.16(0.10 ~ 0.25)	<0.001	1.02(0.86 ~ 1.20)	0.836
LDL-C	0.91(0.79 ~ 1.04)	0.160		
TyG指数	2.46(2.03 ~ 2.98)	<0.001	5.26(3.32 ~ 8.33)	<0.001
TG/HDL-C	1.23(1.13 ~ 1.33)	<0.001	0.78(0.67 ~ 0.91)	0.001
NHR	1.16(1.07 ~ 1.24)	<0.001	0.93(0.82 ~ 1.04)	0.207
UHR	1.08(1.06 ~ 1.10)	<0.001		
WWI	3.04(2.49 ~ 3.72)	<0.001		
ABSI	1.01(1.01 ~ 1.02)	<0.001	0.58(0.51 ~ 0.66)	<0.001
TyG-WC指数	1.01(1.01 ~ 1.01)	<0.001		
BRI	2.61(2.33 ~ 2.91)	<0.001	0.01(0.00 ~ 0.21)	0.002
ALT>40 U/L	1.18(0.88 ~ 1.60)	0.276		
AST>40 U/L	2.52(1.67 ~ 3.81)	<0.001		

注:MAFLD,代谢相关性脂肪性肝病;OR,比值比;CI,置信区间;BMI,体重指数;ALT,丙氨酸氨基转移酶;AST,天冬氨酸氨基转移酶;WC,腰围;FPG,空腹血糖;TG,甘油三酯;HDL-C,高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C,低密度脂蛋白胆固醇;TyG指数,甘油三酯-葡萄糖指数;NHR,中性粒细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值;UHR,血清尿酸/高密度脂蛋白胆固醇比值;WWI,体重调整腰围指数;ABSI,身体形态指数;BRI,体圆指数。分类变量赋值方式:性别(女性=0,男性=1)、ALT>40 U/L(否=0,是=1)、AST>40 U/L(否=0,是=1);连续型变量均以原值纳入模型。



注:a,训练集;b,验证集。ZJU指数浙江大学指数;HIS指数,肝脂肪变性指数;ROC曲线,受试者操作特征曲线;AUC,ROC曲线下面积。

图2 5种预测模型的ROC曲线
Figure 2 ROC curve analysis of the five prediction models

0.930),均显著优于ZJU指数(P 值分别为 <0.001 、 0.004),表明模型5具有良好的区分度(表4、5)。基于模型5绘制列线图,以实现个体化风险预测的可视化(图3)。校准曲线分析显示,在训练集中模型5的校准曲线接近对角线,表明模型预测概率与实际观测概率高度一致(图4a);在验证集中模型5的校准曲线同样表现出良好的线性关系(图4b),证明模型在不同数据集上的预测稳定性较好。决策曲线分析显示(图5),在较宽的阈值概

率范围内,模型5的净获益均高于“均干预”和“均不干预”策略,表明该模型具有良好的临床实用价值。

3 讨论

本研究成功构建融合人体测量指标的MAFLD临床预测模型,最终纳入的预测因子包括性别、ALT、HDL-C、TyG指数、TG/HDL-C、WC、ABSI。值得注意的是,TG/HDL-C在单因素分析中与MAFLD风险及中高危

表4 5种临床模型在训练集中的AUC、敏感度和特异度分析
Table 4 Analysis of AUC, sensitivity, and specificity of five clinical models in the training dataset

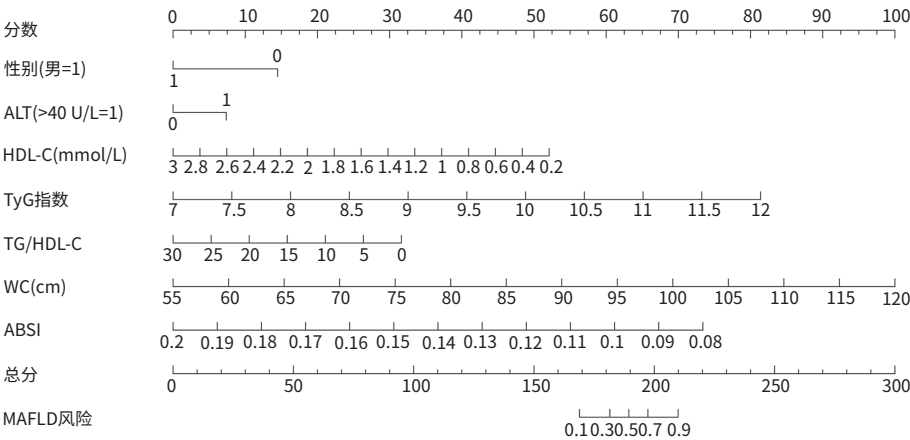
预测因子	AUC(95%CI)	截断值	敏感度	特异度	Z值 ¹⁾	P值 ¹⁾
ZJU指数	0.890(0.876~0.905)	0.456	0.828	0.812		
HIS指数	0.856(0.840~0.872)	0.450	0.783	0.766	8.356	<0.001
模型1	0.761(0.740~0.782)	0.486	0.696	0.702	11.339	<0.001
模型2	0.825(0.807~0.843)	0.477	0.748	0.757	7.367	<0.001
模型3	0.825(0.806~0.843)	0.481	0.752	0.747	7.448	<0.001
模型4	0.899(0.885~0.912)	0.409	0.867	0.767	-0.580	0.562
模型5	0.917(0.905~0.929)	0.451	0.852	0.816	-4.738	<0.001

注:1)与ZJU指数比较。AUC,受试者操作特征曲线下面积;CI,置信区间;ZJU指数,浙江大学指数;HIS指数,肝脂肪变性指数。

表5 5种临床模型在验证集中的AUC、敏感度和特异度分析
Table 5 Analysis of AUC, sensitivity, and specificity of five clinical models in the validation dataset

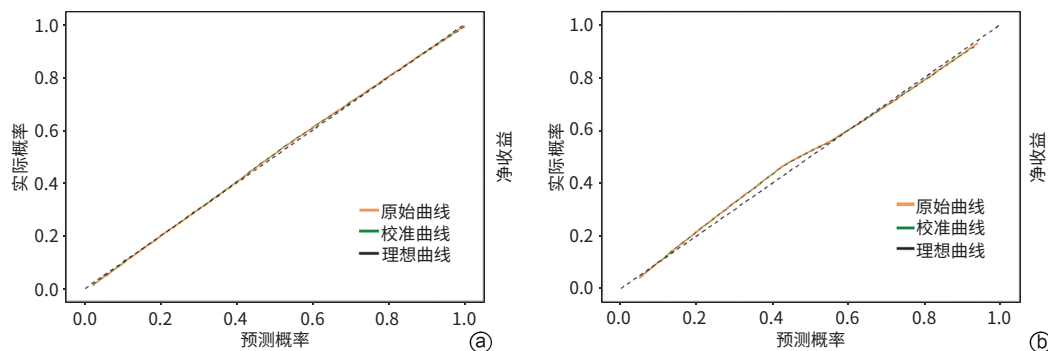
预测因子	AUC(95%CI)	截断值	敏感度	特异度	Z值 ¹⁾	P值 ¹⁾
ZJU指数	0.887(0.865~0.909)	0.454	0.823	0.807		
HIS指数	0.848(0.823~0.874)	0.399	0.813	0.735	4.997	<0.001
模型1	0.731(0.697~0.764)	0.518	0.631	0.707	8.877	<0.001
模型2	0.808(0.779~0.837)	0.417	0.810	0.665	5.938	<0.001
模型3	0.807(0.778~0.836)	0.422	0.810	0.665	6.030	<0.001
模型4	0.895(0.874~0.916)	0.470	0.825	0.809	-0.473	0.636
模型5	0.911(0.892~0.930)	0.425	0.873	0.791	-2.842	0.004

注:1)与ZJU指数比较。AUC,受试者操作特征曲线下面积;CI,置信区间;ZJU指数,浙江大学指数;HIS指数,肝脂肪变性指数。



注:TyG指数,甘油三酯-葡萄糖指数;ABSI,身体形态指数;HDL-C,高密度脂蛋白胆固醇;TG,甘油三酯;WC,腰围;ALT,丙氨酸氨基转移酶;MAFLD,代谢相关脂肪性肝病。

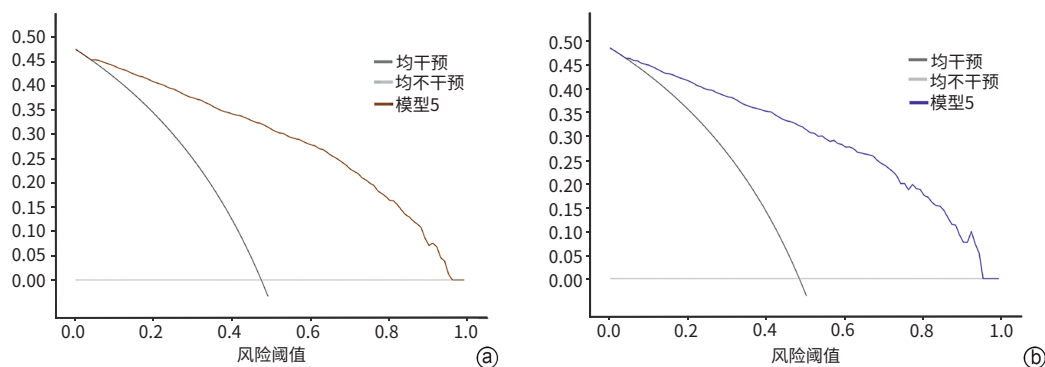
图3 预测模型5的列线图
Figure 3 Nomogram of prediction model 5



注:a,训练集;b,验证集。

图4 预测模型5的校准曲线

Figure 4 Calibration curve of prediction model 5



注:a,训练集;b,验证集。

图5 预测模型5的决策曲线

Figure 5 Decision curve analysis of prediction model 5

MAFLD正相关,但在多因素分析中校正其他代谢变量后呈现 $OR<1$,效应方向可能受到强相关指标(如WC、TyG指数)的影响。目前,对MAFLD发病机制的认识已从单纯肝脏病变扩展至多器官代谢功能紊乱^[14-15]。研究显示,TyG指数、WC和ABSI等指标,分别从胰岛素抵抗^[16]、中心性肥胖^[17]与体脂分布^[18]等不同角度反映了MAFLD的病理生理特征,其组合具有较强的生物合理性。且既往研究表明,BMI、WC和BRI等均对MAFLD具有一定的筛查能力(AUC 均 >0.7)^[19]。

本研究结果显示,模型5在训练集和验证集中均展现出优异的预测性能;仅包含常规血清学指标的模型1在训练集与验证集中的判别能力均弱于现有ZJU指数($P<0.05$),提示单纯依赖传统血液指标难以在体检人群中实现对MAFLD的精准识别。本研究在常规血清学指标模型中依次加入TyG指数、TG/HDL-C和WC所构建的模型2、3、4,其诊断效能未优于ZJU指数;而进一步加入ABSI所构建的模型5,其诊断效能则显著高于ZJU指数。这一结果表明,TyG指数、TG/HDL-C联合WC和ABSI可以显著提高对MAFLD的识别能力,其中ABSI的贡献尤

为突出。该发现明确提示,在构建MAFLD风险预测模型时,引入代谢与人体成分测量的复合指标具有关键意义。相关研究表明,TyG指数^[20]及TG/HDL-C^[21]与胰岛素抵抗密切相关,而胰岛素抵抗是MAFLD发生发展的核心环节^[22]。ABSI作为近年提出的体形指数,尽管独立预测MAFLD的能力较弱^[23],但本研究创新性地将其应用于MAFLD的联合预测模型中,有效改善了模型的预测性能。此外,本研究结果还显示,WBC、ABSI与MAFLD患者的肝纤维化严重程度存在显著关联($P<0.05$)。鉴于单用无创指标(如FIB-4)建模诊断肝纤维化可能存在显著偏差^[24],临床适用性受限,本研究未进一步开展肝纤维化预测模型的构建。后续计划在经过肝脏弹性成像或者肝活检的人群中,深入验证人体测量指标对肝纤维化程度的影响,以指导MAFLD肝纤维化模型的建立。

本研究构建的预测模型具有出色的判别能力,能够有效识别MAFLD患者。校准曲线的良好拟合度确保了模型预测的准确性,而决策曲线分析则证实了模型在不同阈值概率下的临床净获益,为临床决策提供了可靠依据。与既往MAFLD的预测研究相比,本研究模型具有

以下优势:(1)样本量较大,提高了结果的可靠性;(2)预测模型具有良好的临床应用前景,模型所需指标均为常规临床检测项目,易于获取,成本低,适合在缺少专业超声医师的基层医疗机构推广应用^[25]。未来研究可进一步在更广泛的人群中验证本模型的泛化能力,并探索其与影像学、遗传学等多维度数据的整合潜力,以实现与MAFLD的早期、无创和精准风险评估。

本研究亦存在一定局限性。首先,本研究为单中心回顾性研究,可能存在选择偏倚,需要多中心、前瞻性研究进一步验证。其次,MAFLD的诊断主要基于超声及代谢综合征组分,使用超声作为MAFLD的诊断标准存在固有局限性(操作者依赖性、定量不准);同时,部分信息如吸烟、饮酒史,降压、降糖和降血脂药物服用史,自身免疫性肝病病史及丙型肝炎病史等重要信息等未能全面收集,且缺乏肝活检这一金标准的确证,因此在病例鉴别方面仍存在一定的改进空间。此外,研究对象多来源于体检人群,其对一般人群的代表性可能受到一定限制。最后,本模型虽纳入了多种代谢与人体测量指标,但尚未纳入遗传标记、肠道微生物等新型预测因子,未来可探索这些因子对模型性能的增量价值。

综上所述,本研究构建的基于TyG指数联合人体测量指标的MAFLD预测模型,具有良好的预测性能和临床适用性,可作为MAFLD早期筛查和风险分层的有效工具。该模型的推广应用有望提高MAFLD的早期诊断率,为临床决策提供重要支持,最终改善患者预后。

伦理学声明: 本研究方案于2025年11月17日经由兰州大学第一医院伦理委员会审批通过,批号:LDYYLL2025-2077。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 赵思瑞、李哲宇、何文强、李俊峰和张立婷负责设计论文框架,起草论文;赵思瑞负责实验操作,研究过程的实施;赵思瑞和李哲宇负责数据收集,统计学分析,绘制图表;赵思瑞、李哲宇和何文强负责论文修改;李哲宇和何文强负责拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿。

参考文献:

- [1] YOUNOSSI ZM, GOLABI P, PAIK JM, et al. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): A systematic review[J]. *Hepatology*, 2023, 77(4): 1335-1347. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000004.
- [2] TARGHER G, COREY KE, BYRNE CD, et al. The complex link between NAFLD and type 2 diabetes mellitus - mechanisms and treatments[J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 2021, 18(9): 599-612. DOI: 10.1038/s41575-021-00448-y.
- [3] BYRNE CD, TARGHER G. NAFLD: A multisystem disease[J]. *J Hepatol*, 2015, 62(1): S47-S64. DOI: 10.1016/j.jhep.2014.12.012.
- [4] LI J, ZOU BY, YEO YH, et al. Prevalence, incidence, and outcome of non-alcoholic fatty liver disease in Asia, 1999-2019: A systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2019, 4(5): 389-398. DOI: 10.1016/S2468-1253(19)30039-1.
- [5] ESTES C, RAZAVI H, LOOMBA R, et al. Modeling the epidemic of nonalcoholic fatty liver disease demonstrates an exponential increase in burden of disease[J]. *Hepatology*, 2018, 67(1): 123-133. DOI: 10.1002/hep.29466.
- [6] ESLAM M, NEWSOME PN, SARIN SK, et al. A new definition for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: An international expert consensus statement[J]. *J Hepatol*, 2020, 73(1): 202-209. DOI: 10.1016/j.jhep.2020.03.039.
- [7] ZHENG KY, YIN YZ, GUO H, et al. Association between the ZJU index and risk of new-onset non-alcoholic fatty liver disease in non-obese participants: A Chinese longitudinal prospective cohort study[J]. *Front Endocrinol*, 2024, 15: 1340644. DOI: 10.3389/fendo.2024.1340644.
- [8] LIU J, DUAN SJ, WANG C, et al. Optimum non-invasive predictive indicators for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease and its subgroups in the Chinese population: A retrospective case-control study[J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 1035418. DOI: 10.3389/fendo.2022.1035418.
- [9] XUE Y, XU JH, LI M, et al. Potential screening indicators for early diagnosis of NAFLD/MAFLD and liver fibrosis: Triglyceride glucose index-related parameters[J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 951689. DOI: 10.3389/fendo.2022.951689.
- [10] COLANTONI A, BUCCI T, COCOMELLO N, et al. Lipid-based insulin-resistance markers predict cardiovascular events in metabolic dysfunction associated steatotic liver disease[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23(1): 175. DOI: 10.1186/s12933-024-02263-6.
- [11] GRAUPER A, THIELE M, SERRA-BURRIEL M, et al. Low accuracy of FIB-4 and NAFLD fibrosis scores for screening for liver fibrosis in the population[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2022, 20(11): 2567-2576. e6. DOI: 10.1016/j.cgh.2021.12.034.
- [12] Chinese Society of Hepatology, Chinese Medical Association. Guidelines for the prevention and treatment of metabolic dysfunction-associated (non-alcoholic) fatty liver disease (version 2024) [J]. *J Prac Hepatol*, 2024, 27(4): 494-510. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20240327-00163.
中华医学会肝病学分会. 代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南(2024年版)[J]. *实用肝脏病杂志*, 2024, 27(4): 494-510. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20240327-00163.
- [13] LIU Z, HE H, DAI Y, et al. Comparison of the diagnostic value between triglyceride-glucose index and triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio in metabolic-associated fatty liver disease patients: A retrospective cross-sectional study[J]. *Lipids Health Dis*, 2022, 21(1): 55. DOI: 10.1186/s12944-022-01661-7.
- [14] JIANG LN, ZHAO JM. Pathological mechanism of multi-organ injuries in metabolic dysfunction-associated fatty liver disease[J]. *J Clin Hepatol*, 2025, 41(9): 1729-1736. DOI: 10.12449/JCH250903.
蒋丽娜, 赵景民. 代谢相关脂肪性肝病多器官损伤的病理机制[J]. *临床肝胆病杂志*, 2025, 41(9): 1729-1736. DOI: 10.12449/JCH250903.
- [15] ZHANG C, ZHU PH, HE LL. Research progress on the correlation between metabolic associated fatty liver disease and cardiovascular disease risk[J/CD]. *Chin J Liver Dis (Electronic Version)*, 2025, 17(1): 12-18. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7380.2025.01.003.
张成, 朱平辉, 何玲玲. 代谢相关脂肪性肝病与心血管疾病风险相关性研究现状[J/CD]. *中国肝脏病杂志(电子版)*, 2025, 17(1): 12-18. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7380.2025.01.003.
- [16] FAHAMI M, HOJATI A, FARHANGI MA. Body shape index (ABSI), body roundness index (BRI) and risk factors of metabolic syndrome

- among overweight and obese adults: A cross-sectional study[J]. BMC Endocr Disord, 2024, 24(1): 230. DOI: 10.1186/s12902-024-01763-6.
- [17] KRAKAUER NY, KRAKAUER JC. A new body shape index predicts mortality hazard independently of body mass index[J]. PLoS One, 2012, 7(7): e39504. DOI: 10.1371/journal.pone.0039504.
- [18] ENG PC, DER TEO AE, LEOW MKS, et al. Body roundness index (BRI) and obesity-related anthropometrics: Relationship to visceral adiposity, insulin sensitivity index and cardiometabolic risk[J]. Diabetes Obes Metab, 2025, 27(10): 5554-5565. DOI: 10.1111/dom.16601.
- [19] WANG HY, ZHANG YX, LIU YP, et al. Comparison between traditional and new obesity measurement index for screening metabolic associated fatty liver disease[J]. Front Endocrinol, 2023, 14: 1163682. DOI: 10.3389/fendo.2023.1163682.
- [20] van EYCK A, KWANTEN WJ, PELEMAN C, et al. The role of adipose tissue and subsequent liver tissue hypoxia in obesity and early stage metabolic dysfunction associated steatotic liver disease[J]. Int J Obes, 2024, 48(4): 512-522. DOI: 10.1038/s41366-023-01443-w.
- [21] WU ZY, ZHOU D, LIU Y, et al. Association of TyG index and TG/HDL-C ratio with arterial stiffness progression in a non-normotensive population[J]. Cardiovasc Diabetol, 2021, 20(1): 134. DOI: 10.1186/s12933-021-01330-6.
- [22] YANG B, ZHANG R. Progress on the treatment of metabolic associated fatty liver disease[J/CD]. Chin J Liver Dis (Electronic Version), 2024, 16(4): 25-30. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7380.2024.04.004.
- 杨彬, 张瑞. 代谢相关脂肪性肝病治疗进展[J/CD]. 中国肝胆病杂志(电子版), 2024, 16(4): 25-30. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7380.2024.04.004.
- [23] XU MJ, WEI YS, YE LY, et al. Novel obesity and metabolic indices better predict non-alcoholic fatty liver disease in elderly T2DM patients: Evidence from cross-sectional and longitudinal analysis[J]. Front Med, 2025, 12: 1649466. DOI: 10.3389/fmed.2025.1649466.
- [24] ZHANG F, HAN Y, MAO YH, et al. Non-invasive prediction nomogram for predicting significant fibrosis in patients with metabolic-associated fatty liver disease: A cross-sectional study[J]. Ann Med, 2024, 56(1): 2337739. DOI: 10.1080/07853890.2024.2337739.
- [25] HUANG X, LUO YK, DING YQ, et al. Research on the exploration and implementation effectiveness of ultrasound medicine based teaching measures for pairing assistance in county-level hospitals in Xinjiang[J]. Chin J Disaster Med, 2025, 12(5): 541-545. DOI: 10.13919/j.issn.2095-6274.ZHJY202500000.
- 黄鑫, 罗渝昆, 丁益强, 等. 基于超声医学的对口帮扶新疆县级医院教学措施探索与实施成效研究[J]. 中华灾害救援医学, 2025, 12(5): 541-545. DOI: 10.13919/j.issn.2095-6274.ZHJY202500000.

收稿日期: 2025-11-21; 录用日期: 2026-02-24

本文编辑: 刘晓红

引证本文: ZHAO SR, LI ZY, HE WQ, et al. Value of metabolic markers combined with anthropometric indicators in predicting and risk stratification of metabolic dysfunction-associated fatty liver disease and establishment of a nomogram model[J]. J Clin Hepatol, 2026, 42(5): 1056-1066.

赵思瑞, 李哲宇, 何文强, 等. 代谢指标联合人体测量指标对代谢相关脂肪性肝病及其中高危程度的预测价值及列线图模型构建[J]. 临床肝胆病杂志, 2026, 42(5): 1056-1066.

· 消息 ·

《临床肝胆病杂志》关于人工智能生成内容(AIGC)的立场声明

当前,人工智能(AI)工具对基于现有研究范式的科研诚信建设产生重要影响。为维护学术道德与学术规范,本刊遵循国际医学期刊编辑委员会(ICMJE)相关指导建议,声明如下:

(1)本刊将论文作者署名中包含AI工具、引证包含AI作者的文献以及主要内容由AI工具生成等行为视为学术不端行为。

(2)本刊作者如果在撰写稿件、制作图片或收集和分析数据时使用了AI工具,必须在论文的方法学部分明确说明AI工具名称、使用过程及其具体贡献。

(3)本刊审稿人需独立完成审稿,不得使用AIGC工具直接生成审稿意见。

(4)本声明将随时根据AI工具的发展作出相应的调整与更新。

(5)本声明即日生效,由本刊编辑部负责解释。

《临床肝胆病杂志》编辑部

2026年5月25日