

DOI:10.13288/j.11-2166/r.2022.19.009

基于舌象的糖尿病足风险预测模型的构建

田之魁¹, 张鑫海², 孙璇¹, 王东军¹, 关媛媛¹, 张朝晖³, 王泓午[✉]

1. 天津中医药大学健康科学与工程学院, 天津市静海区团泊新城西区鄱阳湖路10号, 301617; 2. 深圳大学; 3. 天津中医药大学第二附属医院

[摘要] **目的** 利用LASSO回归联合贝叶斯网络分析方法, 构建基于舌象的糖尿病足风险预测模型。**方法** 采集2019年1月至2020年10月在天津中医药大学第二附属医院就诊的2型糖尿病和糖尿病足患者的临床资料, 纳入分析变量27个, 包括年龄、性别、体重指数(BMI)、吸烟、学历、淡红舌、淡白舌、红绛舌、淡紫舌、暗红舌、舌尖红、胖舌、舌边红、瘦舌、点刺、齿痕、裂纹、薄苔、白苔、黄苔、少苔、剥苔、滑苔、厚苔、腻苔、空腹血糖、餐后2小时血糖。采用Logistic单因素分析计算舌象相关变量未校正OR值(cOR值), 通过LASSO回归筛选出与糖尿病足发生显著相关的影响因素, 再采用贝叶斯网络分析描述变量间的相互作用并进行推理, 最后对模型预测效能进行评价。**结果** 共纳入糖尿病足患者293例(糖足组), 2型糖尿病患者4430例(糖尿病组)。两组患者年龄、BMI、性别、吸烟、学历分布比较差异有统计学意义($P < 0.05$), 空腹血糖与餐后2小时血糖水平比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。Logistic单因素分析显示, 淡紫舌(cOR值1.956)、瘦舌(cOR值4.315)的糖尿病患者发生糖尿病足的风险增加。LASSO回归筛选出与糖尿病足发生相关性最显著的6个变量为瘦舌、吸烟、暗红舌、腻苔、厚苔、白苔, 贝叶斯网络模型发现瘦舌、暗红舌、腻苔、厚苔、白苔与糖尿病足有直接联系, 吸烟与糖尿病足有间接联系。模型推理出2型糖尿病患者出现厚苔时, 发生糖尿病足的概率最大为7.77%, 当2型糖尿病患者出现腻苔时, 糖尿病足的发病概率为6.43%; 吸烟患者厚苔与腻苔出现的概率大于不吸烟的患者, 而不吸烟患者暗红舌出现的概率大于吸烟的患者。模型预测效能评价结果显示accuracy值为0.93, f1值为0.97, 提示模型预测效果较好。**结论** 采用LASSO回归联合贝叶斯网络分析方法构建的基于舌象的糖尿病足风险预测模型显示, 2型糖尿病患者出现厚苔、腻苔时发生糖尿病足的概率分别为7.77%和6.43%, 如患者吸烟则这种概率可能会进一步升高。

[关键词] 糖尿病足; 舌象; 风险预测模型; LASSO回归; 贝叶斯网络

糖尿病足是一种常见且复杂的糖尿病并发症, 是由长期高血糖导致的血管病变、外周神经病变与多种致病因素引发的难治性疾病, 其病程长, 而且容易并发感染, 严重时危及生命^[1]。我国糖尿病及糖尿病足相关调查^[2]显示, 18岁以上成年人中糖尿病患病率为11.2%, 其中糖尿病足的患病率约为4.1%。目前糖尿病足的治疗通常以预防为主, 即通过早期筛查的方式针对其危险因素进行预防及干预。中医舌诊通过对舌质和舌苔的观察判定糖尿病患者体内津液代谢和邪气性质, 并可据此判断疾病

的转归和预后^[3]。贝叶斯网络是基于概率的不确定性推理方法, 可以构建有向无环图而直观反映多因素间的潜在关系, 利用条件概率分布表反映关系强度^[4]。LASSO(套索)回归方法通过构造惩罚函数得到较为精炼的模型, 其优势在于可处理存在多重共线性的样本数据^[5]。本研究利用LASSO回归结合贝叶斯网络分析方法, 构建基于舌象的糖尿病足发病风险预测模型, 目的是根据舌象早期识别糖尿病足患者并据此制订糖尿病足中医精准预防策略, 为今后糖尿病足的中西医防治提供参考。本研究通过天津中医药大学医学伦理委员会审批(审查批件号: TJUTCM-EC20190004)。

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1703305)

✉ 通讯作者: tjwanghw55@163.com

1 资料

1.1 研究对象

研究病例来自 2019 年 1 月至 2020 年 10 月天津中医药大学第二附属医院中医外科及内分泌科住院和门诊的 2 型糖尿病或糖尿病足确诊患者。

1.2 诊断标准

2 型糖尿病诊断采用《中国 2 型糖尿病防治指南(2013 年版)》^[6] 标准: 有糖尿病的相关症状加上随机静脉血浆葡萄糖水平 ≥ 11.1 mmol/L 或空腹静脉血浆葡萄糖水平 (FBG) ≥ 7.0 mmol/L 或口服糖耐量试验 (OGTT) 2 小时静脉血浆葡萄糖水平 ≥ 11.1 mmol/L。

糖尿病足诊断标准参照《中国糖尿病足诊治指南》^[7]: 1) 符合糖尿病诊断; 2) 具有下肢缺血的临床表现; 3) 患者静息踝肱指数 (ABI) < 0.9 , 或 ABI > 0.9 但运动时出现下肢不适症状、平板运动试验后 ABI 降低 15% ~ 20%、影像学提示血管存在狭窄。以上 3 条同时出现即可诊断。

1.3 纳入标准

1) 符合糖尿病或糖尿病足诊断标准; 2) 年龄 > 18 岁; 3) 签署知情同意书。

1.4 排除标准

1) 意识不清、不能表达主观不适症状, 精神病患者; 2) 妊娠或哺乳期妇女; 3) 合并有高血压病、肿瘤; 4) 不能配合完成舌象拍摄和填写问卷。

2 方法

2.1 数据收集

本研究所用数据资料来自于患者的病案记录和面对面问卷采集。在数据提取和分析前, 患者个人身份识别信息用编码代替, 以保护个人隐私。收集符合入选标准患者的临床资料, 本研究纳入分析的变量有 27 个, 包括年龄、性别、体重指数 (BMI)、吸烟、学历、淡红舌、淡白舌、红绛舌、淡紫舌、暗红舌、舌尖红、舌边红、胖舌、瘦舌、点刺、齿痕、裂纹、薄苔、白苔、黄苔、少苔、剥苔、滑苔、厚苔、腻苔、空腹血糖、餐后 2 小时血糖, 其中空腹血糖均为采集信息当日清晨空腹检测结果。

2.2 舌象采集及判读

舌象采集时间段固定于早晨空腹时。望舌时, 保证采集者视线略高于被采集者口唇部, 被采集者采用坐位或者仰卧位, 面向自然光, 将舌体伸出口外, 舌尖略向下, 舌体放松平展。采集者先观察舌

尖, 再看舌中、舌边, 最后看舌根; 先看舌质再看舌苔。舌象采集时, 被采集者保持情绪稳定, 确保舌面无异物及染色等。采集者均为具有中医执业医师证的医生。基于《中医诊断学》^[8] 和《彩图辨舌指南》^[9] 对舌象的分类, 本研究将舌象特征分为舌色、舌质、苔色、苔质, 其中舌色包括淡红舌、淡白舌、红绛舌、淡紫舌、暗红舌、舌尖红、舌边红, 舌质包括胖舌、瘦舌、点刺、齿痕、裂纹, 苔质包括薄苔、厚苔、腻苔、少苔、剥苔、滑苔, 苔色包括白苔、黄苔。0 表示无此方面特征, 1 表示出现该特征。由 2 名医生进行判定, 如出现意见不一致的情况, 则再由 2 名具有 10 年以上临床经验的中医专家进行决定。

2.3 LASSO 回归方法

LASSO 回归是在最小化残差平方和 (RSS) 的计算中加入一个 l_p 范数作为惩罚约束, 当 λ 充分大时, 可以把系数精确地收缩到零, 从而选择出对因变量影响较大的自变量^[10-11]。本研究采用 LASSO 回归分析所有 27 个变量并计算变量在 LASSO 模型中的相关系数, 以筛选对因变量糖尿病足影响较大的自变量。

2.4 贝叶斯网络模型构建

贝叶斯网络, 或称为有向无环图模型, 是一种概率图模型, 其网络拓扑结构是一个有向无环图 (DAG), 描述了这些状态与概率相关联^[12]。模型的所有可能状态代表可以存在的所有可能世界, 即可以配置部件或状态的所有可能方式。贝叶斯网络的有向无环图中的节点表示随机变量 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 用箭头来连接有因果关系的变量, 两节点就会产生一个条件概率值。本研究将基于 LASSO 回归分析筛选出的与糖尿病足相关的变量绘制在一个有向图中以构建贝叶斯网络模型, 用来描述变量间的依赖关系。

2.5 统计学分析

采用 Epidata 3.1 软件建立数据库。采用 SPSS 24.0 软件进行统计分析, 计数资料以例数表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 计量资料符合正态分布的以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用独立样本 t 检验, 不符合正态分布的以中位数 (四分位间距) [$M(IQR)$] 表示, 采用 Mann-Whitney U 秩和检验。因为本研究的变量较多, 先运用 Logistic 单因素分析计算舌象相关变量未校正 OR 值 (cOR) 和 95% 置信区间 (95%CI), 并用受试者操作特征 (ROC) 曲线来表

示舌象参数区分两组的能力；之后将 27 个变量纳入 LASSO 回归分析来筛选与糖尿病足相关的变量；最后将 LASSO 回归筛选出的变量构建贝叶斯网络糖尿病足风险预测模型并对模型进行推理及效能评价。基于 LASSO 回归的变量选择和贝叶斯网络构建均在 Python 中完成，检验水准均取 0.05。

3 结果

3.1 纳入受试者的人口学特征

共纳入患者 4723 例，其中糖尿病足患者 293 例（糖足组），2 型糖尿病患者 4430 例（糖尿病组）。表 1 示，两组患者年龄、BMI、性别、吸烟、学历分布比较差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），空腹血糖与餐后 2 小时血糖比较差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

表 1 糖尿病组和糖足组患者一般资料比较

指标	糖尿病组 (4430 例)	糖足组 (293 例)	χ^2/t 值	P 值
年龄/例			31.30	<0.001
18 ~ <45 岁	256	9		
45 ~ <60 岁	1280	66		
60 ~ <90 岁	2687	185		
≥90 岁	207	33		
体重指数(BMI)/例			9.51	0.023
<18.5	39	6		
18.5 ~ 24.5	1808	110		
24.6 ~ 28.0	1990	124		
>28.0	593	53		
性别/例			14.80	<0.001
男	2028	168		
女	2402	125		
吸烟/例	971	130	77.50	<0.001
学历/例			25.30	<0.001
研究生	5	0		
大学	183	24		
中专	542	51		
高中及以下	3532	200		
其他	168	18		
空腹血糖/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, M (IQR)	7.82(2.12)	7.77(1.41)	5.07	0.690
餐后 2 小时血糖/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, M (IQR)	11.16(2.41)	11.32(1.55)	80.03	0.273

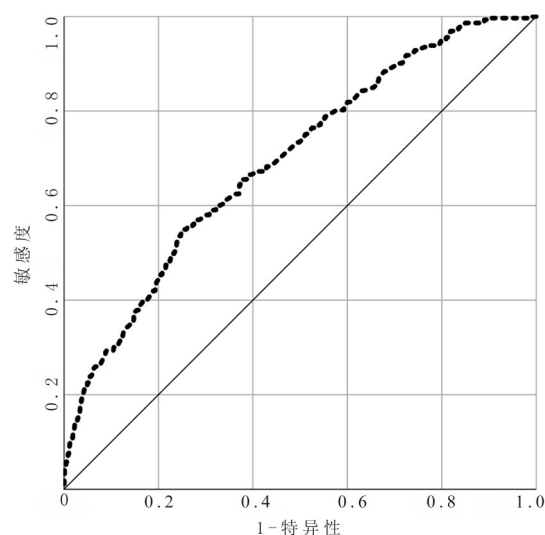
3.2 糖尿病足患者舌象 Logistic 单因素分析

表 2 示，因变量为是否发展为糖尿病足，自变量为舌色、舌质、苔色、苔质各指标。在舌色方面，淡紫舌的糖尿病患者发生糖尿病足的风险显著增加，cOR 为 1.956，暗红舌为糖尿病足保护因素（cOR=0.083， $P < 0.001$ ）；舌质中瘦舌患者糖尿病

足的风险显著增加（cOR=4.315， $P < 0.001$ ）；苔色中白苔（cOR=0.530， $P=0.008$ ）和苔质中薄苔（cOR=0.571， $P=0.001$ ）、厚苔（cOR=0.552， $P=0.002$ ）、腻苔（cOR=0.438， $P < 0.001$ ）为糖尿病足保护因素。糖尿病足单因素模型 ROC=0.694，见图 1。

表 2 糖尿病足舌象相关危险因素 Logistic 单因素分析结果

变量	B	标准误	P 值	未校正 OR 值	95% 置信区间	
					下限	上限
淡红舌	-0.152	0.176	0.385	0.859	0.609	1.211
淡白舌	0.446	0.255	0.080	1.562	0.947	2.574
红绛舌	0.117	0.208	0.573	1.124	0.748	1.688
淡紫舌	0.671	0.225	0.003	1.956	1.258	3.041
暗红舌	-2.483	0.598	<0.001	0.083	0.026	0.269
舌尖红	-0.245	0.171	0.153	0.783	0.560	1.095
舌边红	0.353	0.197	0.074	1.423	0.966	2.095
胖舌	-0.404	0.239	0.091	0.668	0.418	1.066
瘦舌	1.462	0.250	<0.001	4.315	2.641	7.050
点刺	-0.084	0.248	0.736	0.920	0.565	1.496
齿痕	-0.170	0.153	0.266	0.843	0.625	1.139
裂纹	-0.108	0.133	0.419	0.898	0.691	1.166
薄苔	-0.560	0.166	0.001	0.571	0.413	0.791
白苔	-0.635	0.239	0.008	0.530	0.331	0.847
黄苔	0.027	0.246	0.912	1.028	0.635	1.664
少苔	-0.564	0.287	0.050	0.569	0.324	0.999
剥苔	-0.865	0.525	0.100	0.421	0.150	1.179
滑苔	-0.674	0.475	0.156	0.510	0.201	1.294
厚苔	-0.595	0.190	0.002	0.552	0.380	0.801
腻苔	-0.826	0.184	<0.001	0.438	0.305	0.629
常量	-1.553	0.296	0.000	0.212		



注：虚线表示模型的性能。

图 1 糖尿病足患者舌象单因素的受试者操作特性 (ROC) 曲线图

3.3 基于LASSO回归的预测模型变量选择

在建模初期纳入 27 个自变量，图 2 为 27 个自变量在 LASSO 模型中与糖尿病足的相关性程度。通过 LASSO 回归筛选出 6 个与糖尿病足相关性最显著的变量，分别为瘦舌、吸烟、暗红舌、腻苔、厚苔、白苔。

3.4 贝叶斯网络分析结果

按照 LASSO 回归分析筛选的变量，构建含有 5 个节点、8 条有向边的基于舌象的贝叶斯网络糖尿病足发病预测模型，并获得各节点的条件概率。图 3 示，贝叶斯结构网络中瘦舌、吸烟、暗红舌、腻苔、厚苔、白苔与糖尿病足为因果关系（箭头表示因果关系方向），其中瘦舌、暗红舌、腻苔、厚苔、白苔与糖尿病足有直接联系，吸烟与糖尿病足为间接联系，即吸烟先对暗红舌、腻苔、厚苔产生影响，再间接影响糖尿病足。

3.5 贝叶斯模型推理

本研究运用极大似然估计与贝叶斯估计进行变

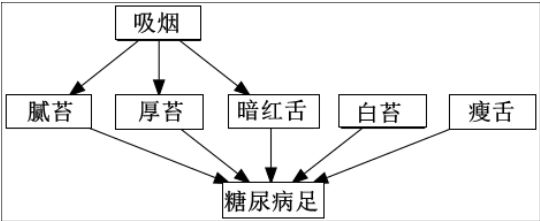
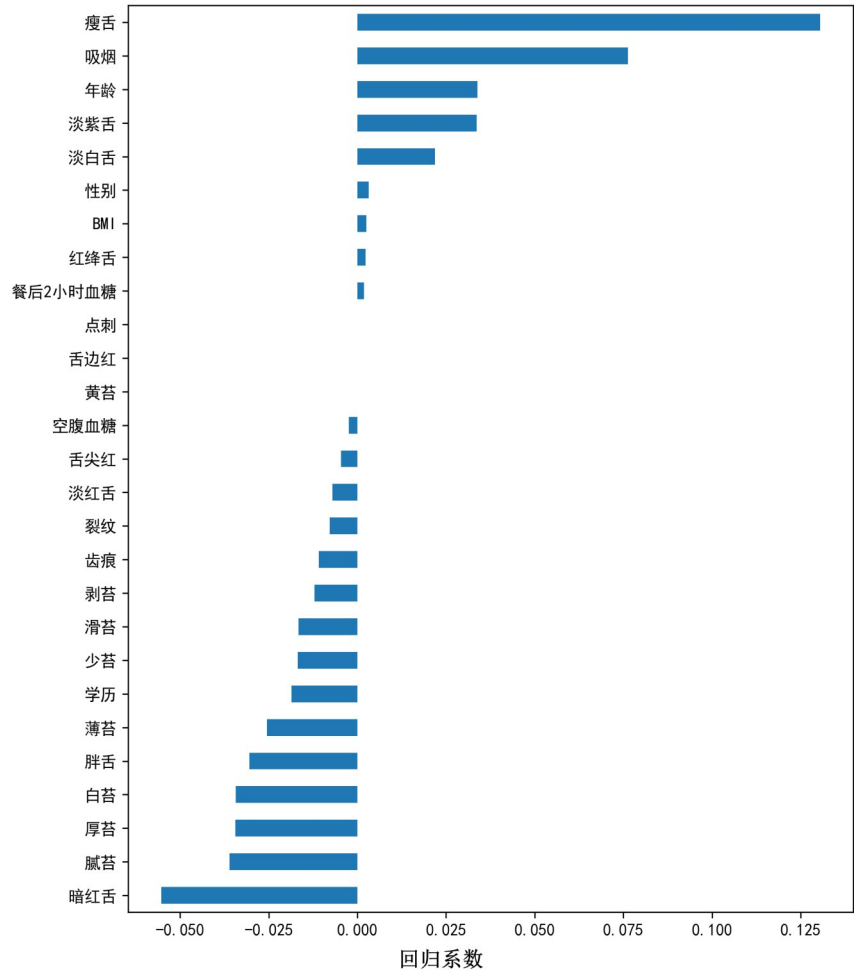


图3 基于舌象的糖尿病足患者贝叶斯网络风险预测模型

量估计，统计糖尿病足的条件频数（表 3），结合临床意义与贝叶斯结果，以暗红舌、厚苔与腻苔等于 1 或 0 的组合情况进行变量估计，表 4 示，当 2 型糖尿病患者出现厚苔时，发生糖尿病足的概率最大为 7.77%，当糖尿病患者出现腻苔时，糖尿病足的发病概率为 6.43%。

由贝叶斯网络分析结果可知，暗红舌、厚苔、腻苔与吸烟有直接联系，所以当糖尿病患者吸烟的情况不同时，暗红舌、厚苔、腻苔出现的概率不同。利用极大似然估计比较不同吸烟情况时暗红



注：BMI，体重指数；0.000 表示无相关性，正数表示正相关，负数表示负相关。

图2 27个自变量在LASSO模型中与糖尿病足相关系数的分布情况

表3 不同舌象条件下2型糖尿病和糖尿病足患者发病情况

暗红舌	腻苔	厚苔	瘦舌	白苔	2型糖尿病/例	糖尿病足/例
0	0	0	0	0	607	75
1	-	-	-	-	1827	108
0	1	-	-	-	15	8
1	-	-	-	-	34	15
0	0	1	-	-	141	17
1	-	-	-	-	243	16
0	1	-	-	-	4	0
1	-	-	-	-	6	1
0	0	0	1	-	206	16
1	-	-	-	-	277	13
0	1	-	-	-	1	1
1	-	-	-	-	0	0
0	0	1	-	-	346	14
1	-	-	-	-	200	5
0	1	-	-	-	6	0
1	-	-	-	-	4	1
0	0	0	0	1	70	2
1	-	-	-	-	299	0
0	1	-	-	-	0	0
1	-	-	-	-	9	0
0	0	1	-	-	7	0
1	-	-	-	-	17	0
0	1	-	-	-	2	0
1	-	-	-	-	0	0
0	0	0	1	-	23	0
1	-	-	-	-	22	0
0	1	-	-	-	0	0
1	-	-	-	-	0	0
0	0	1	-	-	36	1
1	-	-	-	-	26	0
0	1	-	-	-	0	0
1	-	-	-	-	2	0

注：0，没有此舌象；1，出现此舌象；-，不考虑此舌象。

表4 不同舌象条件情况下2型糖尿病患者糖尿病足发病概率情况

暗红舌	厚苔	腻苔	糖尿病足发病概率/%
1	0	0	1.31
0	1	0	7.77
0	0	1	6.43
1	1	0	0.76
1	0	1	1.15
0	1	1	3.17
1	1	1	1.28

注：0，没有此舌象；1，出现此舌象。

舌、厚苔、腻苔出现的概率，表5示，当患者吸烟时，厚苔与腻苔出现的概率大于不吸烟的患者，而

不吸烟患者暗红舌出现的概率大于吸烟的患者。

表5 2型糖尿病患者是否吸烟时暗红舌、腻苔、厚苔出现概率 (%)

吸烟情况	暗红色	腻苔	厚苔
不吸烟	11.35	23.25	20.46
吸烟	9.54	32.52	32.15

3.6 贝叶斯网络效能评价

在已构建的贝叶斯网络模型中，按照设计随机种子随机打散数据后按规定的比例从上往下抽取数据集，以4:1的比例随机划分为训练集和测试集，并以测试集来验证模型外部预测准确性。结果显示 accuracy 值为0.93，f1 值为0.97，提示模型预测效果较好^[4]，但此预测效果还需要临床与专家验证。

4 讨论

糖尿病足是2型糖尿病中常见的严重并发症，致病因素较多且存在复杂的交互作用。本研究结果发现，2型糖尿病患者中男性、超重和高龄患者更易患糖尿病足，与既往研究结果^[13]相似。高龄本身就是糖尿病足的主要危险因素之一，同时老年人受生理能力下降、自理能力和抵抗力降低等因素影响，发现足部病变不及时，可能造成就诊延误。有研究^[14]在随访11个月后发现，BMI为25.0~29.9 kg/m²的糖尿病患者糖尿病足的发生率为BMI正常患者的2.1倍，可见肥胖对糖尿病足的发生具有很大影响。

中医学将糖尿病足归于“消渴”“血痹”等范畴，病机属本虚标实、虚实夹杂，本虚以阴虚、气虚为主，标实以血瘀、寒凝、热毒、气滞为主^[15]。贝叶斯网络模型有助于揭示糖尿病足的各危险因素之间的复杂网络关系。本研究结果显示，暗红舌、腻苔、厚苔、白苔、瘦舌与糖尿病足直接相关，吸烟变量是通过与暗红舌、腻苔、厚苔联系，间接影响糖尿病足的发生。进一步根据已构建糖尿病足贝叶斯模型推理，当糖尿病患者出现厚苔、腻苔时，发生糖尿病足的概率分别为7.77%和6.43%，如吸烟患者，这种概率可能会进一步升高。本研究结果提示，2型糖尿病患者可以通过观察暗红舌、腻苔、厚苔的有无及严重程度，早期识别糖尿病足。在本研究中，厚腻苔患者与糖尿病足有直接关系，可提示糖尿病足出现厚腻苔时疾病的病因病机。苔厚者因邪盛入里，导致舌象产生较明显变化，《彩图辨舌指南》中也有相关记载：“苔垢薄者，行气不足；苔垢厚者，病气有余；薄苔者，表邪初见；厚苔者，里滞已深”^[9]。暗红舌可作热毒或久病伤

及下焦阴津解释,可见糖尿病足患者随着邪气的深入,出现的麻木、疼痛、下肢乏力、发冷等症状除了阴阳两虚、气虚无力、阳虚等病机外,也有可能与患者因久病体内湿浊痰饮阻滞,阳气被遏,痰浊伤及下焦阴分有关。

在糖尿病足风险预测模型评价方面,本研究发现基于 LASSO 回归联合贝叶斯网络分析构建的风险预测模型的 accuracy 值为 0.93, f1 值为 0.97, 显示出较好的预测效果。针对我们的研究,舌象和基线数据等存在着复杂的关系,多因素 Logistic 回归分析会因医学数据变量间多重共线问题而造成错误估计变量效应,而 LASSO 回归的特点是在拟合广义估计方程的同时进行变量筛选和复杂度调整。本研究通过 LASSO 回归从 27 个变量中筛选出 6 个与糖尿病足最相关的变量,能够有效解决 Logistic 回归分析存在的问题并最终获得理想的精简统计模型。传统 Logistic 分析只能揭示出糖尿病足发病的几个独立影响因素,经过 LASSO 回归筛选出的变量再通过贝叶斯网络模型变量间构建网络图,则可进一步描述危险因素间的相互作用及对糖尿病足的影响。本研究还存在一定局限性:1) 只进行了一种模型的探索,在以后研究中可加入机器学习等多模型的比较。2) 研究为单中心观察性研究,而且只在医院进行了样本采集,可能造成样本的代表性不足。今后研究应多进行多中心的研究,以提高样本代表性,并验证外部适用性。3) 样本量有限,并且变量较少,尚未纳入中医辨证、中医症状等其他变量,而这些都是影响模型预测准确性的因素。今后的研究将尽可能多地收集糖尿病足病例,并且对问卷进行优化以提高模型预测的准确性。

参考文献

[1] FU XL, DING H, MIAO WW, et al. Global recurrence rates in diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis [J]. Diabetes Metab Res Rev, 2019, 35 (6): e3160.

[2] 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)(I)[J]. 中华糖尿病杂志, 2019, 11(2): 92-108.

[3] 严文娟, 赵静, 林凌, 等. 中医舌诊研究方法的现状及发展趋势[J]. 中医杂志, 2010, 51(12): 1133-1135.

[4] SCUTARI M. Learning Bayesian networks with the bnlearn R Package [J]. J Statist Software, 2010, 35(3): 1-22.

[5] TIBSHIRANI R. Regression shrinkage and selection via the LASSO [J]. J Royal Statist Society, 1996, 58(1): 267-288.

[6] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2013 年版)[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2014, 30(10): 893-942.

[7] 中国医疗保健国际交流促进会糖尿病足病分会. 中国糖尿病足诊治指南[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(4): 251-258.

[8] 李灿东. 中医诊断学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016: 68.

[9] 曹炳章. 彩图辨舌指南[M]. 南京: 江苏人民出版社, 1962: 14.

[10] 彭天文, 左翼, 陈劲果, 等. 2 型糖尿病患者罹患勃起功能障碍血管相关危险因素分析[J]. 中华男科学杂志, 2020, 26(5): 399-408.

[11] 刘帅, 廖玉荣, 程美玲, 等. 2 型糖尿病足病人的临床特点及病情严重程度危险因素分析[J]. 全科护理, 2021, 19(35): 5036-5040.

[12] PEDUZZI P, CONCATO J, KEMPER E, et al. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis [J]. J Clin Epidemiol, 1996, 49(12): 1373-1379.

[13] 吴然, 白姣姣, 周洁. 老年糖尿病足患者院前诊治情况调查分析[J]. 老年医学与保健, 2020, 26(2): 283-286.

[14] SOHN MW, BUDIMAN-MAK E, LEE TA, et al. Significant J-shaped association between body mass index (BMI) and diabetic foot ulcers [J]. Diabetes Metab Res Rev, 2011, 27(4): 402-409.

[15] 王景, 张海丽, 于洋. 中医药治疗糖尿病足临床研究新进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2018, 20(12): 184-187.

Construction of Diabetic Foot Risk Prediction Model based on Tongue Manifestation

TIAN Zhikui¹, ZHANG Xinhai², SUN Xuan¹, WANG Dongjun¹, GUAN Yuanyuan¹, ZHANG Zhaohui³, WANG Hongwu¹

1. School of Health Sciences and Engineering, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin, 301617; 2. Shenzhen University; 3. Second Teaching Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine

ABSTRACT Objective To construct a tongue manifestation-based diabetic foot risk prediction model using LASSO regression and Bayesian network analysis. **Methods** The clinical data of patients with type 2 diabetes (T2D) and

diabetic foot admitted to the Second Teaching Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine from January 2019 to October 2020 were collected, and 27 variables including age, gender, body mass index (BMI), smoking, education level, light red tongue, pale tongue, red crimson tongue, light purple tongue, dusky red tongue, red tongue tip, enlarged tongue, red tongue edge, thin tongue, spotted tongue, teeth-marked tongue, cracked tongue, thin coating, white coating, yellow coating, scanty coating, peeled coating, glossy coating, thick coating, greasy coating, fasting blood glucose (FBG) and 2-hour postprandial blood glucose (2hPBG) were analyzed. Logistic univariate analysis was used to calculate the unadjusted OR values (cOR values) of tongue manifestation-related variables. The influencing factors significantly related to the occurrence of diabetic foot were screened out by LASSO regression, and then the interaction between variables was further analyzed and reasoned by Bayesian network analysis. Finally, the predictive effectiveness of the model was evaluated. **Results** A total of 293 diabetic foot patients (diabetic foot group) and 4430 T2D patients (T2D group) were included. There were significant differences in age, BMI, gender, smoking, and education level between the two groups ($P < 0.05$), with no significant differences in FBG and 2hPBG levels ($P > 0.05$). The risk of diabetic foot was increased in patients with light purple tongue (cOR = 1.956) and thin tongue (cOR = 4.315) through Logistic univariate analysis. Six variables that were most significantly associated with the occurrence of diabetic foot were screened out through LASSO regression, including thin tongue, smoking, dusky red tongue, greasy coating, thick coating, and white coating. Bayesian network analysis further found that thin tongue, dusky red tongue, greasy coating, thick coating, and white coating were directly associated with the occurrence of diabetic foot, while smoking was indirectly linked. The prediction model showed that the max probability of developing diabetic foot was 7.77% in patients with thick coating, and that was 6.43% when there was greasy coating. The probability of thick coating and greasy coating were higher in patients who smoked than those who not, while the probability of dusky red tongue was higher in non-smoking patients. The model efficacy evaluation showed accuracy of 0.93 and 0.97 of f1 value, indicating a good prediction effectiveness. **Conclusion** The tongue manifestation-based diabetic foot risk prediction model constructed with LASSO regression and Bayesian network analysis shows that the probability of diabetic foot in T2D patients with thick coating and greasy coating is 7.77% and 6.43%, respectively, and the probability may further increase if the patients smoke.

Keywords diabetic foot; tongue manifestation; risk prediction model; LASSO regression; Bayesian networks

(收稿日期: 2022-05-06; 修回日期: 2022-06-27)

[编辑: 邓 媛]

广告

欢迎邮购《中医杂志》过刊

2000、2001年合订本每本100元, 2002、2003年合订本每本105元, 2004年合订本115元, 2005年合订本125元, 2007—2010年合订本每本140元。2011(缺5、6期)—2013年每册9.80元, 2014(缺21期)—2017年(缺3、5、15、18期)每册15元, 2018年(缺5、7、9期)每册20元, 2020年(缺7、8、9期)每册20元, 2021年每册20元。2011—2013年合订本每年4本, 全年280元, 2014—2017年合订本每年4本(缺2017年上半年合订本), 全年400元, 2018—2021年合订本, 每年4本, 全年600元。2022年上半年合订本(2本), 400元。《中医杂志》2006—2008年增刊每册40元。

以上免费邮寄, 如需挂号每件另加3元。

欲购者请汇款至北京市东直门内南小街16号, 收款人: 中医杂志社

或关注《中医杂志》官方微信(zyzgzzh)购买。邮编: 100700, 电话: (010)64089195。