

本文引用: 朱莹莹, 韩肖晓, 刘学春, 等. 基于凝血与血液流变学指标构建出血性脑卒中患者下肢深静脉血栓形成预测模型[J]. 中国动脉硬化杂志, 2026, 34(4): 308-316. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2026.04.004.

· 临床研究 ·

[文章编号] 1007-3949(2026)34-04-0308-09

## 基于凝血与血液流变学指标构建出血性脑卒中患者 下肢深静脉血栓形成预测模型

朱莹莹<sup>1</sup>, 韩肖晓<sup>1</sup>, 刘学春<sup>2</sup>, 齐胤良<sup>1</sup>

1. 合肥市第二人民医院(安徽医科大学附属合肥医院)高压氧科, 2. 解放军联勤保障部队  
九〇一医院神经内科, 安徽省合肥市 230000

[摘要] [目的] 探讨红细胞压积(HCT)、血浆D-二聚体联合纤维蛋白原(FIB)预测出血性脑卒中患者下肢深静脉血栓形成(DVT)的发生风险。[方法] 回顾性收集2023年1月至2025年6月合肥市第二人民医院收治的210例出血性脑卒中患者的临床资料,其中81例合并DVT(DVT组),129例无DVT(非DVT组)。外部验证队列选取同期收治的120例出血性脑卒中患者。采用多因素Logistic回归分析探究出血性脑卒中患者DVT的影响因素,并通过ROC曲线与校准曲线构建及验证相关预测模型。[结果] DVT组年龄大于非DVT组,入院时NIHSS评分高于非DVT组,卧床时间长于非DVT组,HCT、FIB和D-二聚体水平高于非DVT组( $P<0.05$ ),其余一般资料比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。多因素Logistic回归分析显示,入院时NIHSS评分较高( $OR=1.188, 95\%CI:1.066\sim 1.324$ )、卧床时间较长( $OR=1.569, 95\%CI=1.330\sim 1.851$ )、HCT( $OR=1.209, 95\%CI:1.088\sim 1.343$ )、FIB( $OR=2.733, 95\%CI:1.523\sim 4.905$ )及D-二聚体水平较高( $OR=2.100, 95\%CI:1.219\sim 3.617$ )均为出血性脑卒中患者发生DVT的独立危险因素(均 $P<0.05$ );联合入院时NIHSS评分、卧床时间、HCT、FIB及D-二聚体水平对出血性脑卒中患者DVT的预测AUC值高于各单项检测,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。[结论] 入院时NIHSS评分较高、卧床时间较长、HCT、FIB及D-二聚体水平较高是出血性脑卒中患者发生DVT的独立危险因素,且这些指标的联合对出血性脑卒中患者DVT发生风险具有较高的预测价值。

[关键词] 出血性脑卒中; 深静脉血栓形成; D-二聚体; 红细胞压积; 纤维蛋白原; 预测模型

[中图分类号] R5;R743.34

[文献标识码] A

### Construction of a predictive model for lower extremity deep venous thrombosis in patients with hemorrhagic stroke based on coagulation and hemorheological indicators

ZHU Yingying<sup>1</sup>, HAN Xiaoxiao<sup>1</sup>, LIU Xuechun<sup>2</sup>, QI Yinliang<sup>1</sup>

1. Department of Hyperbaric Oxygen, the Second People's Hospital of Hefei (Hefei Hospital Affiliated to Anhui Medical University), 2. Department of Neurology, No. 901 Hospital of the PLA Joint Logistics Support Force, Hefei, Anhui 230000, China

[ABSTRACT] **Aim** To explore the predictive value of hematocrit (HCT), plasma D-dimer combined with fibrinogen (FIB) for the risk of lower extremity deep venous thrombosis (DVT) in patients with hemorrhagic stroke.

**Methods** Clinical data were retrospectively collected from 210 patients with hemorrhagic stroke admitted to the Second People's Hospital of Hefei from January 2023 to June 2025, including 81 patients with DVT (DVT group) and 129 patients without DVT (non-DVT group). 120 patients with hemorrhagic stroke admitted during the same period were enrolled as the external validation cohort. Multivariate Logistic regression was employed to identify influencing factors for DVT in hemorrhagic stroke, and ROC curves together with calibration curves were applied to establish and validate the predictive model.

**Results** Patients in the DVT group were older, with higher admission NIHSS scores, longer bedridden duration, and elevated levels of HCT, FIB and D-dimer compared with the non-DVT group ( $P<0.05$ ). There was no statisti-

[收稿日期] 2025-11-24

[修回日期] 2026-01-26

[基金项目] 安徽省重点研究与开发计划项目(2022e07020029);安徽医科大学校科研项目(2022xkj109)

[作者简介] 朱莹莹, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事应用高压氧治疗脑血管意外后遗症的康复治疗工作, E-mail: 1027327958@qq.com. 通信作者齐胤良, 博士, 副主任医师, 主要从事高压氧在脑血管意外治疗中的应用, 以及神经重症患者的床边综合康复治疗工作, E-mail: z202501012025@163.com。

cally significant difference in other baseline data ( $P > 0.05$ ). Multivariate Logistic regression analysis showed that elevated NIHSS scores ( $OR = 1.188$ , 95%  $CI$ : 1.066 ~ 1.324), prolonged bedridden duration ( $OR = 1.569$ , 95%  $CI$ : 1.330 ~ 1.851), increased HCT ( $OR = 1.209$ , 95%  $CI$ : 1.088 ~ 1.343), FIB ( $OR = 2.733$ , 95%  $CI$ : 1.523 ~ 4.905) and D-dimer ( $OR = 2.100$ , 95%  $CI$ : 1.219 ~ 3.617) at admission were independent risk factors for DVT in patients with hemorrhagic stroke (all  $P < 0.05$ ); the combined detection of admission NIHSS score, bedridden duration, HCT, FIB and D-dimer yielded a higher  $AUC$  for predicting DVT than any single indicator, with statistically significant differences (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** Elevated admission NIHSS score, prolonged bedridden duration, and increased HCT, FIB and D-dimer levels are independent risk factors for DVT in patients with hemorrhagic stroke; the combination of these indicators presents high predictive efficacy for DVT risk.

[**KEY WORDS**] hemorrhagic stroke; deep venous thrombosis; D-dimer; hematocrit; fibrinogen; prediction model

出血性脑卒中是神经科常见的急危重症,其起病急骤、病情凶险,发病率、致残率与死亡率均处于较高水平,对人类生命健康构成严重威胁<sup>[1]</sup>。下肢深静脉血栓形成(deep venous thrombosis, DVT)是指血液在下肢深静脉内发生非正常凝结,阻塞静脉管腔,进而导致静脉回流障碍的病症<sup>[2]</sup>。出血性脑卒中患者因长期卧床、肢体活动障碍、血液高凝状态等多种因素,极易并发 DVT。这不仅会加重患者病情、延长住院时间、增加医疗费用,还会提升致残率与死亡率,严重影响患者的预后及生活质量<sup>[3]</sup>。因此,早期识别出血性脑卒中患者中 DVT 的高风险人群,对改善患者预后、提高其生活质量具有重要的临床意义。凝血与血液流变学指标可反映血液的凝固状态与流动特性,是评估血栓形成风险的核心维度。其中,红细胞压积(hematocrit, HCT)通过红细胞在全血中所占的容积来体现红细胞浓度,是衡量血液黏稠度的重要指标<sup>[4]</sup>。D-二聚体是早期血栓性疾病、血液高凝状态继发纤溶活性增加的标志性指标,也是判断溶栓效果的关键依据<sup>[5]</sup>。纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)作为重要的凝血因子,在血栓形成过程中发挥着核心作用<sup>[6]</sup>。目前,国内外将三者联合构建模型以预测出血性脑卒中患者 DVT 的相关研究尚不多见。因此,本研究旨在通过回顾性分析,探讨 HCT、D-二聚体及 FIB 对出血性脑卒中患者并发 DVT 的预测价值,并构建联合预测模型,为临床早期防治提供参考依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 临床资料

本研究为单中心回顾性队列研究,回顾性收集 2023 年 1 月至 2025 年 6 月合肥市第二人民医院收治的 210 例出血性脑卒中患者的临床资料。其中 81 例合并 DVT(DVT 组),129 例无 DVT(非 DVT

组)。另选同期 120 例出血性脑卒中患者作为外部验证队列。建模队列与外部验证队列在年龄、NIHSS 评分等关键基线特征方面,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。本研究为回顾性观察性研究,样本量依据我院 2023 年 1 月至 2025 年 6 月期间符合纳入标准的连续病例确定。样本量计算公式为  $n = (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 / [p(1-p)(\ln OR)^2] \times 1 / (1-R^2)$ ,其中  $\alpha = 0.05$ ,  $\beta = 0.20$ ,  $p$  为出血性脑卒中患者中 DVT 的预期发生率,参考文献[7]本研究取 0.2,  $OR$  为主要预测变量的预期优势比,基于预实验及文献[8]设为 2.0,  $R^2$  为模型中其他自变量对主要自变量的决定系数,保守取 0.3 ( $R^2$  常见且合理取值在 0.3 到 0.5 之间,取 0.3 属于该范围内相对保守的一端,确保即使在预测变量间存在一定相关性时,样本量也充足)。代入计算得出  $n$  至少为 192,综合考虑临床实际入组情况与统计原则,本研究最终纳入建模队列 210 例。所有纳入病例资料完整,无关键变量缺失。若遇个别实验室指标缺失,则予以排除,确保数据分析的完整性。外部验证队列选取自 2023 年 1 月至 2025 年 6 月期间收治的出血性脑卒中患者,其纳入与排除标准与建模队列完全一致。本研究已获得合肥市第二人民医院伦理委员会的批准。

纳入标准:(1)符合《中国脑出血诊治指南》<sup>[9]</sup>诊断标准,入院后经头颅 CT 或 MRI 检查证实为原发性出血性脑卒中;(2)年龄  $> 18$  岁;(3)入院后均完成下肢深静脉彩色多普勒超声检查;(4)临床资料齐全。排除标准:(1)入院前已经影像学或临床确诊存在 DVT 或肺栓塞病史;(2)入院前 1 个月内使用抗凝或抗血小板药物(华法林、低分子肝素、阿司匹林等)者;(3)合并恶性肿瘤、血液系统疾病者;(4)存在认知功能障碍(如阿尔茨海默病、血管性痴呆)、精神疾病(如精神分裂症、重度抑郁症)或语言沟通障碍(如失语、听力障碍),无法配合完成本研究者;(5)合并严重的心、肝、肾功能不全者;(6)近

3 个月内有重大创伤、外科手术或骨折史。本研究经本院医学伦理委员会批准,豁免患者知情同意(依据《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》,回顾性研究且数据经匿名化处理后豁免)。所有数据通过查阅医院电子病历系统收集,相关操作严格遵守医疗数据保密规定。

## 1.2 方法

通过医院病案管理系统收集患者的临床资料,具体包括:(1)一般资料。年龄、性别、体重指数、高血压(依据患者入院记录、既往病史记录或出院诊断中明确的高血压诊断或入院后非同日3次测量静息状态下血压,收缩压 $\geq 140$  mmHg 和/或舒张压 $\geq 90$  mmHg)、糖尿病(依据患者入院记录、既往病史记录或出院诊断中明确的糖尿病诊断或入院后实验室检查显示空腹血糖 $\geq 7.0$  mmol/L 或糖化血红蛋白 $\geq 6.5\%$ )、高脂血症(依据患者入院记录、既往病史记录或出院诊断中明确的高脂血症、血脂异常或入院后空腹实验室检查符合以下至少一项标准:总胆固醇 $\geq 5.2$  mmol/L、甘油三酯 $\geq 1.7$  mmol/L、低密度脂蛋白胆固醇 $\geq 3.4$  mmol/L、非高密度脂蛋白胆固醇 $\geq 4.1$  mmol/L)、吸烟史(定义为有累计或持续吸烟 $\geq 1$ 年)、饮酒史(定义为有规律饮酒且持续 $\geq 1$ 年)、入院时NIHSS评分、收缩压、舒张压、心率、卧床时间(卧床时间为入院至下肢深静脉超声检查的总天数,卧床指患者完全无下地活动,仅可在床上翻身或坐起);(2)实验室检查指标。患者于入院后24 h内清晨空腹状态下采集静脉血,使用血液细胞分析仪检测白细胞计数(white blood cell count, WBC)、淋巴细胞计数(lymphocyte count, LY)、中性粒细胞计数(neutrophil count, NE)、血红蛋白(hemoglobin, HGB)及血小板(platelet, PLT);使用全自动血细胞分析仪,通过计算法检测HCT、平均红细胞体积(mean corpuscular volume, MCV)和平均红细胞血红蛋白量(mean corpuscular hemoglobin, MCH);使用全自动生化免疫分析仪,采用速率法检测丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)水平,采用比色法检测白蛋白(albumin, ALB)、甘油三酯及总胆固醇水平,采用免疫比浊法检测D-二聚体水平;使用全自动凝血分析仪,采用凝固法检测FIB、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)和凝血酶时间(thrombin time, TT)。

## 1.3 统计学分析

数据采用SPSS 26.0和R 4.2.1软件进行分析。计数资料以例(%)表示,采用 $\chi^2$ 检验;通过Kolmogorov-Smirnov检验评估数据分布的正态性,结果显示所有计量资料均符合正态分布,故以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 $t$ 检验。采用单因素Logistic回归分析筛选潜在危险因素,将 $P<0.05$ 的变量纳入多因素Logistic回归分析;通过多因素Logistic回归分析探究出血性脑卒中患者DVT的危险因素,在回归分析前利用方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)进行变量共线性诊断,VIF $<10$ 提示无明显共线性。采用Hosmer-Lemeshow检验评估模型拟合优度,当 $P>0.05$ 时提示模型拟合良好。应用Graphpad Prism 8.0软件绘制森林图。采用ROC曲线评估相关指标对出血性脑卒中患者DVT的预测价值,通过DeLong检验比较联合模型与各单项指标的曲线下面积(area under the curve, AUC)差异;校准曲线则采用Bootstrap法(进行1 000次重抽样绘制,并结合loess平滑算法,以评估预测值与实际观测值的一致性。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料比较

与非DVT组相比,DVT组患者的年龄偏大,入院时NIHSS评分偏高,卧床时间偏长,HCT、FIB及D-二聚体水平偏高(均 $P<0.05$ ),其余一般资料比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ;表1)。

表1. 两组一般资料比较

Table 1. Comparison of general data between the two groups

项目	非DVT组 (n=129)	DVT组 (n=81)	统计值	P
年龄/岁	65.12 $\pm$ 7.87	67.63 $\pm$ 7.74	2.264	0.025
性别/[例(%)]			0.086	0.770
男	69(53.49)	45(55.56)		
女	60(46.51)	36(44.44)		
体重指数/(kg/m <sup>2</sup> )	24.28 $\pm$ 2.89	24.46 $\pm$ 2.78	0.446	0.656
高血压/[例(%)]	100(77.52)	58(71.60)	0.934	0.334
糖尿病/[例(%)]	41(31.78)	25(30.86)	0.019	0.889
高脂血症/[例(%)]	32(24.81)	16(19.75)	0.721	0.396
吸烟史/[例(%)]	45(34.88)	26(32.10)	0.172	0.678
饮酒史/[例(%)]	42(32.56)	26(32.10)	0.005	0.945
入院时NIHSS评分/分	12.87 $\pm$ 3.89	15.78 $\pm$ 4.34	5.045	<0.001
收缩压/mmHg	157.78 $\pm$ 17.28	159.98 $\pm$ 18.26	0.879	0.381

续表

项目	非 DVT 组 (n=129)	DVT 组 (n=81)	统计值	P
舒张压/mmHg	92.58±11.23	94.69±11.26	1.324	0.187
心率/(次/分)	80.17±9.23	81.89±8.95	1.330	0.185
卧床时间/天	11.12±3.08	13.89±3.26	6.202	<0.001
WBC/(×10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup> )	9.26±2.18	9.59±2.32	1.042	0.299
LY/(×10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup> )	1.59±0.43	1.51±0.41	1.336	0.183
NE/(×10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup> )	6.98±1.46	7.33±1.67	1.599	0.111
HGB/(g/L)	133.89±17.12	136.42±17.48	1.034	0.302
HCT/%	40.25±4.12	43.46±4.26	5.424	<0.001
MCV/fL	92.07±8.42	91.14±7.78	0.802	0.423
MCH/pg	30.37±4.85	29.46±4.78	1.331	0.185
PLT/(×10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup> )	226.58±46.76	217.89±42.38	1.358	0.176
ALT/(U/L)	27.34±5.88	28.49±5.17	1.444	0.150
AST/(U/L)	30.35±6.85	31.22±6.98	0.889	0.375
ALB/(g/L)	39.06±5.12	38.34±4.89	1.009	0.314
甘油三酯/(mmol/L)	1.49±0.37	1.54±0.36	0.963	0.337
总胆固醇/(mmol/L)	4.53±0.89	4.65±0.97	0.918	0.359
FIB/(g/L)	3.68±0.72	4.38±0.77	6.676	<0.001
APTT/s	29.85±4.67	28.79±4.83	1.580	0.116
TT/s	15.57±3.22	15.29±3.14	0.619	0.536
D-二聚体/(mg/L)	2.55±0.71	3.26±0.97	6.316	<0.001

### 2.2 出血性脑卒中患者 DVT 影响因素的 Logistic 回归分析

因变量出血性脑卒中患者 DVT 发生情况的赋值标准为: DVT 组赋值为 1, 非 DVT 组赋值为 0; 自变量年龄、入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 及 D-二聚体水平均以实际检测值作为连续变量纳入分析。单因素 Logistic 回归分析结果显示, 年龄、入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB、D-二聚体为出血性脑卒中患者 DVT 的相关影响因素; 多因素 Logistic 回归分析结果显示, 入院时 NIHSS 评分较高、卧床时间较长、HCT、FIB 及 D-二聚体水平较高均为出血性脑卒中患者发生 DVT 的独立危险因素 (均  $P < 0.05$ ; 表 2 和表 3)。单因素回归分析后, 将显著变量依据 OR 值编排为森林图, 见图 1。多因素 Logistic 回归分析后, 将显著变量依据 OR 值编排为森林图, 见图 2。OR < 1 表示该因素为出血性脑卒中患者发生 DVT 的保护因素, OR > 1 表示该因素为出血性脑卒中患者发生 DVT 的危险因素。

### 2.3 联合入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 及 D-二聚体水平对出血性脑卒中患者 DVT 的预测价值

联合入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 及 D-二聚体水平对出血性脑卒中患者 DVT 进行预测的 AUC 值高于单项检测 ( $P < 0.05$ ; 表 4 和图 3)。

表 2. 单因素 Logistic 回归分析出血性脑卒中患者 DVT 的相关影响因素

**Table 2. Univariate Logistic regression analysis of risk factors for DVT in patients with hemorrhagic stroke**

因素	$\beta$	SE	Wald	P	OR	95% CI
年龄	0.036	0.019	3.522	0.047	1.036	0.998 ~ 1.075
入院时 NIHSS 评分	0.168	0.039	18.311	<0.001	1.182	1.095 ~ 1.277
卧床时间	0.459	0.064	50.801	<0.001	1.582	1.395 ~ 1.795
HCT	0.261	0.042	37.826	<0.001	1.299	1.195 ~ 1.411
FIB	1.027	0.210	23.846	<0.001	2.792	1.849 ~ 4.215
D-二聚体	0.833	0.199	17.508	<0.001	2.300	1.557 ~ 3.397

表 3. 多因素 Logistic 回归分析出血性脑卒中患者 DVT 的相关影响因素

**Table 3. Multivariate Logistic regression analysis of risk factors for DVT in patients with hemorrhagic stroke**

因素	$\beta$	SE	Wald	P	OR	95% CI
年龄	0.043	0.028	2.331	0.127	1.044	0.988 ~ 1.104
入院时 NIHSS 评分	0.172	0.055	9.752	0.002	1.188	1.066 ~ 1.324
卧床时间	0.450	0.084	28.532	<0.001	1.569	1.330 ~ 1.851
HCT	0.190	0.054	12.534	<0.001	1.209	1.088 ~ 1.343
FIB	1.005	0.298	11.350	0.001	2.733	1.523 ~ 4.905
D-二聚体	0.742	0.278	7.141	0.008	2.100	1.219 ~ 3.617

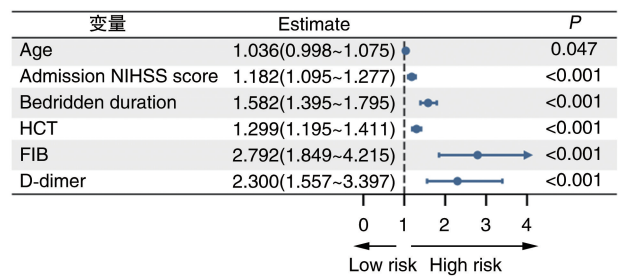


图 1. 单因素 Logistic 回归分析出血性脑卒中患者 DVT 相关影响因素的森林图

Figure 1. Forest plot of risk factors for DVT in patients with hemorrhagic stroke based on univariate Logistic regression analysis

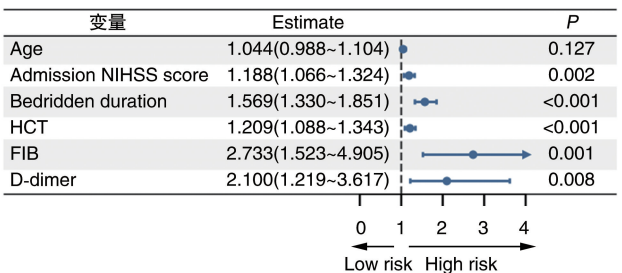


图 2. 多因素 Logistic 回归分析出血性脑卒中患者 DVT 的相关影响因素的森林图

Figure 2. Forest plot of independent risk factors for DVT in patients with hemorrhagic stroke based on multivariate Logistic regression analysis

表 4. 联合入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 及 D-二聚体水平对出血性脑卒中患者 DVT 的预测价值  
Table 4. The predictive value of combined admission NIHSS score, bedridden duration, HCT, FIB and D-dimer levels for DVT in patients with hemorrhagic stroke

项目	AUC	SE	95% CI	P	约登指数	cut-off 值	灵敏度/%	特异度/%
入院时 NIHSS 评分	0.677	0.039	0.610 ~ 0.740	<0.001	0.319	>16.229	48.15	83.72
卧床时间	0.839	0.029	0.782 ~ 0.886	<0.001	0.562	>13.133	74.07	82.17
HCT	0.789	0.033	0.728 ~ 0.842	<0.001	0.479	>42.007	76.54	71.32
FIB	0.715	0.037	0.649 ~ 0.775	<0.001	0.365	>4.271	54.32	82.17
D-二聚体	0.671	0.040	0.603 ~ 0.734	<0.001	0.312	>3.645	35.80	95.35
联合	0.926 <sup>a</sup>	0.019	0.881 ~ 0.957	<0.001	0.743		85.19	89.15

注:a 为  $P < 0.05$ , 与单项检测比较。空白表示不适用。

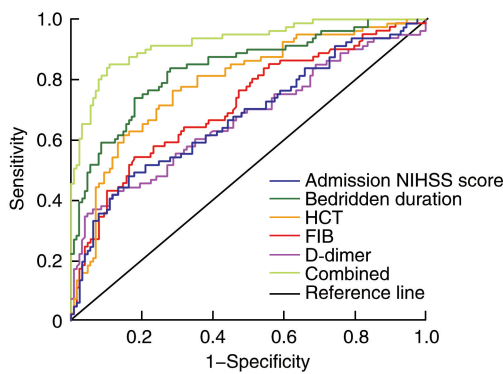


图 3. 联合入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 集 D-二聚体水平对出血性脑卒中患者 DVT 预测价值的 ROC 曲线

Figure 3. ROC curves for predicting DVT with combined admission NIHSS score, bedridden duration, HCT, FIB and D-dimer levels in patients with hemorrhagic stroke

## 2.4 模型组与外部验证组临床资料比较

外部验证队列在年龄、性别、体重指数、入院时 NIHSS 评分、卧床时间及实验室指标等关键基线特征上与模型队列无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 表明该队列适用于模型的外部验证, 验证结果具有可靠性 (表 5)。

表 5. 模型组与外部验证组一般资料比较

Table 5. Comparison of general data between the modeling group and the external validation group

项目	模型组 (n=210)	外部验证组 (n=120)	统计值	P
年龄/岁	66.23±8.35	66.45±8.10	0.233	0.816
性别/[例(%)]			0.074	0.786
男	114(54.29)	67(55.83)		
女	96(45.71)	53(44.17)		
体重指数/(kg/m <sup>2</sup> )	24.15±2.91	24.02±3.08	0.382	0.703
高血压/[例(%)]	158(75.24)	87(72.50)	0.299	0.584
糖尿病/[例(%)]	66(31.43)	33(27.50)	0.561	0.454
高脂血症/[例(%)]	48(22.86)	23(19.17)	0.616	0.433

续表

项目	模型组 (n=210)	外部验证组 (n=120)	统计值	P
吸烟史/[例(%)]	71(33.81)	40(33.33)	0.008	0.930
饮酒史/[例(%)]	68(32.38)	32(26.67)	1.181	0.277
入院时 NIHSS 评分/分	13.75±4.28	13.91±4.25	0.328	0.743
收缩压/mmHg	158.75±16.92	159.46±16.87	0.367	0.714
舒张压/mmHg	93.48±11.23	94.05±11.14	0.445	0.657
心率/(次/分)	80.92±9.13	81.23±8.89	0.300	0.765
卧床时间/天	11.85±3.55	12.08±3.48	0.570	0.569
WBC/( $\times 10^9$ L <sup>-1</sup> )	9.46±2.16	9.49±2.17	0.121	0.904
LY/( $\times 10^9$ L <sup>-1</sup> )	1.55±0.43	1.54±0.44	0.202	0.840
NE/( $\times 10^9$ L <sup>-1</sup> )	7.06±1.63	7.11±1.70	0.264	0.792
HGB/(g/L)	134.76±16.27	132.56±15.83	1.193	0.234
HCT/%	41.68±3.85	41.89±3.90	0.474	0.636
MCV/fL	91.76±7.26	91.25±6.89	0.625	0.532
MCH/pg	30.23±3.27	30.46±3.62	0.591	0.555
PLT/( $\times 10^9$ L <sup>-1</sup> )	222.77±40.85	220.87±42.26	0.401	0.688
ALT/(U/L)	27.60±5.95	27.94±6.12	0.494	0.622
AST/(U/L)	30.48±7.13	30.86±7.25	0.463	0.644
ALB/(g/L)	38.77±4.76	38.45±4.53	0.598	0.550
甘油三酯/(mmol/L)	1.51±0.35	1.50±0.38	0.242	0.809
总胆固醇/(mmol/L)	4.55±0.90	4.57±0.86	0.197	0.844
FIB/(g/L)	3.81±0.83	3.84±0.79	0.321	0.748
APTT/s	29.85±4.73	29.43±4.61	0.783	0.434
TT/s	15.49±3.24	15.56±3.78	0.178	0.859
D-二聚体/(mg/L)	2.60±0.76	2.63±0.78	0.342	0.733

## 2.5 基于 Logistic 回归分析构建血性脑卒中患者 DVT 发生风险预测列线图

基于 Logistic 回归分析构建出血性脑卒中患者 DVT 风险预测列线图, 该列线图包含 5 个变量, 分别为入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 和 D-二聚体。其中, 卧床时间对应的分数跨度最大, 说明其对总风险评分的贡献最为显著 (图 4)。

模型组 ROC 曲线分析显示, 其 AUC 值为 0.926,

表明该模型在预测出血性脑卒中患者 DVT 风险方面具有较高应用价值(图 5A)。校准曲线中,灰线代表模型预测值,黑线代表实际观测值,结果显示模型校准能力良好,预测值与实际结果高度一致(图 5B)。经 Bootstrap 内部验证校正后,拟合优度检验的  $P$  值为 0.130,提示模型无明显过度拟合现象,

内部有效性良好。外部验证组 ROC 曲线显示,其  $AUC$  值为 0.863,表明该模型评估效能较好,与模型组结果一致(图 6A)。校准曲线显示,该模型表现出较好校准能力,预测值与实际结果一致(图 6B)。拟合优度检验显示  $P$  值为 0.594,表明拟合良好。

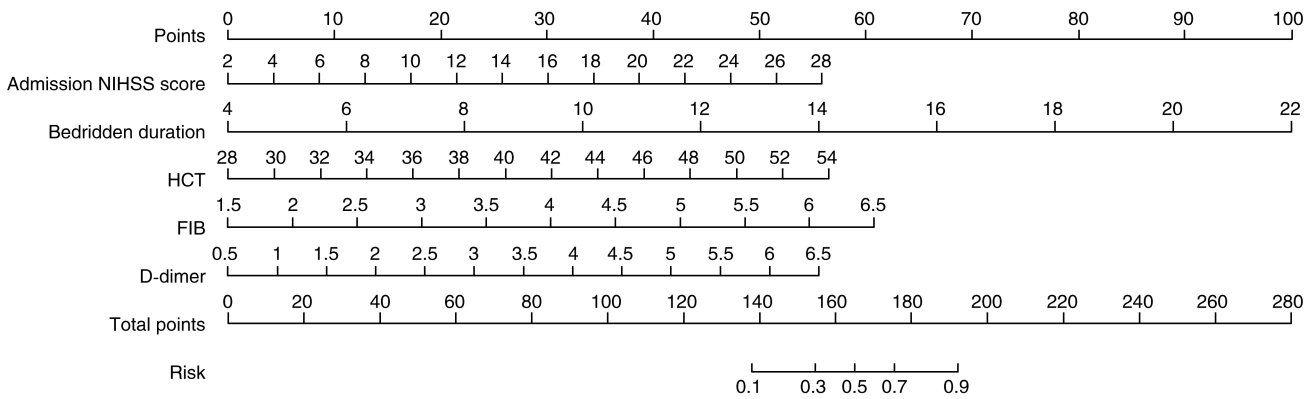


图 4. 基于 Logistic 回归分析构建出血性脑卒中患者 DVT 发生风险预测列线图  
Figure 4. Nomogram for predicting the risk of DVT in patients with hemorrhagic stroke based on Logistic regression analysis

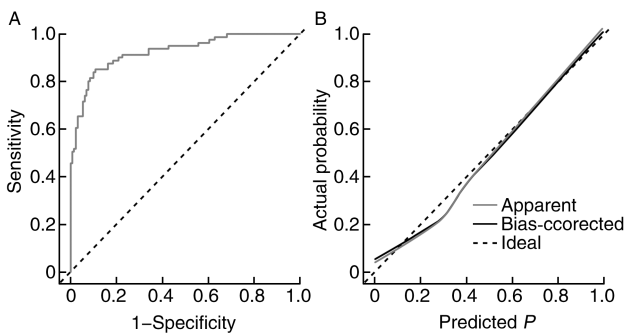


图 5. 模型组 ROC 曲线和校准曲线  
Figure 5. ROC curve (A) and calibration curve (B) for the modeling group

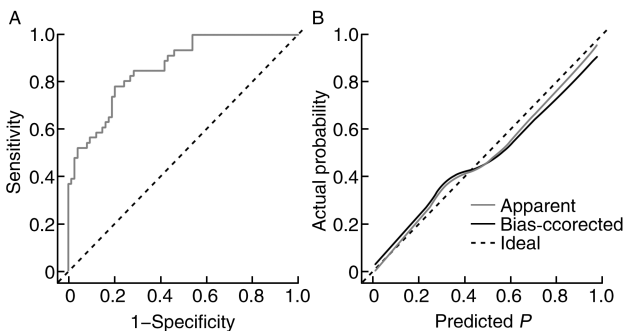


图 6. 外部验证组 ROC 曲线和校准曲线  
Figure 6. ROC curve (A) and calibration curve (B) for the external validation group

### 3 讨论

DVT 是出血性脑卒中患者常见的并发症之一,发生率约为 10% ~ 30%,可引起患肢肿胀、疼痛和压痛、浅静脉曲张等局部症状,血栓一旦脱落,可随血液循环到达肺部,引发肺动脉栓塞<sup>[10-11]</sup>。肺动脉栓塞 80% ~ 90% 来源于下肢深静脉、盆腔静脉血栓,轻者造成咳血、胸闷、气短、濒死感,重则造成死亡<sup>[12]</sup>。血管造影是临床诊断 DVT 的金标准,然而其成本较高且需专业操作,难以作为常规筛查手段反复开展<sup>[13]</sup>。DVT 的发生与血液凝固功能异常、血流动力学改变密切相关,而凝血与血液流变学指标作为反映这两大核心病理环节的关键参数,在 DVT 风险评估中具有不可替代的作用。本研究从凝血与血液流变学指标的角度出发,探讨了 HCT、FIB 及 D-二聚体水平在 DVT 发生过程中的协同作用。

本研究结果发现,DVT 组患者入院时 NIHSS 评分高于非 DVT 组;多因素 Logistic 回归分析进一步表明,入院时 NIHSS 评分较高 ( $OR = 1.188, 95\% CI: 1.066 \sim 1.324$ ) 是出血性脑卒中患者发生 DVT 的独立危险因素。NIHSS 是临床上用于量化评估脑卒中患者入院时神经功能缺损严重程度的标准化评估工具。高 NIHSS 评分提示患者存在更严重的运动功能缺损,如单侧或双侧肢体瘫痪、肌力下降甚至

完全无法活动,这会导致下肢肌肉泵功能丧失或严重减弱,进而使下肢深静脉血流速度减慢、血液瘀滞于静脉腔内。而血流瘀滞是 DVT 的主要因素,瘀滞的血液中红细胞、血小板更易沉积,凝血因子与血管壁的接触时间延长,为血栓形成提供了有利环境<sup>[14-15]</sup>。Chen 等<sup>[16]</sup> 研究显示,高 NIHSS 评分患者瘫痪程度严重,长期卧床增加血液黏度,促进静脉血栓形成,本研究结果与之一致。

出血性脑卒中患者因大脑运动中枢受损及意识障碍,下肢骨骼肌主动收缩功能几乎完全丧失;加之长期卧床静止,肌肉泵对静脉血的挤压推送作用缺失,致使血液在静脉瓣室内流速减缓甚至停滞,从而增加了血细胞与血管内皮的接触时间及黏附几率<sup>[17]</sup>。卧床导致的肢体活动受限会引发局部静脉血管壁的轻度低氧及炎症反应,造成内皮细胞功能紊乱与抗凝能力下降,从而增加 DVT 的发生风险<sup>[18]</sup>。周克文等<sup>[19]</sup> 的研究指出,卧床时间长是脑卒中患者并发 DVT 的独立危险因素。本研究结果发现,卧床时间长 ( $OR = 1.569, 95\% CI: 1.330 \sim 1.851$ ) 是出血性脑卒中患者发生 DVT 的独立危险因素,与上述研究结果一致。

本研究结果发现,较高的 HCT 水平 ( $OR = 1.209, 95\% CI: 1.088 \sim 1.343$ ) 是出血性脑卒中患者发生 DVT 的独立危险因素。HCT 反映血液中红细胞的浓缩程度,是衡量血液黏滞度与血流动力学状态的关键指标。相关研究表明,高黏滞度的血液会对下肢静脉内皮细胞产生持续的机械剪切力损伤,进而导致局部组织缺氧、代谢产物堆积,破坏血管内皮的完整性,使其分泌的血管保护因子(如一氧化氮、前列环素)减少,促凝因子释放增加,最终增强血管壁的促凝倾向<sup>[20-21]</sup>。Warny 等<sup>[22]</sup> 的研究表明,HCT 升高患者的 DVT 发生率显著高于 HCT 正常者,且 HCT 水平与 DVT 发生风险呈正相关。

出血性脑卒中发生后,机体为预防颅内再出血会启动代偿性应激反应,交感神经兴奋、炎症因子释放会刺激肝脏合成并分泌 FIB,导致 FIB 水平显著升高。同时,出血引发的有效循环血量波动会间接增强凝血系统活性,进一步提升 FIB 的活化效率。FIB 升高会加速凝血酶介导的纤维蛋白单体聚合,促进不可溶性纤维蛋白网络形成,通过网罗聚集血小板、红细胞等有形成分,增强血栓稳定性,为 DVT 的发生提供结构基础<sup>[23]</sup>。Lan 等<sup>[24]</sup> 的研究指出,FIB 是影响血液黏度的重要大分子蛋白,其水平升高会增加全血及血浆黏度;尤其在下肢静脉低切变率环境中,高黏度血液会进一步减慢血流速度,加

重下肢静脉瘀滞。本研究结果发现,较高的 FIB 水平是出血性脑卒中患者发生 DVT 的独立危险因素 ( $OR = 2.733, 95\% CI: 1.523 \sim 4.905$ ),这与上述研究结果一致。

本研究结果发现,较高的 D-二聚体水平是出血性脑卒中患者 DVT 的独立危险因素 ( $OR = 2.100, 95\% CI: 1.219 \sim 3.617$ )。当机体发生血栓形成时,凝血系统被激活,纤维蛋白原转化为纤维蛋白并形成血栓。随后纤溶系统启动,降解血栓中的纤维蛋白,进而产生 D-二聚体。D-二聚体水平对 DVT 具有较高敏感性,其水平升高提示纤维蛋白被纤溶酶水解生成的产物增多,是判断血栓形成的重要指标,也是脑卒中后并发 DVT 的独立危险因素,可作为筛查下肢 DVT 的重要指标之一<sup>[25-26]</sup>。

进一步的 ROC 曲线显示,联合入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 和 D-二聚体水平对出血性脑卒中患者 DVT 预测的 AUC 值高于单项检测,表明该联合模型具有较高预测效能。NIHSS 评分通过量化神经功能缺损程度,可直接反映患者的肢体活动能力及意识状态;卧床时间决定下肢静脉血流瘀滞的持续时长;HCT 可反映血液黏稠度;FIB 作为凝血级联反应的关键底物,能体现血液凝固能力;D-二聚体水平则可实时提示体内是否存在血栓形成与降解的动态过程。HCT 升高会使血液黏稠度增加、血流速度减慢,为 FIB 聚集及凝血因子激活提供“物理基础”;FIB 作为凝血级联反应的关键底物,其水平升高可加速纤维蛋白网络形成,增强血栓稳定性;D-二聚体作为血栓降解产物,其升高反映凝血-纤溶系统的激活状态,是血栓形成的“生物学标志”。三者共同构成“血流瘀滞-凝血激活-血栓形成-纤溶启动”的病理生理链条。单项检测仅能反映单一维度风险信息,联合检测可避免单一指标对风险评估的片面性,通过多靶点评估更全面还原患者真实血栓风险状态,提升模型对高危与低危人群的区分能力,使联合预测的 AUC 值显著高于单项检测,体现出更优的预测价值。

本研究基于入院时 NIHSS 评分、卧床时间、HCT、FIB 和 D-二聚体水平构建出血性脑卒中患者 DVT 发生风险的预测模型,并采用 ROC 曲线评估其预测能力,模型 AUC 值为 0.926,表明模型具有良好预测能力。外部验证组进一步证实模型的普遍性和可靠性,外部验证组与模型组之间预测因素的一致性表明,该模型可用于不同的患者群体,为其临床应用提供有力支持。本研究在相关研究的基础上,引入 HCT 作为新的预测指标,并结合 D-二聚体与

FIB, 构建出血性脑卒中后 DVT 的联合预测模型。相较于既往研究, 本研究不仅拓展了检测指标的维度, 还系统采用单因素与多因素 Logistic 回归分析筛选独立危险因素, 并基于此构建列线图模型, 实现个体化风险的量化评估。此外, 通过 ROC 曲线、校准曲线及外部验证, 全面验证了模型的区分度与一致性, 提升了预后判断的客观性与数据化水平, 为临床早期识别高危患者提供了更为精准的工具。基于列线图总分, 可将患者分为低危 (<100 分)、中危 (100 ~ 150 分) 和高危 (>150 分) 三个层级。建议临床采取分层预防策略: 低危患者以踝泵运动、梯度压力袜等基本物理预防措施为主; 中危患者在基本物理预防基础上加用间歇充气加压装置; 高危患者在无禁忌证的前提下, 可考虑联合低分子肝素等药物进行预防, 并适当增加超声监测频率。

本研究构建的预测模型其转化路径可初步设计为: 首先, 将模型整合入医院电子病历系统, 在患者入院 24 h 内自动抓取 NIHSS 评分、卧床时间 (可依据护理记录自动估算或由护士录入)、HCT、FIB 及 D-二聚体结果, 实时计算列线图总分并生成个体化 DVT 风险报告。其次, 基于模型总分实现风险分层并关联预置差异化预防措施建议。最后, 监测该模型在真实世界中的预测效能与临床效益, 持续迭代优化, 最终目标是形成一套适用于出血性脑卒中患者的标准化、数字化 DVT 风险预警与干预流程。与已有的 DVT 预测模型相比, 本研究构建的模型在适用人群特异性、指标针对性、预测效能及临床操作性方面展现出独特优势。Caprini 评分与 Padua 评分作为临床广泛应用的静脉血栓风险评估工具, 虽已覆盖手术、肿瘤、制动等多种危险因素, 但并非针对脑卒中患者设计, 尤其在反映出血性脑卒中这一特殊人群的病理生理特点 (如凝血功能紊乱、神经功能缺损、卧床制动等) 方面存在明显不足。本研究专门针对出血性脑卒中患者, 纳入反映神经功能缺损的 NIHSS 评分、客观量化的卧床时间, 并结合 HCT、FIB、D-二聚体这三类分别反映血液黏滞度、凝血活性及纤溶状态的指标, 构建了多维度预测模型。该模型的预测效能优于既往通用评分及部分卒中专用模型。同时, 通过列线图将模型可视化呈现, 临床医师无需进行复杂计算即可完成个体化风险评估, 操作简便直观, 更适合在神经内科、重症监护等临床场景中推广应用。

综上所述, 入院时 NIHSS 评分较高、卧床时间长、HCT、FIB 及 D-二聚体水平较高是出血性脑卒中患者发生 DVT 的独立危险因素, 且该联合模型对出

血性脑卒中患者 DVT 具有较高预测效能。但本研究存在一定局限性: 样本量有限, 研究周期较短, 后续需扩大样本量并开展多中心研究, 以提升研究的可靠性。

#### [参考文献]

- [1] 李瑾, 侯 候, 王亚新, 等. 中国中老年人群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.
- [2] 李亚楠, 高梦颖, 薛丽丽, 等. 超声剪切波弹性成像评价亚急性期下肢深静脉血栓弹性硬度的价值[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(3): 325-329.  
LI Y N, GAO M Y, XUE L L, et al. The value of ultrasonic shear wave elastography in evaluating the elastic hardness of subacute lower extremity deep vein thrombosis [J]. Chin J Ultrasound Med, 2023, 39(3): 325-329.
- [3] CHEN X, SUI Z, TING J, et al. Analysis of the current status and influencing factors of LEDVT in patients with acute hemorrhagic stroke [J]. Medicine (Baltimore), 2025, 104(12): e41759.
- [4] 樊景云, 姚 勇, 奉 镭, 等. 高甘油三酯血症性急性胰腺炎患者血清肌酐、PLT 和 HCT 水平与病情严重程度和预后的关系 [J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(10): 1049-1052.  
FAN J Y, YAO Y, FENG L, et al. Relationship of serum creatinine, PLT and HCT with the severity and prognosis of hyperlipidemic acute pancreatitis [J]. J Clin Exp Med, 2023, 22(10): 1049-1052.
- [5] 潘晓虎, 朱发勇, 邱 凯, 等. 血浆 D-二聚体水平对急性缺血性脑卒中颅内动脉粥样硬化性大血管闭塞的预测价值 [J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(1): 9-13.  
PAN X H, ZHU F Y, QIU K, et al. The predictive value of plasma D-dimer level for acute intracranial atherosclerotic large vessel occlusion in acute ischemic stroke [J]. J Interv Radiol, 2023, 32(1): 9-13.
- [6] 柳文科, 杨霄鹏. 估算的肾小球滤过率、尿酸和纤维蛋白原与缺血性脑卒中溶栓后脑出血转化的关系及对结局的预测价值 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(3): 248-254.  
LIU W K, YANG X P. Relationship between estimated glomerular filtration rate, serum uric acid, fibrinogen and cerebral hemorrhage transformation after thrombolysis in ischemic stroke and its predictive value for outcome [J]. Chin J Arterioscler, 2022, 30(3): 248-254.
- [7] STEVENS S M, WOLLER S C, KREUZIGER L B, et al.

- Antithrombotic therapy for VTE disease; second update of the CHEST guideline and expert panel report[J]. *Chest*, 2021, 160(6): e545-e608.
- [8] DIAO H, LU G, WANG Z, et al. Risk factors and predictors of venous thromboembolism in patients with acute spontaneous intracerebral hemorrhage; a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2024, 244: 108430.
- [9] 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. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(12): 994-1005.
- Neurology Branch of Chinese Medical Association, Cerebrovascular Disease Group of Neurology Branch of Chinese Medical Association. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute intracerebral hemorrhage 2019[J]. *Chin J Neurol*, 2019, 52(12): 994-1005.
- [10] DONG C, LI Y, MA MD Z. Venous thromboembolism prophylaxis after spontaneous intracerebral hemorrhage; a review[J]. *Neurologist*, 2024, 29(1): 54-58.
- [11] 杨帆. 热敏灸联合针刺对脑卒中患者下肢深静脉血栓的疗效评价[J]. *哈尔滨医科大学学报*, 2024, 58(5): 543-547, 552.
- YANG F. Therapeutic evaluation of heat-sensitive moxibustion combined with acupuncture on deep venous thrombosis of lower extremities in stroke patients[J]. *J Harbin Med Univ*, 2024, 58(5): 543-547, 552.
- [12] DUBOIS-SILVA Á, BIKDELI B, JIMÉNEZ D, et al. Clinical presentation and prognosis of acute symptomatic pulmonary embolism in patients with concomitant upper-extremity versus lower-extremity deep vein thrombosis[J]. *Thorax*, 2025, 80(6): 369-377.
- [13] WELLS P S, IHADDADENE R, REILLY A, et al. Diagnosis of venous thromboembolism: 20 years of progress [J]. *Ann Intern Med*, 2018, 168(2): 131-140.
- [14] 刘丹, 马强, 谷新医, 等. 急性缺血性脑卒中伴脑微出血老年患者糖化血红蛋白和血脂水平及NIHSS评分[J]. *实用预防医学*, 2018, 25(4): 477-479.
- LIU D, MA Q, GU X Y, et al. Levels of glycosylated hemoglobin and blood lipids and NIHSS score in elderly patients with acute ischemic stroke complicated with cerebral microbleeds[J]. *Pract Prev Med*, 2018, 25(4): 477-479.
- [15] GROSS B A, JANKOWITZ B T, FRIEDLANDER R M. Cerebral intraparenchymal hemorrhage; a review[J]. *JAMA*, 2019, 321(13): 1295-1303.
- [16] CHEN W, CUI C, LAI C. Developing a predictive model for lower extremity deep vein thrombosis in acute ischemic stroke using a nomogram [J]. *Front Neurol*, 2025, 16: 1506959.
- [17] HOUGHTON D E, ASHRANI A, LIEDL D, et al. Reduced calf muscle pump function is a risk factor for venous thromboembolism; a population-based cohort study [J]. *Blood*, 2021, 137(23): 3284-3290.
- [18] SCHULMAN S, MAKATSARIYA A, KHIZROEVA J, et al. The basic principles of pathophysiology of venous thrombosis[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(21): 11447.
- [19] 周克文, 武美茹, 张倩. 脑卒中患者下肢深静脉血栓形成的影响因素及其干预策略研究[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2019, 27(10): 19-23.
- ZHOU K W, WU M R, ZHANG Q. Influencing factors and intervention strategy of lower extremity deep venous thrombosis in patients with stroke[J]. *Pract J Card Cereb Pneuol Vasc Dis*, 2019, 27(10): 19-23.
- [20] FOLSOM A R, WANG W, PARIKH R, et al. Hematocrit and incidence of venous thromboembolism[J]. *Res Pract Thromb Haemost*, 2020, 4(3): 422-428.
- [21] ABRASHEV H, ABRASHEVA D, NIKOLOV N, et al. A systematic review of endothelial dysfunction in chronic venous disease-inflammation, oxidative stress, and shear stress[J]. *Int J Mol Sci*, 2025, 26(8): 3660.
- [22] WARNY M, HELBY J, BIRGENS H S, et al. Arterial and venous thrombosis by high platelet count and high hematocrit: 108 521 individuals from the copenhagen general population study[J]. *J Thromb Haemost*, 2019, 17(11): 1898-1911.
- [23] ALSBROOK D L, DI NAPOLI M, BHATIA K, et al. Neuroinflammation in acute ischemic and hemorrhagic stroke[J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2023, 23(8): 407-431.
- [24] LAN D, WANG M, ZHANG X, et al. A retrospective cohort study on a novel marker to predict the severity and prognosis of acute cerebral venous thrombosis: D-dimer to fibrinogen ratio[J]. *Thromb J*, 2024, 22(1): 95.
- [25] FANG X, SHEN Y, WANG M, et al. Predictive value of caprini risk assessment model, D-dimer, and fibrinogen levels on lower extremity deep vein thrombosis in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Front Neurol*, 2024, 15: 1370029.
- [26] WANG J, ZHENG Y, YU Y, et al. Plasma D-dimer changes and clinical value in acute lower extremity deep venous thrombosis treated with catheter-directed thrombolysis [J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2025, 13(3): 102167.

(此文编辑 文玉珊)