

超重/肥胖相关射血分数保留型心力衰竭患者血清TyG指数对中重度心室舒张功能障碍的预测价值分析

盛楚凡, 王珮, 王错错, 赵旭东, 李雷

(徐州医科大学附属医院全科医学科, 江苏徐州221000)

摘要: **目的** 探讨超重/肥胖相关射血分数保留型心力衰竭(HFpEF)患者血清甘油三酯-葡萄糖指数(TyG指数)对中重度左心室舒张功能障碍(LVDD)的预测价值。**方法** 收集2023年1月~2024年1月于徐州医科大学附属医院住院治疗的227例超重/肥胖相关HFpEF患者的临床资料。根据TyG指数四分位数划分为低($n=57$)、中低($n=58$)、中高($n=56$)及高($n=56$)四组。比较四组间超声心动图指标的差异性。采用Spearman法分析TyG指数与超重/肥胖相关HFpEF患者中重度LVDD发生的相关性; Logistic回归模型评估发生中重度LVDD的独立危险因素并绘制受试者操作特征(ROC)曲线。在性别、年龄、糖尿病及体质指数(BMI)亚组中进行二元Logistic回归分析明确高风险人群。**结果** 与其余三组相比, 高TyG组左心房内径(LAD)、二尖瓣早期血流速度/二尖瓣心房收缩期最大血流(E/A)、二尖瓣早期血流速度/隔膜的早期舒张期运动速度比(E/e')升高, 差异具有统计学意义($F=4.306\sim 9.954$, 均 $P<0.05$)。Spearman相关性分析结果提示TyG指数与超重/肥胖相关HFpEF患者发生中重度LVDD的风险呈正相关($r=0.452$, $P<0.001$)。多因素Logistic回归分析发现高TyG指数、糖化血红蛋白(HbA1c)、低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)及BMI均为其独立危险因素(Wald $\chi^2=4.011\sim 17.478$, 均 $P<0.05$)。ROC曲线提示TyG指数预测效能良好, AUC为0.762(95% CI: 0.701~0.823), 进一步与HbA1c联合预测后AUC可达0.801(95% CI: 0.745~0.857), 此时联合模型的灵敏度达到91.3%, 特异度为57.7%。亚组分析显示, 高TyG指数在性别、年龄、糖尿病及BMI分层亚组中均与中重度心室舒张功能障碍显著相关(OR=2.423~7.798, 均 $P<0.05$)。**结论** TyG指数是超重/肥胖相关HFpEF患者发生中重度LVDD的危险因素, 其联合HbA1c可提高预测效能, 且在不同人群中均具有一定的风险评估价值。

关键词: 甘油三酯-葡萄糖指数; 射血分数保留型心力衰竭; 超重/肥胖; 左心室舒张功能障碍

中图分类号: R541.6; 446.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-7414(2026)02-181-06

doi: 10.3969/j.issn.1671-7414.2026.02.030

Predictive Value of Serum TyG Index for Moderate-to-Severe Ventricular Diastolic Dysfunction in Patients with Overweight/Obesity-Related Heart Failure with Preserved Ejection Fraction

SHENG Chufan, WANG Bei, WANG Cuocuo, ZHAO Xudong, LI Lei

(Department of General Practice, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Jiangsu Xuzhou 221000, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the predictive value of serum triglyceride-glucose (TyG) index for moderate-to-severe left ventricular diastolic dysfunction (LVDD) in overweight/obese patients with heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF). **Methods** Clinical data of 227 patients with overweight/obesity-related HFpEF hospitalized at the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from January 2023 to January 2024 were retrospectively collected. Patients were stratified into four quartiles based on TyG index values: low ($n=57$), low-moderate ($n=58$), moderate-high ($n=56$), and high ($n=56$). Differences in echocardiographic parameters were compared across the four groups. Spearman's correlation was used to evaluate the association between TyG index and moderate-to-severe LVDD. Logistic regression model was performed to identify independent risk factors for moderate-to-severe LVDD, and to generate receiver operating characteristic (ROC) curves. Binary Logistic regression analysis was performed in subgroups stratified by sex, age, diabetes status, and body mass index (BMI) to identify high-risk populations. **Results** Compared with the other three groups, the high TyG group exhibited statistically significant increase in left atrial diameter (LAD), mitral early-to-atrial peak velocity ratio (E/A), and mitral early diastolic velocity to septal early diastolic myocardial velocity ratio (E/e') ($F=4.306\sim 9.954$, all $P<0.05$). Spearman correlation analysis indicated a positive association between TyG index and the risk of moderate-to-severe LVDD in overweight or obese HFpEF patients ($r=0.452$, $P<0.05$). The results of

基金项目: 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(SJCX24_1539)。

作者简介: 盛楚凡(2000-), 女, 硕士生在读, 住院医师, 研究方向: 心血管及代谢疾病、射血分数保留型心衰, E-mail: fou2105@126.com。

通讯作者: 李雷(1972-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 老年心脑血管病与糖尿病心血管并发症, E-mail: ligroup-999@126.com。

multivariate Logistic regression analysis showed that high TyG index, HbA1c, LDL-C, and BMI were independent risk factors (Wald $\chi^2=4.011\sim 17.478$, all $P < 0.05$). ROC curve analysis demonstrated good predictive performance of the TyG index, with an AUC of 0.762 (95%CI: 0.701~0.823). Combining TyG index with HbA1c further improved AUC to 0.801 (95%CI: 0.745~0.857), yielding a sensitivity of 91.3% and a specificity of 57.7%. Subgroup analysis showed that elevated TyG index was significantly associated with moderate-to-severe LVDD across all subgroups stratified by sex, age, diabetes status and BMI (OR=2.423~7.798, all $P < 0.05$). **Conclusions** The TyG index is a risk factor for moderate-to-severe LVDD in overweight or obese HFpEF patients. Its combination with HbA1c enhances predictive accuracy. Moreover, TyG index demonstrated a consistent risk-predictive value across various populations.

Keywords: triglyceride-glucose index; heart failure with preserved ejection fraction; overweight/obese; ventricular diastolic dysfunction

射血分数保留型心力衰竭(heart failure with preserved ejection fraction, HFpEF)虽在传统上较射血分数减少型心力衰竭关注较少,但据流行病学调查发现,其发病率和患病率随着时间的推移将逐渐接近甚至超过射血分数减少型心力衰竭^[1]。左心室舒张功能障碍(left ventricular diastolic dysfunction, LVDD)是HFpEF的主要病理特征之一,在LVDD的分级标准中^[2],轻度(I级)通常表现为心脏超声指标轻度异常及病程进展缓慢,临床干预价值有限。但中重度(II~III级)LVDD,不仅反映心室顺应性的显著下降和左房压力升高,还与心力衰竭发生、住院风险及死亡风险密切相关^[3]。

胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)可通过诱导慢性炎症及内皮功能异常,导致心室结构异常,是驱动心血管代谢性HFpEF发生发展的重要病理生理基础^[4]。相关研究提出HFpEF患者血清微小RNA-146a表达升高、白细胞介素-1受体相关激酶表达下降,与血管内皮功能受损及心室重塑密切相关^[5]。此外,BORLAUG等^[6]提出体重增加不仅会相对增加HFpEF的发生风险,还可能加剧病情。目前临床上主要以超声心动图检查评估HFpEF患者心室舒张功能,但由于测量超声指标多受体位、负荷状态及操作差异等影响且缺乏可靠的代谢标志物,导致HFpEF患者发生中重度LVDD的早期识别存在局限。而甘油三酯-葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数因操作简便、成本低并可反映IR,已被证实与多种心血管疾病相关^[7]。因此本研究旨在进一步探讨TyG指数在超重/肥胖相关HFpEF患者中发生中重度LVDD的潜在预测价值,识别高风险人群,为临床早期发现和干预提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象 筛选2023年1月~2024年1月于徐州医科大学附属医院住院治疗的227例超重/肥胖HFpEF患者,根据TyG指数四分位数分为低组($TyG \leq 8.60$)、中低组($8.60 < TyG \leq 9.07$)、中高组($9.07 < TyG < 9.53$)、高组($TyG \geq 9.53$)。纳入标准:①HFpEF诊断标准符合《2021年欧洲心脏病学会(ESC)急慢性心力衰竭诊断和治疗指南》^[8];②体质

指数($BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$)。排除标准:①确诊严重结构性心脏病者,如心脏瓣膜病、缩窄性心包炎及各类心肌病者;②确诊急性心肌梗死病史者;③临床资料严重不完整者,指缺失核心变量者,包括但不限于年龄、性别、糖脂代谢相关指标(如空腹血糖、甘油三酯)或心脏超声主要参数(如E/A、E/e'等)。本研究经徐州医科大学附属医院医学伦理委员会批准(意见号:XYFY2023-KL187-01)。

1.2 仪器与试剂 Mindray BC-6800Plus全自动血液细胞分析仪及其配套试剂(中国深圳迈瑞公司), Roche Cobas c702全自动生化分析仪及其配套试剂(瑞士罗氏公司);EPIQ 7C型彩色多普勒超声诊断仪(荷兰飞利浦公司)。

1.3 方法

1.3.1 一般临床及实验室资料收集:收集患者年龄、性别、BMI、白细胞计数(WBC)、血红蛋白(HGB)、空腹血糖(FPG)、甘油三酯(TG)、白蛋白(ALB)、肌酐(CREA)、肾小球滤过率(eGFR)、糖化血红蛋白(HbA1c)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白-胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)、N端B型利钠肽原(NT-ProBNP)等。所有指标均在清晨空腹状态下采集静脉血检测。计算TyG指数= $\ln[TG(\text{mg/dl}) \times FPG(\text{mg/dl})/2]$ 。

1.3.2 超声心动图指标收集:由超声科专业医师在彩色多普勒超声诊断仪下测定心脏结构和功能,患者取左侧卧位,经胸行超声心动图检查,测量病人连续3~5个心动周期的左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。收集主动脉内径(aortic diameter, AOD)、左心房内径(left atrium diameter, LAD)、右心房内径(right atrium diameter, RAD)、室间隔厚度(interventricular septal thickness, IVST)、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、右心室内径(right ventricular internal dimension, RVID)、左心室短轴缩短率(left ventricular fractional shortening, LVFS)、二尖瓣早期血流速度/二尖瓣心房收缩期最大血流(E/A)、二尖瓣早期血流速度/隔膜的早期舒张期运动速度比(E/e')等。定义中重度LVDD符合《舒张

性心力衰竭诊断及治疗专家共识》^[2]提出的左心室舒张功能分级: II、III级标准。

1.4 统计学分析 本研究使用SPSS 27.0进行统计分析。计量资料经Shapiro-Wilk正态性检验和方差齐性检验后,符合的以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用单因素方差分析(ANOVA)。非正态或方差不齐者以中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用Kruskal-Wallis H 检验。定性资料以 $n(\%)$ 描述,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法。相关性分析采用Spearman法。通过单、多因素Logistic回归分析筛选中重度LVDD的影响因素,绘制ROC曲线,计算AUC以评估预测价值。采用二元Logistic回归分析,评估TyG指数在性别、年龄、糖尿病、BMI

亚组中发生中高度LVDD的高风险人群。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床实验室基本资料比较 各组患者ALB、CREA、eGFR、LDL-C、HbA1c差异具有统计学意义(均 $P < 0.05$),而年龄、性别、WBC、HGB、TC、HDL-C、CHOL、BMI、NT-proBNP差异无统计学意义(均 $P > 0.05$),见表1。各组间中重度LVDD发生率差异具有统计学意义,且随TyG指数水平升高呈递增趋势,高脂血症、糖尿病及冠心病在各组分布差异亦有统计学意义(均 $P < 0.05$),高血压、心房颤动差异无统计学意义(均 $P > 0.05$),见表2。

表1 各TyG指数分组患者临床实验室基本资料比较 [$\bar{x} \pm s, n(\%), M(P_{25}, P_{75})$]

项目	低组 (n=57)	中低组 (n=58)	中高组 (n=56)	高组 (n=56)	$F/\chi^2/H$	P
年龄 (岁)	68.98 ± 14.55	65.62 ± 15.35	63.54 ± 15.39	62.23 ± 13.94	2.23 ^a	0.085
性别	男	35 (61.40)	36 (62.07)	34 (60.71)	0.17 ^b	0.982
	女	22 (38.60)	22 (37.93)	20 (35.71)		
WBC ($\times 10^9/L$)	8.20 (6.00, 9.20)	8.40 (6.43, 9.70)	8.10 (6.47, 9.25)	8.25 (6.10, 9.25)	1.09 ^c	0.779
HGB (g/L)	116.00(97.00, 140.00)	120.45(94.25, 145.00)	114.50(94.25, 134.25)	112.50(92.00, 130.50)	1.26 ^c	0.738
ALB (g/L)	34.70 (30.50, 38.30)	36.55 (35.12, 39.68)	35.94 (33.25, 40.18)	37.05 (34.00, 41.38)	9.15 ^c	0.027
CREA ($\mu\text{mol/L}$)	78.00 (70.00, 137.30)	96.50 (69.00, 203.00)	89.00 (69.75, 177.75)	142.00(87.75, 266.00)	10.67 ^c	0.014
eGFR (ml/min/1.73m ²)	73.20 (45.05, 89.00)	64.30 (40.06, 74.04)	74.04 (41.62, 92.70)	46.64 (24.53, 71.59)	14.66 ^c	0.002
CHOL (mmol/L)	4.19 (3.60, 4.62)	4.21 (3.55, 4.63)	4.46 (3.54, 4.87)	4.01 (3.50, 5.13)	1.42 ^c	0.701
HDL-C (mmol/L)	0.92 (0.78, 1.06)	0.96 (0.84, 1.11)	0.92 (0.86, 1.00)	0.92 (0.78, 1.00)	2.72 ^c	0.436
LDL-C (mmol/L)	2.09 (1.45, 2.75)	2.36 (1.82, 2.95)	2.75 (2.33, 2.86)	2.56 (2.16, 2.81)	10.84 ^c	0.013
BMI (kg/m ²)	27.56 (25.43, 29.38)	27.34 (25.95, 29.37)	28.27 (25.86, 30.41)	28.09 (26.08, 30.43)	1.34 ^c	0.721
HbA1c (%)	6.40 (5.85, 6.85)	6.85 (6.10, 6.99)	6.82 (6.38, 7.12)	7.10 (6.84, 8.45)	35.92 ^c	<0.001
NT-proBNP (ng/L)	2 520.00 (1 212.00, 5 544.00)	2 601.48 (1 018.00, 6 099.00)	2 017.50 (961.75, 4 333.50)	2 082.50 (1 036.50, 3 803.00)	2.42 ^c	0.489

注: ^a表示 F 值, ^b表示 χ^2 值, ^c表示 H 值。

表2 各TyG组并发症发生率比较 [$n(\%)$]

类别	低组 (n=57)	中低组 (n=58)	中高组 (n=56)	高组 (n=56)	χ^2	P
中重度 LVDD	否	41(71.93)	32(55.17)	28(50.00)	27.66	<0.001
	是	16(28.07)	26(44.83)	28(50.00)		
高血压	否	30(52.63)	23(39.66)	28(50.00)	7.18	0.066
	是	27(47.37)	35(60.34)	28(50.00)		
高脂血症	否	52(91.23)	41(70.69)	50(89.29)	13.79	0.003
	是	5(8.77)	17(29.31)	6(10.71)		
糖尿病	否	39(68.42)	34(58.62)	33(58.93)	10.28	0.016
	是	18(31.58)	24(41.38)	23(41.07)		
心房颤动	否	50(87.72)	50(86.21)	51(91.07)	1.05	0.790
	是	7(12.28)	8(13.79)	5(8.93)		
冠心病	否	37(64.91)	29(50.00)	35(62.50)	10.15	0.018
	是	20(35.09)	29(50.00)	21(37.50)		

2.2 超声心动图指标比较 见表3。结果示各组间LAD、E/A和E/e'差异具有统计学意义(均 $P < 0.05$)。进一步采用Tukey法进行事后两两比较,结果示高TyG组中LAD及E/A显著高于低组、中低组及

中高组,高TyG组中E/e'显著高于低组($P < 0.05$);LVEF、AOD、IVST、LVEDD、RVID、RAD、LVFS组间差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

表3 各组超声心动图指标比较($\bar{x} \pm s$)

变量	低组(n=57)	中低组(n=58)	中高组(n=56)	高组(n=56)	F值	P
LVEF(%)	59.47±5.75	58.76±5.91	58.11±5.54	60.89±5.33	2.520	0.059
AOD(mm)	30.47±2.55	30.40±2.25	30.00±2.51	30.32±2.30	0.423	0.737
LAD(mm)	39.53±4.75	40.26±4.52	40.02±3.93	42.41±3.61 ^{abc}	5.112	0.002
IVST(mm)	9.89±1.40	9.62±1.01	9.75±0.84	9.55±1.16	1.028	0.381
LVEDD(mm)	50.49±5.09	49.97±4.18	50.41±4.05	49.05±4.33	1.247	0.294
RVID(mm)	23.26±2.79	22.29±1.88	23.02±1.29	22.64±1.79	2.560	0.056
RAD(mm)	29.98±7.47	32.31±6.58	29.43±7.62	31.39±6.30	1.998	0.115
LVFS(%)	31.68±3.67	31.49±4.12	31.33±3.71	32.94±3.58	2.113	0.099
E/A	1.12±0.40	1.10±0.40	1.21±0.48	1.51±0.52 ^{abc}	9.954	< 0.001
E/e'	12.31±3.06	13.34±4.59	13.01±3.65	14.70±2.96 ^a	4.306	0.006

注:事后比较采用Tukey法,^a与低组相比, $P < 0.05$; ^b与中低组相比, $P < 0.05$; ^c与中高组相比, $P < 0.05$; E/A仅纳入窦性心律患者(房颤排除),低、中低组各50例,中高组、高组各51例。

2.3 中重度LVDD的多因素Logistics回归分析 见表4。经共线性诊断,各自变量的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)范围为1.028~2.454。以超重/肥胖相关HFpEF病人是否发生中重度LVDD(赋值:否=0,是=1)为因变量,以是否合并高血脂(赋值:否=0,是=1)、糖尿病(赋值:否=0,是=1)、冠心病(赋值:否=0,是=1)、TyG指数(赋值:低组=1,中低组=2,

中高组=3,高组=4)、HbA1c(赋值:实测值)、LDL-C(赋值:实测值)、CREA(赋值:实测值)、eGFR(赋值:实测值)、BMI(赋值:实测值)为自变量进行单因素分析,有统计学意义的变量进一步纳入进行多因素Logistic回归分析,结果显示高TyG指数、HbA1c、LDL-C及BMI是影响患者发生中重度LVDD的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。

表4 发生中重度LVDD的多因素Logistics回归分析结果

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR(95%CI)	
TyG指数	低组				1.00(Reference)	
	中低组	0.346	0.441	0.618	0.432	1.41(0.60 ~ 3.36)
	中高组	0.271	0.450	0.362	0.547	1.31(0.54 ~ 3.17)
	高组	1.004	0.499	4.052	0.044	2.73(1.03 ~ 7.26)
高脂血症	否				1.00(Reference)	
	是	-0.272	0.526	0.268	0.605	0.76(0.27 ~ 2.13)
糖尿病	否				1.00(Reference)	
	是	0.043	0.387	0.012	0.913	1.04(0.49 ~ 2.23)
冠心病	否				1.00(Reference)	
	是	0.306	0.374	0.669	0.413	1.36(0.65 ~ 2.83)
CREA	0.003	0.002	2.692	0.101	1.00(1.00 ~ 1.01)	
eGFR	0.000	0.008	0.003	0.958	1.00(0.98 ~ 1.01)	
LDL-C	0.495	0.188	6.915	0.009	1.64(1.13 ~ 2.37)	
HbA1c	0.943	0.226	17.478	<0.001	2.57(1.65 ~ 4.00)	
BMI	0.105	0.052	4.011	0.045	1.11(1.01 ~ 1.23)	

2.4 TyG指数、HbA1c与HFpEF患者发生中重度LVDD的相关性分析 TyG指数、HbA1c均与超重/肥胖相关HFpEF患者发生中重度LVDD呈显著正相

关($r=0.452, 0.450$, 均 $P < 0.001$)。

2.5 TyG指数及联合指标对超重/肥胖HFpEF患者发生中重度LVDD的预测价值 ROC分析显示TyG

指数、HbA1c预测超重/肥胖相关HFpEF患者中重度LVDD的AUC分别为0.762(95%CI:0.701~0.823, $P<0.05$)、0.760(95%CI: 0.698~0.822, $P<0.05$)，最佳截断值为9.37和6.88%。二者联合预测后AUC达0.801(95%CI: 0.745~0.857, $P<0.05$)，此时预测敏感度为91.3%、特异度为57.7%。将LDL-C进一步纳入联合模型后，AUC进一步升至0.808，但敏感度明显下降至59.3%，而特异度提高至92.3%，假阳性率降低，误诊率上升。ROC曲线见图1。

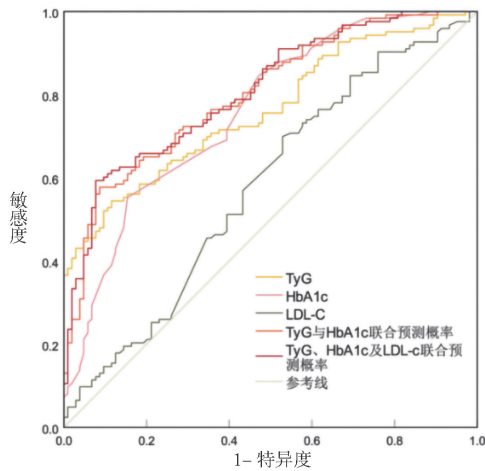


图1 TyG指数及联合指标预测超重/肥胖HFpEF患者中重度LVDD的ROC曲线

2.6 TyG指数对超重/肥胖相关HFpEF患者发生中重度LVDD的亚组分析 见表5。TyG指数在性别、年龄、糖尿病及BMI分层亚组间与中重度LVDD的发生显著相关，各亚组效应方向一致。

表5 TyG指数在各亚组中对超重/肥胖HFpEF患者发生中重度LVDD的影响

变量	亚组	OR	95%CI	P值
性别	男性	2.582	1.074~6.207	0.034
	女性	5.066	2.312~11.097	<0.001
年龄(岁)	<65	7.798	2.621~23.201	<0.001
	≥65	2.423	1.169~5.025	0.017
糖尿病	否	2.592	1.232~5.451	0.012
	是	7.106	2.494~20.250	<0.001
BMI	超重	3.391	1.545~7.443	0.002
	肥胖	4.958	1.972~12.466	0.001

3 讨论

HFpEF是一种高度异质性临床综合征，表现为左心室射血分数正常，但多有运动耐受性下降、生活质量受损甚至住院及死亡率增加的情况^[9]。LVDD不仅存在于HFpEF患者中，还可在无心力衰竭个体中观察到，提示在亚临床阶段舒张功能障碍早已存在^[10]。晚期LVDD被证实是HFpEF患者全因死亡率的独立预测因子^[11]。在本研究中，高TyG组患者LAD、E/A及

E/e'显著升高，提示左心房压力及左心室舒张末期充盈压增加，代谢异常对舒张功能的影响；同时基于Logistic回归构建的预测模型发现，除TyG指数外，HbA1c、BMI及LDL-C亦为超重/肥胖相关HFpEF患者中重度LVDD的危险因素。其潜在机制考虑：一方面，高水平TyG指数提示IR及脂质代谢异常，导致游离脂肪酸在心肌内堆积形成脂毒性作用，损害线粒体功能并增加氧化应激，从而损害心肌舒张功能^[12-13]。另一方面，HbA1c升高反映长期高血糖暴露，糖化终产物(AGEs)在心肌中沉积并通过与糖基化终产物受体(RAGE)结合激活核因子κB(NF-κB)炎症通路及转化生长因子-β(TGF-β)介导的纤维化反应，促进心肌胶原沉积与交联，进一步增加心肌僵硬^[12, 14]。BMI升高反映肥胖负荷后导致其增加的血容量及脂肪因子异常促进慢性炎症和心肌重构，加重舒张功能异常^[15]。LDL-C则通过进入血管内膜并氧化为氧化修饰低密度脂蛋白(oxLDL)，诱导炎症反应和内皮功能障碍，加速冠脉微循环受损及心肌缺血，从而间接导致舒张功能下降^[16]。

高TyG指数与HFpEF患者全因死亡、心血管死亡和心力衰竭再住院风险增加相关，与死亡率和再住院率呈J形关联^[17]。HbA1c作为控制血糖的代谢指标，已有研究证实影响左室心肌结构变形^[18]，以上为TyG指数与HbA1c进一步联合提供了证据支持。在本研究的ROC曲线分析中，TyG指数单独预测中重度LVDD的AUC为0.762，联合HbA1c后升至0.801，联合LDL-C虽略升至0.808，但敏感度下降，结合TyG指数与心血管事件发生呈非线性剂量反应关系^[19-20]，说明LVDD并非单纯的疾病伴随改变，而是需要进行心血管风险分层的重要靶点。进一步亚组分析发现TyG指数在年龄<65岁人群中与中重度LVDD关联更紧密，与LI等^[21]在冠心病患者中观察到的老年及女性患者TyG指数关联更强的结果相比，提示IR及相关代谢紊乱可能在心肌结构和功能异常形成的早期阶段就已开始发挥作用，符合已有研究显示早期代谢异常是导致心脏疾病发生的其中因素之一^[22]。

综上，TyG指数在中重度LVDD的发生风险显著相关，其联合HbA1c的预测效能进一步强调了代谢异常在HFpEF发生发展中的核心作用。本研究补充了部分代谢指标在HFpEF风险分层中的证据链，并为临床早期识别高危个体提供了可操作的生物标志物的选择。但由于基于单中心横断面设计，缺乏随访数据无法建立因果关系，且研究对象为超重/肥胖HFpEF人群，中重度LVDD发生率偏高，限制了研究结果向一般HFpEF患者人群的外推性。因此未来应纳入更大样本、不同体型及多病因构成的HFpEF患者中开展前瞻性研究，验证TyG指数在疾病预测及预后管理中的价值，特别是在心血管事件发生率及再住院风险的临床意义。

参考文献:

- [1] KAPELIOS C J, SHAHIM B, LUND L H, et al. Epidemiology, clinical characteristics and cause-specific outcomes in heart failure with preserved ejection fraction [J]. *Cardiac Failure Review*, 2023, 9: e14.
- [2] 廖玉华, 杨杰孚, 张健, 等. 舒张性心力衰竭诊断和治疗专家共识 [J]. *临床心血管病杂志*, 2020, 36(1): 1-10.
- [3] LIAO Y H, YANG J F, ZHANG J, et al. An expert consensus for diagnosis and treatment of diastolic heart failure [J]. *Journal of Clinical Cardiology*, 2020, 36(1): 1-10.
- [4] GOKHALE T A, DHANDE M, MULUKUTLA S, et al. Severity of diastolic dysfunction predicts myocardial infarction [J]. *IJC Heart & Vasculature*, 2024, 55: 101532.
- [5] GORICA E, GEIGER M A, DI VENANZIO L, et al. Cardiometabolic heart failure with preserved ejection fraction: from molecular signatures to personalized treatment [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2025, 24(1): 265.
- [6] 包秋红, 贾海玉, 张勇, 等. 射血分数保留性心力衰竭患者血清 miR-146a, IRAK-1 表达水平与血管内皮功能、心室重构的相关性分析 [J]. *现代检验医学杂志*, 2023, 38(3): 109-113, 127.
- [7] BAO Q H, JIA H Y, ZHANG Y, et al. Correlation analysis of serum miR-146a, IRAK-1 expression levels with vascular endothelial function and ventricular remodeling in patients with ejection fraction preserved heart failure [J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2023, 38(3): 109-113, 127.
- [8] BORLAUG B A, JENSEN M D, KITZMAN D W, et al. Obesity and heart failure with preserved ejection fraction: new insights and pathophysiological targets [J]. *Cardiovascular Research*, 2023, 118(18): 3434-3450.
- [9] 王敏敏, 张丽霞, 淡一航, 等. 心血管疾病与胰岛素抵抗相关性机制及其与三酰甘油葡萄糖指数关系的研究进展 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2025, 27(8): 1114-1117.
- [10] WANG M M, ZHANG L X, DAN Y H, et al. Research progress on the correlation mechanism between cardiovascular disease and insulin resistance and its relationship with the triglyceride-glucose index [J]. *Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases*, 2025, 27(8): 1114-1117.
- [11] MCDONAGH T A, METRA M, ADAMO M, et al. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure [J]. *European Journal of Heart Failure*, 2022, 24(1): 3599-3726.
- [12] UPADHYA B, KITZMAN D W. Heart failure with preserved ejection fraction: new approaches to diagnosis and management [J]. *Clinical Cardiology*, 2020, 43(2): 145-155.
- [13] WENZEL J P, KELLEN R B D, MAGNUSSEN C, et al. Diastolic dysfunction in individuals with and without heart failure with preserved ejection fraction [J]. *Clinical Research in Cardiology*, 2022, 111(4): 416-427.
- [14] DADON Z, MORIEL M, TIRHI A, et al. Prevalence and long-term prognostic significance of advanced diastolic dysfunction among hospitalized patients referred for echocardiography [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 14(4): 1096.
- [15] BANSAL S, BURMAN A, TRIPATHI A K. Advanced glycation end products: key mediator and therapeutic target of cardiovascular complications in diabetes [J]. *World Journal of Diabetes*, 2023, 14(8): 1146-1162.
- [16] SUN J H, ZHOU R L, LIU M, et al. The role of myocardial fibrosis in the diabetic cardiomyopathy [J]. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 2025, 17(1): 242.
- [17] LI Z M, HAN D, QI T F, et al. Hemoglobin A1c in type 2 diabetes mellitus patients with preserved ejection fraction is an independent predictor of left ventricular myocardial deformation and tissue abnormalities [J]. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2023, 23(1): 49.
- [18] KIM S E, YOO B S. Obesity and heart failure with preserved ejection fraction: focus on new drugs and future direction in medical treatment [J]. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 2025, 40(3): 357-370.
- [19] 文亮, 李洁, 张敏霞, 等. MIF 介导 ox-LDL 对内皮细胞功能的影响及作用机制 [J]. *心脏杂志*, 2023, 35(6): 629-636.
- [20] WEN L, LI J, ZHANG M X, et al. Macrophage migration inhibitory factor mediated effect of oxidized low density lipoprotein on endothelial cell function and its mechanism [J]. *Chinese Heart Journal*, 2023, 35(6): 629-636.
- [21] ZHOU Q, YANG J, TANG H Y, et al. High triglyceride-glucose (TyG) index is associated with poor prognosis of heart failure with preserved ejection fraction [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2023, 22(1): 263.
- [22] 雷琳, 王刚, 赵鑫扬, 等. TyG 指数联合 HbA1c 对 2 型糖尿病老年患者左心室收缩功能障碍的预测价值 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2024, 35(3): 169-173.
- [23] LEI L, WANG G, ZHAO X Y, et al. Predictive value of TyG index combined with HbA1c for left ventricular systolic dysfunction in elderly patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Journal of China Clinic Medical Imaging*, 2024, 35(3): 169-173.
- [24] XU L L, WU M Y, CHEN S H, et al. Triglyceride-glucose index associates with incident heart failure: a cohort study [J]. *Diabetes & Metabolism*, 2022, 48(6): 101365.
- [25] 尤丽, 迟昕萍, 周雅琳, 等. 甘油三酯-葡萄糖指数与脑卒中发病风险关系的剂量-反应 meta 分析 [J]. *中国循环杂志*, 2025, 40(6): 611-618.
- [26] YOU L, CHI X P, ZHOU Y L, et al. A dose-response meta-analysis between triglyceride-glucose index and risk of stroke [J]. *Chinese Circulation Journal*, 2025, 40(6): 611-618.
- [27] LI Z, FAN X, LIU Y J, et al. Triglyceride-glucose index is associated with heart failure with preserved ejection fraction in different metabolic states in patients with coronary heart disease [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2024, 15: 1447072.
- [28] 张颖, 唐以俊, 刘力滴, 等. 中国肥胖儿童青少年心血管代谢风险管理: 基于 2024 年意大利儿科内分泌学和糖尿病学会《肥胖儿童和青少年的心血管代谢风险》立场文件 [J]. *中国全科医学*, 2025. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2025.0118.
- [29] ZHANG Y, TANG Y J, LIU L D, et al. Management of cardiovascular metabolic risks in obese children and adolescents in China: based on the 2024 Italian Society of Pediatric Endocrinology and Diabetes position paper on cardiovascular metabolic risk in obese children and adolescents [J]. *Chinese General Practice*, 2025. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2025.0118.

收稿日期: 2025-09-24

修回日期: 2025-10-21