

基于TyG指数联合预测冠心病的模型构建与验证

王月晓^{1,2*}, 王照燕³, 姜 珊⁴, 张明亮⁵, 魏 晶¹, 杨利波^{1#}

¹青岛大学附属泰安市中心医院内分泌科, 山东 泰安

²平邑县人民医院内分泌科, 山东 平邑

³临沂市人民医院神经内科, 山东 临沂

⁴山东大学第二医院急诊科, 山东 济南

⁵青岛大学附属泰安市中心医院心内科, 山东 泰安

收稿日期: 2025年1月26日; 录用日期: 2025年2月19日; 发布日期: 2025年2月27日

摘 要

目的: 构建基于甘油三酯葡萄糖指数(triglyceride-glucose index, TyG)联合预测冠状动脉粥样硬化性心脏病[以下简称为冠心病(coronary heart disease, CHD)]患病风险的预测模型, 并验证该模型的预测性能。方法: 选取2020年1月至2023年3月泰安市中心医院收治的已行冠状动脉造影检查的患者为建模研究对象, 根据冠状动脉造影结果分为冠心病组(732例, 67.97%)和非冠心病组(365例, 33.03%), 比较两组一般资料及临床特征, 采用多因素Logistic回归分析构建预测模型, 绘制该预测模型的受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线及曲线下面积(area under the curve, AUC)分析评价该模型的预测效能, 再通过选取2024年1月至2024年12月山东大学第二医院收治的已行冠状动脉造影检查的患者为验证模型的研究对象进行模型的外部验证。结果: TyG指数、年龄、纤维蛋白原是CHD发生的独立危险因素, 既往是否服用阿司匹林是CHD发生的独立保护因素。男性更容易患CHD, 该预测模型ROC为0.706, 灵敏度为0.643, 特异度为0.551。对该模型进行外部验证, 模型验证的ROC曲线AUC为0.649 (95% CI: 0.611~0.687), 该模型具有良好的预测性能。结论: 本研究构建的基于TyG指数联合性别、年龄、纤维蛋白原、服用阿司匹林史对CHD的发生具有良好的预测性能。

关键词

冠状动脉粥样硬化性心脏病, 甘油三酯葡萄糖指数, 预测模型

*第一作者。

#通讯作者。

Model Construction and Validation for the Joint Prediction of Coronary Heart Disease Based on the TyG Index

Yuxiao Wang^{1,2*}, Zhaoyan Wang³, Shan Jiang⁴, Mingliang Zhang⁵, Jing Wei¹, Libo Yang^{1#}

¹Department of Endocrinology, Tai'an City Central Hospital Affiliated to Qingdao University, Tai'an Shandong

²Department of Endocrinology, Pingyi County People's Hospital, Pingyi Shandong

³Department of Internal Neurology, Linyi People's Hospital, Linyi Shandong

⁴Department of Emergency, The Second Hospital of Shandong University, Jinan Shandong

⁵Department of Cardiology, Tai'an City Central Hospital Affiliated to Qingdao University, Tai'an Shandong

Received: Jan. 26th, 2025; accepted: Feb. 19th, 2025; published: Feb. 27th, 2025

Abstract

Objective: To construct a prediction model based on the triglyceride-glucose index (TyG) for predicting the risk of coronary atherosclerotic heart disease (hereinafter referred to as coronary heart disease, CHD), and to verify the prediction performance of this model. **Methods:** Those who underwent coronary angiography at Tai'an Central Hospital from January 2020 to March 2023 were selected as the modeling study subjects. According to the results of coronary angiography, the patients were divided into the CHD group (732 cases, 67.97%) and the non-D group (365 cases, 33.03%). The general information and clinical characteristics of the two groups were compared. A prediction model was constructed using multivariate Logistic regression analysis, and the receiver operating characteristic (ROC) curve and the area under the curve (AUC) of the prediction model were drawn to evaluate prediction performance of the model. Then, the external validation of the model was performed by selecting patients who underwent coronary angiography at the Second Hospital of Shandong University from January 2024 to December 2024 as the study subjects for the validation model. **Results:** TyG index, age, and fibrinogen independent risk factors for the occurrence of CHD, and the history of taking aspirin was an independent protective factor for the occurrence of CHD. Men were more to suffer from CHD. The ROC of this prediction model was 0.706, the sensitivity was 0.643, and the specificity was 0.551. The ROC curve AUC of the model verification was 0.649 (95% CI: 0.61~0.687), and the model had good prediction performance. **Conclusion:** The prediction model based on TyG index combined with gender, age, fibrin, and history of taking aspirin for the occurrence of CHD had good prediction performance.

Keywords

Coronary Atherosclerotic Heart Disease, Triglyceride-Glucose Index, Prediction Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

冠心病(coronary heart disease, CHD)是目前最常见的心血管疾病(cardiovascular disease, CVD),也是全球慢性病相关死亡的主要原因之一,对患者造成了严重的身体和心理负担。2 型糖尿病(diabetes mellitus type 2, T2DM)是 CHD 的等危症, T2DM 引起 CHD 的原因复杂,其中胰岛素抵抗(IR)是重要危险因素之一[1]。即使在非糖尿病人群中,IR 也与 CHD 密切相关,使用 IR 评估来评估心血管风险对于普通人群也尤为重要[2]。目前,利用空腹甘油三酯和血糖开发的 TyG 指数已被提议作为用于评估 IR 的一项简单可靠的替代预测指标[3]。既往已有研究认识到 TyG 指数与 CHD 独立相关[4]。国外有研究指出, TyG 指数作为预测和预防 CHD 的高价值指标,可用于临床实践和预测模型,但需要进一步的研究来验证[5]。国内关于研究 TyG 指数预测 CHD 的模型构建与验证较少,因此,本研究旨在探讨 TyG 指数对 CHD 患病风险的预测价值并构建模型,进行外部验证,增加模型可靠性。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

本研究采用回顾性研究方法,选取 2020 年 1 月至 2023 年 3 月泰安市中心医院收治的已行冠状动脉造影检查的患者为建模研究对象,根据冠状动脉造影结果分为 CHD 组和非 CHD 组,CHD 组 732 例,非 CHD 组 361 例。选取 2024 年 1 月至 2024 年 12 月山东大学第二医院收治的已行冠状动脉造影检查的患者为模型验证研究对象,根据冠状动脉造影结果分为 CHD 组和非 CHD 组,CHD 组 805 例,非 CHD 组 284 例。本研究已通过作者医院医学伦理委员会审批通过(2017-03-50)。

2.2. 纳入及排除标准

CHD 组患者纳入标准:(1)符合 2010 年我国卫生部制定的冠状动脉粥样硬化性心脏病诊断标准,冠状动脉造影显示至少 1 支冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$;(2)签署冠状动脉造影知情同意书;(3)临床资料完整。非 CHD 组患者已行冠脉造影检查(男性或女性)年龄 > 18 岁且有明确冠脉造影检查结果主要冠状动脉 $< 50\%$ 。排除标准:(1)资料不完整或病史不明确;(2)自身免疫性疾病以及恶性肿瘤患者;(3)肝肾功能严重不全患者;(4)先天性心脏病、严重心脏瓣膜病和感染性疾病患者;(5)具有精神障碍者。

2.3. 资料收集

2.3.1. 一般资料收集

采用预先设计的调查表统计,患者一般资料调查表包含患者的性别,年龄,吸烟、饮酒史,身高,体重等基本信息,以及糖尿病史,高血压病史等病史资料和既往用药情况(β 受体阻滞剂、阿司匹林、他汀类药物)。计算体重指数(body mass index, BMI), $BMI = \text{体重(kg)}/\text{身高(m)}^2$ 。

2.3.2. 临床资料收集

患者在禁食 8 h 后,于次日晨起空腹状态下自肘部抽取静脉血,测定甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、血肌酐(Scr)、尿酸(UA)、纤维蛋白原(Fib)。计算 TyG 指数: $\text{TyG 指数} = \ln[\text{TG}(\text{mg/dl}) \times \text{FPG}(\text{mg/dl})/2]$ 。

2.4. 统计学处理

采用 SPSS 20.0 统计软件对数据进行分析。计量资料经正态性检验,符合正态分布的数据均采用均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm S$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的以中位数(四分位数)表示,

组间比较采用 Mann-Whitney U 检验；分类计数资料采用例数(百分比)表示，组间比较采用 χ^2 检验。采用 Logistic 回归分析构建模型，以经冠脉造影检查是否合并冠心病(是 = 1，否 = 0)为因变量，将单因素筛选出有意义的指标为自变量，采用条件向前法建立建模集二元 Logistic 回归模型。使用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线及曲线下面积(area under the curve, AUC)评价回归模型中预测模型的诊断价值及外部验证。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 基线资料临床特征

建模集两组临床特征比较结果见表 1。两组患者在有饮酒史人数所占比例、BMI、TC、LDL、UA 水平差异无统计学意义($P > 0.05$)。CHD 组年龄、男性比例大于非 CHD 组，CHD 组吸烟人数比例、有高血压病史人数比例、有糖尿病病史人数比例、既往服用阿司匹林人数比例、既往服用 β 受体阻滞剂人数比例、既往服用他汀类药物人数比例大于非 CHD 组，CHD 组 FPG、TyG 指数、TG、Scr、FIB 水平高于非 CHD 组($P < 0.05$)。CHD 组 HDL-C 水平低于非 CHD 组($P < 0.05$)。

Table 1. Comparison results of two sets of clinical features in the modeling set
表 1. 建模集两组临床特征比较结果

临床指标	冠心病组(n = 732)	非冠心病组(n = 361)	Z/t/ χ^2	P
年龄(岁)	64 (57, 70)	60 (52, 67)	-4.494	<0.001
男性(%)	471 (64.34)	162 (44.88)	37.598	<0.001
有吸烟史(%)	273 (37.30)	85 (23.55)	20.751	<0.001
有饮酒史(%)	188 (25.68)	79 (21.88)	1.891	0.169
有高血压病史(%)	425 (58.06)	166 (46.11)	13.876	<0.001
有糖尿病病史(%)	197 (26.91)	58 (16.07)	15.900	<0.001
既往服用 β 受体阻滞剂(%)	165 (22.54)	62 (17.17)	4.231	0.04
既往服用阿司匹林(%)	325 (44.40)	109 (30.28)	20.094	<0.001
既往服用他汀类药物(%)	276 (38.87)	94 (26.04)	16.020	<0.001
BMI (kg/m ²)	25.83 $\pm$ 3.57	25.76 $\pm$ 3.76	-0.333	0.739
FPG (mmol/L)	5.91 (5.22, 7.17)	5.29 (4.88, 6.13)	-5.931	<0.001
TC (mmol/L)	3.78 (3.23, 4.49)	3.82 (3.27, 4.46)	-0.291	0.771
TG (mmol/L)	1.32 (0.98, 1.94)	1.2 (0.9, 1.92)	-2.292	0.022
TyG 指数	8.75 (8.43, 9.23)	8.58 (8.25, 9.07)	-3.873	<0.001
HDL-C (mmol/L)	1.06 (0.9, 1.24)	1.13 (0.97, 1.32)	-3.65	<0.001
LDL-C (mmol/L)	2.38 (1.9, 2.92)	2.3 (1.95, 2.9)	-1.281	0.2
UA (umol/L)	302 (248, 360.5)	286 (242, 358)	-1.963	0.05
Scr (umol/L)	73 (63, 85)	72 (61, 80)	-3.371	0.001
FIB (g/L)	2.88 (2.25, 3.39)	2.67 (2.33, 2.98)	-4.535	<0.001

注：BMI：体重指数；FPG：空腹血糖；TC：总胆固醇；TG：甘油三酯；TyG 指数：甘油三酯葡萄糖指数；HDL-C：高密度脂蛋白；LDL-C：低密度脂蛋白；UA：尿酸；Scr：血肌酐；FIB：纤维蛋白原。

验证集体两组临床特征的比较结果见表 2。两组患者在有饮酒史人数所占比例、BMI、TyG 指数、UA 水平差异无统计学意义($P > 0.05$)。CHD 组年龄、男性比例、有吸烟人数比例、有高血压病史人数比例、有糖尿病病史人数比例、既往服用阿司匹林人数比例、既往服用他汀类药物人数比例、既往服用 β 受体阻滞剂人数比例大于非 CHD 组, CHD 组 FPG、TG、Scr、FIB 水平高于非 CHD 组($P < 0.05$)。CHD 组 LDL-C、HDL-C、TC 水平低于非 CHD 组($P < 0.05$)。

Table 2. Comparison results of two groups of clinical features in the validation set
表 2. 验证集两组临床特征的比较结果

临床指标	冠心病组(n = 805)	非冠心病组(n = 284)	Z/t/ χ^2	P
年龄(岁)	64 (58, 70)	60 (50, 66.5)	-5.806	<0.001
男性(%)	538 (66.83)	135 (47.54)	33.114	<0.001
有吸烟史(%)	200 (24.84)	52 (18.31)	5.041	0.025
有饮酒史(%)	182 (22.61)	62 (21.83)	0.073	0.787
有高血压病史(%)	497 (61.74)	141 (49.65)	12.650	<0.001
有糖尿病病史(%)	303 (37.64)	48 (16.9)	41.336	<0.001
既往服用 β 受体阻滞剂(%)	191 (23.73)	42 (14.79)	9.972	0.002
既往服用阿司匹林(%)	526 (65.34)	86 (30.28)	33.114	<0.001
既往服用他汀类药(%)	535 (66.46)	93 (32.75)	97.742	<0.001
BMI (kg/m ²)	25.47 $\pm$ 3.47	25.37 $\pm$ 3.30	-0.439	0.661
FPG (mmol/L)	6.27 (5.39, 7.65)	5.47 (5.07, 6.29)	-5.462	<0.001
TC (mmol/L)	3.89 (3.24, 4.76)	4.27 (3.67, 5.13)	-4.309	<0.001
TG (mmol/L)	1.32 (0.97, 1.76)	1.27 (0.95, 1.77)	-0.389	<0.001
TyG 指数	8.80 (8.44, 9.25)	8.69 (8.31, 9.02)	-1.912	0.056
HDL-C (mmol/L)	1.1 (0.93, 1.27)	1.23 (1.03, 1.46)	-5.538	<0.001
LDL-C (mmol/L)	2.13 (1.6, 2.87)	2.48 (1.87, 3.04)	-4.665	<0.001
UA (umol/L)	315 (258, 374.5)	303 (258.5, 370)	-0.675	0.5
Scr (umol/L)	69 (59, 80)	64.6 (54, 73)	-4.827	<0.001
FIB (g/L)	3.01 (2.68, 3.46)	2.81 (2.50, 3.13)	-4.58	<0.001

注释：各缩写与前文一致。

3.2. 预测模型的构建

以冠脉造影检查是否合并冠心病(是 = 1, 否 = 0)为因变量, 将单因素筛选出有意义的临床指标作为自变量进行赋值, 采用条件向前法建立二元 Logistic 回归模型。H-L 检验($\chi^2 = 9.616$, $P = 0.293$), 经检验模型有效。多因素回归分析结果显示 TyG 指数(OR = 1.548, 95% CI 1.257~1.908, $P = 0.001$)、性别(OR = 3.053, 95% CI 2.281~4.086, $P < 0.001$)、年龄(OR = 1.043, 95% CI 1.027~1.059, $P < 0.001$)、FIB (OR = 1.572, 95% CI 1.275~1.937, $P < 0.001$)是 CHD 的独立危险因素, 既往服用阿司匹林(OR = 0.638, 95% CI 0.476~0.855, $P = 0.003$)是 CHD 的独立保护因素(见表 3)。构建预测模型公式: $0.042 \times \text{年龄} + 0.452 \times \text{纤维蛋白} + 0.437 \times \text{TyG} - 0.45 \times \text{既往服用阿司匹林} + 1.116 \times \text{性别} - 7.257$ 。

Table 3. Development of a model to predict coronary heart disease based on the TyG index
表 3. 基于 TyG 指数预测冠心病的模型构建

临床指标	<i>B</i>	<i>S.E</i>	<i>Wald</i>	<i>P</i>	OR	95% CI
TyG 指数	0.437	0.107	16.845	0.001	1.548	1.257~1.908
年龄(岁)	0.042	0.008	30.118	<0.001	1.043	1.027~1.059
FIB (g/L)	0.452	0.107	17.988	<0.001	1.572	1.275~1.937
既往服用阿司匹林	-0.45	0.149	9.074	0.003	0.638	0.476~0.855
性别(男性)	-1.116	0.149	56.29	<0.001	0.328	2.281~4.086
常量	-6.159	1.122	30.156	<0.001	0.002	—

注释：各缩写与前文一致。

3.3. 基于 TyG 指数预测冠心病的模型验证

该预测模型 ROC 为 0.706，灵敏度为 0.643，特异度为 0.551 (见图 1、表 4)。

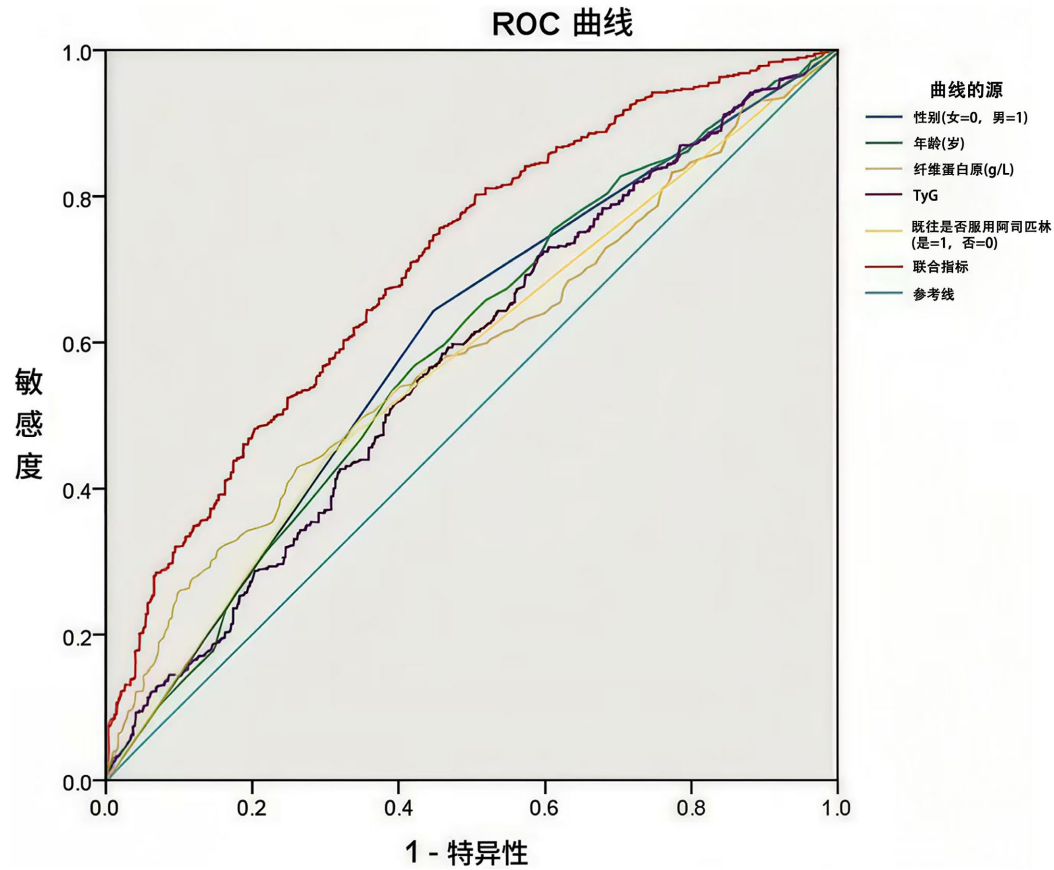


Figure 1. Model validation for predicting coronary heart disease based on the TyG index
图 1. 基于 TyG 指数预测冠心病的模型验证

Table 4. Validation of a model for predicting coronary heart disease based on the TyG index
表 4. 基于 TyG 指数联合预测冠心病的模型验证

指标	AUC	95% CI	<i>P</i> 值	Youden 指数	阈值	敏感度(%)	特异度(%)
性别(男)	0.598	0.562~0.634	<0.001	0.194	0.5	64.3	55.1

续表

年龄(岁)	0.588	0.551~0.625	<0.001	0.15	61.5	59.8	58.2
FIB (g/L)	0.585	0.55~0.62	<0.001	0.169	2.985	43.1	74.1
TyG 指数	0.574	0.538~0.611	<0.001	0.122	8.39	70.9	41.3
既往服用阿司匹林	0.571	0.535~0.607	<0.001	0.141	0.5	44.4	69.7
联合指标	0.706	0.673~0.739	<0.001	0.301	0.614	75.7	54.4

注释：各缩写与前文一致。

3.4. 预测模型的外部验证

建模集 ROC 曲线 AUC 为 0.706 (95% CI: 0.673~0.739)，验证集 ROC 曲线 AUC 为 0.649 (95% CI: 0.611~0.687)。预测模型在两组人群中 AUC 均大于 0.60，该模型具有良好的预测性能(见图 2)。

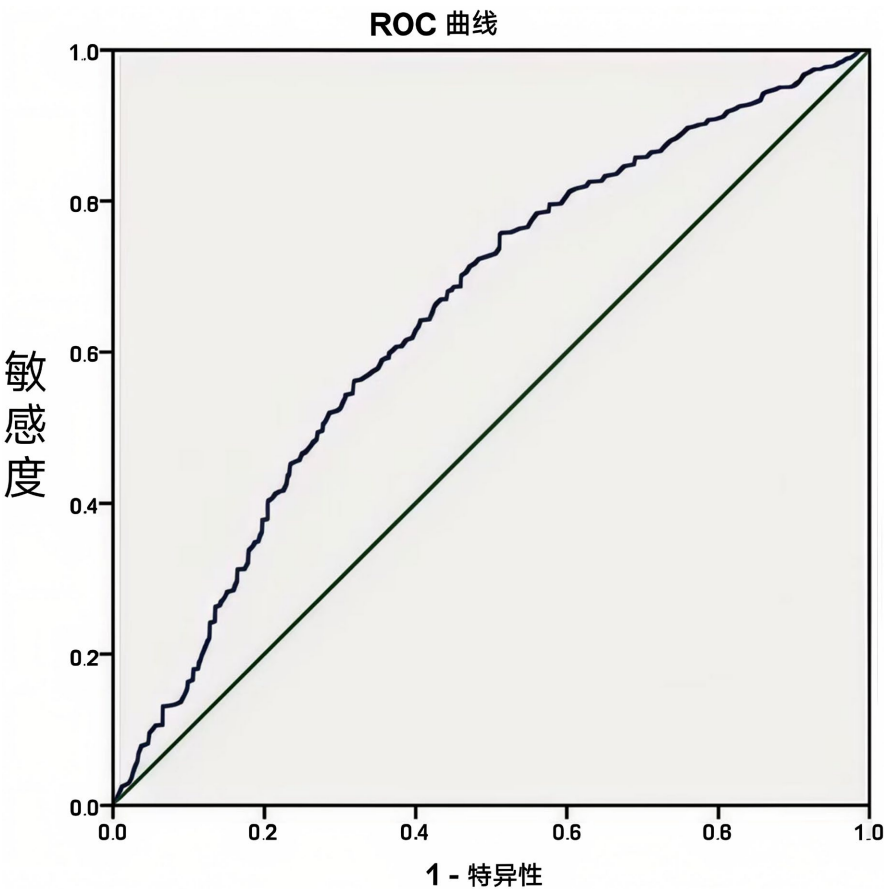


Figure 2. Evaluation of the external validation of the prediction model by ROC curve
图 2. ROC 曲线评价预测模型外部验证

4. 讨论

随着我国社会的发展与国人寿命的延长，CHD 已经成为我国慢性病中发病率和致残、致死率最高的疾病之一[6]。目前，已开发了多种 CHD 预测模型，这些模型都认为 DM 是一个重要的冠心病危险因素，很少有模型考虑 IR 或 TG，且对模型进行外部验证的较少[7]-[10]。TyG 是临床上用于评估 IR、DM 发

生、发展的重要标志物,其对IR的识别具有高度灵敏度和特异度,不仅可早期识别糖尿病前期与DM,而且在CHD发生、发展的各阶段发挥重要的作用,与冠状动脉粥样硬化斑块的发生、冠状动脉的钙化进展、冠状动脉的僵硬度以及冠状动脉病变的狭窄程度密切相关,可用于预测急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)病人血运重建术后不良心血管事件的发生风险[11][12]。高胰岛素血症正常血糖钳夹试验是IR测量的金标准,但由于其侵入性、复杂性和昂贵的方案,它并不适用于临床研究[13][14]。TyG指数是FBS和TG的对数乘积,它已被证明与高胰岛素正常血糖钳夹试验和HOMA-IR高度相关[15]。本研究对建模集进行多因素Logistic回归分析筛选冠心病的独立影响因素发现,TyG指数是CHD的独立危险因素($OR = 1.548$, $95\% CI 1.257 \sim 1.908$, $P = 0.001$)。国内有一项单中心的回顾性研究,在传统CHD危险因素的基础上联合年龄、系统凝血-炎症指数(systemic coagulation-inflammation index, SCI)、TyG、血浆动脉粥样硬化指数(atherogenic index of plasma, AIP)、血小板/淋巴细胞比值(platelet to lymphocyte ratio, PLR)、D-二聚体(D-dimer, D-D)、Fib、HDL-C、载脂蛋白A (apolipoprotein A, ApoA)构建了一种CHD预测模型,通过该列线图模型进行内部验证,证明该预测模型具有良好的区分度、校准度,净收益率较好,可用于CHD风险的预测[16]。

相对于内部验证,外部验证使用的是模型开发过程中未见过的数据,因此能够更客观地反映模型的泛化能力,增加模型预测结果的可信度。通过外部验证,可以评估模型在不同时间段、不同地区或不同人群中的表现,从而增强模型的实用性和应用范围。而且外部验证的结果可以帮助研究者和实际应用者了解模型在真实世界中的表现,从而更容易被医疗决策者、临床医生接受和采纳这一模型。使用外部验证CHD预测模型也是本研究的创新性优势,本研究对预测模型进行了外部验证,证明该模型具有有效的预测能力[ROC曲线AUC为0.649 (95% CI: 0.611~0.687)]。

本研究在TyG指数是CHD危险因素的基础上联合性别、年龄、Fib、既往是否服用阿司匹林进行分析,通过使用这5项临床资料构建了一种个性化的CHD预测模型,该模型更简便、易检测,而且具有非侵入性的临床特征。本模型ROC曲线下面积为0.706,约登指数最大值为0.301,最佳临界值为0.614,灵敏度为0.757,特异度为0.544,具有良好的预测性能。这一模型可以为指导医护人员早期识别CHD的高风险患者提供证据支持,并尽早对患者进行治疗或预防,对降低CHD的患病率及死亡率也具有重要的意义。

本研究的局限性在于其为回顾性研究设计,由于回顾性研究的固有局限性,我们无法确定因果关系的存在。本研究CHD发病风险预测模型的研究样本为住院人群,缺乏纳入人群的详细药物治疗史和生活方式信息,如降压、降糖、抗生素、饮食和体育活动等,这可能会导致一些混杂偏移,且人群多样性不足,可能会导致本研究所建立的模型应用至一般人群时效果欠佳。因此,结果对其他人群的推广可能存在一些限制,并且可能存在信息偏倚导致系统性偏差。本模型虽然通过了同一地区不同医院的外部验证,但目前仍缺乏其他地区的外部验证结果证明模型的预测能力。因此,为了更好地推广研究结果和增加证据的可靠性,可采用前瞻性研究设计,增大样本量、联合多中心进行研究,以进一步提升研究的可靠性和泛化能力。

5. 结论

本研究构建的基于TyG指数联合性别、年龄、纤维蛋白原、服用阿司匹林史对CHD的发生具有良好的预测性能,对CHD患者的早期识别及预防具有重要的临床意义。TyG指数可用于临床实践和预测模型,作为预测和预防冠心病的高价值指标,但需要进一步的研究来验证我们的发现。

基金项目

本项目受泰安市科技创新发展项目资助(2020NS171, 2023NS183)。

参考文献

- [1] Wu, Z., Cui, H., Li, W., Zhang, Y., Liu, L., Liu, Z., *et al.* (2022) Comparison of Three Non-Insulin-Based Insulin Resistance Indexes in Predicting the Presence and Severity of Coronary Artery Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article 918359. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.918359>
- [2] Wu, Z., Zhou, D., Liu, Y., Li, Z., Wang, J., Han, Z., *et al.* (2021) Association of TyG Index and TG/HDL-C Ratio with Arterial Stiffness Progression in a Non-Normotensive Population. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 134. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01330-6>
- [3] Simental-Mendía, L.E., Rodríguez-Morán, M. and Guerrero-Romero, F. (2008) The Product of Fasting Glucose and Triglycerides as Surrogate for Identifying Insulin Resistance in Apparently Healthy Subjects. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, **6**, 299-304. <https://doi.org/10.1089/met.2008.0034>
- [4] Cui, C., Liu, L., Zhang, T., Fang, L., Mo, Z., Qi, Y., *et al.* (2023) Triglyceride-Glucose Index, Renal Function and Cardiovascular Disease: A National Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 325. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-02055-4>
- [5] Mirjalili, S.R., Soltani, S., Heidari Meybodi, Z., Marques-Vidal, P., Kraemer, A. and Sarebanhassanabadi, M. (2023) An Innovative Model for Predicting Coronary Heart Disease Using Triglyceride-Glucose Index: A Machine Learning-Based Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 200. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01939-9>
- [6] 《中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版)》补充说明[J]. 中国循环杂志, 2017(1): 53.
- [7] Sofogianni, A., Stalikas, N., Antza, C. and Tziomalos, K. (2022) Cardiovascular Risk Prediction Models and Scores in the Era of Personalized Medicine. *Journal of Personalized Medicine*, **12**, Article 1180. <https://doi.org/10.3390/jpm12071180>
- [8] Studziński, K., Tomasiak, T., Krzysztoń, J., Józwiak, J. and Windak, A. (2019) Effect of Using Cardiovascular Risk Scoring in Routine Risk Assessment in Primary Prevention of Cardiovascular Disease: An Overview of Systematic Reviews. *BMC Cardiovascular Disorders*, **19**, Article No. 11. <https://doi.org/10.1186/s12872-018-0990-2>
- [9] Karmali, K.N., Persell, S.D., Perel, P., Lloyd-Jones, D.M., Berendsen, M.A. and Huffman, M.D. (2017) Risk Scoring for the Primary Prevention of Cardiovascular Disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 3, CD006887. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006887.pub4>
- [10] Adeva-Andany, M.M., Martínez-Rodríguez, J., González-Lucán, M., Fernández-Fernández, C. and Castro-Quintela, E. (2019) Insulin Resistance Is a Cardiovascular Risk Factor in Humans. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, **13**, 1449-1455. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.02.023>
- [11] 陈玲玲, 李波. 甘油三酯葡萄糖指数与冠心病患者经皮冠状动脉介入术后发生支架内再狭窄的关联性研究[J]. 中国临床新医学, 2022, 15(7): 631-635.
- [12] Liu, X., Tan, Z., Huang, Y., Zhao, H., Liu, M., Yu, P., *et al.* (2022) Relationship between the Triglyceride-Glucose Index and Risk of Cardiovascular Diseases and Mortality in the General Population: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 124. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01546-0>
- [13] Tao, L., Xu, J., Wang, T., Hua, F. and Li, J. (2022) Triglyceride-Glucose Index as a Marker in Cardiovascular Diseases: Landscape and Limitations. *Cardiovascular Diabetology*, **21**, Article No. 68. <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01511-x>
- [14] Wang, A., Tian, X., Zuo, Y., Chen, S., Meng, X., Wu, S. and Wang, Y. (2021) Change in Triglyceride-Glucose Index Predicts the Risk of Cardiovascular Disease in the General Population: A Prospective Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **20**, Article No. 113.
- [15] Won, K., Kim, Y.S., Lee, B.K., Heo, R., Han, D., Lee, J.H., *et al.* (2018) The Relationship of Insulin Resistance Estimated by Triglyceride Glucose Index and Coronary Plaque Characteristics. *Medicine*, **97**, e10726. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000010726>
- [16] 陈卓, 依布拉音, 高颖, 等. SCI、TyG、AIP 对冠状动脉粥样硬化性心脏病患病风险的预测模型建立和验证[J]. 联勤军事医学, 2023, 37(11): 924-930.