

• 论 著 •

基于生化检验指标构建糖尿病足溃疡复发的风险预测方案*

谢小梅¹, 苏 荣¹, 钟敏仙¹, 苏家辉²

广东省佛山市中医院:1. 检验医学中心;2. 药剂科, 广东佛山 528000

摘 要:**目的** 基于生化检验指标构建糖尿病足溃疡复发的风险预测方案。**方法** 回顾性分析 2016 年 1 月至 2019 年 12 月该院 198 例糖尿病足溃疡患者的临床资料,按照 7 : 3 比例随机分为训练组($n=139$)、验证组($n=59$),比较训练组、验证组一般资料。按照随访期间有无复发将训练组分为复发组($n=75$)、未复发组($n=64$),比较复发组、未复发组一般资料,采用 Logistic 回归法分析糖尿病足溃疡复发的影响因素,构建 Nomogram 模型。对训练组及验证组,以受试者工作特征(ROC)曲线评估 Nomogram 模型预测能力,以 Bootstrap 法对 Nomogram 模型进行内部验证,以决策曲线分析(DCA)验证 Nomogram 模型的临床净获益率。**结果** 198 例患者复发率为 53.03%(105/198)。糖化血红蛋白(HbA1c, $OR=1.866,95\%CI:1.377\sim2.529$)、白细胞计数(WBC, $OR=1.687,95\%CI:1.094\sim2.602$)、C 反应蛋白(CRP, $OR=1.704,95\%CI:1.145\sim2.537$)、血小板计数(PLT, $OR=1.939,95\%CI:1.270\sim2.961$)、血肌酐(Scr, $OR=1.687,95\%CI:1.193\sim2.387$)、尿素氮(BUN, $OR=1.685,95\%CI:1.227\sim2.315$)、尿微量白蛋白/肌酐比值(ACR, $OR=1.842,95\%CI:1.230\sim2.759$)及血管内皮生长因子(VEGF, $OR=1.829,95\%CI:1.281\sim2.614$)是糖尿病足溃疡复发的危险因素($P<0.05$),白蛋白(ALB, $OR=0.462,95\%CI:0.287\sim0.742$)、总胆红素(TBIL, $OR=0.506,95\%CI:0.327\sim0.783$)是糖尿病足溃疡复发的保护因素($P<0.05$)。Nomogram 模型预测训练组复发的曲线下面积(AUC)为 0.928($95\%CI:0.802\sim0.985$),灵敏度为 91.71%,特异度为 82.41%,预测验证组复发的 AUC 为 0.775($95\%CI:0.617\sim0.890$),灵敏度为 79.17%,特异度为 76.48%。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果显示,训练组、验证组均为 $P>0.05$,模型校准度良好;Nomogram 模型预测训练组阈值概率在 0.00%~96.00%区间可获得临床净收益,验证组阈值概率在 0.00%~95.00%区间可获得临床净收益。**结论** HbA1c、WBC、CRP、PLT、Scr、BUN、ACR 及 VEGF 是糖尿病足溃疡复发的危险因素,ALB、TBIL 是糖尿病足溃疡复发的保护因素,整合这些因素构建风险预测 Nomogram 模型可有效预测糖尿病足溃疡复发。

关键词:糖尿病足溃疡; 复发; 生化检验; 预测模型

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.20.011

中图法分类号:R587.1;R573.1

文章编号:1673-4130(2025)20-2490-07

文献标志码:A

Construct a risk prediction scheme for recurrence of diabetic foot ulcer based on biochemical test indexes*

XIE Xiaomei¹, SU Rong¹, ZHONG Minxian¹, SU Jiahui²

1. Center of Laboratory Medicine; 2. Department of Pharmacy, Foshan Traditional Chinese Medicine Hospital, Foshan, Guangdong 528000, China

Abstract:**Objective** To establish a risk prediction scheme for recurrence of diabetic foot ulcer based on biochemical test indexes. **Methods** The clinical data of totally 198 patients with diabetic foot ulcer in the hospital from January 2016 to December 2019 were retrospectively analyzed, and randomly divided into a training group ($n=139$) and a verification group ($n=59$) according to a ratio of 7 : 3. The general data of the training group and the verification group were compared. The training group was divided into recurrence group ($n=75$) and non-recurrence group ($n=64$) according to whether there was recurrence or not during following-up. General data of the recurrence group and the non-recurrence group were compared, and the influencing factors of recurrence of diabetic foot ulcer were analyzed by Logistic regression to establish a Nomogram model. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the prediction ability of the Nomogram model for both the training group and the verification group, and the Nomogram model was internally verified by Bootstrap method. The clinical net benefit rate of this Nomogram model was verified by decision curve analysis.

* 基金项目:佛山市卫生健康局医学科研课题(20240256)。

作者简介:谢小梅,女,副主任检验技师,主要从事临床生化及体液学检验方面的研究。

sis (DCA). **Results** The recurrence rate of 198 patients was 53.03% (105/198). Glycosylated hemoglobin A1c (HbA1c, $OR = 1.866, 95\% CI: 1.377 - 2.529$), white blood cell count (WBC, $OR = 1.687, 95\% CI: 1.094 - 2.602$), C-reactive protein (CRP, $OR = 1.704, 95\% CI: 1.145 - 2.537$), platelet (PLT, $OR = 1.939, 95\% CI: 1.270 - 2.961$), serum creatinine (Scr, $OR = 1.687, 95\% CI: 1.193 - 2.387$), blood urea nitrogen (BUN, $OR = 1.685, 95\% CI: 1.227 - 2.315$), urine microalbumin-creatinine ratio (ACR, $OR = 1.842, 95\% CI: 1.230 - 2.759$), and vascular endothelial growth factor (VEGF, $OR = 1.829, 95\% CI: 1.281 - 2.614$) were risk factors for recurrence of diabetic foot ulcer ($P < 0.05$), albumin (ALB, $OR = 0.462, 95\% CI: 0.287 - 0.742$) and total bilirubin (TBIL, $OR = 0.506, 95\% CI: 0.327 - 0.783$) were protective factors for the recurrence of diabetic foot ulcer ($P < 0.05$). The area under the curve (AUC) of the Nomogram model was 0.928 ($95\% CI: 0.802 - 0.985$), the sensitivity was 91.71%, and the specificity was 82.41%. The AUC of the prediction group was 0.775 ($95\% CI: 0.617 - 0.890$), the sensitivity was 79.17%, and the specificity was 86.48%. Hosmer-Lemeshow goodness of fit test showed P values were both over 0.05 in the training group and the verification group, and the model calibration was well. The Nomogram model predicts that the training group could obtain net clinical benefits in the range of 0.00% to 96.00%, and the verification group can obtain net clinical benefits in the range of 0.00% to 95.00%. **Conclusion** HbA1c, WBC, CRP, PLT, Scr, BUN, ACR and VEGF are risk factors for the recurrence of diabetic foot ulcer, and ALB and TBIL are protective factors for the recurrence of diabetic foot ulcer. Integrating these factors to construct a Nomogram model could predict the recurrence of diabetic foot ulcer effectively.

Key words: diabetic foot ulcer; recurrence; biochemical test; prediction model

糖尿病足是 2 型糖尿病严重并发症之一,可引发下肢感染、溃疡及深部组织破坏,是导致 2 型糖尿病患者非创伤性截肢、死亡的重要原因之一^[1]。据调查^[2],全球范围内糖尿病足溃疡发病率为 15%~25%,年截肢率约 5%,截肢患者 5 年病死率约 50%。糖尿病足溃疡复发风险高,英国一项研究发现糖尿病足溃疡 1 年复发率约 40%,3 年复发率约 60%,5 年复发率达 65%,且复发后治疗难度增大^[3]。因此,深入分析糖尿病足溃疡复发的影响因素对指导高危患者早期干预具有重要意义。Nomogram 模型是临床医学常用的统计可视化模型,可在多因素回归分析基础上整合相关预测指标,以指导不良事件发生的预测及早期干预^[4]。生化检验指标具有取材及检测方便、耗时短等特点,在糖尿病预后评估中有重要价值^[5],故推测生化检验指标可用于糖尿病足溃疡复发的风险预测模型构建。目前,已有相关研究构建了糖尿病足溃疡患者复发的风险预测模型^[6],对临床工作有一定指导价值,但是该模型缺乏对生化指标的关注,仍有优化空间。因此,本研究选取 2016 年 1 月至 2019 年 12 月本院 198 例糖尿病足溃疡患者,基于生化检验指标构建复发的风险预测方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2016 年 1 月至 2019 年 12 月本院 198 例糖尿病足溃疡患者的临床资料,其中,男 104 例,女 94 例;年龄 38~82 岁,平均(65.29±12.46)岁;体重指数 17.05~34.75 kg/m²,平均(23.60±4.75)kg/m²;糖尿病病程 3~22 年,平均(10.85±2.95)年;糖尿病足溃疡病程 3 d 至 8 个月,中位病程 2.0 个月;发病部位:左足 104 例,右足

58 例,双足 36 例;足趾受累 124 例;溃疡 Wagner 分级:1 级 14 足,2 级 75 足,3 级 110 足,4 级 95 足,5 级 12 足。纳入标准:(1)符合《中国糖尿病足防治指南》中糖尿病足溃疡诊断标准^[7]的初诊患者;(2)年龄≥18 岁;(3)临床及随访资料完整。排除标准:(1)住院期间死亡;(2)1 型糖尿病、妊娠糖尿病;(3)肿瘤、烧伤等非糖尿病因素所致足部溃疡;(4)卒中后肢体活动障碍、骨科截肢患者;(5)合并恶性肿瘤;(6)合并严重全身疾病,如尿毒症、心力衰竭等;(7)妊娠期女性;(8)随访期间因其他原因死亡。本研究已通过佛山市中医院伦理委员会审查。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 收集所有患者临床资料,包括性别、年龄、糖尿病病程、糖尿病足溃疡病程、溃疡 Wagner 分级及入院后未治疗前糖化血红蛋白(HbA1c)、空腹血糖(FBG)、餐后 2 h 血糖(2 hPG)、白细胞计数(WBC)、C 反应蛋白(CRP)、血小板计数(PLT)、白蛋白(ALB)、血肌酐(Scr)、尿素氮(BUN)、尿微量白蛋白/肌酐比值(ACR)、血管内皮生长因子(VEGF)及总胆红素(TBIL)水平变化。入院后未治疗前根据是否抗凝的要求抽取患者适量静脉血,采用 ARKRAY HA-8180 全自动糖化血红蛋白分析仪(日本爱科来医疗技术有限公司)检测 HbA1c;采用西门子 ADVIA2400 全自动生化分析仪(德国西门子公司)检测 FBG、2 hPG、ALB、Scr、BUN、CRP 及 TBIL;采用 SYSMEX XN9000 全自动血液液体分析流水线(日本希森美康株式会社)检测 WBC、PLT。指导患者留取随机尿及 24 h 尿液,采用 BA400 全自动特定蛋白仪(重庆博士泰生物科技有限公司)检测 ACR;采

用 Aurora-1000i 全自动化学发光免疫分析仪(山东康华生物医疗科技股份有限公司)检测 VEGF。

1.2.2 治疗及随访方法 所有患者入院后均按照《中国糖尿病足防治指南》给予规范治疗,包括清创、抗感染、控制血糖、改善下肢供血及营养支持等,按照实际病情给予降压、调脂、介入等辅助治疗。自出院当天开始持续随访 3 年,按照随访期间有无复发分为复发组、未复发组。随访方式包括电话随访、微信随访及门诊复查记录等,随访终点为出现复发或到达随访截止时间。复发标准参照《中国糖尿病足防治指南》:前次治疗创面修复或病灶清除后再次出现新的足部溃疡(直径≥5 mm 的全层表皮破损),新溃疡出现在原已缓解溃疡处、患足其他区域或另足。

1.3 统计学处理 采用 SPSS25.0 统计学软件进行数据分析。计数资料采用例数或百分率表示,采用 χ^2 检验,等级资料比较采用秩和检验。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验。不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25} \sim P_{75})$

表示,两组样本比较采用 Mann-Whitney U 检验。以方差膨胀因子(VIF)检测多重共线性。采用 Logistic 回归法分析糖尿病足溃疡患者复发的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC),评估模型的风险预测效能。采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验评估模型的校准度。采用决策曲线分析(DCA)对 Nomogram 模型的临床净获益率进行验证。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 分组情况 198 例患者按照 7 : 3 比例随机分为训练组(139 例)、验证组(59 例)。训练组患者中复发 75 例(53.96%),纳入复发组;剩余 64 例(46.04%)纳入未复发组。验证组 59 例患者中,复发 30 例(50.85%),未复发 29 例(49.15%)。198 例患者复发率为 53.03%(105/198)。

2.2 训练组与验证组患者一般资料比较 训练组与验证组患者一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 训练组与验证组患者一般资料的对比[$n(\%)$ 或 $\bar{x} \pm s$ 或 $M(P_{25} \sim P_{75})$]

临床资料	训练组($n=139$)	验证组($n=59$)	$\chi^2/t/Z$	P
性别			0.099 ^a	0.753
男	72(51.80)	32(54.24)		
女	67(48.20)	27(45.76)		
年龄(岁)	65.28±11.42	65.32±10.83	0.023 ^b	0.491
糖尿病病程(年)	10.78±2.52	11.02±2.48	0.616 ^b	0.269
糖尿病足溃疡病程(月)	2.0(1.00~3.50)	2.0(1.00~4.00)	0.298 ^c	0.823
溃疡 Wagner 分级			0.100 ^d	0.752
1 级	6(3.66)	4(5.71)		
2 级	39(23.78)	18(25.71)		
3 级	57(34.76)	26(37.14)		
4 级	52(31.71)	20(28.57)		
5 级	10(6.10)	2(2.86)		
HbA1c(%)	9.17±1.72	9.10±1.63	0.266 ^b	0.395
FBG(mmol/L)	8.60±1.64	8.53±1.57	0.278 ^b	0.391
2 hPG(mmol/L)	14.39±2.55	14.97±2.61	1.454 ^b	0.074
WBC($\times 10^9/L$)	8.97±1.38	9.02±1.55	0.225 ^b	0.411
CRP(mg/L)	7.66±1.43	7.59±1.36	0.320 ^b	0.375
PLT($\times 10^9/L$)	243.47±45.95	247.97±44.75	0.635 ^b	0.263
ALB(g/L)	34.51±7.26	34.90±6.49	0.356 ^b	0.361
Scr($\mu\text{mol/L}$)	72.43±13.55	73.99±16.04	0.701 ^b	0.242
BUN(mmol/L)	5.93±1.12	5.96±1.16	0.171 ^b	0.432
ACR(mg/g)	27.89±5.24	28.04±5.63	0.180 ^b	0.429
VEGF(pg/mL)	1.65±0.35	1.60±0.31	0.950 ^b	0.172
TBIL($\mu\text{mol/L}$)	9.10±1.55	9.17±1.62	0.287 ^b	0.387

注:^a表示 χ^2 检验,^b表示 t 检验,^c表示 Mann-Whitney U 检验,^d表示秩和检验。

2.3 复发组与未复发组患者一般资料比较 与未复发组比较,复发组年龄、HbA1c、WBC、CRP、PLT、Scr、BUN、ACR 及 VEGF 升高($P<0.05$),ALB、TBIL 降低($P<0.05$);两组性别、糖尿病病程、糖尿病足溃疡病程、溃疡 Wagner 分级、FBG、2 hPG 比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

2.4 糖尿病足溃疡复发的影响因素 以表 2 中有统计学意义的变量作为自变量,包括连续变量年龄、HbA1c(自测值)、WBC(自测值)、CRP(自测值)、PLT

(自测值)、ALB(自测值)、Scr(自测值)、BUN(自测值)、ACR(自测值)、VEGF(自测值)、TBIL(自测值),以糖尿病足溃疡复发情况(未复发=0,复发=1)为因变量,开展 Logistic 回归分析。多重共线性检查显示各指标之间无多重共线性($VIF<10$)。结果显示,HbA1c、WBC、CRP、PLT、Scr、BUN、ACR 及 VEGF 是糖尿病足溃疡复发的危险因素($P<0.05$),ALB、TBIL 是糖尿病足溃疡复发的保护因素($P<0.05$)。见表 3。

表 2 复发组与未复发组患者一般资料的对比[$n(\%)$ 或 $\bar{x}\pm s$ 或 $M(P_{25}\sim P_{75})$]

临床资料	复发组($n=75$)	未复发组($n=64$)	$\chi^2/t/Z$	P
性别			0.003 ^a	0.959
男	39(52.00)	33(51.56)		
女	36(48.00)	31(48.44)		
年龄(岁)	68.05±12.34	62.03±10.52	3.066 ^b	<0.001
糖尿病病程(年)	10.80±2.45	10.77±2.56	0.070 ^b	0.472
糖尿病足溃疡病程(个月)	2.0(0.50~3.50)	2.0(1.00~3.50)	0.014 ^c	0.905
溃疡 Wagner 分级			0.148 ^d	0.701
1 级	5(5.56)	2(2.70)		
2 级	22(24.44)	17(22.97)		
3 级	31(34.44)	26(35.14)		
4 级	30(33.33)	23(31.08)		
5 级	2(2.22)	6(8.11)		
HbA1c(%)	10.89±2.58	7.16±1.45	10.419 ^b	<0.001
FBG(mmol/L)	8.65±1.35	8.54±1.41	0.517 ^b	0.303
2 hPG(mmol/L)	14.21±2.46	14.60±2.42	1.025 ^b	0.153
WBC($\times 10^9/L$)	10.09±2.34	7.66±1.25	7.526 ^b	<0.001
CRP(mg/L)	10.21±2.56	4.67±0.92	16.165 ^b	<0.001
PLT($\times 10^9/L$)	260.89±50.73	223.05±41.44	5.056 ^b	<0.001
ALB(g/L)	32.54±5.94	36.81±7.22	4.331 ^b	<0.001
Scr($\mu\text{mol/L}$)	80.84±15.57	62.57±12.45	7.990 ^b	<0.001
BUN(mmol/L)	7.15±1.54	4.50±0.95	12.255 ^b	<0.001
ACR(mg/g)	37.32±7.55	16.84±3.25	20.040 ^b	<0.001
VEGF(pg/mL)	1.74±0.36	1.54±0.31	3.721 ^b	<0.001
TBIL($\mu\text{mol/L}$)	8.17±1.61	10.20±2.19	7.253 ^b	<0.001

注:^a表示 χ^2 检验,^b表示 t 检验,^c表示 Mann-Whitney U 检验,^d表示秩和检验。

表 3 糖尿病足溃疡复发的 Logistic 回归分析

因素	B	SE	$Wald\ \chi^2$	P	$OR(95\%CI)$
年龄	0.312	0.245	1.622	0.588	1.366(0.845~2.207)
HbA1c	0.624	0.155	16.207	<0.001	1.866(1.377~2.529)
WBC	0.523	0.221	5.600	0.018	1.687(1.094~2.602)
CRP	0.533	0.203	6.894	0.007	1.704(1.145~2.537)
PLT	0.662	0.216	9.393	<0.001	1.939(1.270~2.961)
ALB	-0.773	0.242	10.203	<0.001	0.462(0.287~0.742)

续表 3 糖尿病足溃疡复发的 Logistic 回归分析

因素	B	SE	$Wald\ \chi^2$	P	$OR(95\%CI)$
Scr	0.523	0.177	8.731	<0.001	1.687(1.193~2.387)
BUN	0.522	0.162	10.383	<0.001	1.685(1.227~2.315)
ACR	0.611	0.206	8.797	<0.001	1.842(1.230~2.759)
VEGF	0.604	0.182	11.014	<0.001	1.829(1.281~2.614)
TBIL	-0.682	0.223	9.353	<0.001	0.506(0.327~0.783)
常数项	-5.345	1.535	12.125	<0.001	—

注:—表示无数据。

2.5 训练组复发的风险预测 Nomogram 模型构建及效能验证 选取 Logistic 回归分析筛选出的 11 个影响因素为预测指标,构建糖尿病足溃疡复发的风险预测 Nomogram 模型,见图 1。ROC 曲线分析显示, Nomogram 模型预测训练组糖尿病足溃疡复发的 AUC 为 0.928(95%CI:0.802~0.985),灵敏度为 91.71%,特异度为 82.41%;Nomogram 模型预测验证组糖尿病足溃疡复发的 AUC 为 0.775(95%CI:

0.617~0.890),灵敏度为 79.17%,特异度为 76.48%,见图 2。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示,训练组、验证组的 AUC 差异均无统计学意义($\chi^2=1.046, P=0.722; \chi^2=1.382, P=0.602$),模型校准度良好,见图 3。DCA 曲线显示, Nomogram 模型预测训练组阈值概率在 0%~96%区间可获得临床净收益,验证组阈值概率在 0%~95%区间可获得临床净收益。见图 4。

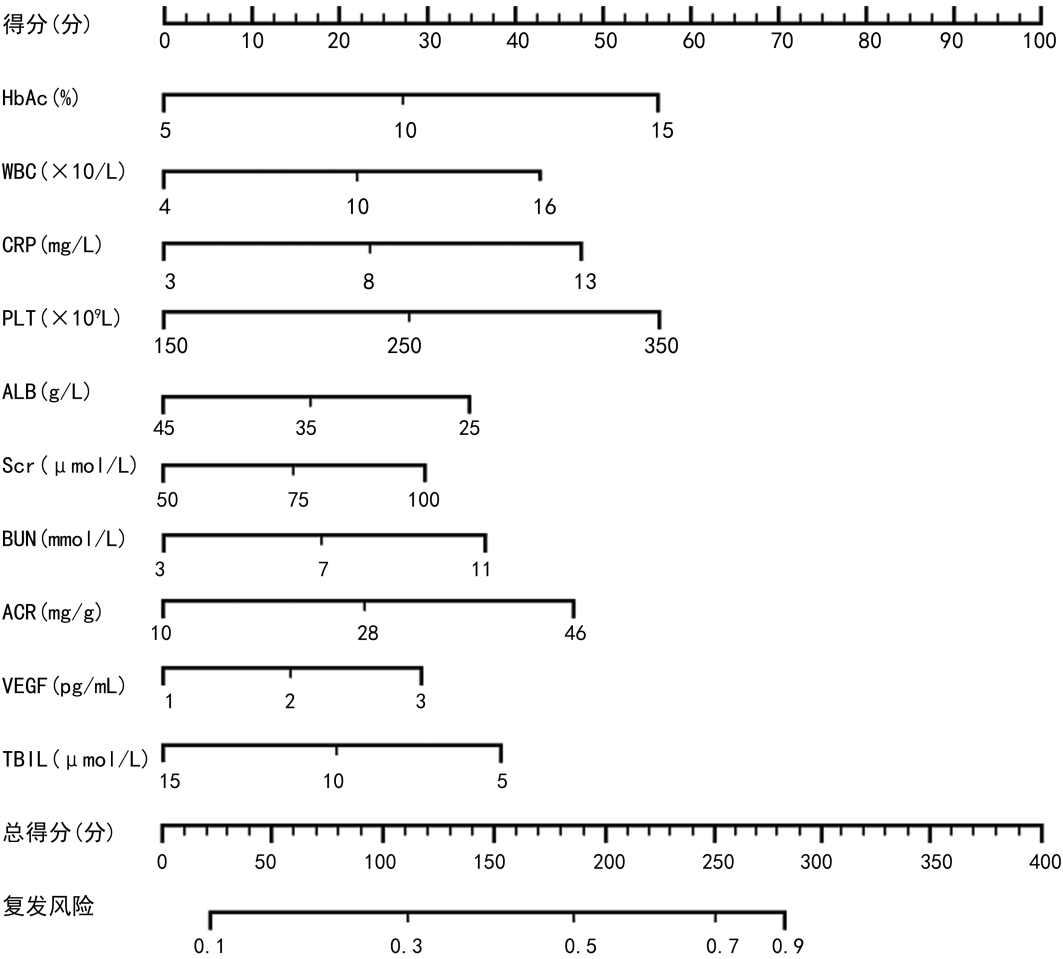
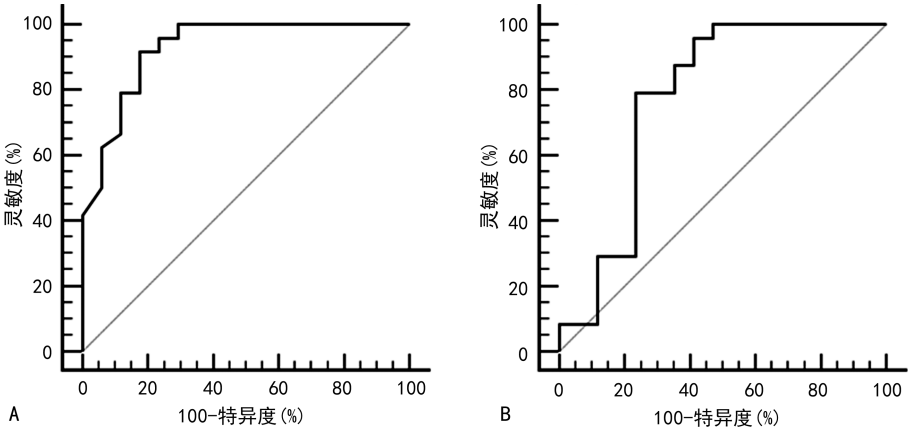
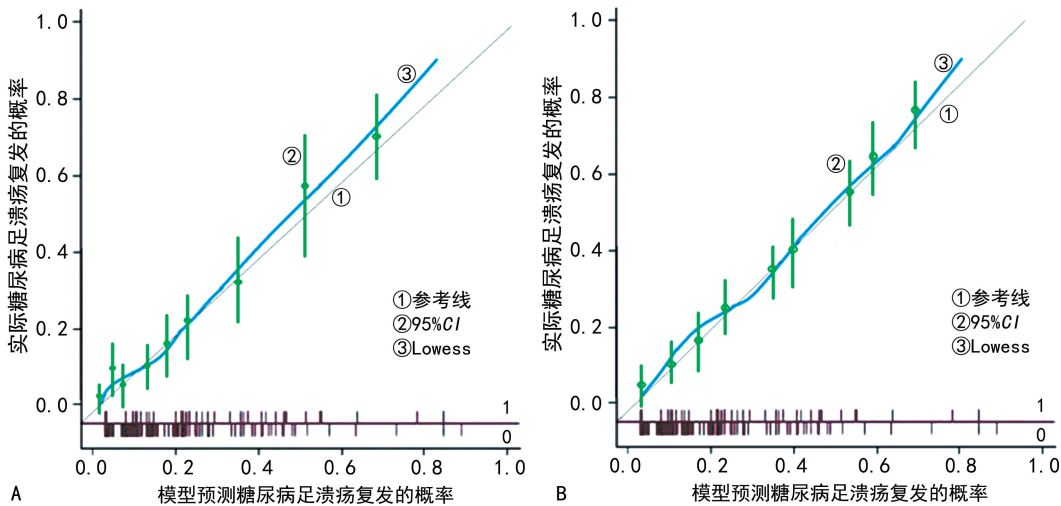


图 1 糖尿病足溃疡复发的风险预测 Nomogram 模型



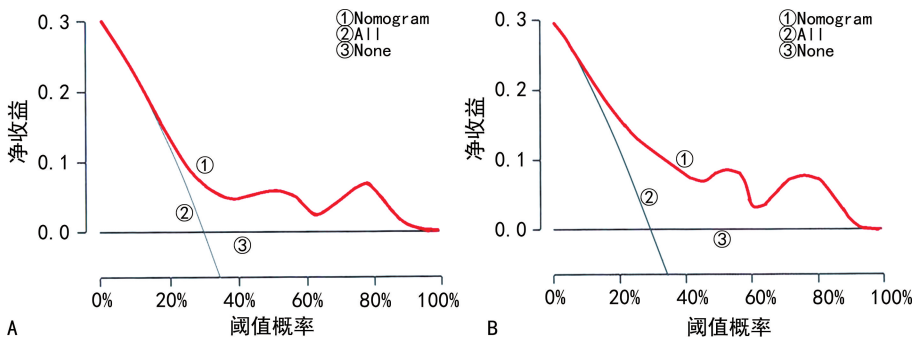
注:A 为训练组;B 为验证组。

图 2 Nomogram 图模型预测糖尿病足溃疡复发的 ROC 曲线



注：A 为训练组；B 为验证组。

图 3 Nomogram 图模型预测糖尿病足溃疡复发的校准曲线



注：A 为训练组；B 为验证组。

图 4 Nomogram 图模型预测糖尿病足溃疡复发的 DCA 曲线

3 讨 论

糖尿病足溃疡复发的原因复杂,考虑与高血糖环境造成生理功能障碍、代谢功能障碍及局部血管病变等因素有关^[8]。本研究糖尿病足溃疡患者复发率为 53.03%,高于申金付等^[9]研究中 47.03%(87/185)的结果,低于王美君等^[10]研究中 71.23%(208/292)的结果,考虑与研究对象人口学资料、随访时间等存在差异有关,但均提示糖尿病足溃疡患者复发风险高。因此,早期识别糖尿病足溃疡患者复发影响因素,以指导临床干预,对改善预后有积极意义。

本研究发现,HbA1c、WBC、CRP、PLT、Scr、BUN、ACR 及 VEGF 是糖尿病足溃疡复发的危险因素。其中,HbA1c 能对糖尿病患者 2~3 个月血糖控制效果进行反映,是血糖监测的重要指标,HbA1c 升高可抑制细胞生长,促进血管内皮细胞凋亡,引发微循环障碍,不利于组织修复,可增加糖尿病足溃疡复发风险。WBC 是血常规检查中常用炎症指标,机体出现炎症、病原菌感染等情况时 WBC 可快速升高^[11]。CRP 是急性时相蛋白,其水平变化与机体感染、组织损伤严重程度呈正相关,可用于监测糖尿病足溃疡感染^[12]。糖尿病足溃疡患者 WBC、CRP 升高大多提示感染、炎症程度增加,炎症反应期延长,可增加复发风险。糖尿病患者大多处于血液高凝状态,随

着其 PLT 升高,下肢缺血严重程度增加,易出现血管病变,引发微循环障碍,增加糖尿病足溃疡复发风险。有研究发现,PLT 是影响糖尿病足溃疡创面治愈后复发的一个重要因素^[13],本研究结果与此相符。Scr、BUN 及 ACR 是临床常用肾功能指标,其水平变化与糖尿病足溃疡发生及病情严重程度密切相关^[14]。随着糖尿病患者 Scr、BUN 及 ACR 升高,其肾脏功能受损越严重,导致血管及组织修复能力下降,血管病变逐渐严重,更易引发或加重糖尿病足溃疡。VEGF 是血管调控因子,可影响血管形成及血管整体网络构建,与周围血管病变发生发展密切相关,而周围血管病变所致下肢血液循环不畅是引发糖尿病足溃疡的重要因素^[15]。赵瀚微等^[16]研究也认为,VEGF 是糖尿病足溃疡患者复发的独立危险因素之一,本研究结果与此相符。随着糖尿病足溃疡患者血清 VEGF 水平升高,其血管内皮细胞受损程度增加,易引发周围血管病变,导致下肢缺血,使溃疡部位因缺血缺氧出现复发。

本研究还发现,ALB、TBIL 是糖尿病足溃疡复发的保护因素,其中,血清 ALB 水平变化与机体营养状况密切相关,且可影响局部皮肤组织再生能力及抵抗力^[17]。糖尿病足溃疡患者血清 ALB 下降可导致神经营养缺乏、血供不足,使皮肤组织修复能力下降,增加

糖尿病足溃疡复发风险。TBIL 具有抗炎、抗氧化及抗动脉粥样硬化等作用,可延缓血管病变发生^[18],而糖尿病血管病变是引发糖尿病足溃疡的基础。糖尿病足溃疡患者血清 TBIL 下降可引发炎症反应及氧化应激反应,导致血管内皮损伤,增加溃疡复发风险。王银荣等^[19]研究认为,年龄是糖尿病足溃疡复发的危险因素,本研究结果与此不符,考虑原因是不同年龄患者在生活方式、营养状况及就医意愿等方面存在差异,使得年龄对糖尿病足溃疡复发的特异度低。

Nomogram 模型能通过多因素回归模型整合可预测结局事件的多个指标,将复杂的回归方程转为可视化图形来实现预测模型结果的可读性,为临床决策提供信息^[20]。本研究整合 Logistic 回归分析筛选的 10 个影响因素,构建了基于生化检验指标的糖尿病足溃疡复发的风险预测模型,ROC 曲线提示该模型预测效能高,且模型校准度良好,DCA 曲线显示该模型可提供良好附加临床净收益,说明本研究构建的模型具有可靠性。

综上所述,糖尿病足溃疡患者 HbA1c、WBC、CRP、PLT、Scr、BUN、ACR 及 VEGF 是其溃疡复发的危险因素,ALB、TBIL 是其溃疡复发的保护因素,基于这些生化检验指标构建的糖尿病足溃疡复发的风险预测 Nomogram 模型临床应用价值高,能指导临床医务人员早期识别糖尿病足溃疡复发高危患者并尽早进行临床干预,以改善患者预后。

参考文献

[1] GE L X,ZHAO J S,TAN M,et al. Multi-disciplinary diabetic limb salvage programme in octogenarians with diabetic foot ulcers is not futile;an observational study with historical controls[J]. Int Wound J,2024,21(3):277-283.

[2] ARMSTRONG D G,TAN T W,BOULTON AJM,et al. Diabetic foot ulcers;a review[J]. JAMA,2023,330(1):62-75.

[3] ARMSTRONG D G,BOULTON AJM,BUS S A. Diabetic foot ulcers and their recurrence[J]. N Engl J Med,2017,376(24):2367-2375.

[4] LAZZARO R S,INRA M L. Commentary:nomogram to the rescue;validate and show me the money[J]. J Thorac Cardiovasc Surg,2022,64(1):276-277.

[5] WANG X X. Predictive screening of biochemical indicators in patients with type 2 diabetes[J]. Mark Imm Clin,2020,27(4):603-608.

[6] 张娟,李海芬,李小曼,等. 糖尿病足溃疡复发风险预测模型的构建:基于 Logistic 回归和支持向量机及 BP 神经网络模型[J]. 中国全科医学,2023,26(32):4013-4019.

[7] 中华医学会糖尿病学分会,中华医学会感染病学分会,中

华医学会组织修复与再生分会. 中国糖尿病足防治指南(2019 版)[J]. 中华糖尿病杂志,2019,11(2):92-108.

[8] 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.

[9] 申金付,蒋瑞妹,王卓群,等. 2 型糖尿病患者糖尿病足溃疡复发情况及影响因素[J]. 中华烧伤杂志,2020,36(10):947-952.

[10] 王美君,许洪梅,葛甜甜,等. 糖尿病足患者溃疡愈合后 5 年复发和死亡的随访结果及其危险因素分析[J]. 中华糖尿病杂志,2021,13(3):227-232.

[11] NKECK J R,YONDO NDEDI C J,MFEUKEU KUATE L,et al. Leukocyte ratios in non-diabetic hypertensive cameroonians do not predict cardiovascular risk:preliminary results of the HYRICCA project[J]. Ann Cardiol Angeiol (Paris),2024,73(1):1066-1075.

[12] WANG Y T,ZHANG L X,LI Y,et al. Inflammatory markers in diabetic foot infection:a meta-analysis[J]. Wounds,2023,35(12):425-432.

[13] 熊朝月,唐祝奇,顾海云. 糖尿病足患者发病、愈合、复发及危险因素[J]. 中国老年学杂志,2019,39(13):3121-3123.

[14] HUANG X M,MA X,LU J Y,et al. Relationship between serum IL-6,VAP-1,Cys C,Scr,BUN,and type 2 diabetic kidney disease[J]. Minerva Endocrinol (Torino),2023,48(1):121-122.

[15] RAI V,LE H,AGRAWAL D K. Novel mediators regulating angiogenesis in diabetic foot ulcer healing[J]. Can J Physiol Pharmacol,2023,101(10):488-501

[16] 赵瀚微,陈文阁,赵钢,等. 不同程度糖尿病足溃疡创面组织中血管内皮生长因子表达及对预后预测价值研究[J]. 中国糖尿病杂志,2022,30(11):830-834.

[17] CHEN S N,CHEN L,JIANG H L. Prognosis and risk factors of chronic kidney disease progression in patients with diabetic kidney disease and non-diabetic kidney disease;a prospective cohort CKD-ROUTE study[J]. Ren Fail,2022,44(1):1309-1318.

[18] SEYITI Z,YANG L,KASIMUJIANG A,et al. Predictive value of serum creatinine and total bilirubin for long-term death in patients with ischemic heart disease; A cohort study[J]. PLoS One,2023,18(11):233-243.

[19] 王银荣,邱晓堂,潘莉. 糖尿病足溃疡患者愈合后复发的影响因素分析及风险预测模型构建[J]. 军事护理,2023,40(5):62-65.

[20] MAZZUCCHI E. Both the nomogram and the score system can represent an useful tool especially in those cases where the complication is foreseen by the surgeon[J]. Int Braz J Urol,2022,48(5):828-829.