·脑血管病临床研究·

基于甘油三酯-葡萄糖指数的改良洛桑评分对缺血性卒中患者预后的预测价值

裴璐璐 柴源 杨钧哲 荣文正 许予明 宋波

【摘要】 **目的** 探讨以甘油三酯-葡萄糖(TyG)指数替代洛桑急性脑卒中登记分析(ASTRAL)评分中血糖指标的ASTRAL-TyG模型(即改良洛桑评分)对缺血性卒中患者预后的预测价值。**方法** 基于郑州大学第一附属医院缺血性卒中数据库前瞻性纳入2019年1月至2021年12月共3393例缺血性卒中患者,入院24 h内测定空腹血糖和甘油三酯以计算TyG指数并进行ASTRAL评分,将TyG指数替代ASTRAL评分中血糖指标构建ASTRAL-TyG模型;发病后1年采用改良Rankin量表(mRS)评估功能预后。采用单因素和多因素Logistic回归分析筛查预后不良的影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线并计算曲线下面积评估ASTRAL-TyG模型的预测效能。**结果** 根据mRS评分分为预后良好(≤2分)组(2961例)和预后不良(>2分)组(432例)。Logistic回归分析显示,入院24 h内ASTRAL评分增加(*OR*=1.156,95%CI:1.133~1.179;*P*=0.000)和TyG指数增加(*OR*=1.731,95%CI:1.489~2.013;*P*=0.000)是缺血性卒中患者预后不良的危险因素(模型1,TyG指数以连续变量纳入);入院24 h内ASTRAL评分增加(*OR*=1.156,95%CI:1.133~1.179;*P*=0.000)、TyG指数8.69~9.08(*OR*=1.445,95%CI:1.025~2.039;*P*=0.036)、TyG指数≥9.55(*OR*=2.103,95%CI:1.532~2.888;*P*=0.000)是缺血性卒中患者预后不良的危险因素(模型2,TyG指数以分类变量纳入)。ROC曲线显示,ASTRAL评分和ASTRAL-TyG模型预测功能预后不良的曲线下面积分别为0.754(95%CI:0.728~0.779,*P*=0.000)和0.768(95%CI:0.743~0.794,*P*=0.000),灵敏度分别为65.05%和65.97%、特异度为74.23%和78.01%;ASTRAL-TyG模型的预测效能高于ASTRAL评分(*Z*=2.084,*P*=0.037)。**结论** 以TyG指数替代ASTRAL评分中血糖指标拟合出的ASTRAL-TyG模型可以提高对缺血性卒中患者预后不良的预测价值。

【关键词】 缺血性卒中; 甘油三酯类; 葡萄糖; 预后; 危险因素; Logistic模型

Predictive value of ASTRAL score modified by triglyceride glucose index for prognosis in ischemic stroke

PEI Lu-lu[1], CHAI Yuan[2], YANG Jun-zhe[1], RONG Wen-zheng[1], XU Yu-ming[1], SONG Bo[1]

[1]*Department of Neurology, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University; He'nan Key Laboratory of Cerebrovascular Disease; the NHC Key Laboratory of Prevention and Treatment of Cerebrovascular Disease, Zhengzhou 450052, He'nan, China*

[2]*Department of Neurology, Xinyang Central Hospital, Xinyang 464000, He'nan, China*

Corresopnding author: SONG Bo (Email: fccsongb@zzu.edu.cn)

【**Abstract**】 **Objective** To investigate the predictive value of a modified Acute Stroke Registry and Analysis of Lausanne (ASTRAL) score, in which the triglyceride glucose (TyG) index replaces the glucose parameter of ASTRAL score, for poor prognosis in ischemic stroke patients. **Methods** This study was based on the ischemic stroke database of The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University. A total of 3393 ischemic stroke patients from January 2019 to December 2021 were enrolled. Baseline information was collected, and the TyG index and ASTRAL score were calculated. Replace the glucose parameter of ASTRAL score with the TyG index to construct ASTRAL-TyG model. Modified Rankin Scale (mRS) score

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2025.05.007

基金项目:国家自然科学基金资助项目(项目编号:82471349)

作者单位:450052 郑州大学第一附属医院神经内科 河南省脑血管病重点实验室 国家卫生健康委脑血管病防治重点实验室(裴璐璐,杨钧哲,荣文正,许予明,宋波);464000 河南省信阳市中心医院神经内科(柴源)

通讯作者:宋波,Email:fccsongb@zzu.edu.cn

was used to evaluate the functional outcome. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were performed to screen for influencing factors of poor prognosis. Receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted, and the area under the curve (AUC), net reclassification improvement (NRI), and integrated discrimination improvement (IDI) were calculated to evaluate the predictive value of the ASTRAL-TyG model. **Results** Based on the mRS score, patients were stratified into a good prognosis group (mRS ≤ 2, n = 2961) and a poor prognosis group (mRS > 2, n = 432). Logistic regression analysis showed that both increased ASTRAL score witnin 24 h of admission (OR = 1.156, 95%CI: 1.133-1.179; P = 0.000) and increased TyG index (OR = 1.731, 95%CI: 1.489-2.013; P = 0.000) were risk factors for poor prognosis (Model 1, TyG index was included as a continuous variable). Increased ASTRAL score within 24 h of admission (OR = 1.156, 95%CI: 1.133-1.179; P = 0.000), TyG index of 8.69-9.08 (OR = 1.445, 95%CI: 1.025-2.039; P = 0.036), and TyG index ≥ 9.55 (OR = 2.103, 95%CI: 1.532-2.888; P = 0.000) were risk factors for poor prognosis (Model 2, TyG index was included as a categorical variable). The ROC curve demonstrated that the AUC for predicting one year poor prognosis was 0.754 (95%CI: 0.728-0.779, P = 0.000) for the ASTRAL score and 0.768 (95%CI: 0.743-0.794, P = 0.000) for the ASTRAL-TyG model. The sensitivity was 65.05% and 65.97%, while the specificity was 74.23% and 78.01%, respectively. The predictive value of the ASTRAL-TyG model was significantly higher than that of the ASTRAL score (Z = 2.084, P = 0.037). **Conclusions** The ASTRAL score modified by the TyG index (ASTRAL-TyG model) improved the predictive value for poor prognosis in ischemic stroke patients.

【Key words】 Ischemic stroke; Triglycerides; Glucose; Prognosis; Risk factors; Logistic models

This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 82471349).

Conflicts of interest: none declared

2021年全球疾病负担(GBD)调查结果显示,脑卒中是仅次于缺血性心脏病和新型冠状病毒感染的第3位死因[1]。疾病负担重,尤其是中低等收入国家,对脑卒中患者的精准风险评估及规范化管理尤为重要。洛桑急性脑卒中登记分析(ASTRAL)是结合急性缺血性卒中患者血糖与临床症状的简单有效的预后评估工具[2-3],尽管其对脑卒中后功能预后的预测价值已经充分验证,但仅测定一次血糖并不能真正反映机体代谢状态。甘油三酯-葡萄糖(TyG)指数是一种基于血糖和甘油三酯水平计算的简便指标,广泛用于胰岛素抵抗的评估[4]。近年研究显示,TyG指数可用于评估心脑血管疾病发病风险及预后[5-6]。本研究基于前瞻性多中心多院区队列研究的郑州大学第一附属医院缺血性卒中数据库,采用TyG指数替代ASTRAL评分中单纯血糖指标,构建ASTRAL-TyG模型(即改良洛桑评分),以提高ASTRAL评分对缺血性卒中预后的预测价值,早期准确识别预后不良高风险人群并指导临床决策,帮助临床医师制定更精准的个性化脑卒中防治方案,提高患者治疗依从性,降低病残和病死风险。

对象与方法

一、研究对象

1.纳入标准 (1)缺血性卒中的诊断符合《中国急性缺血性卒中诊治指南2023》[7]诊断标准:脑部血液循环障碍导致局部脑组织缺血、缺氧而发生坏死或软化,并伴急性局灶性神经功能缺损(症状持续≥24 h),且影像学排除脑出血。(2)年龄≥18岁。(3)发病时间≤7 d。(4)发病前改良Rankin量表(mRS)评分≤2分[8]。(5)本研究经郑州大学第一附属医院医学科研伦理委员会批准(审批号:2009科研第05号;2022-KY-0975-002)。(6)所有患者或其家属均对本研究知情并签署知情同意书。

2.排除标准 (1)未检测血糖或血脂或者血糖或血脂出现极值。(2)无法行ASTRAL评分。(3)合并其他神经系统疾病及其他可能影响血糖、血脂检测结果的疾病。(4)影像学排除非血管性原因,如代谢、炎症、肿瘤等。(5)合并严重肝肾疾病影响后期随访。(6)临床资料不完整或失访。

3.一般资料 本研究为一项前瞻性单中心多院区队列研究,基于郑州大学第一附属医院缺血性卒中数据库[9-10],共纳入2019年1月至2021年12月在2个地理分布院区住院治疗的3393例缺血性卒中患者,男性2369例,女性1024例;年龄20~96岁,平均(59.75±12.53)岁;合并高血压占65.37%(2218/3393)、糖尿病占32.74%(1111/3393)、高脂血症占10.11%(343/3393)、冠心病占14.00%(475/3393)、房颤占4.72%(160/3393),920例(27.11%)既往有脑卒

中病史，吸烟占38.08%（1292/3393）、饮酒占31.39%（1065/3393）；入院时美国国立卫生研究院卒中量表（NIHSS）评分0～42分，中位评分3（1，6）分。

二、研究方法

1.临床资料采集　详细记录患者性别、年龄、既往史（包括高血压、糖尿病、高脂血症、冠心病、房颤、既往脑卒中病史，吸烟史、饮酒史），入院时NIHSS评分、入院后药物应用情况。

2.评价指标　（1）TyG指数：所有患者禁食8～12 h后，于次日清晨通过标准化流程采集肘静脉血2 ml，测定空腹血糖和甘油三酯，均采用Roche Cobas c702全自动生化分析仪（德国Roche Diagnostics公司），并计算TyG指数。所有检测均通过2个水平质控品（Bio-Rad Liquichek™）监控，符合国际标准化组织（ISO）15189标准。空腹血糖采用葡萄糖氧化酶-过氧化物酶法（GOD-POD）测定，检测范围为0.60～33.30 mmol/L。血清甘油三酯采用甘油磷酸氧化酶-过氧化物法（GPO-PAP）测定，检测范围为0～14.10 mmol/L。然后基于入院24 h内空腹血糖和甘油三酯（单位均换算为mg/dl），计算TyG指数[TyG指数=Ln（甘油三酯×空腹血糖/2）][4]。（2）ASTRAL评分[2]：于入院24 h内完成ASTRAL评分，包括以下6项内容。①年龄，自0岁开始，每增长5岁计1分。②NIHSS评分，以入院后首次NIHSS评分为标准，每1分NIHSS评分计1分。③发病至入院时间＞3 h计2分。④存在脑卒中相关视野缺损计2分。⑤空腹血糖水平＜3.70 mmol/L或者＞7.30 mmol/L计1分。⑥出现嗜睡、昏睡或昏迷等意识障碍计3分。评分越高、代表患者功能预后越差。（3）ASTRAL-TyG模型：以TyG指数替代ASTRAL评分中血糖指标，并经二元Logistic回归分析拟合出TyG指数与ASTRAL评分（剔除血糖指标）的联合指标，即ASTRAL-TyG模型。（4）功能预后：发病后1年采用mRS量表评估功能预后。0分，无症状；1分，有症状，但无残疾；2分，轻残；3分，中残；4分，中重度残疾；5分，重残；6分，死亡。mRS评分≤2分为预后良好、＞2分为预后不良。（5）随访：由经过统一培训的神经科医师进行单盲随访，采用电话、网络或门诊形式随访至发病后1年，记录随访期间脑卒中（缺血性或出血性卒中）复发率及病死率。

3.统计分析方法　采用SPSS 26.0及R软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比（%）或率（%）表示，采用χ^2检验。采用Shapiro-Wilk检验对计量资料进行正态性检验。呈正态分布的计量资料以均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，采用两独立样本的t检验或单因素方差分析；呈非正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距[$M(P_{25},P_{75})$]表示，采用Mann-Whitney U检验或Kruskal-Wallis H检验。缺血性卒中患者预后影响因素的筛查采用单因素和多因素前进法Logistic回归分析（$\alpha_{入}=0.05$，$\alpha_{出}=0.10$）。绘制ASTRAL评分及ASTRAL-TyG模型的受试者工作特征（ROC）曲线并计算曲线下面积（AUC），采用Delong检验分析2个模型对预后的预测效能。采用R软件计算2个模型的净重新分类改善指数（NRI）及综合判别改善指数（IDI）。以$P\leq0.05$为差异具有统计学意义。

结　果

本组3393例患者中3227例（95.11%）入院后应用抗血小板药物，709例（20.90%）应用抗凝药物，3363例（99.12%）应用调脂药物，1152例（33.95%）应用降糖药物，2017例（59.45%）应用降压药物。TyG指数6.54～11.86，中位值9.09（8.69，9.55）；入院24 h内ASTRAL评分6～63分，中位评分17（14，20）分。根据mRS评分分为预后良好（≤2分）组（2961例）和预后不良（＞2分）组（432例）。与预后良好组相比，预后不良组男性（$P=0.000$）、吸烟（$P=0.000$）、饮酒（$P=0.000$）、抗血小板药物（$P=0.000$）、调脂药物（$P=0.043$）比例较低，年龄较大（$P=0.000$），入院时NIHSS评分（$P=0.000$）较高，冠心病（$P=0.000$）、房颤（$P=0.000$）、既往脑卒中病史（$P=0.000$）、抗凝药物（$P=0.000$）比例较高，TyG指数（$P=0.000$）和ASTRAL评分（$P=0.000$）较高，其余临床资料组间差异无统计学意义（均$P>0.05$，表1）。发病后1年随访时，脑卒中及短暂性脑缺血发作复发226例（6.66%），死亡169例（4.98%）。

根据TyG指数的四分位数分为4组，即Q1（＜8.69）组（844例）、Q2（8.69～9.08）组（838例）、Q3（9.09～9.54）组（851例）和Q4（≥9.55）组（860例）。不同TyG指数组性别（$P=0.046$）、高血压（$P=0.000$）、糖尿病（$P=0.000$）、高脂血症（$P=0.000$）、冠心病（$P=0.000$）、房颤（$P=0.002$）、饮酒（$P=0.023$）、入院时NIHSS评分（$P=0.000$）、入院24 h内ASTRAL评分（$P=0.000$）和发病后1年预后不良（mRS评分＞2分）率（$P=0.000$）差异具有统计学意义，其余临床资料组间差异无统计学意义（$P>0.05$，

表1 预后良好组与预后不良组患者临床资料的比较

Table 1. Comparison of clinical data between good prognosis group and poor prognosis group

观察指标	预后良好组（n=2961）	预后不良组（n=432）	统计量值	P值	观察指标	预后良好组（n=2961）	预后不良组（n=432）	统计量值	P值
性别[例(%)]			32.260	0.000	饮酒[例(%)]	970(32.76)	95(21.99)	20.299	0.000
男性	2118(71.53)	251(58.10)			入院时NIHSS[$M(P_{25},P_{75})$,评分]	3.00(1.00, 5.00)	6.00(3.00,10.00)	12.608	0.000
女性	843(28.47)	181(41.90)			入院后药物应用[例(%)]				
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	58.67±12.33	67.18±11.38	-13.525	0.000	抗血小板药物	2851(96.29)	376(87.04)	69.294	0.000
高血压[例(%)]	1923(64.94)	295(68.29)	1.861	0.173	抗凝药物	558(18.84)	151(34.95)	59.183	0.000
糖尿病[例(%)]	954(32.22)	157(36.34)	2.911	0.088	调脂药物	2939(99.26)	424(98.15)	4.100	0.043
高脂血症[例(%)]	305(10.30)	38(8.80)	0.939	0.333	降糖药物	998(33.70)	154(35.65)	0.635	0.426
冠心病[例(%)]	380(12.83)	95(21.99)	26.258	0.000	降压药物	1757(59.34)	260(60.19)	0.112	0.738
房颤[例(%)]	119(4.02)	41(9.49)	25.121	0.000	TyG指数[$M(P_{25},P_{75})$]	9.07(8.67, 9.53)	9.29(8.83, 9.89)	6.438	0.000
脑卒中病史[例(%)]	741(25.03)	179(41.44)	51.369	0.000	ASTRAL[$M(P_{25},P_{75})$,评分]	17.00(14.00,20.00)	22.00(18.00,26.00)	17.095	0.000
吸烟[例(%)]	1178(39.78)	114(26.39)	28.688	0.000					

Two-independent-sample t test for comparison of age, Mann-Whitney U test for comparison of NIHSS at admission, TyG index and ASTRAL, and χ^2 test for comparison of others，年龄的比较采用两独立样本的t检验，入院时NIHSS评分、TyG指数和ASTRAL评分的比较行Mann-Whitney U检验，其余指标的比较行χ^2检验。NIHSS，National Institutes of Health Stroke Scale，美国国立卫生研究院卒中量表；TyG，triglyceride glucose，甘油三酯-葡萄糖；ASTRAL，Acute Stroke Registry and Analysis of Lausanne，洛桑急性脑卒中登记分析

表2 不同TyG指数组患者临床资料和预后的比较

Table 2. Comparison of clinical data and prognosis among patients stratified by TyG index

观察指标	Q1组（n=844）	Q2组（n=838）	Q3组（n=851）	Q4组（n=860）	统计量值	P值
性别[例(%)]					7.978	0.046
男性	589(69.79)	615(73.39)	586(68.86)	579(67.33)		
女性	255(30.21)	223(26.61)	265(31.14)	281(32.67)		
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	60.21±13.01	59.02±12.89	60.17±12.37	59.61±11.83	1.669	0.172
高血压[例(%)]	479(56.75)	549(65.51)	591(69.45)	599(69.65)	40.901	0.000
糖尿病[例(%)]	114(13.51)	181(21.60)	313(36.78)	503(58.49)	454.206	0.000
高脂血症[例(%)]	35(4.15)	76(9.07)	106(12.46)	126(14.65)	58.696	0.000
冠心病[例(%)]	90(10.66)	104(12.41)	132(15.51)	149(17.33)	19.076	0.000
房颤[例(%)]	24(2.84)	35(4.18)	43(5.05)	58(6.74)	15.216	0.002
脑卒中病史[例(%)]	234(27.73)	217(25.89)	242(28.44)	227(26.40)	1.768	0.622
吸烟[例(%)]	318(37.68)	346(41.29)	321(37.72)	307(35.70)	5.834	0.120
饮酒[例(%)]	250(29.62)	297(35.44)	267(31.37)	251(29.19)	9.554	0.023
入院时NIHSS[$M(P_{25},P_{75})$,评分]	3.00(1.00, 6.00)	3.00(1.00, 5.00)	3.00(1.00, 6.00)	3.00(2.00, 6.00)	21.104	0.000
ASTRAL[$M(P_{25},P_{75})$,评分]	17.00(14.00,21.00)	16.00(14.00,20.00)	17.00(14.00,20.00)	18.00(15.00,21.00)	28.852	0.000
mRS评分>2分[例(%)]	83(9.83)	89(10.62)	103(12.10)	157(18.26)	33.661	0.000

Two-independent-sample t test for comparison of age, Kruskal-Wallis H test for comparison of NIHSS at admission and ASTRAL, and χ^2 test for comparison of others，年龄的比较采用两独立样本的t检验，入院时NIHSS评分和ASTRAL评分的比较采用Kruskal-Wallis H检验，其余指标的比较采用χ^2检验。NIHSS，National Institutes of Health Stroke Scale，美国国立卫生研究院卒中量表；ASTRAL，Acute Stroke Registry and Analysis of Lausanne，洛桑急性脑卒中登记分析；mRS，modified Rankin Scale，改良Rankin量表

表2）。

单因素Logistic回归分析显示，性别（P=0.000）、年龄（P=0.000）、冠心病（P=0.000）、房颤（P=0.000）、既往脑卒中病史（P=0.000）、吸烟（P=0.000）、饮酒（P=0.000）、入院时NIHSS评分（P=0.000）、入院后应用抗血小板药物（P=0.000）、抗凝药物（P=0.000）、调脂药物（P=0.026）、TyG指数（P=0.000）和入院24 h内ASTRAL评分（P=0.000）是缺血性卒中患者预后不良的影响因素（表3，4）。将单因素Logistic回归分析中差异具有统计学意义的因素纳入多因素Logistic回归分析，将TyG指数作为连续变量引入以获得模型1，其结果显示，房颤

表3 缺血性卒中患者预后不良影响因素的变量赋值表
Table 3. Variable assignment of influencing factors for poor prognosis in patients with ischemic stroke

变量	赋值			
	0	1	2	3
预后不良	否	是		
性别	男性	女性		
高血压	无	有		
糖尿病	无	有		
高脂血症	无	有		
冠心病	无	有		
房颤	无	有		
脑卒中病史	无	有		
吸烟	无	有		
饮酒	无	有		
抗血小板药物	无	有		
抗凝药物	无	有		
调脂药物	无	有		
降糖药物	无	有		
降压药物	无	有		
TyG指数	Q1（<8.69）	Q2（8.69～9.08）	Q3（9.09～9.54）	Q4（≥9.55）

TyG, triglyceride glucose, 甘油三酯-葡萄糖

（b = - 0.517, OR = 0.597, 95%CI: 0.372 ~ 0.958; P = 0.000）和入院后应用抗血小板药物（b = - 0.793, OR = 0.452, 95%CI: 0.294 ~ 0.696; P = 0.000）是缺血性卒中患者预后良好的保护因素，既往有脑卒中病史（OR = 2.018, 95%CI: 1.602 ~ 2.542; P = 0.000）、入院后应用抗凝药物（OR = 1.682, 95%CI: 1.308 ~ 2.163; P = 0.000）、TyG指数增加（OR = 1.731, 95%CI: 1.489 ~ 2.013; P = 0.000）和入院24 h内ASTRAL评分增加（OR = 1.156, 95%CI: 1.133 ~ 1.179; P = 0.000）是缺血性卒中患者预后不良的危险因素（表5）；将TyG指数作为分类变量引入以获得模型2，结果显示，房颤（b = - 0.500, OR = 0.607, 95%CI: 0.379 ~ 0.972; P = 0.038）和入院后应用抗血小板药物（b = - 0.787, OR = 0.455, 95%CI: 0.296 ~ 0.700; P = 0.000）则是预后良好的保护因素，既往有脑卒中病史（OR = 2.032, 95%CI: 1.616 ~ 2.555; P = 0.000）、入院后应用抗凝药物（OR = 1.699, 95%CI: 1.324 ~ 2.182; P = 0.000）、入院24 h内ASTRAL评分增加（OR = 1.156, 95%CI: 1.133 ~ 1.179; P = 0.000）、TyG指数8.69 ~ 9.08（OR = 1.445, 95%CI: 1.025 ~ 2.039; P = 0.036）、TyG指数≥9.55（OR = 2.103, 95%CI: 1.532 ~ 2.888; P = 0.000）是预后不良的危险因素（表6）。

表4 缺血性卒中患者预后不良影响因素的单因素Logistic回归分析
Table 4. Univariate Logistic regression analysis of influencing factors for poor prognosis in patients with ischemic stroke

变量	b	SE	Wald χ^2	P值	OR值	OR 95%CI
性别	0.594	0.106	31.628	0.000	1.812	1.473 ~ 2.229
年龄	0.061	0.005	163.696	0.000	1.063	1.053 ~ 1.073
高血压	0.150	0.110	1.858	0.173	1.162	0.936 ~ 1.443
糖尿病	0.183	0.107	2.905	0.088	1.201	0.973 ~ 1.483
高脂血症	- 0.175	0.180	0.937	0.333	0.840	0.590 ~ 1.196
冠心病	0.650	0.129	25.551	0.000	1.915	1.488 ~ 2.463
房颤	0.918	0.189	23.604	0.000	2.504	1.729 ~ 3.627
脑卒中病史	0.751	0.106	49.774	0.000	2.120	1.720 ~ 2.612
吸烟	- 0.611	0.115	28.048	0.000	0.543	0.433 ~ 0.680
饮酒	- 0.547	0.123	19.920	0.000	0.579	0.455 ~ 0.736
入院时NIHSS	0.150	0.011	189.352	0.000	1.162	1.137 ~ 1.187
入院后药物应用						
抗血小板药物	- 1.351	0.173	60.898	0.000	0.259	0.185 ~ 0.364
抗凝药物	0.839	0.111	56.821	0.000	2.314	1.861 ~ 2.878
调脂药物	- 0.924	0.416	4.936	0.026	0.397	0.176 ~ 0.897
降糖药物	0.086	0.108	0.635	0.426	1.090	0.882 ~ 1.346
降压药物	0.035	0.105	0.112	0.738	1.036	0.843 ~ 1.273
TyG指数（连续变量）	0.601	0.072	69.623	0.000	1.823	1.583 ~ 2.099
ASTRAL	0.157	0.009	274.486	0.000	1.170	1.149 ~ 1.192

NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale, 美国国立卫生研究院卒中量表；TyG, triglyceride glucose, 甘油三酯-葡萄糖；ASTRAL, Acute Stroke Registry and Analysis of Lausanne, 洛桑急性脑卒中登记分析

为验证TyG指数能否提高ASTRAL评分对缺血性卒中患者预后的预测效能，剔除ASTRAL评分中血糖评分，并经二元Logistic回归分析拟合出TyG指数（连续变量）与ASTRAL评分（剔除血糖指标）的联合指标，获得ASTRAL-TyG模型，ROC曲线显示，ASTRAL-TyG模型预测缺血性卒中患者发病后1年预后不良的曲线下面积为0.768（95%CI: 0.743 ~ 0.794, P = 0.000），灵敏度65.97%、特异度78.01%，截断值为0.137；ASTRAL评分的曲线下面积为0.754（95%CI: 0.728 ~ 0.779, P = 0.000），灵敏度65.05%、特异度74.23%，截断值为19分（图1）。与ASTRAL评分相比，ASTRAL-TyG模型的预测效能增加（Z = 2.084, P = 0.037），对预后不良的预测概率提高1.50%（IDI = 0.015, 95%CI: 0.007 ~ 0.024; P = 0.000），

表5 缺血性卒中患者预后不良影响因素的多因素前进法Logistic回归分析(模型1)

Table 5. Multivariate forward Logistic regression analysis of influencing factors for poor prognosis in patients with ischemic stroke (Model 1)

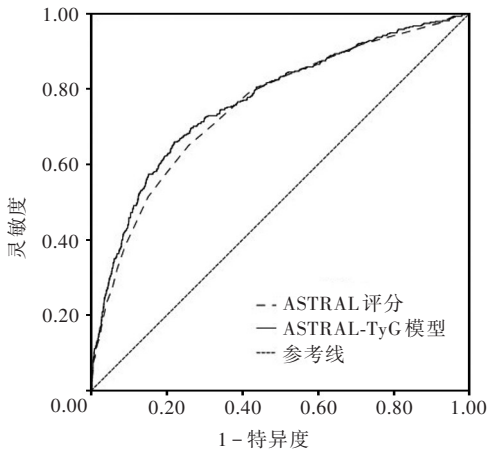
变量	*b*	*SE*	Wald χ^2	*P*值	*OR*值	*OR* 95%CI
性别	0.167	0.134	1.554	0.213	1.182	0.909～1.537
冠心病	0.269	0.145	3.462	0.063	1.309	0.986～1.738
房颤	-0.517	0.242	4.576	0.032	0.597	0.372～0.958
脑卒中病史	0.702	0.118	35.570	0.000	2.018	1.602～2.542
吸烟	-0.317	0.172	3.393	0.065	0.728	0.519～1.021
饮酒	-0.132	0.176	0.568	0.451	0.876	0.621～1.236
抗血小板药物	-0.793	0.220	12.987	0.000	0.452	0.294～0.696
抗凝药物	0.520	0.128	16.457	0.000	1.682	1.308～2.163
调脂药物	-0.431	0.576	0.560	0.454	0.650	0.210～2.009
TyG指数(连续变量)	0.549	0.077	50.903	0.000	1.731	1.489～2.013
ASTRAL	0.145	0.010	202.399	0.000	1.156	1.133～1.179
常数项	-8.886	1.363	42.522	0.000		

TyG, triglyceride glucose, 甘油三酯-葡萄糖; ASTRAL, Acute Stroke Registry and Analysis of Lausanne, 洛桑急性脑卒中登记分析。The same for Table 6

表6 缺血性卒中患者预后不良影响因素的多因素前进法Logistic回归分析(模型2)

Table 6. Multivariate forward Logistic regression analysis of influencing factors for poor prognosis in patients with ischemic stroke (Model 2)

变量	*b*	*SE*	Wald χ^2	*P*值	*OR*值	*OR* 95%CI
性别	0.200	0.133	2.263	0.132	1.222	0.941～1.586
冠心病	0.277	0.144	3.682	0.055	1.319	0.994～1.749
房颤	-0.500	0.241	4.311	0.038	0.607	0.379～0.972
脑卒中病史	0.709	0.117	36.746	0.000	2.032	1.616～2.555
吸烟	-0.302	0.171	3.103	0.078	0.739	0.528～1.035
饮酒	-0.137	0.175	0.613	0.434	0.872	0.619～1.228
抗血小板药物	-0.787	0.219	12.875	0.000	0.455	0.296～0.700
抗凝药物	0.530	0.127	17.324	0.000	1.699	1.324～2.182
调脂药物	-0.396	0.571	0.480	0.489	0.673	0.220～2.062
TyG指数						
Q2(8.69～9.08)	0.368	0.175	4.412	0.036	1.445	1.025～2.039
Q3(9.09～9.54)	0.334	0.171	3.820	0.051	1.396	0.999～1.951
Q4(≥9.55)	0.744	0.162	21.142	0.000	2.103	1.532～2.888
ASTRAL	0.145	0.010	204.742	0.000	1.156	1.133～1.179
常数项	-4.385	1.209	13.151	0.000		



ASTRAL, 洛桑急性脑卒中登记分析; TyG, 甘油三酯-葡萄糖

图1 ASREAL评分及ASTRAL-TyG模型的ROC曲线

Figure 1 The ROC curves of ASTRAL score and ASTRAL-TyG model.

但其在基于预设风险分层的重新分类能力上未见优势(分类 *NRI* = -0.211, 95%CI: -0.261～-0.162; *P* = 0.000)。进一步分析发现, ASTRAL-TyG模型对预后不良的预测概率调整方向存在不足(连续 *NRI* = -0.132, 95%CI: -0.233～-0.031; *P* = 0.010)。

讨　论

本研究为一项基于郑州大学第一附属医院缺血性卒中数据库的前瞻性单中心多院区队列研究, 结果显示, TyG指数每增加1个单位, 预后不良风险增加73%; 以TyG指数替代ASTRAL评分中血糖指标拟合的ASTRAL-TyG模型对缺血性卒中患者长期(发病后1年)预后不良具有较好的预测价值。

TyG指数是2008年提出的一种评估胰岛素抵抗的简单、经济、直观且稳定的新型生物学标志物, 可应用于多种疾病的诊断及风险评估[11-12]。一项Meta分析显示, TyG指数是脑卒中复发的危险因素(5项研究计84 774例脑卒中患者; *OR* = 1.500, 95%CI: 1.190～1.890, *P* < 0.01), 亦为预后不良的危险因素(6项研究计31 465例缺血性卒中患者; *OR* = 1.360, 95%CI: 1.100～1.690; *P* < 0.01)[13]。TyG指数在特定脑卒中人群中显示出较好的预测价值。一项回顾性纳入183例接受再灌注治疗的急性缺血性卒中患者的队列研究结果显示, TyG指数≥4.49是发病后3个月功能预后不良(mRS评分≥3分)的危险因素(*OR* = 5.220, 95%CI: 1.390～19.570; *P* = 0.014)[14]。一项针对非糖尿病性小血管闭塞的多中心前瞻性队列研究显示, TyG指数是脑卒中复发的危险因素(TyG指数 > 8.92对 < 8.20: *OR* = 3.100, 95%CI: 1.366～8.019)[15]。西安卒中登记研究纳入2288例急性缺血性卒中患者, 发现TyG指数与发病

后1年脑卒中复发风险存在非线性关联[5]。TyG指数不仅在风险评估方面具有优势，亦可用于指导临床治疗决策。一项纳入1002例发病时间≤48 h且接受双联抗血小板治疗的缺血性卒中患者的队列研究显示，TyG指数增加是血小板反应性增强及阿司匹林高残留血小板反应性发生率增加的危险因素（OR = 1.689，95%CI：1.140～2.510；P = 0.009）[16]。因此认为，基于TyG指数的胰岛素抵抗评估可以指导个性化治疗决策，减少缺血事件的复发。

ASTRAL评分是2012年提出的急诊评估急性缺血性卒中发病后3个月不良功能结局（mRS评分＞2分）的高预测价值量表[2]，此外对发病后1、2和5年预后亦表现出良好的预测价值[17-19]。ASTRAL评分由入院时可以快速获取的6项指标计算而得，无需复杂的实验室或影像学检查，预测价值较高，且已获得外部验证，因此其临床应用广泛。2025年的一项小型队列研究显示，ASTRAL评分对静脉溶栓后急性前循环和后循环梗死患者预后不良的预测价值相当（曲线下面积为0.768对0.773，P＞0.05）[20]，亦是≥60岁急性缺血性卒中患者接受静脉溶栓治疗后不良功能结局（mRS评分≥3分）的可靠预测指标（曲线下面积为0.771，95%CI：0.725～0.813）[21]。近年随着脑卒中预后相关新型预测因子的提出，越来越多研究将其引入ASTRAL评分中获得改良模型，以获得更高的预测价值并扩大临床应用范围。ASTRAL评分结合营养不良的综合评估可以提高其对急性脑卒中患者发病后1年重残和死亡（mRS评分≥3分）风险的预测效能[22]。来自德国的一项队列研究结果显示，肽素、氨基末端B型利尿钠肽前体（NT-proBNP）和心房利尿钠肽前体中间片段（MR-proANP）可以提高ASTRAL评分的鉴别力、校准性和整体效能，从而有效预测轻中度缺血性卒中患者发病后12个月预后不良（mRS评分＞2分）风险[23]。基于上述理论基础，本研究创新性将目前研究热门的生物学标志物TyG指数引入ASTRAL评分中，相较于仅测定一次血糖，引入TyG指数的ASTRAL-TyG模型可以更全面地展示机体代谢水平，且不增加模型复杂度，临床易操作，并进一步提高ASTRAL评分的长期预测价值及综合诊断能力，对不同风险分层患者的个性化诊疗方案的制定及健康生活方式的宣教具有重要指导意义。

综上所述，本研究采用改良洛桑评分，以更全面评估机体代谢水平的TyG指数替代ASTRAL评分中的血糖指标，可以提高其对缺血性卒中患者预后不良的预测价值，从而有助于临床医师对缺血性卒中患者进行快速风险分层并指导更精准的管理。尽管房颤在多因素Logistic回归分析中显示保护性效应（可能与抗凝治疗或其他未测量的混杂因素相关），但本研究Logistic回归分析重点关注TyG指数与ASTRAL评分的独立预测价值，二者结果稳健。本研究纳入我院多院区的缺血性卒中患者且样本量较大，但作为一项单中心研究仍不可避免地产生选择偏倚；其次，本研究未分析TyG指数的动态变化，TyG指数的动态变化更有助于指导长期预后的风险评估。未来将继续对ASTRAL-TyG模型进行更深入的探究，拟合更适宜临床的预后评估模型，并在不同队列中验证其预测效能。

利益冲突　无

参　考　文　献

[1] GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet Neurol, 2024, 23:973-1003.

[2] Ntaios G, Faouzi M, Ferrari J, Lang W, Vemmos K, Michel P. An integer-based score to predict functional outcome in acute ischemic stroke: the ASTRAL score[J]. Neurology, 2012, 78: 1916-1922.

[3] Heo J, Yoon JG, Park H, Kim YD, Nam HS, Heo JH. Machine learning-based model for prediction of outcomes in acute stroke[J]. Stroke, 2019, 50:1263-1265.

[4] Sun Y, Ji H, Sun W, An X, Lian F. Triglyceride glucose (TyG) index: a promising biomarker for diagnosis and treatment of different diseases[J]. Eur J Intern Med, 2025, 131:3-14.

[5] Guo W, Liu Z, Liu P, Lu Q, Chang Q, Zhang M, Huo Y, Lin X, Peng L, Liu T, Yan Y, Lei Z, Wang Y, Huang C, Zhang D, Wang F, Wu S. Association between triglyceride-glucose index and 1-year recurrent stroke after acute ischemic stroke: results from the Xi'an Stroke Registry Study of China[J]. Cerebrovasc Dis, 2024, 53:391-402.

[6] Yang Y, Huang X, Wang Y, Leng L, Xu J, Feng L, Jiang S, Wang J, Yang Y, Pan G, Jiang B, Wang Y, Chen L. The impact of triglyceride-glucose index on ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Cardiovasc Diabetol, 2023, 22:2.

[7] Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2023[J]. Zhonghua Shen Jing Ke Za Zhi, 2024, 57:523-559.[中华医学会神经病学分会，中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性卒中诊治指南2023[J]. 中华神经科杂志, 2024, 57:523-559.]

[8] van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, Schouten HJ, van Gijn J. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients[J]. Stroke, 1988, 19:604-607.

[9] Song B, Hu R, Pei L, Cao Y, Chen P, Sun S, Wang X, Tian X, Guo Y, Xu Y. Dual antiplatelet therapy reduced stroke risk in high-risk patients with transient ischaemic attack assessed by ABCD3-Ⅰ score[J]. Eur J Neurol, 2019, 26:610-616.

[10] Liu X, Wang Y, Ding L, Hu R, Zhang Y, Zhang W, Pei L, Cao

Y, Fang H, Liu K, Sun S, Wu J, Buonanno FS, Ning M, Xu Y, Song B. Atrial cardiomyopathy predicts the functional outcome and mortality in stroke patients[J]. J Atheroscler Thromb, 2024, 31:1416-1426.
[11] Muniyappa R, Lee S, Chen H, Quon MJ. Current approaches for assessing insulin sensitivity and resistance in vivo: advantages, limitations, and appropriate usage[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2008, 294:E15-E26.
[12] Ramdas Nayak VK, Satheesh P, Shenoy MT, Kalra S. Triglyceride glucose (TyG) index: a surrogate biomarker of insulin resistance[J]. J Pak Med Assoc, 2022, 72:986-988.
[13] Nayak SS, Kuriyakose D, Polisetty LD, Patil AA, Ameen D, Bonu R, Shetty SP, Biswas P, Ulrich MT, Letafatkar N, Habibi A, Keivanlou MH, Nobakht S, Alotaibi A, Hassanipour S, Amini-Salehi E. Diagnostic and prognostic value of triglyceride glucose index: a comprehensive evaluation of meta-analysis[J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23:310.
[14] Lee M, Kim CH, Kim Y, Jang MU, Mo HJ, Lee SH, Lim JS, Yu KH, Lee BC, Oh MS. High triglyceride glucose index is associated with poor outcomes in ischemic stroke patients after reperfusion therapy[J]. Cerebrovasc Dis, 2021, 50:691-699.
[15] Wu L, Zhu J, Li C, Zhu J, Dai Z, Jiang Y. Association of triglyceride-glucose index with ischemic stroke recurrence in nondiabetic patients with small vessel occlusion: a multicenter hospital-based prospective cohort study[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21:250.
[16] Guo Y, Zhao J, Zhang Y, Wu L, Yu Z, He D, Huang H, Qu W, Luo X. Triglyceride glucose index influences platelet reactivity in acute ischemic stroke patients[J]. BMC Neurol, 2021, 21:409.
[17] Liu G, Ntaios G, Zheng H, Wang Y, Michel P, Wang DZ, Fang J, Papavasileiou V, Liu L, Dong K, Wang C, Zhao X, Wang Y. External validation of the ASTRAL score to predict 3- and 12-month functional outcome in the China National Stroke Registry[J]. Stroke, 2013, 44:1443-1445.
[18] Papavasileiou V, Milionis H, Michel P, Makaritsis K, Vemmou A, Koroboki E, Manios E, Vemmos K, Ntaios G. ASTRAL score predicts 5-year dependence and mortality in acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2013, 44:1616-1620.
[19] Zhang K, Zhu Z, Che B, Bu X, Xu T, Zhong C, Wang A, Peng H, Guo D, Zheng X, Xu T, Chen J, Zhang Y, He J. Validation and comparison of prognostic scales in Chinese patients with ischemic stroke: a prospective study from CATIS[J]. Neurol Res, 2022, 44:97-103.
[20] Fan Y, Shi G, Lv Y, Kong X, Lu Y, Chen L. ASTRAL scale for predicting prognosis following intravenous thrombolysis with anterior versus posterior circulation acute ischemic stroke[J]. J Thromb Thrombolysis, 2025, 58:254-259.
[21] Fan Y, Shi G, Wang S, Lu Y, Kong X, Chen L. Prognostic outcome of intravenous thrombolysis in elderly patients aged ≥ 60 years with acute ischemic stroke by ASTRAL and THRIVE scales[J]. J Thromb Thrombolysis, 2025, 58:120-125.
[22] Zhang G, Pan Y, Zhang R, Wang M, Meng X, Li Z, Li H, Wang Y, Zhao X, Liu G, Wang Y. Prevalence and prognostic significance of malnutrition risk in patients with acute ischemic stroke: results from the Third China National Stroke Registry[J]. Stroke, 2022, 53:111-119.
[23] Montellano FA, Rücker V, Ungethüm K, Penalba A, Hotter B, Giralt M, Wiedmann S, Mackenrodt D, Morbach C, Frantz S, Störk S, Whiteley WN, Kleinschnitz C, Meisel A, Montaner J, Haeusler KG, Heuschmann PU. Biomarkers to improve functional outcome prediction after ischemic stroke: results from the SICFAIL, STRAWINSKI, and PREDICT studies[J]. Eur Stroke J, 2024, 9:968-980.

（收稿日期：2025-03-26）
（本文编辑：许畅）

·读者·作者·编者·

《中国现代神经疾病杂志》编辑部关于医学名词、计量单位、数字和缩略语的要求

《中国现代神经疾病杂志》编辑部对来稿中的医学名词、计量单位、数字和缩略语的具体要求如下：

1.医学名词　以1989年及其以后全国自然科学名词审定委员会审定、公布，科学出版社出版的《医学名词》和相关学科的名词为准，暂未公布者仍以人民卫生出版社编辑的《英汉医学词汇》为准。中文药物名称应使用1995年版药典或卫生部药典委员会编辑的《中国药品通用名称》中的名称，英文药物名称则采用国际非专利药名，不使用商品名。

2.计量单位　参照中华医学会杂志社编写的《法定计量单位在医学上的应用》（第3版）。北京：人民军医出版社，2001。

3.数字　参照执行GB/T 15835-1995《出版物上数字用法的规定》。北京：中国标准出版社，1996。（1）公历世纪、年代、年、月、日和时刻、计数与计量均用阿拉伯数字。（2）数点前或后超过4位数字（含4位）时，每3位一组，组间空1/4个汉字空，例如“81,319.676,56”应写成“81 319.676 56”，但序数词和年份、页数、部队番号、仪表型号、标准号不分节。（3）百分数范围，前一个参数的百分号不能省略，例如“20%～30%”不能写成“20～30%”。（4）附带长度单位的数值相乘，每个数值后单位不能省略，例如“5 cm×6 cm×7 cm”，不能写成“5×6×7 cm^3”。（5）所有实验室数据以及统计数据请保留小数点后两位小数，具体统计量值和*P*值请保留小数点后三位小数。

4.缩略语　文题一般不使用缩略语，文中则尽量少用。必须使用时，应于正文首次出现处先叙述其全称，然后用圆括号注出缩略语；若为外文可于文中首次出现时写出中文全称，在圆括号内写出缩略语，或者外文尚无规范的中文全称，首次以缩略语出现，需用圆括号注明外文全称。一篇文章内缩略语一般不宜超过5个。不超过4个汉字的名词一般不使用缩略语，以免影响文章的可读性。