

· 论 著 ·

中老年人脑卒中风险预测模型研究

楚楚¹, 徐红², 蔡波¹, 韩颖颖¹, 穆海祥³, 郑会燕³, 林玲¹

1.南通市疾病预防控制中心, 江苏 南通 226001; 2.江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210000;

3.南通市崇川区疾病预防控制中心, 江苏 南通 226001

摘要: **目的** 构建中老年人脑卒中风险预测模型, 为早期识别脑卒中高危人群提供依据。**方法** 于2023年10—12月, 采用多阶段分层随机抽样方法抽取江苏省南通市崇川区≥45岁常住居民为研究对象, 通过问卷调查收集人口学信息、生活行为和慢性病等资料; 采用2020年第七次全国人口普查数据计算脑卒中标准化患病率。按8:2比例将研究对象随机分为训练集和内部验证集。于2023年7—8月收集如皋市≥45岁常住居民的人口学信息、生活行为和慢性病等资料作为外部验证集。采用多因素logistic回归模型筛选中老年人脑卒中风险预测因子并建立列线图; 采用受试者操作特征(ROC)曲线下面积(AUC)、校准曲线和Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评价预测效果。**结果** 纳入≥45岁居民6 290名, 其中男性2 975人, 占47.30%; 女性3 315人, 占52.70%。年龄为(61.90±10.20)岁。脑卒中患病率为3.80%, 标化患病率为3.36%。多因素logistic回归分析结果显示, 年龄、吸烟、高血压和高血脂是中老年人脑卒中风险预测因子, 构建风险预测模型为 $\ln [p/(1-p)] = -4.619 + 0.046 \times \text{年龄} + 0.383 \times \text{吸烟} + 0.887 \times \text{高血压} + 0.678 \times \text{高血脂}$ 。训练集、内部验证集和外部验证集AUC值分别为0.748、0.755和0.738; 一致性指数分别为0.748、0.755和0.738; Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示模型拟合度较好($P > 0.05$)。**结论** 本研究以年龄、吸烟、高血压和高血脂构建的预测模型区分度和校准度均较好, 可尝试用于≥45岁中老年人脑卒中风险预测。

关键词: 中老年人; 脑卒中; 列线图

中图分类号: R743.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5087 (2025) 07-0649-05

A prediction model for stroke risk among middle-aged and elderly populations

CHU Chu¹, XU Hong², CAI Bo¹, HAN Yingying¹, MU Haixiang³, ZHENG Huiyan³, LIN Ling¹

1.Nantong Center for Disease Control and Prevention, Nantong, Jiangsu 226001, China; 2.Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanjing, Jiangsu 210000, China; 3.Chongchuan District Center for Disease Control and Prevention, Nantong, Jiangsu 226001, China

Abstract: Objective To create a prediction model for stroke risk among middle-aged and elderly populations, so as to provide a basis for early identification of high-risk population for stroke. **Methods** From October to December 2023, residents aged ≥45 years in Chongchuan District, Nantong City, Jiangsu Province were selected using a multi-stage stratified random sampling method. The demographic information, life behavior, and chronic disease data were collected through a questionnaire survey. The standardized prevalence of stroke was calculated using data from the seventh National Population Census. The subjects were randomly divided into the training set and the internal validation set according to the ratio of 8:2. The basic demographic information, life behavior, and chronic diseases of residents aged ≥45 years in Rugao City were collected from July to August 2023 as the external validation set. Predictive factors were selected using multivariable logistic regression model, and a nomogram for stroke among residents aged ≥45 years was

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.07.001

基金项目: 南通市卫生健康委员会科研课题计划资助(QN2023046, MS2023091)

作者简介: 楚楚, 硕士, 医师, 主要从事慢性病防控工作

通信作者: 林玲, E-mail: 22313112@qq.com

established. The prediction effect was evaluated using the area under the curve (AUC) of the receiver operating characteristic (ROC), calibration curve, and Hosmer–Lemeshow goodness of fit test. **Results** A total of 6 290 residents aged ≥ 45 years were included, including 2 975 males (47.30%) and 3 315 females (52.70%). The average age was (61.90 ± 10.20) years. The prevalence of stroke was 3.80%, and the standardized prevalence was 3.36%. The multivariable logistic regression showed that age, smoking, hypertension, and hyperlipidemia were predictors of stroke risk among residents aged ≥ 45 years, and the prediction model was $\ln[p/(1-p)] = -4.619 + 0.046 \times \text{age} + 0.383 \times \text{smoking} + 0.887 \times \text{hypertension} + 0.678 \times \text{hyperlipidemia}$. The AUC values of the training set, internal validation set, and external validation set were 0.748, 0.755, and 0.738, respectively. The consistency indexes were 0.748, 0.755, and 0.738, respectively. The Hosmer–Lemeshow goodness of fit test showed a good fitting effect ($P > 0.05$). **Conclusion** The prediction model based on age, smoking, hypertension, and hyperlipidemia has good discrimination and calibration, and can be used to predict the risk of stroke among middle-aged and elderly populations aged ≥ 45 years.

Keywords: middle-aged and elderly populations; stroke; nomogram

脑卒中是脑血流中断引起的急性神经功能缺损综合征，主要分为缺血性脑卒中和出血性脑卒中^[1]，具有高发病率、高致残率、高死亡率、高复发率和高经济负担的特点^[2]，是我国居民疾病负担的首要原因^[3]。江苏省 ≥ 40 岁居民脑卒中标化检出率为2.50%，受到年龄、吸烟和生活行为等因素影响^[4-5]。中老年人群常伴有高血压、糖尿病和血脂异常等慢性病共病，且随年龄增长呈现累积效应，增加脑卒中发病风险^[6]。为早期识别脑卒中高危人群，开展针对性干预，本研究选择南通市崇川区 ≥ 45 岁常住居民为研究对象，构建脑卒中风险预测模型，现报道如下。

1 对象与方法

1.1 对象

于2023年10—12月，采用多阶段分层随机抽样方法抽取崇川区6个街道，每个街道抽取2个社区，每个社区随机抽取600名常住居民为研究对象。纳入标准：(1)年龄 ≥ 45 岁；(2)调查地居住时间 ≥ 6 个月。排除存在认知障碍、严重疾病等不能完成调查者。本研究通过南通市疾病预防控制中心伦理审查委员会审查(2024007)，研究对象均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查

自行设计调查问卷，由经过培训的社区卫生服务中心医师开展面对面调查，收集性别、年龄、文化程度、职业和婚姻状况等人口学信息，吸烟、饮酒、锻炼和睡眠等生活行为资料，以及高血压、糖尿病、高血脂和脑卒中等慢性病资料。吸烟 ≥ 1 支/d且持续时间 > 6 个月定义为吸烟。饮酒 ≥ 1 次/周且持续时间 > 12 个月定义为饮酒。规律性进行 ≥ 1 次/周身体活动定义为锻炼。参考美国国家睡眠基金会建议，根据年

龄与睡眠时长将睡眠状况分为睡眠充足、睡眠不足和睡眠过多^[7]。高血压、糖尿病、高血脂和脑卒中为居民自报曾被二级以上医疗机构确诊并治疗。

1.2.2 体格检查

研究对象直立，目视正前方、脱鞋和脱帽，使用立柱式身高计和腰围尺分别测量身高和腰围，精确至0.1 cm；使用电子体重秤测量体重，精确至0.1 kg。体质指数(BMI) < 18.5 kg/m²为体重过低； $18.5 \sim < 24.0$ kg/m²为正常； $24.0 \sim < 28.0$ kg/m²为超重； ≥ 28.0 kg/m²为肥胖。男性腰围 ≥ 90 cm或女性腰围 ≥ 85 cm为向心性肥胖。

1.2.3 脑卒中风险预测模型建立

按8:2比例将研究对象随机分为训练集和内部验证集。基于训练集数据，采用多因素logistic回归模型筛选脑卒中风险预测因子，以 $P < 0.10$ 的变量为预测因子建立脑卒中风险预测列线图。预测模型表达式为 $\ln[p/(1-p)] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$ ， p 为脑卒中患病概率， β 为回归系数， x 为预测因子。

1.2.4 脑卒中风险预测模型验证

基于内部验证集评估脑卒中风险预测模型效能，基于外部验证集(于2023年7—8月收集如皋市 ≥ 45 岁常住居民的人口学信息、生活行为和慢性病等资料作为外部验证集)评估模型泛化能力。绘制受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估模型预测效果，曲线下面积(area under the curve, AUC) > 0.7 提示模型具有良好的区分度；绘制校准曲线评估校准度。采用Hosmer–Lemeshow拟合优度检验评估模型拟合度， $P > 0.05$ 提示拟合度良好。

1.3 统计分析

采用R 4.2.3软件统计分析。定性资料采用相对数描述，组间比较采用 χ^2 检验。采用2020年第七次

全国人口普查数据计算脑卒中标准化患病率。采用 R 4.2.3 软件的 rms 程序包建立和验证列线图, caret 程序包生成随机数据集, ResourceSelection 程序包进行 Hosmer–Lemeshow 拟合优度检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 研究对象基本情况

纳入≥45 岁居民 6 290 名, 其中男性 2 975 人, 占 47.30%; 女性 3 315 人, 占 52.70%。年龄为 (61.90±10.20) 岁。初中文化程度 2 330 人, 占 37.04%。离退休人员 2 656 人, 占 42.23%。已婚/同

居 5 819 人, 占 92.51%。吸烟 1 308 人, 占 20.79%。饮酒 1 949 人, 占 30.99%。锻炼 3 018 人, 占 47.98%。睡眠充足 4 070 人, 占 64.71%。高血压 2 290 例, 占 36.41%。糖尿病 1 485 例, 占 23.61%。高血脂 1 131 例, 占 17.98%。向心性肥胖 2 794 人, 占 44.42%。超重 2 763 人, 占 43.93%。脑卒中患病率为 3.80%, 标化患病率为 3.36%。训练集 5 033 人, 内部验证集 1 257 人; 训练集和内部验证集的性别、年龄、文化程度、职业、婚姻状况、吸烟、饮酒、锻炼、睡眠、高血压、糖尿病、高血脂、向心性肥胖和 BMI 分组比较, 差异无统计学意义 (均 $P>0.05$), 满足构建预测模型的基本要求。见表 1。

表 1 训练集与内部验证集基本特征比较

Table 1 Comparison of basic characteristics between the training set and the internal validation set									
项目	训练集 (n=5 033)	内部验证集 (n=1 257)	χ^2 值	P值	项目	训练集 (n=5 033)	内部验证集 (n=1 257)	χ^2 值	P值
性别			2.702	0.100	否	3 976 (79.00)	1 006 (80.03)		
男	2 407 (47.82)	568 (45.19)			饮酒			0.564	0.453
女	2 626 (52.18)	689 (54.81)			是	1 548 (30.76)	401 (31.90)		
年龄/岁			4.628	0.328	否	3 485 (69.24)	856 (68.10)		
45~<55	1 528 (30.36)	359 (28.56)			锻炼			0.231	0.631
55~<65	1 462 (29.05)	392 (31.19)			是	2 423 (48.14)	595 (47.33)		
65~<75	1 405 (27.92)	333 (26.49)			否	2 610 (51.86)	662 (52.67)		
75~<85	577 (11.46)	154 (12.25)			睡眠			1.917	0.383
≥85	61 (1.21)	19 (1.51)			充足	3 253 (64.63)	817 (65.00)		
文化程度			4.388	0.356	不足	1 443 (28.67)	344 (27.37)		
小学及以下	1 185 (23.54)	310 (24.66)			过多	337 (6.70)	96 (7.64)		
初中	1 849 (36.74)	481 (38.27)			高血压			0.113	0.736
高中	1 268 (25.19)	302 (24.03)			是	1 838 (36.52)	452 (35.96)		
大专	4 34 (8.62)	105 (8.35)			否	3 195 (63.48)	805 (64.04)		
本科及以上	297 (5.90)	59 (4.69)			糖尿病			0.181	0.670
职业			1.938	0.925	是	1 182 (23.48)	303 (24.11)		
离退休人员	2 128 (42.28)	528 (42.00)			否	3 851 (76.52)	954 (75.89)		
农林牧渔人员	209 (4.15)	51 (4.06)			高血脂			0.485	0.486
机关企事业单位人员	229 (4.55)	53 (4.22)			是	896 (17.80)	235 (18.70)		
商业服务业人员	363 (7.21)	104 (8.27)			否	4 137 (82.20)	1 022 (81.30)		
专业技术人员	779 (15.48)	192 (15.27)			向心性肥胖			0.267	0.605
家务/待业	556 (11.05)	141 (11.22)			是	2 227 (44.25)	567 (45.11)		
其他	769 (15.28)	188 (14.96)			否	2 806 (55.75)	690 (54.89)		
婚姻状况			2.631	0.268	BMI 分组			2.959	0.398
未婚	24 (0.48)	10 (0.80)			体重过低	81 (1.61)	18 (1.43)		
已婚/同居	4 666 (92.71)	1 153 (91.73)			正常	1 967 (39.08)	516 (41.05)		
丧偶/离异/分居	343 (6.82)	94 (7.48)			超重	2 236 (44.43)	527 (41.93)		
吸烟			0.591	0.442	肥胖	749 (14.88)	196 (15.59)		
是	1 057 (21.00)	251 (19.97)							

2.2 中老年人群脑卒中风险预测因子筛选

训练集中, 脑卒中患病 192 例, 患病率为

3.81%。不同性别、年龄、文化程度、吸烟、睡眠、高血压和高血脂的中老年人群脑卒中患病率比较, 差

异有统计学意义（均 $P<0.05$ ），见表 2。以脑卒中患病为因变量（0=否，1=是），纳入上述自变量做多因素 logistic 回归分析，筛选出年龄、吸烟、高血压和高血脂 4 个中老年人群脑卒中风险预测因子（均 $P<0.10$ ）。

表 2 训练集中老年人群脑卒中患病率比较
Table 2 Comparison of the prevalence of stroke among middle-aged and elderly populations

项目	调查人数	脑卒中患病例数	患病率/%	χ^2 值	P值
性别				9.278	0.002
男	2 407	113	4.69		
女	2 626	79	3.01		
年龄/岁				70.813	<0.001
45~<55	1 528	18	1.18		
55~<65	1 462	42	2.87		
65~<75	1 405	79	5.62		
75~<85	577	48	8.32		
≥85	61	5	8.20		
文化程度				19.235	0.001
小学及以下	1 185	70	5.91		
初中	1 849	59	3.19		
高中	1 268	43	3.39		
大专	434	13	3.00		
本科及以上	297	7	2.36		
吸烟				13.288	<0.001
是	1 057	61	5.77		
否	3 976	131	3.29		
睡眠				13.663	0.001
充足	3 253	110	3.38		
不足	1 443	57	3.95		
过多	337	25	7.42		
高血压				75.256	<0.001
是	1 838	127	6.91		
否	3 195	65	2.03		
高血脂				29.677	<0.001
是	896	63	7.03		
否	4 137	129	3.12		

2.3 中老年人群脑卒中风险预测列线图建立与验证
中老年人群脑卒中风险预测列线图为 $\ln [p/(1-p)] = -4.619 + 0.046 \times \text{年龄} + 0.383 \times \text{吸烟} + 0.887 \times \text{高血压} + 0.678 \times \text{高血脂}$ 。见图 1。训练集、内部验证集和外部验证集 AUC 值分别为 0.748（95%CI: 0.716~0.780）、0.755（95%CI: 0.702~0.808）和 0.738（95%CI: 0.722~0.754）。校准曲线显示训练集、内部验证集和外部验证集的一致性指数分别为 0.748、0.755 和 0.738。Hosmer-Lemeshow 拟合优度

检验结果显示模型拟合度较好（ $P>0.05$ ）。

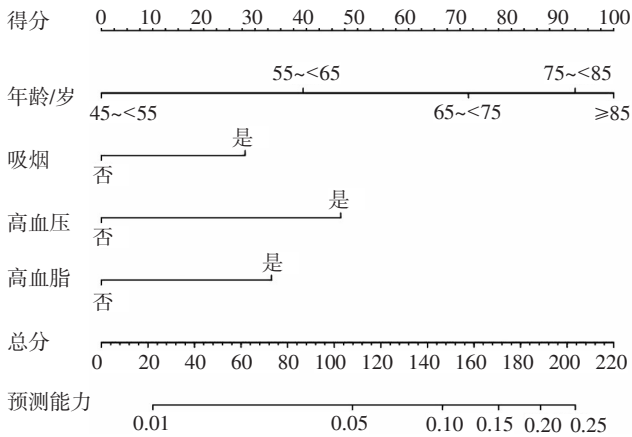


图 1 中老年人群脑卒中风险预测列线图
Figure 1 Nomogram for predicting the risk of stroke among middle-aged and elderly populations

3 讨论

本研究崇川区中老年人群脑卒中患病率为 3.80%，标化患病率为 3.36%，高于江苏省≥40 岁常住居民的脑卒中患病率（2.93%）和标化患病率（2.50%）^[4]。提示崇川区中老年人群脑卒中患病率较高，应重视中老年人脑卒中危险因素筛查，积极开展健康教育，鼓励高危人群定期体检并开展综合干预，提高脑卒中防治效果。

年龄、吸烟、高血压和高血脂是中老年人群脑卒中风险预测因子。随着年龄的增长，脑卒中风险逐渐升高^[8]，可能因为老年人缺乏脑卒中防治相关知识，且合并多种慢性病，增加患病风险。本研究结果显示，吸烟中老年人群脑卒中风险增加，可能与烟草中的尼古丁、一氧化碳等有害物质增加血液黏稠度、促进血栓形成和胰岛素抵抗，导致脑卒中风险增加有关^[9]。吸烟是脑卒中的可干预危险因素^[10]，建议加强中老年人控烟教育。此外，高血压和高血脂等慢性病也会增加中老年人脑卒中风险。研究表明，高血压是脑卒中的重要危险因素^[11]，长期血压升高会导致血管壁损伤、动脉粥样硬化形成、脑血流减少和动脉压力感受性反射受损，从而增加脑卒中风险^[12]。FAN 等^[13]发现平均收缩压为 120~130 mmHg 的患者脑卒中发病风险最低，收缩压<120 mmHg 和 130~135 mmHg 的患者脑卒中发病风险高。血脂异常与脑卒中患病、复发均显著相关^[14-15]。高血脂状态可能通过促进血管动脉粥样硬化，增加脑卒中风险^[16]。WANG 等^[17]发现高血脂与高血压对脑卒中的发生具有协同作用。提示应将关口前移，在中老年人群中积

积极开展脑卒中高危人群筛查,倡导健康生活方式,加强常见慢性病的防治和管理,从而早期防控脑卒中。

本研究以年龄、吸烟、高血压和高血脂建立的脑卒中风险预测模型具有良好的预测效能,训练集和验证集 *AUC* 值均 >0.7 , 预测模型区分度、校准度、拟合度和泛化能力较好,可用于 ≥ 45 岁中老年人脑卒中风险预测。本研究存在一定局限性:属于横断面研究,无法获取病因与疾病间的因果关联;资料通过问卷调查获取,可能存在信息偏倚。

参考文献

- [1] 李季,王梅,张丽丽,等.2015—2022年济宁市脑卒中发病趋势[J].预防医学,2024,36(11):984-987.
LI J, WANG M, ZHANG L L, et al. Trend in incidence of stroke in Jinan City from 2015 to 2022 [J]. China Prev Med J, 2024, 36 (11): 984-987. (in Chinese)
- [2] 《中国脑卒中防治报告 2021》编写组.《中国脑卒中防治报告 2021》概要[J].中国脑血管病杂志,2023,20(11):783-793.
Report on Stroke Prevention Treatment in China Writing Group. Brief report on Stroke Prevention and Treatment in China, 2021 [J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2023, 20 (11): 783-793. (in Chinese)
- [3] ZHOU M G, WANG H D, ZENG X Y, et al. Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990-2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017 [J]. Lancet, 2019, 394 (10204): 1145-1158.
- [4] 耿侯跃,崔岚,覃玉,等.2017—2020年江苏省40岁及以上常住居民脑卒中检出情况及危险因素分析[J].现代预防医学,2023,50(21):3860-3865.
GENG H Y, CUI L, QIN Y, et al. Analysis of stroke detection and risk factors among permanent residents aged 40 and above in Jiangsu Province from 2017 to 2020 [J]. Mod Prev Med, 2023, 50 (21): 3860-3865. (in Chinese)
- [5] 聂祖娇,郑聪毅,王馨,等.健康社会决定因素水平与脑卒中发病风险的关系——一项基于全国前瞻性队列的研究[J].中国循环杂志,2024,39(6):599-605.
NIE Z J, ZHENG C Y, WANG X, et al. Relationship between social determinants of health and stroke: a national prospective cohort study [J]. Chin Circ J, 2024, 39 (6): 599-605. (in Chinese)
- [6] 于宁,张梅,张笑,等.中国中老年居民高血压、糖尿病和血脂异常共病现状及影响因素研究[J].中华流行病学杂志,2023,44(2):196-204.
YU N, ZHANG M, ZHANG X, et al. Study on the status and influencing factors of comorbidity of hypertension, diabetes, and dyslipidemia among middle-aged and elderly Chinese adults [J]. Chin J Epidemiol, 2023, 44 (2): 196-204. (in Chinese)
- [7] HIRSHKOWITZ M, WHITON K, ALBERT S M, et al. National sleep foundation's updated sleep duration recommendations: final report [J]. Sleep Health, 2015, 1 (4): 233-243.
- [8] 任露露,顾嘉昌,闵艺璇,等.2016—2023年宜兴市脑卒中发病趋势分析[J].预防医学,2025,37(5):498-502.
REN L L, GU J C, MIN Y X, et al. Trend in incidence of stroke in Yixing City from 2016 to 2023 [J]. China Prev Med J, 2025, 37 (5): 498-502. (in Chinese)
- [9] 徐金燕,夏聪聪,杨红美.老年脑卒中肺部感染风险预测模型的建立及验证[J].实用老年医学,2024,38(5):452-455,460.
XU J Y, XIA C C, YANG H M, et al. Establishment and validation of a Nomogram to predict the risk of pulmonary infection in elderly patients with stroke [J]. Pract Geriatr, 2024, 38 (5): 452-455, 460. (in Chinese)
- [10] 曹婉婷,胡秀兰,韩荣荣.2014—2023年临平区脑卒中疾病负担趋势[J].预防医学,2024,36(11):988-991,995.
CAO W T, HU X L, HAN R R. Trend in disease burden of stroke in Linping District from 2014 to 2023 [J]. China Prev Med J, 2024, 36 (11): 988-991, 995. (in Chinese)
- [11] 李瑾,侯候,王亚新,等.中国中老年人脑卒中发病的影响因素探索及列线图模型构建[J].中国动脉硬化杂志,2024,32(10):865-871.
LI J, HOU H, WANG Y X, et al. Exploring the influencing factors of stroke and constructing a nomogram prediction model in Chinese middle-aged and older population [J]. Chin J Arterioscler, 2024, 32 (10): 865-871. (in Chinese)
- [12] SETYOPRANOTO I, BAYUANGGA H F, PANGGABEAN A S, et al. Prevalence of stroke and associated risk factors in Sleman District of Yogyakarta Special Region, Indonesia [J/OL]. Stroke Res Treat, 2019 [2025-05-30]. <https://doi.org/10.1155/2019/2642458>.
- [13] FAN F F, YUAN Z W, QIN X H, et al. Optimal systolic blood pressure levels for primary prevention of stroke in general hypertensive adults: findings from the CSPPT (China Stroke Primary Prevention Trial) [J]. Hypertension, 2017, 69 (4): 697-704.
- [14] XU J, ZHANG X, JIN A, et al. Trends and risk factors associated with stroke recurrence in China, 2007-2018 [J/OL]. JAMA Network Open, 2022, 5 (6) [2025-05-30]. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.16341>.
- [15] KUMRAL E, EVYAPAN D, GÖKÇAY F, et al. Association of baseline dyslipidemia with stroke recurrence within five-years after ischemic stroke [J]. Int J Stroke, 2014, 9 (Suppl. A100): 119-126.
- [16] RUAN H, RAN X, LI S S, et al. Dyslipidemia versus obesity as predictors of ischemic stroke prognosis: a multi-center study in China [J/OL]. Lipids Health Dis, 2024, 23 (1) [2025-05-30]. <https://doi.org/10.1186/s12944-024-02061-9>.
- [17] WANG C, DU Z, YE N, et al. Hyperlipidemia and hypertension have synergistic interaction on ischemic stroke: insights from a general population survey in China [J/OL]. BMC Cardiovasc Disord, 2022, 22 (1) [2025-05-30]. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02491-2>.

收稿日期:2025-02-20 修回日期:2025-05-30 本文编辑:郑敏