

• 论著-临床研究 •
冠心病

TyG 指数联合血管功能指标对冠状动脉狭窄程度的预测价值*

孙梓宜¹ 王子涵¹ 陈颖¹ 黄力² 鹿小燕² 于滨洋¹ 李春岩²

[摘要] 目的:探讨甘油三酯葡萄糖乘积指数(TyG 指数)、联合肱动脉血流介导的血管舒张(FMD)、踝肱指数(ABI)、臂踝脉搏波传导速度(baPWV)这3种血管功能相关指标对冠心病患者冠状动脉(冠脉)狭窄程度的预测价值。方法:回顾性纳入确诊为冠心病的患者200例,根据Gensini评分将患者分为低狭窄组(97例)和高狭窄组(103例),通过检测TyG指数、FMD、ABI、baPWV等指标,分析其与冠脉狭窄程度的相关性。构建logistic回归模型并绘制指标联合接受者操作特性(ROC)曲线,评估TyG指数与3种血管功能指标对冠脉狭窄程度的预测能力。结果:冠心病人群中,冠脉高狭窄患者吸烟史、TyG指数、FMD、ABI、baPWV、超敏C反应蛋白水平与冠脉低狭窄患者存在明显差异。Logistic多因素回归分析显示,吸烟、TyG指数、baPWV是冠脉狭窄的独立危险因素。以TyG指数和baPWV的联合系数绘制的ROC曲线下面积为0.705,可以较好预测冠心病患者冠脉狭窄程度。结论:TyG指数是冠脉狭窄程度的独立危险因素。TyG指数联合baPWV可较好地预测冠心病患者的冠脉狭窄程度。

[关键词] 冠心病;冠状动脉狭窄程度;甘油三酯葡萄糖乘积指数;血管功能

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2022.01.004

[中图分类号] R541.4 **[文献标志码]** A

The value of TyG index combined with vascular function indexes in predicting the degree of coronary artery stenosis

SUN Ziyi¹ WANG Zihan¹ CHEN Ying¹ HUANG Li² LU Xiaoyan²
YU Binyang¹ LI Chunyan²

(¹Beijing University of Chinese Medicine, Beijing, 100029, China; ²Department of Cardiology, Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, China-Japan Friendship Hospital)

Corresponding author: LI Chunyan, E-mail: lcyzryhyy@sina.com

Abstract Objective: To investigate the value of triglyceride glucose product index(TyG index), combined brachial artery flow-mediated vasodilation(FMD), ankle-brachial index(ABI) and brachial-ankle pulse wave velocity(baPWV) in predicting the degree of coronary artery stenosis in patients with coronary atherosclerotic heart disease. **Methods:** The 200 patients with coronary atherosclerotic heart disease were retrospectively enrolled. According to Gensini score, the patients were divided into low stenosis group and high stenosis group. The correlation between TyG index, FMD, ABI, baPWV and the degree of coronary artery stenosis was analyzed. The logistic regression model was constructed and the receiver operating characteristic(ROC) curve was drawn to evaluate the ability of TyG index and three vascular function related indexes in predicting the degree of coronary artery stenosis. **Results:** Among patients with coronary heart disease, the history of smoking, TyG index, FMD, ABI, baPWV, Hs-CRP were significantly increased in high coronary artery stenosis group than those in low coronary artery stenosis group. Logistic multivariate regression analysis showed that smoking, TyG index and baPWV were independent risk factors. The area under the ROC curve drawn by the combined coefficient of TyG index and baPWV was 0.705. **Conclusion:** TyG index is an independently risk factor in judging the degree of coronary artery stenosis of coronary heart disease. TyG index and baPWV can better predict the degree of coronary artery stenosis.

Key words coronary atherosclerotic heart disease; degree of coronary artery stenosis; TyG index; vascular function

*基金项目:首都卫生发展科研专项项目(No:2018-1-4171)

¹北京中医药大学(北京,100029)

²中日友好医院中西医结合心脏科

通信作者:李春岩, E-mail: lcyzryhyy@sina.com

随着我国过去几十年社会经济的发展与居民生活方式的变化,目前我国心血管病的发病率持续增高。心血管病死亡占城乡居民总死亡原因的首位^[1]。冠心病作为一种常见的心血管系统疾病,是造成我国居民死亡的主要原因之一。冠状动脉(冠脉)造影检查作为诊断冠心病的金标准,因其专业性强、操作方法复杂、检查费用昂贵等原因在我国基层医院普及率较低。因此,如何能够通过更为简便、更易获得的方式识别出合并更严重冠脉情况的冠心病患者,将为广大基层医疗工作者及非心内科专业的临床医生提供新的思路。

近年来,一种新型的评价胰岛素抵抗(insulin-resistance, IR)的指标甘油三酯葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)乘积指数被提出,其计算公式为 $\text{Ln}[\text{血清甘油三酯}(\text{mmol/L}) \times \text{空腹血糖}(\text{mmol/L})/2]$ 。相较于诊断 IR 的金标准“高胰岛素-正葡萄糖钳夹试验”,具有计算方法简单、成本低等优势,更易为临床所推广,且因其结合了两种冠心病的传统危险因素,目前已有较多学者对 TyG 指数与冠心病在内的多种心血管疾病的关系进行了研究。研究发现, TyG 指数与动脉粥样硬化、冠脉狭窄程度及急性冠脉综合征(ACS)患者 PCI 术后的心血管预后均存在相关性^[2-5]。同时血管功能障碍,如内皮功能障碍和动脉僵硬增加,与动脉粥样硬化的发展和维持密切相关。无创血管功能测试,如肱动脉血流介导的血管舒张指数(flow-mediated dilation, FMD)、臂踝脉搏波速度(Brachial ankle Pulse Wave Velocity, baPWV)、踝臂指数(ABI)在评估冠脉粥样硬化的严重程度也有较多的临床证据^[6-8]。因此本研究借助 Gensini 评分对冠脉狭窄程度进行判定,旨在探讨 TyG 指数联合 3 种血管功能指标与冠心病患者冠脉狭窄程度的关系,通过分析其对于冠脉狭窄程度的预测能力,以期评估冠心病患者冠脉病变提供临床依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选取 2019 年 1 月—2020 年 1 月就诊于中日友好医院中西医结合心脏科行冠脉造影检查确诊为冠心病的人群。排除存在冠脉造影禁忌证、不能配合血管功能检查、合并急性感染、重度心律失常、重度肝肾功能异常、妊娠或哺乳期、重度血液系统及内分泌系统等疾病的患者。依据 Gensini 评分的中位数划分为低狭窄组与高狭窄组。本研究是根据《赫尔辛基宣言》进行的,由于这项研究没有收集关于患者隐私和可识别特征的信息,无需签署知情同意。

1.2 诊断标准

冠心病诊断标准参照国际心脏病学会及世界卫生组织发布的《缺血性心脏病的命名及诊断标

准》^[9],冠脉造影显示至少 1 支冠脉狭窄 $\geq 50\%$ 时,诊断为冠心病。

1.3 方法

1.3.1 基本信息 参照患者住院电子病历数据,收集患者一般情况信息,包括人口学资料(性别、年龄、身高、体重、吸烟史),既往病史(高血压、心力衰竭、心律失常、糖尿病)及冠脉病变情况。

1.3.2 检验检查 所有患者入院后第 2 日清晨空腹留取静脉血标本,于中日友好医院检验科检测空腹血糖(FBG)、碱性磷酸酶(ALP)、超敏 C 反应蛋白(Hs-CRP)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)等。

1.3.3 冠脉造影检查 由同一团队熟练的心内科专科医师对患者行冠脉造影术。

1.3.4 Gensini 积分 参照患者冠脉造影检查结果,记录不同血管的病变情况,根据《Gensini 分数计算指南》^[10]计算最终的 Gensini 积分。将患者分为低狭窄组与高狭窄组。

1.3.5 肢体动脉检查 采用日本 OMRON 公司生产的动脉硬化检测仪进行检测。患者均在冠脉造影术前、空腹 8~12 h 后,于晨起 08:00~10:00 进行检查,当日停用所有扩血管药物。在安静独立病房中,取仰卧位,充分暴露四肢,压力袖带缚于双上臂肱动脉及双下肢踝部,仪器自动分析记录肱动脉和胫前动脉的脉搏波形及双侧上、下肢血压,汇报 baPWV 和 ABI。

1.3.6 血管内皮功能检查 采用日本 UNEX 公司生产的血管内皮功能检测仪进行检测。患者均在冠脉造影术前、空腹 8~12 h 后,于晨起 08:00~10:00 检查,当日停用所有扩血管药物。处在安静独立病房中取仰卧位,保持休息 5min 后开始操作。在肢体导联心电监测下,取右上臂肱动脉,加压袖带置于肘横纹上 5 cm 处,以超声探查肱动脉位置并固定探头后,加压阻断血流,记录袖带加压至放气过程中肱动脉多普勒血流信号图像,以此测定 FMD。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 21.0 及 medcalc 19.6.1 软件分析。正态分布的计量资料表示为 $\bar{X} \pm S$,非正态分布以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,计数资料以例(%)表示。正态分布的数据采用独立样本 t 检验,非正态分布的数据使用秩和检验(Kruskal-Wallis),计数资料以 χ^2 检验比较。首先根据患者人群 Gensini 积分中位数,将其划分为低狭窄组及高狭窄组,并以狭窄程度为因变量,观察其临床资料是否存在统计学差异,进一步采用多因素 logistic 回归分析,确定 TyG 指数、baPWV、ABI、FMD 等指标与冠脉狭窄程度的相关性,并构建联合方程,绘制单个和多个指标联合的 ROC 曲线,报告曲线下面积(AUC),

以此评价 TyG 指数及血管功能等指标对冠脉狭窄程度的预测价值。

2 结果

2.1 基本临床资料

以 Gensini 积分的中位数 Gensini=26 为分界点,划分 Gensini 积分 ≥ 26 的高狭窄组和 Gensini 积分 < 26 的低狭窄组。如表 1 所示,高狭窄组患者与低狭窄组患者相比,整体年龄、BMI 无差别,合并高血压、心律失常、心力衰竭未见明显差异,ALP、LDL-C 均未见明显差异。高狭窄组患者中男性比例相对更高($P=0.046$)、吸烟人群更多($P=0.001$)、Gensini 积分更高($P<0.001$)。

表 1 基本临床资料
 Table 1 Basic clinical data

指标	$X \pm S, M(P_{25}, P_{75})$		
	低狭窄组(97 例)	高狭窄组(103 例)	P 值
男/例(%)	63(64.9)	80(77.7)	0.046
年龄/岁	63.4 \pm 10.7	61.5 \pm 12.7	0.241
BMI/(kg·m ⁻²)	25.76 \pm 3.49	25.90 \pm 3.90	0.782
吸烟史/例(%)	36(37.1)	62(60.2)	0.001
高血压/例(%)	67(69.1)	77(74.8)	0.371
心力衰竭/例(%)	6(6.2)	15(14.6)	0.053
心律失常/例(%)	6(6.2)	4(3.9)	0.455
糖尿病/例(%)	40(41.2)	43(41.7)	0.942
ALP/(mmol·L ⁻¹)	65.57 \pm 18.72	68.32 \pm 25.64	0.389
TyG/(mmol·L ⁻¹)	3.79(2.65,5.44)	4.80(3.60,6.90)	<0.001
FMD/%	9.21 \pm 2.28	8.32 \pm 1.90	0.003
ABI	1.05 \pm 0.10	1.00 \pm 0.13	0.015
BaPWV/(m·s ⁻¹)	18.46 \pm 3.93	20.28 \pm 4.35	0.002
Hs-CRP/(mg·L ⁻¹)	1.03(0.55,2.75)	2.54(0.81,5.73)	0.014
LDL-C/(mmol·L ⁻¹)	2.48 \pm 0.71	2.35 \pm 0.75	0.205
Gensini 评分/分	10(5.5,18)	62(41,89)	<0.001

2.2 多因素 logistic 回归

在以“冠脉狭窄程度”为因变量的单因素差异性分析中,如表 1 所示,相对于低狭窄组的患者,高狭窄组患者中吸烟群体更多、TyG 指数、baPWV、Hs-CRP 更高、FMD、ABI 明显较低($P=0.001$, $P<0.001$, $P=0.002$, $P=0.014$, $P=0.003$, $P=0.015$),差异均具有统计学意义。进一步以 Gensini 评分表示冠脉狭窄程度,将以上差异具有统计学意义的观察指标作为自变量纳入多因素 logistic 回归模型(表 2),结果显示:在校正其余混杂因素后,仅 TyG 指数($P=0.003$)、baPWV($P=0.001$)、吸烟史($P=0.001$)与冠脉狭窄程度独立相关。而 FMD、ABI、Hs-CRP 被排除在模型之外。以上结果证明,在本研究的冠心病患者中, TyG 指数、FMD、ABI、baPWV、Hs-CRP 等临床检验结果均与冠脉狭窄程度存在一定相关性,但 TyG 指数、baPWV 可以更准确地预测冠脉狭窄程度。并以此建

立新的联合方程,公式为:联合预测系数 = $-2.19 + 0.28 \times \text{TyG 指数} + 0.178 \times \text{baPWV}$,因吸烟史为二分类变量,故未被纳入联合方程中。

2.3 TyG 指数与 baPWV 对于冠脉狭窄程度的预测价值

为进一步评价联合指标对于冠脉狭窄状态的预测能力,根据前文展示的 logistic 回归联合方程,以冠脉高狭窄状态为阳性诊断结果,使用 TyG 指数与 baPWV 及联合系数共同绘制 ROC 曲线并汇报各曲线 AUC,以此验证回归模型。结果如图 1 所示。联合系数的曲线下面积最大(AUC = 0.705, 95%CI 0.634~0.776),此后依次为 TyG 指数(AUC=0.657, 95%CI 0.582~0.732)、baPWV(AUC=0.630, 95%CI 0.553~0.708),证明模型拟合能力好,效能尚佳。

表 2 狭窄程度为因变量的多因素 logistic 回归

Table 2 Multivariate logistic regression with the "degree of stenosis" as the dependent variable

项目	$X \pm S$			
	β	OR	95%CI	P 值
截距	-2.19			
TyG 指数	0.28	1.32	1.10~1.60	0.003
baPWV	0.178	1.20	1.08~1.32	0.001
吸烟史	1.42	4.13	1.78~9.60	0.001

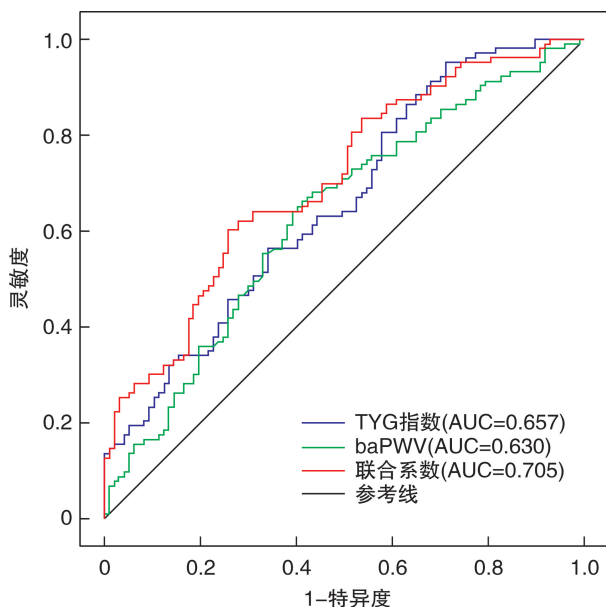


图 1 对于冠脉“高狭窄”状态的诊断预测 ROC 曲线图
 Figure 1 The ROC curve for the diagnosis and prediction of the "high stenosis" state of the coronary arteries

3 讨论

冠脉粥样硬化的早期诊断是至关重要的,特别是在斑块破裂之前,因为斑块破裂会导致急性的心

肌梗死或心源性猝死。China PEACE 的前瞻性队列研究显示,2.5%的急性心肌梗死患者在出院后1年内心肌梗死复发,其中出院后1个月内复发率为35.7%。急性心肌梗死患者的1年病死率为28%,而复发心肌梗死患者的病死率高达32.1%^[11]。相对创伤小、不良反应少、价格更为低廉的预测方式将使患者获益。已有研究表明FMD、BaPWV、ABI以及TyG指数均与冠脉狭窄程度具有一定相关性^[4,7-8],但将TyG指数与3种血管功能指标联合对冠脉狭窄程度判定的相关研究尚未见报道。基于此,本研究将以上指标进行联合,探讨其对于冠脉狭窄程度的预测价值。

本研究的结果表明,高狭窄组患者中吸烟比例、TyG指数、baPWV、Hs-CRP均高于低狭窄组,FMD、ABI明显低于低狭窄组。这与先前报道的结果相一致^[12-14],表明糖类及脂质代谢紊乱、炎症、血管内皮损伤等因素在动脉粥样硬化进程中具有重要作用。但在进一步的多因素回归分析中,FMD、ABI、Hs-CRP被排除在外,baPWV、TyG指数、吸烟可作为合并更差冠脉情况患者的独立危险因素。baPWV是通过肱动脉和胫动脉波形分析来测量全身动脉硬度的唯一指标。研究表明baPWV是心血管疾病发病的独立预测因子,每增加1 m/s就会使心血管事件的风险增加12%。一般认为BaPWV>18 m/s会显著增加发生心血管事件的风险^[15]。Kim等^[7]应用Gensini评分对501例冠心病患者的冠脉病变严重程度进行评估,并测量baPWV,发现Gensini评分与baPWV呈显著正相关($P=0.0337$),且得出结论baPWV>17 m/s可作为判断冠心病是否存在和严重程度的一个临界值,提示baPWV是预测冠心病存在和严重程度的可靠指标。这也与本研究结果相一致。

TyG指数最早是作为评价IR的指标被提出,因IR可损害一氧化氮(NO)介导的血管舒张功能,并通过巨噬细胞的积累加速动脉粥样硬化,同时还可以通过促进巨噬细胞、内皮细胞和血管平滑肌细胞的凋亡从而促进斑块的形成和进展^[16-17]。目前已有学者对于其与冠心病之间的关系进行了研究。Mao等^[4]的一项纳入438例非ST段抬高型心肌梗死患者的研究表明,TyG指数是反映冠脉病变血管数量和冠脉狭窄严重程度的SYNTAX评分的独立预测因子,SYNTAX评分随着TyG指数水平的升高而升高。廖丽萍等^[13]的研究也发现,TyG指数与中青年冠心病患者的冠脉Gensini评分呈正相关,是中青年冠心病的独立危险因素,对于中青年冠心病患者的冠脉狭窄程度具有一定的预测价值。在合并2型糖尿病的冠心病患者中也观察到,随着TyG指数的升高,患者的Gensini评分也随之增加^[18]。这均与本研究的结果具有一致性。

吸烟是促进冠脉粥样硬化发展的重要环境危险因素,吸入的烟雾化合物和产生的活性氧(ROS)

会对内皮细胞产生的直接物理损伤,导致内皮细胞凋亡或坏死,内皮细胞的破坏又会加重动脉硬化情况^[19]。吸烟导致baPWV升高已被证实^[20]。吸烟还会增加体内TC、TG和LDL含量,同时降低保护心脏的高密度脂蛋白(HDL)水平^[21]。其中引起TG升高的原因可能是由于吸烟所导致的脂蛋白脂酶活性降低、3-羟基-3-甲基戊二酰辅酶a还原酶活性、葡萄糖-6-磷酸酶脱氢酶活性升高所引起的游离脂肪酸释放增加所导致的^[22]。吸烟同样与发生IR与2型糖尿病密切相关^[23]。Bryan等^[24]的研究发现,吸烟者的胰岛素敏感性低于非吸烟者,这种降低可以在戒烟1~2周被逆转,进一步的研究发现胰岛素的敏感性可伴随IRS-1(ser636)磷酸化的正常化而得到改善,而阻断mTOR可防止IRS-1(ser636)的磷酸化从而改善IR。结合本研究结果,得出结论,冠脉血管条件更差的群体中往往吸烟者更多,也意味着动脉硬化情况更为严重,因此此类群体baPWV相对更高,同样吸烟所导致的TG升高与IR也部分解释了该群体TyG指数的升高。这提示,拥有吸烟史伴有baPWV与TyG升高的患者往往冠脉狭窄程度更重,也更应引起临床医生的注意。

但同时本研究中部分冠脉严重狭窄的患者TyG指数及baPWV并未显著升高,部分低狭窄组患者以上两种指标却升高明显。推测原因可能是因为此类冠脉严重狭窄的患者病情更重,既往多接受过系统的治疗,往往血脂、血糖控制的更为严格。而低狭窄组的患者多合并有糖尿病、高血压史,且因为冠脉狭窄程度较轻,因此大多数患者既往并无降脂药物的应用史,TG及FBG水平可能控制欠佳。因TyG指数与TG和FBG直接相关,且合并高血压、糖尿病、代谢综合征、慢性肾脏病等疾病均会导致baPWV升高^[25]。虽然baPWV与血脂的相关性不如血压与血糖的相关性明显,但Wang等^[26]的研究表明TG水平与baPWV独立相关。因此在将baPWV与TyG指数联合用于判断冠心病患者冠脉狭窄程度时,要充分考虑患者既往是否有降TG药物应用史、近期空腹血糖控制水平以及是否合并高血压、糖尿病以及其他对两者有影响的相关因素。因上述因素均可能影响baPWV与TyG指数对于冠脉狭窄程度的判读。

本研究也存在一定的局限性,首先研究采用单中心的回顾性研究,临床数据的收集可能存在偏倚。其次对冠脉病变情况的评估主要采用Gensini评分,该评分系统相较于SYNTAX评分不能充分反映冠脉的严重程度、分支病变及钙化病变等特征,存在一定的局限性。未来需要在充分考虑到可能影响到baPWV与TyG指数的诸多因素的基础上进行大型的多中心的前瞻性研究来进一步证明两者在冠脉狭窄程度预测中的潜在临床应用价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(6):521-545.
- [2] Wu S, Xu L, Wu M, et al. Association between triglyceride-glucose index and risk of arterial stiffness: a cohort study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1):146.
- [3] Guo W, Zhu W, Wu J, et al. Triglyceride glucose index is associated with arterial stiffness and 10-year cardiovascular disease risk in a Chinese population[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8:585776.
- [4] Mao Q, Zhou D, Li Y, et al. The Triglyceride-glucose index predicts coronary artery disease severity and cardiovascular outcomes in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. *Dis Markers*, 2019, 2019:6891537.
- [5] Luo E, Wang D, Yan G, et al. High triglyceride-glucose index is associated with poor prognosis in patients with acute ST-elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2019, 18(1):150.
- [6] Maruhashi T, Soga J, Fujimura N, et al. Endothelial dysfunction, increased arterial stiffness, and cardiovascular risk prediction in patients with coronary artery disease: FMD-J (Flow-Mediated Dilation Japan) Study A[J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7(14):111.
- [7] Kim JH, Rhee MY, Kim YS, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity for the prediction of the presence and severity of coronary artery disease[J]. *Clin Exp Hypertens*, 2014, 36(6):404-409.
- [8] Kumar A, Bano S, Bhurgri U, et al. Peripheral artery disease as a predictor of coronary artery disease in patients undergoing coronary angiography[J]. *Cureus*, 2021, 13(5):e15094.
- [9] Nomenclature and criteria for diagnosis of ischemic heart disease. Report of the Joint International Society and Federation of Cardiology/World Health Organization task force on standardization of clinical nomenclature[J]. *Circulation*, 1979, 59(3):607-609.
- [10] Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, et al. A guide for Gensini Score calculation[J]. *Atherosclerosis*, 2019, 287:181-183.
- [11] Xu H, Yang Y, Wang C, et al. Association of hospital-level differences in care with outcomes among patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction in China [J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(10):e2021677.
- [12] 廖丽萍, 周跟东, 张晓红, 等. 甘油三酯葡萄糖乘积指数对中青年人群冠心病及冠状动脉狭窄程度的预测价值[J]. *中国心血管病研究*, 2021, 19(5):440-444.
- [13] 叶红, 纪勤炯, 张凌, 等. 老年急性冠脉综合征患者血清淀粉样蛋白 A 和超敏 C 反应蛋白水平与冠状动脉病变程度的关系[J]. *中国临床保健杂志*, 2021, 24(1):70-73.
- [14] 张梦玮, 王宇, 段洋, 等. TyG 指数及 TyG 指数联合 Grace 评分对急性心肌梗死患者预后的预测价值[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(2):113-117.
- [15] Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Terentes-Printzios D, et al. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with brachial-ankle elasticity index: a systematic review and meta-analysis[J]. *Hypertension*, 2012, 60(2):556-562.
- [16] Hari Kumar KVS. The good, the bad, and the ugly facets of insulin resistance[J]. *Med J Armed Forces India*, 2020, 76(1):4-7.
- [17] Reardon CA, Lingaraju A, Schoenfelt KQ, et al. Obesity and insulin resistance promote atherosclerosis through an IFN γ -regulated macrophage protein network[J]. *Cell Rep*, 2018, 23(10):3021-3030.
- [18] Jin JL, Sun D, Cao YX, et al. Triglyceride glucose and haemoglobin glycation index for predicting outcomes in diabetes patients with new-onset, stable coronary artery disease: a nested case-control study [J]. *Ann Med*, 2018, 50(7):576-586.
- [19] Messner B, Bernhard D. Smoking and cardiovascular disease: mechanisms of endothelial dysfunction and early atherogenesis[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2014, 34(3):509-515.
- [20] Inomoto A, Deguchi J, Fukuda R, et al. Cohabiting with smokers is an independent factor for worsening arterial stiffness even in smoking workers [J]. *J UOEH*, 2020, 42(3):251-259.
- [21] Athyros VG, Katsiki N, Doumas M, et al. Effect of tobacco smoking and smoking cessation on plasma lipoproteins and associated major cardiovascular risk factors: a narrative review[J]. *Curr Med Res Opin*, 2013, 29(10):1263-1274.
- [22] Katsiki N, Kolovou G. Smoking and arterial stiffness [J]. *Angiology*, 2015, 66(10):969-970.
- [23] Ohkuma T, Iwase M, Fujii H, et al. Dose- and time-dependent association of smoking and its cessation with glycemic control and insulin resistance in male patients with type 2 diabetes mellitus: the Fukuoka Diabetes Registry[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3):e0122023.
- [24] Bergman BC, Perreault L, Hunerdosse D, et al. Novel and reversible mechanisms of smoking-induced insulin resistance in humans [J]. *Diabetes*, 2012, 61(12):3156-3166.
- [25] Munakata M. Brachial-ankle pulse wave velocity in the measurement of arterial stiffness: recent evidence and clinical applications[J]. *Curr Hypertens Rev*, 2014, 10(1):49-57.
- [26] Wang L, Zhi F, Gao B, et al. Association between lipid profiles and arterial stiffness: A secondary analysis based on a cross-sectional study[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(7):300060520938188.

(收稿日期:2021-09-14)