·胆道疾病·

DOI：10.12449/JCH250727

甘油三酯-葡萄糖（TyG）指数与女性胆囊结石的相关性分析

章　帅[a]，刘　军[a]，史茜菁[a]，吴　阳[a]，梁　好[b]，董　浩[c]，陆戴龙[d]，朱　滢[a]

扬州大学附属苏北人民医院 a.消化内科，b.心血管内科，c.肝胆外科，d.胃肠外科，江苏 扬州 225001

通信作者：朱滢，bujingzhuying@126.com（ORCID：0000-0001-9880-5330）

摘要：目的　本研究旨在探讨甘油三酯-葡萄糖（TyG）指数与女性胆囊结石患病之间的关联性，并评估其作为女性胆囊结石流行病学筛查指标的可行性。**方法**　选择苏北人民医院2021年1月—2023年6月体检的22 979例成年女性，根据腹部彩色多普勒超声仪报告结果将参与者分成胆囊结石组（n=1 763）和非胆囊结石组（n=21 216）。对于符合正态分布的计量资料两组间对比采用成组t检验；非正态分布的计量资料两组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料两组间比较采用χ^2检验。多因素Logistic回归分析、限制性立方样条分析、亚组分析与中介效应被用于探讨TyG与女性胆囊结石患病风险之间的关联性。**结果**　女性胆囊结石总体患病率为7.7%。胆囊结石组的年龄、BMI、空腹血糖、TG、TyG指数、TC、Hb、尿素氮、尿酸、血肌酐、TBil、LDL-C水平均高于非胆囊结石组（P值均<0.05），且患有糖尿病、脂肪肝、高血压和高尿酸血症的女性体检人群更易患有胆囊结石（P值均<0.05）。多因素Logistic回归显示，TyG指数四分位组中Q3（8.97～9.38）和Q4（≥9.38）组胆囊结石患病风险分别是Q1（<8.63）组的1.38倍（95%CI：1.15～1.62，P<0.001）和1.39倍（95%CI：1.16～1.68，P<0.001）。调整所有协变量后，TyG指数连续变量也显示与胆囊结石患病风险呈独立正相关（OR=1.24，95%CI：1.11～1.39，P=0.004）。限制性立方样条曲线揭示了TyG指数与胆囊结石发生风险之间存在显著非线性关联（P for nonlinear=0.008），且阈值分析显示，TyG指数在拐点8.95以下部分的效应具有显著统计学意义（OR=1.34，95%CI：1.15～1.97，P=0.042）。亚组分析显示，BMI<25 kg/m^2、年龄<50岁、年龄≥50岁、无糖尿病、无脂肪肝、TC<5.72 mmol/L、TBil<21 μmol/L、Hb 110～150 g/L、BUN<7.5 μmol/L、有高血压、无高血压的女性人群中，其TyG指数与胆囊结石之间呈显著正相关（P值均<0.05）。对交互作用P值具有统计学意义的亚组进行了中介分析，结果显示，在TyG指数对胆囊结石的影响中，BMI占中介效应的23.0%，脂肪肝占15.7%，糖尿病占21.0%。**结论**　在女性人群中，较高的TyG指数提示更高的胆囊结石风险。降低TyG指数或许可以通过改善胰岛素敏感性，从而减少胆囊结石的风险。

关键词：甘油三酯葡萄糖指数；胆囊结石；胰岛素抵抗；横断面研究

基金项目：江苏省基础研究计划（自然科学基金）青年基金项目（BK20240489）；江苏省中医药科技发展计划面上项目（MS2023138）

Association between triglyceride-glucose index and gallstones in women: A cross-sectional study

ZHANG Shuai[a], *LIU Jun*[a], *SHI Xijing*[a], *WU Yang*[a], *LIANG Hao*[b], *DONG Hao*[c], *LU Dailong*[d], *ZHU Ying*[a]

a. Department of Gastroenterology, b. Department of Cardiology, c. Department of Hepatobiliary Surgery, d. Department of Gastrointestinal Surgery, Subei People's Hospital Affiliated to Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225001, China

Corresponding author: ZHU Ying, bujingzhuying@126.com (ORCID: 0000-0001-9880-5330)

Abstract: Objective　To investigate the association between triglyceride-glucose (TyG) index and the prevalence of gallstones in women, and to assess whether it can be used as a convenient indicator for the epidemiological survey of gallstones in women. **Methods**　A total of 22 979 adult women who underwent physical examination in Subei People's Hospital of Jiangsu from January 2021 to June 2023 were enrolled, and according to the results of abdominal color Doppler ultrasound, they were divided into gallstone group with 1 763 women and non-gallstone group with 21 216 women. The independent samples t-test was used for comparison of normally distributed continuous data between groups, and the Mann-Whitney U test was used for comparison of non-

normally distributed continuous data between groups; the chi-square test was used for comparison of categorical data between groups. The multivariate logistic regression analysis, the restricted cubic spline analysis, the subgroup analysis, and mediating effect were used to investigate the association between TyG index and the risk of gallstones in women. **Results** The overall prevalence rate of gallstones was 7.7% in women. Compared with the non-gallstone group, the gallstone group had significantly higher age, BMI, FPG, TG, TyG index, TC, Hb, BUN, UA, SCr, TC, and LDL-C (all $P<0.05$), and the women with diabetes, fatty liver, hypertension, and hyperuricemia were more likely to have gallstones (all $P<0.05$). The multivariate logistic regression analysis showed that based on the quartiles of TyG index, the risk of gallstones in the Q3 (8.97—9.38) group was 1.38 (95% confidence interval [*CI*]: 1.15—1.62, $P<0.001$) times that in the Q1 (<8.63) group, and the risk of gallstones in the Q4 (≥9.38) group was 1.39 (95%*CI*: 1.16—1.68, $P<0.001$) times that in the Q1 group. After adjustment for all covariates, TyG index, as a continuous variable, showed an independent positive correlation with the risk of gallstones (odds ratio [*OR*]=1.24, 95%*CI*: 1.11—1.39, $P=0.004$). The restricted cubic spline curve revealed a significant nonlinear association between TyG index and the risk of gallstones (P for non linear=0.008), and the threshold analysis showed statistical significance in the effect of TyG index below the inflection point of 8.95 (*OR*=1.34, 95%*CI*: 1.15—1.97, $P=0.042$). The subgroup analysis showed that TyG index was significantly positively correlated with gallstones in women with a BMI of<25 kg/m^2, an age of<50 years, an age of ≥50 years, the absence of diabetes or fatty liver, total cholesterol<5.72 mmol/L, total bilirubin<21 μmol/L, a hemoglobin level of 110—150 g/L, and blood urea nitrogen<7.5 μmol/L (all $P<0.05$). A mediating analysis was performed for the subgroups with a statistically significant P value for interaction, and the results showed that BMI accounted for 23.0% of the mediating effect in the influence of TyG index on gallstones, and fatty liver and diabetes accounted for 15.7% and 21.0%, respectively. **Conclusion** In women, a higher TyG index indicates a higher risk of gallstones. Lowering TyG index may reduce the risk of gallstones by improving insulin sensitivity.

Key words: Triglyceride Glucose Index; Gallstones; Insulin Resistance; Cross-Sectional Studies

Research funding: Jiangsu Basic Research Program (Natural Science Foundation) Youth Fund Project (BK20240489); Jiangsu Traditional Chinese Medicine Science and Technology Development Plan General Project (MS2023138)

胆囊结石是一种常见的肝胆系统疾病，21世纪全球患病率已达6.1%，其中女性人群患病率高于男性(7.6% vs 5.4%)[1]。二者差异可能是由于女性雌激素参与肝脏胆固醇的合成代谢，增加胆汁中胆固醇饱和度，同时促进胆固醇结晶核生成，最终导致胆囊结石形成[2-3]。胆囊结石会造成胆囊炎、胆管结石甚至胆囊癌等严重并发症。中国一项纳入6 159例胆囊癌患者的研究显示，女性患者为3 912例(63.52%)，男性患者为2 247例(36.48%)，女性和男性比例为1.74∶1[4]。因此，女性胆囊结石与并发症预防问题值得关注。

胰岛素抵抗(IR)参与诸多代谢性疾病的发生与发展，近年来受到广泛关注。IR不仅与心血管疾病的发展和卒中风险的增加有关，而且可能与胆囊结石的形成有一定程度的相关性[5]。甘油三酯-葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数是基于两个简单指标空腹甘油三酯、空腹血糖水平得出的，其通常被作为一种评估IR的新指标。近年来，在代谢性疾病研究领域，该指标已在国内外得到广泛应用[6-7]。TyG指数的优势在于其简便性、经济性和高效率，易于在临床实践中应用和推广。

当出现IR时，身体对胰岛素的反应就会减弱，这会引起血糖和血脂代谢水平的变化。这种代谢障碍可能使得胆汁的组成发生改变，从而提高胆囊结石发生概率[8]。同时也有多项研究表明，雌激素具有调节IR的功能[9-10]。因此，TyG指数可能与胆囊结石之间存在相关性，目前有关二者之间联系的研究相对较少，尤其在女性人群中。本研究旨在通过横断面研究分析女性人群中，TyG指数与胆囊结石的相关性，为女性胆囊结石的防治提供新的思路与方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选择2021年1月—2023年6月在苏北人民医院接受体检的成年女性为研究对象。纳入标准：(1)年龄18周岁及以上；(2)完成血常规、生化指标、腹部彩色多普勒超声等所有体检项目，且结果资料完整。排除标准：(1)有肝硬化、肝内外胆道结石或胆道畸形者；(2)B超报告胆囊显影不清者；(3)妊娠期女性；(4)肿瘤病史者；(5)因各种原因胆囊已切除者。经纳入排除后，共收集22 979例合格参与者的体检数据。

1.2 临床资料的收集 患者临床资料包括年龄、BMI、

空腹血糖（FPG）、总胆红素（TBil）、总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）、血红蛋白（Hb）、尿素氮（BUN）、尿酸（UA）、血肌酐（SCr）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）、有无脂肪肝、有无糖尿病、有无高尿酸血症。临床资料和既往病史主要通过苏北人民医院的HIS病历系统获取。TyG指数=ln［TG（mg/dL）×FPG（mg/dL）/2］[11]。

将FPG≥7.0 mmol/L或有糖尿病既往病史的患者定义为糖尿病[12]。将血清UA≥420 μmol/L或既往有高尿酸血症病史的患者定义为高尿酸血症[13]。HIS系统的门诊或住院记录中既往被诊断为高血压的患者定义为高血压。采用彩色多普勒超声仪诊断胆囊结石和脂肪肝，由具有执业医师资格证且执业年资5年及以上的医生对研究对象进行检查，并且由具有副高级或更高职称的专家对体检结果进行复核，最终出具正式的体检报告。胆囊结石的诊断标准按照《中国慢性胆囊炎、胆囊结石内科诊疗共识意见（2018年）》[14]。非酒精性脂肪性肝病的诊断标准按照《代谢相关（非酒精性）脂肪性肝病防治指南（2024年版）》[15]。

1.3 *统计学方法* 使用R 4.4.1软件进行图形绘制，使用SPSS 27.0软件进行数据分析。对于符合正态分布的计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，两组间对比采用成组t检验；非正态分布的计量资料以$M(P_{25}\sim P_{75})$表示，两组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料两组间比较采用χ^2检验。P<0.05为差异具有统计学意义。采用多变量Logistic回归分析来探索TyG指数与胆囊结石之间的关联，共建立了3个模型。在模型1中，没有调整协变量；模型2根据年龄、BMI进行了调整；模型3调整了年龄、BMI、糖尿病、脂肪肝、高血压、LDL-C、高尿酸血症、Hb、TBil、TC、BUN、SCr。将协变量调整为与模型3相同后，采用限制性立方样条（restricted cubic spline，RCS）将TyG指数与胆囊结石的剂量-反应关系可视化，并针对拐点进行阈值效应分析。此外，以TyG指数的连续变量及四分位变量为依据，纳入多变量Logistic回归，以全面探究其与胆囊结石的关联性。通过分层分析和交互分析进行敏感性分析，增强这项研究的稳健性。按年龄、BMI、TC、BUN、TBil、Hb、脂肪肝、糖尿病、高血压分层进行亚组分析，采用分层多元回归分析，并加入交互项，检验亚组之间关联的异质性。最后在R-4.4.1软件的mediation包中采用逐步系数检验回归方法验证不同子组变量对TyG指数与胆囊结石关系的中介作用。

2 结果

2.1 *一般资料与生化指标比较* 共纳入22 979例女性受试者，其中1 763例被检出患有胆囊结石，占总人数的7.7%。胆囊结石组年龄、BMI、FPG、TG、TyG指数、TBil、Hb、BUN、UA、SCr、TC、LDL-C水平均高于非胆囊结石组（P值均<0.05），且患有脂肪肝、糖尿病、高血压和高尿酸血症的人群更易患有胆囊结石（P值均<0.001）（表1）。

2.2 *不同TyG指数水平女性胆囊结石患病率比较* 有22 979例女性参与者根据TyG指数的四分位数将所有女性受试者分为4组，Q1组的TyG指数<8.63（n=5 745），

表1 胆囊结石组和非胆囊结石组的一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between gallstone and non-gallstone groups

变量	胆囊结石组（n=1 763）	非胆囊结石组（n=21 216）	统计值	P值
年龄（岁）	50.95±14.51	42.80±13.92	t=23.552	<0.001
BMI（kg/m^2）	23.79±3.23	22.61±3.06	t=15.439	<0.001
FPG（mmol/L）	5.09（4.76～5.56）	4.90（4.62～5.25）	Z=14.057	<0.001
TG（mmol/L）	1.23（0.87～1.74）	0.98（0.72～1.42）	Z=15.869	<0.001
LDL-C（mmol/L）	2.96±0.78	2.79±0.78	t=9.046	<0.001
TyG	9.27±0.60	9.02±0.58	t=17.569	<0.001
TBil（μmol/L）	10.36±4.90	10.07±4.88	t=2.386	0.017
Hb（g/L）	134.19±11.55	132.61±11.69	t=5.472	<0.001
BUN（mmol/L）	4.96±1.29	4.81±1.23	t=5.019	<0.001
UA（μmol/L）	281.52±65.84	266.51±61.06	t=9.855	<0.001
SCr（μmol/L）	67.85±10.55	66.69±9.73	t=4.795	<0.001
TC（mmol/L）	4.79±0.89	4.59±0.90	t=8.736	<0.001
脂肪肝［例（%）］	564（31.99）	3 567（16.81）	χ^2=254.310	<0.001
糖尿病［例（%）］	121（6.86）	562（2.65）	χ^2=100.245	<0.001
高尿酸血症［例（%）］	198（11.23）	1 482（6.99）	χ^2=43.296	<0.001
高血压［例（%）］	373（21.21）	3 182（15.00）	χ^2=48.079	<0.001

Q2组的TyG指数≥8.63且<8.97（n=5 746），Q3组的TyG指数≥8.97且<9.38（n=5 743），而Q4组的TyG指数≥9.38（n=5 745）。Q1组胆结石患病率为4.2%（241例），Q2组为5.5%（316例），Q3组为8.8%（504例），Q4组最高，达到12.2%（702例）。不同TyG分组人群胆囊结石患病率差异有统计学意义（χ^2=313.924，P<0.001）（图1）。

2.3　TyG指标与女性胆囊结石的回归分析　在完全调整的模型（模型3）中，观察到TyG指数与胆囊结石之间存在正相关（OR=1.24，95%CI：1.11～1.39，P=0.004），表明TyG指数每增加一个单位，胆囊结石的风险增加24%。将TyG指数从连续变量转换为分类变量（四分位数）。以TyG指数最低的Q1组作为对照组，经过3次模型调整后，Q3和Q4组相对于Q1组的胆囊结石患病风险分别增加到1.38倍（95%CI：1.15～1.62，P<0.001）和1.39倍（95%CI：1.16～1.68，P<0.001）（表2）。随后调整所有协变量进行RCS回归分析，血清TyG指数与胆囊结石患病率之间呈倒L型关联（P for nonlinear=0.008）（图2）。

TyG指数与胆囊结石患病率之间存在非线性关系，确定临界值8.95。当TyG指数<8.95时，观察到与胆囊结石风险显著正相关（OR=1.34，95%CI：1.15～1.97，P=0.042）。然而，当TyG指数≥8.95时，未见TyG指数与胆结石之间存在显著相关性（OR=0.97，95%CI：0.83～1.13，P=0.693）。

2.4　亚组分析　进一步根据受试者的年龄、BMI、脂肪肝、糖尿病、高血压、TC、TBil、Hb、BUN进行分层多变量回归分析。与TyG指数相关的胆囊结石患病风险在BMI、脂肪肝、糖尿病的不同亚组之间表现出显著性差异（交互P值均<0.05）（图3）。从亚组分析中可以明显看出，BMI<25 kg/m^2、年龄<50岁、年龄≥50岁、无糖尿病、无脂肪肝、TC<5.72 mmol/L、TBil<21 μmol/L、Hb 110～150 g/L、BUN<7.5 μmol/L、有高血压、无高血压的参与者，其TyG指数与胆囊结石之间显著正相关（P值均<0.05）。随后，对交互作用P值具有统计学意义的亚组进行中介分析，结果显示，在TyG指数对胆囊结石的影响中，BMI占中介效应的23.0%，脂肪肝占15.7%，糖尿病占21.0%。

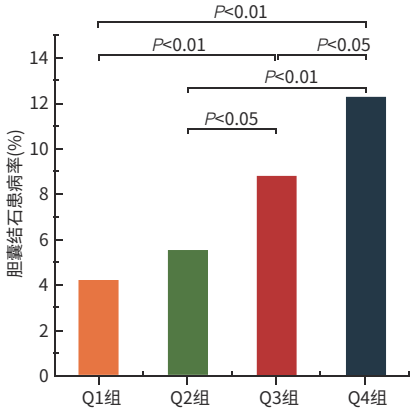


图1　不同TyG指数分组的女性胆囊结石患病率

Figure 1　The prevalence of gallstones in women across different TyG index groups

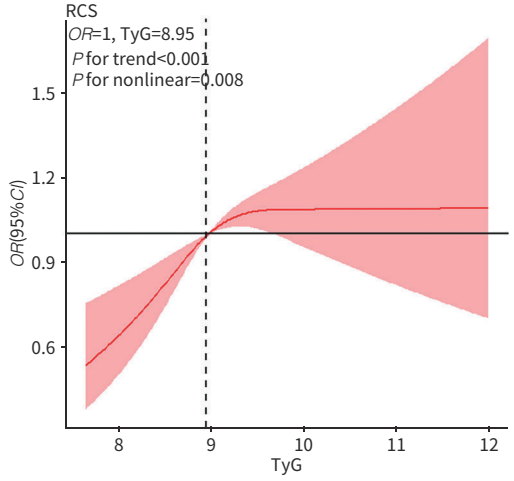


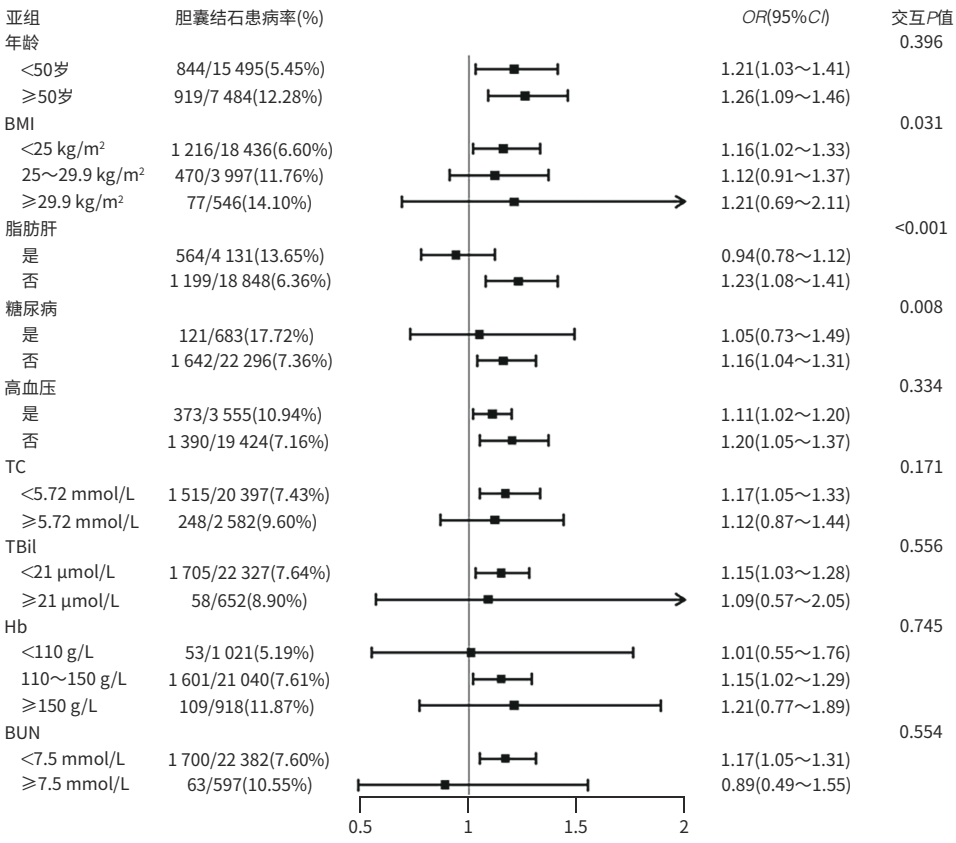
图2　TyG指数与女性胆囊结石患病风险的RCS曲线

Figure 2　The restricted cubic spline（RCS）curve of the correlation between the TyG index and the risk of gallstones in women

表2　TyG指数与女性胆囊结石患病的相关性

Table 2　The correlation between the TyG index and the prevalence of gallstones in women

变量	模型1		模型2		模型3	
	OR（95%CI）	P值	OR（95%CI）	P值	OR（95%CI）	P值
TyG	1.94（1.79～2.09）	<0.001	1.28（1.17～1.40）	<0.001	1.24（1.11～1.39）	0.004
TyG四分位数						
Q1组	1.00		1.00		1.00	
Q2组	1.32（1.12～1.57）	0.001	1.09（0.91～1.29）	0.352	1.08（0.91～1.29）	0.446
Q3组	2.19（1.87～2.57）	<0.001	1.41（1.19～1.66）	<0.001	1.38（1.15～1.62）	<0.001
Q4组	3.17（2.73～3.70）	<0.001	1.57（1.32～1.86）	<0.001	1.39（1.16～1.68）	<0.001
趋势检验P值	<0.001		<0.001		<0.001	



注：除效应修正因子外，所有协变量均按模型3调整亚组分析结果。

图3 TyG指数与女性胆囊结石风险关联的亚组分析

Figure 3 Subgroup analysis of the association between the TyG index and the risk of gallstones in women

3 讨论

本研究纳入了22 979例女性受试者，其中1 763例被检出患有胆囊结石，占总人数的7.7%。结果表明，TyG指数与女性胆囊结石之间存强关联性，即使在调整多种混杂因素后这种关联依旧稳定。RCS曲线和阈值分析评估了二者之间存在的非线性关系，确定阈值为8.95。因此，TyG指数或许可以成为女性胆囊结石流行病学调查的简单指标。

目前，胆囊结石与TyG之间的关联尚未得到有效检验，我国一项多中心横断面研究显示，TyG指数与胆石症发病风险相关，但这一关联在女性人群中并未达到显著的程度[16]。然而国外多项研究表明，亚组分析中，女性胆结石风险与TyG指数显著相关，而在男性中则无显著关联[17-19]。女性患胆囊结石的比例比男性高，且女性胆囊癌发病率是男性的2～6倍，其原因可能与雌激素有关，雌激素促使胆汁淤积，形成结石。值得注意的是，患有胆囊结石的人群相较于未患胆囊结石的人群，其发展成胆囊癌的可能性高出12.7倍。此外，胆囊结石的大小及数量也直接与胆囊癌的发病风险升高相关[20]。因此，对女性胆囊结石的预防和治疗应给予更多的关注和重视，其与TyG指数的关联值得进一步探讨。

TyG通常被认为是评估IR的新指标[6]，且胆结石与IR之间的关联一直是研究的热点。研究表明，IR可能通过激活3-羟基-3-甲基戊二酰辅酶A还原酶——胆固醇合成的关键调节酶，从而促进胆固醇的生物合成，进而导致胆固醇结石的形成[21]。在一些观察性研究中，IR也被发现是胆结石形成的独立危险因素，且与体质量无关[22-23]。根据2017—2020年美国全国健康和营养检查调查的数据，一项研究发现TyG指数与胆结石风险的关联阈值为8.98，低于此值时，TyG指数与胆结石风险呈显著正相关[17]。这一发现与笔者针对女性群体胆囊结石的研究结果高度一致，阈值设定为8.95。因此，TyG指数在低于8.95时的数值增高可能预示着胆囊结石风险的增加，这可能为临床上预测女性胆囊结石的风险提供了一种新的思路，即将TyG指数视为一种潜在的工具。

IR与胆结石之间有着复杂的联系。一项针对西班牙裔高危人群的研究表明，IR会导致胆固醇饱和的胆汁

生成，改变胆囊功能并产生结石[24]。动物研究也发现，IR小鼠更容易形成胆固醇胆结石[21]。此外，瘦素也可能在这一过程中发挥了作用。瘦素与多种代谢疾病的产生和发展有关，尤其是肥胖和糖尿病，以及心血管疾病。体内实验和体外实验均证明，瘦素可能通过调节胆汁酸代谢来影响胆石症的形成[25-26]。此外，肠道微生物群也可能是一个潜在的中介因素。一项基础实验发现，IR程度较低的个体拟杆菌数量较多[27]。早期研究也表明，患有胆固醇结石的小鼠肠道菌群中厚壁菌门与拟杆菌门的比例显著降低[28]。这表明肠道微生物失衡可能在胆固醇结石的发病过程中扮演着关键角色，并且与IR存在关联。胆结石还有一个重要的危险因素是雌激素，雌激素可通过改善3-羟基-3-甲基戊二酰辅酶A基因的表达，促进胆汁淤积与结石形成[29]。然而，本研究的年龄亚组分析中，≥50岁女性的胆囊结石患病率高于<50岁人群，且与TyG指数的*OR*值亦高于<50岁人群。这可能与50岁后的女性大多已绝经，而绝经后雌激素对IR的保护作用下降有关[30]。

此外，本研究表明，高血压、糖尿病、脂肪肝、BMI>25 kg/m^{2}人群具有更高的胆囊结石患病率。这些疾病均是代谢综合征（MetS）的典型表现[31]。MetS的主要特点是代谢功能障碍的聚集性，包括葡萄糖耐量受损、血脂异常、高血压和向心性肥胖[32]。一项孟德尔随机化研究表明，MetS会增加胆石症的发病率，尤其是在腹部肥胖的MetS患者中[5]。本研究通过亚组分析和交互作用发现，BMI指数、糖尿病、脂肪肝均在TyG指数与女性胆囊结石的关系中发挥一定中介作用，TyG指数在无糖尿病、无脂肪肝、BMI<25 kg/m^{2}人群中与TyG指数显著正相关，这与既往文献[18-19]结果相符。这可能由于TyG指数能够反映与IR发生发展有关的机体葡萄糖代谢、炎症和氧化应激情况。即使是非上述疾病的人群，这些代谢状态的改变也可能导致TyG指数的升高，即IR可能先于以上症状发生。因此，TyG指数可能有助于评估和预测女性非糖尿病、非脂肪肝、BMI<25 kg/m^{2}人群患胆囊结石的风险。

本研究具有一定的局限性。首先，无法建立TyG指数与女性胆囊结石之间的因果联系，这是由于横断面研究方法本身的局限性。其次，本研究的数据来源于体检人群，未涵盖参与者运动、饮食、生活习惯、职业等信息，致使研究中混杂因素的考量可能不够充分。未来研究需要通过多中心、前瞻性队列验证TyG指数在不同地理位置、种族和经济背景患者中的适用性。

综上所述，本研究的创新之处在于发现TyG指数或可成为女性胆囊结石流行病学调查的简单指标。根据病史、症状及各相关检测结果，对患者病情进行初步的筛查，为指导下一步治疗提供依据。

伦理学声明：本研究方案于2024年2月6日经由扬州大学附属苏北人民医院伦理审查委员会审批，批号：2024ky024，患者均签署知情同意书。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：章帅负责统计学分析，设计论文框架，起草论文；梁好负责统计学分析，绘制图表；史茜菁、吴阳、董浩、陆戴龙负责数据收集；刘军负责论文修改；朱滢负责拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

参考文献：

[1] WANG X, YU WQ, JIANG GH, et al. Global epidemiology of gallstones in the 21st century: A systematic review and meta-analysis [J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2024, 22(8): 1586-1595. DOI: 10.1016/j.cgh.2024.01.051.

[2] LAMMERT F, GURUSAMY K, KO CW, et al. Gallstones[J]. Nat Rev Dis Primers, 2016, 2: 16024. DOI: 10.1038/nrdp.2016.24.

[3] SIMONSEN MH, ERICHSEN R, FRØSLEV T, et al. Postmenopausal estrogen therapy and risk of gallstone disease: A population-based case-control study[J]. Drug Saf, 2013, 36(12): 1189-1197. DOI: 10.1007/s40264-013-0118-7.

[4] SUN XH, WANG YJ, ZHANG W, et al. Epidemiological characteristics, diagnosis, treatment and prognosis of gallbladder cancer in China: A report of 6 159 cases[J]. Chin J Dig Surg, 2022, 21(1): 114-128. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20220103-00004.
孙旭恒, 王一钧, 张薇, 等. 中国胆囊癌流行病学特征与诊治及预后分析（附6 159例报告）[J]. 中华消化外科杂志, 2022, 21(1): 114-128. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20220103-00004.

[5] ZHU Q, XING YW, FU YF, et al. Causal association between metabolic syndrome and cholelithiasis: A Mendelian randomization study [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2023, 14: 1180903. DOI: 10.3389/fendo.2023.1180903.

[6] SUN YT, JI HY, SUN WJ, et al. Triglyceride glucose (TyG) index: A promising biomarker for diagnosis and treatment of different diseases [J]. Eur J Intern Med, 2025, 131: 3-14. DOI: 10.1016/j.ejim.2024.08.026.

[7] LUO PP, LIU Q, HUANG LW. Predictive value of triglyceride-glucose body mass index (TyG-BMI) for the severity of hyperlipidemic acute pancreatitis[J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(8): 1661-1665. DOI: 10.12449/JCH240824.
罗萍萍, 刘群, 黄丽雯. 甘油三酯葡萄糖体质量指数(TyG-BMI)对高脂血症性急性胰腺炎严重程度的预测价值[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(8): 1661-1665. DOI: 10.12449/JCH240824.

[8] LYU JT, LIN QH, FANG ZB, et al. Complex impacts of gallstone disease on metabolic syndrome and nonalcoholic fatty liver disease [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 1032557. DOI: 10.3389/fendo.2022.1032557.

[9] CAMPOREZ JP, LYU K, GOLDBERG EL, et al. Anti-inflammatory effects of oestrogen mediate the sexual dimorphic response to lipid-induced insulin resistance[J]. J Physiol, 2019, 597(15): 3885-3903. DOI: 10.1113/JP277270.

[10] STUBBINS RE, NAJJAR K, HOLCOMB VB, et al. Oestrogen alters adipocyte biology and protects female mice from adipocyte inflammation and insulin resistance[J]. Diabetes Obes Metab, 2012, 14

(1): 58-66. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2011.01488.x.
[11] TAHAPARY DL, PRATISTHITA LB, FITRI NA, et al. Challenges in the diagnosis of insulin resistance: Focusing on the role of HOMA-IR and Tryglyceride/glucose index[J]. Diabetes Metab Syndr, 2022, 16(8): 102581. DOI: 10.1016/j.dsx.2022.102581.
[12] The Editorial Board of "Clinical Guide for the Prevention and Treatment of Geriatric Diabetes in China". Clinical guide for the prevention and treatment of type 2 diabetes in elderly Chinese (2022 Edition)[J]. Chin J Diabetes, 2022, 30(1): 2-51. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2022.01.002.
《中国老年型糖尿病防治临床指南》编写组. 中国老年2型糖尿病防治临床指南(2022年版)[J]. 中国糖尿病杂志, 2022, 30(1): 2-51. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2022.01.002.
[13] Chinese Medical Doctor Association, Nephrology Branch. Practice guidelines for the diagnosis and treatment of hyperuricemia in kidney disease in China (2017 Edition)[J]. Nat Med J China, 2017, 97(25): 1927-1936. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.25.003.
中国医师协会肾脏内科医师分会. 中国肾脏疾病高尿酸血症诊治的实践指南(2017版)[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(25): 1927-1936. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.25.003.
[14] Editorial Board of Chinese Journal of Digestion, Hepatobiliary Disease Cooperation Group of Chinese Society of Gastroenterology. Consensus on diagnosis and treatment of chronic cholecystitis and gallstones in China (2018)[J]. J Clin Hepatol, 2019, 35(6): 1231-1236. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2019.06.11.
中华消化杂志编辑委员会, 中华医学会消化病学分会肝胆疾病协作组. 中国慢性胆囊炎、胆囊结石内科诊疗共识意见(2018年)[J]. 临床肝胆病杂志, 2019, 35(6): 1231-1236. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2019.06.11.
[15] Chinese Society of Hepatology. Guidelines for the prevention and treatment of metabolic dysfunction-associated (Non-Alcoholic) fatty liver disease (2024 Edition)[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.
[16] LI CY, ZHU P, JIAO P, et al. Association between triglyceride-glucose index and the risk of gallstone disease: A multicenter health check-up population study[J]. Modern Prevent Med, 2023, 50(5): 775-780, 802. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202211404.
李春燕, 朱培, 焦鹏, 等. 甘油三酯-葡萄糖指数与胆石病患病风险关联——多中心健康体检人群研究[J]. 现代预防医学, 2023, 50(5): 775-780, 802. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202211404.
[17] GONG L, FAN SJ, PENG ZF, et al. The association between triglyceride-glucose index and gallstones: NHANES 2017-2020[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2024, 15: 1437711. DOI: 10.3389/fendo.2024.1437711.
[18] LI HL, ZHANG CF. Association between triglyceride-glucose index and gallstones: A cross-sectional study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 17778. DOI: 10.1038/s41598-024-68841-6.
[19] FENG XY, WU SW, KE B, et al. Elevated TyG index associated with increased prevalence of gallstones in a United States cross-sectional study[J]. Front Public Health, 2024, 12: 1351884. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1351884.
[20] Branch of Biliary Surgery Chinese Surgical Society, Chinese Committee of Biliary Surgeons. Guideline for the diagnosis and treatment of gallbladder carcinoma (2019 edition)[J]. Chin J Surg, 2020, 58(4): 243-251. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20200106-00014.
中华医学会外科学分会胆道外科学组, 中国医师协会外科医师分会胆道外科专业委员会. 胆囊癌诊断和治疗指南(2019版)[J]. 中华外科杂志, 2020, 58(4): 243-251. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20200106-00014.
[21] BIDDINGER SB, HAAS JT, YU BB, et al. Hepatic insulin resistance directly promotes formation of cholesterol gallstones[J]. Nat Med, 2008, 14(7): 778-782. DOI: 10.1038/nm1785.
[22] ZHU Q, SUN XB, JI XK, et al. The association between gallstones and metabolic syndrome in urban Han Chinese: A longitudinal cohort study[J]. Sci Rep, 2016, 6: 29937. DOI: 10.1038/srep29937.
[23] CAZZO E, GESTIC MA, UTRINI MP, et al. Influence of insulin resistance status on the development of gallstones following roux-en-Y gastric bypass: A prospective cohort study[J]. Obes Surg, 2016, 26(4): 769-775. DOI: 10.1007/s11695-015-1815-3.
[24] NERVI F, MIQUEL JF, ALVAREZ M, et al. Gallbladder disease is associated with insulin resistance in a high risk Hispanic population[J]. J Hepatol, 2006, 45(2): 299-305. DOI: 10.1016/j.jhep.2006.01.026.
[25] HYOGO H, ROY S, PAIGEN B, et al. Leptin promotes biliary cholesterol elimination during weight loss in ob/ob mice by regulating the enterohepatic circulation of bile salts[J]. J Biol Chem, 2002, 277(37): 34117-34124. DOI: 10.1074/jbc.M203912200.
[26] WEN J, JIANG Y, LEI ZM, et al. Leptin influence cholelithiasis formation by regulating bile acid metabolism[J]. Turk J Gastroenterol, 2021, 32(1): 97-105. DOI: 10.5152/tjg.2020.19594.
[27] TAKEUCHI T, KUBOTA T, NAKANISHI Y, et al. Gut microbial carbohydrate metabolism contributes to insulin resistance[J]. Nature, 2023, 621(7978): 389-395. DOI: 10.1038/s41586-023-06466-x.
[28] WANG QH, JIAO L, HE CQ, et al. Alteration of gut microbiota in association with cholesterol gallstone formation in mice[J]. BMC Gastroenterol, 2017, 17(1): 74. DOI: 10.1186/s12876-017-0629-2.
[29] LAVOIE JM. Dynamics of hepatic and intestinal cholesterol and bile acid pathways: The impact of the animal model of estrogen deficiency and exercise training[J]. World J Hepatol, 2016, 8(23): 961-975. DOI: 10.4254/wjh.v8.i23.961.
[30] DE PAOLI M, ZAKHARIA A, WERSTUCK GH. The role of estrogen in insulin resistance: A review of clinical and preclinical data[J]. Am J Pathol, 2021, 191(9): 1490-1498. DOI: 10.1016/j.ajpath.2021.05.011.
[31] YANG SJ, YU B, YU WQ, et al. Development and validation of an age-sex-ethnicity-specific metabolic syndrome score in the Chinese adults[J]. Nat Commun, 2023, 14(1): 6988. DOI: 10.1038/s41467-023-42423-y.
[32] FAHED G, AOUN L, BOU ZERDAN M, et al. Metabolic syndrome: Updates on pathophysiology and management in 2021[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(2): 786. DOI: 10.3390/ijms23020786.

收稿日期：2024-12-27；**录用日期：**2025-01-14
本文编辑：王亚南

引证本文： ZHANG S, LIU J, SHI XJ, et al. Association between triglyceride-glucose index and gallstones in women: A cross-sectional study[J]. J Clin Hepatol, 2025, 41(7): 1407-1413.
章帅, 刘军, 史茜菁, 等. 甘油三酯-葡萄糖(TyG)指数与女性胆囊结石的相关性分析[J]. 临床肝胆病杂志, 2025, 41(7): 1407-1413.