

· 胰腺疾病 ·

DOI: 10.12449/JCH250824

## 新型简化胰岛素抵抗指标对脂肪胰发生风险的预测价值

周心怡<sup>1,2</sup>, 翟永鹏<sup>2</sup>, 王家辉<sup>2</sup>, 张 茜<sup>2</sup>, 包翊辰<sup>2</sup>, 周 琳<sup>2</sup>

1 三峡大学第一临床医学院(宜昌市中心人民医院)消化内科, 湖北 宜昌 443003

2 郑州大学第一附属医院消化内科, 郑州 450052

通信作者: 周琳, ZL372@126.com (ORCID: 0000-0001-5778-4844)

**摘要:** 目的 探讨三酰甘油葡萄糖-体质量指数(TyG-BMI)、血清三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇(TG/HDL-C)及胰岛素抵抗代谢评分(METS-IR)对脂肪胰的预测价值。方法 纳入于2020年1月—2023年11月在郑州大学第一附属医院就诊的240例脂肪胰患者为脂肪胰组,同时随机选取同期健康体检者480例作为对照组。收集受试者的一般临床资料和实验室相关指标等数据。计量资料非正态分布两组间比较采用Mann-Whitney *U*秩和检验。计数资料两组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用二元Logistic回归探讨TyG-BMI、TG/HDL-C以及METS-IR与脂肪胰的关系。绘制受试者操作特征曲线(ROC曲线),计算曲线下面积(AUC)评估各简化胰岛素抵抗指标对总人群及不同性别人群脂肪胰的预测诊断价值。结果 脂肪胰组的年龄、BMI、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、空腹血糖(FPG)、尿酸(SUA)、ALT、AST、GGT、TC、TG、LDL-C、TyG-BMI、TG/HDL-C、METS-IR,以及高血压史、糖尿病史和脂肪肝比例均显著高于对照组(*P*值均<0.05)。而HDL-C水平显著低于对照组(*P*<0.05)。多因素Logistic回归分析结果显示,在调整各影响因素后,TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR仍是脂肪胰发生的独立危险因素(*OR*分别为1.027、6.964、1.184,95%*CI*分别为1.018~1.037、2.022~23.989、1.123~1.248)。ROC曲线分析表明,METS-IR、TyG-BMI的AUC分别为0.823、0.803,敏感度为76.3%、75.8%,特异度为74.6%、71.7%,最佳临界值为34.86、196.70。其次为BMI(AUC=0.758)及TG/HDL-C(AUC=0.734)。在性别分层分析中,男性和女性亚组中METS-IR的AUC值均为最高,分别为0.834、0.810。结论 TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR对脂肪胰的发生均有良好的预测价值,其中METS-IR的预测效能更佳。

**关键词:** 胰腺疾病; 胰岛素抵抗; 诊断**基金项目:** 国家自然科学基金(81472325); 河南省中青年卫生健康科技创新领军人才培养项目(YXKC2021017)

### The predictive value of new simplified insulin resistance assessment indicators for the development of fatty pancreatic disease

ZHOU Xinyi<sup>1,2</sup>, ZHAI Yongpeng<sup>2</sup>, WANG Jiahui<sup>2</sup>, ZHANG Xi<sup>2</sup>, BAO Yichen<sup>2</sup>, ZHOU Lin<sup>2</sup>

1. Department of Gastroenterology, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Yichang, Hubei, 443003; 2. Department of Gastroenterology, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: ZHOU Lin, ZL372@126.com (ORCID: 0000-0001-5778-4844)

**Abstract: Objective** To investigate the predictive value of triglyceride glucose-body mass index (TyG-BMI), serum triglyceride-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio (TG/HDL-C), and metabolic score for insulin resistance (METS-IR) for fatty pancreatic disease (FPD). **Methods** A total of 240 patients with FPD treated in The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University from January 2020 to November 2023 were included as the case group, while 480 healthy subjects who underwent healthy checks in the same period were randomly selected as the control group. General clinical data and laboratory indicators were collected. The Mann-Whitney *U* test and chi-square test were used to compare non-normally distributed continuous variables, and categorical variables between groups, respectively. A binary logistic regression model was used to assess the relationship between TyG-

BMI, TG/HDL-C, and METS-IR and FPD. The receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted, and the area under the curve (AUC) was calculated to evaluate the predictive diagnostic value of those simplified insulin resistance indicators for FPD in the general population and different sex populations. **Results** Age, BMI, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, fasting plasma glucose, uric acid, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, gamma-glutamyl transferase, total cholesterol, triglyceride, low-density lipoprotein cholesterol, TyG-BMI, TG/HDL-C, and METS-IR in the case group were significantly higher than those in the control group (all  $P < 0.05$ ). The case group had significantly higher proportions of individuals with hypertension, diabetes, and fatty liver disease than the control group (all  $P < 0.05$ ). The high-density lipoprotein cholesterol level was significantly lower in the case group than in the control group ( $P < 0.05$ ). The multivariable Logistic regression analysis showed that after adjusting for various influencing factors, TyG-BMI, TG/HDL-C, and METS-IR remained as independent risk factors for the development of FPD, with the odds ratios (95% confidence intervals) being 1.027 (1.018—1.037), 6.964 (2.022—23.989), and 1.184 (1.123—1.248), respectively. In the ROC curve analysis, the AUCs of METS-IR and TyG-BMI were 0.823 and 0.803, respectively, with their sensitivities being 76.3% and 75.8%, specificities being 74.6% and 71.7%, and optimal cut-off values being 34.86 and 196.70, respectively; the next were BMI (AUC=0.758) and TG/HDL-C (AUC=0.734); in the sex-stratified analysis, the AUC values of METS-IR were highest in both the male and female subgroups, which were 0.834 and 0.810, respectively. **Conclusion** TyG-BMI, TG/HDL-C, and METS-IR show good predictive value for the development of FPD, in which METS-IR is more excellent.

**Key words:** Pancreatic Diseases; Insulin Resistance; Diagnosis

**Research funding:** National Natural Science Foundation of China (81472325); Young and Middle-aged Health Science and Technology Innovation Leading Talents Training Project of Henan Province (YXKC2021017)

脂肪胰是指过多的脂肪在胰腺组织内沉积,包括小叶内脂肪沉积(如胰腺腺泡细胞、朗格汉斯细胞中的脂肪沉积,以及腺泡细胞被脂肪替代或向脂肪细胞的转分化)、小叶间脂肪沉积(即小叶间质脂肪过度沉积),或两者同时存在<sup>[1]</sup>。既往研究表明,脂肪胰与胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)、 $\beta$ 细胞功能障碍和慢性炎症密切相关<sup>[2]</sup>。脂肪胰的发病率为16%~35%<sup>[3-4]</sup>,高于报道的一般人群胰腺炎、胰腺癌和糖尿病的发病率总和,是胰腺常见的疾病之一<sup>[1]</sup>。脂肪胰与多种疾病的发生密切相关,如非酒精性脂肪性肝病(NAFLD)、糖尿病、代谢综合征、胰腺炎、胰腺癌和胰腺术后胰痿等<sup>[2-5]</sup>。因此,对脂肪胰患者进行早期筛查,以便提供及时的干预和治疗尤为重要。三酰甘油葡萄糖-体质量指数(triglyceride glucose-body mass index, TyG-BMI)、血清三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇(serum triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio, TG/HDL-C)及胰岛素抵抗代谢评分(metabolic score for insulin resistance, METS-IR)作为新型简化IR评价指标<sup>[6]</sup>,已被证实对NAFLD、2型糖尿病等多种代谢性疾病均有较高的预测价值<sup>[7-11]</sup>。然而,目前关于TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR与脂肪胰发生风险的相关性研究较少。因此,本研究旨在探讨TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR对脂肪胰患病风险的预测价值,为人群中脂肪胰预防和筛查提供依据。

## 1 资料与方法

1.1 研究对象 纳入于2020年1月—2023年11月在郑州大学第一附属医院就诊的脂肪胰患者240例作为病例组。纳入标准:(1)年龄 $\geq 16$ 岁;(2)CT提示胰腺脂肪化:胰腺实质密度均一性减低或不均一点、片状密度减低,胰腺实质整体的密度与肾脏的密度相同、低于脾脏密度;或胰腺形态萎缩,表现为腺体体积缩小、胰腺边缘呈凹凸不平样改变<sup>[12]</sup>;(3)无急慢性胰腺炎、胰腺癌病史,无胰腺手术及外伤病史;(4)临床资料完整者。排除标准:(1)妊娠及哺乳期妇女;(2)囊性纤维化、Johanson-Blizzard综合征、Shwachman-Diamond综合征和家族性部分脂肪萎缩症等先天性脂肪胰患者;(3)合并严重心、肝、肾疾病,感染性疾病患者。同时选取同期全面体格检查和胰腺CT检查均未见异常,且无任何胰腺疾病病史的480例健康体检者作为对照组。

1.2 相关定义及诊断标准 (1)脂肪肝:参考《非酒精性脂肪性肝病防治指南(2018年更新版)》<sup>[13]</sup>;(2)高血压:将收缩压(SBP) $\geq 140$  mmHg和(或)舒张压(DBP) $\geq 90$  mmHg,或既往被2级及以上医院明确诊断为高血压<sup>[14]</sup>;(3)糖尿病:空腹血糖(FPG) $\geq 7.0$  mmol/L和(或)餐后2 h血糖 $\geq 11.1$  mmol/L或既往被2级及以上医院明确诊断为糖尿病<sup>[15]</sup>;(4)饮酒史:每周饮酒 $\geq 1$ 次,持续饮酒 $> 6$ 个月,单次饮酒折合乙醇量男性 $\geq 40$  g,女性 $\geq 20$  g;或

曾达到此标准且戒酒不足半年。吸烟史:每日吸烟 $\geq 1$ 支,持续吸烟 $> 6$ 个月,或曾达到此标准且戒烟不足半年。

1.3 研究方法 收集受试者基本资料,如性别、年龄、身高、体质量、SBP、DBP;既往病史,如高血压、糖尿病、脂肪肝、吸烟史、饮酒史;生化指标,如FPG、血尿酸(SUA)、ALT、AST、GGT、TC、TG、HDL-C、LDL-C。基于上述指标分别计算:(1)BMI=体质量/身高<sup>2</sup>;(2)TyG-BMI= $\ln(TG \times FPG/2) \times BMI$ ;(3)METS-IR= $\ln[(2 \times FPG + TG) \times BMI \times \ln(HDL-C)]$ 。

1.4 统计学方法 应用SPSS 26.0及MedCalc 20.0.22进行统计学分析。非正态分布计量资料以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 秩和检验。计数资料两组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用二元Logistic回归探讨脂肪肝发生的危险因素。绘制TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR预测脂肪肝发生的受试者操作特征曲线(ROC曲线)并计算曲线下面积(AUC),计算敏感度、特异度、最大约登指数及对应的临界值,以评估各指标对脂肪肝的预测诊断价值。各预测指标之间AUC的两两比较采用DeLong检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 一般资料 脂肪组年龄、BMI、SBP、DBP、FPG、SUA、ALT、AST、GGT、TC、TG、LDL-C、TyG-BMI、TG/HDL-C、METS-IR,以及高血压史、糖尿病史和脂肪肝比例均显著高于对照组( $P$ 值均 $< 0.05$ )。而HDL-C水平显著低于对照组( $P < 0.05$ )。两组在性别、吸烟史、饮酒史间的差异均无统计学意义( $P$ 值均 $> 0.05$ )(表1)。

2.2 TyG-BMI、TG/HDL-C、METS-IR指数脂肪组发生风险的Logistic回归分析 以是否患脂肪肝为因变量,将各临床资料进行单因素Logistic回归分析,结果显示年龄、高血压史比例、糖尿病史比例、脂肪肝比例、BMI、SBP、DBP、FPG、SUA、ALT、AST、GGT、TC、TG、HDL-C、TyG-BMI、TG/HDL-C、METS-IR为脂肪肝发生的影响因素(表2)。由于各IR评价指标之间存在共线性,故分别进行多因素Logistic回归分析。以单因素分析中有统计学意义的指标作为自变量,在行共线性诊断并分别调整混杂因素后行多因素Logistic回归分析,结果显示TyG-BMI( $OR=1.029, 95\%CI: 1.018 \sim 1.037, P < 0.001$ )、TG/HDL-C

表1 受试者基线资料分析

Table 1 Analysis of subjects' baseline data

指标	脂肪组( $n=240$ )	对照组( $n=480$ )	统计值	$P$ 值
男[例(%)]	127(52.9)	219(45.6)	$\chi^2=3.408$	0.065
年龄(岁)	62.00(54.25 ~ 72.00)	50.00(36.00 ~ 59.00)	$Z=-10.595$	$< 0.001$
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25.06(23.06 ~ 27.74)	22.49(20.45 ~ 24.24)	$Z=-11.285$	$< 0.001$
吸烟史[例(%)]	26(10.8)	35(7.3)	$\chi^2=2.588$	0.108
饮酒史[例(%)]	17(7.1)	22(4.6)	$\chi^2=1.952$	0.162
高血压史[例(%)]	100(41.7)	122(25.4)	$\chi^2=19.811$	$< 0.001$
糖尿病史[例(%)]	82(34.2)	25(5.2)	$\chi^2=106.044$	$< 0.001$
脂肪肝[例(%)]	95(39.6)	67(14.0)	$\chi^2=60.251$	$< 0.001$
SBP(mmHg)	125.50(120.00 ~ 135.75)	122.00(113.00 ~ 135.00)	$Z=-3.943$	$< 0.001$
DBP(mmHg)	77.50(71.00 ~ 84.00)	76.00(69.00 ~ 84.00)	$Z=-2.392$	0.017
FPG(mmol/L)	5.31(4.57 ~ 6.86)	4.75(4.37 ~ 5.12)	$Z=-8.345$	$< 0.001$
SUA( $\mu$ mol/L)	294.50(224.50 ~ 369.00)	267.50(219.25 ~ 326.50)	$Z=-2.872$	0.004
ALT(U/L)	16.00(11.00 ~ 26.00)	14.00(10.00 ~ 19.00)	$Z=-3.900$	$< 0.001$
AST(U/L)	19.00(15.00 ~ 24.00)	18.00(15.00 ~ 21.00)	$Z=-2.432$	0.015
GGT(U/L)	22.00(14.25 ~ 35.75)	14.00(11.00 ~ 20.00)	$Z=-8.724$	$< 0.001$
TC(mmol/L)	4.49(3.85 ~ 5.44)	4.35(3.71 ~ 4.97)	$Z=-2.199$	0.028
TG(mmol/L)	1.21(0.89 ~ 1.76)	0.91(0.71 ~ 1.21)	$Z=-7.924$	$< 0.001$
HDL-C(mmol/L)	1.06(0.86 ~ 1.28)	1.31(1.08 ~ 1.60)	$Z=-9.114$	$< 0.001$
LDL-C(mmol/L)	2.85(2.24 ~ 3.52)	2.66(2.14 ~ 3.24)	$Z=-2.618$	0.009
TyG-BMI	217.23(196.77 ~ 242.73)	183.58(164.39 ~ 201.44)	$Z=-13.259$	$< 0.001$
TG/HDL-C	1.18(0.77 ~ 1.92)	0.70(0.46 ~ 1.03)	$Z=-10.232$	$< 0.001$
METS-IR	39.54(35.04 ~ 46.22)	31.69(27.85 ~ 35.19)	$Z=-14.159$	$< 0.001$

( $OR=6.964, 95\%CI: 2.022 \sim 23.989, P=0.002$ )及METS-IR ( $OR=1.184, 95\%CI: 1.123 \sim 1.248, P<0.001$ )仍为脂肪胰的独立危险因素。TyG-BMI、METS-IR多因素 Logistic 回归分析中未纳入具有共线性的BMI。

2.3 TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR对脂肪胰的预测价值 根据ROC曲线(图1)结果可知,在总人群中,HDL-C、BMI及三种简化胰岛素抵抗指标预测脂肪胰的AUC均大于0.7,说明它们对脂肪胰均有较好的预测价值。其中,METS-IR、TyG-BMI的AUC均大于0.8,分别为0.823、0.803,敏感度分别为76.3%、75.8%,特异度分别为74.6%、71.7%,

最佳临界值分别为34.86、196.70。而BMI、TG/HDL-C、HDL-C的AUC分别为0.758、0.734、0.708,敏感度分别为66.7%、71.3%、58.8%,特异度分别为72.7%、64.6%、72.3%,最佳临界值分别为23.91、0.85、1.12(表3)。

将受试者分为男性亚组及女性亚组,绘制不同性别亚组各指标预测脂肪胰发生风险的ROC曲线(图2)。根据ROC曲线结果可知,两亚组中各指标的AUC均大于0.5,表明所有指标对脂肪胰都有预测价值。在男性亚组中,TyG-BMI及METS-IR的AUC均大于0.8,分别为0.817、0.834,敏感度分别为78.0%、82.7%,特异度分别为71.7%、72.1%,最佳临界值分别为197.70、34.91。而在女性亚组中,仅METS-IR的AUC大于0.8,为0.810,敏感度为66.4%,特异度为79.3%,最佳临界值为35.67(表4)。采用Delong检验对两亚组各预测指标的AUC进行比较,结果显示,两亚组之间各预测指标的AUC差异均无统计学意义( $P$ 值均 $>0.05$ )。

表2 单因素 Logistic 回归分析 FPD 发生的影响因素

Table 2 The univariate Logistic regression analysis of the factors of influencing the occurrence of FPD

项目	$\beta$ 值	$P$ 值	$OR$	95%CI
年龄	0.060	<0.001	1.062	1.049 ~ 1.076
高血压史	0.740	<0.001	2.096	1.509 ~ 2.912
糖尿病史	2.246	<0.001	9.446	5.827 ~ 15.31
脂肪肝	1.396	<0.001	4.039	2.802 ~ 5.820
BMI	0.339	<0.001	1.403	1.317 ~ 1.495
SBP	0.018	<0.001	1.019	1.009 ~ 1.028
DBP	0.017	0.011	1.017	1.004 ~ 1.031
FPG	0.731	<0.001	2.077	1.744 ~ 2.473
SUA	0.003	0.001	1.003	1.001 ~ 1.005
ALT	0.031	<0.001	1.031	1.018 ~ 1.045
AST	0.034	<0.001	1.034	1.015 ~ 1.054
GGT	0.040	<0.001	1.041	1.030 ~ 1.052
TC	0.207	0.008	1.231	1.057 ~ 1.433
TG	1.374	<0.001	3.950	2.816 ~ 5.542
HDL-C	-2.059	<0.001	0.128	0.077 ~ 0.212
LDL-C	-0.006	0.671	0.995	0.970 ~ 1.020
TyG-BMI	0.039	<0.001	1.040	1.033 ~ 1.047
TG/HDL-C	1.393	<0.001	4.027	2.983 ~ 5.436
METS-IR	0.202	<0.001	1.224	1.184 ~ 1.266

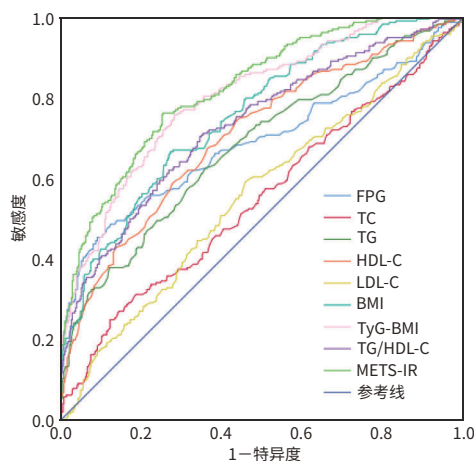


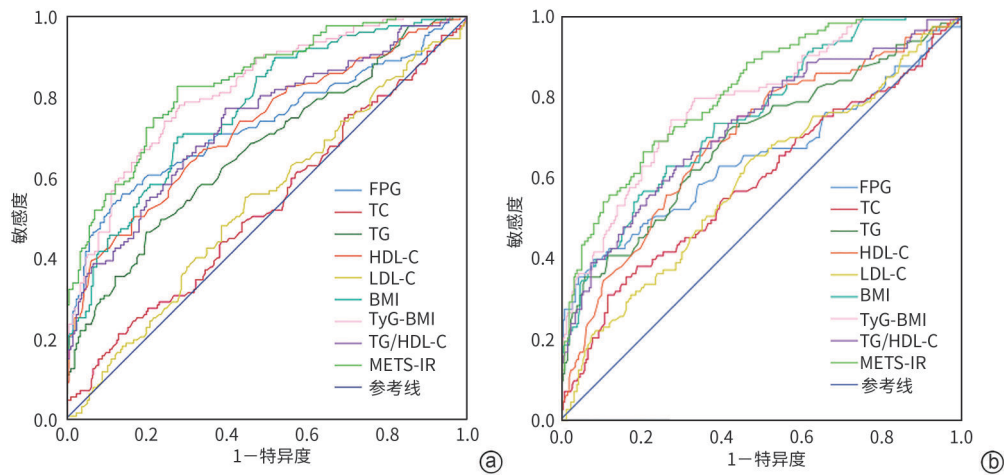
图1 总人群各指标预测脂肪胰的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of FPD predicted by different indexes in total population

表3 总人群各指标预测脂肪胰的ROC曲线分析

Table 3 ROC curve analysis of FPD prediction with different indexes in total population

项目	AUC	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)	最大约登指数	临界值
FPG	0.691	0.645 ~ 0.736	48.8	87.5	0.363	5.40
TC	0.550	0.504 ~ 0.596	25.0	87.7	0.127	5.45
TG	0.681	0.639 ~ 0.723	62.5	64.2	0.267	1.07
HDL-C	0.708	0.667 ~ 0.749	58.8	72.3	0.311	1.12
LDL-C	0.560	0.515 ~ 0.605	59.2	54.2	0.134	2.73
BMI	0.758	0.721 ~ 0.794	66.7	72.7	0.394	23.91
TyG-BMI	0.803	0.769 ~ 0.836	75.8	71.7	0.475	196.70
TG/HDL-C	0.734	0.694 ~ 0.773	71.3	64.6	0.359	0.85
METS-IR	0.823	0.792 ~ 0.855	76.3	74.6	0.509	34.86



注:a, 男性亚组;b, 女性亚组

图2 不同性别亚组各指标预测脂肪胰的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of FPD predicted by each index of different sex subgroups

表4 不同性别亚组各指标预测脂肪胰的ROC曲线分析

Table 4 ROC curve analysis of fatty pancreatic disease prediction using various indexes across different gender

项目	AUC	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)	最大约登指数	临界值
男性						
FPG	0.728	0.668 ~ 0.788	55.9	85.8	0.417	5.36
TC	0.525	0.461 ~ 0.589	21.3	86.8	0.081	5.35
TG	0.667	0.607 ~ 0.726	46.5	79.9	0.264	1.28
HDL-C	0.722	0.665 ~ 0.779	49.6	83.6	0.332	1.01
LDL-C	0.535	0.472 ~ 0.598	55.1	55.3	0.104	2.73
BMI	0.768	0.717 ~ 0.818	70.1	72.1	0.422	23.91
TyG-BMI	0.817	0.771 ~ 0.862	78.0	71.7	0.497	197.70
TG/HDL-C	0.734	0.678 ~ 0.789	77.2	60.3	0.375	0.85
METS-IR	0.834	0.791 ~ 0.878	82.7	72.1	0.548	34.91
女性						
FPG	0.649	0.581 ~ 0.717	39.8	91.6	0.314	5.54
TC	0.587	0.521 ~ 0.653	31.0	88.1	0.191	5.45
TG	0.690	0.628 ~ 0.751	71.7	58.2	0.299	0.96
HDL-C	0.691	0.632 ~ 0.750	69.0	62.8	0.318	0.78
LDL-C	0.590	0.525 ~ 0.654	64.6	52.5	0.171	2.72
BMI	0.746	0.693 ~ 0.799	62.8	73.6	0.364	23.97
TyG-BMI	0.787	0.737 ~ 0.837	74.3	72.4	0.467	195.75
TG/HDL-C	0.726	0.668 ~ 0.783	62.8	71.3	0.341	0.89
METS-IR	0.810	0.765 ~ 0.856	66.4	79.3	0.457	35.67

### 3 讨论

随着经济的发展和人类生活习惯的改变,全球肥胖患病率逐年增加。一项针对中国31个省市自治区、涉及近1577万成年人的研究显示,2019年我国肥胖人群占比为14.1%,超重人群占比为34.8%<sup>[16]</sup>。肥胖并不是一种单一的疾病,脂肪组织的区域分布在肥胖相关的葡萄糖和脂质代谢紊乱中起着关键作用,当循环中的TG、游离脂肪酸超过脂肪组织的代谢能力时,过多的TG、游离脂肪酸便会积聚在非脂肪组织,如胰腺、肝脏、骨骼、肌肉,

甚至心脏、血管中,从而导致脂肪胰、NAFLD、2型糖尿病等多种疾病的发生发展<sup>[17-18]</sup>。Dong等<sup>[19]</sup>研究发现,脂肪胰增加了多种疾病的发病风险,其中,急性胰腺炎风险增加298.2%,胰腺癌风险增加97.6%,糖尿病风险增加33.7%,所有胰腺疾病风险增加44.1%。相较于胰腺其他疾病,脂肪胰一般缺乏显著临床症状,或仅呈现非特异性症状,且无统一的诊断标准,致使临床诊疗过程中常出现漏诊现象。胰腺组织学检查是脂肪胰诊断的金标准,然而,胰腺位于腹膜后深处,穿刺活检较为困难,且为有创性操作,其风险与成本均较高。目前,临床实践

中多应用影像学方法诊断脂肪胰,包括超声内镜、CT、MRI和腹部超声检查。其中,超声内镜、CT、MRI检查价格高昂,均不适用于人群中大规模筛查。腹部超声检查是诊断脂肪胰最简便经济的方法,不过其对轻中度病变敏感性较低,且其准确性一定程度上依赖于检查者的诊断水平<sup>[1]</sup>。因此,使用一种简易无创,不受检查者主观因素影响的指标来筛查脂肪胰高危人群具有重要的临床意义。

研究表明,脂肪胰与IR之间存在紧密关联<sup>[2]</sup>,但IR是由脂肪胰所引起,还是仅为肥胖发展进程中的一种伴随病理现象,目前尚存争议。一方面,Chiyanka等<sup>[20]</sup>发现在中国香港地区肥胖且合并NAFLD的青少年患者中,肝脏脂肪含量以及内脏脂肪含量的增加与IR密切相关,而胰腺脂肪含量与IR的相关性则并不显著。这表明胰腺脂肪含量的增加在IR的发展过程可能仅起到辅助作用。由Lee等<sup>[21]</sup>进行的研究发现,在对年龄、性别、血脂等因素予以校正后,IR与脂肪胰仍有很强的相关性;然而,在校正了内脏脂肪面积这一因素后,IR与脂肪胰的相关性消失,这提示内脏脂肪面积与IR的相关性更为显著,或其可能介导了脂肪胰与IR的相互作用。另一方面,Lu等<sup>[22]</sup>通过对胰腺脂肪含量进行测量后发现,胰腺脂肪含量与IR之间的关联仅出现在男性2型糖尿病受试者中,且在病程小于4年的受试者中相关性更显著;而在女性2型糖尿病受试者以及非糖尿病受试者中,并未观察到此类关联。而Roh等<sup>[23]</sup>发现,胰腺脂肪含量与胰岛素分泌功能呈负相关,与IR呈正相关。以上研究结果不一致,可能与疾病病程、地域、种族等方面存在的差异有关。

高胰岛素-正葡萄糖钳夹试验是目前诊断IR的金标准<sup>[24]</sup>,其价格昂贵,流程复杂,并且是侵入性检查,不适用于人群中的筛查。作为新型IR评估工具,TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR与高胰岛素-正葡萄糖钳夹试验均具有良好的一致性<sup>[5-6]</sup>。既往有研究探索了TyG-BMI及TG/HDL-C与脂肪胰的相关性。例如,Xiao等<sup>[25]</sup>针对1774例受试者的研究发现,TyG-BMI、TG/HDL-C均与脂肪胰呈正相关,两者对脂肪胰均有良好的预测作用,AUC均大于0.70,且在性别上无显著差异。其中,在女性受试者中,TyG-BMI及TG/HDL-C的AUC分别为0.8158和0.7280;而在男性受试者中,相应的AUC分别为0.8186和0.7344。然而,对于METS-IR与脂肪胰之间的相关性,既往研究较少。本研究结果显示,脂肪胰组TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR水平均显著高于对照组,此外,在调整各影响因素后,TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR均是脂肪胰发生的独立危险因素,提示这些新型简化IR指标对脂肪胰的早期筛查有一定的识别意义。

本研究探讨了TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR作为简易IR指标对脂肪胰的预测价值,并将其与传统的FPG、血脂指标以及BMI进行比较分析。通过ROC曲线结果分析显示,HDL-C、BMI及三种简化IR评价指标的AUC均超过0.7,表明它们对脂肪胰均有良好的预测能力。METS-IR及TyG-BMI的AUC均超过0.8,这可能由于它们联合了多个生化及人体测量指标,从而能更全面地反映个体的代谢状况。相较于TyG-BMI,METS-IR的AUC、敏感度及特异度均较高,可能由于其在构建过程中纳入了更多生化指标。既往研究中,BMI预测脂肪胰的AUC为0.8526,高于TyG-BMI(AUC为0.8168)及TG/HDL-C(AUC为0.7304)<sup>[22]</sup>,与本研究结果略有差异,可能是纳入研究的人群特征及样本量差异导致。进一步对性别亚组的分析显示,METS-IR在男性和女性群体中均显示出较高的预测性能,AUC均>0.8,分别为0.834和0.810,表明其在预测脂肪胰方面具有较高的准确性。两亚组之间比较,各指标的预测能力无显著差异,这一发现与既往研究一致<sup>[22]</sup>。

本研究尚存在一定的局限性:(1)本研究为横断面研究,在因果关系的推断上有一定的局限性,需要进行前瞻性队列研究进一步验证。(2)病例确诊依靠CT检查诊断,缺乏组织学检查,无法深入评估TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR与脂肪胰病变严重程度之间的关系。(3)本研究纳入的对象为住院人群,数据收集可能存在选择偏倚。(4)本研究为单中心研究,样本量偏小,因此未来需要通过大样本、多中心研究进一步探讨这些问题。

综上所述,本研究评估了3个简化胰岛素抵抗评价指标与脂肪胰的关联性及其预测脂肪胰的能力。TyG-BMI、TG/HDL-C及METS-IR均为脂肪胰的独立危险因素,对脂肪胰有良好的预测作用。其中,METS-IR的预测能力更佳。此外,本研究还进一步探讨了不同性别亚组中各指标的预测价值,在各亚组中,METS-IR的预测能力均优于其他指标。因此,应用METS-IR在人群中进行筛查,可及早发现脂肪胰高危人群,采取早期的药物、运动或饮食干预,以预防脂肪胰的发生发展。

**伦理学声明:** 本研究方案于2024年1月29日经由郑州大学第一附属医院伦理委员会审批,批号:2024-KY-0039。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** 周心怡、周琳负责设计论文框架,起草论文;翟永鹏、王家辉负责数据收集与整理,统计学分析,绘制图表;张茜、包翊辰负责论文修改;周心怡、周琳负责拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿。

## 参考文献:

- [1] PETROV MS, TAYLOR R. Intra-pancreatic fat deposition: Bringing hidden fat to the fore[J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 2022, 19(3): 153-168. DOI: 10.1038/s41575-021-00551-0.
- [2] SHAH N, ROCHA JP, BHUTIANI N, et al. Nonalcoholic fatty pancreas disease[J]. *Nutr Clin Pract*, 2019, 34(Suppl 1): S49-S56. DOI: 10.1002/ncp.10397.
- [3] WAGNER R, ECKSTEIN SS, YAMAZAKI H, et al. Metabolic implications of pancreatic fat accumulation[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2022, 18(1): 43-54. DOI: 10.1038/s41574-021-00573-3.
- [4] KOÇ U, TAYDAŞ Ö. Evaluation of pancreatic steatosis prevalence and anthropometric measurements using non-contrast computed tomography[J]. *Turk J Gastroenterol*, 2020, 31(9): 640-648. DOI: 10.5152/tjg.2020.19434.
- [5] LIPP M, TARJÁN D, LEE JM, et al. Fatty pancreas is a risk factor for pancreatic cancer: A systematic review and meta-analysis of 2956 patients[J]. *Cancers (Basel)*, 2023, 15(19): 4876. DOI: 10.3390/cancers15194876.
- [6] LI RR, SHI XW, CHEN W, et al. A comparative study on the predictive value of new simplified insulin resistance assessment indicators in identifying glucose metabolism disturbance[J]. *Chin J Diabetes Mellitus*, 2022, 14(1): 56-62. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20210805-00428. 李融融, 时小东, 陈伟, 等. 新型简化胰岛素抵抗评价指标对糖代谢紊乱预测价值的比较研究[J]. *中华糖尿病杂志*, 2022, 14(1): 56-62. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20210805-00428.
- [7] LEE JH, PARK K, LEE HS, et al. The usefulness of metabolic score for insulin resistance for the prediction of incident non-alcoholic fatty liver disease in Korean adults[J]. *Clin Mol Hepatol*, 2022, 28(4): 814-826. DOI: 10.3350/cmh.2022.0099.
- [8] ZENG P, CAI XS, YU XZ, et al. Markers of insulin resistance associated with non-alcoholic fatty liver disease in non-diabetic population[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 20470. DOI: 10.1038/s41598-023-47269-4.
- [9] LI XT, SUN MZ, YANG YX, et al. Predictive effect of triglyceride glucose-related parameters, obesity indices, and lipid ratios for diabetes in a Chinese population: A prospective cohort study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13: 862919. DOI: 10.3389/fendo.2022.862919.
- [10] JIANG R, LI YX. Value of triglyceride-glucose index combined with obesity index in predicting nonalcoholic fatty liver disease in individuals with obstructive sleep apnea[J]. *J Clin Hepatol*, 2023, 39(3): 546-551. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2023.03.010. 蒋绒, 李永霞. 甘油三酯葡萄糖乘积指数联合肥胖指标对阻塞性睡眠呼吸暂停患者发生非酒精性脂肪性肝病的预测价值[J]. *临床肝胆病杂志*, 2023, 39(3): 546-551. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2023.03.010.
- [11] YUGE H, OKADA H, HAMAGUCHI M, et al. Triglycerides/HDL cholesterol ratio and type 2 diabetes incidence: Panasonic Cohort Study 10[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 308. DOI: 10.1186/s12933-023-02046-5.
- [12] YAO J, XU R, LIU XN. Research progress of clinical importance of nonalcoholic fatty pancreas disease[J]. *Chin J Pancreatol*, 2019, 19(1): 73-77. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-1935.2019.01.019. 姚洁, 徐蓉, 刘歌农. 非酒精性脂肪性胰腺疾病临床意义的研究进展[J]. *中华胰腺病杂志*, 2019, 19(1): 73-77. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-1935.2019.01.019.
- [13] National Workshop on Fatty Liver and Alcoholic Liver Disease, Chinese Society of Hepatology, Chinese Medical Association; Fatty Liver Expert Committee, Chinese Medical Doctor Association. Guidelines of prevention and treatment for nonalcoholic fatty liver disease: A 2018 update[J]. *J Clin Hepatol*, 2018, 34(5): 947-957. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2018.05.007. 中华医学会肝病学分会脂肪肝和酒精性肝病学组, 中国医师协会脂肪性肝病专家委员会. 非酒精性脂肪性肝病防治指南(2018年更新版)[J]. *临床肝胆病杂志*, 2018, 34(5): 947-957. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2018.05.007.
- [14] REVISION JCFG. 2018 Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension-a report of the revision committee of Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension[J]. *J Geriatr Cardiol*, 2019, 16(3): 182-241. DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2019.03.014.
- [15] Chinese Diabetes Society. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China(2020 edition)[J]. *Chin J Diabetes Mellit*, 2021, 13(4): 315-409. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20210221-00095. 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(4): 315-409. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20210221-00095.
- [16] CHEN K, SHEN ZW, GU WJ, et al. Prevalence of obesity and associated complications in China: A cross-sectional, real-world study in 15.8 million adults[J]. *Diabetes Obes Metab*, 2023, 25(11): 3390-3399. DOI: 10.1111/dom.15238.
- [17] AHMED B, SULTANA R, GREENE MW. Adipose tissue and insulin resistance in obese[J]. *Biomed Pharmacother*, 2021, 137: 111315. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.111315.
- [18] ZENG YY, YU J, ZHANG J, et al. Ultrasound quantitative evaluation of the correlation between pancreatic echo enhancement and dyslipidemia[J]. *Chin J Med Offic*, 2023, 51(3): 258-260, 265. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2023.03.10. 曾媛媛, 于晶, 张筠, 等. 超声定量评估胰腺回声增强与血脂异常相关性研究[J]. *临床军医杂志*, 2023, 51(3): 258-260, 265. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2023.03.10.
- [19] DONG XW, ZHU QT, YUAN CC, et al. Associations of intrapancreatic fat deposition with incident diseases of the exocrine and endocrine pancreas: A UK biobank prospective cohort study[J]. *Am J Gastroenterol*, 2024, 119(6): 1158-1166. DOI: 10.14309/ajg.0000000000002792.
- [20] CHIYANIKA C, CHAN DFY, HUI SCN, et al. The relationship between pancreas steatosis and the risk of metabolic syndrome and insulin resistance in Chinese adolescents with concurrent obesity and non-alcoholic fatty liver disease[J]. *Pediatr Obes*, 2020, 15(9): e12653. DOI: 10.1111/jipo.12653.
- [21] LEE JS, KIM SH, JUN DW, et al. Clinical implications of fatty pancreas: Correlations between fatty pancreas and metabolic syndrome[J]. *World J Gastroenterol*, 2009, 15(15): 1869-1875. DOI: 10.3748/wjg.15.1869.
- [22] LU T, WANG Y, DOU T, et al. Pancreatic fat content is associated with  $\beta$ -cell function and insulin resistance in Chinese type 2 diabetes subjects[J]. *Endocr J*, 2019, 66(3): 265-270. DOI: 10.1507/endocrj.EJ18-0436.
- [23] ROH E, KIM KM, PARK KS, et al. Comparison of pancreatic volume and fat amount linked with glucose homeostasis between healthy Caucasians and Koreans[J]. *Diabetes Obes Metab*, 2018, 20(11): 2642-2652. DOI: 10.1111/dom.13447.
- [24] OWEI I, JAIN N, JONES D, et al. Physiology of glycemic recovery and stabilization after hyperinsulinemic euglycemic clamp in healthy subjects[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2018, 103(11): 4155-4162. DOI: 10.1210/je.2018-01569.
- [25] XIAO Y, WANG H, HAN LN, et al. Predictive value of anthropometric and biochemical indices in non-alcoholic fatty pancreas disease: A cross-sectional study[J]. *BMJ Open*, 2024, 14(4): e081131. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-081131.

收稿日期: 2024-12-30; 录用日期: 2025-03-05

本文编辑: 王亚南

引证本文: ZHOU XY, ZHAI YP, WANG JH, et al. The predictive value of new simplified insulin resistance assessment indicators for the development of fatty pancreatic disease[J]. *J Clin Hepatol*, 2025, 41(8): 1632-1638. 周心怡, 翟永鹏, 王家辉, 等. 新型简化胰岛素抵抗指标对脂肪胰发生风险的预测价值[J]. *临床肝胆病杂志*, 2025, 41(8): 1632-1638.