

临床研究

论 著

TASC II C/D型下肢动脉硬化闭塞症术后再狭窄列线图预测模型的构建

张瑶¹, 陈玲², 钟镇伍¹, 陈璐¹, 张俊轩¹, 王兵³, 周栋^{1*}¹兰州大学第二医院血管外科, 甘肃兰州 730030; ²兰州大学第一医院急诊重症医学科, 甘肃兰州 730000; ³郑州大学第五附属医院血管外科, 河南郑州 450052

[中图分类号] R654.4

[文献标志码] A

[DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1755.2026.0105

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 张瑶, 陈玲, 钟镇伍, 等. TASC II C/D型下肢动脉硬化闭塞症术后再狭窄列线图预测模型的构建[J]. 解放军医学杂志, 2026, 51(5): 694-703.

[收稿日期] 2025-08-21

[录用日期] 2025-11-23

[上线日期] 2026-01-05

[摘要] **目的** 构建并验证一种基于列线图模型的泛大西洋协作组织(TASC)II C/D型下肢动脉硬化闭塞症(ASO)术后再狭窄预测工具。**方法** 收集2018年1月—2023年12月兰州大学第二医院收治的307例TASC II C/D型ASO患者的临床数据, 包含基本信息、病史、影像学检查结果、治疗方案及随访结果等。根据术后2年内是否发生再狭窄, 将患者分为再狭窄组($n=101$)与通畅组($n=206$)。通过单因素分析、多因素二元logistic回归分析, 结合最小绝对收缩和选择算子(LASSO)回归中选择的变量建立预测模型。采用受试者操作特征(ROC)曲线下面积(AUC)、校准曲线和决策曲线分析评估模型预测性能, 并采用Bootstrap法进行内部验证。**结果** LASSO回归分析、单因素及多因素二元logistic回归分析显示, 较长吸烟史、经皮氧分压($TcPO_2$)低、末梢灌注指数(PI)值降低、TASC II分型D型、病变长度长、钙化程度高, 以及术中未使用药物涂层球囊(DCB)为ASO术后再狭窄的危险因素。在此基础上, 基于临床重要性及模型性能优化的考量, 进一步纳入年龄、下肢毛细血管充盈时间(CRT)、术后是否规律双联抗血小板药等因素。最终, 整合上述10个因素, 构建用于预测ASO患者术后再狭窄的列线图预测模型。该模型在训练集展现出良好的区分度, 其AUC为0.844(95%CI 0.797~0.891); 在内部验证中AUC仍然可达0.820(95%CI 0.775~0.870)。校准曲线的Hosmer-Lemeshow检验显示, 预测模型具有良好的校准度($P=0.856$)。**结论** 患者的年龄、吸烟史、下肢CRT、 $TcPO_2$ 、PI、TASC II分型、病变长度、钙化程度, 以及术中是否使用DCB、术后是否规律双联抗血小板药是影响TASC II C/D型ASO术后再狭窄的独立影响因素, 基于这些因素构建的预测模型具有较好的预测效能, 能够为临床个性化治疗策略的制定提供参考依据。

[关键词] 下肢动脉硬化性闭塞症; 泛大西洋协作组织(TASC)II C/D型; 再狭窄; 列线图

Establishment of a nomogram prediction model for postoperative restenosis in patients with TASC II C/D lower extremity arteriosclerosis obliterans

Zhang Yao¹, Chen Ling², Zhong Zhen-Wu¹, Chen Lu¹, Zhang Jun-Xuan¹, Wang Bing³, Zhou Dong^{1*}¹Department of Vascular Surgery, the Second Hospital of Lanzhou University, Lanzhou, GanSu 730030, China²Department of Emergency Critical Care Medicine, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China³Department of Vascular Surgery, the Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052, China

*Corresponding author, E-mail: 13919951166@139.com

This work was supported by the Key Research and Development Project of Henan Province (241111312400), the Scientific Research Program of Gansu Provincial Health Industry (GSWSKY2016-24), and the Internal Research Fund of the First Hospital of Lanzhou University (Ldyynn2020-79)

[Abstract] **Objective** To develop and validate a nomogram-based predictive tool for postoperative restenosis in patients with Trans-Atlantic Inter-Society Consensus (TASC) II C/D lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO). **Methods** Clinical

[基金项目] 河南省重点研发专项(241111312400); 甘肃省卫生行业科研计划(GSWSKY2016-24); 兰州大学第一医院院内基金(Ldyynn2020-79)**[作者简介]** 张瑶, 硕士研究生, 主要从事血管外科方面的研究**[通信作者]** 周栋, E-mail: 13919951166@139.com

data of 307 patients with TASC II C/D ASO admitted to the Second Hospital of Lanzhou University from January 2018 to December 2023 were collected and analyzed, including basic information, medical history, imaging findings, treatment regimens, and follow-up outcomes. According to whether stenosis occurred within 2 years postoperatively, patients were divided into restenosis group ($n=101$) and patency group ($n=206$). A prediction model was established by univariate analysis, multivariate binary logistic regression analysis, and variables selected by least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression. The area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC), calibration curve, and decision curve analysis were employed to evaluate the prediction performance of the model, and the Bootstrap method was performed for internal verification. **Results** LASSO regression, univariate analysis and multivariate binary logistic regression analyses showed that long smoking history, low transcutaneous oxygen pressure ($TcPO_2$), decreased peripheral perfusion index (PI), TASC II type D classification, long vascular lesion length, high degree of arterial calcification, and non-use of drug-coated balloon (DCB) during operation were independent risk factors for postoperative restenosis in ASO patients. On this basis, considering clinical importance and model performance optimization, age, lower limb capillary filling time (CRT), and whether regular dual antiplatelet therapy was administered postoperatively were further incorporated into the model. Finally, a nomogram prediction model for postoperative restenosis in patients with TASC II C/D type ASO was established by integrating the above 10 factors. The model exhibited good discrimination ability in training set, with an AUC of 0.844 (95%CI 0.797-0.891); the AUC still reached 0.820 (95%CI 0.775-0.870) in internal validation. Hosmer-Lemeshow test of the calibration curve showed a P -value of 0.856, indicating that the prediction model had good calibration. **Conclusions** Patients' age, smoking history, lower limb CRT, $TcPO_2$, PI, TASC II classification, vascular lesion length, degree of arterial calcification, whether DCB was used intraoperatively, and whether regular dual antiplatelet therapy was administered postoperatively are independent influencing factors for postoperative restenosis in patients with TASC II C/D type ASO. The prediction model based on these factors has favorable predictive performance and can provide a reference basis for formulating individualized clinical treatment strategies.

[Key words] lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO); Trans-Atlantic Inter-Society Consensus (TASC) II C/D type; postoperative restenosis; nomogram

下肢动脉硬化闭塞症(arteriosclerosis obliterans of lower extremity, ASO)是一种以动脉粥样硬化斑块形成病理基础的发病率较高的血管疾病,是全身性动脉粥样硬化在下肢血管的局部特征性表现,其病理核心在于血管内膜增生及斑块沉积,病变可引发管腔狭窄(狭窄率 $>50\%$)或完全闭塞^[1]。这一血管重塑现象直接导致受累肢体的血流灌注压下降。例如,踝臂指数(ankle-brachial index, ABI)降低到0.9以下,进而诱发组织缺氧、代谢性酸中毒等缺血级联反应,临床表现为肢体缺血缺氧、下肢疼痛、皮肤溃疡甚至坏疽等,严重威胁患者的生活质量和生命安全。随着人口老龄化进程的加快以及生活方式的改变,该疾病的发病率在全球范围内呈现稳步上升的趋势,给个人和社会造成了严重的负担,其进展为慢性肢体缺血(chronic limb-threat ischemia, CLTI)和截肢的风险概率也随之增高^[2-4]。

血管腔内治疗已成为治疗较严重ASO的重要方式,可通过血管再通有效缓解患者的临床症状并改善其生活质量^[5-7]。但与传统开放性手术相比,其远期通畅率相对较低,常因靶病变狭窄和再闭塞而需要重复干预^[8],有研究报道其术后的再狭窄发生率为40%~60%^[9-10]。在泛大西洋协作组织(Trans-Atlantic Inter-Society Consensus, TASC)分级标准^[11-12]中,TASC II C/D型ASO的病变被界定为高度复杂。因ASO解剖学和临床病情的复杂性,在临床上常伴随

更高的治疗挑战和术后再狭窄风险,从而成为血管外科与介入治疗领域关注的重点。因此,准确预测TASC II C/D型ASO术后再狭窄风险,对制定个性化治疗方案、降低再狭窄发生率及改善患者预后具有重要意义。目前,临床对TASC II C/D型ASO再狭窄的预测主要依赖于医师的临床经验和影像学检查结果,缺乏客观、量化的评估工具。列线图模型作为一种基于多因素回归构建的图形化预测模型,能够整合多个临床变量,直观展示个体再狭窄风险,在疾病预后评估中展现出良好的应用价值^[13]。本研究开发并验证基于列线图模型的TASC II C/D型ASO再狭窄预测模型,旨在提高其临床预测准确性,为临床决策提供科学依据和参考支持。

1 资料与方法

1.1 研究对象 本研究利用医院电子病历系统,收集2018年1月—2023年12月来自兰州大学第二医院的307例ASO患者的临床资料进行回顾性分析。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)符合《下肢动脉硬化闭塞症诊断指南》^[14-15]中明确的诊断指标;(3)经影像学检查[如计算机断层扫描血管成像(computed tomography angiography, CTA)或数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)]证实的TASC II C/D型股腘动脉病变,即病变长度较长且复杂;(4)在本科室接受治疗,并且按时随访,随访资料可

追溯；(5)自愿接受血管腔内治疗。排除标准：(1)合并严重的未控制的全身性疾病，如心力衰竭、严重感染、恶性肿瘤等，可能影响手术安全性及预后；(2)存在血管腔内治疗的绝对或相对禁忌证(如对造影剂或麻醉药物过敏、严重的凝血功能障碍等)；(3)患者预期生存时间 <12 个月，可能无法从治疗中长期获益；(4)近期(3个月内)接受过目标血管的外科手术或介入治疗，可能影响当前治疗疗效的评估；(5)病历资料及相关的影像学检查图像不完整，或在随访期间失访。根据患者术后2年内是否发生狭窄，将其分为再狭窄组($n=101$)与通畅组($n=206$)。本研究已获兰州大学第二医院伦理委员会审批(2025A-642)。

1.2 临床资料收集 收集所有患者的性别、年龄、婚姻、吸烟史、慢性病史(如高血压、糖尿病、脑血管病等)、下肢灌注情况[下肢毛细血管充盈时间(CRT)、经皮氧分压($TcPO_2$)、脉搏血氧饱和度(SpO_2)、末梢灌注指数(PI)、踝肱指数]^[16-17]、影像学检查资料(膝下流出道评分^[18]、TASC II分型、Rutherford分型、病变长度、钙化程度分级)以及腔内治疗方式[如血管内支架置入术、药物涂层球囊(drug-coated balloon, DCB)扩张术等]等临床资料。随访主要采用门诊随访和电话随访相结合的方式，术后常规要求患者戒烟、限酒、定期进行体育锻炼，并规律服用双抗药物(阿司匹林肠溶片联合硫酸氢氯丙格雷)。患者需要在术后1、3、6、12、24个月进行门诊复查。对于未在门诊复查的患者，通过电话进行随访，并再次进行戒烟、限酒、规律锻炼及规

律服药等健康教育。

1.3 影像学诊断及标准 所有患者术前及随访均在兰州大学第二医院影像科行双下肢动脉CTA，将图像上传至工作站进行多平面重建、曲面重建及最大密度投影。术前根据患者的CTA结果，对患者病情进行评估。对充盈造影剂的动脉管腔图像进行可视化评估，选取质量较好的图像进行病变特征评估(图1)。膝下流出道评分依据血管外科学会(Society for Vascular Surgery, SVS)评分标准^[18]：膝下3支动脉(胫前、胫后、腓动脉)完全通畅为1分，3支动脉完全闭塞为10分；胫前、胫后及腓动脉解剖部位权重均为1，每支动脉再根据病变严重程度分配权重(0—3)，最终评分为权重总和加1。利用多重重建，对病变长度(包括狭窄及闭塞)进行测量，依据TASC II分型：病变长度 >15 cm为C型， >20 cm则为D型。钙化分级标准依据外周动脉钙化评分系统(peripheral arterial calcification scoring system, PACSS)评分^[19]，基于患者的CTA图像中血管钙化的分布及长度进行分级：无钙化分为0级，单侧钙化且长度 <5 cm为1级，单侧钙化且长度 >5 cm为2级，双侧钙化且长度 <5 cm为3级，双侧钙化且长度 >5 cm为4级。

患者的影像学资料由两名副高及以上影像科医师分别进行评估，有争议时由上级医师进行评定。所有医师在对影像学资料进行评估时，对患者的临床分组不知情，采用盲法评估以最大限度地避免测量偏移。

1.4 下肢组织微循环灌注及评分标准 微循环灌注

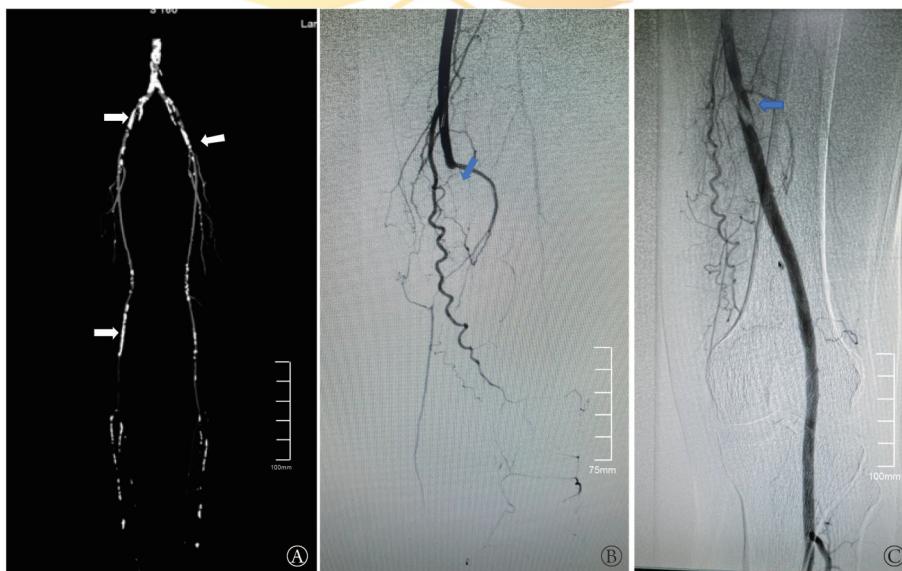


图1 TASC II D型下肢动脉硬化闭塞症(ASO)患者的下肢动脉影像图

Fig.1 Lower extremity arterial image of TASC II D lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO) patients

A. 重度钙化(4级)CTA图像，双侧髂总动脉、髂内动脉、髂外动脉、股动脉、股深动脉、腘动脉管壁弥漫钙化(白色箭头所示)；B. 患者术前DSA图像，血管腔内治疗前造影可见左下肢股动脉以下远心端未显影，侧支循环形成(蓝色箭头所示)；C. 患者术后3 d的DSA图像，与术前B图对比可见左侧股动脉显影可，血流通畅，腘动脉血流通畅(蓝色箭头所示)。CTA. 计算机断层扫描血管成像；DSA. 数字减影血管造影；TASC. 泛大西洋协作组织

评估采用标准化无创检测方法,在恒温(24~26℃)环境中,患者静卧休息15 min后进行测量,以减少环境与生理波动对结果的干扰。具体测量内容及评分标准如下^[16-17]:(1)毛细血管充盈时间(CRT),指对皮肤进行按压后松开,观察皮肤颜色由苍白恢复至红润所需的时间,若<2 s恢复为0分,提示灌注良好;2~5 s恢复为1分,提示轻度灌注延迟;≥5 s为2分,提示严重灌注障碍;3分通常表示无法测出或恢复时间极长,提示微循环严重受损。(2)经皮氧分压(TcPO₂),通过加热式电极无创测量皮肤组织的氧分压,反映组织的实际供氧水平,≥50 mmHg为0分,提示氧供充足,伤口愈合可能性大;30~50 mmHg为1分,提示轻度缺氧;10~30 mmHg为2分,提示严重缺氧,伤口愈合困难;<10 mmHg为3分,提示组织处于极度缺氧状态,坏死风险极高,是预测截肢的重要依据。(3)脉搏血氧饱和度(SpO₂),通过指套式探头测量动脉血中氧合血红蛋白的百分比,≥95%为正常,评为0分;90%~95%为1分,提示轻度低氧;<90%为2分,提示严重低氧;若设备无法采集信号则为3分,通常意味着该部位无有效动脉血流。(4)末梢灌注指数(PI),反映脉动血流与非脉动成分的比值,用于评估外周灌注强度,≥1.4为0分,灌注极佳;0.7~1.4为1分,灌注正常;0.2~0.7为2分,灌注减弱;<0.2为3分,提示末梢灌注极差。

1.5 再狭窄的诊断标准 (1)下肢动脉CTA发现支架内或支架两端5 cm内血管管腔狭窄率≥50%[测量方法:在与支架长轴垂直的横断面上测量支架最窄处管腔管径、支架直径;管径狭窄率(%)=(支架直径-最窄处管腔直径)/支架直径×100%];(2)患者再次出现下肢动脉缺血的临床表现,如静息痛、足部溃疡或坏疽等,或缺血症状短期内加重;(3)查体发现下肢动脉搏动减弱或消失,踝肱指数明显下降。只要满足以上情况中(1),有或无(2)、(3)均可诊断为再狭窄^[20-21]。

1.6 变量筛选及模型构建 对TASC II C/D患者术后再狭窄的可能影响因素进行单因素分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。基于最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)算法的正则化,筛选出基于精度特征的重要变量,以有效控制高维数据的过拟合问题^[22-23]。经变量筛选后,采用全变量强制纳入策略构建多因素二元logistic回归模型,以识别具有统计学意义的独立预测变量。继而利用R语言中的rms程序包构建临床预测列线图,通过1000次Bootstrap重抽样方法进行内部验证,系统评估模型的校准度、区分度及临床适用性。

模型验证包括区分度与校准度双重评价体系:

通过受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线并计算曲线下面积(area under the curve, AUC)及其95%置信区间(confidence interval, CI)量化模型的判别能力;校准曲线和Hosmer-Lemeshow检验则用于评估预测概率与实际观测值的一致性。该验证框架旨在确保列线图在临床实践中的预测准确性及应用可靠性。

1.7 统计学处理 采用SPSS Statistics 26.0及R 4.2.3软件进行统计分析。计量资料符合正态分布者以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间比较采用 t 检验;不符合正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料以例(%)表示,两组间比较采用 χ^2 检验,当样本量较小或者某些单元格的期望频数<5时采用Fisher's精确检验。变量筛选及模型构建见1.6。均为双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组临床资料比较 与通畅组比较,再狭窄组患者的年龄较大($P=0.011$),且吸烟($P<0.001$)、糖尿病($P<0.001$)、脑血管疾病($P=0.001$)、膝下流出道评分>4分($P<0.001$)、TASC II分型D型($P<0.001$)、Rutherford分级4~6级($P=0.001$)、病变长度长($P=0.002$)、钙化分级4级($P<0.001$)、CRT>1分($P<0.001$)、TcPO₂>1分($P<0.001$)、末梢灌注指数降低($P<0.001$)、术中未置入支架($P=0.014$)、术中未使用DCB($P<0.003$)及术后未规律服用双联抗血小板药($P<0.031$),差异有统计学意义(表1)。

表1 TASC II C/D型下肢动脉硬化闭塞症(ASO)再狭窄的单因素分析

Tab.1 Single factor analysis of TASC II C/D lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO) restenosis

项目	通畅组 ($n=206$)	再狭窄组 ($n=101$)	χ^2/t	P
性别[例(%)]			1.41	0.235
男	135(65.5)	73(72.3)		
女	71(34.5)	28(27.7)		
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	60.3±5.2	62.0±5.4	-2.529	0.011
婚姻[例(%)]			1.013	0.314
已婚	194(94.2)	92(91.1)		
未婚/离异/丧偶	12(5.8)	9(8.9)		
吸烟[例(%)]	77(37.4)	71(70.3)	29.413	<0.001
高血压[例(%)]	78(37.9)	34(33.7)	0.516	0.473
糖尿病[例(%)]	82(39.8)	62(61.4)	12.673	<0.001
脑血管疾病[例(%)]	35(17.0)	34(33.7)	10.813	0.001
下肢灌注总评分[例(%)]			22.033	0.001
≤5分	111(53.9)	27(26.7)		
>5分	95(46.1)	74(73.3)		

(续表)

项目	通畅组 (n=206)	再狭窄组 (n=101)	χ^2/t	P
CRT[例(%)]			18	<0.001
≤1分	94(45.6)	21(20.8)		
>1分	112(54.4)	80(79.2)		
TcPO ₂ [例(%)]			18.94	<0.001
≤1分	95(46.1)	22(21.8)		
>1分	111(53.9)	79(78.2)		
SpO ₂ [例(%)]			7.231	0.065
≤1分	201(97.6)	98(97.0)		
>1分	5(2.4)	3(3.0)		
PI[例(%)]			54.446	<0.001
≤1分	96(46.6)	52(51.5)		
>1分	110(53.4)	49(48.5)		
膝下流出道评分[例(%)]			39.647	<0.001
≤4分	100(48.5)	32(31.7)		
>4分	106(51.5)	69(68.3)		
踝肱指数($\bar{x}\pm s$)	0.5±0.2	0.5±0.2	-0.957	0.339
TASC II分型[例(%)]			17.522	<0.001
C型	141(68.5)	44(43.6)		
D型	65(31.5)	57(56.4)		
Rutherford分级[例(%)]			19.839	0.001
1—3级	134(65.1)	45(44.6)		
4—6级	72(34.9)	56(55.4)		
病变长度(cm, $\bar{x}\pm s$)	18.6±2.4	19.8±3.1	-3.112	0.002
钙化[例(%)]			48.795	<0.001
1—3级	168(81.5)	54(53.5)		
4级	38(18.5)	47(46.5)		
支架置入[例(%)]	89(43.2)	29(28.7)	6.014	0.014
DCB[例(%)]	123(59.7)	42(41.6)	8.956	0.003
术后规律服用双联抗血小板药[例(%)]	142(68.9)	57(56.4)	4.641	0.031
术后锻炼[例(%)]	84(40.8)	32(31.7)	2.384	0.123
二次手术[例(%)]	54(26.2)	37(36.6)	3.528	0.060
截肢[例(%)]	5(2.4)	9(8.9)	6.546	0.011
死亡[例(%)]	1(0.5)	3(3.0)	3.254	0.071

CRT. 毛细血管充盈时间; TcPO₂. 经皮氧分压; SpO₂. 脉搏血氧饱和度; PI. 末梢灌注指数; DCB. 药物涂层球囊

2.2 LASSO 回归特征筛选 基于单因素分析获得的15项候选变量,进一步通过LASSO回归进行高维数据降维。LASSO系数路径图选择 $\lambda=\lambda_{\min}$ (表示模型误差最小时的 λ 值)作为其筛选标准,保留15个非零系数的变量(图2A)。再对这15个变量进行LASSO回归的交叉验证,为了保证模型的预测效果,我们最终以 $\lambda_{\min}$ 作为筛选标准,保留15个变量(图2B)。结果表明所选特征在控制模型复杂度的同时未丢失有效预测信息。

2.3 TASC II C/D型ASO再狭窄的多因素logistic回归分析 以术后2年再狭窄状态为二分类因变量(通畅=0,再狭窄=1),将单因素与LASSO回归筛选的15项变量纳入多元logistic回归模型。最终纳入年龄、吸烟史、CRT、TcPO₂、PI、TASC II C/D分型、病变长度、钙化、DCB及术后规律双联抗血小板药等10项独立预测因子(表2)。

2.4 ASO术后再狭窄预测模型的构建 结合LASSO回归分析和多变量logistic回归分析得出的10个相关因素构建ASO术后再狭窄的列线图预测模型(图3)。以每个变量对结局事件的贡献大小来决定线段的长度,并且通过将所有变量在不同取值下所对应的单项分数相加求和来计算总得分,以此来预测不同个体TASC II C/D型ASO术后再狭窄的概率。总得分越高,术后再狭窄的发生风险越高。

2.5 ASO术后再狭窄预测模型的验证 采用Bootstrap重抽样技术对构建的列线图模型进行内部验证。重复采样1000次,结果显示列线图模型的校正曲线显示出良好的一致性(图4A)。预测模型的AUC为0.844(95%CI 0.797~0.891),表明该模型具有良好的准确度和稳定性。在内部验证中AUC仍然可达到0.820(95%CI 0.775~0.870),表明模型具有良好的区分度。校准曲线的Hosmer-Lemeshow检验P值为0.856,表明预测模型具有良好的校准度(图4B)。决策分析曲线(DCA)结果显示,预测模型在风险阈值0.003~0.982范围内净收益更高(图4C)。

3 讨论

ASO是外周动脉疾病的常见类型,其发病率在50岁后明显增高,并随年龄增长呈指数级上升趋势^[24-25]。在下肢动脉硬化闭塞症中,年龄可通过影响血管壁的弹性、内皮功能及动脉粥样硬化的进展,从而影响疾病的发生和发展。因此,虽然年龄在多因素logistic中的P值>0.05,但仍对其进行保留。在我国人口老龄化进程加速的背景下,ASO的疾病负担日益加重。近年来,国内外学者围绕ASO再狭窄的危险因素开展了广泛研究。早期研究主要关注年龄、性别等人口学特征,而后续证据表明,吸烟、糖尿病等生活习惯和基础疾病与再狭窄密切相关^[26-28]。例如,吸烟可通过尼古丁损伤血管内皮细胞,促进炎症反应和血栓形成,从而增加再狭窄风险^[29]。糖尿病患者的血糖代谢紊乱,会导致血管壁结构和功能的改变,加速动脉粥样硬化的进程,进而提高再狭窄发生率^[30]。全国血管指南(Global Vascular Guidelines, GVG)系统针对慢性肢体威胁性缺血(chronic limb-threatening ischemia, CLTI)提出了综合管理策略,强调危险因素(如吸烟、糖尿病)控

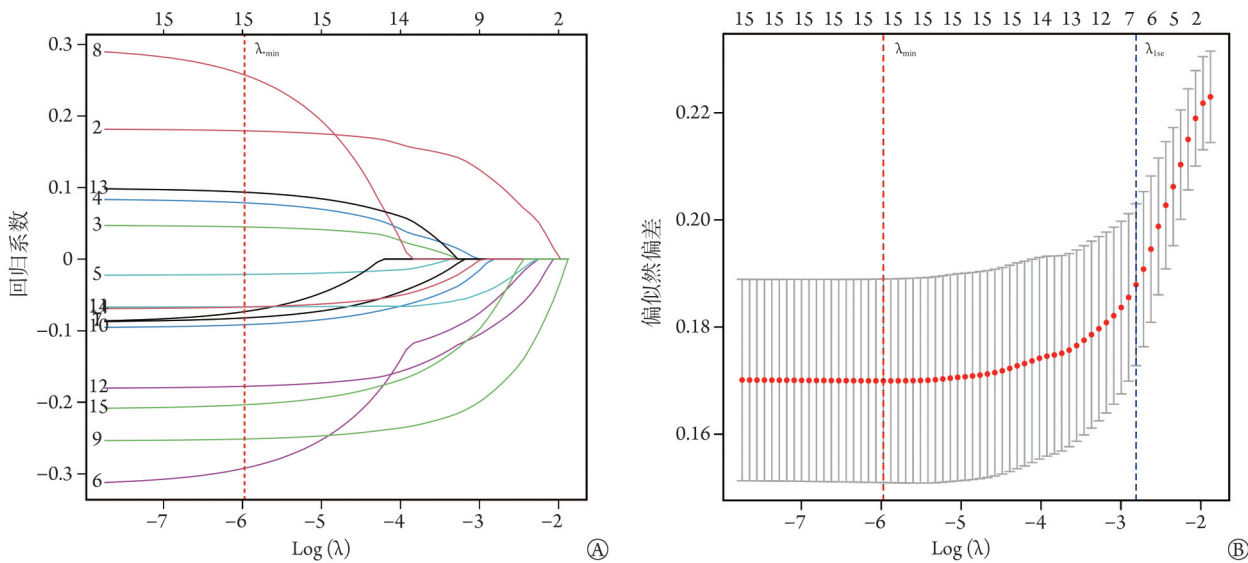


图2 对TASC II C/D型ASO患者进行特征选择的LASSO回归模型

Fig.2 LASSO regression model for feature selection of TASC II C/D ASO patients

A. 15个变量基于单因素分析的LASSO回归系数路径图，图中的虚线表示 $\lambda_{\min}$ （表示模型误差最小时的 λ 值），上方的坐标代表此时模型中的非零系数的个数；B. LASSO回归交叉验证曲线，图中的两条虚线表示 $\lambda_{\min}$ （表示模型误差最小时的 λ 值）及 λ_{1se} （表示模型误差一个标准差范围内的 λ 值，纳入的变量个数通常会更少，模型更简洁），为了保证模型的预测效果，最终以 $\lambda_{\min}$ 作为最终筛选标准。TASC. 泛大西洋协作组织；ASO. 下肢动脉硬化闭塞症；LASSO. 最小绝对收缩和选择算子

表2 TASC II C/D型下肢动脉硬化闭塞症(ASO)再狭窄的多因素logistic回归分析

Tab.2 Multivariate logistic regression analysis of restenosis in TASC II C/D type lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO)

变量	回归系数	标准误差	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
年龄	0.476	0.348	1.870	0.621(0.314~1.229)	0.171
吸烟史	1.447	0.374	14.994	4.251(2.043~8.843)	<0.001
糖尿病史	-0.470	0.371	1.608	1.600(0.774~3.311)	0.205
脑血管病史	-0.621	0.400	2.405	1.860(0.849~4.075)	0.121
CRT	0.584	0.418	1.949	0.558(0.246~1.266)	0.163
TcPO ₂	0.810	0.383	4.464	0.445(0.210~0.943)	0.035
PI	0.702	0.358	3.856	2.018(1.001~4.066)	0.050
膝下流出道评分	0.070	0.345	0.041	0.932(0.475~1.832)	0.839
TASC II分型	1.898	0.605	9.843	0.150(0.046~0.491)	0.002
Rutherford 分级	0.618	0.537	1.327	0.539(0.188~1.543)	0.249
病变长度	1.876	0.667	7.923	6.530(1.768~24.120)	0.005
钙化	1.236	0.342	13.069	0.290(0.149~0.568)	<0.001
支架	0.672	0.375	3.212	0.511(0.245~1.065)	0.073
DCB	1.417	0.380	13.909	0.242(0.115~0.511)	<0.001
术后规律服用双联抗血小板药	0.478	0.327	2.137	0.620(0.326~1.177)	0.144
常量	-5.455	2.048	7.094	233.962	0.008

CRT. 毛细血管充盈时间；TcPO₂. 经皮氧分压；PI. 末梢灌注指数；DCB. 药物涂层球囊；TASC. 泛大西洋协作组织

制与血运重建技术(如DCB、覆膜支架)选择的协同作用，并推荐多学科协作模式^[2]。Behrendt等^[31]发现，吸烟和糖尿病是外周动脉疾病(peripheral arterial disease, PAD)的独立危险因素(吸烟OR=2.1，糖尿病OR=3.4)，且吸烟者中腹主动脉瘤(abdominal aortic aneurysms, AAA)患病率明显增高(P<0.01)。Hirsch等^[32]关于ASO筛查与治疗的研究显示，吸烟者的疾

病进展较非吸烟者快，术后再狭窄风险增加30%。ASO病变本身如病变长度、钙化程度、肢体的血流灌注等特性，也逐渐被证实与再狭窄有关。血管病变长度越长、钙化程度越重，则手术治疗的难度越大，术后血流动力学不稳定，更容易导致再狭窄。一项针对TASC II C/D型股腘动脉病变的研究表明，病变长度>15 cm(再狭窄率47.2% vs. 短病变组

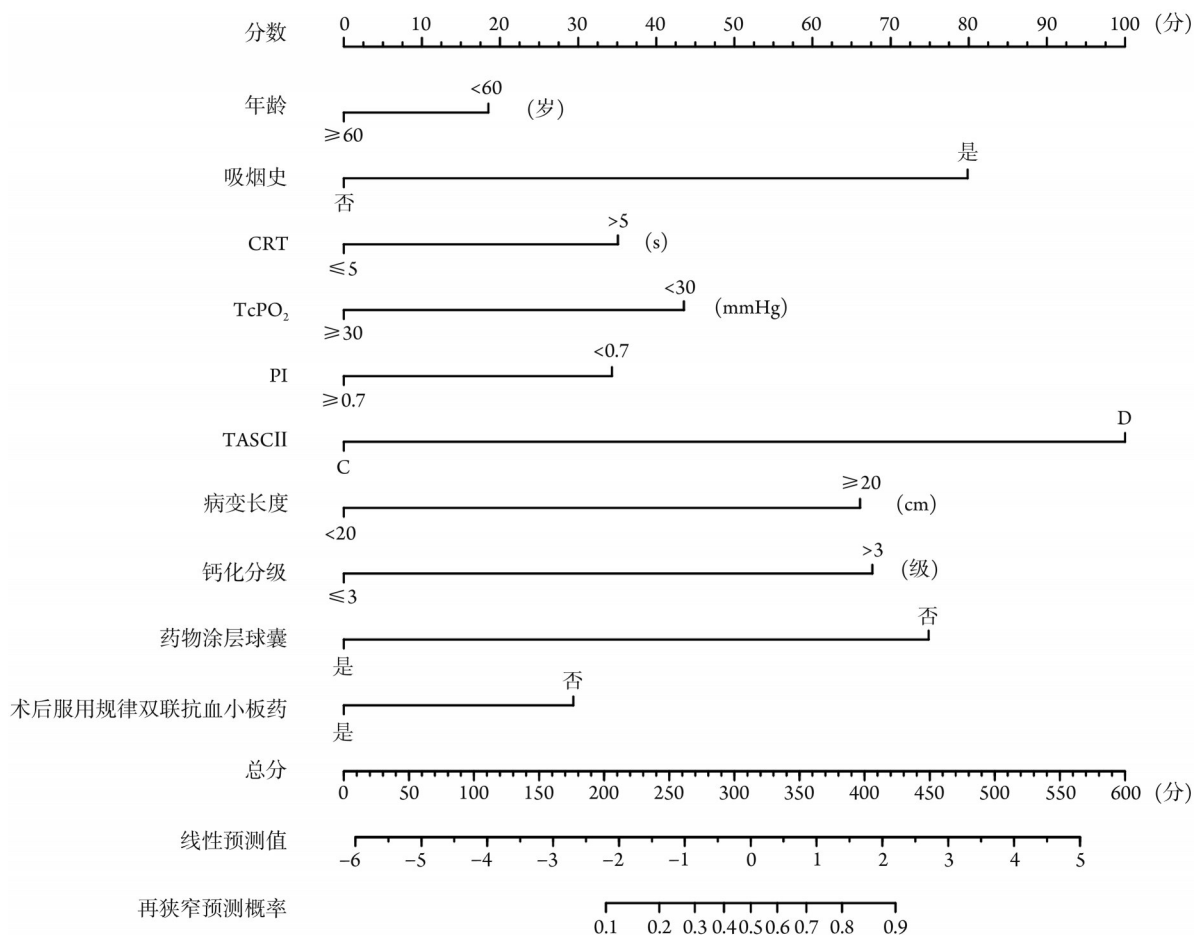


图3 预测TASC II C/D型ASO再狭窄的列线图模型

Fig.3 Nomogram model for predicting restenosis of TASC II C/D lower extremity ASO

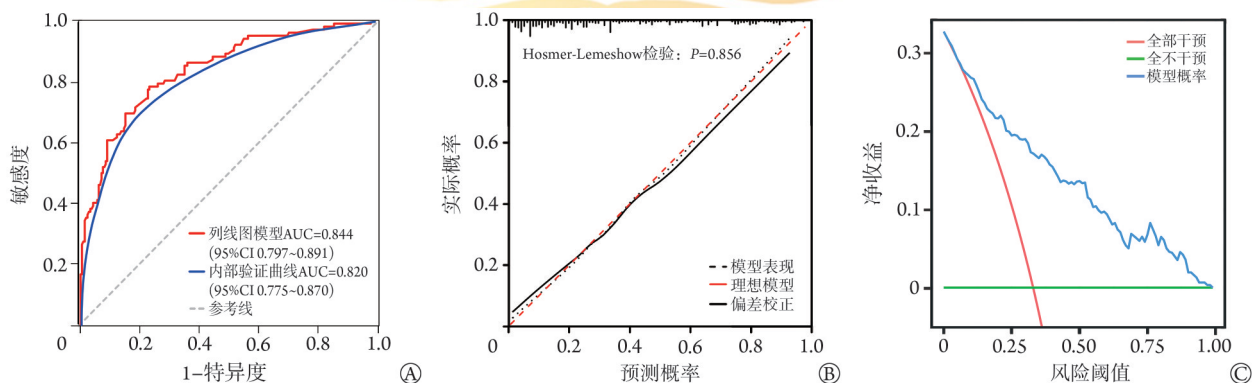
ASO. 下肢动脉硬化闭塞症; CRT. 毛细血管充盈实验; TcPO₂. 经皮氧分压; PI. 末梢灌注指数; TASC. 泛大西洋协作组织

图4 TASC II C/D型下肢动脉硬化闭塞症(ASO)再狭窄列线图预测模型的ROC曲线(A)、校准曲线(B)、决策分析曲线(C)

Fig.4 ROC curve (A), calibration curve (B) and decision analysis curve (C) for Nomogram model of TASC II C/D type lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO) restenosis

28.5%, $P=0.002$)和严重钙化($OR=2.8$)是再狭窄的主要预测因素^[33]。TASC II D型病变是最严重最复杂的动脉病变情况,往往涉及多个血管节段,包括多个部位狭窄或闭塞,增加了手术干预的难度和风险^[34]。长段闭塞是TASC II D型病变的常见表现,通常需要更长的支架来覆盖,从而增加了支架内狭窄的风险^[35]。此外,长段病变的血管往往存在更严重的血

管负性重构,即血管在病变后更容易发生收缩、变形、钙化,进一步影响预后^[36]。TASC II D型病变的另一关键特征是常伴随严重的流出道狭窄或闭塞,导致局部血液淤滞,增加血栓形成的风险。此外,流出道差还可能影响DCB等治疗手段的药效分布,降低治疗效果^[37]。重度钙化是影响TASC II D型病变治疗效果的又一重要因素。严重的钙化会导致血管

壁弹性较差,限制了血管的扩张,术中支架难以完全展开,增加手术难度。此外,在钙化严重的部位,支架可能无法均匀扩张,导致支架贴壁不良,不仅影响支架的支撑作用,还可引发局部炎症反应,促进新生内膜增生,导致再狭窄的发生^[38]。同时,钙化病变同样会阻碍DCB中药物的释放,影响治疗效果。

CRT延长、TcPO₂下降、PI降低,均为反映肢体血流灌注的关键指标,其异常变化提示肢体血流灌注不足、组织缺氧、末梢循环障碍,共同构成评估下肢血流灌注不良的临床依据。上述灌注指标的恶化与不良预后密切相关,常可导致肢端缺血、坏死,甚至截肢等严重的结局^[39-40]。局部灌注不足进一步引起代谢产物的堆积,进入血液循环可诱发全身毒性反应,严重者可发展为多器官功能障碍甚至死亡。此外,持续的局部血液灌注不良,不利于血管内皮的修复与再生,影响血管结构与功能的恢复,进而导致远期预后不良,并明显增加再狭窄的风险。

此外,术中使用支架可支撑血管壁,维持血管的通畅,但多项研究表明,支架作为异物可能引发局部炎症反应和血管内膜增生,导致再狭窄^[41-42]。DCB则可通过释放药物抑制血管内膜增生,降低再狭窄的发生率。对于长段病变应优先考虑DCB或覆膜支架^[33,43-48]。DCB在复杂病变(TASC II C/D)中表现优异,1年通畅率可达80%^[33,48-49]。覆膜支架(如Viabahn)在长段病变中3年通畅率可达99%^[46]。术后规律使用双抗可抑制血小板聚集,防止血栓形成,从而降低再狭窄风险,若擅自停药或未规律服药,血栓形成的风险增加,易导致支架内再狭窄^[50]。多项研究表明,术后给予规律双抗的患者再狭窄风险明显降低,但需个体化评估出血风险^[32,44]。有研究发现,与单独使用双抗相比,联合使用低分子肝素也可明显降低ASO患者的再狭窄率^[51]。不同研究在危险因素的权重和相互作用方面存在一定差异,这可能与研究样本的来源、样本量及研究方式的不同有关。因此,在探讨ASO再狭窄的危险因素时,需综合考虑各种因素,并进行更深入的研究。

本研究共纳入307例TASC II C/D型ASO患者,随访期间再狭窄发生率为32.9%,与既往研究报道一致^[52-53]。单因素分析筛选出年龄、吸烟史、糖尿病史、脑血管病史、膝下流出道评分、TASC II分型、Rutherford分级、病变长度、钙化分级、CRT、TcPO₂、PI、术中是否使用支架和DCB、术后是否规律双抗等15个因素与再狭窄相关;进一步通过LASSO回归特征筛选后保留该15个因素,这一筛选结果验证了单因素分析中潜在预测因子的稳定性;多因素logistic回归分析最终确定年龄、吸烟史、

CRT、TcPO₂、PI、TASC II分型、病变长度、钙化分级、术中是否使用DCB及术后是否规律服用双抗为独立影响因素。这些因素从不同方面反映了TASC II C/D型ASO患者再狭窄发生的复杂机制,为临床预防和治疗提供了关键的依据。其中,腔内治疗再狭窄的相关性最强因素是TASC II D型病变。Ihnat等^[54]统计了通过原始TASC I^[55]和修订后TASC II^[12]分类患者数量的变化,结果显示,修订后的TASC分类增加了A和B型病变的数量,减少了C型病变的数量,但是基本没有改变D型病变的数量。当使用原始的TASC I(HR=5.2)和修订的TASC II(HR=5.5)分类时,TASC II D型病变的血管内治疗效果均明显较差,这与本研究预测模型的结果一致。

基于上述因素构建的列线图模型AUC为0.844,表明模型具有较好的预测性能。Bootstrap法内部验证结果显示模型具有较好的稳定性和一致性。其在内部验证中仍可达到0.820,表明该模型具有良好的判别性,决策曲线分析表明模型净获益良好,提示基于列线图模型构建的TASC II C/D型ASO再狭窄预测模型能够准确预测再狭窄风险,为临床个性化治疗策略的制定提供科学依据与参考支持。

本研究开发并验证了TASC II C/D型ASO再狭窄的列线图预测模型。与传统的单因素分析和多因素回归分析相比,列线图模型能够将多个危险因素整合到一个直观的图形中,方便临床医师快速、准确地评估患者的再狭窄风险。此外,本研究筛选出的独立危险因素与既往研究^[8-10]基本一致,进一步验证了这些危险因素在TASC II C/D型ASO再狭窄预测中的重要性。

本研究存在一些局限性:(1)本研究样本量($n=307$)虽然满足基础建模的需求,但仍需在更大规模的群体中进行验证;(2)本研究为单中心研究,其结论可能受地域性因素影响,存在一定的选择偏倚;(3)本研究的影像学评估是基于回顾性分析,虽力求标准统一,但可能存在一定的评估者间的差异;此外,未能对斑块成分(如脂质坏死核、纤维帽)进行更高级的影像学分析(如能谱CT、高分辨率MRI),这些特征可能与再狭窄风险存在关联;(4)本研究采用回顾性分析,可能导致药物依从性等主观指标存在信息偏倚;(5)在研究时间上,受随访时间的限制,可能无法观察到患者长期的预后情况,对于一些远期影响因素的作用评估不够全面,如某些治疗措施的远期效果或远期并发症对再狭窄的影响;(6)本研究虽结合单因素和多因素回归分析的统计学方法,但无法完全排除混杂因素的影响。此外,本研究仅考虑了临床因素对再狭窄的影响,未考虑基因、环境等因素的影响,这些因素可能与已知的危

险因素相互作用,共同影响再狭窄的发生。未来需要进一步探索这些因素在TASC II C/D型ASO再狭窄预测中的作用。

综上所述,基于列线图模型构建的TASC II C/D型ASO再狭窄预测模型具有良好的预测性能,可为临床个性化治疗策略的制定提供参考。本研究针对TASC II C/D型ASO患者展开,深入剖析了再狭窄的危险因素,最终确定高龄、较长吸烟史、CRT时间长、TcPO₂低、PI值降低、TASC II分型D型、病变长度较长、钙化分级高、术中未使用DCB及术后未规律服用双抗为独立危险因素,这些发现为理解该疾病的再狭窄机制提供了重要依据。此外,基于这些独立的危险因素,临床医师可对患者进行分层管理,针对不同风险层次的患者定制个性化的随访计划与干预策略,从而更有效地预防再狭窄的发生,提高患者的治疗效果及生活质量。未来需要进一步开展多中心、大样本的前瞻性研究验证模型的预测性能,并探索基因、环境等因素在再狭窄预测中的作用,使预测模型更有价值、更加普适。

【参考文献】

- [1] Ye M, Qian X, Guo X, *et al.* Neutrophil-lymphocyte ratio and platelet-lymphocyte ratio predict severity and prognosis of lower limb arteriosclerosis obliterans[J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, 64: 221-227.
- [2] Kobayashi T, Hamamoto M, Okazaki T, *et al.* Outcomes of a bypass-first strategy in chronic limb-threatening ischemia based on the Global Vascular Guidelines[J]. *J Vasc Surg*, 2023, 77(1): 201-207.
- [3] Morisaki K, Matsuda D, Guntani A, *et al.* Treatment outcomes between bypass surgery and endovascular therapy in patients with chronic limb-threatening ischemia classified as bypass-preferred category based on Global Vascular Guidelines[J]. *J Vasc Surg*, 2023, 78(2): 475-482. e1.
- [4] Morisaki K, Matsuda D, Matsubara Y, *et al.* Global limb anatomic staging system inframalleolar modifier predicts limb salvage and wound healing in patients with chronic limb threatening ischaemia undergoing endovascular infrainguinal revascularisation[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2023, 65(3): 391-397.
- [5] Bontinis A, Bontinis V, Koutsoumpelis A, *et al.* A systematic review aggregated data and individual participant data meta-analysis of spot stenting in the treatment of lower extremity peripheral arterial disease[J]. *Ann Vasc Surg*, 2022, 85: 424-432.
- [6] Wu Y, Tian S, Li C, *et al.* Predictive value of contrast-enhanced ultrasound in chemical lumbar sympathectomy for end-stage arteriosclerosis obliterans of the lower extremities[J]. *Pain Ther*, 2022, 11(1): 209-223.
- [7] Dong X, Peng Z, Ren Y, *et al.* Endovascular treatment of aorto-iliac occlusive disease with TASC II C and D lesions: 10 year's experience of clinical technique[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2023, 23(1): 71.
- [8] Farber A, Menard MT, Conte MS, *et al.* Surgery or endovascular therapy for chronic limb-threatening ischemia[J]. *N Engl J Med*, 2022, 387(25): 2305-2316.
- [9] Qin Y, Shi Y, Zhuo H, *et al.* Short-term efficacy and safety of TurboHawk atherectomy for in-stent restenosis in peripheral artery disease: a single-centre experience[J]. *ANZ J Surg*, 2022, 92(3): 448-452.
- [10] Bakker O, Bausback Y, Wittig T, *et al.* First experience with the GoBack-catheter for successful crossing of complex chronic total occlusions in lower limb arteries[J]. *J Endovasc Ther*, 2022, 29(5): 798-807.
- [11] No authors listed. Management of peripheral arterial disease (PAD). TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC) [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2000, 19(Suppl A): S1-xxviii, S1-250.
- [12] Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, *et al.* Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II) [J]. *J Vasc Surg*, 2007, 45(Suppl S): S5-67.
- [13] Tian W, Luo L, Xu X, *et al.* Nomogram for predicting intolerable postoperative early enteral nutrition following definitive surgery for small intestinal fistula: a cohort study[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(9): 5595-5604.
- [14] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 下肢动脉硬化闭塞症诊治指南[J/OL]. 中华普通外科学文献(电子版), 2016, 10(1): 1-18.
- [15] Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, *et al.* 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J]. *Circulation*, 2017, 135(12): e686-e725.
- [16] Wermelink B, Ma KF, Haalboom M, *et al.* A systematic review and critical appraisal of peri-procedural tissue perfusion techniques and their clinical value in patients with peripheral arterial disease[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2021, 62(6): 896-908.
- [17] 彭伟,陈琨,张晓玲,等. 下肢灌注评分对VA-ECMO治疗患者下肢缺血的诊断价值分析[J]. *浙江医学*, 2022, 44(24): 2620-2624.
- [18] Liu Y, Wang Q, Wu Z, *et al.* A prospective, multicenter, real-world observational study evaluating the impact of tibial runoff on clinical outcomes after endovascular therapy for femoropopliteal lesions: Research protocol[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 1035659.
- [19] Nugteren MJ, Ünü Ç, Samim M, *et al.* Inter- and intra-observer agreement of the peripheral arterial calcium scoring system in patients undergoing (infra)popliteal endovascular interventions[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2024, 47(11): 1441-1449.
- [20] Ho KJ, Owens CD. Diagnosis, classification, and treatment of femoropopliteal artery in-stent restenosis[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 65(2): 545-557.
- [21] 胡威龙,王高尚,张小兵,等. 血清IL-8、VEGF水平与下肢动脉硬化闭塞症患者支架植入术后1年内支架内再狭窄的关系[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(6): 943-951.
- [22] Heinze G, Baillie M, Lusa L, *et al.* Regression without regrets-initial data analysis is a prerequisite for multivariable regression[J]. *BMC Med Res Methodol*, 2024, 24(1): 178.
- [23] Ullmann T, Heinze G, Hafermann L, *et al.* Evaluating variable selection methods for multivariable regression models: a simulation study protocol[J]. *PLoS One*, 2024, 19(8): e0308543.
- [24] Mok Y, Ishigami J, Lutsey PL, *et al.* Peripheral artery disease and subsequent risk of infectious disease in older individuals: the ARIC

- study[J]. Mayo Clin Proc, 2022, 97(11): 2065-2075.
- [25] Golledge J, Drovandi A. Evidence-based recommendations for medical management of peripheral artery disease[J]. J Atheroscler Thromb, 2021, 28(6): 573-583.
- [26] Zhang B, Zhang H, Gong H, *et al.* Trends and potential risk factors of lower extremity peripheral arterial disease: results from the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Pulse, 2025, 13(1): 140-156.
- [27] Wilson S, Mone P, Kansakar U, *et al.* Diabetes and restenosis[J]. Cardiovascular diabetology, 2022, 21(1): 23.
- [28] Guo G, Zhang L, Li L, *et al.* 1888-LB: impact of glucose status on risk of restenosis after femoral artery angioplasty and stent implantation-a three-year follow-up study[J]. Diabetes, 2025, 74 (Supplement_1): 1888-LB.
- [29] Yao Z, Tasdighi E, Dardari Z A, *et al.* Association between cigarette smoking and subclinical markers of cardiovascular harm[J]. J Am Coll Cardiol, 2025, 85(10): 1018-1034.
- [30] Bertrand C, Saulnier PJ, Potier L, *et al.* Plasma concentrations of lipoproteins and risk of lower-limb peripheral artery disease in people with type 2 diabetes: the SURDIAGENE study[J]. Diabetologia, 2021, 64(3): 668-680.
- [31] Behrendt CA, Thomalla G, Rimmel DL, *et al.* Editor's choice-prevalence of peripheral arterial disease, abdominal aortic aneurysm, and risk factors in the hamburg city health study: a cross sectional analysis[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2023, 65(4): 590-598.
- [32] Hirsch AT, Criqui MH, Treat-Jacobson D, *et al.* Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care[J]. JAMA, 2001, 286(11): 1317-1324.
- [33] Lin Y, Li W, Liu W, *et al.* Mid-term outcomes of endovascular treatment and risk factors for recurrence in patients with Trans-Atlantic-Inter-Society II C/D femoropopliteal lesions[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(5): 2028-2039.
- [34] Zhang F, Song HX, Zheng LH, *et al.* Long-term clinical efficacy of drug-coated balloon angioplasty for TASC II C/D femoropopliteal lesions in older patients with chronic limb-threatening ischemia: a retrospective study[J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(33): e39331.
- [35] Gao X, Yu C, Li T, *et al.* The study on the risk factors of restenosis after superficial femoral artery stenting[J]. Vasc Invest Ther, 2023, 6 (2): 30-37.
- [36] Zhang J, Zhang Q, Zhao K, *et al.* Risk factors for in-stent restenosis after coronary stent implantation in patients with coronary artery disease: a retrospective observational study[J]. Medicine (Baltimore), 2022, 101(47): e31707.
- [37] Dong H, Shan Y, Gong S, *et al.* Clinical research of drug-coated balloon after rotational atherectomy for severe coronary artery calcification[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23(1): 40.
- [38] Müller A, Bradaric C, Kafka A, *et al.* Prevalence and patterns of in-stent neoatherosclerosis in lower extremity artery disease[J]. EuroIntervention, 2023, 18(17): 1462-1470.
- [39] Chou TH, Alvelo JL, Janse S, *et al.* Prognostic value of radiotracer-based perfusion imaging in critical limb ischemia patients undergoing lower extremity revascularization[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(8): 1614-1624.
- [40] 张言涛, 周黎明, 曲悦君. 开放手术与血管腔内修复对下肢动脉硬化闭塞症患者下肢血管顺应性、血流灌注和远期预后的对比研究[J]. 心电与循环, 2025, 44(1): 67-70, 76.
- [41] Déglise S, Bechelli C, Allagnat F. Vascular smooth muscle cells in intimal hyperplasia, an update[J]. Front Physiol, 2023, 13: 1081881.
- [42] Shlofmitz E, Khalid N, Waksman R. In-stent restenosis: a second chance to get it right[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(11): 1389-1390.
- [43] Shu C, Li X, Luo M, *et al.* The VaSecure paclitaxel drug coated balloon clinical trial: one year outcomes[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2025, 70(3): 359-366.
- [44] 李攀峰, 李晓健, 牛浩. 巧克力球囊辅助药物涂层球囊血管成形术治疗 TASC II C/D 型股腘动脉病变的疗效分析[J]. 实用医学杂志, 2023, 39(23): 3111-3115.
- [45] Kobayashi T, Takahara M, Fujimura N, *et al.* Clinical outcomes in patients with chronic limb-threatening ischemia after femoropopliteal intervention with a drug-coated balloon or stenting [J]. J Vasc Surg, 2025, 82(1): 164-172.e2.
- [46] Wilderman M, Tateishi K, O'Connor D, *et al.* Safety and efficacy of covered stent grafts in the treatment of emergent access related complications[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2025, 74: 34-39.
- [47] 李越, 王兵, 牛晓阳, 等. 药物涂层球囊在自体动静脉瘘狭窄治疗中的应用[J]. 实用医学杂志, 2023, 39(6): 724-729.
- [48] Jia X, Zhang J, Zhuang B, *et al.* Acotec drug-coated balloon catheter: randomized, multicenter, controlled clinical study in femoropopliteal arteries: evidence from the AcoArt I trial[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(18): 1941-1949.
- [49] 崔风强, 陈江浩, 王辉, 等. Acotec 药物涂层球囊治疗下肢动脉硬化闭塞症的临床效果[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(24): 3184-3188.
- [50] Wilkins LR, Sabri SS, Misra S. The 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VESS guideline for the management of lower extremity peripheral artery disease: pertinent points for the interventional radiologist[J]. J Vasc Interv Radiol, 2024, 35(12): 1743-1751.
- [51] Robertson L, Ghouri MA, Kovacs F. Antiplatelet and anticoagulant drugs for prevention of restenosis/reocclusion following peripheral endovascular treatment[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2012, 2012(8): CD002071.
- [52] Liu P, Zheng LH, He XQ, *et al.* Midterm outcomes of endovascular therapy for TASC II D femoropopliteal lesions with critical limb ischemia: a retrospective analysis[J]. Ann Vasc Surg, 2023, 88: 182-190.
- [53] Loffroy R, Edriss N, Goyault G, *et al.* Percutaneous mechanical atherothrombectomy using the Rotarex[®] device in peripheral artery in-stent restenosis or occlusion: a French retrospective multicenter study on 128 patients[J]. Quant Imaging Med Surg, 2020, 10(1): 283-293.
- [54] Ihnat DM, Duong ST, Taylor ZC, *et al.* Contemporary outcomes after superficial femoral artery angioplasty and stenting: the influence of TASC classification and runoff score[J]. J Vasc Surg, 2008, 47(5): 967-974.
- [55] Dormandy JA, Rutherford RB. Management of peripheral arterial disease (PAD). TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC)[J]. J Vasc Surg, 2000, 31(1 Pt 2): S1-S296.

(责任编辑: 张小利)