甘油三酯-葡萄糖指数-脂质蓄积指数与中国中老年人群心血管疾病发病风险的关联研究

孙瑰熙[1] 孙爽[2] 王宁宁[2] 罗晨风[1] 李敏[1] 刘敏[1] 马晓娟[2,3,4]
(1. 北京中医药大学研究生院,北京 100029; 2. 中国中医科学院西苑医院心血管内科,北京 100091; 3. 国家中医心血管临床医学研究中心,北京 100091; 4. 中医证候全国重点实验室,广东 广州 510120)

【摘要】目的 探讨甘油三酯-葡萄糖指数-脂质蓄积指数(TyG-LAP)与中国中老年人群心血管疾病发病风险的关联。**方法** 选取 2011—2020 年中国健康与养老追踪调查(CHARLS)数据库中的 5 503 例中老年人为研究对象,其中新发心血管疾病 904 例。将研究对象以 TyG-LAP 四分位数分为四组(Q_1~Q_4),采用多因素 logistic 回归探讨 TyG-LAP 与心血管疾病发病风险的关联。采用限制性立方样条(RCS)进一步分析 TyG-LAP 与心血管疾病发病风险的剂量-反应关系。采用亚组分析和交互作用检验,考察不同社会人口学及临床特征对关联的潜在影响。此外,采用敏感性分析验证结果的稳健性。**结果** 新发心血管疾病组与未发生心血管疾病组年龄、性别、高血压、糖尿病、吸烟和饮酒情况及体重指数分布比较,差异均有统计学意义(P<0.05)。校正所有潜在混杂因素后,多因素 logistic 回归分析结果显示,相比于 TyG-LAP 的 Q_1 组,Q_3 组和 Q_4 组的心血管疾病发病风险分别增加 41%(OR=1.41,95%CI 1.13~1.77,P=0.003) 和 46%(OR=1.46,95%CI 1.16~1.84,P=0.001)。RCS 分析结果表明,校正所有潜在混杂因素后,TyG-LAP 与心血管疾病的发病风险间存在显著正向关联($P_{总体}$=0.001)。亚组分析显示,婚姻状况可能对 TyG-LAP 与 CVD 风险的关联具有潜在的调节作用($P_{交互}$=0.019),但在已婚及其他婚姻状况亚组中,该关联均未达到统计学显著性,其他亚组未发现显著交互作用。敏感性分析显示,校正 C 反应蛋白后,TyG-LAP 与心血管疾病风险之间的正向剂量-反应关联依然保持高度显著性,进一步的 Cox 分析显示,标准化后的 TyG-LAP 每升高 1 个标准差,受访者发生心血管疾病的风险增加 10%(HR=1.10,95%CI 1.02~1.20,P=0.019),进一步支持了主分析的结果。**结论** 在中老年人群中,TyG-LAP 的升高与心血管疾病发生风险增加显著相关,应加强对中老年人群的胰岛素抵抗和内脏脂肪的监测和综合干预。

【关键词】 胰岛素抵抗;内脏脂肪;心血管疾病;队列研究
【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2026.06.012

Association Between TyG-LAP and Risk of Cardiovascular Disease in Chinese Middle-Aged and Elderly Cohorts

SUN Guixi[1], SUN Shuang[2], WANG Ningning[2], LUO Chenfeng[1], LI Min[1], LIU Min[1], MA Xiaojuan[2,3,4]
(1. *Graduate School, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing* 100029, *China*; 2. *Department of Cardiology, Xiyuan Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing* 100091, *China*; 3. *National Clinical Research Centre for Chinese Medicine in Cardiovascular Diseases, Beijing* 100091, *China*; 4. *State Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Syndrome, Guangzhou* 510120, *Guangdong, China*)

【Abstract】 Objective This study investigates triglyceride-glucose index-lipid accumulation product (TyG-LAP) as a predictor of incident cardiovascular diseases (CVD) in middle-aged and older Chinese cohorts. **Methods** A total of 5 503 middle-aged and elderly participants from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) database from 2011 to 2020 were enrolled, among whom there were 904 newly diagnosed with cardiovascular disease. Participants were divided into four groups (Q_1~Q_4) according to the quartiles of their TyG-LAP. CVD risk associated with TyG-LAP was quantified using multivariable logistic regression. Furthermore, restricted cubic splines (RCS) modeled the dose-response relationship between TyG-LAP and CVD risk. In addition, subgroup analysis and interaction tests were used to examine the potential impact of different demographic and clinical characteristics on this association. Additionally, sensitivity analysis was conducted to verify the robustness of the results. **Results** Comparisons between those who developed cardiovascular disease and those who did not show statistically significant differences in age, sex, hypertension, diabetes, smoking and drinking status, and body mass index distribution

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82074418);中国中医科学院科技创新工程重大攻关项目(CI2021A00911);中国中医科学院西苑医院具有知识产权的医疗机构制剂和中药新药的研发与转化(XYZX0304-03)

通信作者:马晓娟,E-mail:abc_mxj@aliyun.com

(all $P<0.05$). After adjusting for all potential confounding factors, multivariable logistic regression analysis revealed that compared with the TyG-LAP Q_1 group, the risk of cardiovascular disease was increased by 41% in the Q_3 group ($OR=1.41$, 95% *CI* 1.13~1.77, $P=0.003$) and by 46% in the Q_4 group ($OR=1.46$, 95% *CI* 1.16~1.84, $P=0.001$). Analysis using RCS revealed a significant positive correlation between the TyG-LAP and the risk of cardio-cerebrovascular disease, even after adjusting for all potential confounding variables ($P_{overall}=0.001$). In addition, subgroup analysis and interaction tests were used to examine the potential impact of different demographic and clinical characteristics on this association. Subgroup analysis suggested that marital status may have a modifying effect on the association between TyG-LAP and CVD risk (interaction $P=0.019$); however, this association was not statistically significant within either the married or other marital status subgroups. No significant interactions were observed in the other subgroups. Sensitivity analysis showed that after adjusting for C-reactive protein, the positive dose-response relationship between the TyG-LAP and the risk of cardiovascular disease remained highly significant. Further Cox analysis indicated that for each one-standard-deviation increase in the standardized TyG-LAP, the risk of cardiovascular disease increased by 10% ($HR=1.10$, 95% *CI* 1.02~1.20, $P=0.019$), further supporting the main findings. **Conclusion** In middle-aged and elderly populations, an elevated TyG-LAP is significantly associated with an increased risk of CVD. Monitoring and comprehensive intervention for insulin resistance and visceral fat in middle-aged and elderly individuals should be strengthened.

【**Keywords**】 Insulin resistance; Visceral fat; Cardiovascular diseases; Cohort study

截至 2023 年,全球疾病负担显示,全球心血管疾病(cardiovascular diseases, CVD)死亡人数从 1990 年的 1 310 万增至 1 920 万,CVD 仍是全球疾病负担和死亡的首要原因[1]。《中国心血管健康与疾病报告 2024 概要》[2]指出,中国 18 岁及以上居民 CVD 粗发病率为 620.33/10 万,随着年龄增长,心脑血管疾病发病率呈现快速增长趋势。因此,尽早识别 CVD 高危人群对于 CVD 的一级预防意义重大。

胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)和内脏脂肪是 CVD 发病的重要危险因素[3]。脂质蓄积指数(lipid accumulation product, LAP)基于腰围(waist circumference, WC)和甘油三酯(triglycerides, TG)的数值,能够有效反映机体过多的脂肪累积,特别是内脏脂肪的累积情况[4]。甘油三酯-葡萄糖指数(triglyceride-glucose index, TyG)是评估 IR 的新型标志物,其通过量化 TG 与空腹血糖的乘积关系,可简便快捷地反映 IR 程度[5]。研究[6]表明,TyG 和 LAP 增加均与 CVD 发病风险增加显著相关。然而,TyG 联合 LAP(TyG-LAP)与新发 CVD 的关联性尚未被充分挖掘,本研究将分析二者与新发 CVD 风险的关系,旨在为早期识别高危人群提供新视角。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究数据源自中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS),该全国性队列研究针对 45 岁及以上人群。2011 年基线调查在 17 个省 708 个县的 17 708 例受访者中开展,收集了涵盖社会人口学、健康状况、经济指标及生物样本的多维数据,并实施每两年一次的随访。本研究获得北京大学伦理委员会批准(IRB00001052-11015),所有参与人员均签署了知情同意书。

本研究依托于 CHARLS 2011 年基线数据及 2020 年随访数据,最终纳入样本量 5 503 例。纳入标准如下:(1)基线调查时年龄≥45 岁;(2)2011 年基线数据及 2020 年随访数据完整;(3)2020 年随访确诊为 CVD。排除标准:(1)2011 年基线调查时已被诊断为 CVD;(2)相关指标缺失等;(3)协变量信息不完整。

1.2 研究变量及定义

1.2.1 TyG-LAP

收集纳入对象的性别、WC、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、TG、LAP 及 TyG。

LAP(男性)=(WC−65)×TG, LAP(女性)=(WC−58)×TG[7]。

TyG=ln(TG×FPG/2)[8]。

1.2.2 新发 CVD 的评估

本研究中新发 CVD 病例由专业调查人员通过询问“是否有医生曾经告诉过您有心脏病(如心肌梗死、冠心病、心绞痛、充血性心力衰竭和其他心脏疾病)?”来认定。评估并记录在基线时未发生 CVD,而在 2020 年随访中自我报告新发 CVD 的受访者。

1.2.3 协变量的评估

本研究考虑的协变量包括社会人口学特征、当前健康状况、生活行为方式及人体测量学指标。其中,社会人口学特征包括年龄、性别、婚姻状况(已婚/其他)、学历(小学及以下/小学/中学/高中及以上)、居住地(城市/农村);当前健康状况包括是否患高血压和糖尿病;生活行为方式包括吸烟情况(从不/已戒烟/吸烟)、饮酒情况(从不/已戒酒/饮酒);人体测量学指标选取体重指数(body mass index, BMI)。

1.3 统计学方法

数据分析在 R 4.5.1 软件中完成。计数资料以[n(%)]表示,比较用χ^2 检验。符合正态分布的计量

资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较行 t 检验;非正态分布数据以中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。主分析采用多因素 logistic 回归,评估按四分位数分组(Q_1~Q_4)的 TyG-LAP 与新发 CVD 风险的关联。回归分析构建三个校正模型:模型 1(未校正)、模型 2(校正社会人口学变量:年龄、性别、婚姻、学历、居住地)、模型 3(在模型 2 基础上校正生活行为与病史:吸烟、饮酒、高血压、糖尿病)。选取第 5、35、65、95 百分位数使用四节点的限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)分析,通过图片展示 TyG-LAP 和新发 CVD 之间的剂量-反应关系[9]。P<0.05 为差异有统计学意义。

1.4 敏感性分析

为验证主分析结论的稳健性,并探索不同统计模型与重要混杂因素的影响,本研究进行了两项敏感性分析,并根据分析目的构建了两个独立的验证队列。

1.4.1 调整炎症标志物验证队列

为评估全身性炎症状态的潜在混杂作用,并与主分析(logistic 回归)保持方法学一致性,我们构建了调整 C 反应蛋白(C-reactive protein ,CRP)后的验证队列,并构建模型 4(在模型 3 基础上校正 CRP)。在符合总研究人群纳入排除标准的基础上,本队列额外要求基线 CRP 检测数据完整。该队列最终纳入 4 160 例受访者。

1.4.2 生存分析验证队列

为采用 Cox 比例风险模型评估 *HR*,需满足生存分析对“明确时间-事件”数据的要求。在总研究人群基础上,本队列进一步排除:(1)在 2020 年随访终点前失访者;(2)无法确认准确生存时间者。该队列最终纳入 3 408 例受访者。为增强不同指标间的可比性并便于解释,本研究将连续型变量 TyG-LAP 进行标准化(Z-score)处理,公式为:$Z=(X-\mu)/\sigma$,其中 X 为原始值,μ 为总体均值,σ 为标准差。标准化后变量的风险比表示该指标每升高 1 个标准差所对应的风险变化[9]。该验证队列采用与主分析相同的完全校正策略(模型 3)。

2 结果

2.1 两组患者基本情况

根据纳入排除标准,排除了基线年龄<45 岁的 508 例受访者、TyG-LAP 相关数据(TG、身高、体重、WC、CVD、婚姻情况、高血压、糖尿病、吸烟、饮酒、受教育情况、血糖、BMI、CRP)缺失的 11 038 例受访者和基线诊断为心脏病的 659 例受访者,最终共纳入 5 503 例,如图 1。

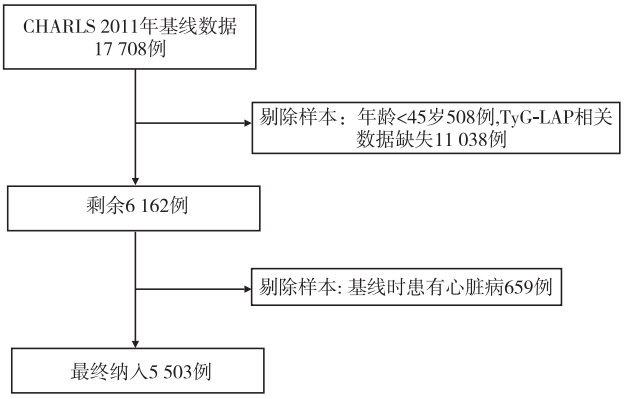


图 1 参与者筛选流程图

所有纳入的研究对象中,女性 3 012 例(54.73%),男性 2 491 例(45.27%);新发 CVD 904 例(16.43%),未发生 CVD 4 599 例(83.57%)。基线特征比较显示,相较于未发生 CVD 组,新发 CVD 组年龄更大(中位年龄 59 岁 vs 57 岁,P<0.001)、女性比例更高(62.72% vs 53.16%,P<0.001)、代谢异常更显著(高血压患病率 34.85% vs 19.77%,糖尿病 6.64% vs 4.13%,BMI 中位数 24.16 kg/m^2 vs 23.12 kg/m^2,P 均<0.001),见表 1。

2.2 TyG-LAP 与新发 CVD 的关系

多因素校正后,TyG-LAP 高水平组(Q_3、Q_4)的新发 CVD 风险显著升高,且呈剂量依赖性(趋势性检验 P<0.001)。相较于 Q_1 组,Q_3 组风险增加 41%(OR=1.41, 95%CI 1.13~1.77, P=0.003),Q_4 组风险增加 46%(OR=1.46, 95%CI 1.16~1.84, P=0.001)。见表 2。

将连续性 TyG-LAP 作为自变量进行 RCS 评估,结果显示,在全面校正混杂因素后,TyG-LAP 与 CVD 发病率之间存在显著关联($P_{总体}$=0.001)。虽然非线性检验未显示统计学显著性($P_{非线性}$=0.189),但曲线显示:随着 TyG-LAP 升高,CVD 发病风险呈持续上升趋势,且当 TyG-LAP>20 000 时风险显著上升,见图 2。这一结果与表 2 中观察到的剂量-反应关系一致。

2.3 亚组分析

为了评估 TyG-LAP 与 CVD 风险之间正相关关系的稳定性,将受访者根据其社会人口学统计变量和病史分为亚组,每个亚组分析都针对除该变量之外的所有其他变量进行调整并在组内分析关联。结果显示,婚姻状况可能对 TyG-LAP 与 CVD 风险的关联具有潜在的调节作用($P_{交互}$=0.019)。在已婚个体和其他婚姻状况的个体中,TyG-LAP 与 CVD 风险的关联均未达到统计学显著性。此外,其他社会人口学和临床特征亚组均未发现显著的效应修饰作用(见图 3)。

表 1　两组基线数据比较

项目	未发生 CVD 组(4 599 例)	新发 CVD 组(904 例)	χ^2/Z	*P*
年龄/岁	57(51,63)	59(53,65)	-6.06	<0.001
性别/[*n*(%)]			27.85	<0.001
女	2 445(53.16)	567(62.72)		
男	2 154(46.84)	337(37.28)		
婚姻状况/[*n*(%)]			0.96	0.328
已婚	4 164(90.54)	809(89.49)		
其他	435(9.46)	95(10.51)		
学历/[*n*(%)]			5.11	0.164
小学以下	2 153(46.81)	440(48.67)		
小学	1 020(22.18)	200(22.12)		
中学	959(20.85)	161(17.81)		
高中及以上	467(10.15)	103(11.39)		
居住地/[*n*(%)]			2.56	0.109
城市	1 477(32.12)	315(34.85)		
农村	3 122(67.88)	589(65.15)		
高血压/[*n*(%)]			99.34	<0.001
是	909(19.77)	315(34.85)		
否	3 690(80.23)	589(65.15)		
糖尿病/[*n*(%)]			10.94	<0.001
是	190(4.13)	60(6.64)		
否	4 409(95.87)	844(93.36)		
吸烟情况/[*n*(%)]			13.77	<0.001
吸烟	1 424(30.96)	224(24.78)		
已戒烟	332(7.22)	71(7.85)		
从不	2 843(61.82)	609(67.37)		
饮酒情况/[*n*(%)]			10.84	<0.001
饮酒	1 536(33.40)	253(27.99)		
已戒酒	359(7.81)	84(9.29)		
从不	2 704(58.80)	567(62.72)		
BMI/($kg\cdot m^{-2}$)	23.12(21.00,25.48)	24.16(21.73,26.61)	-7.44	<0.001
TyG-LAP/[*n*(%)]			49.80	<0.001
Q_1 组	1 217(26.46)	159(17.59)		
Q_2 组	1 171(25.46)	204(22.57)		
Q_3 组	1 121(24.37)	255(28.21)		
Q_4 组	1 090(23.70)	286(31.64)		

表 2　基线 TyG-LAP 与新发 CVD 之间的前瞻性关联

组别	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR(95%*CI*)	*P*	*OR*(95%*CI*)	*P*	*OR*(95%*CI*)	*P*
Q_1 组	1.00		1.00		1.00	
Q_2 组	1.33(1.07~1.67)	0.011	1.22(0.97~1.53)	0.092	1.16(0.93~1.47)	0.193
Q_3 组	1.74(1.41~2.16)	<0.001	1.56(1.25~1.95)	<0.001	1.41(1.13~1.77)	0.003
Q_4 组	2.01(1.63~2.48)	<0.001	1.77(1.42~2.21)	<0.001	1.46(1.16~1.84)	0.001

注：趋势性检验：模型 1，*P*<0.001；模型 2，*P*<0.001；模型 3，*P*<0.001。

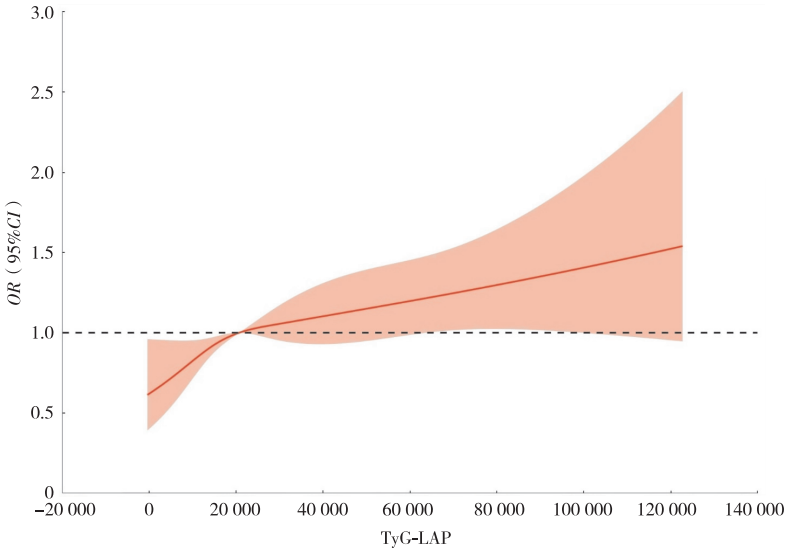


图 2　TyG-LAP 与新发 CVD 风险的剂量-反应关系

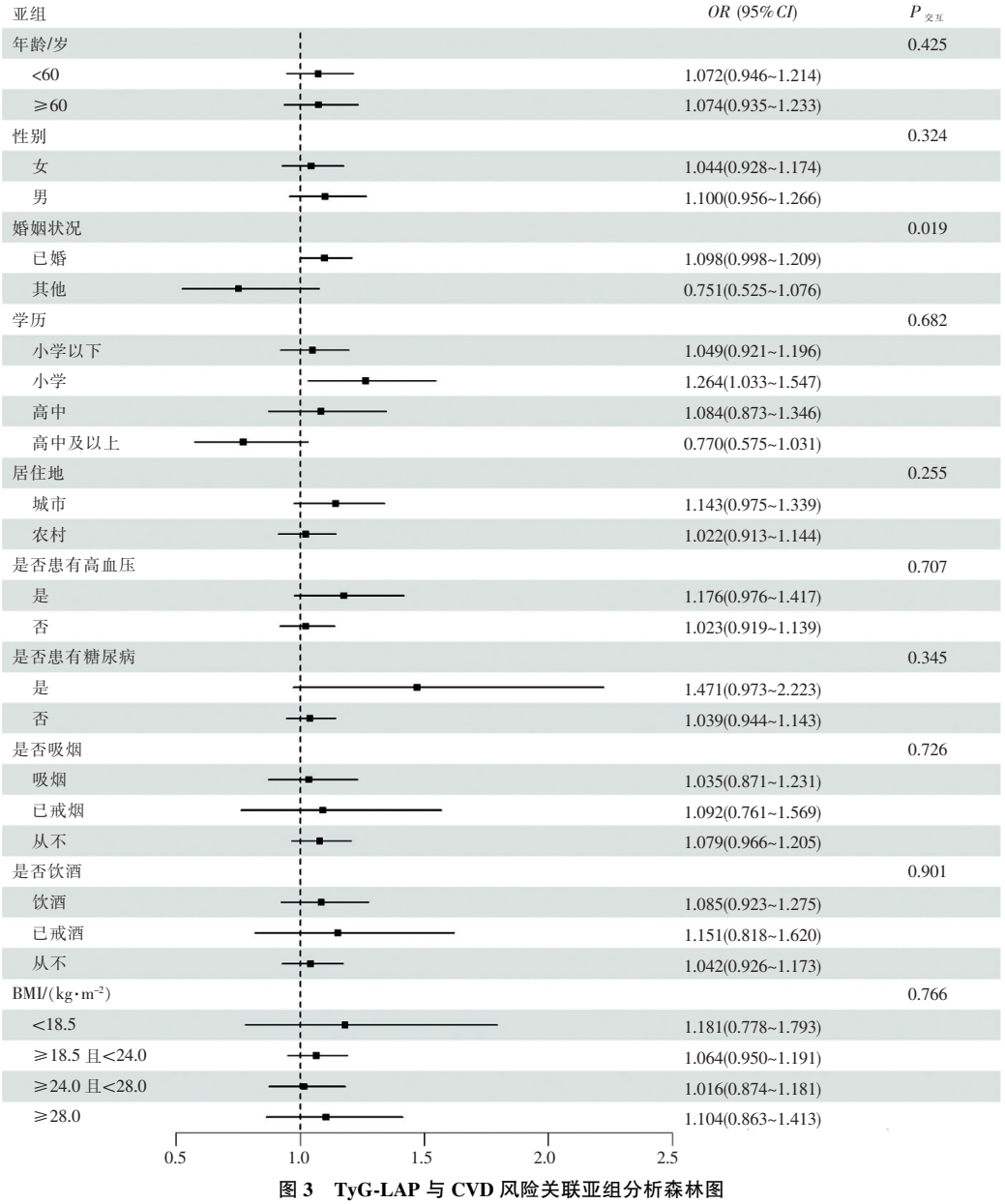


图 3　TyG-LAP 与 CVD 风险关联亚组分析森林图

3　敏感性分析

3.1　调整炎症标志物 CRP 的验证

在进一步调整基线 CRP 水平后，TyG-LAP 与 CVD 风险之间的正向剂量-反应关联依然保持高度显著性。与 Q_1 组相比，Q_3 组和 Q_4 组的 CVD 风险分别显著增加 50%（*OR* = 1.50，95%*CI* 1.11～2.01，*P* = 0.007）和 68%（*OR* = 1.68，95%*CI* 1.23～2.30，*P* = 0.001）。值得注意的是，与未调整 CRP 的模型相比，调整后高四分位数组（Q_3、Q_4）的 *OR* 值呈现轻微增强，但其置信区间与调整前模型高度重叠，见表 3。

表 3　调整 CRP 后 TyG-LAP 与 CVD 风险的关联（*n* = 4 160）

项目	*OR*（95%*CI*）	*P*
TyG-LAP		
Q_1 组	1.00	
Q_2 组	1.25（0.93～1.68）	0.138
Q_3 组	1.50（1.11～2.01）	0.007
Q_4 组	1.62（1.19～2.21）	0.002

3.2　Cox 生存分析

在严格清洗数据并采用生存分析方法后，TyG-LAP 与 CVD 风险之间的正向关联依然显著且稳健。标准化后的 TyG-LAP（*Z*）每升高 1 个标准差，受访者发生 CVD 的风险增加 10%（*HR* = 1.10，95%*CI* 1.02～1.20，*P* = 0.019）。这一结果与主分析中多因素 logistic 回归得出的剂量-反应关系结论一致，见表 4。

表 4　*Z* 与 CVD 发病风险的 Cox 回归分析（*n* = 3 408）

项目	模型 1		模型 2	
	HR（95%*CI*）	*P*	*HR*（95%*CI*）	*P*
Z	1.20（1.12～1.29）	<0.001	1.10（1.02～1.20）	0.019

4　讨论

研究[10]表明，IR 是 CVD 的独立危险因素，早期准确识别 IR 对于 CVD 的一级和二级预防具有重要的临床意义。TyG 作为一种新型指标，已被证明在预测 IR 方面优于其他模型[11]。内脏脂肪组织过量更容易引起脂肪组织内分泌功能障碍，导致脂肪细胞因子网络失衡，进一步驱动 IR、内皮功能障碍及动脉粥样硬化进程[12-14]。现有研究[15-16]已分别证实 TyG 指数与 LAP 对 CVD 的独立预测价值。然而，本研究将二者联合构建 TyG-LAP，旨在更系统、更灵敏地捕捉 IR 与内脏脂肪蓄积的协同危害。近期一项队列研究[6]发现，相较于单一指标，青年期长期同时暴露于升高且波动的 TyG 与 LAP 水平，会显著增加中年期发生心脏代谢多发病及死亡的风险。这表明将反映糖脂代谢核心紊乱（TyG）与反映脂肪异常分布及脂毒性（LAP）的指标相结合，能够更全面地评估“IR-内脏脂肪堆积”这一相互加剧的恶性循环，从而实现对心血管代谢风险早期、精准的分层与识别。本研究将 TyG 与 LAP 指数结合，用前瞻性队列研究的方法探讨了 TyG-LAP 与新发 CVD 之间的关系。

本研究结果显示，TyG-LAP 与新发 CVD 的风险呈显著正相关（*P*<0.001）。RCS 分析证实 TyG-LAP 与新发 CVD 风险之间存在剂量-反应关系（$P_{总体}$ = 0.001）。随着 TyG-LAP 的增加，CVD 的发病风险呈上升趋势，当 TyG-LAP>20 000 时，新发 CVD 的风险显著上升。本研究结果进一步显示，经完全校正协变量后，Q_3 组和 Q_4 组新发 CVD 风险较 Q_1 组分别增加了 41%和 46%，提示 TyG-LAP 可以作为中老年人群 CVD 发生风险的预测指标之一，为早期筛查和识别 CVD 高危人群提供了可靠参考。进一步的亚组分析显示，婚姻状况可能对 TyG-LAP 与 CVD 风险的关联具有潜在的调节作用（$P_{交互}$ = 0.019），其余亚组均未表现出显著的交互作用，这表明 TyG-LAP 与 CVD 风险的关联在不同年龄、性别、教育水平、居住地、共病状态（高血压、糖尿病）及生活方式（吸烟、饮酒）人群中表现相对一致，这种关联的稳健性增强了 TyG-LAP 作为 CVD 风险预测指标的普适性价值。值得注意的是，尽管 BMI 作为肥胖的重要指标，其交互作用未达统计学显著性（$P_{交互}$ = 0.766），但各 BMI 亚组均显示一致的正向关联趋势，提示 TyG-LAP 与 CVD 风险的关系可能在各种体重状况人群中普遍存在。

在敏感性分析中，本研究专门评估了系统性炎症的潜在混杂效应。研究[17]表明，慢性低度炎症在动脉粥样硬化发生发展中扮演着核心角色，是连接代谢异常与血管病变的关键桥梁。TyG-LAP 作为一个同时反映 IR 和内脏脂肪蓄积的复合代谢指标，其升高可能正是触发并维持这种低度炎症状态的重要病理基础。这种持续的炎症反应可导致内皮功能障碍，并促进动脉粥样硬化斑块的形成与发展。例如，一项大型队列研究[18]发现，长期升高的炎症标志物（如白细胞介素-6）和胰岛素水平被证实能独立预测未来的心血管事件风险。因此，TyG-LAP 或可通过驱动慢性低度炎症，进而增加 CVD 风险。此外，本研究采用 Cox 比例风险模型对重新构建的“明确时间-事件”队列进行分析，结果显示，TyG-LAP 每升高 1 个标准差，CVD 风险增加 10%（*HR* = 1.10）。这一基于生存分析的结果与主分析中的因素 logistic 回归结论相互印证，证实了关联在不同统计模型下的可靠性。

本研究的关键优势在于依托大规模前瞻性队列数据，核心指标均源自 CHARLS 数据库，该标准化数据库具有高可及性与规范质控体系，为心脑血管疾病

等重大慢性病的全周期健康管理提供了可推广的实践范式。然而,本研究也存在一定的局限性。首先,本研究为依托于数据库的队列研究,CVD 患病情况来自患者自述,这种纳入方式可能引入信息偏倚;其次,一些药物的使用,如他汀类药物和 β 受体阻滞剂可能会影响 TG 水平,但由于数据库限制,该部分数据可用性不足,导致本研究无法在模型中对以上变量进行调整;再次,因数据缺失导致的样本剔除可能影响结果的外推性,本研究的发现更适用于数据完整、可进行此类代谢指标计算的中老年人群,未来应在更多样化人群中验证结果;最后,本研究仅采用基线单一时间点的 TyG-LAP 数据,未考察 TyG-LAP 动态变化对结局的影响,未来研究应利用具有多次重复测量数据的前瞻性队列,采用轨迹分析等高级统计方法,探索 TyG-LAP 随时间的变化模式及其与 CVD 风险的动态关联,以提供更精准的风险预测依据。

综上,本研究证实 TyG-LAP 与中老年人群新发 CVD 风险呈显著正相关,高水平 TyG-LAP 者风险尤其突出。这一发现为优化中老年 CVD 高危筛查提供了新依据,同时强调加强 IR 与内脏脂肪的综合管理对 CVD 一级预防的重要性。在未来将需要进一步通过多中心前瞻性队列研究,深入探索 IR 联合内脏脂肪指标对 CVD 发病的预测价值。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks 2023 Collaborators. Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases and risk factors in 204 countries and territories, 1990-2023[J]. J Am Coll Cardiol, 2025, 86(22): 2167-2243.

[2] 国家心血管病中心,中国心血管健康与疾病报告编写组,胡盛寿. 中国心血管健康与疾病报告 2024 概要[J]. 中国循环杂志,2025,40(6):521-559.

[3] Yang Y, Li S, Ren Q, et al. The interaction between triglyceride-glucose index and visceral adiposity in cardiovascular disease risk: findings from a nationwide Chinese cohort[J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23(1): 427.

[4] Kahn HS. The "lipid accumulation product" performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population-based comparison[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2005, 5: 26.

[5] Haidar S, Mahboub N, Papandreou D, et al. Triglyceride and glucose index as an optimal predictor of metabolic syndrome in lebanese adults[J]. Nutrients, 2024, 16(21): 3718.

[6] Zhou L, Wang J, Zhou Z, et al. Long-term dual-trajectories of TyG and LAP and their association with cardiometabolic multimorbidity in midlife: the CARDIA study[J]. Cardiovasc Diabetol, 2025, 24(1): 198.

[7] Bullen AL, Katz R, Kumar U, et al. Lipid accumulation product, visceral adiposity index and risk of chronic kidney disease[J]. BMC Nephrol, 2022, 23(1): 401.

[8] Guerrero-Romero F, Simental-Mendía LE, González-Ortiz M, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2010, 95(7): 3347-3351.

[9] Harrell FE Jr. Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis[M]. 2nd ed. Cham: Springer, 2015. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19425-7.

[10] Zhang Q, Xiao S, Jiao X, et al. The triglyceride-glucose index is a predictor for cardiovascular and all-cause mortality in CVD patients with diabetes or pre-diabetes: evidence from NHANES 2001-2018[J]. Cardiovasc Diabetol, 2023, 22(1): 279.

[11] Vasques AC, Novaes FS, de Oliveira Mda S, et al. TyG index performs better than HOMA in a Brazilian population: a hyperglycemic clamp validated study[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2011, 93(3): e98-e100.

[12] Han JS, Jeon YG, Oh M, et al. Adipocyte HIF2α functions as a thermostat via PKA Cα regulation in beige adipocytes[J]. Nat Commun, 2022, 13(1): 3268.

[13] Libby P. The changing landscape of atherosclerosis[J]. Nature, 2021, 592(7855): 524-533.

[14] Hwang I, Jo K, Shin KC, et al. GABA-stimulated adipose-derived stem cells suppress subcutaneous adipose inflammation in obesity[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2019, 116(24): 11936-11945.

[15] Ren Q, Huang Y, Liu Q, et al. Association between triglyceride glucose-waist height ratio index and cardiovascular disease in middle-aged and older Chinese individuals: a nationwide cohort study[J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23(1): 247.

[16] Taverna MJ, Martínez-Larrad MT, Frechtel GD, et al. Lipid accumulation product: a powerful marker of metabolic syndrome in healthy population[J]. Eur J Endocrinol, 2011, 164(4): 559-567.

[17] Gusev E, Sarapultsev A. Atherosclerosis and inflammation: insights from the theory of general pathological processes[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(9): 7910.

[18] Camps-Vilaro A, Subirana I, Ramos R, et al. Five-year changes in inflammatory, metabolic, and oxidative biomarkers and 10-year cardiovascular disease incidence: the REGICOR Cohort Study[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(9): 7934.

收稿日期:2025-11-11