



电子、语音版

·论著·

慢性脑供血不足患者颈内动脉重度狭窄的影响因素及 预测模型构建与验证

岳赞, 王丽

保定市第二医院神经内科, 河北 保定 071000

摘要:目的 分析慢性脑供血不足(CCCI)患者颈内动脉重度狭窄的影响因素,进而构建预测模型并验证该模型。方法 纳入2024年6月至2025年2月保定市第二医院收治的375例CCCI患者(建模组),根据颈内动脉狭窄程度分为轻中度狭窄组(230例)和重度狭窄组(145例)。收集2组临床资料,通过多因素Logistic回归分析评估CCCI患者颈内动脉重度狭窄的影响因素,并建立预测模型。另采用抽样法纳入该院2025年3月至2025年6月收治的125例CCCI患者,开展模型验证(验证组)。结果 多因素Logistic回归分析显示,吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、同型半胱氨酸(Hcy) $>15\ \mu\text{mol/L}$ 、D-二聚体 $>0.5\ \text{mg/L}$ 是CCCI患者颈内动脉重度狭窄的影响因素($P<0.05$)。建模组受试者操作特征曲线及曲线下面积(AUC)为0.915(95%CI:0.878~0.953),灵敏度为86.8%,特异度为80.7%;验证组AUC为0.892(95%CI:0.831~0.953),灵敏度为80.2%,特异度为85.8%。校准曲线显示模型拟合良好(建模组 $\chi^2=9.328, P=0.315$;验证组 $\chi^2=8.642, P=0.471$)。决策曲线分析显示,在合理阈概率区间内该模型均显示正向净获益。结论 吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、Hcy $>15\ \mu\text{mol/L}$ 、D-二聚体 $>0.5\ \text{mg/L}$ 是CCCI患者颈内动脉重度狭窄的影响因素。据此构建的预测模型区分度、拟合度及临床实用性良好,验证表现佳,可为临床早期识别高危患者提供参考。

关键词:慢性脑供血不足;颈内动脉狭窄;影响因素;风险预测模型

中图分类号:R743.1;R743.9

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2026.02.005

Influencing factors and construction and validation of a prediction model for severe internal carotid artery stenosis in patients with chronic cerebral circulatory insufficiency

YUE Zan, WANG Li

Department of Neurology, The Second Hospital of Baoding, Baoding, Hebei 071000, China

Corresponding author: WANG Li, Email: 1107731079@qq.com

Abstract: **Objective** To analyze the influencing factors for severe internal carotid artery stenosis in patients with chronic cerebral circulatory insufficiency (CCCI), and construct and validate a prediction model accordingly. **Methods** A total of 375 CCCI patients admitted to The Second Hospital of Baoding between June 2024 and February 2025 were included as the modeling group. According to the degree of internal carotid artery stenosis, they were divided into a mild/moderate stenosis group ($n=230$) and a severe stenosis group ($n=145$). Clinical data were collected from both groups. Multivariable logistic regression analysis was used to identify the influencing factors for severe internal carotid artery stenosis in CCCI patients, and a prediction model was established. Additionally, 125 CCCI patients admitted to the hospital between March 2025 and June 2025 were enrolled using a sampling method for model validation (validation group). **Results** Multivariable logistic regression analysis showed that smoking history, drinking history, hypertension, diabetes mellitus, homocysteine $>15\ \mu\text{mol/L}$, and D-dimer $>0.5\ \text{mg/L}$ were influencing factors for severe internal carotid artery stenosis in

收稿日期:2025-11-06;修回日期:2026-03-24

作者简介:岳赞(1992—),女,主治医师,硕士研究生,研究方向为脑血管病。Email:yuezan1234@126.com。

通信作者:王丽(1977—),女,主任医师,本科,研究方向为脑血管病。Email:1107731079@qq.com。

CCCI patients (all $P < 0.05$). In the modeling group, the area under the receiver operating characteristic curve was 0.915 (95% confidence interval: 0.878–0.953), with a sensitivity of 86.8% and a specificity of 80.7%. In the validation group, the area under the receiver operating characteristic curve was 0.892 (95% confidence interval: 0.831–0.953), with a sensitivity of 80.2% and a specificity of 85.8%. Calibration curves demonstrated good model fit (modeling group: $\chi^2=9.328$, $P=0.315$; validation group: $\chi^2=8.642$, $P=0.471$). Decision curve analysis showed positive net benefits within a reasonable threshold probability range. **Conclusions** Smoking history, drinking history, hypertension, diabetes mellitus, homocysteine $>15 \mu\text{mol/L}$, and D-dimer $>0.5 \text{ mg/L}$ are influencing factors for severe internal carotid artery stenosis in CCCI patients. The prediction model constructed based on these factors demonstrates good discriminative ability, calibration, and clinical utility, with satisfactory validation performance, and may serve as a reference for early identification of high-risk patients in clinical practice.

Keywords: chronic cerebral circulatory insufficiency; internal carotid artery stenosis; influencing factors; risk prediction model

慢性脑供血不足 (chronic cerebral circulatory insufficiency, CCCI) 是一种以慢性脑低灌注为主要特征的临床综合征, 主要表现为反复头晕、头痛以及认知功能减退等症状^[1]。尽管 CCCI 不是国际主流脑血管病分类体系中的标准诊断实体, 但在临床实践中常用于描述慢性脑低灌注状态, 且病情进展与颈内动脉狭窄程度密切相关^[2]。当动脉狭窄发展至重度 (狭窄率 $\geq 70\%$), 患者发生缺血性脑卒中的风险将显著升高, 且易引发不可逆的神经功能损伤, 给家庭和社会带来沉重负担^[3]。因此, 对疾病的风险分层和早期干预具有重要临床意义。

目前, 临床对颈内动脉狭窄的评估多依赖影像学检查, 但此类手段难以满足早期风险筛查与动态监测的需求。现有研究虽证实高血压、糖尿病等传统血管危险因素与动脉狭窄相关^[4], 但针对 CCCI 这一特定人群, 其颈内动脉重度狭窄的影响因素尚未形成系统认知, 缺乏精准的风险预测工具。基于此, 本研究纳入 CCCI 患者临床资料, 通过筛选重度狭窄的影响因素, 进而构建并验证风险预测模型, 旨在为临床早期识别高危患者, 制定个体化防治策略提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入 2024 年 6 月至 2025 年 2 月于保定市第二医院就诊的 375 例 CCCI 患者 (建模组), 其中男性 169 例, 女性 206 例; 年龄 33~68 岁, 平均 (56.52 \pm 8.45) 岁。另采用抽样法按 3:1 纳入该院 2025 年 3 月至 2025 年 6 月收治的 125 例 CCCI 患者 (验证组), 其中男性 62 例, 女性 63 例; 年龄 30~70 岁, 平均 (55.69 \pm 9.88) 岁。

纳入标准: (1) 符合 CCCI 诊断标准, 影像学排除急性脑损伤及占位性病变^[1]; (2) 年龄 ≥ 18 岁; (3) 完成颈动脉超声、计算机体层成像血管造影和磁共振血管造影检查, 可明确颈内动脉狭窄情况; (4) 性别、病史、实验室及影像学资料完整。

排除标准: (1) 合并发病 2 周内急性脑梗死、脑出血等急性脑血管事件; (2) 存在颅内感染、自身免疫病或遗传性血管病史; (3) 伴严重肝肾功能不全、晚期恶性肿瘤等终末期疾病。

本研究已通过保定市第二医院伦理委员会审核批准 (批准号: 20240062)。

1.2 样本量计算

根据统计学文献提供的模型样本量计算公式^[5], 每个预测因子需要 5~10 例病例进行验证。本研究通过多因素 Logistic 回归分析, 最终纳入 6 个预测因子。根据本研究预实验结果显示, CCCI 患者颈内动脉重度狭窄发生率约为 38.7%, 且本研究设计中建模组占总样本量的 75%, 验证组占 25%。以每个预测因子需 5 例患者验证为基础, 样本总量计算公式为: 样本量 = 预测因子数量 \times 5 \div 重度狭窄发生率 \div 建模组占比, 即 $n=6 \times 5 \div 0.387 \div 0.75 \approx 103$ 。考虑到研究过程中可能存在的资料缺失等情况, 为提升数据可靠性, 本研究扩大样本量, 共纳入 500 例 CCCI 患者。其中选取 2024 年 6 月至 2025 年 2 月的 375 例患者为建模组, 2025 年 3 月至 2025 年 6 月的 125 例患者为验证组, 符合模型构建与验证的需求。

1.3 临床资料收集

收集患者的临床资料, 包括: 性别、年龄、体重指数、吸烟史、饮酒史、合并症 (高血压、糖尿病、高脂血症、冠心病)、是否入院时同型半胱氨酸 (homocysteine, Hcy) $>15 \mu\text{mol/L}$ 、是否 D-二聚体 $>0.5 \text{ mg/L}$ 、白细胞计数、血小板计数、血红蛋白、白蛋白、高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、甘油三酯、总胆固醇、尿酸、血肌酐。

1.4 重度狭窄判定

本研究参照北美症状性颈动脉内膜切除术试验标准评估颈动脉狭窄程度, 狭窄程度 $\geq 70\%$ 判定为重度狭

窄^[6]。依据上述标准,建模组患者分为轻中度狭窄组(230例)和重度狭窄组(145例)。

1.5 统计学方法

采用SPSS 25.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数和百分率 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素Logistic回归分析,探讨CCCI患者并发颈内动脉重度狭窄的影响因素。采用方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)评估变量间的共线性,VIF<5可认为无明显共线性。采用R3.5.3软件构建CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型,采用Bootstrap法检验模型的准确性,采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线及曲线下面积(area under the curve, AUC)评估颈内动脉重度狭

窄的预测效能,采用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验及校准曲线评价模型的拟合程度,采用决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评价模型的临床实用性,通过计算不同阈值概率下的净收益,评估模型是否能为临床决策提供正向获益。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 重度狭窄组与轻中度狭窄组的临床资料比较

重度狭窄组年龄 ≥ 60 岁、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、Hcy $>15 \mu\text{mol/L}$ 、D-二聚体 $>0.5 \text{mg/L}$ 占比及LDL-C水平均高于轻中度狭窄组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。其余资料2组比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

表1 重度狭窄组与轻中度狭窄组的临床资料比较

项目	重度狭窄组($n=145$)	轻中度狭窄组($n=230$)	χ^2/t 值	P 值
性别				
男性 $[n(\%)]$	71(48.97)	98(42.61)	1.452	0.228
女性 $[n(\%)]$	74(51.03)	132(57.39)		
年龄				
<60 岁 $[n(\%)]$	60(41.38)	120(52.17)	4.152	0.042
≥ 60 岁 $[n(\%)]$	85(58.62)	110(47.83)		
体重指数 $/(\text{kg}/\text{m}^2); (\bar{x}\pm s)$	23.68 \pm 3.14	22.97 \pm 4.21	1.747	0.081
吸烟史 $[n(\%)]$	88(60.69)	112(48.70)	5.140	0.023
饮酒史 $[n(\%)]$	67(46.21)	75(32.61)	6.989	0.008
高血压 $[n(\%)]$	90(62.07)	115(50.00)	5.227	0.022
糖尿病 $[n(\%)]$	48(33.10)	49(21.30)	6.457	0.011
高脂血症 $[n(\%)]$	84(57.93)	110(47.83)	3.637	0.057
冠心病 $[n(\%)]$	52(35.86)	63(27.39)	3.001	0.083
入院时Hcy $>15 \mu\text{mol/L}$ $[n(\%)]$	66(45.52)	74(32.17)	6.768	0.009
D-二聚体 $>0.5 \text{mg/L}$ $[n(\%)]$	48(33.10)	52(22.61)	5.009	0.025
白细胞计数 $/(\times 10^9/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	6.51 \pm 1.23	6.30 \pm 1.18	1.651	0.100
血小板计数 $/(\times 10^9/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	214.25 \pm 30.14	208.85 \pm 31.17	1.655	0.099
血红蛋白 $/(\text{g}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	145.15 \pm 14.69	147.26 \pm 15.43	1.314	0.190
白蛋白 $/(\text{g}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	40.56 \pm 7.41	41.30 \pm 6.12	1.050	0.295
HDL-C $/(\text{mmol}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	1.22 \pm 0.23	1.18 \pm 0.31	1.339	0.182
LDL-C $/(\text{mmol}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	3.15 \pm 0.44	2.91 \pm 0.46	2.858	0.004
甘油三酯 $/(\text{mmol}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	1.86 \pm 0.48	1.80 \pm 0.44	1.241	0.215
总胆固醇 $/(\text{mmol}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	5.01 \pm 1.12	4.78 \pm 1.15	1.905	0.058
血尿酸 $/(\mu\text{mol}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	331.02 \pm 45.25	325.48 \pm 40.19	1.238	0.217
血肌酐 $/(\mu\text{mol}/\text{L}); (\bar{x}\pm s)$	74.12 \pm 15.52	71.15 \pm 14.36	1.890	0.060

注:Hcy=同型半胱氨酸;HDL-C=高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C=低密度脂蛋白胆固醇。

2.2 CCCI患者颈内动脉重度狭窄的影响因素分析

以CCCI患者颈内动脉狭窄程度为因变量(赋值:否=轻中度狭窄,是=重度狭窄),以表1中 $P<0.05$ 的项目作为自变量,各变量具体赋值为:年龄(<60 岁=0, ≥ 60 岁=1)、吸烟史(无=0,有=1)、饮酒史(无=0,有=1)、高血压(无=0,

有=1)、糖尿病(无=0,有=1)、Hcy $>15 \mu\text{mol/L}$ (否=0,是=1)、D-二聚体 $>0.5 \text{mg/L}$ (否=0,是=1)、LDL-C水平(以实测值为准),进行多因素Logistic回归分析。结果显示,吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、Hcy $>15 \mu\text{mol/L}$ 、D-二聚体 $>0.5 \text{mg/L}$ 是CCCI患者颈内动脉重度狭窄的影响因素

($P < 0.05$)。见表2。

2.3 CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型构建

基于上述危险因素(吸烟史、饮酒史、高血压、糖

尿病、Hcy>15 $\mu\text{mol/L}$ 、D-二聚体>0.5 mg/L),构建CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型,见图1。

表2 CCCI患者颈内动脉重度狭窄的多因素Logistic回归分析

变量	B值	SE值	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
年龄 ≥ 60 岁	0.441	0.277	2.535	0.069	1.554	0.991~2.118
吸烟史	0.830	0.255	10.587	0.003	2.297	1.390~3.782
饮酒史	0.911	0.254	12.868	<0.001	2.488	1.512~4.093
高血压	1.317	0.354	13.833	<0.001	3.734	1.860~7.476
糖尿病	1.023	0.303	11.366	0.002	2.781	1.530~5.041
Hcy>15 $\mu\text{mol/L}$	0.942	0.245	14.803	<0.001	2.566	1.588~4.147
D-二聚体>0.5 mg/L	0.280	0.113	6.140	0.021	1.323	1.077~1.569
LDL-C	0.231	0.138	2.802	0.064	1.260	0.895~1.625

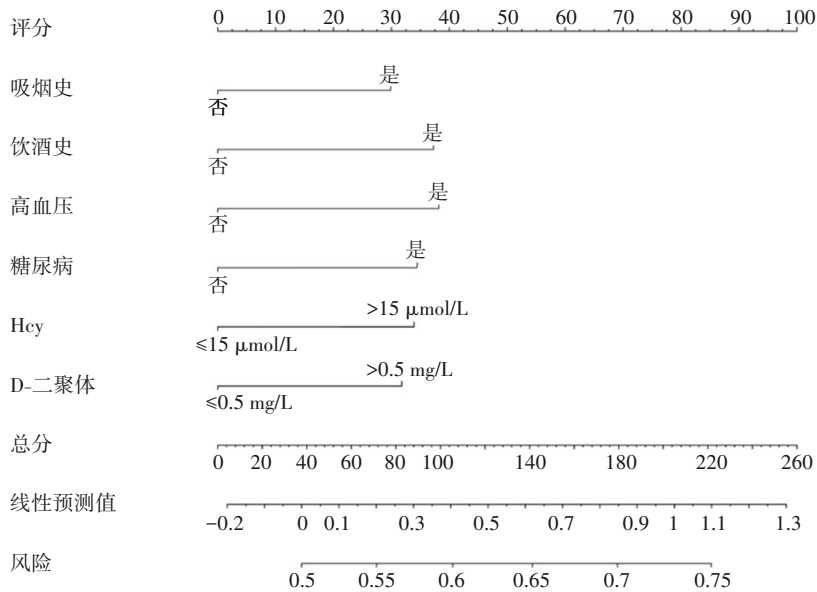


图1 CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型

2.4 CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型效能评估

建模组ROC曲线分析结果显示,本研究构建的CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型AUC为0.915(95%CI:0.878~0.953),灵敏度为86.8%,特异度为80.7%,提示模型有较好的区分效能,见图2。

建模组校准曲线分析显示,列线图风险预测模型的实际预测值与理想预测值高度契合,模型拟合度良好(Hosmer - Lemeshow 检验结果为 $\chi^2=9.328, P=0.315$),见图3。

建模组DCA结果显示,在阈值率0%~75%范围内,列线图风险预测模型曲线处于最高位,提示需依据该模型进行风险预测并制定相应临床决策,能为患者带来更多的净获益,具有较好的临床实用性,见图4。

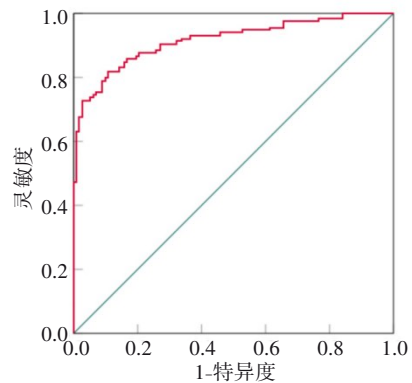


图2 建模组CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型的ROC曲线

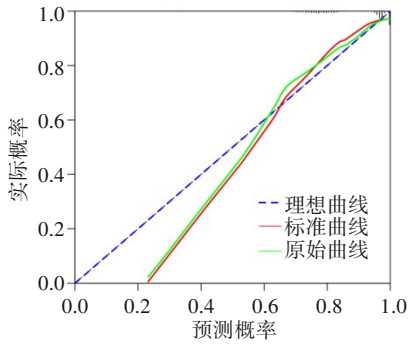


图3 建模组CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型的校准曲线

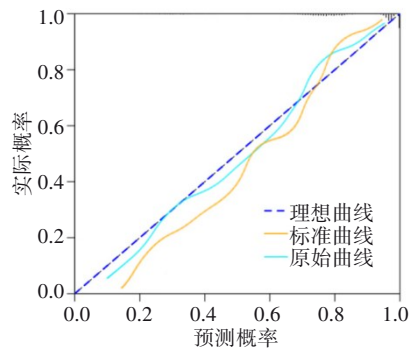


图6 验证组CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型的校准曲线

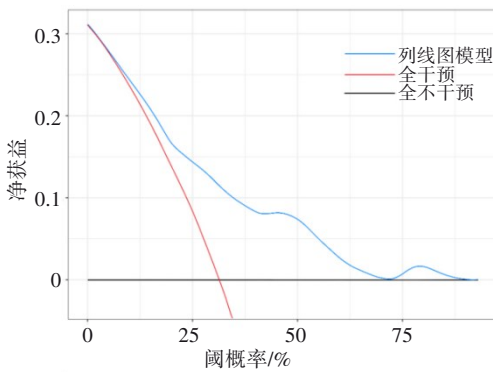


图4 建模组CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型的DCA曲线

验证组DCA曲线结果显示,在阈概率10%~70%范围内,模型曲线位于“全干预”与“全不干预”曲线上方,提示其在临床决策中仍具有较好的净获益与实用价值,见图7。

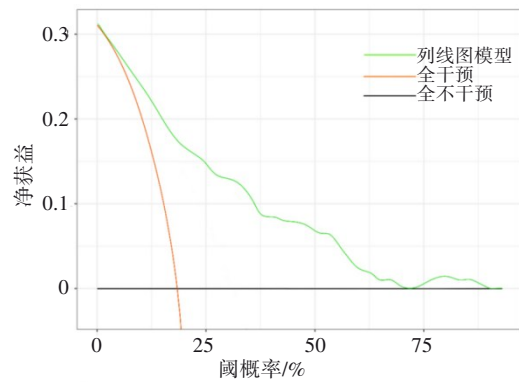


图7 验证组CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型的DCA曲线

验证组ROC曲线分析结果显示,模型预测颈内动脉重度狭窄的AUC为0.892(95%CI:0.831~0.953),灵敏度为80.2%,特异度为85.8%,表明模型在验证组中仍保持良好的区分能力,见图5。

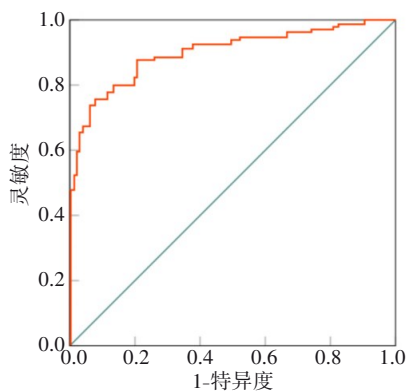


图5 验证组CCCI患者颈内动脉重度狭窄的列线图风险预测模型的ROC曲线

验证组校准曲线显示,模型预测概率与实际发生概率一致性良好(Hosmer-Lemeshow 检验结果为 $\chi^2=8.642$, $P=0.471$),未出现明显偏倚,见图6。

3 讨论

CCCI是临床常见的脑血管功能障碍性疾病,颈内动脉狭窄是其核心病理基础,而重度狭窄可显著增加缺血性脑卒中发生风险,早期识别高危人群对改善预后至关重要。本研究回顾性分析了375例CCCI患者的临床资料,结果显示其中145例存在颈内动脉重度狭窄,占比38.7%。本研究通过多因素Logistic回归分析,对纳入的人口学特征、基础疾病及实验室指标等多项可疑因素进行评价,最终发现吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、 $Hey > 15 \mu\text{mol/L}$ 、D-二聚体 $> 0.5 \text{ mg/L}$ 是CCCI患者颈内动脉重度狭窄的危险因素。

从各影响因素的作用机制来看,本研究结果与现有脑血管疾病病理生理研究具有较高一致性,同时也补充了特定指标在CCCI人群中的临床意义。吸烟作为明确的血管损伤危险因素,烟草中的尼古丁、焦油等成分可直接破坏血管内皮屏障,促进血小板聚集及脂质沉积,加速

动脉粥样硬化斑块形成与进展。长期吸烟导致的慢性炎症状态进一步加重血管壁纤维化,最终增加颈内动脉重度狭窄发生风险^[7-9]。饮酒则通过抑制肝脏脂质代谢酶活性,引起脂代谢紊乱,参与炎症反应等,同时刺激交感神经兴奋引发血压波动^[10],双重作用加剧血管狭窄程度。宋静等^[11]的研究也证实了这一关联,其结果显示,有饮酒史的急性缺血性脑卒中患者,发生脑动脉狭窄的风险较无饮酒史者显著升高,风险比达2.488。高血压与糖尿病作为经典的脑血管病危险因素,其致病路径已得到广泛证实。长期高血压可通过机械应力损伤血管内弹力膜,导致血管壁重构与粥样硬化斑块不稳定^[11-12]。糖尿病则以持续高血糖状态诱发氧化应激反应,生成晚期糖基化终产物,损伤血管内皮功能,并促进血栓形成^[13-14]。值得关注的是,本研究在CCCI人群中证实Hcy>15 μmol/L与D-二聚体>0.5 mg/L的预测价值。高Hcy水平可通过抑制一氧化氮合成酶活性,降低血管内皮舒张功能,同时增强凝血因子活性,促进血栓形成,加剧动脉粥样硬化^[15-16];而D-二聚体作为凝血与纤溶系统激活的标志物,其升高提示血管内存在微血栓形成或斑块破裂风险^[17-18],二者共同参与颈内动脉重度狭窄的发生发展,为临床干预提供了除传统因素外的新靶点。

基于上述6项影响因素构建的预测模型,在效能评估与内部验证中均展现出优异性能,充分体现了其临床应用价值。模型效能评估结果显示,本模型的AUC达0.915,灵敏度与特异度分别为86.8%和80.7%,显著高于同类脑血管疾病预测模型(宋静等^[11]构建的预测模型AUC仅为0.753),表明该模型能有效区分CCCI患者中颈内动脉重度狭窄的高危人群与低危人群。校准曲线显示模型实际预测值与理想预测值高度吻合,结合Hosmer-Lemeshow检验结果,进一步证实模型拟合度良好,无明显偏倚。DCA结果尤为关键,在阈概率0%~75%区间内,模型曲线始终位于“全干预”与“全不干预”策略上方,意味着在此概率范围内,依据模型进行风险评估并采取针对性干预措施(如生活方式干预、药物控制等),可显著提升临床净获益,避免过度医疗或漏诊风险。内部验证结果显示,验证组模型预测颈内动脉重度狭窄的AUC为0.892,虽较建模组AUC略有下降,但仍具有较高水平,提示模型具有良好的稳定性和泛化能力。此外,验证组校准曲线显示模型预测概率与实际发生概率一致性良好,Hosmer-Lemeshow检验结果提示模型拟合度较好;DCA结果显示模型在较宽阈概率范围内均具有净获益。这一结果证实了该模型具有较好的临床应用价值。本研究所识别的危险因素虽已在既往研究中有所报道,但其在CCCI患者中的系统性整合与预测模型构建中相对匮乏。本研究通过将传统血管危险因素与Hcy、D-二聚体等生物标志物联合,构建可进行个体化风险评估的列线图模型,

并验证相关因素在CCCI人群中的适用性,提升了对颈内动脉重度狭窄发生风险的综合预测能力,具有一定的临床应用价值。

本研究亦存在一定局限性:首先,本研究为单中心回顾性设计,样本来源存在地域局限性,可能影响模型的普适性;其次,本研究未纳入血管超声下斑块性质(如稳定性斑块、易损斑块)、高分辨率血管壁磁共振成像特征、药物使用情况等潜在影响因素。后续可通过多中心、前瞻性研究扩大样本量,补充相关变量,以进一步优化模型效能,为CCCI患者颈内动脉重度狭窄的防治提供更全面的循证医学依据。

综上,本研究通过系统分析明确了吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、Hcy>15 μmol/L、D-二聚体>0.5 mg/L是CCCI患者颈内动脉重度狭窄的影响因素,且据此构建的预测模型具备出色的区分度、拟合度与临床实用性,经内部验证后稳定性良好。该研究成果可为临床医生提供便捷、精准的风险评估工具。

参 考 文 献

- [1] 李建章,张杰文,刘恒方. 慢性脑缺血临床诊治专家共识[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(6): 661-667.
- [2] 叶玲. 精龙双补汤联合常规西医治疗对慢性脑供血不足患者血小板活化因子及血管储备功能的影响[J]. 辽宁中医杂志, 2023, 50(8): 75-78.
- [3] KUSHWAHA R, PATEL S, YUVARAJ KS, et al. Investigating molecular mechanisms in ischemic preconditioning - induced resiliency to severe acute global cerebral ischemia using a mouse model of chronic cerebral hypoperfusion[J]. Cell Mol Neurobiol, 2025, 45(1): 27.
- [4] PAN ZA, ZHANG DD, LIU ZY, et al. Risk factor differences in five-year progression of intracranial artery stenosis and cerebral small vessel disease in general population[J]. BMC Neurol, 2024, 24(1): 328.
- [5] RILEY RD, ENSOR J, SNELL KIE, et al. Calculating the sample size required for developing a clinical prediction model[J]. BMJ, 2020, 368: m441.
- [6] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis[J]. N Engl J Med, 1991, 325(7): 445-453.
- [7] GORNIK HL, RUNDEK T, GARDENER H, et al. Optimization of duplex velocity criteria for diagnosis of internal carotid artery (ICA) stenosis: a report of the Intersocietal Accreditation Commission (IAC) Vascular Testing Division Carotid Diagnostic Criteria Committee[J]. Vasc Med, 2021, 26(5): 515-525.
- [8] WANG YT, GE Y, YAN W, et al. From smoke to stroke: quantifying the impact of smoking on stroke prevalence[J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 2301.
- [9] HEI B, LIU JY, FANG JX, et al. Changing patterns of stroke and

- subtypes attributable to smoking from 1990 to 2021 in China and projections to 2050[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2025, 34(8): 108368.
- [10] SUBEDI U, SUBEDI P, ROGERS A, et al. Influence of chronic alcohol consumption on cerebral ischemia/reperfusion injury in female mice[J]. *Front Cell Neurosci*, 2025, 19: 1600725.
- [11] 宋静,宋晶晶,陈文静. 急性缺血性脑卒中患者脑动脉狭窄的影响因素及其风险预测列线图模型构建[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2024, 32(4): 25-29.
- [12] GUPTA P, BAST JA, RAZAVI AC, et al. Hypertension in atherosclerotic cardiovascular disease: insights into epidemiology, management strategies, and outcomes[J]. *Curr Opin Cardiol*, 2025, 40(4): 206-212.
- [13] 谭慧敏. 急性脑梗死患者颅内侧支循环形成影响因素的模型构建及分析[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2022, 49(6): 13-17.
- [14] WANG XQ, ZHU L, LIU J, et al. Palmitic acid in type 2 diabetes mellitus promotes atherosclerotic plaque vulnerability via macrophage Dll4 signaling[J]. *Nat Commun*, 2024, 15(1): 1281.
- [15] KHAN AW, JANDELEIT-DAHME KAM. Atherosclerosis in diabetes mellitus: novel mechanisms and mechanism-based therapeutic approaches[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2025, 22(7): 482-496.
- [16] 熊兵,杨娇,唐善鹏,等. 血清 γ -谷氨酰转氨酶联合同型半胱氨酸预测急性脑梗死患者卒中后认知障碍的效能[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2025, 52(2): 62-67.
- [17] SHI MY, ZHENG J, LIU Y, et al. Folate, homocysteine, and adverse outcomes after ischemic stroke[J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(19): e036527.
- [18] FUJINAMI J, NAGAKANE Y, FUJIKAWA K, et al. D-dimer trends predict recurrent stroke in patients with cancer-related hypercoagulability[J]. *Cerebrovasc Dis Extra*, 2024, 14(1): 9-15.

责任编辑:龚学民