

## · 临床研究 ·

## LLASO 并发足部溃疡影响因素与风险预测研究

叶郁青, 娄浩然, 刘 新

(郑州大学附属郑州市中心医院血管外科, 河南 郑州 450000)

**[摘要]** **目的** 探讨下肢动脉硬化闭塞症(LLASO)并发足部溃疡的影响因素,构建风险预测列线图模型,并研究其风险预测效能。**方法** 回顾性分析 2018 年 1 月至 2021 年 1 月该院收治的 283 例 LLASO 患者的临床资料,按 7:3 比例进行简单随机化分组,分为建模组(196 例)和验证组(87 例),比较建模组与验证组患者的一般资料;统计 LLASO 并发足部溃疡发生率;将建模组患者按是否发生足部溃疡分为发生组(43 例)和未发生组(153 例),比较发生组与未发生组患者的一般资料;应用 logistic 回归模型分析发生 LLASO 并发足部溃疡的影响因素;基于多因素分析结果绘制列线图模型;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估列线图模型的预测能力,绘制校准曲线并用 Bootstrap 法检验列线图模型的校准度,应用决策曲线分析验证模型的临床净获益率。对 283 例患者随访 31~36 个月,中位随访时间 33 个月。**结果** 283 例患者中并发足部溃疡 64 例,足部溃疡发生率为 22.61%;年龄、病程、糖尿病、高脂血症、中性粒细胞与淋巴细胞比率(NLR)、血红蛋白、清蛋白为足部溃疡发生的影响因素[优势比=1.669、1.554、1.931、1.900、1.910、0.685、0.558,95%可信区间(95%CI)1.186~2.347、1.131~2.135、1.433~2.601、1.227~2.942、1.168~3.124、0.499~0.941、0.381~0.817, $P<0.05$ ];列线图模型预测建模组患者并发足部溃疡的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.947(95%CI 0.906~0.974),灵敏度、特异度分别为 95.35%、92.81%,预测验证组患者并发足部溃疡的 AUC 为 0.857(95%CI 0.765~0.923),灵敏度、特异度分别为 85.71%、84.85%,建模组、验证组拟合良好( $\chi^2=2.034、2.068, P=0.375、0.341$ ),列线图模型预测建模组阈值概率为 0~83%、98%~100%时可获得临床净收益,预测验证组阈值概率为 0~73%、75%~80%、82%~90%时可获得临床净收益。**结论** LLASO 并发足部溃疡的影响因素包括年龄、病程、糖尿病、高脂血症、NLR、血红蛋白、清蛋白等,综合上述因素构建的列线图模型对足部溃疡的预测效能良好。

**[关键词]** 下肢动脉硬化闭塞症; 足部溃疡; 影响因素; 预测

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2026.03.027

中图法分类号:R543.5;R632.1

文章编号:1009-5519(2026)03-0618-08

文献标识码:A

### Study on the influencing factors and risk prediction of LLASO complicated with foot ulcer

YE Yuqing, LOU Haoran, LIU Xin

(Department of Vascular Surgery, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450000, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the influencing factors of lower extremity arteriosclerosis obliterans (LLASO) complicated with foot ulcer, construct a risk prediction nomogram model, and study its risk prediction efficiency. **Methods** A total of 283 patients with LLASO admitted to our hospital from January 2018 to January 2021 were enrolled for retrospective analysis of their clinical data. These patients were randomly divided into modeling group (196 cases) and verification group (87 cases) at a ratio of 7:3. The general data of modeling group and verification group were compared and the incidence of foot ulcers in LLASO patients was statistically analyzed. The patients in the modeling group were divided into the occurrence group (43 cases) and the non-occurrence group (153 cases) based on whether they had foot ulcers. The general data of the patients in the occurrence group and the non-occurrence group were compared. The logistic regression model was used to analyze the influencing factors of LLASO complicated with foot ulcer. The nomogram model was drawn based on the results of the multivariate analysis. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the predictive ability of the nomogram model, and the calibration curve was drawn and the calibration degree of the Nomogram model was tested using the Bootstrap resampling method. The decision curve analysis was applied to verify the clinical net benefit rate of the model. A follow-up of 283 patients was conducted for 31 to 36 months, with a median follow-up time of 33 months. **Results** The incidence of foot ul-

作者简介:叶郁青(1991-),硕士研究生,主治医师,主要从事下肢静脉曲张、下肢动脉硬化闭塞症、下肢深静脉血栓、颈动脉狭窄的诊疗工作。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20260104.1130.016\(2026-01-04\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20260104.1130.016(2026-01-04))

cer in patients with LLASO was 22.61% (64/283). Age, disease duration, diabetes, hyperlipidemia, neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), hemoglobin, and albumin were identified as the influencing factors for the occurrence of foot ulcers [odds ratio (OR) = 1.669, 1.554, 1.931, 1.900, 1.910, 0.685, 0.558; 95% confidence interval (95% CI) 1.186–2.347, 1.131–2.135, 1.433–2.601, 1.227–2.942, 1.168–3.124, 0.499–0.941, 0.381–0.817,  $P < 0.05$ ]. The area under the ROC curve (AUC) of the Nomogram model for predicting foot ulceration in the modeling group was 0.947 (95% CI 0.906–0.974), with a sensitivity of 95.35% and a specificity of 92.81%. The AUC for predicting foot ulceration in the validation group was 0.857 (95% CI 0.765–0.923), with a sensitivity of 85.71% and a specificity of 84.85%. The modeling group and the validation group had good fits ( $\chi^2 = 2.034, 2.068; P = 0.375, 0.341$ ). The Nomogram model predicted that a threshold probability of 0–83% and 98%–100% in the modeling group could yield clinical net benefits, and a threshold probability of 0–73%, 75%–80%, and 82%–90% in the validation group could yield clinical net benefits.

**Conclusion** The influencing factors of LLASO complicated with foot ulcer include age, disease duration, diabetes, hyperlipidemia, NLR, hemoglobin and albumin, and the Nomogram model constructed by combining the above factors has good predictive efficiency for foot ulcer.

**[Key words]** Lower extremity arteriosclerosis obliterans; Foot ulcer; Influencing factors; Forecasting

下肢动脉硬化闭塞症(LLASO)是因下肢粥样硬化斑块形成所致。近年来,由于我国人口老龄化和人们生活水平提升,其发生率呈逐年升高趋势<sup>[1]</sup>。流行病学研究发现,LLASO在普通人群中患病率为3%~10%,但在70岁以上群体中患病率升高至15%~20%<sup>[2]</sup>。随着LLASO的研究进展,患者会出现间歇性跛行、临界肢体缺血,表现为下肢坏疽、难治性足部溃疡和静息痛,其中足部溃疡可反复发作,可引起很多并发症,且往往伴随高致残率,为患者带来巨大痛苦。关于LLASO并发足部溃疡发生的危险因素引起了国内外广泛关注<sup>[3-4]</sup>,但目前仍缺乏对LLASO并发足部溃疡发生的风险预测模型。列线图模型是一种可将logistic回归模型或Cox回归分析结果进行可视化呈现的风险预测辅助工具,在预测恶变事件发生风险方面准确性较高<sup>[5]</sup>,国内外已将其用于多种疾病的预测<sup>[6-8]</sup>,使医生在临床诊疗决策过程中更主动。因此,本研究建立了LLASO并发足部溃疡发生的风险预测列线图模型,为预测LLASO并发足部溃疡发生风险提供新的思路。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

**1.1.1 一般资料** 回顾性分析2018年1月至2021年1月本院收治的283例LLASO患者的临床资料,其中男146例,女137例;年龄50~83岁,平均(66.25±8.93)岁;民族:汉族281例,少数民族2例;居住地:城镇120例,农村163例;身体质量指数(BMI)17~30 kg/m<sup>2</sup>,平均(24.51±4.08) kg/m<sup>2</sup>;LLASO病程5~11年,平均(8.23±1.09)年。将283例LLASO患者按7:3比例进行简单随机化分组,分为建模组(196例)和验证组(87例),将建模组患者按是否发生足部溃疡分为发生组(43例)和未发生组(153例)。本研究已通过医院医学伦理委员会审批(院准字2024-017)。

**1.1.2 纳入标准** (1)符合《下肢动脉硬化闭塞症诊治指南》<sup>[9]</sup>中LLASO诊断标准;(2)临床资料完整。

**1.1.3 排除标准** (1)合并足部真菌感染、麻风病、风湿性关节炎等致溃疡的病症;(2)足部创伤史或足部手术史;(3)合并精神疾病、恶病质人群等;(4)皮肤溃疡。

### 1.2 方法

**1.2.1 样本量计算** 据初步统计分析,LLASO并发足部溃疡的概率为22.86%(16/70),影响因素包括年龄、病程、糖尿病、高脂血症、中性粒细胞与淋巴细胞比率(NLR)、血红蛋白和清蛋白7项。足部溃疡发生例数至少是影响因素数的5倍,故足部溃疡发生例数应大于或等于35,即总样本量至少154例( $n = 35 / 22.86\% \approx 154$ )。

**1.2.2 治疗方法** 参考《下肢动脉硬化闭塞症诊治指南》<sup>[9]</sup>进行药物治疗或微创疗法,对于早期或症状轻微者可采取药物治疗,如抗血小板药物(如阿司匹林)、他汀类药物(阿托伐他汀)和扩血管药物(如西洛他唑);对于中重度狭窄或闭塞者,或出现明显症状(如溃疡、静息痛等),可采取微创介入疗法,选择球囊扩张术、支架植入术,术后长期进行抗血小板治疗,并定期复查。

**1.2.3 资料收集** 由专人收集患者临床资料,包括民族、年龄、BMI、性别、职业、居住地、吸烟及饮酒史、LLASO病程,以及高脂血症、慢性阻塞性肺疾病、高血压、肾功能不全、糖尿病等疾病史。治疗前检测或统计白细胞计数、血小板计数、NLR、C反应蛋白(CRP)、血红蛋白(空腹血)、清蛋白(空腹血)等。

**1.2.4 足部溃疡判定标准** 参考《慢性伤口诊疗指导意见(2011版)》<sup>[10]</sup>中足部溃疡诊断标准判定,足部创面为足部深达真皮或更深位置的创面。

**1.2.5 随访** 对283例患者随访31~36个月,中位随访时间33个月。

**1.3 统计学处理** 应用SPSS24.0统计软件进行数

据分析,计量资料经 K-S 检验均符合正态分布,以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用独立样本  $t$  检验;计数资料以率或构成比表示,采用  $\chi^2$  检验。将足部溃疡发生情况作为因变量,年龄(实测值)、病程(实测值)、糖尿病(无=0,有=1)、高脂血症(无=0,有=1)、CRP(实测值)、NLR(实测值)、血红蛋白(实测值)、清蛋白(实测值)作为自变量,采用多因素 logistic 回归模型分析 LLASO 并发足部溃疡的影响因素,采用逐步向前法进行筛选;以方差膨胀因子(VIF)筛除共线性变量,VIF>10 表示变量共线性,经检验 NLR 与 CRP 共线,删除从变量(CRP)保留主变量(NLR)。应用 R3.4.3 软件包绘制列线图模型;绘制受试者工作特

征(ROC)曲线,以 ROC 曲线下面积(AUC)、敏感度、特异度评估模型的预测效能;采用 Bootstrap 法进行内部验证并计算一致性指数(C-index);应用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验模型的拟合优度;采用决策曲线(DCA)验证模型的临床净获益率。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 建模组与验证组患者一般资料比较** 283 例患者并发足部溃疡 64 例,发生率为 22.61%。建模组患者中并发足部溃疡 43 例,验证组患者中并发足部溃疡 21 例。建模组与验证组患者一般资料比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

表 1 建模组与验证组患者一般资料比较

项目	建模组( $n=196$ )	验证组( $n=87$ )	$t/\chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	66.22±8.65	66.34±9.14	0.106	0.916
性别[ $n(\%)$ ]			0.298	0.585
男	99(50.51)	47(54.02)		
女	97(49.49)	40(45.98)		
民族[ $n(\%)$ ]			0.351	0.554
汉族	195(99.49)	86(98.85)		
少数民族	1(0.51)	1(1.15)		
居住地[ $n(\%)$ ]			0.302	0.582
城镇	81(41.33)	39(44.83)		
农村	115(58.67)	48(55.17)		
BMI( $\bar{x} \pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> )	24.82±4.13	23.79±4.05	1.947	0.052
LLASO 病程( $\bar{x} \pm s$ ,年)	8.22±1.23	8.25±1.02	0.199	0.842
在职[ $n(\%)$ ]			0.333	0.564
是	37(18.88)	19(21.84)		
否	159(81.12)	68(78.16)		
吸烟史[ $n(\%)$ ]			0.022	0.882
有	95(48.47)	43(49.43)		
无	101(51.53)	44(50.57)		
饮酒史[ $n(\%)$ ]			0.029	0.865
有	90(45.92)	39(44.83)		
无	106(54.08)	48(55.17)		
高血压[ $n(\%)$ ]			0.009	0.924
有	71(36.22)	31(35.63)		
无	125(63.78)	56(64.37)		
糖尿病[ $n(\%)$ ]			0.454	0.500
有	85(43.37)	34(39.08)		
无	111(56.63)	53(60.92)		
高脂血症[ $n(\%)$ ]			0.303	0.582
有	88(44.90)	36(41.38)		
无	108(55.10)	51(58.62)		

续表 1 建模组与验证组患者一般资料比较

项目	建模组( $n=196$ )	验证组( $n=87$ )	$t/\chi^2$	$P$
肾功能不全[ $n(\%)$ ]			0.036	0.849
有	32(16.33)	15(17.24)		
无	164(83.67)	72(82.76)		
慢性阻塞性肺疾病[ $n(\%)$ ]			0.001	0.974
有	29(14.80)	13(14.94)		
无	167(85.20)	74(85.06)		
白细胞计数( $\bar{x}\pm s, \times 10^9 L^{-1}$ )	16.38 $\pm$ 2.15	16.44 $\pm$ 2.57	0.204	0.839
NLR( $\bar{x}\pm s$ )	2.07 $\pm$ 0.25	2.09 $\pm$ 0.22	0.644	0.520
血小板计数( $\bar{x}\pm s, \times 10^9 L^{-1}$ )	365.12 $\pm$ 30.14	361.48 $\pm$ 31.58	0.924	0.356
CRP( $\bar{x}\pm s, mg/L$ )	21.15 $\pm$ 5.69	21.05 $\pm$ 5.64	0.137	0.891
血红蛋白( $\bar{x}\pm s, g/L$ )	81.37 $\pm$ 6.34	81.58 $\pm$ 6.35	0.257	0.797
清蛋白( $\bar{x}\pm s, g/L$ )	30.31 $\pm$ 5.15	30.85 $\pm$ 5.11	0.816	0.415
治疗方法[ $n(\%)$ ]			0.052	0.820
药物治疗	102(52.04)	44(50.57)		
微创疗法	94(47.96)	43(49.43)		

2.2 发生组与未发生组患者一般资料比较 与未发生组比较,发生组患者年龄较大,病程较长,糖尿病、高脂血症占比及 CRP、NLR 水平均较高,血红蛋白、

清蛋白水平均较低,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。2 组患者性别、民族、居住地、BMI、职业比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 2。

表 2 发生组与未发生组患者一般资料比较

项目	发生组( $n=43$ )	未发生组( $n=153$ )	$t/\chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x}\pm s, 岁$ )	70.12 $\pm$ 10.15	65.13 $\pm$ 9.64	2.964	0.003
性别[ $n(\%)$ ]			0.062	0.804
男	21(48.84)	78(50.98)		
女	22(51.16)	75(49.02)		
民族[ $n(\%)$ ]			0.282	0.595
汉族	43(100.00)	152(99.35)		
少数民族	0	1(0.65)		
居住地[ $n(\%)$ ]			0.006	0.936
城镇	18(41.86)	63(41.18)		
农村	25(58.14)	90(58.82)		
BMI( $\bar{x}\pm s, kg/m^2$ )	25.01 $\pm$ 2.33	24.77 $\pm$ 2.66	0.536	0.592
LLASO 病程( $\bar{x}\pm s, 年$ )	10.26 $\pm$ 1.28	7.65 $\pm$ 1.33	11.461	<0.001
在职[ $n(\%)$ ]			0.152	0.697
是	9(20.93)	28(18.30)		
否	34(79.07)	125(81.70)		
吸烟史[ $n(\%)$ ]			0.003	0.956
有	21(48.84)	74(48.37)		
无	22(51.16)	79(51.63)		
饮酒史[ $n(\%)$ ]			0.008	0.930
有	20(46.51)	70(45.75)		
无	23(53.49)	83(54.25)		
高血压[ $n(\%)$ ]			0.261	0.609
有	17(39.53)	54(35.29)		

续表 2 发生组与未发生组患者一般资料比较

项目	发生组(n=43)	未发生组(n=153)	t/χ <sup>2</sup>	P
无	26(60.47)	99(64.71)		
糖尿病[n(%)]			4.894	0.027
有	25(58.14)	60(39.22)		
无	18(41.86)	93(60.78)		
高脂血症[n(%)]			13.771	<0.001
有	30(69.77)	58(37.91)		
无	13(30.23)	95(62.09)		
肾功能不全[n(%)]			0.209	0.647
有	8(18.60)	24(15.69)		
无	35(81.40)	129(84.31)		
慢性阻塞性肺疾病[n(%)]			0.096	0.757
有	7(16.28)	22(14.38)		
无	36(83.72)	131(85.62)		
白细胞计数( $\bar{x} \pm s, \times 10^9 L^{-1}$ )	16.41 ± 2.58	16.37 ± 2.36	0.048	0.962
NLR( $\bar{x} \pm s$ )	2.65 ± 0.36	1.91 ± 0.25	15.448	<0.001
血小板计数( $\bar{x} \pm s, \times 10^9 L^{-1}$ )	362.18 ± 41.68	365.95 ± 44.29	0.102	0.919
CRP( $\bar{x} \pm s, mg/L$ )	25.16 ± 2.18	20.02 ± 1.99	14.651	<0.001
血红蛋白( $\bar{x} \pm s, g/L$ )	71.25 ± 15.36	84.21 ± 16.34	4.654	<0.001
清蛋白( $\bar{x} \pm s, g/L$ )	24.16 ± 3.39	32.04 ± 4.13	11.467	<0.001
治疗方法[n(%)]			0.046	0.830
药物治疗	23(53.49)	79(51.63)		
微创疗法	20(46.51)	74(48.37)		

2.3 建模组患者足部溃疡发生的影响因素 logistic 回归模型分析 年龄、病程、糖尿病、高脂血症、NLR、血红蛋白、清蛋白为建模组患者足部溃疡发生的影响因素(P<0.05)。见表 3。

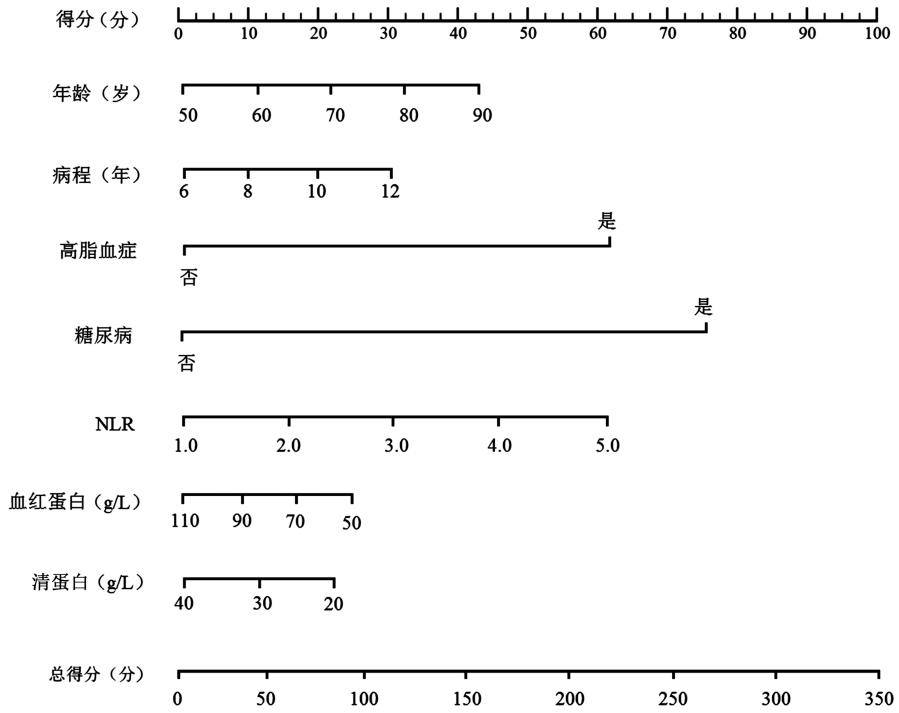
2.4 建模组患者足部溃疡发生的风险预测列线图模型及效能 将 7 个影响因素作为预测指标构建的 LLASO 并发足部溃疡的风险预测列线图模型见图 1。列线图模型预测建模组患者发生足部溃疡的 AUC 为 0.947(95%CI 0.906~0.974),灵敏度、特异度分别为 95.35%、92.81%,预测验证组患者发生足

部溃疡的 AUC 为 0.857(95%CI 0.765~0.923),灵敏度、特异度分别为 85.71%、84.85%。见图 2。运用 Bootstrap 法对列线图模型进行内部验证的 C-index 为 0.859, Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示建模组、验证组拟合良好(χ<sup>2</sup> = 2.034, 2.068, P = 0.375, 0.341)。见图 3。列线图模型预测建模组阈值概率为 0~83%、98%~100%时可获得临床净收益,预测验证组阈值概率为 0~73%、75%~80%、82%~90%时可获得临床净收益。见图 4。

表 3 建模组患者足部溃疡发生的影响因素 logistic 回归模型分析

因素	回归系数	标准误	χ <sup>2</sup>	P	优势比	95%可信区间(95%CI)
年龄	0.512	0.174	8.658	<0.001	1.669	1.186~2.347
病程	0.441	0.162	7.410	<0.001	1.554	1.131~2.135
高脂血症	0.642	0.223	8.288	<0.001	1.900	1.227~2.942
糖尿病	0.658	0.152	18.740	<0.001	1.931	1.433~2.601
NLR	0.647	0.251	6.644	0.001	1.910	1.168~3.124
血红蛋白	-0.378	0.162	5.444	0.009	0.685	0.499~0.941
清蛋白	-0.584	0.195	8.969	<0.001	0.558	0.381~0.817
常数项	-14.533	4.352	11.151	<0.001	—	—

注:—表示无此项。



LLASO并发足部溃疡的风险

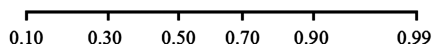
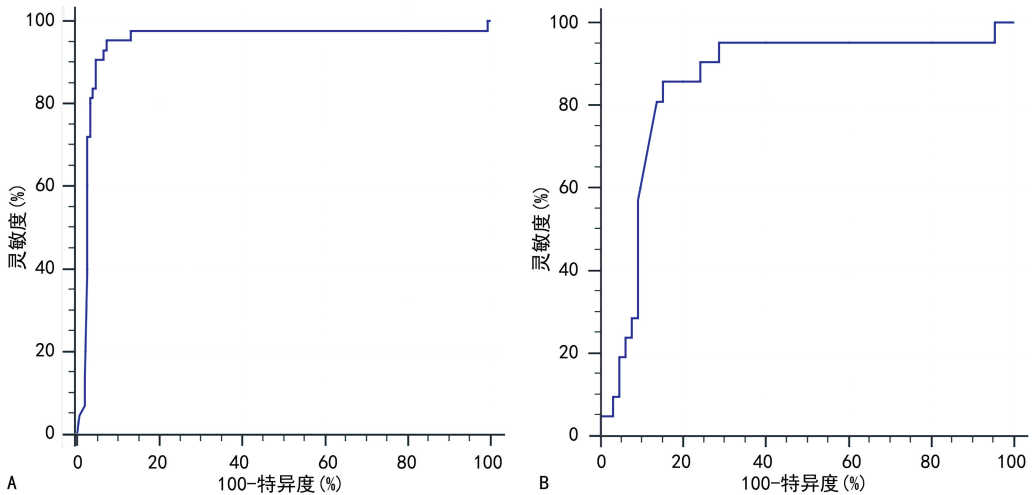
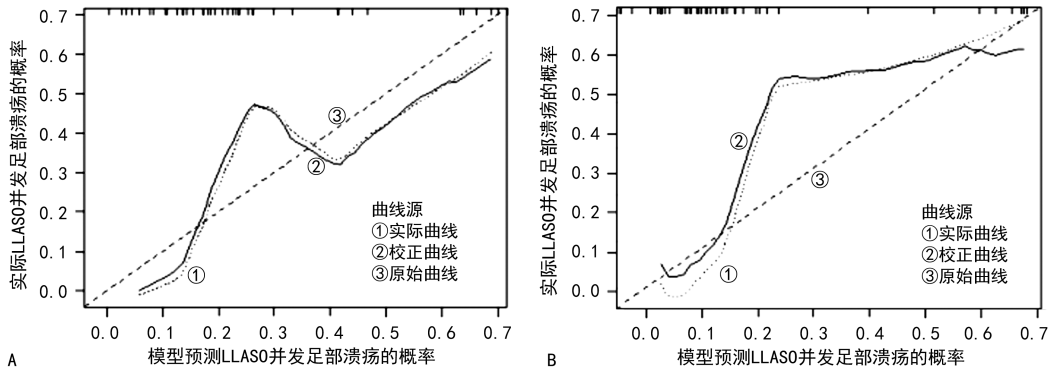


图 1 LLASO 并发足部溃疡的风险预测列线图



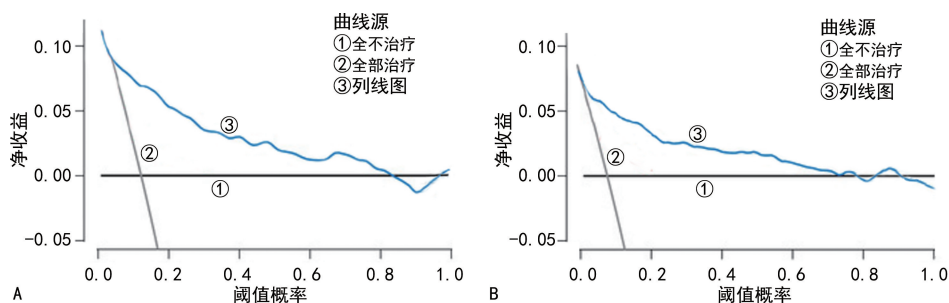
注:A. 建模组; B. 验证组。

图 2 列线图模型预测 LLASO 并发足部溃疡的 ROC 曲线



注:A. 建模组; B. 验证组。

图 3 列线图模型预测 LLASO 并发足部溃疡的校准曲线



注: A. 建模组; B. 验证组。

图 4 列线图模型预测 LLASO 并发足部溃疡的 DCA 曲线

### 3 讨 论

LLASO 并发足部溃疡是因下肢大中动脉管壁发生病理改变, 发展至中后期引起深达真皮、皮下组织的皮肤缺损性病变<sup>[11]</sup>。LLASO 并发足部溃疡是一种长期消耗性疾病, 若不及时采取适当干预, 其进行性的下肢动脉缺血会加重溃疡, 并大大增加截肢的风险。BOLTON<sup>[12]</sup> 研究表明, LLASO 患者中 20%~70% 患有足部溃疡。本研究结果显示, LLASO 并发足部溃疡的概率为 22.61%, 与 BOLTON<sup>[12]</sup> 研究结果一致, 证明足部溃疡发生率较高, 应积极预防。

本研究结果显示, 年龄、病程、糖尿病、高脂血症、NLR、血红蛋白、清蛋白为 LLASO 并发足部溃疡的影响因素 ( $P < 0.05$ )。动脉硬化发展存在依赖性, 因而 LLASO 好发于老年人, 而高龄患者因身体机能发生退行性病变, 下肢缺血缺氧往往更严重, 更易因组织坏死引发溃疡。据国外文献报道, 高龄群体较年轻人更易因动脉闭塞性疾病而并发溃疡<sup>[13-14]</sup>。LLASO 可随病程延长, 肢体缺血愈加严重, 足部溃疡发生风险也越大。高血脂可增加血液黏稠度, 使血管壁胆固醇沉积增加, 形成动脉粥样硬化斑块, 导致血管狭窄、阻塞, 引起足部肌肉缺氧、营养不良, 增加溃疡、坏疽发生风险。有研究证明, 降脂治疗可延缓 LLASO 发展, 降低足部溃疡发生率, 反向证明了高血脂是足部溃疡发生的危险因素<sup>[15]</sup>。炎症反应是 LLASO 发生机制之一, 导致溃疡发生及反复发作, LLASO 及其并发症足部溃疡进展程度广受关注。中性粒细胞被激活后可释放炎症因子, 降解基底膜成分, 损伤血管内皮, 加速动脉粥样硬化病变发展。淋巴细胞可调节 T 淋巴细胞, 从而降低炎症介质水平, 拮抗动脉粥样硬化。NLR 升高表明促炎基因表达增强, 机体炎症反应增加, 从而导致足部溃疡加重。QIAO 等<sup>[16]</sup> 研究表明, NLR 与全身炎症、动脉硬化负荷密切相关。本研究即选择检测 NLR 评估 LLASO 患者机体炎症水平, 结合研究结果可知, 高水平 NLR 会增加足部溃疡发生风险。

血红蛋白、清蛋白可用于评估个体有无贫血与营养不良, 而贫血意味着血液中红细胞数量不足或功能异常, 导致氧气运输功能下降, 长期贫血可能导致组织缺氧, 影响伤口愈合能力, 从而增加溃疡的风险; 营养不良意味着营养素缺乏, 可削弱皮肤屏障功能, 减慢皮肤愈合过程, 并引起溃疡形成; 此外, 贫血、营养不良可导致免疫防御、免疫自稳与免疫监视能力下降, 并加重下肢组织营养障碍, 引起肢端坏死, 增加溃疡发生风险, 因而其是溃疡发生的独立危险因素<sup>[17-18]</sup>。

糖尿病是足部溃疡发生的独立危险因素<sup>[19]</sup>, 长期高血糖可引起足部组织代谢障碍, 出现炎症和营养不良, 从而形成溃疡。另外, 糖尿病可引发神经和血管病变, 导致皮肤组织缺血坏死或皮肤组织感染或因承重点受压造成破损, 形成足部溃疡。

掌握 LLASO 并发足部溃疡的影响因素可早期识别足部溃疡高危人群, 有助于临床医生对 LLASO 患者制定针对性干预方案, 然而, 单一指标的诊断效能较低。列线图模型作为一种广泛应用的风险预测模型, 在皮炎患者预后<sup>[20]</sup>、创伤后脑积水<sup>[21]</sup> 预测中取得良好效果。因此, 本研究基于年龄、病程、糖尿病、高脂血症、NLR、血红蛋白、清蛋白 7 个影响因素建立了个体化足部溃疡发生风险的列线图模型, 便于医生直观分析各危险因素权重, 从而提高风险预测效能, 结果显示, 列线图模型预测足部溃疡发生风险的 AUC 高达 0.947, 灵敏度与特异度均在 90% 以上, 内部验证结果显示, C-index 为 0.859, 提示该模型具有良好的区分度。同时, Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验与 DCA 曲线证明其拟合度良好、获益率高, 均表明该模型对足部溃疡发生风险具有良好的预测价值。

综上所述, 年龄、病程、糖尿病、高脂血症、NLR 是 LLASO 并发足部溃疡的危险因素, 血红蛋白、清蛋白为保护因素, 基于上述因素建立的列线图模型对足部溃疡发生风险的预测价值明显。本研究为临床提供了区分度良好、适用性强的 LLASO 并发足部溃

疡风险预测模型,可供临床医生参考应用,但不足之处在于该模型性能受训练数据质量影响,下一步将增加数据量,提高模型性能,从而进一步提高其对 LLASO 并发足部溃疡风险的预测准确性。

## 参考文献

- [1] YANG M, ZHAO S M, HE Y C. The effect of multidimensional nursing intervention for pain on pain levels in patients with lower extremity arteriosclerosis obliterans [J]. *Altern Ther Health Med*, 2022, 28(5): 38-43.
- [2] WU Y, TIAN S M, LI C Y, 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.
- [3] 梁新雨,冯夏,许永城,等. 下肢动脉硬化闭塞症合并足部溃疡患者小截肢的影响因素分析 [J]. *海军军医大学学报*, 2022, 43(8): 908-914.
- [4] ELGHAZALY H, HOWARD T, SANJAY S, et al. Evaluating the prognostic performance of bedside tests used for peripheral arterial disease diagnosis in the prediction of diabetic foot ulcer healing [J]. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2023, 11(2): e003110.
- [5] DU Y Q, WANG J, FAN W J, et al. Preclinical study of diabetic foot ulcers: from pathogenesis to vivo/vitro models and clinical therapeutic transformation [J]. *Int Wound J*, 2023, 20(10): 4394-4409.
- [6] 张俐丽,冯国琴. 个体化预测非小细胞肺癌患者化疗期间肺部感染风险 Nomogram 模型的建立与验证 [J]. *中国感染控制杂志*, 2022, 21(2): 171-179.
- [7] CHENG H, XU J H, KANG X H, et al. Nomogram for predicting the preoperative lymph node metastasis in resectable pancreatic cancer [J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2023, 149(13): 12469-12477.
- [8] HAZE T. The potential of a new nomogram for the diagnosis of primary aldosteronism [J]. *Hypertens Res*, 2023, 46(12): 2648-2650.
- [9] 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/CD]. *中华普通外科学文献(电子版)*, 2016, 10(1): 1-18.
- [10] 中华医学会创伤学分会组织修复专业委员会(组). 慢性伤口诊疗指导意见(2011 版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 13-14.
- [11] WANG J J, HUANG X M, WANG P Y, et al. Periosteal distraction for foot preservation contributes to favorable clinical effects and prognosis in a foot ulcer patient with critical limb ischemia after multiple operations [J]. *Am J Transl Res*, 2023, 15(5): 3766-3772.
- [12] BOLTON L. Peripheral arterial disease: scoping review of patient-centred outcomes [J]. *Int Wound J*, 2019, 16(6): 1521-1532.
- [13] ESSER R, OUFKIR M, TALL F, et al. Screening and management of peripheral arterial obstructive disease in the lower limb wounds amongst diabetic elderly patients [J]. *Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil*, 2022, 20(4): 473-480.
- [14] OMARJEE L, METAIRIE A, TUEGUEM MOYO T, et al. Performance of finger systolic blood pressure measurement to detect digital occlusive arterial disease in systemic sclerosis [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2022, 61(3): 1115-1122.
- [15] 血管外科学会. 欧洲血管外科学会和世界血管学会联盟全球血管指南编写小组. 慢性肢体威胁性缺血治疗的全球血管指南(全译) [J]. *中华血管外科杂志*, 2021, 6(增 1): 1-108.
- [16] QIAO L, MA J, ZHANG Z H, et al. Deficient chaperone-mediated autophagy promotes inflammation and atherosclerosis [J]. *Circ Res*, 2021, 129(12): 1141-1157.
- [17] KUMAR R, SINGH S K, AGRAWAL N K, et al. The prevalence of anemia in hospitalized patients with diabetic foot ulcer (DFU) and the relationship between the severity of anemia and the severity of DFU [J]. *Cureus*, 2023, 15(7): e41922.
- [18] LAUWERS P, DIRINCK E, VAN BOUWEL S, et al. Malnutrition and its relation with diabetic foot ulcer severity and outcome: a review [J]. *Acta Clin Belg*, 2022, 77(1): 79-85.
- [19] RAI V, MOELLMER R, AGRAWAL D K. Clinically relevant experimental rodent models of diabetic foot ulcer [J]. *Mol Cell Biochem*, 2022, 477(4): 1239-1247.
- [20] LI Y M, LI Y H, WANG Y G, et al. Nomogram to predict dermatomyositis prognosis: a population-based study of 457 cases [J]. *Clin Exp Rheumatol*, 2022, 40(2): 247-253.
- [21] ZHUO J W, ZHANG W W, XU Y N, et al. Nomogram for predicting post-traumatic hydrocephalus after decompressive craniectomy for traumatic brain injury [J]. *Rev Assoc Med Bras (1992)*, 2022, 68(1): 37-43.

(收稿日期: 2024-11-14 修回日期: 2025-10-20)