

• 临床研究 •

基于“治未病”理论与 XGBoost 算法的膝骨关节炎患者
下肢深静脉血栓风险预测模型的构建与验证王驿洹¹ 何花¹ 董大立^{1△}

[摘要] 目的:基于“消未起之患,治未病之疾”理论,构建膝骨关节炎患者下肢深静脉血栓的风险预测模型,为早期预防和干预提供量化工具。方法:回顾性分析 2018 年 3 月至 2023 年 3 月收治的 883 例膝骨关节炎住院患者的临床资料,通过下肢深静脉彩超检查,将患者分为深静脉血栓组和无深静脉血栓组,提取血常规、凝血功能、生化指标等 25 项特征,利用 SPSS 25.0 软件进行单因素分析,筛选出有显著差异的因素,然后采用 XGBoost 算法构建预测模型,将 883 例患者按 7:3 比例随机分为训练集($n=618$)与验证集($n=265$),采用递归特征消除法筛选关键特征,探究膝骨关节炎患者发生下肢深静脉血栓的风险因素。结果:膝骨关节炎患者下肢深静脉血栓发生率为 8.61%。XGBoost 模型在验证集曲线下面积(AUC)为 0.804,特异性为 0.877,敏感性为 0.643,筛选出 14 个关键特征,其中血浆凝血酶原时间(PT)、血细胞比容(HCT)、中性粒细胞(NEU)百分比是核心危险因素,基于 XGBoost 算法的预测模型可有效识别膝骨关节炎患者下肢深静脉血栓风险。结论:该风险预测模型能有效预测膝骨关节炎患者发生下肢深静脉血栓的风险因素,为早期预防血栓提供参考。

[关键词] 膝骨关节炎;下肢深静脉血栓;治未病;预测模型;XGBoost 算法

[中图分类号] R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2026)08-0014-07

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.260803

Construction and Validation of a Risk Prediction Model for Lower
Extremity Deep Venous Thrombosis in Patients with Knee
Osteoarthritis Based on the “Preventive Treatment of
Disease” Theory and XGBoost AlgorithmWANG Yihuan¹ HE Hua¹ DONG Dali^{1△}

¹ The Second Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410005, China.

Abstract Objective: Based on the theory of “eliminating impending risks and treating diseases before they manifest” (a core concept of preventive healthcare in traditional Chinese medicine), this study aims to establish a risk prediction model for lower extremity deep vein thrombosis (DVT) in patients with knee osteoarthritis (KOA), thereby providing a quantitative tool for early prevention and intervention. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 883 hospitalized KOA patients treated from March 2018 to March 2023. All patients were divided into the DVT group and non-DVT group based on the results of lower extremity deep vein color Doppler ultrasound examination. A total of 25 features, including routine blood test indicators, coagulation function indicators, and biochemical indicators, were extracted. SPSS 25.0 software was used for univariate analysis to screen out factors with significant differences. Subsequently, the XGBoost algorithm was adopted to construct the prediction model. The 883 patients were randomly divided into a training set ($n=618$) and a validation set ($n=265$) at a ratio of 7:3. Recursive feature elimination (RFE) was used to screen key

features and explore the risk factors of lower extremity DVT in KOA patients. **Results:** The incidence of lower extremity DVT in KOA patients was 8.61%. For the XGBoost model, the area under the curve (AUC) in the validation set was 0.804, with a specificity of 0.877 and a sensitivity of 0.643. Fourteen key features were screened out, among which prothrombin time (PT), hematocrit (HCT), and neu-

基金项目:湖南省自然科学基金项目(2025JJ80903,2025JJ80920)

湖南省中医药科研计划项目(B2024078)

湖南省教育厅科学研究项目(25B0347)

¹ 湖南中医药大学第二附属医院(长沙,410005)

[△]通信作者 E-mail:479459666@qq.com

trophil percentage (NEU%) were the core risk factors. The prediction model based on the XGBoost algorithm could effectively identify the DVT risk in KOA patients. **Conclusion:** This study can effectively predict the risk factors of DVT in KOA patients and provide a reference for the early prevention of thrombosis.

Keywords: knee osteoarthritis; lower extremity deep vein thrombosis; preventive treatment of disease; prediction model; xgboost algorithm

膝骨关节炎(Knee Osteoarthritis, KOA)是中老年人群常见的慢性退行性疾病,我国 60 岁以上人群患病率达 62.2%,且致残率高达 53%^[1]。下肢深静脉血栓(Lower Extremity Deep Vein Thrombosis, DVT)是膝骨关节炎的严重并发症,可增加肺栓塞风险,危及患者生命^[2]。膝骨关节炎患者静脉血栓栓塞风险较普通人群升高 38%(其中肺栓塞风险升高 65%,深静脉血栓风险升高 21%)^[3],目前临床采取各种血栓预防措施来降低下肢深静脉血栓的发生率,部分膝骨关节炎患者仍存在较高的静脉血栓栓塞风险^[4]。孙思邈在《千金药方》记载“消未起之患,治未病之疾,医之于无事之前”,正是指通过“治未病”来达到“未病先防”的效果。《素问·四气调神大论》记载“是故圣人不治已病治未病,不治已乱治未乱,此之谓也。……不亦晚乎”^[5],解析了“治未病”的概念,提出了“未病先防”的治疗原则。目前,膝骨关节炎患者下肢深静脉血栓风险预测多依赖临床评分(如 Caprini 评分),未整合血常规与凝血功能的客观指标,且缺乏中医理论指导,导致预测的客观性与针对性不足;同时,部分模型纳入指标获取难度大或成本高,限制了基层临床应用。本研究首次以中医“治未病”理论为指导,采用 XGBoost 算法,整合血常规、凝血功能、生化指标等 25 项临床指标,通过递归特征消除法筛选易获取、低成本的关键特征,构建兼具科学性与实用性的下肢深静脉血栓风险预测模型,旨在实现早期预警与精准干预,为临床防治提供新路径,现报告如下。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选择 2018 年 3 月至 2023 年 3 月在湖南中医药大学第二附属医院骨科住院接受治疗的膝骨关节炎患者 883 例,根据下肢深静脉彩超检查结果,分为深静脉血栓组(双下肢任一部位出现静脉血栓)及无深静脉血栓组。经咨询湖南中医药大学第二附属医院伦理委员会,明确此回顾性研究无需伦理审批,故豁免知情同意。

1.2 纳入标准

符合膝骨关节炎西医诊断标准^[6]:1)近 1 个月内反复膝痛;2)年龄 ≥ 50 岁;3)晨僵时间 ≤ 30 min;4)活动时有关节摩擦音(感);5)X 线片(站立位或负重位)示关节间隙变窄、关节软骨下骨硬化或囊性变,关节边缘骨

赘形成。综合临床及 X 线检查,满足条件 1)及其他任意 2 条即可诊断为膝骨关节炎。深静脉血栓诊断标准^[7]:1)患肢胀痛或剧痛,局部有明显压痛;患肢皮肤呈暗红色,温度升高;浅静脉怒张;Homans 征阳性。2)多普勒超声检查、静脉血流图和静脉造影等可以确诊。3)急性期血浆 D-二聚体水平高于正常。排除急性动脉栓塞、急性淋巴管炎、丹毒、原发性盆腔肿瘤、小腿损伤性血肿、小腿肌纤维组织炎等疾病。所有患者入院后 3 d 内完成双下肢深静脉彩超检查,下肢深静脉血栓诊断由两名资深超声科医师盲法判定,意见不一致时通过第三方会诊确认;部分患者同步检测 D-二聚体(>500 ng/mL 为阳性),作为辅助诊断依据。

1.3 排除标准

1)急性血管事件、感染或围手术期炎症状态、恶性肿瘤、心血管疾病(如冠状动脉疾病、心功能衰竭和心肌梗死)、脑梗死病史、肝/肾功能衰竭者;2)既往有深静脉血栓病史的患者;3)入院检查或既往凝血功能异常或服用抗凝等药物的患者;4)高能量损伤(车祸、高处坠落伤等)患者。

1.4 方法

1.4.1 研究方法 回顾性病例对照研究。

1.4.2 主要观察指标 从科研大数据平台中提取患者的相关信息,一般资料,即性别(Gender)、年龄(Age);合并基础疾病情况,即高血压病(Hypertension);临床资料及实验室检查结果,即 C 反应蛋白(CRP)、红细胞分布宽度变异系数(RDW-CV)、嗜碱性粒细胞(BASO)比率、国际标准化比值(INR)、活化部分凝血活酶时间(APTT)测定、纤维蛋白原(FIB)、血浆凝血酶原时间(PT)、血糖(GLU)、尿酸(UA)、中性粒细胞(NEU)百分比、红细胞(RBC)、嗜酸性粒细胞(EOS)百分比、血细胞比容(HCT)、血小板(PLT)、红细胞分布宽度(RDW)、淋巴细胞(LYM)百分比、血小板比率(PLR)、平均红细胞体积(MCV)、单核细胞(MON)百分比、平均血小板体积(MPV)、白细胞(WBC)。

1.4.3 数据预处理 连续型指标的二分类转化标准。为保证模型输入变量的规范性与临床实用性,本研究对 25 项特征中的连续型指标进行二分类转化,转化依据临床诊断临界值参考范围及《中国骨关节炎诊疗指南(2024 版)》制定,同时结合湖南中医药大学第

二附属医院检验科常规检测标准,统一将指标赋值为“0=正常/低风险”及“1=异常/高风险”,具体转化标准如下:C反应蛋白以10 mg/L为临界值, ≤ 10 mg/L赋值为0, >10 mg/L赋值为1;血浆凝血酶原时间以14 s为临界值, ≤ 14 s赋值为0, >14 s赋值为1;血细胞比容采用性别特异性临界值,男性以45%为界, $\leq 45\%$ 赋值为0, $>45\%$ 赋值为1,女性以40%为界, $\leq 40\%$ 赋值为0, $>40\%$ 赋值为1;中性粒细胞百分比以75%为临界值, $\leq 75\%$ 赋值为0, $>75\%$ 赋值为1;淋巴细胞百分比以20%为临界值, $\geq 20\%$ 赋值为0, $<20\%$ 赋值为1;血糖以7 mmol/L为临界值, ≤ 7 mmol/L赋值为0, >7 mmol/L赋值为1;尿酸以420 μ mol/L为界, ≤ 420 μ mol/L赋值为0, >420 μ mol/L赋值为1;纤维蛋白原以2~4 g/L为正常范围,处于该区间内赋值为0, <2 g/L或 >4 g/L赋值为1;活化部分凝血活酶时间以25.0~32.5 s为正常范围,处于该区间内赋值为0, <25.0 s或 >32.5 s赋值为1;国际标准化比值以0.8~1.2为正常范围,处于该区间内赋值为0, <0.8 或 >1.2 赋值为1;白细胞以 $(4\sim 10)\times 10^9$ /L为正常范围,处于该区间内赋值为0, $<4\times 10^9$ /L或 $>10\times 10^9$ /L赋值为1;血小板以 $(100\sim 300)\times 10^9$ /L为正常范围,处于该区间内赋值为0, $<100\times 10^9$ /L或 $>300\times 10^9$ /L赋值为1;红细胞分布宽度变异系数以11.5%~14.5%为正常范围,处于该区间内赋值为0, $<11.5\%$ 或 $>14.5\%$ 赋值为1;红细胞分布宽度以9~17 fL为正常范围,处

于该区间内赋值为0, <9 fL或 >17 fL赋值为1。

1.5 统计学方法

采用SPSS 25.0软件进行单因素分析两组间差异,对连续型变量先经Shapiro-Wilk检验正态性,正态分布数据以 $\bar{x}\pm s$ 形式表示,组间比较用独立样本 t 检验;数据不符合正态分布时,以中位数(上下四分位数) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,采用Mann-Whitney U 检验, $P<0.05$ 差异有统计学意义。基于此,进一步采用机器学习算法构建预测膝骨关节炎患者并发下肢深静脉血栓风险的预测模型,并绘制校准曲线验证模型的准确性,预测校准曲线若与标准曲线贴合度较好,说明该模型预测风险与实际发生风险一致性良好,具有较好的预测能力。

2 结果

2.1 一般资料

本研究纳入膝骨关节炎患者883例,76例膝骨关节炎患者发生下肢深静脉血栓事件,发生率为8.61%。最终纳入的25个特征中,缺失值比例均 $<10\%$,连续特征采用均值填补,离散特征采用众数填补,无特征因缺失值 $>30\%$ 被删除。深静脉血栓组与无深静脉血栓组比较,9项特征差异有统计学意义($P<0.05$),分别为年龄、国际标准化比值、纤维蛋白原、血浆凝血酶原时间、中性粒细胞百分比、血细胞比容、淋巴细胞百分比、血小板比率、白细胞;其余17项特征差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。

表1 膝骨关节炎下肢深静脉血栓患者特征比较[例(%)]

变量		全体 ($n=883$)	阴性组 ($n=807$)	阳性组 ($n=76$)	P
C反应蛋白	0	580(65.69%)	532(65.92%)	48(63.16%)	0.720
	1	303(34.31%)	275(34.08%)	28(36.84%)	
红细胞分布宽度变异系数	0	743(84.14%)	684(84.76%)	59(77.63%)	0.144
	1	140(15.86%)	123(15.24%)	17(22.37%)	
嗜碱性粒细胞比率	0	849(96.15%)	774(95.91%)	75(98.68%)	0.374
	1	34(3.85%)	33(4.09%)	1(1.32%)	
红细胞分布宽度	0	809(91.62%)	739(91.57%)	70(92.11%)	0.955
	1	74(8.38%)	68(8.43%)	6(7.89%)	
国际标准化比值	0	851(96.38%)	782(96.90%)	69(90.79%)	0.016
	1	32(3.62%)	25(3.10%)	7(9.21%)	
活化部分凝血活酶时间	0	822(93.09%)	754(93.43%)	68(89.47%)	0.287
	1	61(6.91%)	53(6.57%)	8(10.53%)	
纤维蛋白原	0	624(70.67%)	580(71.87%)	44(57.89%)	0.015
	1	259(29.33%)	227(28.13%)	32(42.11%)	
血浆凝血酶原时间	0	736(83.35%)	683(84.63%)	53(69.74%)	0.002
	1	147(16.65%)	124(15.37%)	23(30.26%)	
血糖	0	690(78.14%)	632(78.31%)	58(76.32%)	0.796
	1	193(21.86%)	175(21.69%)	18(23.68%)	
尿酸	0	591(66.93%)	541(67.04%)	50(65.79%)	0.925
	1	292(33.07%)	266(32.96%)	26(34.21%)	

(续表 1)

变量		全体 (n=883)	阴性组 (n=807)	阳性组 (n=76)	P
中性粒细胞百分比	0	668(75.65%)	621(76.95%)	47(61.84%)	0.005
	1	215(24.35%)	186(23.05%)	29(38.16%)	
红细胞	0	508(57.53%)	471(58.36%)	37(48.68%)	0.131
	1	375(42.47%)	336(41.64%)	39(51.32%)	
嗜酸性粒细胞百分比	0	782(88.56%)	719(89.10%)	63(82.89%)	0.151
	1	101(11.44%)	88(10.90%)	13(17.11%)	
血细胞比容	0	478(54.13%)	448(55.51%)	30(39.47%)	0.010
	1	405(45.87%)	359(44.49%)	46(60.53%)	
血小板	0	745(84.37%)	683(84.63%)	62(81.58%)	0.592
	1	138(15.63%)	124(15.37%)	14(18.42%)	
血小板分布宽度	0	690(78.14%)	634(78.56%)	56(73.68%)	0.402
	1	193(21.86%)	173(21.44%)	20(26.32%)	
淋巴细胞百分比	0	632(71.57%)	588(72.86%)	44(57.89%)	0.008
	1	251(28.43%)	219(27.14%)	32(42.11%)	
血小板比率	0	750(84.94%)	692(85.75%)	58(76.32%)	0.042
	1	133(15.06%)	115(14.25%)	18(23.68%)	
平均红细胞体积	0	774(87.66%)	708(87.73%)	66(86.84%)	0.966
	1	109(12.34%)	99(12.27%)	10(13.16%)	
单核细胞百分比	0	798(90.37%)	731(90.58%)	67(88.16%)	0.630
	1	85(9.63%)	76(9.42%)	9(11.84%)	
平均血小板体积	0	713(80.75%)	657(81.41%)	56(73.68%)	0.138
	1	170(19.25%)	150(18.59%)	20(26.32%)	
白细胞	0	755(85.50%)	700(86.74%)	55(72.37%)	0.001
	1	128(14.50%)	107(13.26%)	21(27.63%)	
高血压病	0	529(59.91%)	489(60.59%)	40(52.63%)	0.218
	1	354(40.09%)	318(39.41%)	36(47.37%)	
性别	0	531(60.14%)	481(59.60%)	50(65.79%)	0.352
	1	352(39.86%)	326(40.40%)	26(34.21%)	
年龄/岁		70[62,78]	70[62,78]	71[66,79]	0.027

2.2 预测模型性能比较

本研究采用分层随机抽样,将数据按 7:3 比例分为训练集(n=618)与验证集(n=265),确保两组下肢深静脉血栓发生率一致。比较了 5 种机器学习模型 RF、GBDT、LGBM、XGBoost、CatBoost 预测膝骨关节炎患者发生下肢深静脉血栓风险。不同机器学习算法在训练集上的受试者工作特征(ROC)曲线见图 1。如表 2 和图 2 所示,XGBoost 在验证集中曲线下面积(AUC)高于其他模型,曲线下面积达到 0.804 1,高于 LGBM 模型曲线下面积(0.784 0);特异性值为 0.877 3,亦远高于其他模型特异性值,敏感性值为 0.642 9。本研究实验数据表明相比于其他模型,XGBoost 模型有更好的效果。

2.3 膝骨关节炎患者发生下肢深静脉血栓的风险因素

采用递归特征消除法(RFE)筛选关键特征,探索

膝骨关节炎下肢深静脉血栓风险因素,研究结果显示:

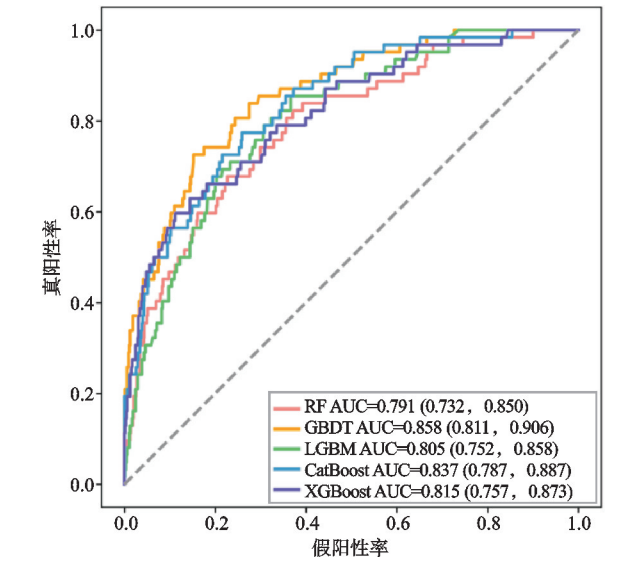


图 1 不同机器学习算法在训练集上的 ROC 曲线图

表 2 不同机器学习算法结果比较

	算法	AUC	准确率	敏感性	特异性
训练集	XGBoost	0.815 2	0.862 6	0.596 8	0.888 2
	CatBoost	0.836 6	0.743 6	0.774 2	0.740 7
	RF	0.791 2	0.645 9	0.822 6	0.628 9
	LGBM	0.804 8	0.653 0	0.854 8	0.633 5
	GBDT	0.858 3	0.837 1	0.725 8	0.847 8
验证集	XGBoost	0.804 1	0.858 8	0.642 9	0.877 3
	CatBoost	0.768 2	0.581 9	0.857 1	0.558 3
	RF	0.772 1	0.836 2	0.571 4	0.858 9
	LGBM	0.784 0	0.774 0	0.714 3	0.779 1
	GBDT	0.768 6	0.559 3	0.928 6	0.527 6

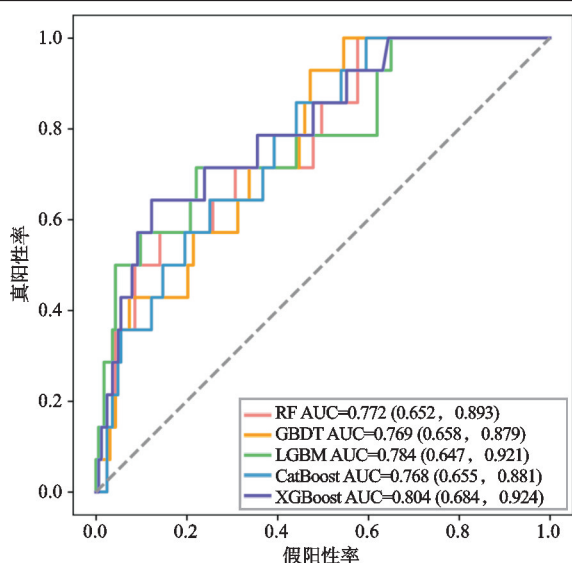


图 2 不同机器学习算法在验证集上的 ROC 曲线图

RFE-XGBoost 模型逐步剔除冗余特征,当保留 14 个特征时,模型性能最优,训练集 AUC 值为 0.806 8,验证集 AUC 值为 0.778 5,如图 3 所示,模型校准曲线见图 4。最终纳入的 14 个特征包括单因素显著的 9 项特征及 5 项单因素不显著但模型中预测价值较高的特征(C反应蛋白、血糖、尿酸、嗜酸性粒细胞百分比、

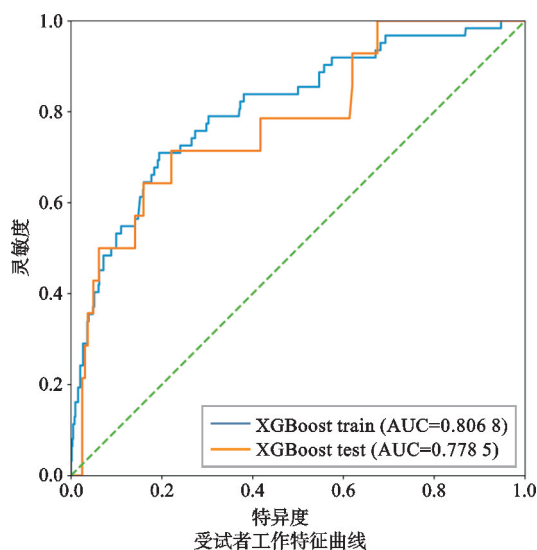


图 3 递归特征消除法筛选特征建模效果

平均血小板体积)。14 个膝关节炎下肢深静脉血栓风险因素如下:CRP,PT,GLU,UA,NEU%,RBC,EOS%,HCT,LYM%,MPV,WBC,Gender,Hypertension,Age。如图 5 所示,特征重要性排序前 3 位为 Age、PT、HCT,而 PT、HCT、NEU% 为核心危险因素。

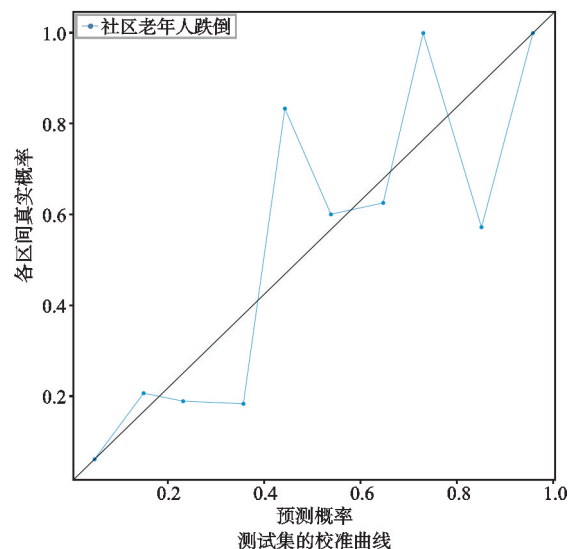


图 4 模型校准曲线

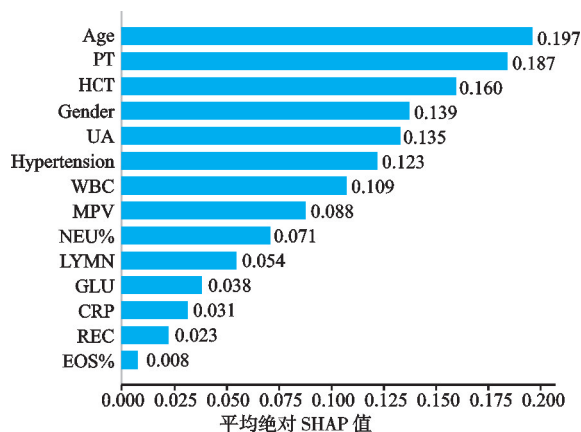


图 5 特征重要性排序

3 讨论

本研究基于《千金药方》“消未起之患,治未病之疾,医之于无事之前”的理论,构建膝关节炎患者下肢深静脉血栓的风险预测模型。“治未病”理论的核心是“未病先防、既病防变”,膝关节炎患者下肢深静脉血栓的发生是“气滞血瘀”病机渐进发展的过程,研究构建的 XGBoost 模型曲线下面积达 0.804,表明其对膝关节炎患者下肢深静脉血栓风险具有良好的预测效能,早期识别“未病”状态(血栓前状态)的高危人群,为“辨证施防”提供量化工具,填补中医理论与机器学习相结合在血栓预警领域研究的空白。“未病”状态属于人体脏腑功能处于轻度失调的状态,是健康与疾病之间的过渡状态。然而“未病”状态若长期得不到及时有效地干预,则最终将发展为“已病”状态。而对膝骨

关节炎已出现指标异常改变的患者及时调整治疗方案,避免下肢深静脉血栓进展为肺栓塞,则践行了“既病防变”的原则^[8]。

在生理特征中,年龄和性别是下肢深静脉血栓的风险因素,这与 Zhang 等^[9]研究结果一致。年龄与下肢深静脉血栓风险的关联可能与老年人群血管弹性降低、凝血功能衰退有关。膝骨关节炎是中老年人群的高发疾病,刘军等^[10]研究显示,膝骨关节炎的发病与年龄呈正相关性。《素问·上古天真论》云“年过半百而阴气自半”,中老年膝骨关节炎患者肝肾亏虚、气血运行不畅,属“本虚标实”,是气滞血瘀的内在基础,与模型中年龄作为首要风险因素一致。性别在本研究中虽被纳入关键特征,但特异性差异未达到显著水平,这可能与样本中性别分布均衡或膝骨关节炎患者群体中性别相关的激素水平差异被其他因素掩盖有关。然而,相关研究表明女性绝经后雌激素水平下降可能影响凝血功能,而男性更易合并高血压病、吸烟等血管危险因素,二者在下肢深静脉血栓风险上的差异值得进一步探讨。本模型将性别纳入特征体系,为后续个性化研究(如不同性别患者的风险阈值设定)提供了基础。

血浆凝血酶原时间是反映外源性凝血途径的关键指标,本研究发现深静脉血栓组血浆凝血酶原时间异常比例(30.26%)显著高于无深静脉血栓组(15.37%),提示血浆凝血酶原时间延长可能直接参与血栓形成机制。血浆凝血酶原时间延长通常与凝血因子缺乏或抗凝物质增多相关,但在下肢深静脉血栓患者中,这种异常可能反映凝血系统的代偿性激活,即机体在血栓形成过程中出现的凝血与抗凝失衡^[11]。血细胞比容、红细胞和平均血小板体积均为一般血常规指标,本研究提示这三项指标也是下肢深静脉血栓风险因素。下肢深静脉血栓的形成多与“瘀血阻络”相关,而膝骨关节炎属中医“膝痹病”范畴,病位主要在筋骨关节,气滞血瘀、络脉不通为膝骨关节炎的主要病机^[12],二者在病理机制上存在关联性。血浆凝血酶原时间延长反映外源性凝血途径失衡,血细胞比容升高提示血液黏稠度增加,二者均为中医“血瘀”证的客观指标。“血瘀”则脉络不通,易致血栓形成,与下肢深静脉血栓“瘀血阻络”的病机契合,故血浆凝血酶原时间、血细胞比容为核心危险因素。

本研究中中性粒细胞百分比、淋巴细胞百分比、红细胞、C 反应蛋白和嗜酸性粒细胞百分比均为下肢深静脉血栓的独立风险因素,且都通过“炎症-凝血”联动机制参与血栓形成,这与李鹏飞等^[13]研究结果一致。深静脉血栓组中性粒细胞百分比异常比例(38.16%)高于无深静脉血栓组(23.05%),中性粒细胞百分比升

高提示炎症反应激活,中医认为“炎症”属“热毒”范畴,热毒灼伤脉络可加重血瘀,形成“热毒瘀结”,通过“炎症-凝血”联动机制促进血栓形成,体现“标实”对病机的推动作用。淋巴细胞作为免疫系统的调节细胞,其百分比降低(深静脉血栓组淋巴细胞百分比异常比例 42.11% vs 无深静脉血栓组 27.14%)可能反映免疫功能紊乱。淋巴细胞可通过分泌细胞因子(如 IL-10)抑制过度凝血反应,其功能减退可能打破“免疫-凝血”平衡,间接促进血栓形成。临床中淋巴细胞百分比降低的膝骨关节炎患者,除常规抗血栓预防外,还需关注其免疫状态,避免因感染等诱因进一步加重炎症与凝血异常。模型纳入的 14 个特征均为膝骨关节炎患者入院常规检查项目,无须额外增加检测成本或检查创伤,操作简便,患者接受度高,可通过软件实现自动化计算,适合基层医疗机构推广。

综上所述,本研究能有效预测膝骨关节炎患者发生下肢深静脉血栓的风险因素,为早期预防血栓提供参考,且本研究指标简单易得,临床上更易于获取,因此风险预测更加简便可行。该模型可用于膝骨关节炎患者入院后快速风险分层,对膝骨关节炎入院患者采用模型快速评估下肢深静脉血栓风险。对不同风险层的患者进行分级预防^[14],对模型识别的高危人群实施中西医结合预防。1)中医:给予活血化瘀中药口服,艾灸足三里、血海穴。2)西医:穿戴弹力袜、气压治疗,必要时低分子肝素抗凝,降低血栓发生率。对中危人群,动态监测血浆凝血酶原时间、血细胞比容、中性粒细胞百分比等核心指标,指标异常时及时调整干预方案,避免进展为高危阶段。对已发生下肢深静脉血栓的患者,根据模型特征制定个体化治疗方案,防止进展为肺栓塞。这正是践行了“未病先防,既病防变”的“治未病”理念。

本研究为单中心回顾性研究,样本量虽大但存在选择偏倚,缺乏外部验证;未纳入中医证型、干预措施等变量,可能影响模型性能;未明确特征的动态变化对下肢深静脉血栓风险的影响,模型仅为静态预测。未来将开展多中心前瞻性队列研究,纳入中医证型变量,构建“西医指标+中医证型”双维度模型,进行外部验证;考虑开发基于手机 APP 的风险评估工具,方便临床快速使用;开展干预性研究,验证模型指导下的中西医结合预防方案的有效性;探索核心特征与中医证型的相关性,为“辨证施防”提供依据,为“治未病”理念在血栓预防中的深度应用提供更明确的价值。

参考文献

- [1] 樊子娟,王桂杉,李川,等.《中国骨关节炎诊疗指南(2021 年版)》解读和评价[J].中国循证医学杂志,2022,22(6): 621-627.

- [2] 刘蕊,赵金霞,闫良. 类风湿关节炎合并下肢静脉血栓患者的临床特点[J]. 北京大学学报(医学版), 2022, 54(6): 1079-1085.
- [3] ZENG C, BENNELL K, YANG Z D, et al. Risk of venous thromboembolism in knee, hip and hand osteoarthritis: a general population-based cohort study[J]. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 2020, 79(12): 1616-1624.
- [4] 张启贤,刘鹏,马玲玲,等. 膝关节骨性关节炎胫骨高位截骨联合关节镜手术后下肢深静脉血栓形成的危险因素分析[J]. 转化医学杂志, 2025, 14(2): 93-96.
- [5] 潘佳琪,王晨宇,林法财. 五行音乐疗法在治未病实践中的运用[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(3): 1263-1266.
- [6] 中国骨关节炎诊疗指南专家组, 中国老年保健协会疼痛病学分会. 中国骨关节炎诊疗指南(2024 版)[J]. 中华疼痛学杂志, 2024, 20(3): 323-338.
- [7] 李晓强,张福先,王深明. 深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第三版)[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2017, 9(4): 250-257.
- [8] 龚海英,陈涤平. 中医“治未病”与“未病状态”辨识[J]. 中医杂志, 2020, 61(10): 913-916.
- [9] ZHANG L, LIU X B, PANG P, et al. Incidence and risk factors of admission deep vein thrombosis in patients with traumatic fracture: a multicenter retrospective study[J]. *Clinical and Applied Thrombosis*, 2023, 29: 107602962-31167143.
- [10] 刘军,曾令烽,杨伟毅,等. 基于中医大健康理念探讨膝骨关节炎循证分期及阶梯治疗[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(4): 1321-1327.
- [11] 宋宏伟,孙凯,刘韶,等. 髋关节置换术后下肢静脉血栓形成的危险因素分析[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2020, 14(4): 429-434.
- [12] 牟成林,逯子衡,蔡青城,等. 针刺结合刺络拔罐治疗气滞血瘀型膝骨关节炎的临床研究[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(8): 3944-3947.
- [13] LI P F, LU X, ZHOU Y Q, et al. Predictive value of systemic immune inflammation index, aggregate index of systemic inflammation, and systemic inflammation response index in lower extremity deep venous thrombosis following severe trauma[J]. *Chinese Medical Sciences Journal*, 2024, 39(4): 241-249.
- [14] 钟妮,朱美冬,宋福晨,等. 胫肿的三级预防[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(8): 3707-3710.

(收稿日期:2025-10-31)