

# 随机森林模型预测老年膀胱癌患者术后 下肢深静脉血栓发生风险及预警措施\*

崔颖<sup>1</sup> 王以旺<sup>2</sup> 高雪<sup>1</sup>

(首都医科大学附属北京友谊医院 1. 泌尿外科; 2. 血液净化中心, 北京 100050)

**【摘要】** 目的 探讨随机森林模型预测老年膀胱癌患者术后下肢深静脉血栓(DVT)发生风险及预警措施。方法 选取 2019 年 6 月—2022 年 6 月我院收治的 282 例老年膀胱癌患者,按照 7:3 比例分为训练组( $n=197$ )和内部验证组( $n=85$ ),统计两组下肢 DVT 发生率及一般临床资料,训练组基于随机森林模型结果构建下肢 DVT 风险预警模型,并行内外部验证。**结果** 282 例老年膀胱癌患者下肢 DVT 发生率为 15.10%(42/278)。训练组和内部验证组中,DVT 阳性及阴性患者在年龄、BMI、麻醉时间、合并糖尿病、合并高脂血症、术前纤维蛋白原(FIB)、D-二聚体(D-D)、白蛋白(ALB)水平及 Caprini 风险评估模型(RAM)评分、术后卧床时间比较差异有统计学意义(均  $P<0.05$ );确认属性重要性评分前 8 变量纳入随机森林模型算法中建立下肢 DVT 风险预警模型,变量重要性评分依次为术前 D-D、术前 FIB、术前 ALB、术前 RAM 评分、年龄、合并糖尿病、术后卧床时间、合并高脂血症,随机森林模型预测效能为 0.933,经外部验证显示模型预测结果与实际结果具有较高一致性。**结论** 随机森林模型对老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 具有较好的预测能力,综合考虑年龄、合并糖尿病、术后卧床时间、合并高脂血症及术前 D-D、FIB、ALB 与 RAM 评分等因素有利于预防下肢 DVT 发生,具有临床指导意义。

**【关键词】** 膀胱癌;随机森林模型;下肢深静脉血栓;Caprini 风险评估模型评分;D-二聚体;纤维蛋白原;白蛋白

**【中图分类号】** R737.14 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2024.06.014

## Prediction of risk and early warning measures of postoperative deep venous thrombosis of lower extremity in elderly patients with bladder cancer by random forest model

CUI Ying<sup>1</sup>, WANG Yiwang<sup>2</sup>, GAO Xue<sup>1</sup>

(1. Department of Urology, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China;

2. Blood Purification Center, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China)

**【Abstract】 Objective** To investigate the risk of postoperative deep vein thrombosis (DVT) of lower extremity in elderly patients with bladder cancer, and determine reasonable early warning measures based on the results of random forest model, so as to provide reference for clinical prevention and treatment. **Methods** 282 elderly patients with bladder cancer admitted to our hospital from June 2019 to June 2022 were selected and divided into the training group ( $n=197$ ) and the internal verification group ( $n=85$ ) according to a ratio of 7:3. The incidence rate and general clinical data of lower limb DVT in the two groups were analyzed. The training group constructed a lower limb DVT risk warning model based on the results of random forest model, parallel internal and external validation. **Results** The incidence of lower extremity DVT in 282 elderly patients with bladder cancer was 15.10% (42/278). Among the training group and the internal verification group, there were significant differences in age, BMI, anesthesia time, diabetes mellitus, hyperlipidemia, preoperative FIB, D-D, ALB levels, RAM score and postoperative bed time in DVT-positive and DVT-negative groups ( $P<0.05$ ). The first 8 variables of attribute importance score were included in the Random forest model algorithm to establish the lower limb DVT risk warning model. The importance scores of variables were successively preoperative D-

基金项目:北京市卫生科技发展专项基金项目(2019-2-612)

引用本文:崔颖,王以旺,高雪.随机森林模型预测老年膀胱癌患者术后下肢深静脉血栓发生风险及预警措施[J].西部医学,2024,36(6):861-865,870. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2024.06.014

D, preoperative FIB, preoperative ALB, preoperative RAM score, age, diabetes mellitus, postoperative bed time, and hyperlipidemia. The prediction efficiency of random Forest model was 0.933. The external verification shows that the predicted results of the model are in good agreement with the actual results. **Conclusion** The random forest model has a good ability to predict postoperative DVT of lower limb in elderly patients with bladder cancer. Considering age, diabetes mellitus, postoperative bed time, hyperlipidemia, preoperative D-D, FIB, ALB and RAM scores and other factors, it is beneficial to prevent the occurrence of lower limb DVT, which has clinical significance.

**【Key words】** Bladder cancer; Random forest model; Lower extremity deep vein thrombosis; RAM score; D-D; FIB; ALB

膀胱癌在泌尿系统恶性肿瘤中发病率最高,下肢深静脉血栓(Deep vein thrombosis, DVT)是膀胱癌术后创伤后常见并发症,老年膀胱癌患者多合并糖尿病、高血压等基础疾病,可能增加 DVT 发生风险<sup>[1-3]</sup>。下肢 DVT 形成可能引起静脉回流障碍,造成下肢功能部分或完全丧失,病情持续进展可能导致致命性肺栓塞<sup>[4-6]</sup>。尽早识别、预防引起下肢 DVT 的危险因素,进行有效干预对降低下肢 DVT 风险具有重要意义。本研究探讨膀胱癌术后下肢 DVT 发生影响因素,利用随机森林算法,基于随机森林模型结果构建老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 风险预警模型,以期临床实践中下肢 DVT 的术后风险评估及防治提供数据指导。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2019 年 6 月—2022 年 6 月我院收治的 282 例老年膀胱癌患者。按照 7:3 比例分为训练组( $n=197$ )和内部验证组( $n=85$ )。本研究符合《赫尔辛基宣言》要求,征得患者家属签字同意,并通过我院伦理委员会。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:①下肢 DVT 经静脉造影和(或)静脉彩超确诊。②年龄 $>60$  岁。③均在全身麻醉下行根治性经尿道膀胱肿瘤电切术。④凝血功能正常,近期无抗凝剂用药史。⑤术前检查无远处转移。⑥语言交流正常。⑦未行下肢 DVT 药物或机械物理预防。⑧无免疫功能缺陷。排除标准:①既往有下肢 DVT 史或严重外周动脉血管疾病史。②存在静脉曲张。③伴有其他恶性肿瘤疾病。④存在肢体运动障碍。⑤存在重要脏器病变。⑥伴有严重感染。⑦蒙特利尔认知评估异常。⑧院内死亡。

### 1.3 方法

1.3.1 资料收集 以病历收集、跟踪检查结果等方式进行资料收集,包括基本情况[性别、年龄、BMI、合并症(合并糖尿病、高血压、高脂血症、冠心病、脑血管疾病)]、肿瘤相关资料(肿瘤的直径、分期、数目、ASA 分级)、手术相关资料(手术时间、术中出血量、麻醉时间、住院时间、术后卧床时间)及实验室指标[术前 D-二聚体(D-dimer, D-D)、纤维蛋白原(Fibrinogen,

FIB)、白蛋白(Albumin, ALB)、Caprini 风险评估模型(Risk Assessment Model, RAM)评分]。术前采集患者 5 mL 外周静脉血,其中 3 mL 离心 10 min(3500 r/min)取血清,以酶联免疫法测定血清 D-D、ALB 水平,另取 2 mL 静脉血抗凝后离心 15 min(3500 r/min)取血浆,以全自动凝血分析仪(法国 STAGO 公司,型号:STA Compact Max)测定血浆 FIB 水平。RAM 危险因素涵盖年龄、BMI、外科手术、运动能力、高风险疾病、特殊风险、实验室检查、创伤风险等 40 个条目,根据各因素对静脉血栓栓塞症(Venous Thromboembolism, VTE)形成的影响差异,每个条目 1~5 分不等,根据总衡量 VTE 发生风险, $\leq 1$  分、2 分、3~4 分、 $\geq 5$  分分别为低危、中危、高危与极高危。

1.3.2 质量控制 数据收集前对收集人员进行培训,熟练运用病历系统,要求明确本研究变量标准定义及入排标准,考核合格后进行数据收集,实施双录入核查以确保数据准确一致。

1.4 观察指标 ①统计下肢 DVT 发生率,下肢 DVT 判定:Neuhofs 征阳性:小腿后方肌肉受挤压引发局部疼痛;或 Homans 征阳性:患肢伸直,足被动背屈时引发小腿后侧肌群疼痛。②比较训练组和内部验证组中 DVT 阳性、阴性人群一般临床资料。③分析随机森林模型对老年膀胱癌术后下肢 DVT 预测能力。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 23.0 对数据进行分析,具备方差齐性和正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,差异行  $t$  检验,计数资料以率(%)表示,差异行  $\chi^2$  检验,采用随机森林算法对影响术后复发转移的特征变量进行重要性排序和筛选,分析随机森林模型对老年膀胱癌术后下肢 DVT 的预测价值。检验水准  $\alpha=0.05$ ,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 下肢 DVT 发生率及随访结果 282 例老年膀胱癌患者进行为期 3 个月随访,共有 4 例失访,下肢 DVT 发生率为 15.10%(42/278)。训练组 1 例因预留号码有误失访,2 例因疾病意识不强随访,内部验证组 1 例因预留电话号码有误失访,训练组 194 例、内部

验证组 84 例进入研究。

2.2 一般临床资料及病理特征 两组基线资料比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两组 DVT 阳性及阴性患者在年龄、BMI、麻醉时间、合并糖尿病、合并高脂

血症、术前 FIB 及 D-D、术前 ALB 水平及 RAM 评分、术后卧床时间比较差异有统计学意义(均  $P<0.05$ )。见表 1、表 2。

表 1 一般临床资料 $[\bar{x}\pm s, n(\times 10^{-2})]$

Table 1 General clinical data

项目	总队列 (n=278)	训练组(n=194)				内部验证组(n=84)			
		DVT 阳性 (n=27)	DVT 阴性 (n=167)	t/ $\chi^2$	P	DVT 阳性 (n=15)	DVT 阴性 (n=69)	t/ $\chi^2$	P
性别(男/女)	209/69	22/5	120/47	1.098	0.295	12/3	55/14	0.108	0.742
年龄(岁)	71.61±3.58	70.62±3.84	71.94±3.02	2.024	0.044	69.35±4.01	71.68±3.88	2.096	0.039
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.33±1.52	24.80±1.22	21.82±1.14	12.480	<0.001	24.92±1.34	22.02±1.33	7.644	<0.001
合并糖尿病				10.354	0.001			4.699	0.030
有	69(24.82)	13(48.15)	33(19.76)			8(53.33)	15(21.74)		
无	209(75.18)	14(51.85)	134(80.24)			7(46.67)	54(78.26)		
合并高血压				0.202	0.653			0.730	0.393
有	142(51.08)	15(55.56)	85(50.90)			9(60.00)	33(47.83)		
无	136(48.92)	12(44.44)	82(49.10)			6(40.00)	36(52.17)		
合并冠心病				0.193	0.661			0.188	0.665
有	128(46.04)	14(51.85)	79(47.31)			7(46.67)	28(40.58)		
无	150(53.96)	13(48.15)	88(52.69)			8(53.33)	41(59.42)		
合并高脂血症				8.105	0.004			7.217	0.007
有	20(7.19)	6(22.22)	8(4.79)			4(26.67)	2(2.90)		
无	258(92.81)	21(77.78)	159(95.21)			11(73.33)	67(97.10)		
合并脑血管疾病				0.054	0.817			0.100	0.752
有	114(41.01)	11(40.74)	72(43.11)			5(33.33)	26(37.68)		
无	164(58.99)	16(59.23)	95(56.89)			10(66.67)	43(62.32)		

表 2 病理特征 $[\bar{x}\pm s, n(\times 10^{-2})]$

Table 2 Pathological features

项目	总队列 (n=278)	训练组(n=194)				内部验证组(n=84)			
		DVT (n=27)	DVT (n=167)	t/ $\chi^2$	P	DVT (n=15)	DVT (n=69)	t/ $\chi^2$	P
肿瘤直径(cm)	2.96±0.33	3.02±0.56	2.89±0.63	1.009	0.314	2.96±0.48	3.11±0.57	0.948	0.346
肿瘤分期				0.008	1.000			0.402	0.982
T1	43(15.47)	4(14.81)	24(14.37)			2(13.33)	13(18.84)		
T2	89(32.01)	9(33.33)	56(33.53)			4(26.67)	20(28.99)		
T3	111(39.93)	11(40.74)	69(41.32)			6(40.00)	25(36.23)		
T4	35(12.59)	3(11.11)	18(10.78)			3(20.00)	11(15.94)		
肿瘤数目				0.048	0.827			0.639	0.424
单发	151(54.32)	15(55.56)	89(53.29)			7(46.67)	40(57.97)		
多发	127(45.68)	12(44.44)	78(46.71)			8(53.33)	29(42.03)		
ASA 分级				0.022	0.881			0.150	0.699
I 级	139(50.00)	13(48.15)	83(49.70)			7(46.67)	36(52.17)		
II 级	139(50.00)	14(51.85)	84(50.30)			8(53.33)	33(47.83)		
手术时间(min)	367.15±60.66	365.95±65.58	367.11±63.85	0.087	0.931	366.02±63.35	367.95±64.65	0.105	0.917
术中出血量(mL)	523.59±79.91	524.46±78.85	522.95±80.73	0.091	0.928	523.48±78.96	524.81±77.52	0.060	0.952
麻醉时间(min)	158.21±19.43	156.62±20.28	158.12±18.86	0.379	0.705	157.84±19.35	159.12±17.76	0.249	0.804
术前 D-D(ng/mL)	277.96±77.17	552.24±90.62	228.89±78.42	19.442	<0.001	550.99±89.15	230.05±80.02	13.797	<0.001
术前 FIB(g/L)	3.43±0.38	4.76±0.63	3.22±0.48	14.762	<0.001	4.72±0.61	3.15±0.43	11.834	<0.001
术前 ALB(g/L)	40.71±3.05	37.72±3.44	41.24±4.05	4.272	<0.001	37.56±3.58	41.30±4.11	3.262	0.002
术前 RAM 评分(分)	4.15±0.93	6.40±1.12	4.65±0.88	9.209	<0.001	6.33±1.05	4.60±0.92	6.437	<0.001
住院时间(d)	5.97±0.87	6.14±0.88	5.89±0.91	1.330	0.185	6.20±1.02	6.05±1.13	0.474	0.637
术后卧床时间(d)	3.80±0.42	5.22±0.36	3.58±0.40	20.026	<0.001	5.15±0.42	3.50±0.44	13.264	<0.001

注:ASA 分级为美国麻醉师协会分级。

2.3 随机森林模型中特征变量选取 经单因素分析, 10 个变量  $P < 0.05$ , 分别为别年龄、BMI、麻醉时间、合并糖尿病、合并高脂血症、术前 FIB、D-D、ALB 水平及 RAM 评分、术后卧床时间, 以上述变量建立随机森林模型, 变量分层及赋值, 见表 3。

表 3 变量分层及其赋值

Table 3 Variable stratification and its assignment

变量	分层及赋值	变量	分层及赋值
年龄	实测值	术前 FIB	实测值
BMI	实测值	术前 D-D	实测值
麻醉时间	实测值	术前 ALB	实测值
合并糖尿病	有=1, 无=0	术前 RAM 评分	实测值
合并高脂血症	有=1, 无=0	术后卧床时间	实测值

2.4 通过降维确定建模变量 根据确认属性重要性评分, 由得分最高变量起始, 逐步经随机森林模型予以分析, 当确认属性数为 8 时, 袋外数据准确性最高, 再增加变量模型准确性改善不明显, 故将确认属性重要性评分前 8 变量纳入随机森林模型算法中建立下肢 DVT 风险预警模型, 即建模变量为术前 D-D、FIB、ALB、RAM 评分及年龄、术后卧床时间、合并糖尿病和高脂血症, 见图 1。

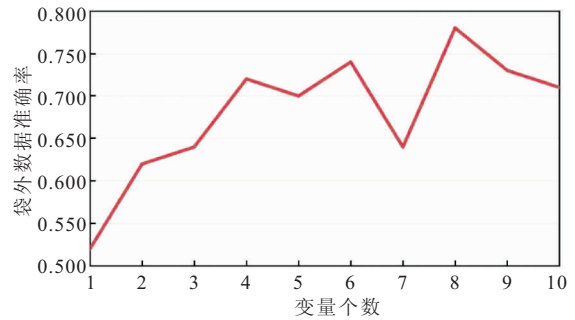


图 1 随机森林模型袋外数据分类精确率图

Figure 1 Accurate rate of classification of data outside the bag of random forest model

2.5 随机森林模型变量重要性评分 随机森林可通过表示变量替换后准确率的下降指标及表示变量替换后 GINI 系数的降低指标衡量变量重要程度, 结合 2 种分类方法得出术前 D-D 得分最高, 其次术前 FIB、术前 ALB、术前 RAM 评分、年龄、合并糖尿病、术后卧床时间、合并高脂血症也对模型分类具有一定作用, 见图 2。

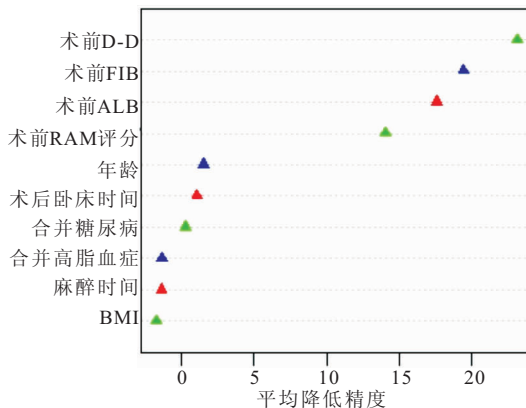
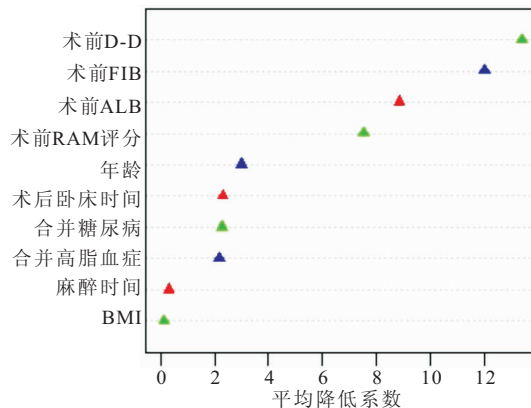


图 2 建模变量重要性排序

Figure 2 Importance ranking of modeling variables



2.6 随机森林模型对老年膀胱癌术后下肢 DVT 预测能力 采用多维标度法展示基于术前 FIB、D-D、ALB、RAM 评分及年龄、术后卧床时间、合并糖尿病、合并高脂血症的随机森林模型预测能力, 结果显示预测效能为 0.933, 见图 3。

2.7 老年膀胱癌术后下肢 DVT 预测能力的验证 在验证集数据中进一步验证模型准确性, 使用随机森林模型进行外部验证, 将模型预测结果与实际结果比较。共纳入 60 例老年膀胱癌患者, 7 例下肢 DVT, 模型正确识别 6 例, 错误识别 1 例。

### 3 讨论

随机森林法在疾病风险预测中诊断能力与准确性较高, 可给出各变量对老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 发生风险预测的重要性评价, 通过数据降维、预

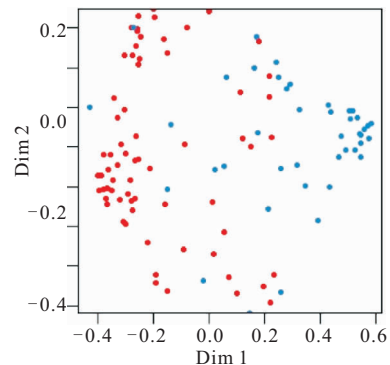


图 3 随机森林模型对老年膀胱癌术后下肢 DVT 预测能力

Figure 3 Prediction ability of the stochastic forest model for lower limb DVT after bladder cancer surgery in elderly patients

注: 红色为 DVT 阳性, 蓝色为 DVT 阴性, 点与点之间距离越近说明相应患者间指标越相近。

筛候选特征、变量重要性排序为后续的临床决策提供参考信息<sup>[7-9]</sup>。随机森林模型的建立既能对连续性变量、非连续性变量同时进行处理,又有利于避免过拟合<sup>[10-12]</sup>。本研究通过随机森林模型算法建立下肢 DVT 风险预警模型,对预测因子进行重要性排序依次为术前 D-D、术前 FIB、术前 ALB、术前 RAM 评分、年龄、合并糖尿病、术后卧床时间、合并高脂血症,可以看出下肢 DVT 发生受自身基础状态、机体凝血功能等多方面因素影响,其中凝血指标影响力较大。凝血指标中,FIB 可反映凝血状态,D-D 可反映血管内凝血酶活性及纤维蛋白溶解功能。膀胱癌根治术应激反应下激活患者凝血系统,导致 FIB、D-D 表达值升高,提示机体处于高凝状态,是老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 形成的危险因素<sup>[13-15]</sup>。ALB 可调节血管与组织间的水分平衡,在血浆胶体渗透压中占 80%,其水平下降可引起血浆渗透压降低,进而增加血液黏稠程度,减缓血液流动速度,升高血细胞、血小板成分比例,加大下肢 DVT 发生风险<sup>[16-18]</sup>。基于以上实验数据可以得出结论,FIB、D-D、ALB 是早期预测老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 有价值的标志物,泌尿外科医生可考虑进一步检查 FIB、D-D 升高的患者,以帮助临床确认或排除下肢 DVT。

宋玮玮等<sup>[19]</sup>学者表明,基于 RAM 评分有利于预防重症患者 DVT 发生。本研究训练组和内部验证组中,DVT 阳性人群术前 RAM 评分多达高危、极高危程度,进一步证实术前 RAM 评分对老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 的预测价值;提示对于术前 RAM 评分较高患者需给予密切关注,进一步评估 DVT 风险,以指导个体化治疗<sup>[19-21]</sup>。长时间卧床可能增加腹腔内部压力,降低肌肉泵血功能,加剧血液瘀滞,进而影响下肢肌肉收缩性及血液流速,增加 DVT 发生风险;尤其应注意高龄患者,身体机能、血管弹性随年龄增加而退行性下降,且术后恢复时间较长,因此临床需指导老年膀胱癌术后尽早下床活动,预防 DVT 形成。Peng 等<sup>[22]</sup>学者经回顾性队列研究表明,糖尿病患者 DVT 发生率为 1.6%(80/4967),高于无糖尿病患者 0.2%(45/19868)。而王超等<sup>[23]</sup>研究显示,泌尿外科手术患者术后 DVT 发生与高血压、糖尿病、冠心病病史无明显相关。本研究结果与王超等<sup>[23]</sup>研究存在差异,与 Peng 等<sup>[22]</sup>学者观点相似,考虑可能与患者临床模式有关。本研究术前合并糖尿病、高脂血症等基础疾病患者,可能因存在血管内皮病变、血管弹性下降等情况,一定程度激活血小板、生成氧自由基,机体凝血功能增强,对下肢 DVT 形成有一定影响;因此临床预防老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 形成需注重术前

基础疾病的治疗、控制<sup>[24-25]</sup>。随机森林风险预警模型纳入重要性评分前 8 变量,对老年膀胱癌术后下肢 DVT 预测效能达 0.933,综合预警效果较高,且对该模型进行外部验证发现模型正确识别结果与实际结果具有较高一致性,可作为 DVT 风险预测的可靠依据。

#### 4 结论

本研究结果提示,应用随机森林模型筛选的年龄、合并糖尿病、术后卧床时间、合并高脂血症及术前 D-D、FIB、ALB 与 RAM 评分等特征变量对预测老年膀胱癌患者术后下肢 DVT 发生风险具有一定临床价值,可为临床干预措施的制定提供参考依据。

#### 【参考文献】

- [1] YAMASHITA R, NAKAMURA M, OKAYAMA Y, *et al.* Incidence and location of perioperative deep vein thrombosis in patients with bladder cancer undergoing radical cystectomy[J]. *Int J Urol*, 2022,29(3):259-264.
- [2] HAYAKAWA N, KIKUCHI E. Editorial Comment to Incidence and location of perioperative deep vein thrombosis in patients with bladder cancer undergoing radical cystectomy[J]. *Int J Urol*, 2022,29(3):264-265.
- [3] 白娟,杨琼.早期护理干预在糖尿病患者髋部骨折术后下肢深静脉血栓形成的预防应用[J].*血栓与止血学*,2022,28(3):1078-1080.
- [4] DALL C P, SHAW N, EGAN J, *et al.* Practice patterns for extended venous thromboembolism chemoprophylaxis among urologic oncologists after radical cystectomy[J]. *Urol Oncol*, 2020,38(11):849.
- [5] 杨静,于巧亚,王植荣,等.160例老年急性周围型下肢深静脉血栓形成者中医证型与血栓相关凝血标志物水平的相关性研究[J].*江苏中医药*,2023,55(2):36-39.
- [6] TALWAR H S, PANWAR V K. Adenocarcinoma of the urinary bladder with inferior vena cava thrombus[J]. *BMJ Case Rep*, 2020,13(11):e237772.
- [7] ZOU Y, ZHAO L, ZHANG J, *et al.* Development and internal validation of machine learning algorithms for end-stage renal disease risk prediction model of people with type 2 diabetes mellitus and diabetic kidney disease[J]. *Ren Fail*, 2022,44(1):562-570.
- [8] 肖容,谢鑫,袁云华,等.维持性血液透析患者动静脉内瘘自我护理行为及基于随机森林模型的影响因素评价[J].*西部医学*,2021,33(8):1239-1244.
- [9] 齐俊锋,韩胜红,李俊琳,等.心血管病危险因素的风险特征分析及疾病预测模型研究[J].*现代预防医学*,2022,49(18):3283-3287.
- [10] LI W, SONG Y, CHEN K, *et al.* Predictive model and risk analysis for diabetic retinopathy using machine learning: a retrospective cohort study in China[J]. *BMJ Open*, 2021,11(11):50989.
- [11] 蓝潞杭,蒋炫东,王茂峰,等.随机森林模型预测急性心肌梗死后急性肾损伤[J].*中华急诊医学杂志*,2021,30(4):491-495.

- erative venous thromboembolism prophylaxis utilizing enoxaparin does not increase bleeding complications after abdominal body contouring surgery[J]. *Aesthet Surg J*, 2020, 40(9): 989-995.
- [11] CHEN Q, SHOU W, WU W, *et al.* Performance evaluation of thrombomodulin, thrombin-antithrombin complex, plasmin- $\alpha$ 2-antiplasmin complex, and t-PA; PAI-1 complex[J]. *J Clin Lab Anal*, 2019, 33(6): e22913.
- [12] 李佳媚, 刘三媛, 李若寒, 等. 重症患者 TAT/PIC 水平与机械通气使用率间的关系[J]. *西安交通大学学报: 医学版*, 2022, 43(6): 872-878.
- [13] 郝总, 潘杰, 杨文超, 等. Caprini 血栓评估模型和 RCOG 指南评分预测围产期孕妇静脉血栓栓塞症风险的价值比较[J]. *复旦学报: 医学版*, 2023, 50(2): 207-212.
- [14] GORSKI S, BARTNICKA M, CITKO A, *et al.* Microangiopathy in naifold videocapillaroscopy and its relations to sE-selectin, endothelin-1, and hsCRP as putative endothelium dysfunction markers among adolescents with Raynaud's phenomenon[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(5): 567.
- [15] RODRIGUES A T, RODRIGUES J T, RODRIGUES C T, *et al.* Association between thrombomodulin and high mobility group box 1 in sepsis patients[J]. *World J Crit Care Med*, 2020, 9(4): 63-73.
- [16] ZHANG J, XUE M, CHEN Y, *et al.* Identification of soluble thrombomodulin and tissue plasminogen activator-inhibitor complex as biomarkers for prognosis and early evaluation of septic shock and sepsis-induced disseminated intravascular coagulation [J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(10): 10170-10184.
- [17] ZENG X, YU G, LU Y, *et al.* PIC, a paediatric-specific intensive care database[J]. *Sci Data*, 2020, 7(1): 14.
- [18] KATAYAMA S, KOYAMA K, SHIMA J, *et al.* Thrombomodulin, plasminogen activator inhibitor-1 and protein C levels, and organ dysfunction in sepsis[J]. *Crit Care Explor*, 2019, 1(5): e0013.
- [19] LUAN Y, LIU Y, LIU X, *et al.* Coronavirus disease 2019 (COVID-19) associated coagulopathy and its impact on outcomes in Shenzhen, China: A retrospective cohort study[J]. *Thromb Res*, 2020, 195: 62-68.
- [20] COX E G M, DIEPERINK W, WIERSEMA R, *et al.* Temporal artery temperature measurements versus bladder temperature in critically ill patients, a prospective observational study[J]. *PLoS one*, 2020, 15(11): e0241846.
- [21] LUNDBECH M, KRAG A E, CHRISTENSEN T D, *et al.* Thrombin generation, thrombin-antithrombin complex, and prothrombin fragment F1+2 as biomarkers for hypercoagulability in cancer patients[J]. *Thromb Res*, 2020, 186: 80-85.
- (收稿日期: 2023-03-06; 修回日期: 2024-03-10; 编辑: 王小菊)

## (上接第 865 页)

- [12] LONG S, ZENG S, SHI Z, *et al.* Estimating the self-thinning boundary line for oak mixed forests in central China by using stochastic frontier analysis and a proposed variable density model [J]. *Ecol Evol*, 2022, 12(9): 9064.
- [13] CHO E S, MCCLELLAND P H, CHENG O, *et al.* Utility of d-dimer for diagnosis of deep vein thrombosis in coronavirus disease-19 infection [J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2021, 9(1): 47-53.
- [14] BELLESINI M, ROBERT-EBADI H, COMBESCURE C, *et al.* D-dimer to rule out venous thromboembolism during pregnancy: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Thromb Haemost*, 2021, 19(10): 2454-2467.
- [15] VILAR R, LUKOWSKI S W, GARIERI M, *et al.* Chemical Modulators of Fibrinogen Production and Their Impact on Venous Thrombosis[J]. *Thromb Haemost*, 2021, 121(4): 433-448.
- [16] VIOLI F, PIGNATELLI P, VESTRI A R, *et al.* The ADA (Age-D-Dimer-Albumin) Score to Predict Thrombosis in SARS-CoV-2[J]. *Thromb Haemost*, 2022, 122(9): 1567-1572.
- [17] 黄薇薇, 门岚, 刘花. 血浆纤维蛋白原、D 二聚体及 Caprini 风险评估模型预测脑胶质瘤术后下肢深静脉血栓栓塞症的价值对比 [J]. *中国实验诊断学*, 2021, 25(9): 1325-1328.
- [18] ZHANG Y, YI J, ZHANG R, *et al.* Risk Factors for Arteriovenous Fistula Thrombus Development: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Kidney Blood Press Res*, 2022, 47(11): 643-653.
- [19] 宋玮玮, 孙静. 基于 Caprini 风险评估模型的分级个性化护理对重症患者 DVT 的预防效果 [J]. *川北医学院学报*, 2022, 37(8): 1089-1092, 1096.
- [20] HAZELTINE M D, SCOTT E M, DORFMAN J D. An abbreviated Caprini model for VTE risk assessment in trauma[J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2022, 53(4): 878-886.
- [21] SUN W, AI D, YAO Y, *et al.* The application of Caprini Risk Assessment Model in evaluation of deep vein thrombosis for patients with end-stage osteoarthritis before arthroplasty[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 767.
- [22] PENG Y H, LIN Y S, CHEN C H, *et al.* Type 1 diabetes is associated with an increased risk of venous thromboembolism: A retrospective population-based cohort study[J]. *PLoS One*, 2020, 15(1): 226997.
- [23] 王超, 孙世伟, 杨光华, 等. 泌尿外科下肢深静脉血栓形成的危险因素分析 [J]. *临床泌尿外科杂志*, 2022, 37(8): 595-600.
- [24] 王莹, 白映雪. 不同气压治疗方案对预防老年糖尿病患者下肢深静脉血栓的应用效果 [J]. *血栓与止血学*, 2022, 28(3): 494-495.
- [25] KIMURA N, TSUCHIYA A, ODA C, *et al.* Portal Vein Thrombosis Associated with Trousseau Syndrome due to Urinary Bladder Squamous Cell Carcinoma in a Liver Cirrhosis Patient [J]. *Intern Med*, 2020, 59(16): 1971-1975.
- (收稿日期: 2023-03-16; 修回日期: 2023-12-10; 编辑: 王小菊)