

颈动脉超声参数联合甘油三酯-葡萄糖指数预测早发冠心病患者冠状动脉狭窄程度的临床价值

樊晓慧¹, 陈琳², 马静怡², 张硕², 宋妍², 吴承凯², 纪淑姣¹

摘要 目的 探讨颈动脉内膜厚度(CIT)、硬度指数(HC)联合甘油三酯-葡萄糖指数(TyG)预测早发冠心病(PCAD)患者冠状动脉狭窄程度的临床价值。方法 选取于我院行冠状动脉造影检查的PCAD患者79例,根据Gensini评分结果分为高分组(≥ 37 分)40例和低分组(< 37 分)39例;另选同期性别、年龄、体质指数与之匹配的健康志愿者39例为对照组。应用超高频超声测量CIT、颈动脉中膜厚度(CMT)和颈动脉内-中膜厚度(CIMT),计算CIT/CMT;全息血管硬度分析技术测量颈动脉血管收缩期管径(Diam)、血管壁位移(Dist)、脉搏波传导速度(PWV)和HC。比较各组颈动脉超声参数及TyG的差异;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估CIT、HC、TyG单独及联合应用预测PCAD患者冠状动脉狭窄程度的诊断效能。结果 高分组和低分组CIT、CIMT、CIT/CMT、PWV、HC、TyG均较对照组增大,Dist较对照组减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);高分组CIT、CIMT、CIT/CMT、PWV、HC、TyG均较低分组增大,Dist较低分组减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。各组CMT、Diam比较差异均无统计学意义。ROC曲线分析显示,CIT、HC、TyG单独及联合应用预测PCAD患者冠状动脉狭窄程度的曲线下面积分别为0.726、0.771、0.649及0.834,其中联合应用的曲线下面积最高,对应的灵敏度、特异度分别为80.0%、76.9%。结论 CIT、HC联合TyG在预测PCAD患者冠状动脉狭窄程度方面具有良好的诊断效能,有一定的临床价值。

关键词 超声检查;全息血管硬度分析;内膜厚度,颈动脉;硬度指数;甘油三酯-葡萄糖指数;早发冠心病
[中图分类号]R445.1;R541.4 [文献标识码]A

Clinical value of carotid ultrasound parameters combined with triglyceride-glucose index in predicting the coronary artery stenosis severity in patients with premature coronary artery disease

FAN Xiaohui¹, CHEN Lin², MA Jingyi², ZHANG Shuo², SONG Yan², WU Chengkai², JI Shujiao¹

1.Department of Ultrasound, Henan Provincial Chest Hospital, Zhengzhou 450003, China. 2.Department of Ultrasound, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450003, China

ABSTRACT Objective To explore the clinical value of carotid intima thickness (CIT), hardness coefficient (HC), combined with triglyceride-glucose index (TyG) in predicting the coronary artery stenosis severity in patients with premature coronary artery disease (PCAD). **Methods** Seventy-nine patients with PCAD who underwent coronary angiography in our hospital were selected, according to the results of the Gensini score, and were categorized into a high score group (≥ 37 points, $n=40$) and a low score group (< 37 points, $n=39$). Thirty-nine healthy volunteers matched for gender, age, and body mass index during the same period were selected as the control group. CIT, carotid media thickness (CMT), and carotid intima-media thickness (CIMT) were measured by ultra-high frequency ultrasound, and CIT/CMT was calculated. The carotid diameter (Diam), distance (Dist), pulse wave velocity (PWV) and HC were measured by RF-data based quantitative analysis on vessel

基金项目:国家自然科学基金项目(82371980);2024年度河南省医学科技攻关计划省部共建重点项目(SBGJ202402011);2023年度河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20230017);2022年度河南省青年人才托举工程项目(2022HPTY010);河南省科技厅自然科学基金项目(222300420356)

作者单位:1.河南省胸科医院超声科,河南 郑州 450003;2.河南省人民医院超声科,河南 郑州 450003

通讯作者:纪淑姣, Email: shujiaoji@126.com

stiffness. The differences in carotid ultrasound parameters and TyG among the three groups were compared. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of CIT, HC, TyG individually and in combination for predicting the coronary artery stenosis severity in patients with PCAD. **Results** Compared with the control group, the CIT, CIMI, CIT/CMT, PWV, HC and TyG in both high-score group and low-score group were increased, while Dist was decreased (all $P < 0.05$), the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). The CIT, CIMI, CIT/CMT, PWV, HC and TyG in high-score group were higher than those in low-score group, while Dist was decreased, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There were no statistically significant differences in CMT and Diam among the groups. ROC curve analysis showed that the areas under the curve (AUC) of CIT, HC, TyG alone and their combination for predicting the coronary artery stenosis severity in patients with PCAD were 0.726, 0.771, 0.649, 0.834, respectively. The combined application showed the highest AUC, with corresponding sensitivity and specificity of 80.0% and 76.9%, respectively. **Conclusion** CIT, HC combined with TyG demonstrates good diagnostic efficacy in predicting the coronary artery stenosis severity in patients with PCAD, offering a certain clinical value.

KEY WORDS Ultrasonography; RF-data based quantitative analysis on vessel stiffness; Intima thickness, carotid artery; Hardness coefficient; Triglyceride-glucose index; Premature coronary artery disease

早发冠心病 (premature coronary artery disease, PCAD) 作为冠心病的一种特殊类型, 具有冠状动脉斑块易破裂、病情进展迅速、远期预后较差等特点, 严重威胁人类健康^[1]。目前, 美国胆固醇教育计划成人治疗组将 PCAD 定义为年龄 ≤ 55 岁 (男性) 或 ≤ 65 岁 (女性) 确诊的冠心病^[2]。动脉粥样硬化 (atherosclerosis, AS) 是 PCAD 的病理改变之一, 尽早识别亚临床 AS 对 PCAD 患者的风险分层及早期干预至关重要。既往临床无创评估早期 AS 的关注点多为测量颈动脉内-中膜厚度 (carotid intima-media thickness, CIMT), 但 2019 年欧洲心脏病学会已不推荐对无症状患者进行 CIMT 测量^[3]。随着超声技术的快速发展, 颈动脉内膜厚度 (carotid intima thickness, CIT) 和硬度指数 (hardness coefficient, HC) 已成为评估早期 AS 阶段颈动脉结构和功能改变的有效参数^[4-5]。此外, 甘油三酯-葡萄糖指数 (triglyceride-glucose index, TyG) 已被证实与心血管疾病的发展密切相关^[6]。本研究应用超高频超声测量 CIT, 全息血管硬度分析 (RF-data based quantitative analysis on vessel stiffness, R-VQS) 技术测量颈动脉 HC, 旨在探讨 CIT、HC 联合 TyG 预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的临床价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2023 年 10 月至 2024 年 7 月于我院接受冠状动脉造影 (coronary arteriography, CAG) 检查的 PCAD 患者 79 例, 应用中位数二分法根据 Gensini 评分^[7]结果将其分为高分组 (≥ 37 分) 40 例和低分组 (< 37 分) 39 例。高分组中男 23 例, 女 17 例, 年龄 38 ~ 60 岁, 平均

(49.45 $\pm$ 6.57) 岁; 低分组中男 23 例, 女 16 例, 年龄 39 ~ 60 岁, 平均 (49.87 $\pm$ 5.85) 岁。纳入标准: ①经我院 CAG 检查首次确诊为冠心病, 且至少有 1 支主要冠状动脉管腔狭窄程度 $> 50\%$ ^[8]; ②年龄满足男性 ≤ 55 岁, 女性 ≤ 65 岁; ③超声检查提示双侧颈动脉无 AS 斑块; ④未服用调脂类药物; ⑤入组的高血压、糖尿病患者均长期规范服药且血压、血糖控制良好; ⑥肝、肾功能正常。排除标准: ①既往行颈动脉内膜剥脱术或支架植入术; ②有脑卒中病史; ③经 CAG 检查提示有心肌桥; ④合并先天性心脏病、严重心律失常、严重瓣膜病、周围血管疾病、恶性肿瘤; ⑤有家族性高胆固醇血症、自身免疫性疾病; ⑥酗酒; ⑦体质指数 (BMI) $< 18.5 \text{ kg/m}^2$ 或 $\geq 24.0 \text{ kg/m}^2$; ⑧妊娠期女性; ⑨影像学检查图像质量差。另选取同期性别、年龄、BMI 与之匹配的健康志愿者 39 例为对照组, 男 19 例, 女 20 例, 年龄 39 ~ 60 岁, 平均 (47.59 $\pm$ 5.90) 岁。本研究经我院医学伦理委员会批准 [批准号: (2021) 伦审第 (63) 号], 所有受试者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声检查: 使用佳能 Aplio i900、迈瑞 Resona 8 彩色多普勒超声诊断仪, PLI-2004BX 探头, 频率 24 MHz; L11-3U 探头, 频率 3.8 ~ 11.8 MHz; 配备 R-VQS 技术。受试者取平卧位, 充分暴露颈部, 同步连接心电图, 应用超高频探头扫查双侧颈动脉并留存 3 个以上心动周期的静态及动态图像; 于颈动脉长轴切面清晰显示颈总动脉分叉处及其下方 3.0 cm 范围, 测量其后壁 CIT、颈动脉中膜厚度 (CMT) 及 CIMT, 计算 CIT/CMT。以上参数均于内膜最厚处采用相同放大比例及增益于心电图 R 波顶点测量。嘱受试者保持体位不变, 安静休息 15 min 后测量右上肢血压, 并将其值输入超声诊断

仪,同步连接心电图,将取样框置于右颈总动脉分叉处下方 1.5 cm 处,当图像质量稳定且标准差 <0.05 mm 时冻结图像,连续测量 6 个心动周期,应用 R-VQS 技术获得颈动脉血管收缩期管径(Diam)、血管壁位移(Dist)、脉搏波传导速度(PWV)、HC。应用相同方法检测左侧颈动脉 Diam、Dist、PWV、HC。以上操作均由 2 名经验丰富的血管亚专业超声医师完成;所有参数均计算双侧颈动脉测值的平均值纳入后续分析。见图 1,2。

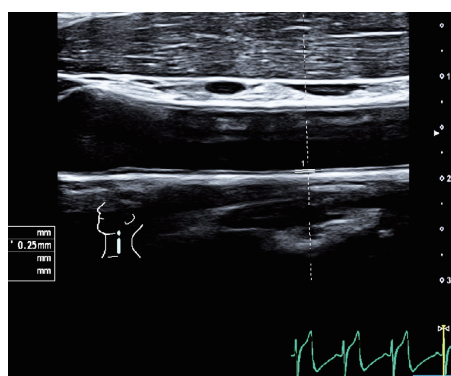


图 1 超声测量颈动脉内膜参数示意图

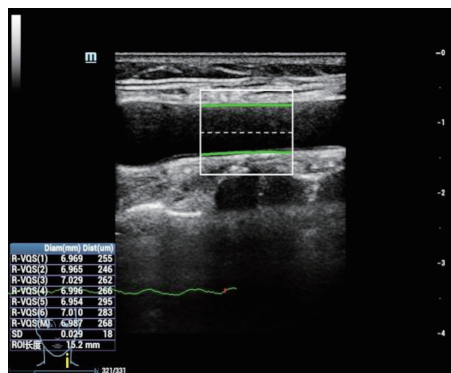


图 2 R-VQS 技术测量颈动脉弹性参数示意图

2. 临床资料收集:记录受试者年龄、性别、BMI、女性月经史、吸烟史、高血压史、糖尿病史、收缩压、舒张压,以及空腹血糖(FPG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG),计算 TyG,公式为:TyG=Ln(TG×FPG/2)^[6]。由 2 名心内科主治医师根据 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度进行 Gensini 评分^[7]。

3. 重复性检验:每组随机选取 15 例受试者,由 2 名具有 5 年以上工作经验的超声医师采用相同方法测量颈动脉超声参数,间隔 1 周后其中 1 名超声医师再次进行测量,分析其在观察者间和观察者内重复性。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件对数据进行分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用方差

分析,两组比较采用 LSD-*t* 检验或 Tamhane's *T*₂ 检验;不符合正态分布的计量资料以 *M* (IQR) 表示,多组比较采用 Kruskal-Wallis *H* 检验,两组比较采用 Bonferroni 法。计数资料以例或率表示,采用 χ^2 检验。采用双因素方差分析探讨高血压史、糖尿病史、吸烟史、绝经史及性别是否对颈动脉结构及弹性变化产生影响。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估 CIT、HC、TyG 单独及联合应用预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的诊断效能。重复性检验采用组内相关系数(ICC)进行分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组临床资料比较

各组高血压和糖尿病者占比、收缩压、舒张压、FPG、HDL-C、LDL-C、TG、TyG 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);各组年龄、性别、BMI、TC、绝经和吸烟者占比比较差异均无统计学意义。与对照组比较,低分组和高分组高血压和糖尿病者占比、收缩压、舒张压、TG、TyG 均增大,HDL-C 减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与低分组比较,高分组 LDL-C、TyG 均增大,HDL-C 减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 1。

二、各组颈动脉超声参数比较

各组 CIT、CMT、CIT/CMT、Dist、PWV、HC 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);各组 CMT、Diam 比较差异均无统计学意义。与对照组比较,高分组和低分组 CIT、CMT、CIT/CMT、PWV、HC 均增大,Dist 减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与低分组比较,高分组 CIT、CMT、CIT/CMT、PWV、HC 均增大,Dist 减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 2。

三、颈动脉超声参数的双因素方差分析

为进一步探讨高血压史、糖尿病史、吸烟史、绝经史及性别是否对颈动脉结构及弹性变化产生影响,本研究将其分别与 Gensini 分组进行双因素方差分析。结果显示,当 CIT、HC 分别为因变量时,高血压史、糖尿病史、吸烟史、绝经史及性别对因变量的响应程度均无统计学意义;而 Gensini 分组与高血压史、糖尿病史、吸烟史、绝经史及性别中任一因素进行双因素比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 3。

四、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示,CIT、HC、TyG 单独应用预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的曲线下面积(AUC)分别为 0.726、0.771、0.649, TyG 分别联合 CIT、HC 的

表 1 各组临床资料比较

组别	年龄(岁)	男/女(例)	BMI(kg/m ²)	绝经(例)	吸烟(例)	高血压(例)	糖尿病(例)	收缩压(mmHg)
对照组(39)	47.59±5.90	19/20	22.77(1.63)	7	5	0	0	120.85±10.15
低分组(39)	49.87±5.85	23/16	23.13(2.42)	7	11	20 ^a	7 ^a	128.05±8.03 ^a
高分组(40)	49.45±6.57	23/17	23.16(1.66)	10	13	23 ^a	10 ^a	131.53±9.17 ^a
<i>F</i> χ ² / <i>H</i> 值	1.538	0.360	5.134	0.496	2.508	15.998	8.085	13.925
<i>P</i> 值	0.219	0.835	0.077	0.780	0.285	<0.001	0.018	<0.001

组别	舒张压(mmHg)	FPG(mmol/L)	HDL-C(mmol/L)	LDL-C(mmol/L)	TC(mmol/L)	TG(mmol/L)	TyG
对照组(39)	78.00(10.00)	5.14±0.53	1.30±0.15	2.14±0.40	4.29(0.55)	1.13(0.65)	8.49(0.62)
低分组(39)	81.00(9.00) ^a	5.29±0.63	1.11±0.18 ^a	2.27±0.68	4.09(1.20)	1.35(0.82) ^a	8.74(0.49) ^a
高分组(40)	84.50(8.00) ^a	5.53±0.62 ^a	1.01±0.16 ^{ab}	2.53±0.52 ^{ab}	4.46(0.80)	1.58(1.06) ^a	8.86(0.64) ^{ab}
<i>F</i> χ ² / <i>H</i> 值	12.055	4.359	30.640	5.419	5.553	17.715	20.299
<i>P</i> 值	0.002	0.015	<0.001	0.006	0.062	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a*P*<0.05,与低分组比较,^b*P*<0.05。BMI:体质量指数;FPG:空腹血糖;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白胆固醇;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;TyG:甘油三酯-葡萄糖指数。1 mmHg=0.133 kPa

表 2 各组颈动脉超声参数比较

组别	CIT(×10 ⁻² mm)	CMT(×10 ⁻² mm)	CIMT(×10 ⁻² mm)	CIT/CMT	Diam(mm)	Dist(mm)	PWV(m/s)	HC
对照组(39)	26.74±3.16	38.00(4.00)	64.18±4.52	0.72±0.09	6.87(1.14)	440±56	6.09(0.83)	3.14(0.42)
低分组(39)	30.05±2.74 ^a	37.00(3.00)	67.72±4.37 ^a	0.80±0.07 ^a	7.20(0.91)	349±63 ^a	7.35(1.03) ^a	4.29(1.11) ^a
高分组(40)	33.30±4.30 ^{ab}	38.50(4.00)	71.95±6.41 ^{ab}	0.86±0.11 ^{ab}	7.57(0.72)	316±53 ^{ab}	7.98(1.01) ^{ab}	5.16(0.96) ^{ab}
<i>F</i> / <i>H</i> 值	30.980	3.227	19.791	26.703	5.416	48.969	69.908	76.864
<i>P</i> 值	<0.001	0.199	<0.001	<0.001	0.067	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a*P*<0.05;与低分组比较,^b*P*<0.05。CIT:颈动脉内膜厚度;CMT:颈动脉中膜厚度;CIMT:颈动脉内-中膜厚度;Diam:血管收缩期管径;Dist:血管壁位移;PWV:脉搏波传导速度;HC:硬度指数

表 3 颈动脉超声参数的双因素方差分析

变量	CIT			HC		
	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方
高血压史	1.238	0.268	0.011	0.002	0.965	<0.001
组别 ¹	22.568	<0.001	0.285	66.958	<0.001	0.542
糖尿病史	1.538	0.218	0.013	0.157	0.693	0.001
组别 ²	28.010	<0.001	0.331	77.678	<0.001	0.579
吸烟史	2.234	0.138	0.020	0.265	0.608	0.002
组别 ³	18.072	<0.001	0.244	59.442	<0.001	0.515
绝经史	0.329	0.568	0.003	1.213	0.273	0.011
组别 ⁴	20.842	<0.001	0.271	63.363	<0.001	0.531
性别	0.089	0.766	0.001	0.950	0.332	0.008
组别 ⁵	34.005	<0.001	0.378	89.917	<0.001	0.616

CIT:颈动脉内膜厚度;HC:硬度指数。双因素方差分析顺序:组别¹与高血压史,组别²与糖尿病史,组别³与吸烟史,组别⁴与绝经史,组别⁵与性别

AUC 分别为 0.786、0.803,三者联合应用的 AUC 为 0.834,其中三者联合应用的 AUC 最高,对应的灵敏度和特异度分别 80.0%、76.9%。见表 4 和图 3。

五、重复性检验

重复性检验显示,CIT、CMT、CIMT、Diam、Dist、PWV、HC 在观察者内及观察者间的重复性均好(均 ICC>0.75)。见表 5。

表 4 各参数单独及联合应用预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的 ROC 曲线分析

方法	AUC 及其 95% 可信区间	<i>P</i> 值	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)
TyG	0.649(0.528 ~ 0.770)	0.023	9.07	37.5	94.9
CIT	0.726(0.615 ~ 0.838)	0.001	31.50×10 ⁻² mm	62.5	79.5
HC	0.771(0.663 ~ 0.880)	<0.001	4.60	85.0	66.7
CIT 联合 TyG	0.786(0.683 ~ 0.889)	<0.001	—	72.5	76.9
HC 联合 TyG	0.803(0.709 ~ 0.898)	<0.001	—	80.0	69.2
三者联合	0.834(0.747 ~ 0.921)	<0.001	—	80.0	76.9

AUC:曲线下面积

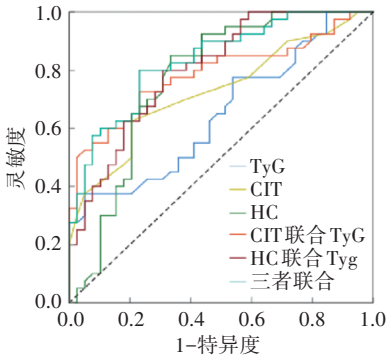


图 3 各参数单独及联合应用预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的 ROC 曲线图

表5 重复性检验

参数	观察者间		观察者内	
	ICC 及其 95% 可信区间	P 值	ICC 及其 95% 可信区间	P 值
CIT	0.948(0.895 ~ 0.975)	<0.05	0.891(0.785 ~ 0.947)	<0.05
CMT	0.932(0.863 ~ 0.967)	<0.05	0.874(0.754 ~ 0.938)	<0.05
CIMT	0.898(0.799 ~ 0.950)	<0.05	0.858(0.724 ~ 0.929)	<0.05
Diam	0.906(0.809 ~ 0.954)	<0.05	0.869(0.744 ~ 0.935)	<0.05
Dist	0.909(0.813 ~ 0.956)	<0.05	0.897(0.794 ~ 0.950)	<0.05
PWV	0.893(0.789 ~ 0.947)	<0.05	0.899(0.770 ~ 0.954)	<0.05
HC	0.883(0.771 ~ 0.942)	<0.05	0.895(0.789 ~ 0.949)	<0.05

ICC:组内相关系数

讨 论

PCAD 患者发病初期临床症状较为隐匿,且公众对该病认识不足,导致目前 PCAD 的患病率被严重低估,多数患者发现时已错过早期干预时机。此外,PCAD 患者的 AS 斑块易发生破裂,因其冠状动脉的侧支循环能力弱,部分患者在较短时间内即可进展为急性冠状动脉综合征。研究^[9]显示,35 ~ 44 岁人群中约 62% 的心源性猝死可归因于冠心病。CAG 虽是诊断 PCAD 的金标准,但其有创且具有辐射,部分患者无法承担手术风险。本研究应用超高频超声及 R-VQS 技术分别评估 PCAD 患者颈动脉结构及弹性变化,并联合实验室指标 TyG 进行综合分析,旨在探讨其预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的临床价值。

AS 作为 PCAD 的核心病理机制,其发展进程与慢性炎症反应及脂代谢紊乱密切相关。已有研究^[10]证实 PCAD 患者冠状动脉斑块的组织学特征和功能表型均与晚发冠心病存在明显异质性。因此,基于传统冠心病人群开发的生物标志物在动态监测 PCAD 患者 AS 进展中存在一定局限性。胰岛素抵抗是指胰岛素介导的葡萄糖摄取和利用效率降低,这一病理状态不仅会引发糖代谢紊乱,还会激活炎症反应和内皮功能障碍等一系列反应,在 AS 的发展过程中具有关键推动作用。目前诊断胰岛素抵抗的“金标准”是高胰岛素-正常血糖钳夹试验,但其价格昂贵、操作困难,临床难以大规模开展。近年来,多项研究^[6,11]表明 TyG 或可成为评估胰岛素抵抗的可替代指标,且其与 AS 的发展密切相关。本研究结果显示,高分组和低分组 TyG 均大于对照组,且高分组 TyG 大于低分组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),与 Liang 等^[12]研究结果一致。分析其机制可能为:胰岛素抵抗可加速血管内皮炎症反应,同时内皮功能紊乱导致一氧化氮生物利用度下降,致使发生血管舒张和收缩功能障碍。这些病理过

程共同促进 AS 的发展。

CIMT 通常被认为是无创评估亚临床 AS 的有效参数,但 CIMT 不仅包括 CIT,还包括 CMT^[13]。既往由于超声技术的限制,无法清晰显示动脉内膜和中膜层。随着超高频超声技术的普及,临床已实现对动脉内膜厚度的精确测量。既往研究^[14]证实应用 24 MHz 超高频超声探头测量的离体肠系膜动脉和髂动脉内膜厚度与体外组织学测量结果具有较高的一致性。由此推测应用超高频超声测量 CIT 可能对研究 PCAD 患者颈动脉结构变化更具临床意义。本研究结果显示,高分组和低分组 CIT 均大于对照组,且高分组 CIT 大于低分组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),但各组 CMT 比较差异无统计学意义。分析 CMT 无差异的原因为:颈动脉中膜增厚主要与高血压史、年龄相关,而与 AS 程度无关。进一步分析显示,对照组、低分组、高分组 CIT/CMT 依次增大,两两比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),提示其值随冠状动脉狭窄程度加重呈递增趋势。此外,为避免传统危险因素对 CIT 和 HC 的影响,本研究依次控制高血压史、糖尿病史、吸烟史、绝经史及性别后再次分析,结果显示 CIT、HC 比较差异仍有统计学意义(均 $P < 0.05$)。既往研究^[15]表明,冠心病患者 CIT 较健康成人增大,且 CIT 增大发生于 CIMT 增大和 AS 斑块形成之前。由此可见,AS 早期形态学改变之一可能是血管内膜增厚,CIT 或可替代 CIMT 成为评估 AS 更有价值的参数。

R-VQS 技术可动态采集连续 6 个心动周期内 Diam 和 Dist 变化,通过自动化算法同步计算 PWV 和 HC,实现了对动脉弹性功能的精准量化^[16]。目前已有学者^[17-18]证实 R-VQS 技术在评估 AS 早期颈动脉弹性中具有重要的临床价值。本研究结果显示,高分组和低分组颈动脉 PWV、HC 均大于对照组,Dist 小于对照组;进一步分析发现,高分组 PWV、HC 均大于低分组,Dist 小于低分组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。提示 PCAD 患者动脉弹性变化与 AS 进展存在密切关联,分析其机制可能与血管壁胶原/弹性蛋白比例失调引发的应力-应变关系改变密切相关^[19]。由此推测 HC 或可成为评估 PCAD 患者 AS 早期颈动脉弹性的敏感参数。

一项多中心研究^[20]表明,TyG 为预测冠状动脉狭窄程度的独立危险因素。林培鑫等^[21]研究证实动脉内膜厚度在诊断冠心病方面具有较高的临床价值,但目前关于 CIT、HC 联合 TyG 预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的研究较少。本研究 ROC 曲线分析显示,CIT、HC 单独应用预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度

均显示出较好的诊断效能(AUC 分别为 0.726、0.771), 分别联合 TyG 后, 其诊断效能进一步提高(AUC 分别为 0.786、0.803)。而 CIT、HC、TyG 三者联合应用时, 其预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度的 AUC 提高至 0.834, 且兼具较高的灵敏度和特异度(分别为 80.0%、76.9%)。由此可见, CIT、HC、TyG 在预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度方面不仅具有独立的诊断效能, 联合应用时其诊断效能更高, 这种多参数联合检测方法有望成为无创筛查并早期识别 PCAD 高危人群的新方法, 为临床开展精准风险分层、制定个体化干预策略提供重要的参考依据。此外, 本研究结果显示颈动脉超声参数在观察者内及观察者间均有较好的可重复性, 与既往研究^[22-23]结果一致, 不仅证实了超声技术评估动脉结构及弹性的可靠性, 其操作稳定性也为动态监测 AS 进展提供了一定的技术支持。

综上所述, CIT、HC 联合 TyG 在预测 PCAD 患者冠状动脉狭窄程度方面具有较高的临床价值, 可为 PCAD 患者的早期分层管理及靶向干预提供客观依据。但本研究为单中心、横断面研究, 样本量较小, 缺乏对研究对象后期的跟踪随访, 仅初步探讨了 PCAD 患者颈动脉结构及弹性变化, 今后研究中可对股动脉或其他大动脉予以探讨, 以进一步验证结论。

参考文献

- [1] Zeitouni M, Clare RM, Chiswell K, et al. Risk factor burden and long-term prognosis of patients with premature coronary artery disease[J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9(24): e017712.
- [2] Herath HMM, Weerasinghe NP, Weeraratna TP, et al. A comparison of the prevalence of the metabolic syndrome among Sri Lankan patients with type 2 diabetes mellitus using WHO, NCEP-ATP III, and IDF definitions[J]. Int J Chronic Dis, 2018, 7: 7813537.
- [3] Mach F, Baigent C, Catapano AL, et al. 2019 ESC/EAS guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk[J]. Eur Heart J, 2020, 41(1): 111-188.
- [4] Jin S, Zhang C, Zhang Y, et al. Differential value of intima thickness in ischaemic stroke due to large-artery atherosclerosis and small-vessel occlusion[J]. J Cell Mol Med, 2021, 25(19): 9427-9433.
- [5] Ejiri K, Ding N, Kim E, et al. Association of segment-specific pulse wave velocity with vascular calcification: the ARIC (atherosclerosis risk in communities) study[J]. J Am Heart Assoc, 2024, 13(2): e031778.
- [6] Wu Z, Liu L, Wang W, et al. Triglyceride-glucose index in the prediction of adverse cardiovascular events in patients with premature coronary artery disease: a retrospective cohort study[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 142.
- [7] Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, et al. A guide for Gensini score calculation[J]. Atherosclerosis, 2019, 287: 181-183.
- [8] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国慢性冠脉综合征患者诊断及治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2024, 52(6): 589-614.
- [9] Le A, Peng H, Golinsky D, et al. What causes premature coronary artery disease?[J]. Curr Atheroscler Rep, 2024, 26(6): 189-203.
- [10] Chen S, Li Z, Li H, et al. Novel lipid biomarkers and ratios as risk predictors for premature coronary artery disease: a retrospective analysis of 2952 patients[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2023, 25(12): 1172-1184.
- [11] Tao L, Xu J, Wang T, et al. Triglyceride-glucose index as a marker in cardiovascular diseases: landscape and limitations[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 68.
- [12] Liang S, Wang C, Zhang J, et al. Triglyceride-glucose index and coronary artery disease: a systematic review and Meta-analysis of risk, severity, and prognosis[J]. Cardiovasc Diabetol, 2023, 22(1): 170.
- [13] Fan J, Watanabe T. Atherosclerosis: known and unknown[J]. Pathol Int, 2022, 72(3): 151-160.
- [14] Xu M, Jin S, Li F, et al. The diagnostic value of radial and carotid intima thickness measured by high-resolution ultrasound for ischemic stroke[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2021, 34(1): 72-82.
- [15] Xu M, Zhang M, Xu J, et al. The independent and add-on values of radial intima thickness measured by ultrasound biomicroscopy for diagnosis of coronary artery disease[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2019, 20(8): 889-896.
- [16] 董强利, 卜豪英, 陈屏, 等. 全息血管硬度分析技术在首发腔隙性脑梗死及短暂性脑缺血发作患者颈总动脉僵硬评估中价值[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2023, 37(11): 1166-1170.
- [17] 郭艳艳, 袁建军, 吴铭, 等. 全息血管硬度分析技术探讨 2 型糖尿病患者一级亲属颈动脉弹性变化特点[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(12): 1039-1045.
- [18] 吴铭, 徐雪艳, 牛喻琳, 等. 全息血管硬度分析技术评价重度中心性肥胖儿童内脏脂肪分布与颈动脉弹性功能的相关性[J]. 中华超声影像学杂志, 2020, 29(8): 662-667.
- [19] Kim HL, Kim SH. Pulse wave velocity in atherosclerosis[J]. Front Cardiovasc Med, 2019, 6: 41.
- [20] Lu X, Lin X, Cai Y, et al. Association of the triglyceride-glucose index with severity of coronary stenosis and in-hospital mortality in patients with acute ST elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention: a multicentre retrospective analysis cohort study[J]. BMJ Open, 2024, 14(3): e081727.
- [21] 林培鑫, 万晓钰, 徐铭俊, 等. 高分辨率超声测量动脉内膜厚度的影响因素及其诊断冠心病的价值[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(8): 1172-1176.
- [22] 陈纪响, 郭艳艳, 袁建军, 等. 早发型 2 型糖尿病患者子女颈动脉全息血管硬度及影响因素分析[J]. 中国医学影像学杂志, 2024, 32(9): 897-902.
- [23] 马一鸣, 袁建军, 张梅, 等. 2 型糖尿病患者残余胆固醇水平对颈动脉内膜厚度的影响[J]. 中华超声影像学杂志, 2023, 32(6): 508-514.

(收稿日期: 2025-03-04)