

引用格式:彭艳,李书国,邓娟娟,等.基于CHARLS数据库探讨胰岛素抵抗相关指标对新发脑卒中的预测价值[J].巴楚医学,2025,8(3):74-80.

DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.03.012

Cite as: Peng Y, Li S G, Deng J J, et al. Predictive Value of Insulin Resistance-Related Indicators on New-onset Stroke Based on the CHARLS

Database[J]. Bachu Medical Journal, 2025, 8(3): 74-80. DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.03.012

基于 CHARLS 数据库探讨胰岛素抵抗相关指标 对新发脑卒中的预测价值

彭艳 李书国 邓娟娟 邵文

(三峡大学第一临床医学院[宜昌市中心人民医院]老年病科,湖北宜昌 443003)

摘要: **目的:**探讨胰岛素抵抗(IR)相关指标对新发脑卒中的预测价值。**方法:**选取2011年—2018年中国健康与养老追踪调查数据库中的6501例中老年人为研究对象,其中新发脑卒中303例。使用Cox回归模型探究IR指标与新发脑卒中之间的相关性,同时采用限制性立方样条模型来检测可能的非线性关联。采用了受试者工作特征曲线评估各指标的预测性能。**结果:**IR相关指标与新发脑卒中呈正相关,包括中国内脏肥胖指数(CVAI)($HR=1.744, 95\%CI:1.475, 2.061$)、脂质积累产物(LAP)($HR=1.696, 95\%CI:1.427, 2.016$)、IR代谢评分(METS-IR)($HR=1.612, 95\%CI:1.385, 1.876$)、内脏脂肪代谢评分(METS-VF)($HR=1.527, 95\%CI:1.284, 1.817$)、甘油三酯葡萄糖指数(TyG)($HR=1.330, 95\%CI:1.139, 1.552$)。CVAI、LAP、METS-IR、TyG与脑卒中风险之间存在线性关系(均 $P_{非线性}>0.05$)。CVAI对脑卒中发生的预测价值最高,剩余四种依次为LAP、METS-VF、METS-IR和TyG。**结论:**CVAI、LAP、METS-VF、METS-IR和TyG与脑卒中的发生具有不同的相关性和预测价值,CVAI诊断价值最佳。

关键词: 中老年; 胰岛素抵抗; 新发脑卒中; 中国健康与养老追踪调查

中图分类号: R743.3

文献标志码: A

文章编号: 2096-6113(2025)03-0074-07

Predictive Value of Insulin Resistance-Related Indicators on New-onset Stroke Based on the CHARLS Database

Peng Yan Li Shuguo Deng Juanjuan Shao Wen

(Department of Geriatrics, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Yichang 443003, China)

Abstract Objective: To explore the predictive value of insulin resistance (IR)-related indicators for new-onset stroke. **Methods:** A total of 6 501 middle-aged and elderly individuals from the China Health and Retirement Longitudinal Study database between 2011 and 2018 were selected as subjects, including 303 cases of new-onset stroke. The Cox regression model was used to explore the correlation between IR indicators and new-onset stroke, and the restricted cubic spline model was applied to detect possible nonlinear associations. The receiver operating characteristic curve was used to evaluate the predictive performance of each indicator. **Results:** IR-related indicators were positively correlated with new-onset stroke, including the Chinese visceral adiposity index (CVAI) ($HR=1.744, 95\%CI: 1.475, 2.061$), lipid accumulation product (LAP) ($HR=$

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2013CFB390)

作者简介:彭艳,主治医师,E-mail: 253354325@qq.com

通信作者:李书国,主任医师,E-mail: 492390311@qq.com

1.696, 95%CI: 1.427, 2.016), metabolic score for IR (METS-IR) ($HR=1.612$, 95%CI: 1.385, 1.876), visceral fat metabolic score (METS-VF) ($HR=1.527$, 95%CI: 1.284, 1.817), and triglyceride-glucose index (TyG) ($HR=1.330$, 95%CI: 1.139, 1.552). There were linear relationship between CVAI, LAP, METS-IR, TyG and stroke risk (all $P_{nonlinearity} > 0.05$). CVAI had the highest predictive value for stroke occurrence, followed by LAP, METS-VF, METS-IR, and TyG. **Conclusion:** CVAI, LAP, METS-VF, METS-IR, and TyG have different correlations and predictive values for the occurrence of stroke, with CVAI having the best diagnostic value.

Keywords middle-aged and elderly; insulin resistance (IR); new-onset stroke; China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS)

脑血管疾病作为重大的公共卫生问题,其高致病率和高致残率给包括中国在内的全球各个国家造成了沉重的社会经济负担^[1]。动脉粥样硬化及血栓引发的血管堵塞是其重要的病理学机制^[2],且均与胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)及由 IR 引发的慢性炎症状态和血脂血糖异常等相关^[3-5]。研究明确指出^[6],IR 与脑卒中事件存在双向影响,可作为心脑血管事件的早期预测因子和独立危险因素。

IR 的评估工具种类繁多,然而用于临床实践的工具通常需要有创操作并且价格昂贵,因此其应用尚未普及。反映 IR 的指标包括中国内脏肥胖指数(China visceral adiposity index, CVAI)、脂质积累产物(lipid accumulation product, LAP)、胰岛素抵抗代谢评分(metabolic score for insulin resistance, METS-IR)、内脏脂肪代谢评分(metabolic score for visceral fat, METS-VF)和甘油三酯葡萄糖指数(triglyceride glucose index, TyG)。目前已有大量研究证明,CVAI^[7]、LAP^[8]、METS-IR^[9]、METS-VF^[10]和 TyG^[11]的增加均与脑卒中发病率的高风险显著相关。然而,目前尚未有报道比较上述 IR 相关指标与新发脑卒中之间的关系。基于此,本研究旨在探讨上述五种指标在新发脑卒中的预测价值,为早期识别脑卒中高危患者提供参考依据。

1 研究方法

1.1 研究对象

中国健康与养老追踪调查(China health and retirement longitudinal study, CHARLS)(<https://charls.pku.edu.cn/>)是基于中国 45 岁及以上人群的纵向持续性调查。本研究使用了 CHARLS 随访 7 年的数据(2011—2018 年),样本覆盖量大,覆盖范围广且持续时间长,最终共纳入 6 501 人。排除标准:①数据不完整;②存在降脂药物服用史;③存在脑卒中事件;④协变量信息缺失等。

1.2 IR 相关指标的评估

导出纳入对象的身高、腰围、体重、静脉血空腹甘油三酯(triglycerides, TG)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、身体质量指数(body mass index, BMI)、腰高比(waist height ratio, WhtR)^[12]。

$CVAI^{[13]}$ (男性) = $-267.93 + 0.68 \times \text{年龄} + 0.03 \times \text{BMI} + 4.00 \times \text{腰围} + 22.00 \times \log_{10} \text{TG} - 16.32 \times \text{HDL-C}$; $CVAI$ (女性) = $-187.32 + 1.71 \times \text{年龄} + 4.23 \times \text{BMI} + 1.12 \times \text{腰围} + 39.76 \times \log_{10} \text{TG} - 11.66 \times \text{HDL-C}$ 。

$LAP^{[14]}$ (男性) = $(\text{腰围} - 65) \times \text{TG}$; LAP (女性) = $(\text{腰围} - 58) \times \text{TG}$ 。

$METS-IR = \ln(2 \times \text{FPG} + \text{空腹 TG}) \times \text{BMI} / \ln(\text{HDL-C})^{[15]}$ 。

$TyG = \ln(\text{空腹 TG} \times \text{FPG} / 2)^{[16]}$ 。

$METS-VF^{[12]}$ (男性) = $4.466 + 0.011 \times [\ln(\text{METS-IR})]^3 + 3.239 \times [\ln(\text{WhtR})]^3 + 0.319 \times 1 + 0.504 \times \ln(\text{年龄})$; $METS-VF$ (女性) = $4.466 + 0.011 \times [\ln(\text{METS-IR})]^3 + 3.239 \times [\ln(\text{WhtR})]^3 + 0.319 \times 0 + 0.594 \times \ln(\text{年龄})$ 。

1.3 新发脑卒中的评估

新发脑卒中由专业的工作人员通过询问“你是否被医生诊断或告知存在脑卒中或脑出血、脑梗死?”来衡量。所有研究对象基线时并未发生脑卒中,而后续 7 年内存在新发脑卒中并被调查人员评估和记录(0=否,1=是)。

1.4 协变量的评估

在本研究中,回归模型纳入的协变量包括社会人口学特征和健康行为。涉及的人口特征包括年龄、性别、受教育程度(“小学或以下”、“高中”和“大学及以上”)、居住地点(“城市/城镇”和“村庄”)以及婚姻状态(“已婚”和“未婚/分居/寡居”)。健康行为方面,研究分析了吸烟习惯(“不吸烟”、“曾吸烟”和“现吸

烟”)、饮酒频率(“从不”、“每月少于一次”和“每月多于一次”)和睡眠时间。

1.5 统计学方法

采用 R 3. 4. 3 进行数据统计分析,符合正态分布的计量资料,采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验;对于非正态分布的计量资料,则使用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较采用秩和检验。计数资料采用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Cox 比例风险模型检测 IR 相关指标与新发脑卒中之间的相关性。采用三种模型:未调整的粗略模型(模型 1);根据年龄、性别、受教育程度、地区和婚姻状况进行调整的模型(模型 2);进一步调整了吸烟、饮酒和睡眠时间的模型(模型 3)。结果以风险比(hazard ratio, *HR*)和 95% 可信区间(credibility interval,

CI)表示。进一步进行了限制性立方样条分析,以检查可能存在的非线性关联,并直观地显示五种 IR 指标与脑卒中之间的剂量-反应关系。采用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线和曲线下面积(area under the curve, AUC)进行评价。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基本特征

新发脑卒中组患者的平均年龄为 61 岁,正常组的平均年龄为 59 岁。两组间年龄、BMI、血糖、TG、HDL-C、CVAI、LAP、METS-VF、METS-IR 和 TyG 差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

表 1 研究对象的基本情况 [$M(P_{25}, P_{75}), n(\%)$]

项目	正常组 ($n=6\ 198$)	脑卒中组 ($n=303$)	Z/χ^2	<i>P</i>	
年龄/岁	59(52, 66)	61(55, 68)	4.321	<0.001	
性别	女性	3 051(49.23)	140(46.20)	1.055	0.304
	男性	3 147(50.77)	163(53.80)		
婚姻	结婚	784(12.65)	49(16.17)	3.208	0.073
	独居	5 414(87.35)	254(83.83)		
受教育程度	小学及以下	1 199(19.34)	53(17.49)	1.370	0.504
	初中	4 411(71.17)	225(74.26)		
	高中	588(9.49)	25(8.25)		
居住地	城镇	416(6.71)	15(4.95)	1.448	0.229
	农村	5 782(93.29)	288(95.05)		
抽烟	不抽烟	3 575(57.68)	162(53.47)	5.879	0.053
	已戒烟	519(8.37)	37(12.21)		
	抽烟	2 104(33.95)	104(34.32)		
饮酒	不饮酒	504(8.13)	23(7.59)	0.444	0.801
	一个月少于一次	1 678(27.07)	87(28.71)		
	一个月超过一次	4 016(64.80)	193(63.70)		
睡眠时间/h	6.00(5.00, 8.00)	6.00(5.00, 8.00)	0.063	0.95	
BMI/(kg/m^2)	22.13(20.17, 24.27)	22.80(20.82, 25.25)	4.138	<0.001	
血糖/(mmol/L)	100.08(92.88, 108.72)	102.24(95.31, 111.24)	2.952	0.003	
TG/(mg/L)	89.39(67.26, 117.71)	95.58(76.55, 121.25)	3.246	0.001	
HDL-C/(mg/dL)	53.35(44.85, 63.40)	51.03(42.72, 59.92)	2.716	0.007	
CVAI	81.23(55.11, 105.81)	94.97(72.35, 118.81)	6.486	<0.001	
LAP	99.77(58.85, 154.62)	122.74(74.66, 175.77)	5.294	<0.001	
METS-IR	31.74(28.24, 35.75)	32.97(29.46, 37.56)	4.758	<0.001	
METS-VF	6.53(6.16, 6.86)	6.74(6.38, 7.03)	6.073	<0.001	
TyG	8.41(8.10, 8.71)	8.51(8.24, 8.77)	4.018	<0.001	

注: BMI: 身体质量指数; TG: 甘油三酯; HDL-C: 高密度脂蛋白胆固醇; CVAI: 中国内脏肥胖指数; LAP: 脂质积累产物; METS-IR: 胰岛素抵抗代谢评分; METS-VF: 内脏脂肪代谢评分; TyG: 甘油三酯葡萄糖指数。

2.2 IR 相关指标与新发脑卒中的 Cox 回归分析

在对年龄、性别、受教育程度、地区和婚姻状况、吸烟、饮酒和睡眠时间进行调整后，完成了多变量 Cox 回归分析。结果表明，CVAI ($HR = 1.744$, $95\%CI: 1.475, 2.061$)、LAP ($HR = 1.696$, $95\%CI:$

$1.427, 2.016$)、METS-IR ($HR = 1.612$, $95\%CI: 1.385, 1.876$)、METS-VF ($HR = 1.527$, $95\%CI: 1.284, 1.817$)、TyG ($HR = 1.330$, $95\%CI: 1.139, 1.552$) 与新发脑卒中的发生风险呈正相关(均 $P_{趋势} < 0.001$)，见表 2。

表 2 五种胰岛素抵抗指标与新发脑卒中的 Cox 回归分析结果[$HR(95\%CI)$]

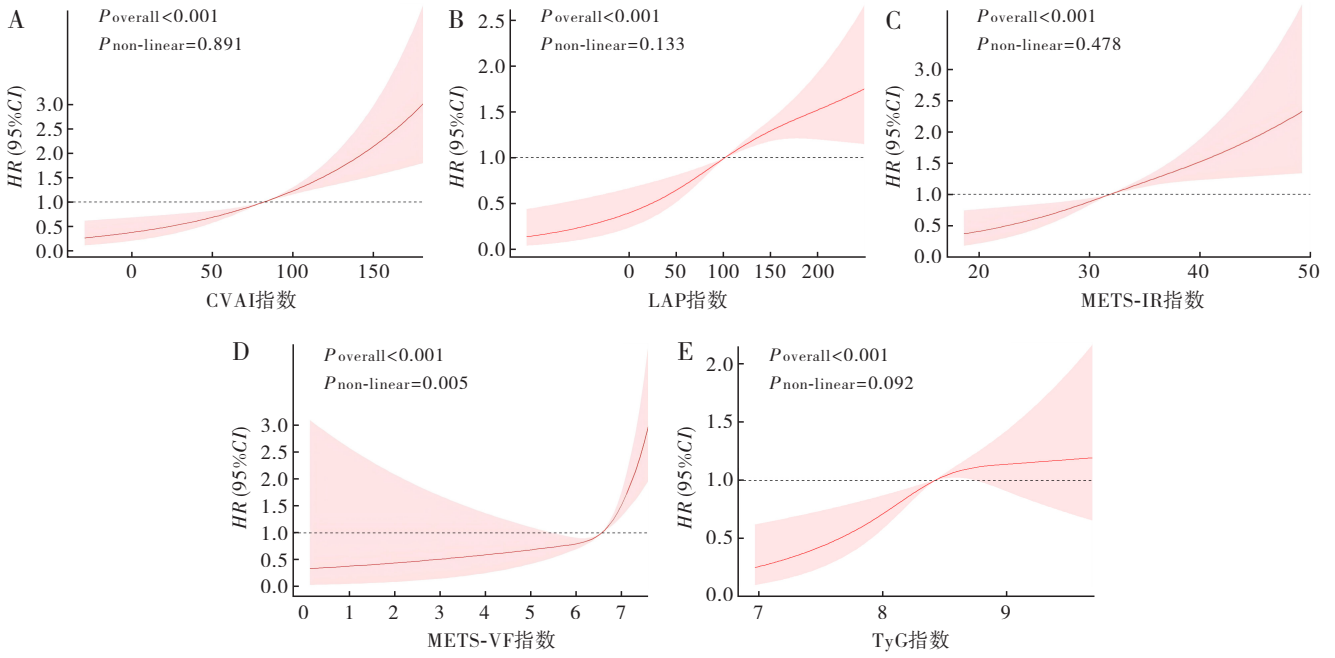
变量	Model 1	P	Model 2	P	Model 3	P
CVAI per IQR	1.704(1.45~2.003)	<0.001	1.741(1.474~2.055)	<0.001	1.744(1.475~2.061)	<0.001
Q1	ref		ref		ref	
Q2	1.380(0.932~2.044)	0.108	1.521(1.022~2.263)	0.039	1.528(1.026~2.274)	0.037
Q3	2.098(1.458~3.020)	<0.001	2.408(1.652~3.509)	<0.001	2.421(1.659~3.534)	<0.001
Q4	2.666(1.875~3.789)	<0.001	2.936(2.030~4.248)	<0.001	2.944(2.031~4.269)	<0.001
$P_{趋势}$	<0.001		<0.001		<0.001	
LAP per IQR	1.572(1.33~1.859)	<0.001	1.702(1.432~2.022)	<0.001	1.696(1.427~2.016)	<0.001
Q1	ref		ref		ref	
Q2	1.762(1.211~2.563)	0.003	1.895(1.300~2.763)	<0.001	1.884(1.292~2.748)	<0.001
Q3	1.758(1.209~2.558)	0.003	2.018(1.376~2.957)	<0.001	2.004(1.366~2.939)	<0.001
Q4	2.612(1.836~3.715)	<0.001	3.081(2.141~4.435)	<0.001	3.058(2.123~4.405)	<0.001
$P_{趋势}$	<0.001		<0.001		<0.001	
METS-IR per IQR	1.472(1.270~1.706)	<0.001	1.603(1.380~1.861)	<0.001	1.612(1.385~1.876)	<0.001
Q1	ref		ref		ref	
Q2	1.400(0.977~2.006)	0.067	1.510(1.052~2.166)	0.025	1.522(1.060~2.184)	0.023
Q3	1.562(1.099~2.222)	0.013	1.787(1.252~2.552)	<0.001	1.802(1.260~2.576)	<0.001
Q4	2.032(1.452~2.844)	<0.001	2.42(1.716~3.412)	<0.001	2.449(1.731~3.465)	<0.001
$P_{趋势}$	<0.001		<0.001		<0.001	
METS-VF per IQR	1.604(1.354~1.900)	<0.001	1.528(1.285~1.816)	<0.001	1.527(1.284~1.817)	<0.001
Q1	ref		ref		ref	
Q2	1.465(1.006~2.132)	0.046	1.449(0.995~2.109)	0.053	1.450(0.996~2.113)	0.053
Q3	1.508(1.039~2.190)	0.031	1.477(1.016~2.147)	0.041	1.482(1.019~2.155)	0.040
Q4	2.695(1.919~3.784)	<0.001	2.501(1.767~3.540)	<0.001	2.503(1.765~3.549)	<0.001
$P_{趋势}$	<0.001		<0.001		<0.001	
TyG per IQR	1.329(1.14~1.551)	<0.001	1.327(1.137~1.548)	<0.001	1.330(1.139~1.552)	<0.001
Q1	ref		ref		ref	
Q2	1.431(0.996~2.054)	0.052	1.442(1.004~2.072)	0.048	1.440(1.002~2.069)	0.049
Q3	1.866(1.322~2.633)	<0.001	1.891(1.339~2.670)	<0.001	1.900(1.345~2.685)	<0.001
Q4	1.824(1.291~2.577)	<0.001	1.829(1.294~2.586)	<0.001	1.828(1.292~2.586)	<0.001
$P_{趋势}$	<0.001		<0.001		<0.001	

注：CVAI：中国内脏肥胖指数；LAP：脂质积累产物；METS-IR：胰岛素抵抗代谢评分；METS-VF：内脏脂肪代谢评分；TyG：甘油三酯葡萄糖指数。

2.3 IR 相关指标与新发脑卒中的剂量反应关系

调整年龄、性别、受教育程度、居住地和婚姻状况、吸烟、饮酒和睡眠时间等协变量后进一步使用限制性立方样条分析，结果显示 CVAI、LAP、METS-

IR、TyG 与新发脑卒中风险之间存在线性关系(均 $P_{非线性} > 0.05$)，METS-VF 与新发脑卒中风险呈非线性关系($P_{非线性} = 0.005$)，并且随着五种 IR 指标的升高，新发脑卒中的累积发生风险逐渐增加，见图 1。



注:A:CVAI;中国内脏肥胖指数;B:LAP;脂质积累产物;C:METS-IR;胰岛素抵抗代谢评分;D:METS-VF;内脏脂肪代谢评分;E:TyG;甘油三酯葡萄糖指数。

图1 五种胰岛素抵抗指标与新发脑卒中的限制性立方样条回归分析

2.4 IR 相关指标预测新发脑卒中的 ROC 曲线分析

在调整了潜在的混杂因素后,五种 IR 相关指标 AUC 介于 0.584~0.625,表明五种 IR 指标对新发脑卒中均具有一定的预测能力,其中 CVAI 的 AUC

最高(0.625),剩余四种依次为 LAP、METS-VF、METS-IR、TyG,其 AUC 分别是 0.612、0.606、0.598、0.584,见图 2 和表 3。

表 3 IR 相关指标预测新发脑卒中的 ROC 曲线分析

指标	AUC	95%CI	特异度/%	灵敏度/%	P
CVAI	0.625	0.613~0.636	65.10	54.79	<0.000 1
LAP	0.612	0.600~0.624	43.55	75.58	<0.000 1
METS-IR	0.598	0.586~0.610	56.29	60.07	<0.000 1
METS-VF	0.606	0.594~0.618	56.39	60.07	<0.000 1
TyG	0.584	0.572~0.596	42.19	72.94	<0.000 1
联合	0.634	0.623~0.646	63.04	59.05	<0.000 1

注:CVAI;中国内脏肥胖指数;LAP;脂质积累产物;METS-IR;胰岛素抵抗代谢评分;METS-VF;内脏脂肪代谢评分;TyG;甘油三酯葡萄糖指数。

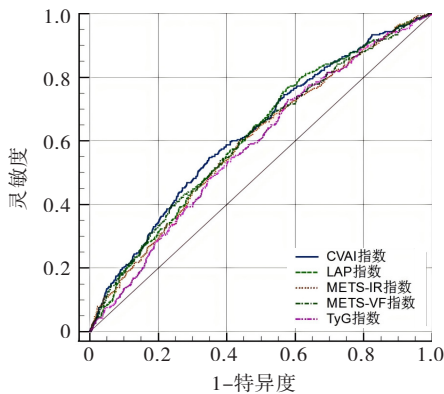


图2 不同胰岛素抵抗指标预测新发脑卒中的 ROC 曲线

3 讨论

本研究以 CHARLES 数据库为人群来源,探究 IR 相关指标与新发脑卒中之间的关系。本研究发现,新发脑卒中人群的 CVAI、LAP、METS-IR、METS-VF 和 TyG 指数均显著高于正常人群,且上述五种 IR 指标与新发脑卒中风险呈正相关。剂量反应曲线结果表明,随着五种 IR 指标的升高,新发脑卒中的累积发生风险逐渐增加。在预测新发脑卒中发生风险效能方面,CVAI 效能最佳,其余依次为 LAP、METS-VF、METS-IR、TyG。本研究为中老年人新发脑卒中高风险的筛查提供了可靠参考,有助于降

低脑卒中发生风险,改善国民健康水平。

CVAI 指数是基于中国人群特征形成的新型体脂指标,由腰围、BMI、TG、HDL-C、年龄和性别等指标组成^[17]。本研究发现,CVAI 指数与新发脑卒中发生风险呈正相关,且在预测新发脑卒中效能方面,显著优于其他指标。既往研究表明,CVAI 指数可以有效评估内脏脂肪含量,CVAI 指数升高通常代表内脏脂肪的过度沉积。众所周知,内脏脂肪可以分泌多种炎性因子,如肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-6 等,进而导致血管内皮功能障碍,增加脑卒中的发生风险^[18]。此外,CVAI 指数可以作为 IR 的替代评估指标,而 IR 可以引起血脂代谢异常、抑制一氧化氮生成,增强内皮素-1 的分泌,导致血管收缩、内皮功能障碍,进而增加脑卒中的发生风险^[19]。

LAP 基于腰围和 TG,是代谢异常和内脏脂肪累积的可靠评估指标。既往张丽等^[20]研究发现,LAP 指数与颈动脉粥样硬化风险呈显著正相关。Tan 等^[21]研究发现,心血管事件(心肌梗死、卒中)的发生风险随着 LAP 水平的升高而升高,这与本研究的结果相一致。LAP 可以有效预测脑卒中的发生风险,这可能与以下因素有关:其一,LAP 指数包含 TG,而 TG 升高与高血压、胰岛素抵抗等脑卒中的关键危险因素密切相关;其二,TG 在动脉粥样硬化斑块的形成中发挥重要作用,可以导致脑部供血受阻^[22]。其三,TG 与脂质过氧化产物共同作用,进而对血管壁结构造成损害^[23]。

METS-IR 是 2018 年由 Bello-Chavolla 等创建的评估胰岛素敏感性的新型指标,可以有效预测内脏脂肪和糖尿病的发生发展。既往 Qian 等^[9]研究发现,METS-IR 与新发脑卒中风险呈正相关,且存在线性剂量反应关系,这与本研究的结果相一致。METS-IR 在一定程度上可以反映 IR,而 IR 常伴随血管内皮细胞功能障碍、凝血系统的激活以及血浆纤维蛋白原激活抑制因子-1 水平的升高,这会导致脂质沉积和血栓形成,从而引发脑卒中^[24]。因此,METS-IR 可以作为预测新发脑卒中风险的可靠指标。

METS-VF 是在 METS-IR 基础上创建的评估内脏脂肪含量和心脏代谢健康的新型指标,由代谢指标(如 TG、血糖水平)、肥胖指标(如腰围或 BMI)、人口学指标(年龄、性别)等组成。因此 METS-VF 指数能够通过反映内脏脂肪积聚和代谢异常的综合影响,揭示脑卒中的发生风险。此外,既往研究发现,METS-VF 是预测糖尿病、高血压、颈动脉粥样硬化等疾病风险的可靠指标^[10,25-26],而上述疾病与脑卒中的发生密切相关。

TyG 指数是公认的评估胰岛素敏感性的可靠指标。本研究发现,TyG 指数与新发脑卒中发生呈正相关,这与既往 Huo 等^[11]的研究结果相一致。Meta 分析^[27]结果同样表明,高 TyG 指数与脑卒中的多种不良结局显著相关,尤其是在脑卒中复发和高死亡率方面表现尤为突出。IR 可干扰胰岛素信号传导,增强慢性全身性炎症,促进泡沫细胞形成,从而加速动脉粥样硬化和高级斑块的形成,增加脑卒中的发生风险。此外,IR 还可能影响胰岛素样生长因子-1、胰岛素样生长因子-2、环磷酸鸟苷和一氧化氮的代谢,从而在血小板黏附、激活和聚集过程中发挥关键作用。这些途径最终导致血管闭塞,并在脑卒中的发病过程中起重要作用^[28]。因此,TyG 指数可以作为脑卒中发生风险的预测指标之一。

然而,本研究也存在一定的局限性。首先,研究数据来自中国 45 岁及以上的人群,研究结论可能仅适用于中老年人;其次,由于随访时间较短,本研究无法评估五种 IR 指标对脑卒中死亡率、住院率、病情恶化和生活质量等临床结果的影响。综上所述,本研究发现,CVAI、LAP、METS-IR、METS-VF 和 TyG 指数水平与新发脑卒中风险呈正相关,且可以作为预测新发脑卒中的可靠指标。其中,CVAI 对脑卒中发生风险具有最高的预测价值。本研究为优化中老年人新发脑卒中风险分层并筛选高危人群提供了可靠参考。未来,有待开展多中心、大样本、长期随访的前瞻性队列研究,深入探索 IR 相关指标与新发脑卒中发生风险之间的关系。

参考文献:

- [1] Yang L, Wu H B, Jin X Q, et al. Study of cardiovascular disease prediction model based on random forest in Eastern China [J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1): 5245.
- [2] Shehjar F, Maktabi B, Rahman Z A, et al. Stroke: molecular mechanisms and therapies; update on recent developments [J]. *Neurochem Int*, 2023, 162: 105458.
- [3] Hill M A, Yang Y, Zhang L P, et al. Insulin resistance, cardiovascular stiffening and cardiovascular disease [J]. *Metabolism*, 2021, 119: 154766.
- [4] da Silva Rosa S C, Nayak N, Caymo A M, et al. Mechanisms of muscle insulin resistance and the cross-talk with liver and adipose tissue [J]. *Physiol Rep*, 2020, 8(19): e14607.
- [5] Waskiel-Burnat A, Niemczyk A, Chmielińska P, et al. Lipocalin-2 and insulin as new biomarkers of alopecia

- areata[J]. *PLoS One*, 2022, 17(5): e0268086.
- [6] Zhou X, Kang C, Hu Y H, et al. Study on insulin resistance and ischemic cerebrovascular disease: a bibliometric analysis via CiteSpace[J]. *Front Public Health*, 2023, 11: 1021378.
- [7] Zhang Z L, Zhao L, Lu Y T, et al. Association between Chinese visceral adiposity index and risk of stroke incidence in middle-aged and elderly Chinese population: evidence from a large national cohort study[J]. *J Transl Med*, 2023, 21(1): 518.
- [8] Zhang B, Wang X, Zhong L, et al. Lipid accumulation product as useful predictors of stroke: a correlation analysis between lipid accumulation index/cerebral vascular hemodynamics indexes and risk factors of stroke in 3264 people undergoing physical examination in Xinjiang[J]. *Medicine*, 2022, 101(2): e28444.
- [9] Qian T M, Sheng X M, Shen P Y, et al. Mets-IR as a predictor of cardiovascular events in the middle-aged and elderly population and mediator role of blood lipids[J]. *Front Endocrinol*, 2023, 14: 1224967.
- [10] Qian J Y, Huang G Q, Mao Y S. Association between metabolic score of visceral fat and carotid atherosclerosis in Chinese health screening population: a cross-sectional study[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 1723.
- [11] Huo R R, 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]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23(1): 30.
- [12] Feng L, Chen T, Wang X, et al. Metabolism score for visceral fat (METS-VF): a new predictive surrogate for CKD risk[J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2022, 15: 2249-2258.
- [13] Pan L, Xu Q Q, Liu J M, et al. Dose-response relationship between Chinese visceral adiposity index and type 2 diabetes mellitus among middle-aged and elderly Chinese[J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 959860.
- [14] Bullen A L, 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.
- [15] Bello-Chavolla O Y, Almeda-Valdes P, Gomez-Velasco D, et al. METS-IR, a novel score to evaluate insulin sensitivity, is predictive of visceral adiposity and incident type 2 diabetes[J]. *Eur J Endocrinol*, 2018, 178(5): 533-544.
- [16] Ramdas Nayak V K, Satheesh P, Shenoy M T, et al. Triglyceride glucose (TyG) index: a surrogate biomarker of insulin resistance[J]. *J Pak Med Assoc*, 2022, 72(5): 986-988.
- [17] Ren Y C, Hu Q, Li Z, et al. Dose-response association between Chinese visceral adiposity index and cardiovascular disease: a national prospective cohort study[J]. *Front Endocrinol*, 2024, 15: 1284144.
- [18] 杨彩凤, 邓婵翠, 石 蓓, 等. 冠状动脉周围脂肪组织在冠心病中的临床意义[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2024, 32(11): 999-1005.
- [19] Jenkins H N, Rivera-Gonzalez O, Gibert Y, et al. Endothelin-1 in the pathophysiology of obesity and insulin resistance [J]. *Obes Rev*, 2020, 21(12): e13086.
- [20] 张 丽, 赵珈艺, 范 乐, 等. 内脏脂肪指数、脂质蓄积指数与脑卒中高危人群颈动脉粥样硬化的相关性研究 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2021, 29(3): 240-246.
- [21] Tan Y Z, Wu Y T, Ding X, et al. A prospective cohort study on the effect of lipid accumulation product index on the incidence of cardiovascular diseases [J]. *Nutr Metab*, 2024, 21(1): 55.
- [22] 高甘油三酯血症临床管理多学科专家共识工作组. 高甘油三酯血症临床管理多学科专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(6): 621-633.
- [23] Raposeiras-Roubin S, Rosselló X, Oliva B, et al. Triglycerides and residual atherosclerotic risk[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 77(24): 3031-3041.
- [24] Ding P F, Zhang H S, Wang J, et al. Insulin resistance in ischemic stroke: mechanisms and therapeutic approaches[J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 1092431.
- [25] Antonio-Villa N E, Bello-Chavolla O Y, Vargas-Vázquez A, et al. The combination of insulin resistance and visceral adipose tissue estimation improves the performance of metabolic syndrome as a predictor of type 2 diabetes[J]. *Diabet Med*, 2020, 37(7): 1192-1201.
- [26] Feng Y F, Yang X J, Li Y, et al. Metabolic score for visceral fat: a reliable indicator of visceral obesity for predicting risk for hypertension[J]. *Nutrition*, 2022, 93: 111443.
- [27] Yang Y, Huang X T, Wang Y G, et al. The impact of triglyceride-glucose index on ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 2.
- [28] Fan J L, Nogueira R C, Brassard P, et al. Integrative physiological assessment of cerebral hemodynamics and metabolism in acute ischemic stroke[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2022, 42(3): 454-470.