

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.04.004

肿瘤防治专题

# 基于新血栓四项构建恶性肿瘤手术患者血栓的风险预警模型及其效能评价

钱海滨 杜文玲 倪步烤 胡型忠



基金项目: 温州市基础性科研项目(Y20240611)

作者单位: 325000 浙江省温州市中心医院输血科(钱海滨、胡型忠) 妇科(杜文玲) ICU(倪步烤)

通信作者: 胡型忠, E-mail: ssyhxz@126.com

**【摘要】** 目的 探讨新血栓四项在评估恶性肿瘤手术患者血栓风险中的应用价值。方法 选取 2024 年 1 月—2025 年 8 月温州市中心医院妇科及外科收治的恶性肿瘤患者 284 例为研究对象,所有患者均进行手术治疗,根据术后是否发生血栓分为血栓组( $n=28$ )和非血栓组( $n=256$ )。比较 2 组术前、术后 1 d、术后 7 d 的新血栓四项指标[凝血酶-抗凝血酶复合物(TAT)、血栓调节蛋白(TM)、组织型纤溶酶原激活物-纤溶酶原激活抑制物 1 复合物(t-PAIC)、纤溶酶- $\alpha_2$  纤溶酶抑制物复合物(PIC)]水平;采用多因素二元 Logistic 回归分析恶性肿瘤患者并发血栓的影响因素,并构建血栓风险预测模型;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价所构建血栓风险预测模型的效能,并计算曲线下面积(AUC)。结果 血栓组术前与术后第 7 d PIC、TAT 水平均高于非血栓组(PIC:  $t/P=2.104/0.036, 2.555/0.011$ ; TAT:  $t/P=2.623/0.009, 3.264/0.001$ );术前 PIC、TAT 高及术后第 7 d PIC、TAT 高是恶性肿瘤患者术后发生血栓的独立危险因素[PIC:  $OR(95\%CI)=7.220(1.12\sim 46.429), 3.686(1.00\sim 13.508)$ ; TAT:  $OR(95\%CI)=2.342(1.276\sim 4.298), 1.251(1.073\sim 1.459)$ ];根据多因素二元 Logistic 回归分析结果构建的恶性肿瘤并发血栓风险评估模型的 AUC 为 0.782(95%CI 0.694~0.871)提示模型对恶性肿瘤患者发生血栓具有良好的识别能力。结论 恶性肿瘤并发血栓患者 PIC、TAT 水平在术前、术后 7 d 均升高,基于二者建立的血栓风险预测模型对恶性肿瘤患者并发血栓具有一定的预测价值。

**【关键词】** 恶性肿瘤;手术;血栓;新血栓四项;列线图;风险评估

**【中图分类号】** R619+.2; R730

**【文献标识码】** A

**A risk early warning model for thrombosis in patients undergoing malignant tumor surgery and its efficacy evaluation were constructed based on the four new thrombus items** Qian Haibin\*, Du Wenling, Ni Bukao, Hu Xingzhong.\* Department of Transfusion Medicine, Wenzhou Central Hospital, Zhejiang, Wenzhou 325000, China

Funding program: Wenzhou Municipal Basic Research Project (Y20240611)

Corresponding author: Hu Xingzhong, E-mail: ssyhxz@126.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the utility of four novel thrombosis biomarkers—thrombin-antithrombin complex (TAT), plasmin- $\alpha_2$ -plasmin inhibitor complex (PIC), thrombomodulin (TM), and tissue plasminogen activator-plasminogen activator inhibitor complex (t-PAIC)—in assessing thrombosis risk in surgical patients with malignant tumors. **Methods** We enrolled 284 patients with malignant tumors who underwent surgery at the Gynecology and Surgery Departments of Wenzhou Central Hospital between January 2024 and August 2025. Participants were categorized into a thrombosis group ( $n=28$ ) and a non-thrombosis group ( $n=256$ ) based on postoperative thrombosis incidence. Preoperative and postoperative levels of the four biomarkers were compared, and demographic and clinical characteristics were collected. Multivariate logistic regression identified independent risk factors for thrombosis, which were incorporated into a predictive model. The model's discriminatory power was assessed using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis and the area under the curve (AUC). **Results**

The thrombosis group exhibited significantly higher levels of PIC and TAT both preoperatively and on postoperative day 7 compared to the non-thrombosis group (PIC:  $t=2.104, 2.555, P=0.036, 0.011$ ; TAT:  $t=2.623, 3.264, P=0.009, 0.001$ ). Logistic regression confirmed that elevated preoperative and postoperative (day 7) levels of PIC and TAT were independent risk factors for thrombosis [PIC:  $OR(95\%CI)=1.12\sim 46.429, 1.00\sim 13.508$ ; TAT:  $OR(95\%CI)=1.276\sim 4.298, 1.073\sim 1.459$ ]. The predictive model incorporating these factors achieved an AUC of 0.782. **Conclusion** Elevated perioperative levels of PIC and TAT are associated with an increased risk of thrombosis in patients with malignant tumors. The prediction model based on these bi-

omarkers demonstrates modest but valuable predictive ability for postoperative thrombosis in this patient population.

**【Key words】** Malignant tumor; Surgery; Venous thromboembolism; Novel thrombosis biomarkers; Nomogram;

Risk prediction

手术治疗是恶性肿瘤的核心治疗手段之一,但手术本身及肿瘤疾病特性常导致患者围手术期处于血液高凝状态,易引发血栓<sup>[1-3]</sup>。目前,临床主要依靠 Caprini 评分等方法进行风险评估,但 Caprini 评分主观性较强,对特定肿瘤人群特异性不足<sup>[4]</sup>。因此,寻找更灵敏、特异的生物标志物,以实现肿瘤手术患者血栓风险的早期、准确评估,已成为临床亟待解决的关键问题。新血栓四项在血栓风险评估中颇具潜力:凝血酶-抗凝血酶复合物(thrombin-antithrombin complex, TAT)反映凝血酶活化水平<sup>[5]</sup>;血栓调节蛋白(thrombomodulin, TM)是血管内皮细胞损伤的标志<sup>[6]</sup>;组织型纤溶酶原激活物-纤溶酶原激活抑制物 1 复合物(tissue plasminogen activator-plasminogen activator inhibitor-1 complex, t-PAIC)反映纤溶功能失衡<sup>[7]</sup>;纤溶酶- $\alpha 2$  纤溶酶抑制物复合物(plasmin- $\alpha 2$ -plasmin inhibitor complex, PIC)体现纤溶系统活化状态<sup>[8]</sup>。基

于上述机制,本研究旨在探讨新血栓四项在评估恶性肿瘤手术患者围手术期血栓风险中的应用价值,报道如下。

### 1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2024 年 1 月—2025 年 8 月温州市中心医院妇科及外科收治的恶性肿瘤患者 284 例为研究对象,根据 Caprini 评分结果,结合血栓相关临床症状、检查结果,将患者分为血栓组( $n=28$ )和非血栓组( $n=256$ )。2 组性别、年龄、体质指数(BMI)、吸烟史、饮酒史、糖尿病、高血压、既往血栓病史、T 分期、肿瘤类型、手术时间、术中出血量、白蛋白(Alb)、血红蛋白(Hb)、白细胞计数(WBC)、中性粒细胞计数(NEU)、血小板计数(PLT)、D-二聚体(D-D)比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。本研究已经获得医院伦理委员会批准(温中心医伦审 2024-K025),患者和/或家属知情同意并签署知情同意书。

表 1 非血栓组与血栓组恶性肿瘤患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between non-thrombosis group and thrombosis group

项 目		非血栓组( $n=256$ )	血栓组( $n=28$ )	$\chi^2/t$ 值	$P$ 值																																																																																																																																		
性别[例(%) ]	男	43( 16.79)	5( 17.85)	0.020	0.887																																																																																																																																		
	女	213( 83.20)	23( 82.14)			年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)		59.81 $\pm$ 4.60	61.50 $\pm$ 4.28	1.858	0.063	BMI( $\bar{x}\pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> )		23.86 $\pm$ 3.32	24.17 $\pm$ 4.13	0.457	0.648	吸烟史[例(%) ]		60( 23.43)	7( 25.00)	0.034	0.853	饮酒史[例(%) ]		112( 43.75)	13( 46.43)	0.073	0.786	糖尿病[例(%) ]		35( 13.67)	3( 10.71)	0.021	0.885	高血压[例(%) ]		67( 26.17)	6( 21.43)	0.297	0.586	既往血栓病史[例(%) ]		5( 1.95)	2( 7.14)	2.83	0.093	T 分期[例(%) ]	T1	197( 76.95)	17( 60.71)	3.825	0.148	T2	45( 17.58)	9( 32.14)	T3	14( 5.469)	2( 7.14)	肿瘤类型[例(%) ]	宫颈癌	73( 28.52)	8( 28.57)	0.849	0.974	子宫内膜癌	71( 27.73)	7( 25.00)	卵巢癌	34( 13.28)	5( 17.86)	肝癌	38( 14.84)	3( 10.71)	胃癌	31( 12.11)	4( 14.29)	胰腺癌	9( 3.52)	1( 3.57)	手术时间( $\bar{x}\pm s$ ,h)		4.22 $\pm$ 0.67	4.42 $\pm$ 0.58	1.518	0.130	术中出血量( $\bar{x}\pm s$ ,ml)		248.38 $\pm$ 24.67	253.59 $\pm$ 26.24	1.054	0.293	Alb( $\bar{x}\pm s$ ,g/L)		33.43 $\pm$ 4.28	32.07 $\pm$ 4.26	1.597	0.111	Hb( $\bar{x}\pm s$ ,g/L)		120.34 $\pm$ 2.68	119.52 $\pm$ 2.36	1.554	0.121	WBC( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)		4.92 $\pm$ 0.81	5.08 $\pm$ 0.74	1.000	0.318	NEU( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)		4.32 $\pm$ 0.40	4.21 $\pm$ 0.33	1.403	0.162	PLT( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)		156.16 $\pm$ 13.93	157.72 $\pm$ 12.36	0.568	0.570	D-D( $\bar{x}\pm s$ ,mg/L)	术前	0.64 $\pm$ 0.10	0.62 $\pm$ 0.09	1.014	0.311	术后 1 d	1.45 $\pm$ 0.36	1.43 $\pm$ 0.39	0.277	0.782	术后 7 d	1.50 $\pm$ 0.43
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)		59.81 $\pm$ 4.60	61.50 $\pm$ 4.28	1.858	0.063																																																																																																																																		
BMI( $\bar{x}\pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> )		23.86 $\pm$ 3.32	24.17 $\pm$ 4.13	0.457	0.648																																																																																																																																		
吸烟史[例(%) ]		60( 23.43)	7( 25.00)	0.034	0.853																																																																																																																																		
饮酒史[例(%) ]		112( 43.75)	13( 46.43)	0.073	0.786																																																																																																																																		
糖尿病[例(%) ]		35( 13.67)	3( 10.71)	0.021	0.885																																																																																																																																		
高血压[例(%) ]		67( 26.17)	6( 21.43)	0.297	0.586																																																																																																																																		
既往血栓病史[例(%) ]		5( 1.95)	2( 7.14)	2.83	0.093																																																																																																																																		
T 分期[例(%) ]	T1	197( 76.95)	17( 60.71)	3.825	0.148																																																																																																																																		
	T2	45( 17.58)	9( 32.14)																																																																																																																																				
	T3	14( 5.469)	2( 7.14)																																																																																																																																				
肿瘤类型[例(%) ]	宫颈癌	73( 28.52)	8( 28.57)	0.849	0.974																																																																																																																																		
	子宫内膜癌	71( 27.73)	7( 25.00)																																																																																																																																				
	卵巢癌	34( 13.28)	5( 17.86)																																																																																																																																				
	肝癌	38( 14.84)	3( 10.71)																																																																																																																																				
	胃癌	31( 12.11)	4( 14.29)																																																																																																																																				
	胰腺癌	9( 3.52)	1( 3.57)																																																																																																																																				
手术时间( $\bar{x}\pm s$ ,h)		4.22 $\pm$ 0.67	4.42 $\pm$ 0.58	1.518	0.130																																																																																																																																		
术中出血量( $\bar{x}\pm s$ ,ml)		248.38 $\pm$ 24.67	253.59 $\pm$ 26.24	1.054	0.293																																																																																																																																		
Alb( $\bar{x}\pm s$ ,g/L)		33.43 $\pm$ 4.28	32.07 $\pm$ 4.26	1.597	0.111																																																																																																																																		
Hb( $\bar{x}\pm s$ ,g/L)		120.34 $\pm$ 2.68	119.52 $\pm$ 2.36	1.554	0.121																																																																																																																																		
WBC( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)		4.92 $\pm$ 0.81	5.08 $\pm$ 0.74	1.000	0.318																																																																																																																																		
NEU( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)		4.32 $\pm$ 0.40	4.21 $\pm$ 0.33	1.403	0.162																																																																																																																																		
PLT( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)		156.16 $\pm$ 13.93	157.72 $\pm$ 12.36	0.568	0.570																																																																																																																																		
D-D( $\bar{x}\pm s$ ,mg/L)	术前	0.64 $\pm$ 0.10	0.62 $\pm$ 0.09	1.014	0.311																																																																																																																																		
	术后 1 d	1.45 $\pm$ 0.36	1.43 $\pm$ 0.39	0.277	0.782																																																																																																																																		
	术后 7 d	1.50 $\pm$ 0.43	1.56 $\pm$ 0.41	0.704	0.482																																																																																																																																		

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: ①经病理学或影像学检查确诊为恶性肿瘤; ②年龄>18 岁, 临床资料完整; ③认知功能正常, 具备有效沟通能力; ④近 1 个月内未使用抗凝药物。(2) 排除标准: ①合并肝硬化、慢性肾功能衰竭等严重器官功能不全; ②患有慢性代谢性疾病或活动性感染性疾病; ③伴有中枢神经系统疾病; ④有心肌梗死、脑出血等严重心脑血管疾病史; ⑤处于妊娠期或哺乳期女性。

1.3 观测指标与方法

1.3.1 基本资料收集: 包括性别、年龄、BMI、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、既往血栓病史、T 分期、肿瘤类型; 手术相关指标: 手术时间、术中出血量; 实验室指标: Alb、Hb、WBC、NEU、PLT、D-D。

1.3.2 新血栓四项指标检测: 于术前及术后第 1、7 d 采集患者空腹肘静脉血 3 ml, 经抗凝、离心留取血浆。采用 Sysmex HISCL-5000i 全自动分析仪检测血浆 PIC (广州万孚生物技术股份有限公司, 货号 F4)、TM (武汉华美生物工程有限公司, CSB-E07937h)、t-PAIC (武汉菲恩生物科技有限公司, EH20008)、TAT (武汉华美生物工程有限公司, CSB-E08431h) 水平, 所有检测步骤均严格遵循试剂盒说明书进行操作。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 23.0 软件和 R4.4.1 进行数据分析。计数资料以频数或构成比 (%) 表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验; 符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 2 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 采用多因素二元 Logistic 回归分析恶性肿瘤手术患者并发血栓的影响因素, 并构建血栓风险预测模型; 绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线评价所构建血栓风险预测模型的效能, 并计算曲线下面积 (AUC)。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组新血栓四项指标比较 2 组 TM、t-PAIC 水平手术前后及组间比较, 差异均无统计学意义 (P>0.05)。2 组 PIC 与 TAT 水平术后 1 d 比较, 差异均无统计学意义 (P>0.05); 术前与术后第 7 d PIC、TAT 水平比较, 血栓组均高于非血栓组, 差异均有统计学意义 (P<0.05), 见表 2。

2.2 多因素二元 Logistic 回归分析恶性肿瘤手术患者并发血栓的影响因素 以恶性肿瘤患者是否并发血栓为因变量 (赋值: 是为“1”; 否为“0”), 以 PIC、TAT (连续变量, 原值代入) 为自变量, 进行多因素二元 Logistic 回归分析, 结果显示: 术前 PIC、TAT 高及术后第 7 d PIC、TAT 高是恶性肿瘤患者术后发生血栓的独立危险因素 (P<0.05), 见表 3。

表 2 非血栓组与血栓组恶性肿瘤患者新血栓四项指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.2 Comparison of the four new thrombosis indicators between the non-thrombosis group and the thrombosis group

项 目		非血栓组 (n=256)	血栓组 (n=28)	$\chi^2/t$ 值	P 值
PIC (mg/L)	术前	0.98±0.06	1.02±0.14	2.104	0.036
	术后 1 d	1.22±0.18	1.24±0.19	0.555	0.579
	术后 7 d	1.44±0.26	1.57±0.21	2.555	0.011
TM (TU/ml)	术前	9.21±1.19	9.33±1.25	0.504	0.615
	术后 1 d	9.07±1.21	8.93±1.14	0.584	0.559
	术后 7 d	9.44±0.89	9.48±0.75	0.229	0.819
t-PAIC (μg/L)	术前	8.43±1.06	8.31±1.17	0.563	0.574
	术后 1 d	9.79±0.89	9.93±0.72	0.804	0.422
	术后 7 d	8.89±0.91	8.96±0.84	0.389	0.697
TAT (μg/L)	术前	2.28±0.29	2.43±0.26	2.623	0.009
	术后 1 d	16.32±2.24	14.71±2.63	1.344	0.180
	术后 7 d	8.39±2.06	9.69±1.32	3.264	0.001

表 3 多因素二元 Logistic 回归分析恶性肿瘤手术患者并发血栓的影响因素

Tab.3 Multivariate binary Logistic regression analysis of risk factors for thrombosis in patients with malignant tumors

因 素	$\beta$ 值	SE 值	wald 值	P 值	OR 值	95%CI
常量	-10.083	1.793	31.629	<0.001	-	-
术前 PIC 高	1.977	0.950	4.335	0.037	7.220	1.12~46.429
术后 7 d PIC 高	1.305	0.663	3.876	0.049	3.686	1.00~13.508
术前 TAT 高	0.851	0.310	7.549	0.006	2.342	1.276~4.298
术后 7 d TAT 高	0.224	0.078	8.162	0.004	1.251	1.073~1.459

2.3 血栓风险预测模型的构建 基于多因素二元 Logistic 回归分析结果, 使用 R 软件构建恶性肿瘤患者术后血栓风险列线图预测模型, 见图 1。最终模型的数学表达式为:  $\text{Logit}(P) = -10.083 + 1.977 \times \text{术前 PIC} + 1.305 \times \text{术后 7 d PIC} + 0.851 \times \text{术前 TAT} + 0.224 \times \text{术后 7 d TAT}$ 。其中 P 表示患者术后血栓发生的概率, 将患者各项指标代入模型可计算出该患者的风险评分  $\text{Logit}(P)$ , 评分越高表明发生血栓的风险越大。

2.4 血栓风险预测模型的效能评价 ROC 曲线分析结果显示, 该模型用于预测恶性肿瘤患者术后血栓的 AUC 为 0.782 (95%CI 0.694~0.871), 表明模型具有中等以上区分能力, 当截断值为 0.192 时, 敏感度为 0.867, 特异度为 0.625, 提示模型对血栓发生具有良好的识别能力, 尤其适用于早期筛查高危术后血栓患者, 见图 2。

3 讨论

血栓是恶性肿瘤患者围手术期常见且严重的并发症, 其发生与手术创伤引发的应激反应、解剖结构改

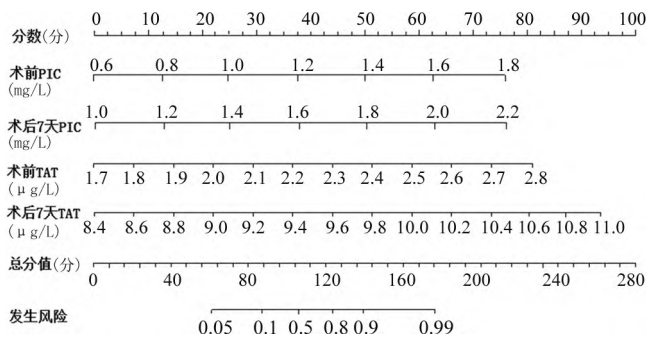


图 1 恶性肿瘤患者术后血栓风险的列线图模型

Fig.1 Nomogram model for predicting the risk of thrombosis in patients with malignant tumors after surgery

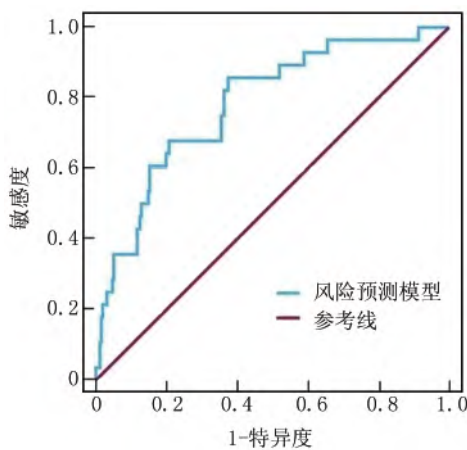


图 2 血栓风险预测模型的效能分析

Fig.2 Performance analysis of the thrombosis risk prediction model

变、凝血机制紊乱及血管内皮损伤等多种因素密切相关<sup>[9]</sup>。研究表明,恶性肿瘤患者术后血栓发生率显著高于良性疾病患者<sup>[10]</sup>。因此,对血栓风险进行早期评估,对及时干预、改善患者预后具有重要意义。目前,临床常规凝血指标在评估血栓风险时存在敏感性不足等局限。相比之下,新血栓四项能够从凝血活化、纤溶启动及血管内皮损伤等多个维度,更早、更直接地反映机体的血栓前状态,为风险评估提供更为全面的依据。基于此,本研究探讨了新血栓四项在评估恶性肿瘤手术患者血栓风险中的价值。结果显示,血栓组患者术前及术后第 7 d 的 PIC 与 TAT 水平均显著高于非血栓组,而 TM、t-PAIC 及术后第 1 d 各指标未见组间差异。

首先,血栓组 TAT 在术前、术后第 7 d 均维持在显著高于非血栓组的水平,提示凝血系统的持续活化是血栓形成的核心驱动力。术后 TAT 升高主要源于肿瘤自身的促凝特性,恶性肿瘤细胞表面高表达组织因

子等促凝物质,可高效催化凝血酶原转化为凝血酶,从而增加 TAT 的形成。术后第 1 d 2 组 TAT 均较术前急剧上升,反映手术创伤引起的急性凝血激活,但此时组间无差异,可能与术后普遍采用预防性抗凝剂,通过抑制活化的 X 因子,减少凝血酶生成,从而有效抑制了凝血系统的过度活化有关。在血栓组中,术后第 7 d TAT 水平有所回落,但仍显著高于术前水平及非血栓组同期值,提示血栓组患者的凝血系统在术后恢复期仍处于持续活跃状态,而非血栓组则得到有效缓解。这与 Talar-Wojnarowska 等<sup>[11]</sup>报道胰腺腺癌研究中报道的 TAT 升高趋势相符。Lin 等<sup>[12]</sup>也发现全髋关节置换术后患者 TAT 与 PIC 水平显著增高,与本结论基本一致,且本研究进一步揭示其在术后中期的持续异常对血栓风险的预测价值。

其次, PIC 在与 TAT 相同的时间点(术前、术后第 7 d)表现出同步升高,反映了继发于凝血活化后的纤溶系统代偿性激活。患者体内大量凝血酶生成导致纤维蛋白沉积,继而刺激血管内皮细胞释放组织型纤溶酶原激活物(t-PA),激活纤溶系统生成大量纤溶酶,并与 α-2 抗纤溶酶结合形成过量 PIC<sup>[13]</sup>。血栓组 PIC 的持续升高表明机体在溶解不断形成的微血栓,但这种代偿性纤溶激活在持续凝血活化的背景下仍显不足,最终导致凝血-纤溶平衡向血栓形成倾斜。此结果与 Asanuma 等<sup>[14]</sup>的发现一致, Ma 等<sup>[15]</sup>则证实术前及术后 PIC 水平升高是妇科恶性肿瘤术后发生静脉血栓栓塞(VTE)的独立危险因素。

然而,本研究中 2 组患者的 TM、t-PAIC 水平未见统计学差异。TM 在体内以膜结合型与可溶型两种形式存在<sup>[14,16]</sup>。围手术期的缺血再灌注损伤及机械牵拉均可导致血管内皮局部损伤,引起膜型 TM 脱落并激活内源性凝血途径。但上述因素对 2 组患者的影响程度可能相近,致使内皮损伤差异不明显。此外,肿瘤细胞释放的炎性介质可能直接抑制内皮细胞合成 TM,同时通过释放相关蛋白酶加速其清除,从而导致 TM 水平未出现显著异常<sup>[17-19]</sup>。在 t-PAIC 方面,有研究显示肿瘤血行转移可显著影响局部及全身纤溶状态,并导致 t-PAIC 升高<sup>[20]</sup>。本研究纳入对象均无血行转移,可能是未观察到组间差异的重要原因。

本研究基于新血栓四项中有显著意义的指标,构建了血栓风险预测模型。该模型预测恶性肿瘤手术患者并发血栓的 AUC 为 0.782,表明其具有良好的区分能力,可为临床早期识别高危患者提供参考。

#### 4 结论

综上所述,恶性肿瘤术后并发血栓患者 PIC、TAT

水平在术前、术后 7 d 有所升高,本研究基于新血栓四项指标构建并验证了用于评估恶性肿瘤手术患者术后血栓风险的预测模型,结果表明,该模型具有较好的区分能力,可为临床早期识别高危患者提供客观、量化的工具。在围手术期动态监测 PIC 与 TAT 具有重要价值,有助于弥补传统评分模型或单一指标在时效性与特异性方面的不足,因此,该模型具有转化为临床辅助决策工具的潜力。未来需通过多中心、前瞻性研究进一步验证其普适性,并探索该模型与人工智能算法结合,或将其扩展至其他血栓风险肿瘤手术人群,以推动该模型向临床实践转化。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

钱海滨:设计研究方案和论文框架,实施研究过程,撰写论文;杜文玲:实施研究过程,收集研究数据并处理分析;倪步烤:核验数据质量,评估模型;胡型忠:课题设计,论文指导与修改

参考文献

- [1] Fischerova D, Smet C, Scovazzi U, et al. Staging by imaging in gynecologic cancer and the role of ultrasound: An update of European joint consensus statements [J]. *International Journal of Gynecological Cancer*, 2024, 34(3): 363-378. DOI: 10.1136/ijgc-2023-004609.
- [2] 蒋文琛,陈亮,黄丽. 远隔缺血预处理对妇科肿瘤腹腔镜手术患者术后肠功能恢复的临床研究 [J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(13): 54-60. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.13.009.
- [3] Tatsumi K. The pathogenesis of cancer-associated thrombosis [J]. *International Journal of Hematology*, 2024, 119(5): 495-504. DOI: 10.1007/s12185-024-03735-x.
- [4] 陈春雨,顾江魁,周静,等. 非小细胞肺癌患者术后静脉血栓风险预测模型的构建及验证 [J]. *中国肿瘤临床*, 2025, 52(7): 338-344. DOI: 10.12354/j.issn.1000-8179.2025.20250120.
- [5] Song P, Xie J, Li W, et al. Effect of plasma thrombin-antithrombin complex on ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis [J]. *Systematic Reviews*, 2023, 12(1): 17. DOI: 10.1186/s13643-023-02174-9.
- [6] Kang L, Yang AL, Hanlai C, et al. Chondrocyte thrombomodulin protects against osteoarthritis [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24(11): 9522. DOI: 10.3390/ijms24119522.
- [7] Mennesson M, Jean-michel R. Glucocorticoid-responsive tissue plasminogen activator (tPA) and its inhibitor plasminogen activator inhibitor-1 (PAI-1): Relevance in stress-related psychiatric disorders [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24(5): 4496. DOI: 10.3390/ijms24054496.
- [8] Wang L, Zhong J, Xiao D, et al. Thrombomodulin (TM), thrombin-antithrombin complex (TAT), plasmin- $\alpha$ 2-plasmininhibitor complex (PIC) and tissue plasminogen activator-inhibitor complex (t-PAIC) assessment of fibrinolytic activity in postpartum hemorrhage: A retro-

- spective comparative cohort study [J]. *Ann Transl Med*, 2022, 10(23): 1273. DOI: 10.21037/atm-22-5221.
- [9] 张小亚,梁洁莎. 妇科肿瘤患者术后发生静脉血栓栓塞风险预测模型的建立与验证 [J]. *新乡医学院学报*, 2024, 41(8): 725-731. DOI: 10.7683/xyxyxb.2024.08.005.
- [10] 杨兴国,李辉,于磊,等. 胸腺恶性肿瘤术后静脉血栓栓塞症的影响因素分析 [J]. *中国肺癌杂志*, 2021, 24(7): 497-502. DOI: 10.3779/j.issn.1009-3419.2021.101.22.
- [11] Talar-Wojnarowska R, Wozniak M, Borkowska A, et al. Procoagulant disorders in patients with newly diagnosed pancreatic adenocarcinoma [J]. *Medicina*, 2020, 56(12): 681. DOI: 10.3390/medicina56120677.
- [12] Lin ZC, Sun H, Li D, et al. Thrombin antithrombin complex concentration as an early predictor of deep vein thrombosis after total hip arthroplasty and total knee arthroplasty [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 574. DOI: 10.1186/s12891-022-05532-1.
- [13] Kanaya T, Nakae R, Sekine T, et al. The time course of alpha 2-plasmin inhibitor and plasmin-alpha 2-plasmin inhibitor complex levels in patients with traumatic brain injury [J]. *Acta Neurochirurgica*, 2025, 167(1): 90. DOI: 10.1007/S00701-025-06496-6.
- [14] Asanuma K, Nakai T, Hatanaka T, et al. Significance of coagulation and fibrinolysis markers for benign and malignant soft tissue tumors [J]. *BMC Cancer*, 2021, 21(1): 364. DOI: 10.1186/S12885-021-08091-1.
- [15] Ma J, Tang YJ, Zhou JY, et al. Plasmin-antiplasmin complex as a new predictive marker of postoperative venous thromboembolism in patients with gynecologic malignancy [J]. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, 2025, 31: 10760296251324918. DOI: 10.1177/10760296251324918.
- [16] 曾镇桦,高海闻,黄绍生,等. 脓毒症患者 TAT、TM、PIC 和 t-PAIC 水平与病情程度的关系 [J]. *疑难病杂志*, 2021, 20(12): 1240-1243. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2021.12.012.
- [17] 李丽丽,刘洋,孙涛. 恶性肿瘤患者血小板计数、纤维蛋白原及中性粒细胞/淋巴细胞比值与肿瘤分期的关系 [J]. *癌症进展*, 2025, 23(15): 1791-1793, 1816. DOI: 10.11877/j.issn.1672-1535.2025.23.15.15.
- [18] Theofilis P, Sagris M, Oikonomou E, et al. Inflammatory mechanisms contributing to endothelial dysfunction [J]. *Biomedicines*, 2021, 9(7): 781. DOI: 10.3390/biomedicines9070781.
- [19] 施珊珊,刘晓静,许萍,等. 血栓弹力图联合分子标志物对肺癌患者凝血功能的评估价值及其与预后的关系 [J]. *中国当代医药*, 2023, 30(23): 7-11. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2023.23.003.
- [20] Yu J, Yan Q, Qi T, et al. Development of a chemiluminescence assay for tissue plasminogen activator inhibitor complex and its applicability to gastric cancer [J]. *BMC Biotechnology*, 2024, 24(1): 30. DOI: 10.1186/S12896-024-00850-9.

(收稿日期: 2025-11-10)