· 基层卫生服务 ·

上海市社区高血压居民 C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数与脑卒中发病的关联研究

王英全[1],刘晓侠[2],刘丹妮[1],王玉琢[2],苏秋云[2],郑杨[1],施燕[1],杨群娣[1]
1. 上海市疾病预防控制中心 慢性非传染性疾病与伤害防治所,上海 200050;
2. 上海市疾病预防控制中心 自然人群队列研究所

摘要:目的 探究社区高血压人群 C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数(C - reactive protein - triglyceride index,CTI)与脑卒中发生的关联,并关注其在不同性别、年龄、超重肥胖状态人群中的差异,为社区脑卒中高危人群早期筛查与风险评估优化提供实证依据。**方法** 以 2017 年上海市慢性病及其危险因素监测数据为基线,依托上海市心脑血管急性事件登记报告,获取基线人群在 2017—2023 年间的脑卒中新发病例资料。采用 Kaplan - Meier 法评估 CTI 指数四分位水平下,脑卒中的累积发病风险,并使用 Log - rank 检验比较组间差异。运用多变量 Cox 比例风险回归模型进行 CTI 与高血压人群脑卒中发病的关联性分析。通过限制性立方样条(RCS)探究 CTI 与高血压人群脑卒中发病的剂量 - 反应关系,并进一步进行了不同性别、年龄及超重肥胖状态下的分层探索。**结果** 9 032 名研究对象中脑卒中新发病例 468 人(5.18%)。Kaplan - Meier 分析显示,CTI 四分位水平下,Q1 到 Q4 组脑卒中 6 年累积发病率分别为 3.70%、4.49%、4.38%、5.52%,差异显著(P = 0.019)。调整潜在混杂因素后,CTI 每增加一个单位,脑卒中发病风险可增加 37%(HR = 1.37, 95% CI: 1.13 ~ 1.68),与 Q1 组相比,Q4 组脑卒中发生风险可增加 63%(HR = 1.63, 95% CI: 1.17 ~ 2.28)。亚组分析显示,CTI 与脑卒中的关联见于女性(HR = 1.78, 95% CI: 1.32 ~ 2.39)和 > 60 岁人群(HR = 1.43, 95% CI: 1.15 ~ 1.78),暂未发现其在男性和 < 60 岁人群的统计学关联。RCS 结果表明,CTI 与脑卒中发病呈线性的剂量反应关系($P_{overall}$ < 0.01, $P_{nonlinear}$ = 0.818),且该线性关联在各亚组中均存在。**结论** CTI 指数与高血压人群新发脑卒中密切相关,在上海市社区脑卒中高危人群早期筛查与风险评估领域可能具备一定的应用价值。

关键词:C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数;社区;高血压人群;脑卒中;关联
中图分类号:743.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1003 - 8507(2026)18 - 3336 - 08
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202604180

Association between C - reactive protein - triglyceride - glucose index (CTI) and incident stroke in community - dwelling adults with hypertension in Shanghai

WANG Ying - quan*, LIU Xiao - xia, LIU Dan - ni, WANG Yu - zhuo, SU Qiu - yun, ZHENG Yang, SHI Yan, YANG Qun - di
* *Chronic Non - communicable Disease and Injury Prevention and Control Institute, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai* 200050, *China*

Abstract: Objective To investigate the association between the C - reactive protein - triglyceride - glucose index (CTI) and incident stroke in community - dwelling adults with hypertension, and explore its heterogeneity across subgroups defined by sex, age, and overweight/obesity status, so as to provide empirical evidence for optimizing early screening and management of high - risk stroke populations in community settings. **Methods** Using baseline data from the 2017 Shanghai Chronic Disease and Risk Factor Surveillance, we linked participants to the Shanghai Acute Cardiovascular and Cerebrovascular Event Registry to identify incident stroke cases between 2017 and 2023. The Kaplan - Meier method was used to estimate the 6 - year cumulative incidence of stroke across CTI quartiles, and intergroup differences were compared using the Log - rank test. Multivariable Cox proportional hazards regression models were applied to examine the association between CTI and incident stroke. Restricted cubic spline (RCS) analysis was performed to explore the dose - response relationship between CTI and

基金项目:癌症、心脑血管、呼吸和代谢性疾病防治研究国家科技重大专项(2024ZD0524201);上海市中央引导地方科技发展资金项目(YDZX20253100003002);上海市公共卫生研究专项青年项目(2025GKQ05);上海市临床研究专项青年项目(20264Y0212)
作者简介:王英全(1995—),男,硕士,主管医师,研究方向:慢性病预防控制研究
通信作者:杨群娣,E - mail:yangqundi@scdc.sh.ch

stroke risk, with further stratified analyses by sex, age, and overweight/obesity status. **Results**　Among 9 032 participants, 468 incident stroke cases were identified (5.18%). Kaplan – Meier analysis showed that the 6 – year cumulative incidence of stroke was 3.70%, 4.49%, 4.38%, and 5.52% for CTI quartiles 1 to 4, respectively, with a statistically significant intergroup difference (P = 0.019). After adjusting for potential confounders, each 1 – unit increase in CTI was associated with a 37% higher risk of incident stroke (HR = 1.37, 95% CI: 1.13 – 1.68). Compared with the lowest CTI quartile (Q1), participants in the highest quartile (Q4) had a 63% increased risk of stroke (HR = 1.63, 95% CI: 1.17 – 2.28). Subgroup analyses revealed that the significant association between CTI and stroke was observed only in women (HR = 1.78, 95% CI: 1.32 – 2.39) and adults aged ≥60 years (HR = 1.43, 95% CI: 1.15 – 1.78), while no statistically significant association was detected in men or adults aged <60 years. RCS analysis further supported a linear association between CTI and incident stroke (overall P < 0.01, nonlinear P < 0.01). **Conclusion**　The CTI index is significantly associated with incident stroke in adults with hypertension, and may have potential application value in early screening and risk assessment of high – risk stroke populations in Shanghai communities.

Keywords: C – reactive protein – triglyceride – glucose index; Community; Hypertension; Stroke; Association

脑卒中是造成全球成人致残、致死的重要疾病之一[1-2]。在我国,脑卒中患病人数位居全球首位,且发病率持续上升。1990 年至 2021 年,我国脑卒中发病率上升 100.64%,当前脑卒中患者超过 1 200 万人,成为重大公共卫生挑战[3-4]。高血压是脑卒中的重要危险因素,患者发生脑卒中风险是血压正常者的 4 ~ 6 倍,与 50% 以上的缺血性脑卒中和 70% 的出血性脑卒中有关[4]。因此,筛选适宜的高血压患者脑卒中风险识别标志,对于脑卒中的防控具有重要意义。胰岛素抵抗(Insulin resistance,IR)是多种代谢相关疾病的常见病理机制,通过促进炎症、氧化应激及损害内皮细胞功能等与动脉粥样硬化和脑卒中的发生发展密切相关[5-6]。甘油三酯葡萄糖(TyG)指数作为一种胰岛素抵抗生物标志物,已有越来越多的证据表明其与脑卒中等疾病存在显著关联[7-9]。此外,炎症同样是脑卒中的重要危险因素,可通过促进动脉粥样硬化、血栓形成及损害血管内皮功能,显著提升脑卒中的发生风险[10-11]。C 反应蛋白(CRP)作为一种非特异性炎症指标,与脑卒中密切相关,成为评估脑卒中风险的潜在生物标志物之一[12-13]。C 反应蛋白 – 甘油三酯 – 葡萄糖指数(CTI)因结合 TyG 与 CRP 两项指标,更能综合地反映胰岛素抵抗和炎症反应,已证明对恶性肿瘤死亡、冠心病、脑卒中等疾病风险的评估及预测中具备一定的应用价值[14-17]。上海作为我国超大城市的代表,快节奏的生活方式、高密度的建成环境等使得心脑血管疾病问题得到高度关注。2024 年上海市慢性病及其危险因素监测显示,本市成人高血压患病率已达 35%,亟需开展脑卒中高危人群的早期风险识别与分层干预。本研究旨在探索上海市社区高血压人群 CTI 与脑卒中发生的关联,并关注其在不同性别、年龄、超重肥胖状态人群中的差异,为社区脑卒中高危人群早期筛查与管理优化提供实证依据。

1　资料与方法

1.1　资料来源　研究利用 2017 年上海市慢性病及其危险因素监测数据,采用多阶段分层抽样选取上海市 18 岁以上常住居民为调查对象[18]。监测内容包括问卷调查、身体测量、实验室检测三部分。问卷调查包括个人基本信息、行为生活方式及主要慢性病的患病、控制情况、家族史等。身体测量包括身高、体重、腰围和血压,并采用符合国家计量认证要求的统一标准及仪器设备进行测量。实验室检测采集调查对象空腹静脉血,测定空腹静脉血糖(FPG)、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)、C 反应蛋白(CRP)等。调查通过上海市疾病预防控制中心伦理委员会审核(编号:2016 – 10),调查对象均签署知情同意书。

实际完成有效对象 20 616 人,排除脑卒中病史(1 201 人)、非高血压患者(10 215 人)、部分变量缺失(168 人)对象后,基线共纳入高血压居民 9 032 人。依托上海市心脑血管急性事件登记报告,获取基线人群在 2017—2023 年间的脑卒中新发病例资料,涵盖全市各级医疗机构登记报告的新发病例及死亡补发病例[19]。脑卒中包括蛛网膜下腔出血(I60)、脑出血(I61 ~ I62)、脑梗死(I63)、及未分类卒中(I64)。

1.2　指标定义　(1)高血压:收缩压≥140 mmHg 和(或)舒张压≥90 mmHg,及自报已在医疗机构确诊或两周内服用降压药[20]。(2)糖尿病:FPG ≥ 7.0 mmol/L,或自报已在医疗机构确诊[21]。(3)血脂异常:胆固醇(TC)≥6.2 mmol/L;高密度脂蛋白胆固醇(HDL – C) <1.0 mmol/L;低密度脂蛋白胆固醇(LDL – C)≥4.1 mmol/L;甘油三酯(TG)≥2.3 mmol/L,以上 4 项中出现 1 项及以上定义为血脂异常[22]。(4)吸烟:调查时 12 个月内存在吸烟行为。(5)饮酒:调

查时 12 个月内存在饮酒行为。(6)体质指数(body mass index,BMI):衡量全身性肥胖,BMI < 24 kg/m^2 为正常体重,24 kg/m^2 ≤BMI < 28 kg/m^2 为超重,BMI ≥28 kg/m^2 为肥胖[23]。(7)蔬菜摄入不足:人均每日蔬菜摄入低于 300 克定义为蔬菜摄入不足[24]。(8)红肉摄入过量:人均每日摄入量在 100 克以上定义为红肉摄入过量[25]。(9)身体活动不足:18 岁及以上人群,每周中等强度活动时间不足 150 分钟或相当量,定义为身体活动不足。(10)心脑血管疾病家族史:调查对象父母、兄弟姐妹、祖父母存在心脑血管疾病患病。(11)C 反应蛋白 - 甘油三酯 - 葡萄糖指数:$CTI = 0.412 \times \lg(CRP[mg/L]) + \lg(TG[mg/dl] \times FPG[mg/dl])/2$[8-9]。

1.3 *统计方法* 以频数或率表示计数资料,以 χ^2 检验进行分类变量的组间比较,以 t 检验进行连续型变量的比较。根据四分位数,将研究指标分为 Q1、Q2、Q3、Q4 四组,采用 Kaplan - Meier 法估算 CTI 各组新发脑卒中的累积发病风险,并通过 Log - rank 检验比较组间差异。运用多变量 Cox 比例风险回归模型进行 CTI 与高血压人群脑卒中发病的关联性分析。通过限制性立方样条(RCS)探究 CTI 与高血压人群脑卒中发病的剂量 - 反应关系。以上分析采用 R 4.4.1 统计软件,检验水准 $\alpha = 0.05$。

2 结 果

2.1 *调查对象的基本特征* 研究基线纳入高血压居民9 032人,其中男性3 927人(43.5%),女性5 105人(56.5%)。调查对象以 60 岁以上为主(71.5%),高中以上文化程度占比 29.4%,已婚居民占比 87.5%。随访期间,脑卒中新发 468 人,与非脑卒中人群相比,脑卒中人群在性别、年龄、教育程度、婚姻状况、吸烟、糖尿病史等方面存在差异($P < 0.05$)。新发脑卒中人群基线 CTI 水平(7.89 ± 0.60)高于非脑卒中人群(7.80 ± 0.57),差异具有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。Kaplan - Meier 分析显示,CTI 四分位水平下,Q1 到 Q4 组的脑卒中 6 年累积发病率分别为 3.70%、4.49%、4.38% 和 5.52%,差异显著($P = 0.019$),见图 1。

表 1 调查对象的基本特征

Table 1 Baseline characteristics

特征	脑卒中(n = 468)	非脑卒中(n = 8 564)	统计量	P 值
性别			8.824	0.002
男性	235(6.0)	3 692(94.0)		
女性	233(4.6)	4 872(95.4)		
年龄(岁)			67.618	<0.001
18 ~ 44	8(2.2)	362(97.8)		
45 ~ 59	65(2.9)	2 139(97.1)		
60 ~ 74	276(5.4)	4 848(94.6)		
≥75	119(8.9)	1 215(91.1)		
教育程度			9.554	0.022
小学及以下	191(6.2)	2 901(93.8)		
初中	154(4.7)	3 136(95.3)		
高中	87(4.7)	1 759(95.3)		
大学及以上	36(4.5)	768(95.5)		
婚姻状况			15.014	<0.001
已婚	385(4.9)	7 522(95.1)		
未婚/离婚	83(7.4)	1 042(92.6)		
家庭年收入(万元)			3.482	0.062
<5	298(5.6)	5 071(94.4)		
>5	170(4.6)	3 493(95.4)		
吸烟			5.932	0.014
是	139(6.2)	2 106(93.8)		
否	329(4.8)	6 458(95.2)		
饮酒			<0.001	0.998
是	93(5.2)	1 711(94.8)		
否	375(5.2)	6 853(94.8)		
体质指数(BMI)			4.412	0.224
低体重	10(5.8)	161(94.2)		
正常体重	157(4.6)	3 231(95.4)		
超重	217(5.7)	3 587(94.3)		

（续表）

特征	脑卒中（n = 468）	非脑卒中（n = 8 564）	统计量	P 值
肥胖	84（5.0）	1 585（95.0）		
蔬菜摄入不足			0.078	0.783
是	180（5.1）	3 359（94.9）		
否	288（5.2）	5 205（94.8）		
红肉摄入过量			0.826	0.364
是	43（4.5）	910（95.5）		
否	425（5.3）	7 654（94.7）		
身体活动水平			0.550	0.762
低水平	108（5.4）	1 879（94.6）		
中等水平	182（5.2）	3 295（94.8）		
高水平	178（5.0）	3 390（95.0）		
糖尿病			11.554	<0.001
是	120（6.8）	1 639（93.2）		
否	348（4.8）	6 925（95.2）		
血脂异常			0.624	0.431
是	197（5.4）	3 438（94.6）		
否	271（5.0）	5 126（95.0）		
心脑血管疾病家族史			0.322	0.572
是	55（4.8）	1 093（95.2）		
否	413（5.2）	7 471（94.8）		
CTI（$\bar{x} \pm s$）	7.89 ± 0.60	7.80 ± 0.57	3.190	0.001

注：分类变量统计量为卡方值，连续变量（CTI）统计量为 t 值。

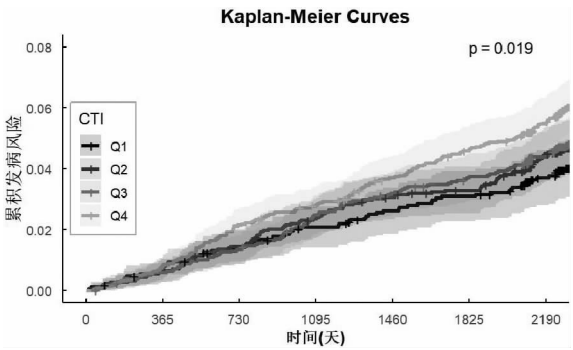


图 1　高血压人群 CTI 与脑卒中的 6 年累积发病率

Fig. 1　6 – Year cumulative incidence of stroke stratified by CTI in patients with hypertension

2.2　CTI 与脑卒中发病的关联分析　COX 回归分析显示，调整性别、年龄、教育程度、婚姻状况、家庭年收入、吸烟、饮酒、BMI、蔬菜摄入不足、红肉摄入过多、身体活动水平、糖尿病、血脂异常、心脑血管疾病家族史等混杂因素后，CTI 与脑卒中发生关联显著。CTI 每增加 1，脑卒中发病风险可增加 37%（HR = 1.37，95% CI：1.13 ~ 1.68），与 Q1 组相比，Q4 组脑卒中发生风险可增加 63%（HR = 1.63，95% CI：1.17 ~ 2.28）。亚组分析中，CTI 与脑卒中的关联见于女性（HR = 1.78，95% CI：1.32 ~ 2.39）和 60 岁以上人群（HR = 1.43，95% CI：1.15 ~ 1.78），暂未发现其在男性和 60 岁以下人群的统计学关联。见表 2。

表 2　高血压人群 CTI 与脑卒中发生风险的 COX 回归分析［HR（95% CI）］

Table 2　Cox proportional hazards regression analysis of the association between CTI and stroke risk in patients with hypertension［HR（95% CI）］

指标	人群及亚组			
	总体	男性	女性	≥60 岁
CTI（每增加 1）	1.37（1.13 ~ 1.68）[b]	1.10（0.84 ~ 1.45）	1.78（1.32 ~ 2.39）[b]	1.43（1.15 ~ 1.78）[b]
Q1	1.00	1.00	1.00	1.00
Q2	1.21（0.89 ~ 1.65）	1.55（1.05 ~ 2.28）[a]	1.10（0.67 ~ 1.41）	1.26（0.90 ~ 1.77）
Q3	1.24（0.91 ~ 1.68）	1.28（0.84 ~ 1.95）	1.21（0.75 ~ 1.75）	1.32（0.94 ~ 1.85）
Q4	1.63（1.17 ~ 2.28）[b]	1.27（0.79 ~ 2.06）	2.24（1.41 ~ 3.56）[b]	1.73（1.20 ~ 2.50）[b]

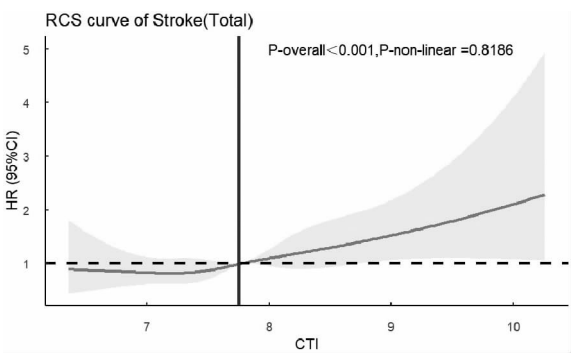
指标	人群及亚组		
	<60 岁	超重肥胖	非超重肥胖
CTI（每增加 1）	1.09（0.67 ~ 1.77）	1.37（1.06 ~ 1.77）[a]	1.36（1.05 ~ 1.88）[a]
Q1	1.00	1.00	1.00
Q2	0.98（0.54 ~ 2.17）	1.21（0.78 ~ 1.88）	1.04（0.66 ~ 1.65）

（续表）

指标	人群及亚组		
	<60 岁	超重肥胖	非超重肥胖
Q3	1.02(0.58 ~ 2.19)	1.26(0.82 ~ 1.93)	1.06(0.66 ~ 1.69)
Q4	1.36(0.67 ~ 3.09)	1.58(1.03 ~ 2.49)[a]	1.65(1.03 ~ 2.72)[a]

注：a $P<0.05$，b $P<0.01$；Q1 – Q4 为 CTI 的四分位数分组，Q1 为参照组；调整性别、年龄、教育程度、婚姻状况、家庭年收入、吸烟、饮酒、体质指数、蔬菜摄入不足、红肉摄入过多、身体活动水平、糖尿病、血脂异常、心脑血管疾病家族史。

2.3 CTI 与新发脑卒中关联的剂量反应关系 控制混杂因素后，限制性立方样条结果表明社区高血压人群 CTI 与脑卒中发生呈线性剂量反应关系（$P<0.001$，非线性 $P=0.819$），脑卒中发病风险随着 CTI 水平的上升而升高。亚组分析中，不同性别、年龄、肥胖状态下 CTI 与脑卒中发生均呈线性剂量反应关系，见图 2、图 3。



注：调整性别、年龄、教育程度、婚姻状况、家庭年收入、吸烟、饮酒、体质指数、蔬菜摄入不足、红肉摄入过多、身体活动水平、糖尿病、血脂异常、心脑血管疾病家族史。

图 2 高血压人群 CTI 与脑卒中发病的剂量 – 反应关系

Fig. 2 Dose – response relationship between CTI and risk of stroke in patients with hypertension

3 讨 论

研究基于 2017 年上海市慢性病及其危险因素监测数据与上海市脑卒中及急性心肌梗死登记报告数据，探讨社区高血压人群 C 反应蛋白 – 甘油三酯 – 葡萄糖指数（CTI）与新发脑卒中的关联性。研究发现，高血压人群的 CTI 水平与新发脑卒中风险呈显著正向关联，CTI 每升高 1 个单位，脑卒中发病风险可增加 37%。亚组分析表明，该关联见于女性及 >60 岁人群。限制性立方样条结果支持了 CTI 与脑卒中发病的线性剂量反应关系。

CTI 通过整合甘油三酯葡萄糖指数（TyG）与 C – 反应蛋白，可反映机体血糖、脂代谢与慢性炎症的综合水平，近年来在代谢性疾病与心脑血管疾病风险评估领域受到广泛关注。既往大量研究已证实，TyG 与 CRP 均与脑卒中发病风险呈正向关联[26-29]。其中，Zhou 等基于 4 万余例研究对象的前瞻性队列研究发现，TyG 的长期变化轨迹与脑卒中发病风险显著相关[30]。Huo 等利用中国健康与养老追踪调查（CHARLS）纵向数据，表明基线 TyG 水平与脑卒中风险增加呈正相关[31]。Huang 等聚焦于高血压人群，TyG 指数可有效识别高血压人群的脑卒中发病风险[32]。与此同时，CRP 作为慢性炎症的核心生物标志物，其与脑卒中的关联也已得到广泛验证。McCabe 等纳入 10 项前瞻性研究 8 420 例研究对象分析显示，血清 CRP 水平升高与脑卒中发病风险呈显著正向关联[13]。Yang 等则通过孟德尔随机化研究，进一步明确了 CRP 水平升高与脑卒中发病之间的因果关联[33]。不仅如此，现有研究已证实 CTI 与心脑血管疾病发病及不良预后密切相关[34]。Sun 等利用美国国家健康与营养调查（NHANES）数据发现，CTI 水平升高与心血管疾病的发病风险、全因死亡率上升均呈显著关联[35]。Tang 等同样基于 NHANES 数据的分析显示，CTI 指数与冠心病、2 型糖尿病死亡风险显著关联[36]。Huo 等基于 CHARLS 数据的研究进一步证实，在普通人群与糖尿病前期人群中，CTI 水平均与脑卒中发病风险呈正向线性关联[17]。上述研究提示了 CTI 指数在社区人群心脑血管疾病风险识别中的潜在应用价值，与本研究结论一致。

CTI 与脑卒中发病关联的潜在机制可能在于其对 IR 与慢性炎症的综合评估能力[37]。一方面，IR 通过抑制 PI3K/NO 通路，引发内皮功能障碍和促血栓形成状态[26]。同时，IR 常伴随高甘油三酯血症等脂代谢紊乱，可能进一步加剧血管壁脂质沉积与粥样硬化斑块进展。另一方面，慢性炎症反应可通过诱导血管内皮损伤、促进脂质氧化沉积、上调促凝因子表达诱发血栓形成等多个因素促进脑卒中的发生发展[38]。不仅如此，高血压作为本研究目标人群，其血管壁长期处于高应力状态，可能已存在一定的内皮功能损伤。在此基础上，IR 与慢性炎症可能进一步加剧血管内皮损伤与功能障碍，加速粥样硬化斑块的进展，从而加剧了脑卒中的发病风险[39]。

亚组分析显示，CTI 与脑卒中发病的关联见于女性人群，这可能与女性绝经后雌激素水平下降有关。雌激素本身具备抗炎、改善胰岛素敏感性能力，其水

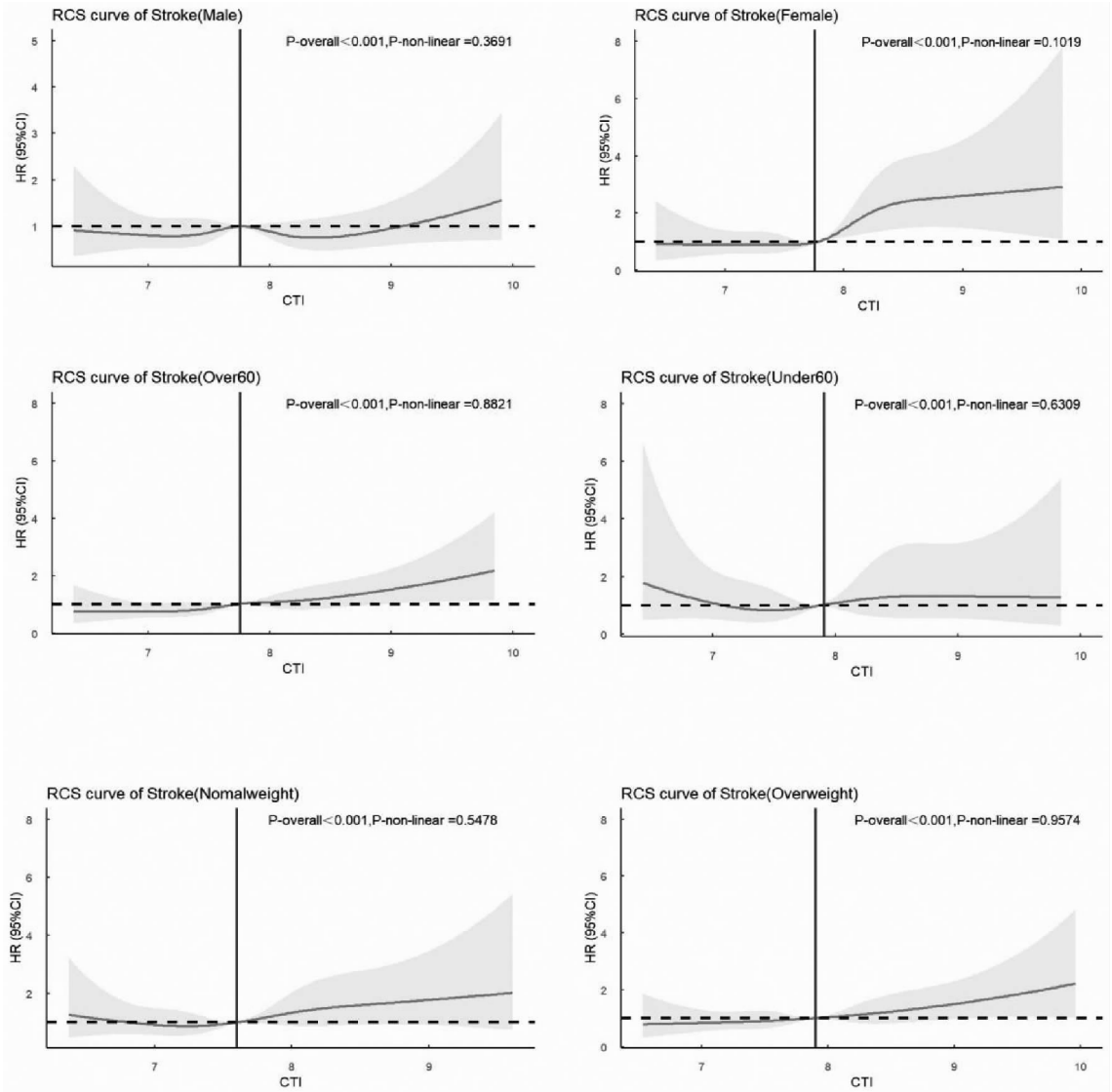


图 3　高血压人群 CTI 与脑卒中发病的剂量－反应关系(性别、年龄与超重肥胖亚组)

Fig. 3　Dose－response relationships between CTI and stroke risk in subgroups stratified by sex, age, and overweight/obesity

平降低可能增加女性对胰岛素抵抗、慢性炎症的易感性[40]。此外,年龄作为脑卒中的关键危险因素,老年人群血管老化、动脉粥样硬化负荷加重,IR 与慢性炎症的累积效应凸显,使得 CTI 与脑卒中的风险关联主要见于 >60 岁人群[41]。同时,研究发现该关联在正常体重和超重肥胖人群中均较为显著。即便体重正常,部分个体仍可能存在代谢异常状态,如代谢异常型正常体重表型(MUNW)[42]。CTI 可能有助于补充传统 BMI 局限,有效识别这一脑卒中高危人群。

本研究聚焦于高血压这一特定人群,发现 CTI 指数与其脑卒中发病密切相关。CTI 指数相关计算均为临床常规检测项目,可作为一个简便、经济的社区高血压人群脑卒中风险评估工具,为脑卒中高危人群的早期筛查与管理优化提供新的视角。研究基于多阶段分层抽样及前瞻性研究设计,依托标准化的疾病登记报告获取脑卒中结局事件,具备较好地代表性和证据力度。未来可进一步探讨 CTI 与脑卒中不同亚型的关系,并在更多不同区域、人群中进行验证。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990 – 2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. The Lancet Neurology, 2021, 20(10): 795 – 820.

[2] Ma Q, Li R, Wang L, et al. Temporal trend and attributable risk factors of stroke burden in China, an analysis for the global burden of disease study 2019[J]. Lancet Public Health, 2021, 6(12): e897 – e906.

[3] Wang J, Xiao CL, Cheng Z, et al. Analysis and prediction of disease burden of stroke and its subtypes in China from 1990 to 2040[J]. Chin Med J (Engl), 2025, 138(19): 2452 – 2463.

[4] 国家卫生健康委加强脑卒中防治工作减少百万新发残疾工程专家委员会,吉训明.《2024 年中国脑卒中防治报告》概要[J].

首都医科大学学报,2025,46(6):947 - 960.
Expert Committee of the National Health Commission Project for Strengthening Stroke Prevention and Treatment and Reducing One MillionNew Disabilities, Ji XM. Summary of the 2024 China stroke prevention and treatment report[J]. Journal of Capital Medical University, 2025, 46(6): 947 - 960. (In Chinese)

[5] DiPino A, Defronzo RA. Insulin resistance and atherosclerosis: implications for insulin - sensitizing agents[J]. Endocrine Reviews, 2019, 40(6): 1447 - 1467.

[6] Scott DA, Ponir C, Shapiro MD, et al. Associations between insulin resistance indices and subclinical atherosclerosis: a contemporary review[J]. American Journal of Preventive Cardiology, 2024, 18(1): 100676.

[7] Wu YL, Yang YB, Zhang JS, et al. The change of triglyceride - glucose index may predict incidence of stroke in the general population over 45 years old[J]. Cardiovascular Diabetology, 2023, 22(1): 132.

[8] Cui CC, Qi YT, Song JY, et al. Comparison of triglyceride glucose index and modified triglyceride glucose indices in prediction of cardiovascular diseases in middle aged and older Chinese adults[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 185.

[9] Xia X, Chen SH, Tian X, et al. Association of triglyceride - glucose index and its related parameters with atherosclerotic cardiovascular disease: evidence from a 15 - year follow - up of Kailuan cohort[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 208.

[10] Chaturvedi S, De marchis GM. Inflammatory biomarkers and stroke subtype: an important new frontier[J]. Neurology, 2024, 102(2): e208098.

[11] Zhu YH, Xian XM, Wang ZZ, et al. Research progress on the relationship between atherosclerosis and inflammation[J]. Biomolecules, 2018, 8(3): 80.

[12] Kaptoge S, Di AE, Lowe G, et al. C - reactive protein concentration and risk of coronary heart disease, stroke, and mortality: an individual participant meta - analysis[J]. Lancet, 2010, 375(9709): 132 - 140.

[13] Mccabe JJ, Walsh C, Gorey S, et al. C - reactive protein, interleukin - 6, and vascular recurrence after stroke: an individual participant data meta - analysis[J]. Stroke, 2023, 54(5): 1289 - 1299.

[14] Zhao DF. Value of C - reactive protein - triglyceride glucose index in predicting cancer mortality in the general population: results from national health and nutrition examination survey[J]. Nutr Cancer, 2023, 75(10): 1934 - 1944.

[15] Huang CJ, You HT, Zhang YY, et al. Association between C - reactive protein - triglyceride glucose index and depressive symptoms in American adults: results from the NHANES 2005 to 2010[J]. BMC Psychiatry, 2024, 24(1): 890.

[16] Xu M, Zhang L, Xu D, et al. Usefulness of C - reactive protein - triglyceride glucose index in detecting prevalent coronary heart disease: findings from the national health and nutrition examination survey 1999 - 2018[J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 15(11): 1485538.

[17] Huo GJ, Tang Y, Liu ZN, et al. Association between C - reactive protein - triglyceride glucose index and stroke risk in different glycemic status: insights from the China health and retirement longitudinal study (CHARLS)[J]. Cardiovascular Diabetology, 2025, 24(1): 142.

[18] 郑杨,王英全,刘丹妮,等. 上海市社区居民中心性肥胖与打鼾对血脂异常的交互作用[J]. 现代预防医学,2023,50(9):1548 - 1554.
Zheng Y, Wang YQ, Liu DN, et al. Interaction of central obesity and snoring on dyslipidemia in Shanghai: a cross - sectional study[J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(9): 1548 - 1554. (In Chinese)

[19] 苏旭燕,王玉琢,吴毅凌,等. 2017—2022 年上海市松江区脑卒中发病流行特征[J]. 上海预防医学,2024,36(11):1065 - 1069.
Su XY, Wang YZ, Wu YL, et al. Epidemiological characteristics of stroke incidence from 2017 to 2022 in Songjiang district, Shanghai[J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2024, 36(11): 1065 - 1069. (In Chinese)

[20] Lee JH, Jeon S, Lee HS, et al. Trajectories of triglyceride - glucose index changes and their association with all - cause and cardiovascular mortality: a competing risk analysis[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 364.

[21] 中国高血压防治指南修订委员会,高血压联盟(中国),中国医疗保健国际交流促进会高血压分会等. 中国高血压防治指南(2024 年修订版)修订委员会[J]. 中华高血压杂志,2024,32(7):603 - 700.
Revision Committee of Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Hypertension, Hypertension League of China, Hypertension Branch of China International Exchange and Promotive Association for Medical and Health Care, et al. Chinese guidelines for the prevention and treatment of hypertension (2024 revised edition)[J]. Chinese Journal of Hypertension, 2024, 32(7): 603 - 700. (In Chinese)

[22] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)[J]. 中华糖尿病杂志,2018,10(1):4 - 67.
Chinese Diabetes Society. Guidelines for the prevention and treatment of type 2 diabetes in China (2017 edition)[J]. Chinese Journal of Diabetes Mellitus, 2018, 10(1): 4 - 67. (In Chinese)

[23] 中国血脂管理指南修订联合专家委员会,王增武,李建军,等. 中国血脂管理指南(基层版 2024 年)[J]. 中国循环杂志,2024,39(4):313 - 321.
Joint Committee on the Chinese Guidelines for Lipid Management, Wang ZW, Li JJ, et al. Chinese guideline for lipid management (primary care version 2024)[J]. Chinese Circulation Journal, 2024, 39(4): 313 - 321. (In Chinese)

[24] 国家卫生健康委员会肥胖症诊疗指南编写委员会,张忠涛,纪立农. 肥胖症诊疗指南(2024 年版)[J]. 中国循环杂志,2025,40(1):6 - 30.
National Health Commission of the People's Republic of China Writing Committee for Clinical Practice Guideline on Obesity, Zhang ZT, Ji LN. Clinical practice guideline on obesity management (2024 edition)[J]. Chinese Circulation Journal, 2025, 40(1): 6 - 30. (In Chinese)

[25] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022)[M]. 北京:人民卫生出版社,2022.
Chinese Nutrition Society. Dietary guidelines for Chinese residents

(2022)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022. (In Chinese)

[26] Gao A, Peng B, Gao YN, et al. Evaluation and comparison of inflammatory and insulin resistance indicators on recurrent cardiovascular events in patients undergoing percutaneous coronary intervention: a single center retrospective observational study[J]. Diabetology & Metabolic Syndrome, 2025, 17(1): 157.

[27] 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.

[28] Cui CC, Liu L, Qi YT, et al. Joint association of TyG index and high sensitivity C-reactive protein with cardiovascular disease: a National cohort study[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 156.

[29] Yang Y, Huang XT, Wang YG, etal. The impact of triglyceride-glucose index on ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Cardiovascular Diabetology, 2023, 22(1): 2.

[30] Zhou H, Ding X, Lan YL, et al. Dual-trajectory of TyG levels and lifestyle scores and their associations with ischemic stroke in a non-diabetic population: a cohort study[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 225.

[31] Huo RR, Liao Q, Zhai L, et al. Interacting and joint effects of triglyceride-glucose index (TyG) and body mass index on stroke risk and the mediating role of TyG in middle-aged and older Chinese adults: a nationwide prospective cohort study[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 30.

[32] Huang Z, Ding X, Yue Q, et al. Triglyceride-glucose index trajectory and stroke incidence in patients with hypertension: a prospective cohort study[J]. Cardiovascular Diabetology, 2022, 21(1): 141.

[33] Yang T, Xie WJ, Hu FW, et al. Causal relationship between C-reactive protein and ischemic stroke caused by atherosclerosis: a Mendelian randomization study[J]. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, 2024, 33(9): 107873.

[34] Zhang L, Li S, Liu D, et al. The relationship between C-reactive protein-triglyceride-glucose index and cardiovascular disease: insights from the China health and retirement longitudinal study (CHARLS)[J]. Cardiovascular Diabetology, 2025, 24(1): 410.

[35] 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.

[36] Tang N, Chen XJ, Li HR, et al. Association of C reactive protein triglyceride glucose index with mortality in coronary heart disease and type 2 diabetes from NHANES data[J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 24687.

[37] Ruan GT, Deng L, Xie HL, et al. Systemic inflammation and insulin resistance-related indicator predicts poor outcome in patients with cancer cachexia[J]. Cancer & Metabolism, 2024, 12(1): 3.

[38] Hierons SJ, Marsh JS, Wu DM,et al. The interplay between non-esterified fatty acids and plasma zinc and its influence on thrombotic risk in obesity and type 2 diabetes[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(18): 10140.

[39] Rolver MG, Emanuelsson F, Nordestgaard BG, et al. C-reactive protein and prospective cardiometabolic risk: observational and Mendelian randomization study of ischemic stroke and all-cause death[J]. Cardiovascular Diabetology, 2025, 25(1): 11.

[40] Cipolla MJ, Liebeskind DS, Chan SL. The importance of comorbidities in ischemic stroke: Impact of hypertension on the cerebral circulation[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2018, 38(12): 2129-2149.

[41] Vieira-Potter VJ, Mishra G, Townsend KL. Health of adipose tissue: oestrogen matters[J]. Nature Reviews Endocrinology, 2026, 22(2): 76-91.

[42] Schulze MB, Stefan N. Metabolically healthy obesity: from epidemiology and mechanisms to clinical implications[J]. Nature Reviews Endocrinology, 2024, 20(11): 633-646.

收稿日期:2026-04-13

(上接第 3297 页)

[17] Kelly SJ, Ismail M. Stress and type 2 diabetes: a review of how stress contributes to the development of type 2 diabetes[J]. Annu Rev Public Health, 2015, 36(1):441-462.

[18] Uranga RM, Keller JN. The complex interactions between obesity, metabolism and the brain[J]. Front Neurosci, 2019, 13(2): 513.

[19] Hackett RA, Steptoe A. Type 2 diabetes mellitus and psychological stress - a modifiable risk factor[J]. Nature Reviews Endocrinology, 2017, 13(9): 547-560.

[20] Liu JY, Yao C, Wang YT, et al. Non-drug interventions of traditional Chinese medicine in preventing type 2 diabetes: a review[J]. Chinese Medicine, 2023, 18(1): 151.

[21] Ferrucci L, Fabbri E. Inflammageing: chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty[J]. Nature Reviews Cardiology, 2018, 15(9): 505-522.

[22] Strain JJ. The psychobiology of stress, depression, adjustment disorders and resilience[J]. World J Biol Psychiatry, 2018, 19(sup1): S14-S20.

[23] Wu M, Zhang Y, Mawditt C, et al. Bidirectional association between clustering of health-related behaviours and depression in mid- and older-aged adults: a longitudinal study in China and Japan[J]. Journal of Affective Disorders, 2025, 376(1): 294-301.

[24] Jang JH, Kim W, Moon JS, et al. Association between sleep duration and incident diabetes mellitus in healthy subjects: a 14-year longitudinal cohort study[J]. J Clin Med, 2023, 12(8): 2899.

[25] Xu Y, Lu JL, Li M, et al. Diabetes in China part 1: epidemiology and risk factors[J]. Lancet Public Health, 2024, 9(12): e1089-e1097.

收稿日期:2026-03-05