[文章编号] 1671-587X(2026)04-1116-12 DOI:10.13481/j.1671-587X.20260424

COMPASS-CAT、Padua、Caprini和Khorana风险评估模型对肺癌患者静脉血栓栓塞预测效能比较

郭佳琪，徐 磊

（内蒙古医科大学附属医院呼吸与危重症学科，内蒙古 呼和浩特市 010000）

[摘 要] **目的：**探讨肺癌患者发生静脉血栓栓塞（VTE）的独立危险因素，阐明4种风险评估模型（RAM）对肺癌患者发生VTE预测及风险评估效能的优势，探讨肺癌患者发生VTE的最佳RAM，并评估各模型在不同病理类型肺癌中的预测价值。**方法：**收集2013年3月－2023年3月确诊肺癌的390例住院患者病历资料，将患者分为VTE组（130例）和非VTE组（260例）；收集所有肺癌患者的一般资料和临床资料，共纳入35个相关危险因素。通过Logistic回归分析筛选出肺癌患者发生VTE的独立危险因素，应用Khorana RAM、Caprini RAM、COMPASS-CAT RAM和Padua RAM对肺癌患者进行评分，绘制4种RAM的受试者工作特征（ROC）曲线并计算曲线下面积（AUC）；MedCalc软件分析比较4种RAM对肺癌患者发生VTE风险的预测价值，比较同一RAM对不同肺癌患者发生VTE风险预测概率。**结果：**逐步回归分析，静脉曲张［比值比（OR）=2.23，$P<0.05$］、COMPASS-CAT RAM≥7分（OR=9.332，$P<0.05$）、急性疾病入院（OR=2.732，$P<0.05$）、ZPS评分（OR=2.178，$P<0.05$）和D-二聚体（OR=3.034，$P<0.05$）是肺癌患者发生VTE的独立危险因素。ROC曲线：COMPASS-CAT RAM对肺癌患者发生VTE的预测效能（AUC=0.742）显著优于Caprini RAM（AUC=0.613）、Khorana RAM（AUC=0.558）和Padua RAM（AUC=0.642）。MedCalc软件分析，4种RAM预测不同类型肺癌患者发生VTE方面比较差异无统计学意义（$P>0.05$）。**结论：**静脉曲张、COMPASS-CAT RAM≥7分、急性疾病入院、D-二聚体和ZPS评分是肺癌患者发生VTE的独立危险因素。COMPASS-CAT RAM对肺癌患者发生VTE风险预测价值高于其他3种RAM。4种RAM对肺腺癌、肺鳞癌和小细胞肺癌发生VTE预测效能比较无显著差别。

[关键词] 静脉血栓栓塞；COMPASS-CAT风险评估模型；Khorana风险评估模型；Caprini风险评估模型；Padua风险评估模型；肺肿瘤

[中图分类号] R563.5 [文献标志码] A

[收稿日期] 2025-08-28 [录用日期] 2025-12-31

[基金项目] 内蒙古自治区科技厅科技计划项目（2022YFSH0092）；内蒙古自治区教育厅高等学校科学研究项目（NJZY23150）；内蒙古自治区科技厅自然科学基金项目（2023MS08014）；内蒙古医学科学院公立医院科研联合基金科技项目（2024GLLH0291）；呼吸疾病全国重点实验室2026年度开放课题项目（SKLRD-OP-202603）

[作者简介] 郭佳琪（1998－），女，内蒙古自治区乌兰察布市人，住院医师，主要从事呼吸病学基础和临床方面的研究。

[通信作者] 徐 磊，主任医师，硕士研究生导师（E-mail：Lxu81@126.com）

©《吉林大学学报（医学版）》编辑部，开放获取遵循CC BY-NC-ND协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University（Medicine Edition）. Open access under CC BY-NC-ND license.

Comparison of predictive performance of risk assessment models of COMPASS-CAT, Padua, Caprini, and Khorana for venous thromboembolism in lung cancer patients

GUO Jiaqi, XU Lei

(Department of Respiratory and Critical Care, Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, China)

ABSTRACT **Objective**: To investigate the independent risk factors for venous thromboembolism (VTE) in lung cancer patients, clarify the respective advantages of four risk assessment models (RAM) in predicting and assessing the risk of VTE occurrence in lung cancer patients, explore the most suitable RAM for predicting VTE occurrence in lung cancer patients, and to evaluate the predictive value of each model in different pathological types of lung cancer. **Methods**: A total of 390 lung cancer patients admitled to hospital from Mar. 2013 to Mar. 2013 were included in this study, with 130 cases allocated to VTE group and 260 cases to non-VTE group based on their medical records. The general and clinical data characteristics of all lung cancer patients were collected, and 35 related risk factors were included. The independent risk factors of lung cancer patients with VTE were screened by Logistic regression analysis. Khorana RAM, Caprini RAM, COMPASS-CAT RAM and Padua RAM were used to score the lung cancer patients. The receiver operating characteristic (ROC) curves of the four RAM were plotted and the area under curve (AUC) was caculated; MedCalc software was used to analyze and compare the predictive value of the four RAM for VTE risk in the lung cancer patients, and to compare the prediction probability of the same RAM in the different lung cancer patients. **Results**: The results from stepwise regression analysis showed that varicose veins [odds ratio (OR)=2.23, $P<0.05$)], COMPASS-CAT RAM≥7 points (OR=9.332, $P<0.05$), acute disease hospitalization (OR=2.732, $P<0.05$), ZPS score (OR=2.178, $P<0.05$), and D-dimer (OR=3.034, $P<0.05$) were independent risk factors for VTE in the lung cancer patients. The ROC curves were plotted for the four models, showing that COMPASS-CAT RAM's predictive performance for VTE occurrence in the lung cancer patients (AUC=0.742) was significantly superior to Caprini RAM (AUC=0.613), Khorana RAM (AUC=0.558), and Padua RAM (AUC=0.642). The analysis using MedCalc software revealed that there were no significant differences in the prediction of four kinds of RAM for VTE occurreuce in the lung cancer patients with different types ($P>0.05$). **Conclusion**: Varicose veins, COMPASS CATRAM≥7 points, acute disease hospitalization, D-dimer score and ZPS score are the independent risk factors for VTE. COMPASS-CAT RAM has higher predictive value for VTE risk in the lung cancer patients than Khorana RAM, Padua RAM and Caprini RAM. It is more suitable for the risk prediction of VTE occurrence in the lung cancer patients. There is no significant difference between four kinds of RAM in predicting VTE occurence in lung adenocarcinoma, squamous cell carcinoma and small cell lung cancer.

KEYWORDS Venous thromboembolism; COMPASS-CAT risk assessment model; Khorana risk assessment model; Caprini risk assessment model; Padua risk assessment model; Lung neoplasm

临床工作中常见的深静脉血栓（deep venous thrombosis, DVT）和肺栓塞（pulmonary embolism, PE）共同组成静脉血栓栓塞症（venous thromboembolism, VTE）。研究[1]显示：VTE是西方国家第三大最常见的心血管疾病。多项流行病学研究[2-4]表明：肺癌是VTE发病率最高的恶性肿瘤。VTE是一个重要的医疗问题，具有多种不良后果[5]。目前有指南[6-7]建议：临床医师应对癌症患者发生VTE进行适当评估和早期预防，其可以降低患者血栓形成的发生率和死亡率。当前筛查

方式相对昂贵，选择合适的临床评估方法可以减轻患者经济负担，提早筛查高危人群。近年来研究者[8]已经开发了风险评估模型（risk assessment model，RAM）对住院患者的VTE风险进行分层[8]。目前临床上常用的RAM包括Khorana RAM、Caprini RAM及Padua RAM等[6]。这3种模型预测VTE的有效性及实用性已被临床证实，但暂未被用于内科肺癌患者发生VTE的预测，需要大量病例信息进行前瞻性研究以及回顾性验证。COMPASS-CAT RAM是在2017年由GEROTZIAFAS等[9]在基于一项多中心、前瞻性、纵向、非干预性的研究中提出的新模型，其可以有效地筛出VTE中和低危组的肿瘤患者，且对常见实体肿瘤患者VTE发生风险有较好的预测效能，在肺癌中具有特定优势。尽管如此，该模型未被指南推荐使用，仍需大量研究不断证实其预测有效性，尤其对于我国肺癌患者。

基于此，本研究回顾分析了10年间本院确诊肺癌的住院患者病历资料，总结归纳肺癌患者发生VTE的危险因素，比较Khorana RAM、Caprini RAM、COMPASS-CAT RAM和Padua RAM对肺癌患者发生VTE的预测效能及价值，并对同一模型预测不同肺癌类型发生VTE进行比较，将肺癌患者VTE的发生风险可视化，对高危患者可采取早期针对性预防措施，加强肺癌患者临床管理的科学化和规范化，降低VTE发生率，保障患者安全。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集2013年3月－2023年3月内蒙古医科大学附属医院病理确诊肺癌的390例住院患者病历资料。本研究已通过内蒙古医科大学附属医院伦理委员会批准（伦理审批号：YJS2025067）。

1.2 纳入标准、排除标准和诊断标准 纳入标准：①成年患者经细胞学或病理确诊为肺癌；②住院接受化疗、放疗、靶向药物和抗血管生成药物等系统治疗；③病历信息完整。排除标准：①患者抗肿瘤治疗前已发生VTE；②患者入院48 h内死亡；③患者确诊肺癌但病理类型不明；④患者确诊为继发性肺癌；⑤患者入院前长期或近1周内曾使用抗凝药物；⑥患者病历资料及相关信息不完整；⑦患者确诊为除原发性肺癌的其他类型癌症。诊断标准：①肺癌按照《原发性肺癌诊疗规范（2018年版）》诊断标准。②肺癌分期：按照第8版国际肺癌TNM分期标准。③PE按照2018版《肺血栓栓塞症诊治与预防指南》诊断标准：CT肺动脉造影、核素肺通气/灌注扫描、磁共振肺动脉造影或肺动脉造影中任何一项检查为阳性；若超声发现右心系统（包括右心房、右心室及肺动脉）血栓，同时临床表现符合肺栓塞，可诊断PE。④DVT按照第3版《深静脉血栓形成的诊断和治疗指南》诊断标准，下肢彩色多普勒超声、CT静脉造影、磁共振静脉成像或静脉造影中任何一项检查为阳性即可诊断。

1.3 资料收集 借助医院医渡云大数据平台和电子病历借阅系统，回顾性调查并记录患者相关信息。通过查阅文献与专家共识，并结合临床实际工作经验，确定并收集影响结局指标的可能高危因素。

1.4 病历内容收集 一般资料：性别、年龄、吸烟史和体质量指数（body mass index，BMI）；肿瘤因素：肺癌类型、发生时间、总体力状况评分（Zubrod Performance Status，ZPS）、肿瘤分期、转移器官数量、中心静脉置管和治疗方式）；病史资料：肺部基础疾病、高血压、糖尿病、冠心病、脑血管疾病、房颤、心衰、呼衰、急性疾病入院、肺部感染、静脉曲张、手术史和高血脂；生化指标：白细胞、血红蛋白、D-二聚体、血小板计数、甘油三酯、低密度脂蛋白和总胆固醇；评分模型：Khorana RAM、Caprini RAM、COMPASS-CAT RAM及Padua RAM。本研究中某些危险因素赋予临界值均参照4种RAM中危险因素的临界值或本院化验指标临界值。

1.5 患者分组 试验组为肺癌并发VTE患者，对照组为肺癌不并发VTE患者。

1.6 评分模型 Khorana RAM是KHORANA等[10]在2008年首次开发的一种实体瘤门诊患者血栓风险评分模型。2019年美国临床肿瘤学会和临床实践指南推荐将Khorana RAM用于评估癌症门诊患者VTE的风险，并指出Khorana RAM≥3分门诊患者可考虑预防性抗凝，但不同肿瘤类型其准确性参差不齐。Caprini RAM最初是通过总结既往研究对于VTE风险分级而建立的一种针对内外科患者发生VTE的预测评分模型[11]，在临床工作中此模型的有效性和实用性得到了证实。Padua RAM适用于内科住院患者发生VTE的预测[12]。2018年相关指南已推荐应用，且本院住院患者常规进行以上2种评估。尽管Caprini RAM和Padua RAM均不是肿瘤相关预测模型，但其对恶性肿瘤患者VTE的发生具有一定预测价值，且Caprini

RAM比Padua RAM更敏感，特异性更低。COMPASS-CAT RAM是在2017年由GEROTZIAFAS等[9]基于一项多中心、前瞻性、纵向、非干预性的研究中提出的新模型，适用于乳腺癌、结直肠癌、卵巢癌和肺癌的门诊患者。

使用Khorana RAM[10]、Caprini RAM[11]、COMPASS-CAT RAM[9]和Padua RAM[12]对纳入本研究的肺癌患者进行评分，以高危组作为发生结局事件的可能高危因素纳入单因素分析。评分标准：Khorana RAM高危组≥3分、0分≤Khorana RAM中和低危组<3分；Caprini RAM高危组≥5分、0分≤Caprini RAM低危组<5分；COMPASS-CAT RAM高危组≥7分、0分≤COMPASS-CAT RAM低危组<7分；Padua RAM高危组≥4分、0分≤Padua RAM低危组为<4分。

1.7 统计学分析 采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。患者年龄和ZPS评分符合正态分布，以$\bar{x}\pm s$表示，2组间样本均数比较采用两独立样本t检验；D-二聚体不符合正态分布，以M（$P25$，$P75$）表示，组间比较使用秩和检验。性别和其他临床资料均为计数资料，以n（%）表示，组间比较采用χ^2检验，不满足χ^2检验时使用Fisher精确概率法。应用多因素Logistic回归分析发生本研究中结局事件的影响因素。应用Khorana RAM、Caprini RAM、COMPASS-CAT RAM及Padua RAM对纳入肺癌患者进行评估与比较，并对同一RAM预测不同肺癌类型发生VTE准确性进行比较。通过受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线分析，计算ROC曲线下面积（area under the curve，AUC）、灵敏度、特异度和约登指数等指标来评估比较4种RAM的预测效能，采用Delong检验进行AUC比较。以$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 患者一般资料 本研究共纳入390例符合纳入和排除标准的肺癌患者，以随机对照试验计算样本量，分为VTE组130例和非VTE组260例。在总人群中，肺腺癌181例，肺鳞癌156例，小细胞肺癌50例。VTE组患者中单纯PE 14例（10.8%），DVT 105例（80.8%），PE并发DVT 11例（8.4%）。研究对象的基线特征见表1～5。

VTE组和非VTE组患者在ZPS评分、肿瘤分期、肺部基础疾病、脑血管疾病、呼吸衰竭、心力衰竭、肺部感染、下肢静脉曲张、急性疾病入院、D-二聚体、甘油三酯≥2.26 mmol·L^{-1}、COMPASS-CAT RAM≥7分、Padua RAM≥4分、Caprini RAM≥5分和Khorana RAM≥3分比较差异有统计学意义（$P<0.05$），其余指标组间比较差异均无统计学意义（$P>0.05$），2组患者资料分布均衡。

表1 研究对象的一般资料

Tab.1 General informations of subjects [n(%)]

Variable	Non-VTE(n=260)	VTE (n=130)	χ^2/t	P
Age (year)	66.56±4.44	66.55±4.4	0.032	0.974
Gender			2.393	0.122
Male	135 (51.92)	79 (60.77)		
Female	125 (48.08)	51 (39.23)		
Smoking history			2.158	0.142
Yes	118 (45.38)	70 (53.85)		
No	142 (54.62)	60 (46.15)		
BMI(kg·m^{-2})			0.460	0.795
<25	23(8.85)	14(10.77)		
≥25	157(60.38)	75 (57.69)		
≥30	80 (30.77)	41 (31.54)		

2.2 肺癌患者发生VTE的独立危险因素分析 Logistic回归分析中筛选出的ZPS评分、肿瘤分期、肺部基础疾病、脑血管疾病、呼吸衰竭、心力衰竭、肺部感染、下肢静脉曲张、急性疾病入院、D-二聚体、甘油三酯≥2.26 mmol·L^{-1}、COMPASS-CAT RAM≥7分、Padua RAM≥4分、Caprini RAM≥5分和Khorana RAM≥3分纳入多因素Logistic回归分析，自变量与应变量赋值为“1”或“0”（如VTE为1，非VTE为0；呼吸衰竭：是为1，否为0）。经逐步回归分析结果显示：静脉曲张（OR=2.23）、COMPASS-CAT RAM≥7分（OR=9.332）、急性疾病入院（OR=2.732）、ZPS评分（OR=2.178）和D-二聚体（OR=3.034）是肺癌患者VTE发生的独立危险因素（$P<0.05$）。见表6。

2.3 4种RAM对肺癌患者发生VTE的预测效能 在4种RAM中，发生VTE的高危患者占比从高到低依次为：Caprini RAM（57.69%）、COMPASS-CAT RAM（56.15%）、Padua RAM（55.38%）、Khorana RAM（15.38%），见表5。为评估4种RAM的鉴别效度，使用绘制ROC曲线

表2 研究人群的肿瘤特征

Tab. 2 Tumor characteristics of subjects [$n(\eta/\%)$]

Variable	Non-VTE (n=260)	VTE (n=130)	χ^2/t	P
Lung cancer type			5.39	0.068
Adenocarcinoma	121(46.54)	60 (46.15)		
Squamous cell carcinoma	99 (38.08)	60 (46.15)		
Small cell lung cancer	40(15.38)	10 (7.69)		
Occurrence less than 6 months			0	1
Yes	201 (77.31)	100 (76.92)		
No	59 (22.69)	30 (23.08)		
Tumor stage			10.854	＜0.001
Ⅰ-Ⅱ	56 (21.54)	10 (7.69)		
Ⅲ-Ⅳ	204 (78.46)	120 (92.31)		
ZPS score	0.70±0.68	1.68±1.07	−9.115	＜0.001
Central venous catheterization			0.955	0.328
Yes	33 (12.69)	22 (16.92)		
No	227 (87.31)	108 (83.08)		
Number of transferred organ			Fisher	0.609
0	158 (60.77)	73 (56.15)		
1	69 (26.54)	42 (32.31)		
2	25 (9.62)	10 (7.69)		
3	8 (3.08)	5 (3.85)		
Treatment modalities			Fisher	0.673
Platinum-based chemotherapy	173 (66.54)	86 (66.15)		
Radiotherapy	15 (5.77)	5 (3.85)		
Chemotherapy targeted	34 (13.08)	16 (12.31)		
Surgical treatment	7 (2.69)	7 (5.38)		
Targeted	31 (11.92)	16 (12.31)		

的方法来计算AUC。AUC值为0.5～1.0，其值越接近1，表明模型区分度较好，如果AUC值大于0.7，则说明模型具有较好的区分能力。本研究结果显示：COMPASS-CAT RAM、Padua RAM、Khorana RAM和Caprini RAM对肺癌患者发生VTE预测效能的AUC差异有统计学意义（P＜0.05），AUC分别为0.742（95%CI：0.697～0.788）、0.642（95%CI：0.592～0.693）、0.558（95%CI：0.524～0.591）、0.613（95%CI：0.562～0.665）。COMPASS-CAT RAM的AUC大于Caprini RAM，差异有统计学意义（Z=3.656，P＜0.001）；COMPASS-CAT RAM的AUC大于Khorana RAM，差异有统计学意义（Z=6.134，P＜0.001）；COMPASS-CAT RAM的AUC大于Padua RAM，差异有统计学意义（Z=3.021，P=0.003）。见表7和图1。

2.4 4种RAM评估不同类型肺癌患者发生VTE的风险 在COMPASS-CAT RAM中，腺癌VTE患者高危组占比为22.10%，鳞癌VTE患者高危组占比为26.42%，小细胞肺癌VTE患者高危组占比为22.00%，差异均无统计学意义（P＞0.05）；在Padua RAM中，腺癌VTE患者高危组占比为39.78%，鳞癌VTE患者高危组占比为32.70%，小细胞肺癌VTE患者高危组占比为36.00%，差异均无统计学意义（P＞0.05）；在Khorana RAM中，腺癌VTE患者高危组占比为8.84%，鳞癌VTE患者高危组占比为7.55%，小细胞肺癌VTE患者高危组占比为4.00%，差异均无统计学意义（P＞0.05）；在Caprini RAM中，腺癌VTE患者高危组占比为43.09%，鳞癌VTE患者高危组占比为45.91%，小细胞肺癌VTE患者高危组占比为30.00%，差异均无统计学意义（P＞0.05）。

表3 研究对象的病史资料

Tab. 3 Medical history data of subjects

[n(%)]

Variable	Non-VTE (n=260)	VTE (n=130)	χ^2	P
Underlying pulmonary disease			6.754	0.009
Yes	20 (7.69)	22 (16.92)		
No	240 (92.31)	108 (83.08)		
Hypertension			2.808	0.094
Yes	60 (23.08)	41 (31.54)		
No	200 (76.92)	89 (68.46)		
Diabetes			0.032	0.858
Yes	25 (9.62)	14 (10.77)		
No	235 (90.38)	116 (89.23)		
Coronary heart disease			0.078	0.780
Yes	23(9.23)	15 (11.54)		
No	236 (90.77)	115(88.46)		
Cerebrovascular disease			16.142	<0.001
Yes	17 (6.54)	27 (20.77)		
No	243 (93.46)	103 (79.23)		
Respiratory failure			35.486	<0.001
Yes	3 (1.15)	23 (17.69)		
No	257 (98.85)	107 (82.31)		
Atrial fibrillation			Fisher	0.167
Yes	4 (1.54)	5 (3.85)		
No	256 (98.46)	125 (96.15)		
Heart failure			25.63	<0.001
Yes	6 (2.31)	22 (16.92)		
No	254 (97.69)	108 (83.08)		
Lung infection			28.154	<0.001
Yes	50 (19.23)	59 (45.38)		
No	210 (80.77)	71 (54.62)		
Varicose veins in the lower extremities			74.793	<0.001
Yes	6 (2.31)	23 (17.69)		
No	254 (97.69)	107 (82.30)		
Hyperlipidemia			Fisher	0.111
Yes	6(2.31)	9 (6.92)		
No	254 (97.69)	121 (93.08)		
Hospitalization for acute illness			54.935	<0.001
Yes	13 (5.00)	51 (39.23)		
No	247 (95.00)	79 (60.77)		
History of surgery			2.667	0.102
Yes	79 (30.38)	51 (39.23)		
No	181 (69.62)	79 (60.77)		

3 讨 论

本研究发现：静脉曲张、COMPASS-CAT RAM≥7分、急性疾病入院和D-二聚体和ZPS评分是肺癌患者发生VTE的独立危险因素。静脉曲张是慢性静脉疾病的重要表现，从小静脉曲张到静脉溃疡，几乎整个慢性静脉疾病病程都存在静脉曲张[13]。当静脉曲张患者在接受外科手术治疗后，下肢静脉曲张的存在会使Caprini RAM总分增加

表4 研究对象的生化指标

Tab. 4 Biochemical indicators of subjects [$n(\eta/\%)$]

Variable	Non-VTE (n=260)	VTE (n=130)	$\chi^2/t/Z$	P
White blood cell＞11×10^9 L^{-1}			2.289	0.130
Yes	25 (9.62)	20 (15.38)		
No	235 (90.38)	110 (84.62)		
Haemoglobin＜100 g·L^{-1}			0.094	0.759
Yes	57 (21.92)	26 (20.00)		
No	203 (78.08)	104 (80.00)		
Platelet≥350×10^9 L^{-1}			0.132	0.716
Yes	72 (27.69)	33 (25.38)		
No	188 (72.31)	97 (74.62)		
Total cholesterol≥6.22 mmol·L^{-1}			0.047	0.829
Yes	56 (21.54)	30 (23.08)		
No	204 (78.46)	100 (76.92)		
Low-density lipoprotein≥4.14 mmol·L^{-1}			0.110	0.741
Yes	102 (39.23)	48 (36.92)		
No	158 (60.77)	82 (63.08)		
Triglycerides≥2.26 mmol·L^{-1}			Fisher	＜0.001
Yes	0 (0)	7 (5.38)		
No	260 (100)	123 (94.62)		
D-dimer	0.49(0.36,0.64)	1.77(0.97,4.82)	−12.553	＜0.001

表5 研究对象的评分模型

Tab. 5 Scoring model of subjects [$n(\eta/\%)$]

RAM	n	COMPASSCAT RAM		Padua RAM		Khorana RAM		Caprini RAM	
		Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk
Non-VTE	260	240(92.31)	20(7.69)	190(73.08)	70(26.92)	250(96.15)	10(3.85)	169(65.00)	91(35.00)
VTE	130	57(43.85)	73(56.15)	58(44.62)	72(55.38)	110(84.62)	20(15.38)	55(42.31)	75(57.69)
χ^2		109.429		29.105		14.666		17.339	
P		＜0.001		＜0.001		＜0.001		＜0.001	

表6 肺癌患者发生VTE的多因素Logistic回归分析结果

Tab. 6 Multivariate Logistic regression analysis results of occurrence of VTE of lung cancer patients

Variable	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
Heart failure	1.621	0.922	3.087	0.079	5.056	0.829－30.831
Lung infection	0.693	0.394	3.094	0.079	2.000	0.924－4.329
Varicose veins in the lower extremities	0.802	0.372	4.641	0.031	2.230	1.075－4.627
COMPASS-CAT RAM≥7 points	2.233	0.397	31.711	＜0.001	9.332	4.289－20.304
Hospitalization for acute illness	1.005	0.372	7.286	0.007	2.732	1.317－5.668
ZPS score	0.778	0.256	9.241	0.002	2.178	1.319－3.598
D-dimer	1.110	0.216	26.369	＜0.001	3.034	1.986－4.634

1分进而导致VTE分级增加[14]。某些疾病发作的缓急也对VTE的发生概率产生影响，比如心力衰竭、呼吸衰竭、缺血性脑卒中和感染等疾病。本研究显示：心力衰竭、呼吸衰竭和肺部感染这些危险因素差异有统计学意义，但多因素Logistic回归分析结果提示组间差异无统计学意义，考虑可能由于

表7 4种RAM对肺癌患者发生VTE预测效能

Tab. 7 Prediction effecicies of VTE in lung cancer patients with four types of RAM

RAM	AUC	*SE*	*P*	95%CI	Sensitivity	Specificity	Youden's index	Positive predictive value	Negative predictive value
COMPASS-CAT	0.742	0.023	<0.001	0.697－0.788	0.562	0.923	0.485	0.785	0.808
Caprini	0.613	0.026	<0.001	0.562－0.665	0.577	0.65	0.227	0.667	0.754
Khorana	0.558	0.017	<0.001	0.524－0.591	0.154	0.962	0.116	0.452	0.694
Padua	0.642	0.026	<0.001	0.592－0.693	0.554	0.731	0.285	0.507	0.766

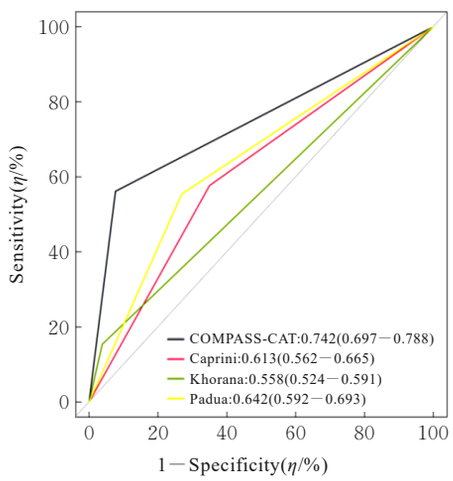


图1 4种RAM预测VTE的ROC曲线

Fig. 1 ROC curves of VTE predicted by four types of RAM

心力衰竭、呼吸衰竭及肺部感染常是肺癌患者由慢性心肺基础疾病发展而致，并非某种突发因素引起机体急性改变；也可能由于这些疾病常并发其他危险因素，如严重感染继发心力衰竭、晚期肿瘤恶病质继发心力衰竭和呼吸衰竭等[15]。

本研究VTE组患者D-二聚体的中位数为1.77（0.97，4.82）mg·L^{-1}，多因素分析显示D-二聚体是肺癌患者发生VTE的1个独立风险预测因子。在患有VTE的情况下，患者体内D-二聚体水平升高[16]，但升高的程度可能会因是否伴随PE而有所不同[17]。根据KOWALSKI等[18]的研究：D-二聚体水平超过0.860 mg·L^{-1}会显著增加患PE的风险。HASEGAWA等[19]研究结果表明，D-二聚体≥2.1 mg·L^{-1}有助于亚临床VTE诊断。虽然D-二聚体水平升高无法直接确诊VTE，但其可以对VTE的发生起到一定的提示作用，且因为其具有很高的敏感性[20]，因此具有良好的阴性预测价值，即对于临床低度和中度可疑VTE的患者，如果D-二聚体正常可基本排除VTE的发生[21-22]。

表8 4种RAM预测腺癌患者发生VTE风险

Tab. 8 Risk of VTE occurrence in patients with lung adenocarcinoma predicted by four RAMs [*n*(η/%)]

RAM	*n*	COMPASS-CAT RAM		Padua RAM		Khorana RAM		Caprini RAM	
		Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk
Non-lung adenoca-rcinoma	209	156(74.64)	53(25.36)	139(66.51)	70(33.49)	195(93.30)	14(6.70)	121(57.89)	88(42.11)
Lung Adenoca-rcinoma	181	141(77.90)	40(22.10)	109(60.22)	72(39.78)	165(91.16)	16(8.84)	103(56.91)	78(43.09)
χ^2		0.402		1.395		0.361		0.009	
P		0.526		0.238		0.548		0.925	

表9 4种RAM预测鳞癌患者发生VTE风险

Tab. 9 Risk of VTE occurrence in patients with squamous cell carcinoma predicted by four RAMs [*n*(η/%)]

RAM	*n*	COMPASS-CAT RAM		Padua RAM		Khorana RAM		Caprini RAM	
		Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk
Non-lung squamous cell carcinoma	231	180(77.92)	51(22.08)	141(61.04)	90(38.96)	213(92.21)	18(7.79)	138(59.74)	93(40.26)
Lung squamous cell carcinoma	159	117(73.58)	42(26.42)	107(67.30)	52(32.70)	147(92.45)	12(7.55)	86(54.09)	73(45.91)
χ^2		0.751		1.334		0.000		1.010	
P		0.386		0.248		1.000		0.315	

表10 4种RAM预测小细胞肺癌患者发生VTE风险

Tab. 10 Risk of VTE occurrence in patients with small cell lung cancer predicted by four RAMs [$n(\eta/\%)$]

RAM	n	COMPASS-CAT RAM		Padua RAM		Khorana RAM		Caprini RAM	
		Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk	Low risk	Risk
Non-small cell lung cancer	340	258(75.88)	82(24.12)	216(63.53)	124(36.47)	312(91.76)	28(8.24)	189(55.59)	151(44.41)
Small cell lung cancer	50	39(78.00)	11(22.00)	32(64.00)	18(36.00)	48(96.00)	2(4.00)	35(70.00)	15(30.00)
χ^2		0.023		0		Fisher		3.137	
P		0.88		1.000		0.401		0.077	

ZPS评分是临床上广泛使用的一种用于评估肿瘤患者功能状态的工具。对于住院的肺癌患者，常规治疗前需进行ZPS评分来评价患者整体情况[23-24]。一项回顾性研究[25]显示：在肺癌并发VTE的患者中，ZPS评分≥2分的患者占比高于ZPS评分＜2分患者。本研究结果显示：ZPS评分是肺癌患者发生VTE的一个独立风险预测因子。然而，ZPS评分主要靠主观考核，可能存在一定偏差，且ZPS评分并不能完全反映患者凝血状态和肿瘤生物学特性，所以应综合其他客观指标，比如结合D-二聚体水平和肿瘤分期等其他临床指标进行ZPS评分[26]，VTE的预测精确度可得到进一步提高。

COMPASS-CAT RAM适用于抗癌治疗开始后，包括与患者特征和并发症相关的VTE预测因子以及与癌症及其治疗相关的变量，该模型将患者分为VTE高危组和VTE中低危组。本研究中经多因素分析得出COMPASS-CAT RAM≥7分是VTE发生的独立危险因素，该模型的AUC值为0.742（95%CI：0.697～0.788），约登指数为0.485，大于其他3种RAM，说明COMPASS-CAT RAM预测肺癌发生VTE高危患者优于Padua RAM、Caprini RAM和Khorana RAM。本研究显示：COMPASS-CAT RAM敏感度为56%，但该模型特异度（92%）和阴性预测值（81%）均较高，表明COMPASS-CAT RAM可以有效地筛除VTE中低危组的肺癌患者。近年来，不少研究者基于COMPASS-CAT RAM对肺癌患者VTE进行回顾性或前瞻性评估，结果均与本研究相似。王延风等[27]研究证实了COMPASS-CAT RAM预测VTE发生风险的价值与效能。本研究结果显示：COMPASS-CAT RAM对肺癌患者VTE风险预测价值高于其他3种RAM，更适合于肺癌患者发生VTE的风险预测；这可能因为COMPASS-CAT RAM不仅纳入肿瘤相关因素变量，也充分整合了肺癌患者伴随的基础疾病或并发症，更加客观全面地反映肺癌发生VTE的风险。该模型的预测评估价值可适用于肺癌患者VTE风险筛查及监测，并应鼓励该模型的推广应用。但也有研究表示该模型校准度差。研究[28]显示COMPASS-CAT RAM具有中等鉴别度和良好的阴性预测值，但使用0～6及7分的定义临界值进行校准不佳，特异性较差。需要进一步开展该模型的前瞻性验证工作以取得最佳临界值。

2019年《美国临床肿瘤学会和临床实践指南》推荐将Khorana RAM用于评估癌症门诊患者VTE的风险[6, 29]。但近年来研究[30]表明：该模型对住院癌症患者评估具有一定局限性，预测效能不理想，但对肺癌患者的生存有预测价值。本研究中Khorana RAM的AUC值为0.558（95%CI：0.524～0.591），约登指数为0.116，低于其他3种RAM，说明Khorana RAM预测肺癌发生VTE高危患者不如其他3种RAM。虽然本研究中Khorana RAM特异度最高（96%），但灵敏度在4种RAM中最低（15%），这表明Khorana RAM无法有效识别肺癌发生VTE的高危患者，导致漏诊率较高，符合近年研究结果。YAN等[31]表示在肺癌患者中，Khorana RAM有较高的特异性，但临界值为2分的KRS缺乏高度的鉴别能力。尽管Khorana RAM原模型高风险临界值为3分，并且分层明确，但临床数据提示临界值为2分时，Khorana RAM无法区分新诊断的晚期肺癌患者VTE的高风险和中风险，其对这类患者VTE风险的分层能力为中等。Khorana RAM对高风险患者其预测价值不佳的一个原因可能是该量表最初是为癌症门诊患者设计的，因此其不包括住院期间可能发生的一些因素（如手术）[32]。其次，Khorana RAM中的BMI≥35 kg·m^{-2}，而美国人的平均BMI高于我国[33-34]，这可能降低了我国人群中Khorana RAM≥3分的患者数量。所以在使用该模型预测中国人群VTE时，需调整BMI的阈值才能提高该模型预测精准度。

Caprini RAM最初是通过总结既往研究对于VTE风险分级而建立的一种针对内外科患者发生VTE的预测评分模型[11]。尽管美国胸科医师学会制定的第9版《抗血栓治疗和血栓形成预防指南》[11]表明该模型可用于评估非骨科的手术患者发生VTE风险，但目前可用的Caprini RAM在内科住院患者中的验证研究[34]仍存在争议。本研究中Caprini RAM的AUC值为0.613（95%CI：0.562～0.665），约登指数为0.227，提示Caprini RAM预测肺癌发生VTE高危患者效果劣于Padua RAM和COMPASS-CAT RAM。虽然该模型在4种RAM中敏感度最高（57.7%），但特异度最低（65.0%），表明该模型对于预测肺癌发生VTE存在一定的误诊率，不是评估肺癌发生VTE的最佳模型。本研究显示：Caprini RAM≥5分是肺癌发生VTE的重要危险因素，但不是独立危险因素。这可能由于该模型包含39个VTE的相关危险因素，不仅包含内科、外科和急性疾病入院相关因素，还包含肿瘤、妊娠及骨科相关因素，涵盖面广，高危临界值偏低（5分），导致使用该模型预测特异度低，符合量表中较少因素即可达到高危临界值。但该模型在敏感度与特异度方面与Khorana RAM互补。

Padua RAM在内科住院患者发生VTE具有较好的预测效能[12]，并被2018版指南推荐应用。本院针对内科住院患者入院时常规使用Padua RAM进行VTE预测，但少有研究将其用于预测肺癌发生VTE。本研究中Padua RAM的AUC值为0.642（95%CI：0.592～0.693），约登指数为0.285，仅次于COMPASS-CAT RAM。该模型敏感度为55.4%，特异度为73.1%，表明Padua RAM对肺癌患者发生VTE的预测具有一定价值，但敏感度及特异度低于COMPASS-CAT RAM。梅茵等[35]研究显示：Padua RAM对老年肺癌患者VTE风险的预测敏感度（75.0%）及特异度（85.7%）均较高，且预测效能优于Khorana RAM、COMPASS-CAT RAM和Caprini RAM。在波兰关于保守治疗的肿瘤患者预防VTE相关指南中推荐使用Padua RAM来评估肿瘤患者发生VTE风险[36]。然而，ŁUKASZUK等[37]研究表明：该模型适用于内科住院患者，对于非肿瘤患者的预测较准确，但对于肿瘤患者应重新评估该模型的真实临床价值，并且需要修改评分系统以改善肿瘤住院患者的VTE风险分层。

由于非小细胞肺癌的临床发生率高于小细胞肺癌，且非小细胞肺癌患者的治疗方案多为化疗、放疗、免疫治疗、靶向药物和使用中心静脉置管等联合方案，以上治疗方式不同程度增加了VTE的发病风险。有研究[38]显示：静脉血栓的形成与肺癌的病理分型及临床分期存在相关性，非小细胞肺癌较小细胞肺癌更易形成血栓，而肺腺癌的血栓形成风险又高于肺鳞癌。大部分研究者基于肺癌全部患者或针对肺小细胞癌患者进行临床研究，很少有研究者使用该模型对不同肺癌类型的预测效能进行比较。本研究结果显示：Khorana RAM、Padua RAM、Caprini RAM和COMPASS-CAT RAM对肺腺癌、肺鳞癌及小细胞肺癌发生VTE的预测效能无显著差别。

综上所述，COMPASS-CAT RAM对肺癌患者发生VTE具有较好的预测效能，且可以有效地筛除VTE中低危组的肺癌患者，可用于预测住院治疗的肺癌患者发生VTE的风险。COMPASS-CAT RAM特异度及阴性预测值高、敏感度居中，预测VTE高危患者优于Padua RAM、Caprini RAM和Khorana RAM。该模型为临床医生提供了一个可靠的工具，可帮助临床工作者早期筛选出可能发生VTE的高危人群，并采取相应的干预措施，在临床病患中做到早预防、早治疗，从而降低肺癌患者VTE的发生率。

静脉曲张、COMPASS-CAT RAM≥7分、急性疾病入院、D-二聚体和ZPS评分是VTE发生的独立危险因素。COMPASS-CAT RAM对VTE风险预测价值高于Khorana RAM、Padua RAM和Caprini RAM，同时Khorana RAM、Padua RAM和Caprini RAM对于肺癌患者VTE的预测价值较低。Khorana RAM、Padua RAM、Caprini RAM和COMPASS-CAT RAM分别对肺腺癌、肺鳞癌及小细胞肺癌发生VTE预测效能无显著差别。

利益冲突声明：

所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明：

郭佳琪参与论文整体设计和论文撰写，徐磊参与论文撰写、统计学分析和论文审阅。

[参考文献]

[1] 侯铃宇. 肺癌患者并发静脉血栓栓塞症危险因素分析及

风险预测模型的研究[D]. 南昌：南昌大学，2022.
[2] 姚宇婷. 恶性肿瘤合并静脉血栓栓塞症临床特征及风险预测模型的评估[D]. 蚌埠：蚌埠医学院，2021.
[3] YAMASHITA Y, MORIMOTO T, KIMURA T. Venous thromboembolism: Recent advancement and future perspective[J]. J Cardiol, 2022, 79(1): 79-89.
[4] BLOM J W, DOGGEN C J M, OSANTO S. Malignancies, prothrombotic mutations, and the risk of venous thrombosis[J]. J Vasc Surg, 2005, 42(6): 1242.
[5] PATELL R, RYBICKI L, MCCRAE K R, et al. Predicting risk of venous thromboembolism in hospitalized cancer patients: Utility of a risk assessment tool[J]. Am J Hematol, 2017, 92(6): 501-507.
[6] 郭佳琪，徐 磊. 肺癌发生静脉血栓栓塞的风险评估模型的研究进展[J]. 临床医学进展，2025,15(1):1856-1863.
[7] ANGELINI D, KHORANA A A. Risk assessment scores for cancer-associated venous thromboembolic disease[J]. Semin Thromb Hemost, 2017, 43(5): 469-478.
[8] 陈依遥，刘 睿，朱爱勇. Gobbens整合模式视角下老年肺癌患者衰弱现状及影响因素的研究进展[J]. 国际老年医学杂志，2026，47(2)：229-233.
[9] GEROTZIAFAS G T, TAHER A, ABDEL-RAZEQ H, et al. A predictive score for thrombosis associated with breast, colorectal, lung, or ovarian cancer: the prospective COMPASS-cancer-associated thrombosis study[J]. Oncologist, 2017, 22(10): 1222-1231.
[10] 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.
[11] BARBAR S, NOVENTA F, ROSSETTO V, et al. A risk assessment model for the identification of hospitalized medical patients at risk for venous thromboembolism: the Padua Prediction Score[J]. J Thromb Haemost, 2010, 8(11): 2450-2457.
[12] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组，中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会，全国肺栓塞与肺血管病防治协作组. 肺血栓栓塞症诊治与预防指南[J]. 中华医学杂志，2018，98(14)：1060-1087.
[13] PIAZZA G. Varicose veins[J]. Circulation, 2014, 130(7): 582-587.
[14] LI R H, CHEN Z G, GUI L, et al. Varicose veins and risk of venous thromboembolic diseases: a two-sample-based Mendelian randomization study[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9: 849027.
[15] 刘雨婷. Wells评分、改良Wells评分联合D-二聚体对肿瘤患者合并下肢深静脉血栓的预测价值[D]. 长春：吉林大学，2022.
[16] MA M S, CAO R, WANG W, et al. The D-dimer level predicts the prognosis in patients with lung cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. J Cardiothorac Surg, 2021, 16(1): 243.
[17] 张 毅，赵 卉，刘云峰，等. 下肢深静脉血栓形成后发生肺栓塞的危险因素分析[J]. 临床肺科杂志，2019，24(5)：790-793.
[18] KOWALSKI J, JĘDRZEJCZYK J T, BARYLSKI M, et al. Value of D-dimer and HDL cholesterol concentrations in predicting the occurrence of acute pulmonary embolism[J]. Pol Merkur Lekarski, 2016, 40(239): 283-287.
[19] HASEGAWA M, WADA H, YAMAGUCHI T, et al. The evaluation of D-dimer levels for the comparison of fibrinogen and fibrin units using different D-dimer kits to diagnose VTE[J]. Clin Appl Thromb Hemost, 2018, 24(4): 655-662.
[20] JAIN S, KHERA R, SUNEJA M, et al. Role of D-dimer assays in the diagnostic evaluation of pulmonary embolism[J]. Am J Med Sci, 2015, 350(6): 501-507.
[21] 梅 茵，黄立学，刘 晔，等. 老年肺癌患者静脉血栓栓塞症风险预测工具的比较研究[J]. 中华护理杂志，2023，58(19)：2333-2338.
[22] 苏俐玫，毛溪悦，阳丽梅. 肺癌患者静脉血栓栓塞预防的疗效与安全性的meta分析[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences，2023，32(10)：852-860.
[23] DI W J, XU H T, XUE T, et al. Advances in the prediction and risk assessment of lung cancer-associated venous thromboembolism [J]. Cancer Manag Res, 2021, 13: 8317-8327.
[24] KAWAKADO K, TSUBATA Y, HOTTA T, et al. Risk factors for bleeding events in Japanese patients with advanced lung cancer: data from the rising-VTE/NEJ037 study[J]. Cancers, 2024, 16(2): 301.
[25] YAN A R, SAMARAWICKREMA I, NAUNTON M, et al. Risk factors and prediction models for venous thromboembolism in ambulatory patients with lung cancer[J]. Healthcare (Basel), 2021, 9(6): 778.
[26] WANG Y F, MA F, LIU B L, et al. Risk prediction of venous thromboembolism in non-small cell lung cancer patients based on COMPASS-CAT risk assessment model[J]. Chin J Oncol, 2020, 42(4): 340-345.
[27] SPYROPOULOS A C, ELDREDGE J B, ANAND L N, et al. External validation of a venous thromboembolic risk score for cancer outpatients with solid tumors: the

COMPASS-CAT venous thromboembolism risk assessment model[J]. Oncologist, 2020, 25(7): e1083-e1090.

[28] 王 娟，刘勇世，倪云峰，等. 基于随机森林算法的老年肺癌根治术后复发和转移的预测模型构建与验证[J]. 国际老年医学杂志，2024，45(6)：662-668.

[29] 赵乐乐. COMPASS-CAT、Padua与Khorana风险评估模型对肺癌患者静脉血栓栓塞症预测效果比较[D]. 太原：山西医科大学，2022.

[30] YAN A R, SAMARAWICKREMA I, NAUNTON M, et al. Models for predicting venous thromboembolism in ambulatory patients with lung cancer: a systematic review protocol[J]. BMJ Open, 2021, 11(12): e055322.

[31] HU Y H, LI X Q, ZHOU H X, et al. Comparison between the Khorana prediction score and Caprini risk assessment models for assessing the risk of venous thromboembolism in hospitalized patients with cancer: a retrospective case control study[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2020, 31(4): 454-460.

[32] TSUBATA Y, KAWAKADO K, HAMAI K, et al. Identification of risk factors for venous thromboembolism and validation of the Khorana score in patients with advanced lung cancer: based on the multicenter, prospective Rising-VTE/NEJ037 study data[J]. Int J Clin Oncol, 2023, 28(1): 69-78.

[33] ZHOU H X, HU Y H, LI X Q, et al. Assessment of the risk of venous thromboembolism in medical inpatients using the Padua prediction score and caprini risk assessment model[J]. J Atheroscler Thromb, 2018, 25(11): 1091-1104.

[34] 唐 敏，毛孝容，李 敏，等. Caprini与Khorana风险评估量表对恶性肿瘤患者发生静脉血栓栓塞症的预测价值[J]. 实用医院临床杂志，2023，20(6)：178-181.

[35] KRASIŃSKI Z, KRASIŃSKA B, DZIECIUCHOWICZ Ł, et al. Heparins in cancer-associated venous thrombosis[J]. Pol Arch Intern Med, 2016, 126(6): 419-429.

[36] ŁUKASZUK R F, DOLNA-MICHNO J, PLENS K, et al. The comparison between Caprini and Padua VTE risk assessment models for hospitalised cancer patients undergoing chemotherapy at the tertiary oncology department in Poland: is pharmacological thromboprophylaxis overused? [J]. Contemp Oncol (Pozn), 2018, 22(1): 31-36.

[37] HOWARD L. Acute pulmonary embolism[J]. Clin Med (Lond), 2019, 19(3): 243-247.