·临床研究·

基于列线图构建中等长度导管相关性血栓风险预测模型的研究*

张　静[1]，刘家红[1]，邓美蓉[2]，孟　琰[3]，秦玉菊[1]
（深圳市南山区人民医院：1. 急诊重症监护室；2. 神经外科；3. 重症医学科，广东 深圳 518052）

［摘　要］ **目的**　探讨中等长度导管（MC）相关性血栓（CRT）的危险因素，并构建预测模型，为临床预防和管理提供参考依据。**方法**　采用回顾性队列研究设计，基于便利抽样法选取 2022 年 1 月至 2024 年 12 月在广东省深圳市某三级甲等医院就诊并留置 MC 的患者作为研究对象，按建模组与验证组 8∶2 的划分原则，纳入 2022 年 1 月至 2024 年 5 月患者 573 例作为建模组，2024 年 6—12 月患者 153 例作为验证组进行时间外部验证。采用单因素分析和多因素 logistic 回归模型分析筛选危险因素，并构建列线图预测模型。通过受试者工作特征（ROC）曲线、校准曲线、决策曲线评估模型的预测效能。**结果**　建模组患者中发生血栓 94 例，发生率为 16.4%。超重或肥胖、血栓史、穿刺次数大于或等于 2 次、送管次数大于或等于 2 次是发生 MC-CRT 的独立危险因素（$P<0.05$）。预测模型的 ROC 曲线下面积为 0.827，具有良好的一致性（平均绝对误差 0.032），在阈值概率 0.1～0.8 内具有良好的临床应用价值，预测准确率为 86.3%。**结论**　基于列线图构建的 MC-CRT 风险预测模型具有较好的预测效能，可为临床识别高危患者和制定个体化预防措施提供参考依据。

［关键词］ 中等长度导管；　导管相关性血栓；　预测模型；　列线图
DOI：10.3969/j.issn.1009-5519.2026.07.018　　**中图法分类号**：R472.9
文章编号：1009-5519(2026)07-1534-07　　**文献标识码**：A

Research on construction of a risk prediction model for medium-length catheter-related thrombosis based on the logistic regression chart*

Zhang Jing[1], *Liu Jiahong*[1], *Deng Meirong*[2], *Meng Yan*[3], *Qin Yuju*[1]
(1. *Emergency Intensive Care Unit*; 2. *Department of Neurosurgery*; 3. *Intensive Care Unit*, *Shenzhen Nanshan People's Hospital*, *Shenzhen*, *Guangdong* 518052, *China*)

［**Abstract**］ **Objective**　To explore the risk factors associated with medium-length catheter(MC)-related thrombosis(CRT) and to construct a predictive model to provide reference for clinical prevention and management. **Methods**　A retrospective cohort study design was adopted. Patients who were admitted to a tertiary hospital in Shenzhen, Guangdong Province from January 2022 to December 2024 and had MC inserted were selected as the research subjects using convenience sampling. According to the principle of dividing into modeling group and validation group in a ratio of 8∶2, 573 patients from January 2022 to May 2024 were included as the modeling group, and 153 patients from June to December 2024 were included as the validation group for external time validation. Univariate analysis and multivariate logistic regression model were used to screen risk factors, and a nomogram predictive model was constructed. The predictive efficacy of the model was evaluated by receiver operating characteristic(ROC) curve, calibration curve, and decision curve. **Results**　Among the patients in the modeling group, 94 cases developed thrombosis, with an incidence rate of 16.4%. Being overweight or obese, having a history of thrombosis, having more than 2 punctures, and having more than 2 insertions were independent risk factors for MC-CRT($P<0.05$). The area under the ROC curve of the predictive model was 0.827, with good consistency(average absolute error 0.032), and had good clinical application value within the threshold probability of 0.1 to 0.8, with a prediction accuracy of 86.3%. **Conclusion**　The MC-CRT risk prediction model constructed based on the nomogram has good predictive efficacy and can provide reference for clinical identification of high-risk patients and formulation of individualized preventive measures.

［**Key words**］ Medium-length catheter;　Catheter-related thrombosis;　Predictive model;　Nomogram

---

*　**基金项目**：广东省深圳市南山区教育（卫生）科技项目（NS2023108）；华中科技大学协和深圳医院院级课题项目（YN2022041）。
网络首发　https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20260510.0853.002(2026-05-11)
引用格式：张静，刘家红，邓美蓉，等. 基于列线图构建中等长度导管相关性血栓风险预测模型的研究[J]. 现代医药卫生，2026，42(7)：1534-1540.

中等长度导管(MC)自 20 世纪 50 年代开始在临床应用[1],其为长 20～30 cm 的外周静脉置管工具,从贵要静脉、头静脉或肱静脉置入,导管尖端位于腋窝水平或肩下部[2],改良型 MC 导管尖端可延伸至锁骨下静脉。作为新兴血管通路装置 MC 可满足部分住院患者对血管通路装置的需要,已逐渐推广使用。有研究表明,导管相关性血栓(CRT)是 MC 主要并发症之一,发生率为 1.0%～11.8%[3-4]。CRT 的发生会导致患肢疼痛、肿胀和功能障碍,严重影响患者生活质量并延长住院时间[5]。CRT 影响明显,需科学预测和预防,美国静脉输液护理学会标准也强调了 CRT 风险评估的重要性[6]。针对 CRT 风险评估工具的构建,目前研究主要集中于经外周静脉置入中心静脉导管(PICC)患者群体。由于 MC 与 PICC 在导管尖端位置[6]、使用周期[6]、血栓发生率[7-8]方面存在明显差异,现有 PICC 研究结果难以直接用于 MC 患者,亟须构建专门针对 MC 的风险预测工具。近年来,虽有学者识别了特定人群(如急危重症、炎症性肠病患者)MC-CRT 的危险因素[9-10],但这些研究仅停留在危险因素识别层面,尚缺乏经验证的预测模型用于临床个体化风险评估。

列线图作为一种成熟的风险预测建模工具,能整合多个危险因素并提供个体化风险概率,相比简单评分表可精确量化各因素权重,相比机器学习算法具有更好的临床可解释性,其可视化特征便于医护人员快速判读,具有良好的临床实用性。本研究探索了 MC-CRT 的独立危险因素,构建并验证了列线图预测模型,旨在为临床风险筛查和早期干预提供科学依据。

1　资料与方法

1.1　资料

1.1.1　研究对象　采用回顾性队列研究设计,基于便利抽样法选取 2022 年 1 月至 2024 年 12 月在广东省深圳市某三级甲等医院就诊并留置 MC 的患者作为研究对象。

1.1.2　纳入标准　(1)年龄大于或等于 18 岁;(2)超声引导下完成 MC 置管;(3)MC 留置时间大于或等于 3 d;(4)出院前已拔管或可获得完整的维护随访记录。

1.1.3　排除标准　(1)同时留置其他中心静脉导管(CVC);(2)相关人口学特征、临床信息不完整。

1.2　方法

1.2.1　样本量计算　采用 Riley 等[11]提出的预测模型样本量计算方法,使用 R 语言 pmsampsize 包进行计算。依据结局为二分类变量,样本量计算需适配预测因子效应估计偏倚控制(B1)、总体风险估计精度(B2)、区分度 C-index 估计精度(B3)、过拟合控制/收缩因子(B4)4 项标准取最大值作为最终样本量需求。计算相关参数设定:疾病发生的总体比例为 11.8%[3],候选预测参数(β 项)7 个[12],参考既往模型的 C-index 值为 0.76[12](对应 Cox-Snell R2 取 0.13),收缩因子设为 0.9。依据 B1、B2、B3、B4 标准计算开发模型所需样本量分别为 291、169、294、425 例,故开发模型样本量应达到 425 例(由 B4 标准决定)。根据 20 倍每个预测变量的事件数(EPP)经验法则[11],模型最终预计纳入 7 个预测参数(β 项),对应的阳性事件最少应达到 140 例(7×20=140)。最终回顾性纳入 2022 年 1 月至 2024 年 5 月符合纳入、排除标准的 573 例患者作为建模组,发生 CRT 事件 94 例,超过预设样本量要求。模型实际纳入 4 个独立预测因子,实际 EPP 为 23.5(94/4),满足理想标准(EPP≥20)。按 8∶2 比例进行时间分割验证[13-14],选取 2024 年 6 月至 12 月符合纳/排标准的 153 例患者作为验证组,用于评价模型的外部有效性。

1.2.2　数据收集　由 2 名经培训的护士收集资料。根据文献研究结果获得已知的可能为 CRT 的风险因素,结合医院现有数据库中可获取的数据制定 MC 留置数据收集表:(1)患者一般资料信息包括年龄、性别、体重指数(BMI)、基础臂围等;(2)既往病史信息包括冠心病史、高血压史、糖尿病史、血栓史、近 3 个月内手术史、重大创伤史、化疗史、CVC 或 PICC 置管史等;(3)现病史包括主要诊断为肿瘤或非肿瘤性疾病、出血或非出血性疾病等;(4)导管置管情况包括穿刺静脉、置入血管内径(以穿刺处血管为准)、穿刺针数、送导管次数、留置时间等;(5)导管留置期间治疗情况包括使用抗凝药物、促凝药物、血管收缩药物、血管舒张药物、镇静类药物、抗生素、高渗药物等;(6)置管当天或前后 2 d 内实验室检查项目结果包括 D-二聚体、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、血小板计数(Plt)、纤维蛋白原(Fg)、红细胞(RBC)、白细胞(WBC)、C 反应蛋白(CRP)等。

1.2.3　血栓判断方法　根据患者是否发生 MC-CRT 分为血栓组(94 例)和无血栓组(479 例)。血栓判断标准:(1)病例记录患者置管侧肢体出现肿胀、麻木、疼痛、皮肤温度升高等不适[6];(2)病例记录患者导管阻塞并使用溶栓药物;(3)上肢静脉彩色多普勒超声检查结果显示血栓形成[15];(4)拔管后可见附壁血栓或导管内血栓。

1.3　统计学处理

应用 SPSS25.0 统计软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,不符合正态分布计量资料以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示,计数资料以率或构成比表示,分别采用 t 检验、非参数检验、χ^2 检验等。本研究纳入分析的患者临床资料完整,无缺失数据。在进行 logistic 回归模型分析前采用 Box-Tidwell 法检验连续变量与 logit(P)的线性关系,采用方差膨胀因子(VIF)检验多重共线性。以是否发生血栓为因变量(发生血栓=1,未发生血栓=0),将单因素分析中 $P<0.05$ 的变量作为候选自变量纳入多因素 logistic 回归模型分析筛选影响 MC-CRT 形成的独立危险因素。采用 R 4.4.0 软件构建列线图,以是

否发生血栓为因变量、以多因素 logistic 回归分析有统计学差异的变量为自变量进行列线图分析。通过校准曲线、受试者工作特征(ROC)曲线、临床决策曲线(DCA)对模型进行评价。模型判断标准:校准曲线显示模型预测值与实际观察值具有良好一致性表明模型具有良好的校准度[16];ROC 曲线下面积(AUC)≥0.7 表示模型具有良好的区分度[17];DCA 曲线显示净获益大于 0 表明模型具有一定的临床应用价值[18]。纳入回归的自变量均为分类变量,赋值情况见表 1。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1　自变量赋值情况

变量	赋值说明
BMI	<24 kg/m^2=0,≥ 24 kg/m^2=1
高血压史	无=0,有=1
血栓史	无=0,有=1
CVC 或 PICC 置管史	无=0,有=1
诊断为肿瘤性疾病	否=0,是=1
诊断为出血性疾病	否=0,是=1
穿刺次数	1 次=0,≥2 次=1
送管次数	1 次=0,≥2 次=1
留置时间	≤28 d=0,>28～60 d=1,>60 d=2
使用抗凝药物	无=0,有=1
使用血管舒张药物	无=0,有=1

2　结　　果

2.1　建模组与验证组患者一般资料　建模组患者中男 313 例(54.6%),女 260(45.4%);年龄 22～100 岁,平均(66.07±18.32)岁;发生血栓 94 例,血栓发生率为 16.4%。验证组患者中男 80 例(52.3%),女 73(47.7%);年龄 19～89 岁,平均(60.01±16.21)岁。

2.2　MC-CRT 影响因素单因素分析　血栓组与无血栓组患者 BMI、血栓史、是否诊断为肿瘤性疾病、穿刺次数、送管次数、留置时间、抗凝药物使用比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3　MC-CRT 相关危险因素的多因素 logistic 回归模型分析　共线性诊断显示各自变量 VIF 值均在可接受范围内(<5),未见多重共线性。超重或肥胖、血栓史、穿刺次数大于或等于 2 次、送管次数大于或等于 2 次为 MC-CRT 形成的独立危险因素($P<0.05$)。见表 3。

2.4　MC-CRT 危险因素列线图　各因素不同数值对应的评分和预测概率见图 1。总得分越高表示发生 MC-CRT 的风险越大。列线图预测模型使用方法为在图中第一行找到患者的各项指标(超重或肥胖、血栓史、穿刺次数大于或等于 2 次、送管次数大于或等于 2 次),将每个指标垂直对应到“得分”一行获得相应分值,计算所有指标分值之和得到总分,然后在“总分”一行找到该总分,向下垂直划线与最下方“血栓风险”一行相交处即为该患者发生 MC-CRT 的预测概率,如某患者存在血栓史和穿刺次数大于或等于 2 次 2 个危险因素,从图中可见血栓史对应约为 90 分,穿刺次数大于或等于 2 次对应约为 85 分,总分为 175 分,在总分处向下垂直划线可得预测血栓风险约为 0.4(40%)。

表 2　MC-CRT 影响因素单因素分析

项目	有血栓组(n=94)	无血栓组(n=479)	$\chi^2/Z/t$	P
性别[n(%)]			0.006	0.937
男	51(54.3)	262(54.7)		
女	43(45.7)	217(45.3)		
年龄[$M(P_{25},P_{75})$,岁]	75(63,84)	70(53,81)	−1.395	0.163
BMI[n(%)]			43.619	<0.001
正常或消瘦(BMI<24 kg/m^2)	43(45.7)	377(78.7)		
超重或肥胖(BMI≥24 kg/m^2)	51(54.3)	102(21.3)		
冠心病史[n(%)]			0.016	0.898
有	17(18.1)	84(17.5)		
无	77(81.9)	395(82.5)		
糖尿病史[n(%)]			1.768	0.184
有	35(37.2)	145(30.3)		
无	59(62.8)	334(69.7)		
高血压史[n(%)]			3.325	0.068
有	55(58.5)	231(48.2)		
无	39(41.5)	248(51.8)		
血栓史[n(%)]			34.987	<0.001
有	23(24.5)	27(5.6)		
无	71(75.5)	452(94.4)		
近 3 个月内手术史[n(%)]			0.100	0.752
有	30(31.9)	145(30.3)		
无	64(68.1)	334(69.7)		
重大创伤史[n(%)]			2.112	0.146
有	8(8.5)	23(4.8)		
无	86(91.5)	456(95.2)		

续表 2　MC-CRT 影响因素单因素分析

项目	有血栓组（n=94）	无血栓组（n=479）	$\chi^2/Z/t$	P
化疗史[n(%)]			0.031	0.859
有	13(13.8)	63(13.2)		
无	81(86.2)	416(86.8)		
CVC 或 PICC 置管史[n(%)]			2.996	0.083
有	37(39.4)	145(30.3)		
无	57(60.6)	334(69.7)		
诊断为肿瘤性疾病[n(%)]			12.486	＜0.001
是	14(14.9)	159(33.2)		
否	80(85.1)	320(66.8)		
诊断为出血性疾病[n(%)]			6.014	0.014
是	36(38.3)	124(25.9)		
否	58(61.7)	355(74.1)		
置管肢体[n(%)]			0.019	0.891
右上肢	56(59.6)	289(60.3)		
左上肢	38(40.4)	190(39.7)		
置入血管内径[n(%)]			0.260	0.610
≥8 F	14(14.9)	62(12.9)		
＜8 F	80(85.1)	417(87.1)		
穿刺次数[n(%)]			30.729	＜0.001
≥2 次	43(45.7)	92(19.2)		
1 次	51(54.3)	387(80.8)		
送管次数[n(%)]			45.901	＜0.001
≥2 次	30(31.9)	36(7.5)		
1 次	64(68.1)	443(92.5)		
留置时间[$M(P_{25},P_{75})$，d]	27(18，38)	18(10，35)	−2.269	0.023
药物使用情况[n(%)]				
抗凝药物			45.871	＜0.001
有	51(54.3)	99(20.7)		
无	43(45.7)	380(79.3)		
促凝药物			1.870	0.171
有	23(24.5)	88(18.4)		
无	71(75.5)	391(81.6)		
血管收缩药物			0.588	0.443
有	15(14.4)	84(17.5)		
无	89(85.6)	395(82.5)		
血管舒张药物			3.170	0.075
有	48(51.1)	197(41.1)		
无	46(48.9)	282(58.9)		
镇静类药物			0.388	0.533
有	25(26.6)	113(23.6)		
无	69(73.4)	366(76.4)		
抗生素			0.003	0.956
有	70(74.5)	358(74.7)		
无	24(25.5)	121(25.3)		
高渗药物			1.306	0.253
有	62(66.0)	344(71.8)		
无	32(34.0)	135(28.2)		
D-二聚体（$\bar{x}\pm s$，μg/mL）	3.99±4.75	3.61±4.04	−0.369	0.712
PT（$\bar{x}\pm s$，s）	14.13±1.44	14.72±4.00	0.619	0.536
APTT（$\bar{x}\pm s$，s）	36.86±6.86	38.25±8.18	0.703	0.483
Plt（$\bar{x}\pm s$，$\times10^9$ L^{-1}）	263.06±121.77	234.05±126.17	−0.939	0.350
Fg（$\bar{x}\pm s$，g/L）	3.55±1.61	4.29±2.79	1.111	0.268

续表 2　MC-CRT 影响因素单因素分析

项目	有血栓组(n=94)	无血栓组(n=479)	$\chi^2/Z/t$	P
RBC($\bar{x}\pm s$,$\times10^{12}$ L^{-1})	3.47±0.55	3.28±0.77	−1.326	0.198
WBC($\bar{x}\pm s$,$\times10^{9}$ L^{-1})	8.64±2.93	9.71±4.79	0.936	0.350
CRP($\bar{x}\pm s$,mg/L)	29.86±29.00	38.5±39.88	0.899	0.370

2.5　列线图风险预测模型评价与内部验证

2.5.1　区分度　预测模型具有良好的判别能力，AUC 为 0.827(95%*CI* 0.735～0.919)。见图 2。在最佳截断点(0.055)处，预测模型的灵敏度和特异度分别为 0.889、0.657，约登指数为 0.546，具有较高的诊断价值。

2.5.2　校准度　建模组经 Bootstrap 验证(重复 1 000 次)后表观校准线、偏差校正校准线均与理想校准线(对角线)接近，平均绝对误差为 0.032，预测模型具有良好的校准度。见图 3。

表 3　MC-CRT 相关危险因素的多因素 logistic 回归模型分析

指标	回归系数	标准误	χ^2	P	优势比(OR)	95%可信区间(95%CI)
超重或肥胖	1.899	0.569	11.150	0.001	6.678	2.191～20.354
血栓史	1.719	0.771	4.968	0.026	5.582	1.231～25.316
穿刺次数大于或等于 2 次	1.171	0.575	4.152	0.042	3.226	1.046～9.956
送管次数大于或等于 2 次	2.456	0.786	9.768	0.002	11.663	2.499～54.432
常量	−3.990	0.541	54.471	<0.001	—	—

注：—表示无此项。

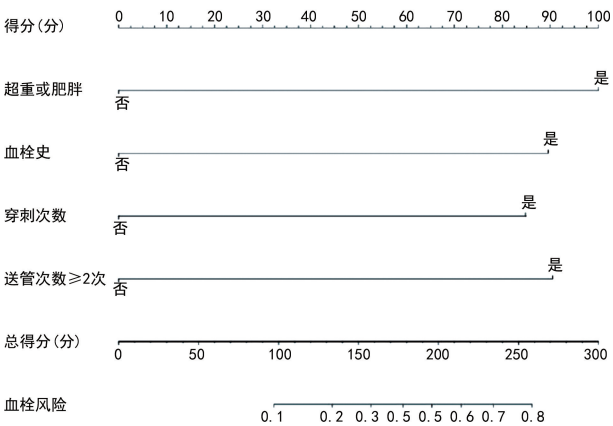

图 1　MC-CRT 危险因素列线图预测模型

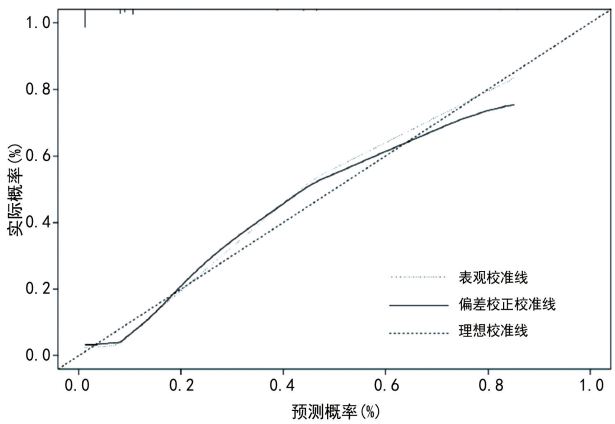

图 3　MC-CRT 危险因素校准曲线

2.5.3　临床应用价值　预测模型在阈值概率 0.1～0.8 内预测 MC 患者发生 CRT 的净获益高，具有良好的临床应用价值。见图 4。

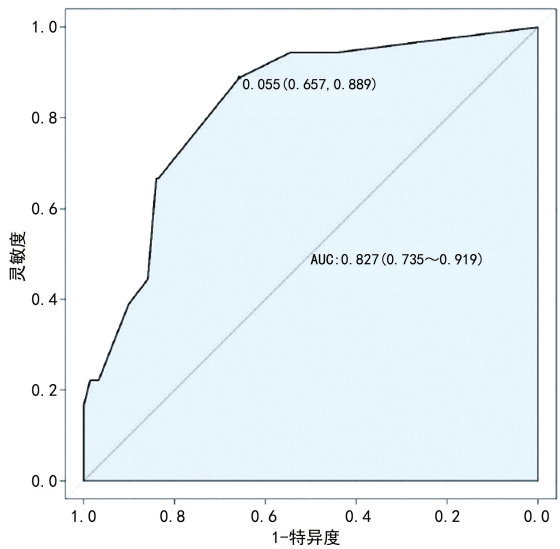

图 2　MC-CRT 危险因素预测模型 ROC 曲线

2.6　列线图风险预测模型评价外部验证与临床应用效果　对验证组患者进行验证时模型预测其 MC-CRT 发生例次为 27 例，实际发生 18 例；预测不发生血栓 126 例，实际未发生 114 例，预测准确率为(18+114)/153 × 100% = 86.3%。MC-CRT 危险因素 DCA 曲线见图 4。

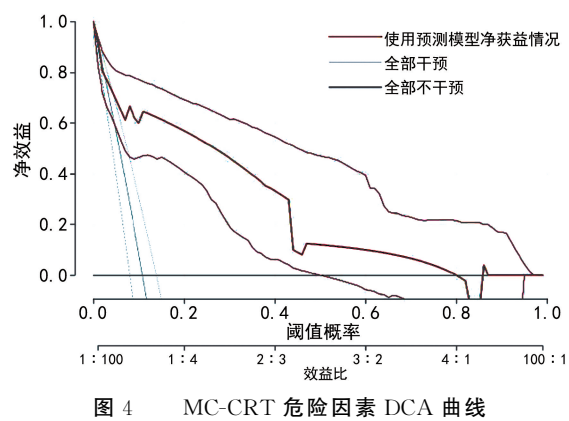

图 4　MC-CRT 危险因素 DCA 曲线

3　讨　论

3.1　MC-CRT 风险预测模型的构建与临床应用价值　鉴于目前缺乏针对 MC 患者的血栓风险预测模型，本研究构建了基于列线图的 MC-CRT 风险预测模型，为临床精准预防提供了新的工具。本研究通过多元 logistic 回归模型分析筛选出 4 个血栓发生的独立危险因素（超重或肥胖、血栓史、穿刺次数大于或等于 2 次、送管次数大于或等于 2 次），上述指标均为临床易获取的客观信息。本研究采用列线图可视化技术[19]将 logistic 回归方程转化为图形化工具，临床医护人员根据患者在上述 4 个危险因素中的对应分值累加，即可快速计算其血栓发生风险概率。与传统的危险因素列表或简单评分表比较，列线图模型的优势在于能直观呈现各危险因素对血栓风险的权重贡献，有利于开展个体化风险分层与临床决策。在实际应用中医护人员可于置管前根据患者超重或肥胖、血栓史等基线信息进行初步风险评估；置管完成后结合实际发生的穿刺次数和送管次数计算该患者的最终风险概率，以此指导后续监测强度和预防措施的选择。模型验证结果显示，AUC 为 0.827，验证组预测准确率达 86.3%，提示本模型具有较好的预测能力。DCA 曲线分析进一步显示，本模型在 0.1～0.8 阈值概率内的净获益均高于“全部干预”和“全部不干预”2 种策略，提示基于本模型进行风险分层后的选择性干预方案优于对所有患者不加区分地统一干预或统一不干预的策略。总之，本模型为 MC-CRT 的风险评估与个体化预防策略提供了简便、实用的决策工具，有助于医护人员在 MC 置管不同阶段动态评估患者血栓风险，实现精准预防，降低血栓相关并发症发生率。

3.2　MC-CRT 风险预测模型的差异性特征　与现有 PICC-CRT 预测模型比较，本研究构建的 MC-CRT 模型在危险因素识别方面呈现出一定的差异性。现有大多数 PICC-CRT 模型主要聚焦于患者因素、治疗因素、导管因素和医护因素，其中最常见的五大危险因素包括 D-二聚体、化疗史、血栓史、BMI 和手术史[20]。本模型与现有 PICC 模型在血栓史和肥胖（BMI）方面存在因素重叠，但其他传统重要危险因素，如化疗史、手术史、D-二聚体均未进入最终预测模型。这一差异的原因之一在于研究人群构成的不同，本研究纳入 MC 患者大部分来自重症监护病房系统，疾病谱以内科疾病为主，而现有大多数 PICC 研究主要集中于肿瘤患者群体。在本研究人群中化疗史、手术史等传统 PICC 危险因素的暴露率较低，从而减弱了其预测价值。同时，本研究更加突出了操作技术因素的作用。尽管 Song 等[21]进行的研究也将穿刺次数纳入了 PICC-CRT 预测模型，但文献分析显示，大多数现有 PICC-CRT 预测模型仍未充分重视置管操作相关因素[12,20]。表明 MC-CRT 风险评估不能简单套用现有 PICC 模型，需建立专门针对 MC 患者的预测工具。

3.3　MC-CRT 发生的可干预操作因素及其临床防控意义　本研究多因素 logistic 回归模型分析结果显示，穿刺次数大于或等于 2 次、送管次数大于或等于 2 次均明显增加了发生 MC-CRT 的风险（OR=3.226、11.663，95%CI 1.046～9.956、2.499～54.432），其中送管次数大于或等于 2 次的效应量甚至超过了血栓史和超重或肥胖等基线因素（OR=5.582、6.678）。这是本研究的重要发现之一，揭示了穿刺次数和送管次数等操作技术相关因素在 MC-CRT 发展中具有不可忽视的重要作用。这一发现与经典的 Virchow 三要素理论[22]高度契合。重复穿刺可直接造成血管壁机械性损伤，导致静脉内膜破裂、内皮细胞脱落、基底膜成分暴露，从而激活血小板黏附与凝血级联反应，符合“血管内皮损伤”机制；多次送管或反复调整导管位置会增加导管与血管壁的摩擦碰撞，扰乱血流动力学，导致局部血流减慢或形成涡流，诱发“血流淤滞”环境；而频繁置管尝试常见于血管条件差、穿刺难度高或患者配合度低的高危人群，这类患者往往伴随系统性炎症反应或高凝状态，进一步加剧血栓形成倾向。因此，穿刺次数和送管次数并非简单的操作记录数字，而是具体反映 Virchow 三要素中“血管内皮损伤”和“血流状态改变”2 个核心环节的关键指标。更重要的是与血栓史、肥胖等不易改变的基线特征不同，穿刺次数和送管次数属可主动干预的危险因素，这一特性使其成为 MC-CRT 精准预防的核心靶点。基于此发现，可采取以下针对性预防措施：（1）通过模拟教学、工作坊等培训方式提高置管技术，并完善操作规范的监督与评估机制；（2）合理使用超声辅助等可视化技术，提升一次性置管成功率；（3）加强患者宣教，提高置管操作的配合度。上述措施均直接作用于减少穿刺和送管次数这一核心可控因素，从而有效降低发生 MC-CRT 的风险，体现了本研究的重要临床应用价值。

3.4　本研究的局限性　（1）作为单中心回顾性研究，血栓事件数相对有限，部分危险因素，如血栓史、送管次数大于或等于 2 次等在样本中的暴露率较低（8.7%、11.5%），导致这些变量的 CI 较宽，差异均有统计学意义（P<0.05），且模型在建模组和验证组中均表现出良好的区分度（AUC=0.885、0.860）和校准度，提示模型整体预测性能稳健可靠。未来需开展多中心大样本前瞻性研究以获得更精确的效应估计。（2）仅纳入了聚氨酯材料的 4 Fr 单腔导管，对不同材

质和规格导管的预测效能尚不明确。

综上所述，构建的基于列线图的 MC-CRT 风险预测模型具有良好的预测性能和临床实用性，为留置 MC 高血栓发生风险患者的识别及临床干预提供了重要参考依据。未来可进一步开展多中心前瞻性队列研究以验证预测模型的外部效度，扩大导管类型和材质的纳入范围以提高模型通用性，并探索将预测模型集成至医院信息系统以实现自动化风险评估和预警。

参考文献

[1] Anderson N R. Midline catheters: the middle ground of intravenous therapy administration[J]. J Infus Nurs, 2004, 27(5): 313-321.

[2] The Infusion Nurses Society. Infusion therapy standards of practice[J]. J Infus Nurs, 2016, 39(1): 1-169.

[3] Chopra V, Kaatz S, Swaminathan L, et al. Variation in use and outcomes related to midline catheters: results from a multicentre pilot study[J]. BMJ Qual Saf, 2019, 28(9): 714-720.

[4] Lisova K, Hromadkova J, Pavelkova K, et al. The incidence of symptomatic upper limb venous thrombosis associated with midline catheter: prospective observation[J]. J Vasc Access, 2018, 19(5): 492-495.

[5] Marnejon T, Angelo D, Abu Abdou A, et al. Risk factors for upper extremity venous thrombosis associated with peripherally inserted central venous catheters[J]. J Vasc Access, 2012, 13(2): 231-238.

[6] Gorski L A, Hadaway L, Hagle M E, et al. Infusion therapy standards of practice, 8th edition[J]. J Infus Nurs, 2021, 44(1): 1-224.

[7] Lu H P, Yang Q L, Yang L L, et al. The risk of venous thromboembolism associated with midline catheters compared with peripherally inserted central catheters: a systematic review and meta-analysis[J]. Nurs Open, 2022, 9(3): 1873-1882.

[8] Urtecho M, Torres V D, Nayfeh T, et al. Comparing complication rates of midline catheter vs peripherally inserted central catheter: a systematic review and meta-analysis[J]. Open Forum Infect Dis, 2023, 10(2): ofad024.

[9] 王瑞雪，陈文香，相梅. 急危重症患者经外周静脉置入中等长度导管致静脉血栓的危险因素分析[J]. 中国医师进修杂志，2025，48(4)：361-364.

[10] 冉江，王皓. 炎症性肠病患者置入中等长度静脉导管发生导管相关性血栓的危险因素[J]. 当代护士(中旬刊)，2025，32(1)：143-146.

[11] Riley R D, Snell K I, Ensor J, et al. Minimum sample size for developing a multivariable prediction model: PART II-binary and time-to-event outcomes[J]. Stat Med, 2019, 38(7): 1276-1296.

[12] 苏效添，纪铮，王秋舟，等. PICC 相关性血栓风险预测模型的系统评价[J]. 护理研究，2023，37(9)：1538-1547.

[13] Zhang F M, Chen X L, Wu Q, et al. Development and validation of nomograms for the prediction of low muscle mass and radiodensity in gastric cancer patients[J]. Am J Clin Nutr, 2021, 113(2): 348-358.

[14] Feng X, Wang M, Zhang Y, et al. Development and validation of a nomogram for predicting the risk of pressure injury in adult patients undergoing abdominal surgery[J]. Int J Nurs Sci, 2022, 9(4): 438-444.

[15] 罗浩，覃俏俊，张勤波. 超声监控在降低 PICC 并发血栓中的应用[J]. 中国中西医结合影像学杂志，2013，11(2)：195-196.

[16] Steyerberg E W, Vickers A J, Cook N R, et al. Assessing the performance of prediction models: a framework for traditional and novel measures[J]. Epidemiol, 2010, 21(1): 128-138.

[17] Hanley J A, Mcneil B J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve[J]. Radiology, 1982, 143(1): 29-36.

[18] Jones A L, Dhanapala L, Baldo T A, et al. Prostate cancer diagnosis in the clinic using an 8-Protein biomarker panel[J]. Anal Chem, 2021, 93(2): 1059-1067.

[19] Lee W, Lam S K, Zhang Y P, et al. Review of methodological workflow, interpretation and limitations of nomogram application in cancer study[J]. Radia Med Protect, 2022, 3(4): 200-207.

[20] 胡可纯，刘哲，刘海飞，等. PICC 导管相关性血栓风险预测模型的文献分析[J]. 中国实用护理杂志，2023，39(25)：1961-1966.

[21] Song X, Lu H, Chen F, et al. A longitudinal observational retrospective study on risk factors and predictive model of PICC associated thrombosis in cancer patients[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 10090.

[22] Stone J, Hangge P, Albadawi H, et al. Deep vein thrombosis: pathogenesis, diagnosis, and medical management[J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2017, 7(Suppl 3): S276-S284.

(收稿日期：2025-11-26　修回日期：2026-04-10)