

DOI: 10.16016/j.2097-0927.202311064

自发性脑出血患者术后合并肺栓塞的预测模型的构建与验证

林 巡¹, 孙晓川¹, 石全红¹, 但 炜¹, 詹 彦¹, 周建鑫², 夏宇隆¹, 谢延风¹, 蒋 理¹ 400016 重庆, 重庆医科大学附属第一医院神经外科¹; 404000 重庆, 重庆大学附属三峡医院神经外科²

[摘要] **目的** 探讨自发性脑出血患者术后合并肺栓塞的危险因素, 构建并验证列线图模型。**方法** 本研究是回顾性队列研究, 回顾性选取 2015 年 1 月至 2023 年 1 月于重庆医科大学附属第一医院及重庆大学附属三峡医院住院治疗的 393 例患者为训练组, 165 例患者为验证组, 采用单因素和多因素逐步 Logistic 回归分析, 筛选出与自发性脑出血术后合并肺栓塞相关的危险因素, 构建并验证基于这些因素的列线图模型。**结果** 基于年龄、出血量、格拉斯哥昏迷评分 (Glasgow coma scale, GCS)、手术方式、纤维蛋白 (原) 降解产物 (fibrinogen degradation product, FDP)、D-二聚体、血红蛋白和血浆、渗透压、有无深静脉血栓等危险因素绘制列线图模型, 受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC) 显示模型对是否存在肺栓塞区分度良好, 曲线下面积 (area under curve, AUC) = 0.908, 验证集的 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验表明此模型对于验证集的拟合度良好 ($\chi^2 = 14.805$, $df = 8$, $P = 0.063$), 校正曲线与理想曲线较为接近, 模型的预测概率与实际发生概率接近, 说明该模型准确性较高, 决策曲线分析显示在较大范围的阈值概率下, 建立的列线图模型均可获得收益。**结论** 本研究建立的自发性脑出血患者术后合并肺栓塞的预测模型具有良好的预测性能, 可在临床工作中准确、及时、快速识别肺栓塞的发生。

[关键词] 自发性脑出血; 肺栓塞; 预测模型; 危险因素; 列线图

[中图分类号] R181.23; R563.506; R743.340.5 **[文献标志码]** A

Construction and verification of a nomogram model for postoperative pulmonary embolism in patients with spontaneous cerebral hemorrhage

LIN Xun¹, SUN Xiaochuan¹, SHI Quanhong¹, DAN Wei¹, ZHAN Yan¹, ZHOU Jianxin², XIA Yulong¹, XIE Yanfeng¹, JIANG Li¹ ¹Department of Neurosurgery, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 400016; ²Department of Neurosurgery, Three Gorges Hospital, Chongqing University, Chongqing, 404000, China

[Abstract] **Objective** To investigate the risk factors for postoperative pulmonary embolism in patients with spontaneous cerebral hemorrhage, and construct and verify the nomogram model. **Methods** A retrospective cohort study was conducted on 558 patients admitted in the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University and the Three Gorges Hospital Affiliated to Chongqing University. And 393 of them who hospitalized from January 2015 to January 2021 were assigned into a modeling group, and the other 165 patients from February 2021 to January 2023 into a validation group. Univariate and multivariate stepwise logistic regression analyses were used to screen out the risk factors associated with pulmonary embolism after spontaneous cerebral hemorrhage surgery. Then a nomogram model was build based on these factors and verified. **Results** Based on age, blood loss, Glasgow coma scale (GCS) score, surgical treatments, levels of fibrin degradation products, D-dimer and hemoglobin, plasma osmolality, and deep vein thrombosis, a risk model of pulmonary embolism was built. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis showed the model had good discriminability for the presence of pulmonary embolism, and the area under the curve (AUC)

[基金项目] 重庆市自然科学基金面上项目 (CSTB2022NSCQ-MSX0152)

[通信作者] 蒋 理, E-mail: drjiangli2019@163.com

谢延风, E-mail: xyf3058@163.com

value was 0.908. Hosmer-Lemeshow goodness-fit test indicated that the model had a good fit to the verification set ($\chi^2 = 14.805$, $df = 8$, $P = 0.063$), the correction curve was close to the ideal curve, and the prediction probability of the model was close to the actual occurrence probability, suggesting the model having good accuracy. Decision curve analysis revealed that the established nomogram model can get benefits under a large range of threshold probabilities. **Conclusion** We develop a prediction model for postoperative pulmonary embolism in patients with spontaneous cerebral hemorrhage after surgical treatment, which shows good prediction performance in both the training and validation groups, and can be used for accurate, prompt and quick identification for the occurrence of pulmonary embolism in clinical practice.

[**Key words**] spontaneous cerebral hemorrhage; pulmonary embolism; prediction model; risk factors; nomograph

Supported by General Project of Natural Science Foundation of Chongqing (CSTB2022NSCQ-MSX0152). Corresponding author: JIANG Li, E-mail: drjiangli2019@163.com; XIE Yanfeng, E-mail: xyf3058@163.com

自发性脑出血 (spontaneous cerebral hemorrhage, sICH) 是指在脑组织内发生的非创伤性出血, 血液迅速聚集形成血肿。该疾病的每年发病率为 (60~80)/10 万, 约占全部卒中病例的 30%^[1], 具有高致死率和致残率的特点^[2-3]。肺栓塞 (pulmonary embolism, PE) 是由来自静脉系统或右心的栓子堵塞肺动脉或其分支引起的病症, 其症状包括胸痛、咳血、突发性呼吸困难以及血氧饱和度下降等^[4-5]。sICH 患者因卧床时间较久造成日常活动量减少, 同时血液的高凝状态, 容易导致 PE 的发生^[6]。PE 是脑出血患者术后较常见的并发症, 但因其临床表现不明显及诊断设备局限导致漏诊率较高。因此, 早期识别 sICH 患者术后发生 PE 的危险因素对于预防其发生具有重要意义。本研究是一个回顾性队列研究, 通过回顾性分析 sICH 患者临床资料, 筛选出 sICH 术后发生 PE 的危险因素, 并基于此构建及验证列线图模型, 旨在为临床上早期识别 PE 提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性选取于重庆医科大学附属第一医院及重庆大学附属三峡医院住院治疗的患者作为研究对象, 以 2015 年 1 月至 2021 年 1 月住院的 393 例 sICH 患者为训练组, 选取 2021 年 2 月至 2023 年 1 月住院治疗的 165 例 sICH 患者为验证组。研究对象的纳入标准: ①入院 24 h 内完成头颅 CT 扫描; ②符合自发性脑出血的诊断标准, 并经影像学检查确诊, 确诊后 3 d 内行手术治疗^[7]; ③年龄 > 18 岁。排除标准: ①出现过心力衰竭; ②存在静脉曲张、静脉炎、慢性静脉功能不全等静脉相关疾病; ③合并凝血功能障碍, 存在身体其他部位的异常出血; ④血液系统疾病; ⑤既往肿瘤病史; ⑥临床资料不完善者。该研究已经获得了重庆医科大

学附属第一医院伦理委员会的批准 (K2023-581 号)。

1.2 方法

1.2.1 一般人口学与疾病资料 在查阅文献及咨询专家的基础上收集可能影响 sICH 患者并发 PE 的因素资料, 主要包括: 患者性别、年龄、体质量指数 (body mass index, BMI)、吸烟史、糖尿病、高血压、格拉斯哥昏迷评分 (Glasgow coma scale, GCS)、有无偏瘫、手术方式、术后情况 (有无呼吸机依赖、有无机械预防、有无中心静脉置管、有无气管切开、有无深静脉血栓)、有无全身性感染、有无输血、实验室检查 [血红蛋白、血小板计数、平均血小板体积、凝血酶原时间、活化部分凝血酶原时间、纤维蛋白 (原) 降解产物 (fibrinogen degradation product, FDP)、D-二聚体、血浆渗透压]。由于临床中没有直接的血浆渗透压结果, 所以使用公式进行估算, 计算公式为血浆渗透压 = $2 \times (NA + K) + \text{葡萄糖} + \text{血尿素氮}$ ^[8]。

1.2.2 PE 诊断 CT 下肺动脉造影 (computed tomographic pulmonary angiography, CTPA) 可用于评估肺部血管的分布和解剖结构, 以诊断是否存在 PE。因此, 本研究以肺动脉 CT 血管成像检查的阳性报告作为诊断 PE 的黄金标准^[9]。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 26.0 进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用独立样本 t 检验; 不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 选择秩和检验。计数资料以例数 (%) 表示, 采用 χ^2 检验。采用 MedCalc 绘制 ROC 曲线后找到最佳截断值, 将定量数据转换为分类数据。对单因素分析中差异有统计学意义的指标进行多因素逐步 Logistic 回归分析, 根据最佳赤池信息准则 (akaike information criterion, AIC) 为原则建立 Logistic 回归模型。采用 R 版本 4.3.0 软件包及 rms 程序包建立列线图模型, 采用 ROC 曲线、校正曲线评估列线图的预测效能, 决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 评估模型的临床效用^[10-13]。在

训练组中,将 PE 组与无 PE 组有差异的数据参考既往的研究进行数据转换^[14-15]。血浆渗透压既往研究较少,利用训练组的数据使用 ROC 曲线找到最佳截断值,对血浆渗透压进行数据二分类^[16]。最后,根据既往已建立的急性脑出血病人合并 PE 风险预测模型^[17]与本研究建立的模型进行对比,展示本模型的优良性能。以 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线数据

训练组共收集 393 例,其中发生 PE 的有 37 例,验证组共收集 165 例,其中发生 PE 的有 18 例,总的 sICH 术后 PE 发生率为 9.86%,训练组中 PE 组与无 PE 组数据情况见表 1。

表 1 训练组基线资料分析[$M(P_{25},P_{75}),n(\%)$]

基线资料	总数($n=393$)	无 PE($n=356$)	PE($n=37$)	P
年龄/岁	58.00(56.00,64.00)	58.00(56.00,63.00)	64.00(56.00,70.00)	0.022
BMI/(kg/m^2)	22.90(21.60,24.50)	22.80(21.60,24.30)	23.60(23.10,25.60)	0.001
GCS 评分	9.00(7.00,11.00)	9.00(7.00,11.00)	7.00(5.00,11.00)	0.001
血红蛋白/(g/L)	126.00(116.00,132.00)	126.00(119.00,132.00)	107.00(90.00,127.00)	<0.001
FDP/(mg/L)	3.20(2.50, 5.90)	3.20(2.50, 4.35)	7.75(3.73, 13.10)	<0.001
D-二聚体/(mg/LFEU)	3.40(3.10, 4.30)	3.30(3.05, 4.10)	6.60(3.10, 8.65)	0.006
颅内出血量/ mL	23.40(15.70,45.60)	22.45(15.60,42.73)	43.60(22.40,76.80)	0.001
血浆渗透压/(mmol/L)	301.00(294.80,306.80)	300.30(293.93,305.60)	310.90(301.60,320.80)	<0.001
血小板计数/($10^9/\text{L}$)	206.00(164.00,234.00)	206.00(160.75,234.25)	195.00(171.00,222.00)	0.318
平均血小板体积/ fL	11.50(10.70,12.20)	11.50(10.70,12.30)	11.30(10.60,11.70)	0.151
凝血酶原时间/ s	14.30(13.60,14.70)	14.30(13.70,14.80)	14.20(13.50,14.70)	0.490
活化部分凝血酶时间/ s	35.70(31.40,38.90)	35.75(31.40,39.23)	35.20(31.00,37.70)	0.297
性别				0.845
女	164(41.73)	148(41.57)	16(43.24)	
男	229(58.27)	208(58.43)	21(56.76)	
糖尿病				0.036
无	345(87.79)	317(89.04)	28(75.68)	
有	48(12.21)	39(10.96)	9(24.32)	
高血压				0.370
无	164(41.73)	146(41.01)	18(48.65)	
有	229(58.27)	210(58.99)	19(51.35)	
偏瘫				<0.001
无	242(61.58)	233(65.45)	9(24.32)	
有	151(38.42)	123(34.55)	28(75.68)	
呼吸机依赖				0.366
无	260(66.16)	238(66.85)	22(59.46)	
有	133(33.84)	118(33.15)	15(40.54)	
机械预防				<0.001
无	268(68.19)	253(71.07)	15(40.54)	
有	125(31.81)	103(28.93)	22(59.46)	
深静脉置管				0.069
无	311(79.13)	286(80.34)	25(67.57)	
有	82(20.87)	70(19.66)	12(32.43)	
手术方式				0.001
非开颅	336(85.50)	311(87.36)	25(67.57)	
开颅	57(14.50)	45(12.64)	12(32.43)	
气管切开				0.371
无	208(52.93)	191(53.65)	17(45.95)	
有	185(47.07)	165(46.35)	20(54.05)	
感染				0.240
无	206(52.42)	190(53.37)	16(43.24)	
有	187(47.58)	166(46.63)	21(56.76)	
输血				0.134
无	386(98.22)	351(98.60)	35(94.59)	
有	7(1.78)	5(1.40)	2(5.41)	
抽烟				0.370
无	229(58.27)	210(58.99)	19(51.35)	
有	164(41.73)	146(41.01)	18(48.65)	
深静脉血栓				<0.001
无	290(73.79)	273(76.69)	17(45.95)	
有	103(26.21)	83(23.31)	20(54.05)	

表 2 多因素 Logistic 回归分析结果

项目	Beta	S. E	Z	P	OR(95%CI)
年龄>60 岁	0.92	0.48	1.91	0.057	2.52(0.97~6.50)
GCS 评分<9 分	1.49	0.50	2.98	0.003	4.42(1.66~11.76)
开颅手术	1.00	0.58	1.71	0.087	2.71(0.87~8.47)
贫血	1.46	0.49	2.99	0.003	4.29(1.65~11.13)
FDP>3.68 mg/L	1.23	0.55	2.26	0.024	3.44(1.18~10.04)
D-二聚体>3.54 mg/LFEU	1.01	0.50	2.03	0.043	2.76(1.03~7.34)
颅内出血量/mL					
<30					1.00(参考)
30~60	1.21	0.54	2.22	0.027	3.34(1.15~9.70)
>60	1.48	0.58	2.58	0.010	4.41(1.43~13.62)
血浆渗透压>305.1 mmol/L	1.10	0.49	2.26	0.024	3.00(1.16~7.79)
有深静脉血栓	2.09	0.49	4.27	<0.001	8.09(3.10~21.12)

2.2 sICH 术后患者并发 PE 影响因素的单因素分析

基于 PE 发生情况将训练组患者分为 PE 组 (37 例) 和无 PE 组 (356 例)。sICH 患者并发 PE 影响因素的单因素分析结果见表 1。

2.3 sICH 术后患者并发 PE 影响因素的多因素分析

将在单因素分析中具有统计学意义的因素纳入多因素 Logistic 回归分析,以最佳的 AIC 为依据将年龄、GCS 评分、手术方式、血红蛋白、FDP、D-二聚体、颅内出血量、血浆渗透压和有无深静脉血栓纳入并建立回归模型,见表 2。

2.4 sICH 术后患者并发 PE 的列线图风险模型建立

基于年龄、GCS 评分、手术方式、血红蛋白、FDP、D-二聚体、颅内出血量、血浆渗透压和有无深静脉血栓等因素绘制 sICH 患者术后并发 PE 的列线图,见图 1。模型的 AUC=0.932,提示模型对是否存在 PE 区分度良好。该模型的 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验表明该模型拟合良好($\chi^2=3.040, df=8, P=0.932$),训练组校正曲线与理想曲线较为接近,说明该模型准确性较高,见图 2、3。

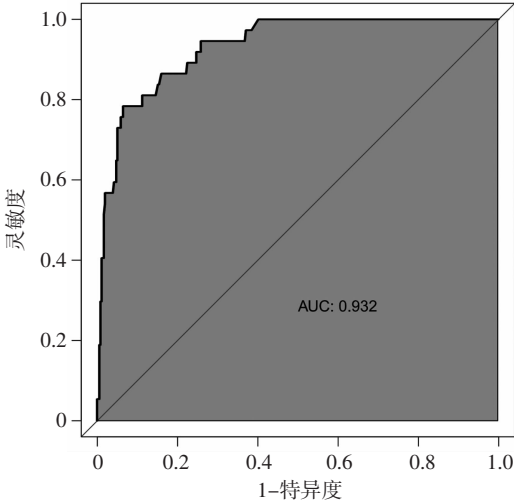


图 2 训练组 ROC 曲线

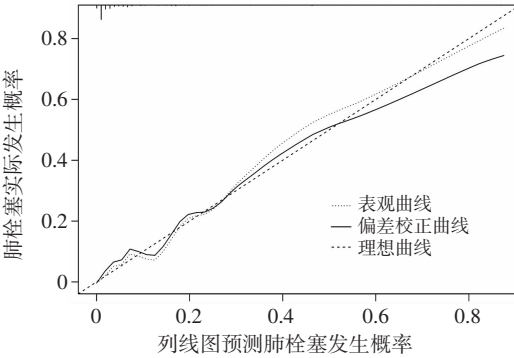


图 3 训练组校准曲线

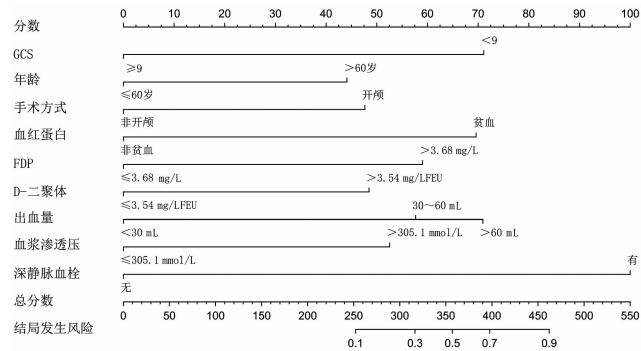


图 1 脑出血术后患者合并肺栓塞的列线图预测模型

2.5 sICH 术后患者并发 PE 风险预测模型的验证

使用验证集数据对列线图模型进行验证,绘制 ROC 曲线,AUC=0.908,验证集的 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验表明该模型对于验证集的拟合良好($\chi^2=$

14.805, $df=8$, $P=0.063$), 校正曲线与理想曲线较为接近, 模型的预测概率与实际发生概率接近, 见图 4、5。

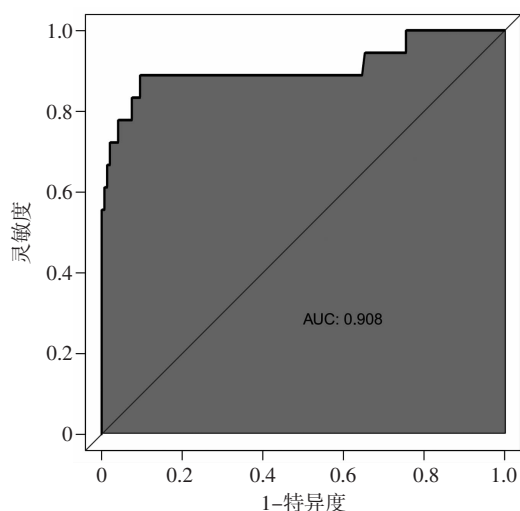


图 4 验证组 ROC 曲线

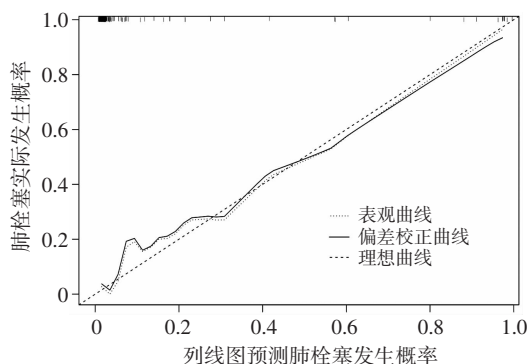


图 5 验证组校准曲线

2.6 与其他相似模型的比较

既往研究初步建立了急性脑出血病人合并 PE 风险预测模型(模型 1), 模型包括年龄、糖尿病、卧床时间、深静脉血栓、慢性肺部疾病、外科手术史等因素。使用验证集数据根据本研究建立的列线图模型(模型 2)计算出每个患者的总分, 同时根据模型 1 计算出每个患者的总分, 接着绘制 ROC 曲线, 结果显示, 模型 1 的 $AUC=0.800$, 模型 2 的 $AUC=0.908$, 显然模型 2 的区分能力显著优于模型 1, 见图 6。

2.7 列线图模型的临床实用性

使用 DCA 评估诊断列线图的临床效用, 结果显示, 无论是在训练集还是在验证集中, 在较大范围的阈值概率下, 本研究所建立的列线图模型均可获得收益, 见图 7、8。

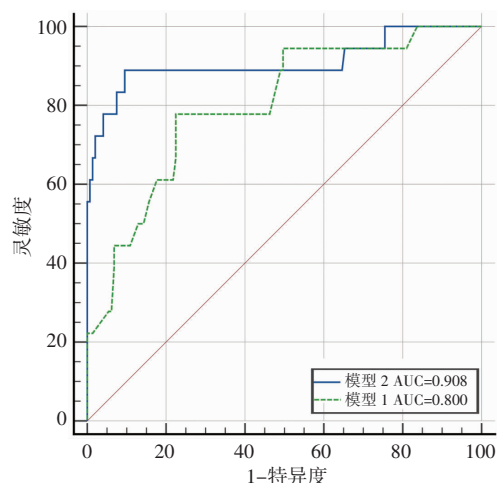


图 6 模型 1 与模型 2 性能比较

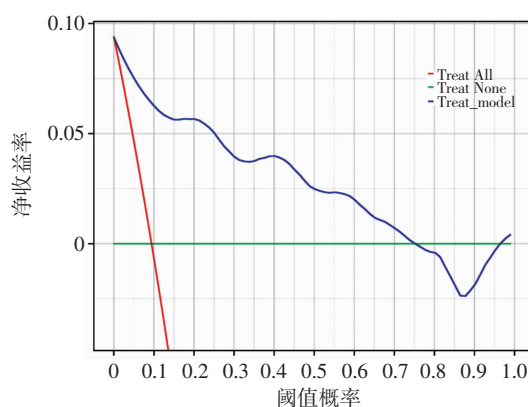


图 7 训练组 DCA 曲线

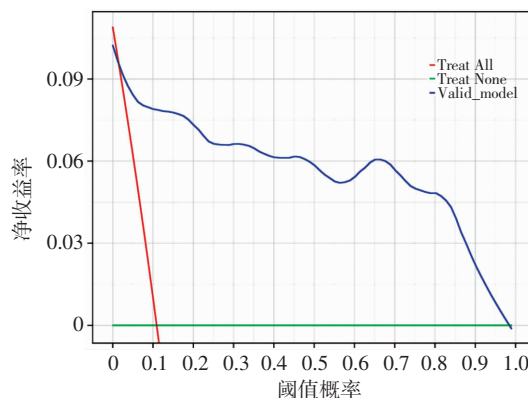


图 8 验证组 DCA 曲线

3 讨论

本研究多因素分析结果显示年龄、GCS 评分、手术方式、D-二聚体、FDP、血红蛋白、出血量、血浆渗透压、有无深静脉血栓是 sICH 患者术后并发 PE 的重要危险因素。在现有研究中, 高龄是较为认同 PE 的危险因

素之一^[18],与年轻人相比,老年人新陈代谢慢且组织功能衰退,血液多呈高凝状态,导致血管弹性降低,血管壁损伤,因此脑出血后 PE 的发生风险较高^[19-20]。GCS 评分可用来评估脑出血患者的意识状态,有文献报道,意识障碍是脑出血患者发生深静脉血栓的影响因素,术前发生意识障碍的患者发生深静脉血栓的风险远大于清醒的患者。另外,意识障碍患者的自主活动减少、肌肉运动减少,肌肉对于深静脉的挤压作用减弱,这将导致血流缓慢以及血液回流变差,致使更易形成深静脉血栓^[21-22]。sICH 手术治疗方式大致可划分为开颅、非开颅两大类。开颅手术本身可能损伤更多的血管,增加血栓形成的风险,同时开颅手术的手术时间相较非开颅手术普遍更长,这可能导致更多的组织因子入血,进而激活凝血系统,增加 PE 形成的风险。血浆中的 D-二聚体是由纤维蛋白单体在活化因子的交联作用下形成的,随后通过纤溶酶的水解产生特定的降解产物。其水平的升高表明凝血途径被激活,继发性纤溶活性增强,因此可以作为体内高凝状态和纤溶亢进的分子标记物之一^[23-24]。FDP 是指在纤溶过程中纤溶酶的作用下分解纤维蛋白或纤维蛋白原而生成的产物的总称。在临床实践中,FDP 的水平对于高凝状态和血栓性疾病的诊断以及预后判断具有一定的指导意义^[25]。在一项针对 PE 的研究中,贫血的发生率高达 38.7%^[14],在一项建立静脉血栓形成的预测模型中,研究者将血红蛋白降低纳入研究,且该因素占据了较高的权重分值^[26],血红蛋白降低有可能增加静脉血栓的风险,已有研究表明,血红蛋白的降低使得血浆中的水分渗透到组织液中,血管内水分减少,导致血液黏稠,继而促进高凝状态的发生。

严重颅内出血可能会引起颅内压急剧升高,影响颅内静脉血液回流,从而增加静脉血栓形成的可能性。这种血栓的形成可能源于出血引起的炎症反应、血液凝固系统的激活以及血管内皮损伤等因素,最终促进 PE 的形成。PE 形成的促进因素有很多,其中之一就是血液处于高凝状态,但 PE 患者血液高凝的具体情况研究较少^[27]。本研究用血浆渗透压来反映血液浓缩状态,研究发现血浆渗透压 >305.1 mmol/L 是 sICH 患者术后形成 PE 的危险因素。深静脉血栓通常较大而且质地较为松软,与静脉血管壁结合程度松垮。下肢深静脉防止静脉血液倒流的结构较少,导致管腔封闭不完全,形成的血栓易发生脱落,这些脱落的血栓可能在血液循环中引发 PE。因此,绝大部分 PE 栓子来源于下肢深静脉,是下肢深静脉血栓形成的延伸和进展,是 sICH 患者术后形成 PE 的重要危险因素之一。

此外,本研究不仅在构建列线图模型时注重对 sICH 患者术后发生 PE 风险的准确评估,还特别关注血浆渗透压等多种关键因素的纳入和建模。这一决策不仅拓展了研究的维度,而且为个性化医疗的实现提

供了更为全面的支持。通过综合考虑这些因素,本研究构建的模型更能够捕捉患者独特的生理特征和病理状态,为临床实践提供更全面、精准的信息,从而在制定治疗计划时更好地满足患者个体差异的需求。其次,通过构建高区分能力的模型,实现了对患者中存在 PE 风险的个体更准确的定位。这为临床提供了更有针对性的治疗计划制定依据,有望在临床实践中带来更高的治疗成功率和患者满意度。这种个体化的医疗方法不仅能够提升整体治疗效果,还有助于减少不必要的医疗资源浪费,使医疗资源得到更加高效地分配。最后,尽管在当前研究中获得了令人满意的初步成果,但在样本量有限的情况下,我们对于研究结论的推广性必须持谨慎态度。因此,未来更大规模、多中心的研究将是必要的,以验证和强化我们的发现,确保模型在不同患者群体中的可靠性和适用性。

参考文献:

- [1] WANG W Z, JIANG B, SUN H X, *et al.* Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide population-based survey of 480 687 adults [J]. *Circulation*, 2017, 135 (8): 759–771. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025250.
- [2] VELTKAMP R, PURRUCKER J. Management of spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2017, 17(10): 80. DOI: 10.1007/s11910-017-0783-5.
- [3] DE MANOEL A L. Surgery for spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 45. DOI: 10.1186/s13054-020-2749-2.
- [4] ESSIEN E O, RALI P, MATHAI S C. Pulmonary embolism [J]. *Med Clin North Am*, 2019, 103(3): 549–564. DOI: 10.1016/j.mcna.2018.12.013.
- [5] LUIJTEN D, DE JONG C M M, NINABER M K, *et al.* Post-pulmonary embolism syndrome and functional outcomes after acute pulmonary embolism [J]. *Semin Thromb Hemost*, 2023, 49(8): 848–860. DOI: 10.1055/s-0042-1749659.
- [6] MACLEOD M, PAPI A, CONTOLI M, *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation fundamentals: diagnosis, treatment, prevention and disease impact [J]. *Respirology*, 2021, 26(6): 532–551. DOI: 10.1111/resp.14041.
- [7] HEMPHILL J C III, GREENBERG S M, ANDERSON C S, 等. 自发性脑出血诊疗指南: 美国心脏协会/美国卒中协会的健康职业者指南 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2015, 12(9): 490–504. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2015.09.009. HEMPHILL J C III, GREENBERG S M, ANDERSON C S, *et al.* Guidelines for diagnosis and treatment of spontaneous cerebral hemorrhage: a guide for health professionals of American Heart Association/American Stroke Association [J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2015, 12(9): 490–504. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2015.09.009.

- [8] RASOULI M, KALANTARI K R. Comparison of methods for calculating serum osmolality: multivariate linear regression analysis[J]. *Clin Chem Lab Med*, 2005, 43(6): 635-640. DOI: 10.1515/CCLM.2005.109.
- [9] NGUYEN E T, HAGUE C, MANOS D, *et al.* Canadian Society of Thoracic Radiology/Canadian Association of Radiologists best practice guidance for investigation of acute pulmonary embolism, part 1: acquisition and safety considerations[J]. *Can Assoc Des Radiol J*, 2022, 73(1): 203-213. DOI: 10.1177/08465371211000737.
- [10] LIU P J, CAI G F, GU H, *et al.* Diagnostic nomogram to differentiate between epididymal tuberculosis and bacterial epididymitis[J]. *Infection*, 2023, 51(2): 447-454. DOI: 10.1007/s15010-022-01916-6.
- [11] FENG L L, LIU Z Y, LI C F, *et al.* Development and validation of a radiopathomics model to predict pathological complete response to neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer: a multicentre observational study[J]. *Lancet Digit Health*, 2022, 4(1): e8-e17. DOI: 10.1016/S2589-7500(21)00215-6.
- [12] VICKERS A J, VAN CALSTER B, STEYERBERG E W. A simple, step-by-step guide to interpreting decision curve analysis[J]. *Diagn Progn Res*, 2019, 3: 18. DOI: 10.1186/s41512-019-0064-7.
- [13] XU X Y, LI D, SONG L R, *et al.* Nomogram for predicting an individual prospective hemorrhage risk in untreated brainstem cavernous malformations[J]. *J Neurosurg*, 2023, 138(4): 910-921. DOI: 10.3171/2022.8.JNS221228.
- [14] DONZÉ J, LABARÈRE J, MÉAN M, *et al.* Prognostic importance of anaemia in patients with acute pulmonary embolism[J]. *Thromb Haemost*, 2011, 106(2): 289-295. DOI: 10.1160/TH11-04-0208.
- [15] BOSSON J L, BARRO C, SATGER B, *et al.* Quantitative high D-dimer value is predictive of pulmonary embolism occurrence independently of clinical score in a well-defined low risk factor population[J]. *J Thromb Haemost*, 2005, 3(1): 93-99. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2004.01045.x.
- [16] LIN X, LI Q L, SUN X C, *et al.* Effects of apolipoprotein E polymorphism on cerebral oxygen saturation, cerebral perfusion, and early prognosis after traumatic brain injury[J]. *Ann Clin Transl Neurol*, 2023, 10(6): 1002-1011. DOI: 10.1002/acn3.51783.
- [17] 邓天芳, 邵世蓉, 陈敏, 等. 急性脑出血病人合并肺栓塞风险预测模型的建立[J]. *护理研究*, 2023, 37(6): 988-992. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2023.06.009.
- DENG T F, SHAO S R, CHEN M, *et al.* Establishment of risk prediction model of occurrence of pulmonary embolism in patients with intracerebral hemorrhage[J]. *Chin Nurs Res*, 2023, 37(6): 988-992. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2023.06.009.
- [18] ISHAAYA E, TAPSON V F. Advances in the diagnosis of acute pulmonary embolism[J]. *F1000Res*, 2020, 9: F1000 Faculty Rev-44. DOI: 10.12688/f1000research.21347.1.
- [19] 葛晓敏, 杜磊, 马建华. 影响中青年急性缺血性卒中脑血管狭窄的危险因素研究[J]. *神经损伤与功能重建*, 2018, 13(2): 62-65. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2018.02.003.
- GE X M, DU L, MA J H. The risk factors for acute ischemic stroke in young and middle-aged patients with CerebroVascular stenosis[J]. *Neural Inj Funct Reconstr*, 2018, 13(2): 62-65. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2018.02.003.
- [20] KÜHN A L, KAN P, HENNINGER N, *et al.* Impact of age on cerebral aneurysm occlusion after flow diversion[J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 65: 23-27. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.04.024.
- [21] GALANAUD J P, GENTY-VERMOREL C, ROLLAND C, *et al.* Compression stockings to prevent postthrombotic syndrome: literature overview and presentation of the CELEST trial[J]. *Res Pract Thromb Haemost*, 2020, 4(8): 1239-1250. DOI: 10.1002/rth2.12445.
- [22] 朱雪娟, 王海霞, 申雪花, 等. 脑卒中患者发生静脉血栓栓塞症的影响因素分析[J]. *护理实践与研究*, 2022, 19(11): 1634-1638. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9676.2022.11.012.
- ZHU X J, WANG H X, SHEN X H, *et al.* Analysis of influential factors of venous thromboembolism in stroke patients[J]. *Nurs Pract Res*, 2022, 19(11): 1634-1638. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9676.2022.11.012.
- [23] ROBLES L A, VOLOVICI V. Hypertensive primary intraventricular hemorrhage: a systematic review[J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45(3): 2013-2026. DOI: 10.1007/s10143-022-01758-8.
- [24] BOURGIOTI C, KONIDARI M, GOURTSOYIANNI S, *et al.* Imaging during pregnancy: what the radiologist needs to know[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2021, 102(10): 593-603. DOI: 10.1016/j.diii.2021.05.003.
- [25] 熊蕾, 杨梅梅. 不同类型肺血栓栓塞临床特点及预后相关因素分析[J]. *重庆医科大学学报*, 2015, 40(12): 1593-1598. DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.000727.
- XIONG L, YANG X M. Clinical characteristics and risk factors associated with prognosis of different types of pulmonary thromboembolism[J]. *J Chongqing Med Univ*, 2015, 40(12): 1593-1598. DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.000727.
- [26] KHORANA A A, KUDERER N M, CULAKOVA E, *et al.* Development and validation of a predictive model for chemotherapy-associated thrombosis[J]. *Blood*, 2008, 111(10): 4902-4907. DOI: 10.1182/blood-2007-10-116327.
- [27] WANG Q H, ZENNADI R. Oxidative stress and thrombosis during aging: the roles of oxidative stress in RBCs in venous thrombosis[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(12): 4259. DOI: 10.3390/ijms21124259.

(收稿: 2023-11-13; 修回: 2023-12-01)

(编辑 吴培红)