·流行病与统计方法·

C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数与动脉硬化的关联性分析

刘达彬,吴丽美,伍绍国,陈卫文,刘雪辉
广州市第十二人民医院检验科,广东 广州 510620

摘要:目的　探讨 C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数(CTI)与动脉硬化的关联性及其识别价值。**方法**　选取 2020 年 11 月至 2024 年 11 月到广州市第十二人民医院进行动脉硬化检测的 300 例健康体检者作为研究对象,对其检查结果进行回顾性分析。根据动脉硬化检测结果将体检者分为动脉硬化组和非动脉硬化组。收集两组体检者的总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL - C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL - C)、空腹血糖(FPG)及超敏 C 反应蛋白(hs - CRP)检测结果,并计算 CTI。采用单因素分析比较两组上述指标的差异;采用二元 logistic 回归分析 CTI 对动脉硬化的影响;采用受试者工作特征(ROC)曲线评估各研究指标对动脉硬化的诊断效能。**结果**　单因素分析显示,动脉硬化组 TC、TG、LDL - C、FPG、hs - CRP 水平均显著高于非动脉硬化组($P < 0.05$),HDL - C 水平显著低于非动脉硬化组($P < 0.05$)。二元 logistic 回归分析在校正年龄、性别后,CTI 与动脉硬化独立相关($OR = 3.856$,95% CI: 2.507 ~ 5.931,$P < 0.05$);进一步校正 TC、HDL - C、LDL - C,CTI 仍显著($OR = 3.124$,95% CI: 1.943 ~ 5.023,$P < 0.05$),而上述血脂指标均未达到统计学显著性($P > 0.05$)。ROC 曲线分析显示,CTI 诊断动脉硬化的曲线下面积(AUC)为 0.730,最佳截断值为 8.36,对应的敏感度为 62.7%,特异度为 74.7%。CTI 的 AUC 显著高于 TC($AUC = 0.584$)、TG($AUC = 0.652$)、HDL - C($AUC = 0.594$)、LDL - C($AUC = 0.594$)、FPG($AUC = 0.619$)及 hs - CRP($AUC = 0.669$),$P < 0.05$。**结论**　CTI 与动脉硬化独立相关,其诊断效能优于传统单一指标,可作为动脉硬化风险筛查的有效辅助工具。本研究为横断面设计,关联性结论需前瞻性队列研究进一步验证其预测价值。

关键词:动脉硬化;C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数;臂踝脉搏波传导速度
中图分类号:R541.4　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1003 - 8507(2026)18 - 3285 - 06
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202604419

Association between the C - reactive protein - triglyceride - glucose index and arterial stiffness

LIU Da - bin, WU Li - mei, WU Shao - guo, CHEN Wei - wen, LIU Xue - hui
Department of Laboratory, Guangzhou Twelfth People's Hospital, Guangzhou, Guangdong 510620, *China*

Abstract: Objective　To explore the association between the C - reactive protein - triglyceride - glucose index (CTI) and arterial stiffness and its diagnostic value. **Methods**　A total of 300 healthy individuals who underwent arterial stiffness screening at Guangzhou Twelfth People's Hospital from November 2020 to November 2024 were retrospectively enrolled. Based on the brachial - ankle pulse wave velocity (baPWV) results, participants were divided into the arterial stiffness group and the non - arterial stiffness group. Fasting serum levels of total cholesterol (TC), triglyceride (TG), high - density lipoprotein cholesterol (HDL - C), low - density lipoprotein cholesterol (LDL - C), fasting plasma glucose (FPG), and high - sensitivity C - reactive protein (hs - CRP) were measured, and the CTI was calculated. Univariate analysis was used to compare the above indicators between the two groups; binary logistic regression was performed to evaluate the independent association of CTI with arterial stiffness; receiver operating characteristic (ROC) curves were used to assess the diagnostic performance of each indicator for arterial stiffness. **Results**　Univariate analysis showed that the arterial stiffness group had significantly higher levels of TC, TG, LDL - C, FPG, hs - CRP and CTI, and significantly lower HDL - C (all $P < -0.05$). After adjusting for age and sex, CTI remained independently associated with arterial stiffness ($OR = -3.856$, 95% CI: 2.507 - 5.931, $P < -0.05$). Further adjustment for TC, HDL - C and LDL - C did not materially alter the association ($OR = -3.124$, 95% CI: 1.943 - 5.023, $P < -0.05$), whereas all three traditional lipid parameters were not significant ($P > -$

基金项目:广东省自然科学基金项目(2023A1515010453);广州市科技计划项目(2025A03J3440);广州市卫生健康科技项目(20251A010040)
作者简介:刘达彬(1992—),男,本科,主管技师,研究方向:临床检验诊断学
通信作者:刘雪辉,E - mail:237513166@qq.com

0.05). ROC analysis showed that CTI had an area under the curve (*AUC*) of 0.730, with an optimal cut-off value of 8.36, a sensitivity of 62.7% and a specificity of 74.7%. The *AUC* of CTI was significantly higher than that of TC (0.584), TG (0.652), HDL-C (0.594), LDL-C (0.594), FPG (0.619) and hs-CRP (0.669) (all $P < 0.05$). **Conclusion** CTI is independently associated with arterial stiffness and its diagnostic performance outperforms that of traditional single biomarkers. It may serve as a convenient and effective auxiliary tool for risk screening of arterial stiffness. Given the cross-sectional design of this study, the observed associations warrant further validation in prospective cohort studies to confirm their predictive value.

Keywords: Arterial stiffness; C-reactive protein-triglyceride-glucose index; Brachial-ankle pulse wave velocity

心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)是全球范围内首位死亡原因,我国 CVD 患病率及死亡率亦持续上升,已成为重大公共卫生问题[1]。动脉粥样硬化(atherosclerosis, AS)是动脉粥样硬化性心血管疾病(atherosclerotic cardiovascular disease, ASCVD)的核心病理基础,其早期表现为动脉僵硬度增加、弹性减退,进而发展为斑块形成及血管狭窄,最终导致心肌梗死、脑卒中等严重事件[2-3]。因此,早期识别动脉僵硬度和弹性对于阻断 AS 进展、预防心血管事件具有关键的"时间窗"意义。

目前,总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)等血脂指标常用于动脉硬化风险的临床评估,然而,这些传统的单一生物标志物仅能反映代谢或炎症的某个侧面,难以全面捕捉胰岛素抵抗与慢性低度炎症之间的协同作用,在敏感性、特异性及个体差异方面存在明显局限[4-5]。近年来,整合多个常规检验指标构建复合指数成为研究热点,其中,甘油三酯-葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数作为胰岛素抵抗的替代标志物,已被证实与动脉硬化密切相关[6];而高敏 C 反应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)则是反映系统性低度炎症的核心指标,其水平升高已被证实可独立预测未来心血管事件的风险,是 ASCVD 预防和管理中的一个关键辅助生物标志物[7]。基于此,有学者提出了 C 反应蛋白-甘油三酯-葡萄糖指数(C-reactive protein-triglyceride-glucose index, CTI),该指数同时纳入血糖、血脂和炎症三个维度,理论上可更全面地评估动脉硬化风险[8]。然而,目前 CTI 在动脉硬化方面的研究(尤其是早期动脉硬化)尚未得到充分验证,需更多的临床数据支撑及更深入的探讨[9]。

动脉硬化检测是心血管疾病早期筛查的重要手段,临床常用的无创方法包括臂踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)及踝臂指数(ankle-brachial index, ABI),baPWV 因操作简便、重复性好且与心血管事件强相关,并已被广泛用于动脉硬化的临床评估与管理[10-11]。为此,本研究基于 baPWV 检测,回顾性分析体检人群的动脉硬化检测及生化指标数据,旨在探讨 CTI 对动脉硬化的预测价值,并与传统生化指标进行比较,以期为临床提供一种简便、有效的动脉硬化筛查工具。

1 对象与方法

1.1 *研究对象* 选取 2020 年 11 月至 2024 年 11 月到我院进行动脉硬化检测的健康体检者作为研究对象。纳入标准:①接受了动脉硬化检测;②进行了总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglycerides, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)及超敏 C 反应蛋白(hs-CRP)检测。排除标准:①近期存在急性感染或炎症性疾病;②既往有严重心血管疾病史(脑卒中、心肌梗死);③糖尿病病史;④正在服用降糖或降脂药物;⑤甲状腺功能异常;⑥严重肾功能不全;⑦恶性肿瘤病史。根据上述标准,初筛合格者共 509 例。根据动脉硬化检测结果将其分为动脉硬化组和非动脉硬化组,因两组原始例数不均衡,为平衡样本量并满足 logistic 回归对事件数的要求,采用等量抽样法,从动脉硬化组和非动脉硬化组中各随机抽取 150 例,最终纳入分析 300 例。该设计导致样本患病率(50%)高于实际体检人群,故不能用于估计总体患病率。受试者工作特征(ROC)曲线分析的曲线下面积(*AUC*)及截断值不受等量抽样影响,结果外推至自然人群时需结合实际患病率校正。本研究已获得广州市第十二人民医院伦理委员会审核批准(伦理审批号:2024078)。

1.2 *研究方法*

1.2.1 动脉硬化检测 本研究采用汇医融工 AF-900 型动脉硬化检测仪检测体检者的 baPWV。baPWV 数值越大,提示动脉壁硬度越高、弹性越差。同时,系统自动计算 ABI,即踝部收缩压与臂部收缩压的比值,用以评估下肢动脉是否存在狭窄或阻塞。根据动脉硬化检测结果,将体检者分为动脉硬化组和非动脉硬化组。非动脉硬化组:双侧平均 baPWV <

1 400 cm/s,且 ABI 正常(1 ~ 1.4);动脉硬化组:双侧平均 baPWV > 1 400 cm/s,且 ABI 正常(1 ~ 1.4)。为确保 baPWV 测量结果准确反映动脉僵硬度,本研究仅纳入 ABI 在正常范围(1 ~ 1.4)的体检者。ABI < 1.0 者提示下肢动脉狭窄,可致 baPWV 假性降低;ABI > 1.4 者提示动脉壁钙化僵硬,可致 baPWV 测量失真。因此,限定 ABI 正常范围可有效排除上述干扰。

1.2.2 生化指标检测　所有研究对象于清晨空腹状态下采集静脉血并分离血清,使用 ROCHE cobasc702 全自动生化分析仪及配套试剂盒进行 TC、TG、HDL - C、LDL - C、FBG、hs - CRP 检测。检测过程严格按标准操作程序进行,室内质控在控。CTI 计算:$CTI = 0.412 \times ln[hs - CRP(mg/L)] + ln\{[TG(mmol/L) \times 88.57] \times [FBG(mmol/L) \times 18.02]/2\}$。

1.3 统计分析　采用 SPSS 21.0 统计学软件和 R 语言(V 4.3.2)进行数据分析。计数资料以例数和百分率[n(%)]表示,组间比较使用χ^2检验。计量资料首先采用 Shapiro - Wilk 检验进行正态性检验。符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用两独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位间距)[$M(IQR)$]表示,两组间比较采用 Mann - Whitney U 检验。采用二元 logistic 回归分析评估 CTI 对动脉硬化的影响,计算优势比(OR)及其 95% 可信区间(CI)。采用 ROC 曲线评估各指标对动脉硬化的诊断价值,计算 AUC、最佳截断值、灵敏度、特异度及约登指数。采用 R 语言 pROC 包中的 roc. test 函数进行 DeLong 检验,比较各指标 AUC 的差异。检验水准 $\alpha = 0.05$。由于 HDL - C 为动脉硬化的保护性因素,为使 ROC 曲线分析方向与危险因素保持一致,在分析前对 HDL - C 进行了取负值转换(即计算负 HDL - C = HDL - C × -1),该转换不改变 AUC、敏感度、特异度等诊断效能指标,以便与其他指标同图比较。

2　结　果

2.1 入选患者基线资料　共 300 例体检者纳入研究,动脉硬化组和非动脉硬化组各 150 例。两组体检者的性别构成及年龄比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。两组在性别($\chi^2 = 0.137$, $P = 0.711$)和年龄($t = -1.378$, $P = 0.168$)方面均衡可比。

表 1　两组体检者基线资料比较

Table 1　Comparison of baseline data between the two groups of examinees

变量	非动脉硬化组(n = 150)	动脉硬化组(n = 150)	$\chi^2(t)$	P
男性[n(%)]	50(33.3)	47(31.3)	0.137	0.711
女性[n(%)]	100(67)	103(69)		
年龄(岁,$\bar{x} \pm s$)	47.65 ± 6.07	48.61 ± 5.70	-1.378[a]	0.168

注:a 表示 t 值。

2.2 两组体检生化指标检测结果比较　分析入选体检者生化指标结果并计算 CTI,比较两组结果发现,动脉硬化组的 TC、TG、LDL - C、FPG、hs - CRP 水平及 CTI 均显著高于非动脉硬化组,HDL - C 水平显著低于非动脉硬化组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

表 2　两组体检者各生化指标结果比较[$\bar{x} \pm s/M(IQR)$]

Table 2　Comparison of biochemical index results between the two groups of examinees[$\bar{x} \pm s/M(IQR)$]

项目	非动脉硬化组	动脉硬化组	$Z(t)$	P
CTI	7.92 ± 0.44	8.49 ± 0.68	-7.327[a]	< 0.001
TC(mmol/L)	5.18(1.18)	5.48(1.18)	-2.511	0.012
TG(mmol/L)	1.09(0.53)	1.50(0.86)	-4.554	< 0.001
HDL - C(mmol/L)	1.63(0.43)	1.51(0.47)	-2.821	0.005
LDL - C(mmol/L)	3.11 ± 0.72	3.40 ± 0.76	-3.405[a]	0.001
FPG(mmol/L)	4.65(0.57)	4.86(0.74)	-3.568	< 0.001
hs - CRP(mg/L)	0.79(0.72)	1.40(1.00)	-5.066	< 0.001

注:a 表示 t 值。

2.3 二元 logisti 回归分析 CTI 对动脉硬化的影响　以动脉硬化分组(动脉硬化组 = 1,非动脉硬化组 = 0)为因变量,采用二元 logistic 回归分析 CTI 对动脉硬化的影响。共构建三个逐级校正模型(表 3)。模型 1 未校正任何变量,结果显示 CTI 与动脉硬化呈显著独立相关($OR = 3.647$, 95% CI: 2.428 ~ 5.477, $P <$

0.001)。模型 2 在模型 1 基础上校正年龄和性别，CTI 仍与动脉硬化显著独立相关（*OR* = 3.856，95% *CI*：2.507 ~ 5.931，*P* < 0.001），而年龄和性别均无统计学意义。模型 3 在模型 2 基础上进一步校正 TC、HDL - C、LDL - C。结果显示，CTI 依然与动脉硬化显著独立相关（*OR* = 3.124，95% *CI*：1.943 ~ 5.023，*P* < 0.001），而 TC、HDL - C 和 LDL - C 均未达到统计学显著性，年龄和性别亦无显著关联。在模型 3 基础上同时纳入 CTI 的组成成分（TG、FPG、hs - CRP）后，CTI 的 *OR* 由 3.124 降至 1.160（*P* = 0.749），提示存在过度校正，故主分析未纳入这些组分。此外，因本研究为回顾性横断面设计，未能收集体重指数、吸烟、血压等传统危险因素，故未纳入校正。以上结果表明，CTI 与动脉硬化独立相关，不受年龄、性别及传统血脂指标的影响。

表 3 CTI 与动脉硬化关联的二元 logistic 回归分析

Table 3 Binary logistic regression analysis of the association between CTI and arteriosclerosis

模型	指标	β	*SE*	Wald χ^2	*OR*(95% *CI*)	*P*
模型 1	CTI	1.294	0.208	38.875	3.647(2.428 ~ 5.477)	< 0.001
	常量	-10.635	1.713	38.521	-	< 0.001
模型 2	CTI	1.350	0.220	37.744	3.856(2.507 ~ 5.931)	< 0.001
	年龄	-0.013	0.022	0.325	0.987(0.945 ~ 1.032)	0.569
	性别	-0.199	0.271	0.537	0.820(0.482 ~ 1.395)	0.464
	常量	-10.410	1.825	32.525	-	< 0.001
模型 3	CTI	1.139	0.242	22.110	3.124(1.943 ~ 5.023)	< 0.001
	年龄	-0.014	0.023	0.397	0.986(0.942 ~ 1.031)	0.529
	性别	-0.356	0.293	1.474	0.701(0.395 ~ 1.244)	0.225
	TC	0.344	0.513	0.450	1.411(0.516 ~ 3.860)	0.502
	HDL - C	-0.966	0.660	2.142	0.381(0.104 ~ 1.338)	0.143
	LDL - C	-0.129	0.595	0.047	0.879(0.274 ~ 2.821)	0.829
	常量	-8.441	2.196	14.772	-	< 0.001

注：模型 1：未校正变量；模型 2：校正年龄、性别；模型 3：在模型 2 基础上校正 TC、HDL - C、LDL - C。

2.4 CTI 对动脉硬化的预测价值 采用 ROC 曲线评估 CTI 及各单一指标对动脉硬化的诊断价值，计算曲线下面积（*AUC*）、最佳截断值、敏感度、特异度及约登指数。采用 DeLong 检验比较各指标 *AUC* 与 CTI 的差异，结果见表 4 及图 1。ROC 曲线分析显示，CTI 诊断动脉硬化的 *AUC* 为 0.730，最佳截断值为 8.36，对应的敏感度为 62.7%，特异度为 74.7%，约登指数为 0.374。hs - CRP、TG 和 FPG 的 *AUC* 分别为 0.669、0.652、0.619，均低于 CTI。TC、HDL - C 和 LDL - C 的 *AUC* 分别为 0.584、0.594 和 0.594，诊断价值较低。DeLong 检验表明，CTI 的 *AUC* 显著高于 TC、TG、HDL - C、LDL - C、FPG 及 hs - CRP，差异均有统计学意义（*P* < 0.05）。以上结果表明，CTI 对动脉硬化的诊断效能优于传统单一指标。

表 4 各指标对动脉硬化的诊断效能及与 CTI 的比较

Table 4 Diagnostic efficacy of each indicator for arteriosclerosis and comparison with the CTI

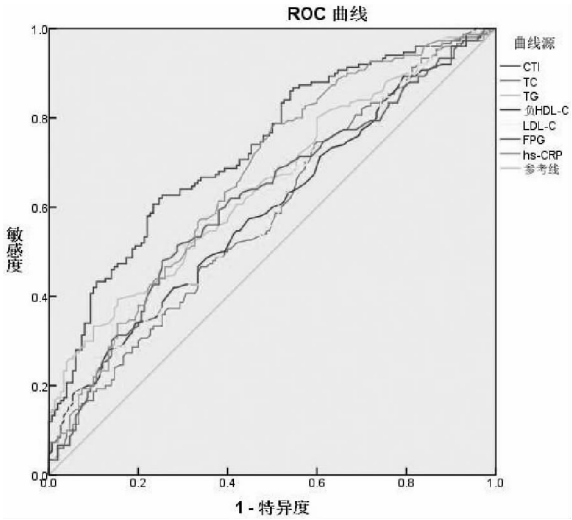
指标	*AUC*	*P*	最佳截断值	敏感度	特异度	约登指数	P^a
CTI	0.730	0.000	8.36	0.627	0.747	0.374	-
TC	0.584	0.012	4.90	0.747	0.400	0.147	< 0.001
TG	0.652	0.000	1.43	0.393	0.847	0.240	< 0.001
HDL - C	0.594	0.005	1.30	0.280	0.867	0.147	< 0.001
LDL - C	0.594	0.005	3.01	0.727	0.413	0.140	< 0.001
FPG	0.619	0.000	4.88	0.480	0.747	0.227	0.004
hs - CRP	0.669	0.000	0.53	0.787	0.493	0.280	0.004

注：a DeLong 检验比较各指标 *AUC* 与 CTI 比的差异 *P* 值。

3 讨 论

近年来，ASCVD 的致死致残率持续攀升，已成为危害我国居民生命健康的首要病因[12]。当前临床实践中，血脂、血糖等传统指标虽广泛应用于心血管风险评估，但单一生物标志物难以实现动脉硬化的早期识别，临床上亟需一种能够提升动脉硬化风险识别的有效指标[13-14]。

本研究基于动脉硬化检测，对 300 例体检人群的生化指标及 CTI 进行了比较分析。单因素分析显示，



注：负 HDL－C 为 HDL－C 取负值；参考线为对角线（*AUC* = 0.5）。

图 1　各指标诊断动脉硬化的 ROC 曲线

Fig. 1　ROC curves for each indicator in diagnosing arteriosclerosis

动脉硬化组的 TC、TG、LDL－C、FPG、hs－CRP 水平及 CTI 均显著高于非动脉硬化组，而高密度脂蛋白胆固醇（HDL－C）水平显著低于非动脉硬化组。结果与既往研究基本相符，多项研究证实，动脉硬化人群普遍存在血脂异常、血糖升高及低度炎症状态[15－16]。然而，单一指标的组间差异仅能说明各自与动脉硬化相关，无法回答“哪个指标更具独立预测价值”这一核心问题。

CTI 同时整合了 hs－CRP、TG、FPG 三项关键参数，能够同时反映机体慢性低度炎症、脂代谢紊乱与糖代谢异常三个核心维度的交互作用，较单一指标可能更全面地体现代谢－炎症网络对动脉硬化进展的协同影响[17－18]。该指数升高意味着血脂异常（高 TG）、血糖升高与炎症状态的共存，而胰岛素抵抗与慢性炎症可通过诱导内皮功能障碍、促进血管平滑肌增殖及泡沫细胞形成等途径，共同加速动脉僵硬度增加及斑块形成[19－20]。CTI 的临床价值已在多个疾病领域得到初步验证，研究显示，CTI 与非酒精性脂肪肝病呈正相关，其对该病及肝纤维化的识别准确性优于 TyG 指数和 hs－CRP 单独使用[21]。此外，CTI 是新发糖尿病的强预测因子[22]，并能预测心血管－肾脏－代谢（cardiovascular－kidney－metabolic，CKM）综合征的全因死亡及心血管死亡，为早期 CKM 综合征高危人群提供了新的筛查工具[23]。本研究通过构建三个逐级校正的 logistic 回归模型（未校正模型、校正年龄/性别模型、进一步校正血脂模型），为避免过度校正，未纳入 CTI 的组成成分（FPG 和 hs－CRP），且单因素分析显示 CTI 效能优于各组分，对整体结论的影响有限。logistic 回归分析结果显示，CTI 在所有模型中均显示出与动脉硬化的独立显著相关性（*OR* 值介于 3.124～3.856，均 $P<0.001$），提示该指标可作为动脉硬化早期筛查与风险评估的辅助工具。

为明确 CTI 与传统生化指标在诊断效能上的差异，本研究采用 ROC 曲线分析，结果显示 CTI 的 *AUC* 为 0.730，显著高于 TC、TG、HDL－C、LDL－C、FPG 及 hs－CRP（均 $P<0.01$）。该结果表明 CTI 的诊断优势优于各单一指标，进一步提示 CTI 在动脉硬化筛查中具有潜在的应用价值。CTI 识别动脉硬化的最佳截断值为 8.36，此时敏感度为 62.7%，特异度为 74.7%，约登指数为 0.374，敏感度略低于特异度。这一结果提示，CTI 在识别亚临床动脉硬化方面具有中等偏上的筛查效能，且优于各单一指标，适用于动脉硬化低风险人群的初筛。与既往以临床心血管事件为终点的研究不同，本研究在普通体检人群中以 baPWV 判定的动脉硬化作为结局，初步验证了 CTI 的独立关联价值，并确定了简便易行的筛查阈值。从临床实用角度分析，CTI 基于常规检验项目（血脂、血糖、hs－CRP）计算，无需额外设备或增加患者负担，特别适用于大规模健康体检及基层医疗机构的初步风险分层。基于本研究确定的最佳截断值（8.36），提出以下分层筛查建议：对于 CTI ≥ 8.36 的个体，建议进行颈动脉超声等影像学检查，以明确动脉硬化程度；而对于 CTI < 8.36 且无其他明确心血管危险因素的个体，可采取定期随访观察。该策略有助于优化医疗资源分配，提高早期动脉硬化筛查的效率。

本研究存在一定局限性。第一，本研究仅验证横断面关联与诊断效能，真实预测价值有待前瞻性队列验证。第二，本研究数据来源于单中心，样本量有限，未能收集体重指数、吸烟、高血压等传统心血管危险因素的信息进行分析，可能存在选择偏倚和效应估计偏倚。第三，本研究采用的 baPWV 虽与大动脉僵硬度的参考方法——颈股脉搏波传导速度（carotid－femoral pulse wave velocity，cfPWV）高度相关，但二者并非完全等同[24]，研究结论推广需谨慎。第四，本研究未与经典的 TyG 指数做头对头比较，无法直接量化新增 hs－CRP 维度带来的诊断增量价值。尽管如此，本研究在体检人群中评估了 CTI 对亚临床动脉硬化的关联，提供了早期筛查的最佳截断值，为 CTI 在动脉硬化风险识别中的应用提供了初步线索。

综上所述，CTI 与动脉硬化独立相关，其诊断效能优于传统单一指标，具有简便、经济、无创的特点，可作为动脉硬化风险筛查的有效辅助工具。然而，本研究为横断面设计，关联性结论需前瞻性队列研究进

一步验证其预测价值。未来需开展前瞻性、多中心研究,进一步验证 CTI 在不同人群中的稳定性,并探讨其与金标准(如 cfPWV)及影像学指标联合应用的增量价值。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Liu MB, He XY, Yang XH, et al. 2024 annual report on cardiovascular health and diseases in China: data and trend[J]. Chin Med J (Engl), 2025, 138(23): 3037 – 3049.

[2] Libby P, Buring JE, Badimon L, et al. Atherosclerosis[J]. Nature Reviews Disease Primers, 2019, 5(1): 56.

[3] Alrahimi J, Ahmed FA, Atar D. The interplay of atherothrombotic factors and the evolving landscape of atherosclerotic cardiovascular disease: comprehensive insights from recent studies[J]. Anatol J Cardiol, 2024, 28(8): 375 – 380.

[4] 黄思壮,俞梦越. 血脂衍生参数在动脉粥样硬化性心血管疾病中的研究进展[J]. 中华预防医学杂志,2024,58(9):1438 – 1443.
Huang SZ, Yu MY. Research progress of lipid – derived parameters in atherosclerotic cardiovascular disease[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2024, 58(9): 1438 – 1443. (In Chinese)

[5] Jafari A, Najafipour H, Shadkam M, et al. Evaluation of the novel three lipid indices for predicting five – and ten – year incidence of cardiovascular disease: findings from Kerman coronary artery disease risk factors study (KERCADRS)[J]. Lipids in Health and Disease, 2023, 22(1): 169.

[6] Tao LC, Xu JN, Wang TT, et al. Triglyceride – glucose index as a marker in cardiovascular diseases: landscape and limitations[J]. Cardiovascular Diabetology, 2022, 21(1): 68.

[7] Mehta A, Blumenthal RS, Gluckman TJ, et al. High – sensitivity C – reactive protein in atherosclerotic cardiovascular disease: to measure or not to measure? [J]. US Cardiol, 2025, 19:e06.

[8] Sun Y, Guo Y, Ma SY, et al. Association of C – reactive protein – triglyceride glucose index with the incidence and mortality of cardiovascular disease: a retrospective cohort study[J]. Cardiovascular Diabetology, 2025, 24(1): 313.

[9] Xu X, Liu J, Sun Y, et al. The association between the C – reactive protein – triglyceride – glucose index and cardiovascular diseases: a cohort study using data from the China health and retirement longitudinal study 2011 – 2020[J]. PLoS One, 2025, 20(12): e0335916.

[10] 钱亚蓉,陈澄,赵雅静,等. 臂踝脉搏波传导速度在高血压诊治中的研究进展[J]. 心脑血管病防治,2024,24(9):38 – 41.
Qian YR, Chen C, Zhao YJ, et al. Research progress of brachial – ankle pulse wave velocity in the diagnosis and treatment of hypertension[J]. Prevention and Treatment of Cardio – Cerebral – Vascular Disease, 2024, 24(9): 38 – 41. (In Chinese)

[11] Sang TT, Lv NQ, Dang AM, et al. Brachial – ankle pulse wave velocity and prognosis in patients with atherosclerotic cardiovascular disease: a systematic review and meta – analysis[J]. Hypertension Research, 2021, 44(9): 1175 – 1185.

[12] 国家心血管病中心,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 2025 概要[J]. 中国循环杂志,2026,41(6):527 – 563.
National Center for Cardiovascular Diseases, The Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health and Diseases in China. Summary of the 2024 report on cardiovascular health and disease in China[J]. Chinese Circulation Journal, 2026, 41(6): 527 – 563. (In Chinese)

[13] Lee DY. Emerging circulating biomarkers for enhanced cardiovascular risk prediction[J]. J Lipid Atheroscler, 2024, 13(3): 262 – 279.

[14] 崔佳,张明明,王娜,等. 糖脂代谢指标联合抗磷脂抗体对动脉粥样硬化患者预后的预测价值[J]. 实用医学杂志,2024,40(3):326 – 329.
Cui J, Zhang MM, Wang N, et al. Correlation analysis of glucose and lipid metabolism indicators combined with antiphospholipid antibodies on prognosis of patients with atherosclerosis[J]. The Journal of Practical Medicine, 2024, 40(3): 326 – 329. (In Chinese)

[15] Lin XG, Xie SS, Pu BB, et al. Triglyceride – glucose index in the associations between chronic low – grade inflammation and carotid intima – media thickness: mediation and effect – modification across triglyceride – glucose strata[J]. BMC Cardiovascular Disorders, 2025, 25(1): 725.

[16] Yang P, Dai T, Liu B, et al. The association between markers of lipid homeostasis, inflammation, and atherosclerosis index in patients with type 2 diabetes and coronary heart disease stratified by glycemic control: a cross – sectional study[J]. Journal of Inflammation Research, 2025, 18(1): 13453 – 13463.

[17] Ma XT, Chu HJ, Li QX, et al. Association between C – reactive protein – triglyceride glucose index and adverse cardiovascular outcomes in acute coronary syndrome patients with prior coronary artery bypass grafting[J]. Mediators of Inflammation, 2026, 2026(1): e7921309.

[18] Zheng RW, Wang TY, Liu M, et al. Relationship between C – reactive protein triglyceride glucose index and cardiovascular disease risk: a cross – sectional analysis with machine learning[J]. BMC Medical Informatics and Decision Making, 2025, 25(1): 424.

[19] Zhao N, Yu XT, Zhu XX, et al. Diabetes mellitus to accelerated atherosclerosis: shared cellular and molecular mechanisms in glucose and lipid metabolism[J]. Journal of Cardiovascular Translational Research, 2024, 17(1): 133 – 152.

[20] Varghese JF, Patel R, Yadav UCS. Novel insights in the metabolic syndrome – induced oxidative stress and inflammation – mediated atherosclerosis[J]. Current Cardiology Reviews, 2018, 14(1): 4 – 14.

[21] Zhou YH, Lin H, Weng XC, et al. Correlation between hs – CRP – triglyceride glucose index and NAFLD and liver fibrosis[J]. BMC Gastroenterology, 2025, 25(1): 252.

[22] Shan YQ, Liu QY, Gao TS. Application of the C – reactive protein – triglyceride glucose index in predicting the risk of new – onset diabetes in the general population aged 45 years and older: a national prospective cohort study[J]. BMC Endocrine Disorders, 2025, 25(1): 126.

[23] Chen JT, Yan LY, He L, et al. Association between different dimensions of the C – reactive protein – triglyceride – glucose index and future cardiovascular disease risk in individuals with cardiovascular – kidney – metabolic syndrome stages 0 – 3: a nationwide cohort study[J]. Diabetology & Metabolic Syndrome, 2025, 17(1): 299.

[24] Kyriakoulis KG, Chatzopoulos M, Komnianou A, et al. Brachial – ankle versus carotid – femoral pulse wave velocity: a systematic review and meta – analysis[J]. Journal of Hypertension, 2025, 43(11): 1773 – 1786.

收稿日期:2026-04-24