

糖尿病足风险预测模型的构建与验证

谢晓冉¹, 徐蓉¹, 张静², 陶静², 边旭娜², 高莲莲², 欧阳兰欣^{1,3}

摘要:目的 构建 2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测模型,为医护人员识别高危患者并制订针对性干预方案提供参考。方法 回顾性收集 2018 年 3 月至 2020 年 3 月住院 2 型糖尿病患者的临床资料,使用 LASSO 回归和多因素 logistic 回归分析筛选糖尿病足发生的危险因素,建立 2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测的列线图模型。计算 C 统计量评价模型的区分度,使用校准图和 Brier 分数评估模型的校准度。使用 Bootstrap 法进行内部验证,随后收集 2020 年 4~12 月住院 2 型糖尿病患者资料用于外部验证。结果 开发数据集共纳入 1 527 例患者,有 319 例(20.89%)患糖尿病足。最终 9 个预测因子进入模型:文化程度、溃疡史或截肢史、视网膜病变、是否注射胰岛素、震动感觉阈值、足背动脉搏动、足部皮肤异常变化、足部真菌感染和足部畸形。预测模型内部验证前后的 C 统计量分别为 0.966 和 0.963, Brier 分数分别为 0.052 和 0.054,校准图中实际曲线和理想曲线重合度较好。外部验证数据集共纳入 451 例患者,有 71 例(15.74%)患糖尿病足。模型外部验证的 C 统计量为 0.928, Brier 分数为 0.051,校准图显示模型的预测结果和观察结果之间一致性较好。结论 构建的 2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测模型具有良好的区分度和校准度,可为临床筛查糖尿病足高危患者提供借鉴。

关键词: 2 型糖尿病; 糖尿病足; 足溃疡; 预测模型; 内部验证; 外部验证; 区分度; 校准度

中图分类号: R473.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.11.009

Development and validation of a risk prediction model for diabetic foot Xie Xiaoran, Xu Rong, Zhang Jing, Tao Jing, Bian Xuna, Gao Lianlian, Ouyang Lanxin. Nursing Department, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Abstract: **Objective** To develop a risk prediction model for diabetic foot in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM), and to provide a reference for medical staff to identify high-risk patients and formulate targeted intervention programs. **Methods** Clinical information of patients with T2DM hospitalized from March 2018 to March 2020 were retrospectively collected for model development. The risk factors of diabetic foot were identified using LASSO regression and multivariate logistic regression, then a predictive nomogram model was built based on these risk factors. The C-statistic was calculated to evaluate the discrimination of the model, and the calibration plots and Brier scores were utilized to assess the calibration of the model. Internal validation was performed using the bootstrap method, and external validation was performed in another group of patients with T2DM hospitalized between April and December 2020. **Results** A total of 1,527 patients were included in the development data set, and 319 (20.89%) had diabetic foot ulcers. Nine predictors were eventually determined to be associated with diabetic foot: education level, history of prior ulcers or amputation, retinopathy, injection of insulin, vibration perception threshold, dorsalis pedis artery pulse, foot skin anomalies, fungal foot infections, and foot deformities. The C-statistic of the model was 0.966 without correction and 0.963 after bootstrap correction. The Brier score was 0.052 and bootstrapping corrected Brier score was 0.054. The calibration plot showed good agreement of the nomogram between predicted and observed outcomes. A total of 451 patients were included in external validation data set, and 71(15.74%) suffered from diabetic foot disease. The C-statistic was 0.928, the Brier score was 0.051, and the calibration plot also showed good agreement between observed and predicted probabilities. **Conclusion** The nomogram prediction model has good discrimination and calibration, which can be used for screening of patients at high risk for diabetic foot.

Key words: type 2 diabetes mellitus; diabetic foot; foot ulcer; prediction model; internal validation; external validation; discrimination; calibration

糖尿病足是 2 型糖尿病患者最严重的慢性并发症之一,是导致非创伤性下肢截肢的最主要原因^[1]。约有 25% 的糖尿病患者会发生足溃疡^[2]。Lipsky 等^[3]发现,糖尿病足患者的截肢率高达 23%。在中

国,糖尿病患者截肢后 5 年内病死率接近 40%^[4]。糖尿病足不仅严重影响患者的生存质量,还增加患者家庭的经济压力^[5]。我国一项研究显示,糖尿病足患者每次平均住院费用为 17 183 元^[6]。因此,早期识别糖尿病足高危人群,尽早启动针对性护理干预至关重要。疾病风险预测模型通过定量分析的方法,可以计算特定终点事件的发生概率^[7]。糖尿病足风险预测模型可以帮助医护人员识别高危患者,为不同风险的患者设计个性化干预方案,从而减轻过度筛查的社会负担和费用,同时避免筛查不足所带来的风险^[8]。国外有研究构建了糖尿病足风险预测模型,但偏倚风险

作者单位:华中科技大学同济医学院附属同济医院 1. 护理部 2. 内分泌科(湖北 武汉,430030);3. 华中科技大学同济医学院护理学院
谢晓冉:女,硕士在读,学生
通信作者:徐蓉,1017565070@qq.com
科研项目:华中科技大学同济医学院护理学院 2021 年自主创新基金项目(2021-07)
收稿:2021-12-20;修回:2022-03-05

较高^[9],而国内相关研究暂无,缺乏能够指导我国临床实践的模型。因此,本研究通过分析2型糖尿病患者糖尿病足的危险因素,建立2型糖尿病患者糖尿病足风险预测的列线图模型并进行外部验证,旨在为临床提供简单可行的预测工具。

1 对象与方法

1.1 对象 本研究为回顾性研究,选取2018年3月至2020年3月华中科技大学同济医学院附属同济医院内分泌科住院的2型糖尿病患者作为开发模型的研究对象。纳入标准:年龄 ≥ 18 岁;符合2型糖尿病诊断标准^[10]。排除标准:放弃治疗自动出院;发生糖尿病急性并发症。按照同样的方法收集2020年4~12月于同一医院内分泌科住院的2型糖尿病患者资料用于外部验证。本研究通过医院伦理委员会批准(TJ-IRB20210833)。

本研究共有30个候选预测变量,根据多变量预测模型透明报告(Transparent Reporting of a Multi-variable Prediction Model for Individual Prognosis or Diagnosis,TRIPOD)^[11]中关于样本量的要求:阳性结局事件数是候选预测变量个数的10倍以上,即本模型开发至少需要300个糖尿病足结局事件。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集方法 结合课题组前期总结出的糖尿病足发病风险筛查和评估的最佳证据^[12],系统分析已有模型所包含的预测变量^[9],并咨询糖尿病护理领域专家,初步拟定2型糖尿病患者糖尿病足风险预测模型的候选预测变量,设计出本研究的临床资料收集表。包括①一般资料:性别、年龄、文化程度、糖尿病病程、溃疡史或截肢史、吸烟史、饮酒史、冠心病史、脑血管病史、高血压史、视网膜病变史、降糖方案、体重指数。②实验室指标:空腹血糖、餐后2h血糖、糖化血红蛋白、总胆固醇、三酰甘油、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、尿白蛋白/肌酐比值、肾小球滤过率。③周围神经病变和周围血管病变检查:保护性感觉功能检查(单丝试验)、震动感觉阈值、间歇性跛行、足背动脉搏动、踝肱指数、下肢静脉病变检查。④足部检查:足部皮肤异常变化、足部真菌感染、足部畸形。本研究通过医院的数字化病案系统收集数据,由2名经过培训、具有硕士学历的研究者共同录入数据。分别调取2018年3月至2020年3月、2020年4~12月于内分泌科住院的所有国际疾病分类编码为E11(即非胰岛素依赖型糖尿病)的患者数据,回顾电子病历时,出院诊断中如出现与糖尿病足有关的诊断则认定出现结局事件。录入完毕后随机抽取5%的患者资料进行复核,确保数据准确无误。住院 ≥ 2 次的患者选择首次住院的信息;连续变量如有多次测量结果取第1次测量值记录,缺失比例 $\geq 30\%$ 的变量(尿白蛋白/肌酐比值)被剔除。

1.2.2 指标定义 本研究的结局事件为是否患糖尿

病足,糖尿病足的诊断依据国际糖尿病足工作组发布的诊断标准^[13]。足部皮肤变化包括干燥、变色、硬结、水肿^[14],足部畸形定义为足部结构和(或)形状的异常变化,如跖外翻、跖骨头突出、弓形足、扁平足等^[15]。

1.2.3 统计学方法 采用EpiData3.1录入数据,数据分析在R4.1.0和SPSS26.0中完成。①变量预处理:使用多重插补法填充缺失值,插补次数为20次;在筛选预测因子之前,使用限制性立方样条图评估连续变量与结局变量之间是否符合线性关系,如符合或近似符合线性关系,则直接进行后续分析;如不符合线性关系,则结合临床意义和限制性立方样条图,将连续变量转换为分类变量。②变量描述:整体符合正态分布的连续变量用均数 $\pm$ 标准差描述,组间比较采用 t 检验;非正态分布的连续变量用中位数和 P_{25} 、 P_{75} 表示,组间比较采用秩和检验;分类变量使用频数和百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。③拟合预测模型:使用套索算法(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator,LASSO)初步筛选预测因子,为了获得性能良好且简洁的模型,以交叉验证误差在最小误差1个标准差范围内所对应的lambda值作为模型最优惩罚系数。随后,使用向后似然法对LASSO回归筛选出的变量进行多因素logistic回归分析,确定最终的预测因子并构建列线图模型。④模型评价:采用Bootstrap法在开发数据集中进行内部验证,使用时段验证法在外部验证数据集中进行外部验证。使用C统计量评价模型的区分度,绘制受试者工作特征曲线直观地观察模型的预测性能,使用校准图和Brier分数评价模型的校准度。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 患者一般资料 开发数据集共纳入1527例患者,其中男960例,女567例;年龄 $18\sim 97(54.89\pm 12.56)$ 岁;体重指数 $M(P_{25},P_{75})$ 为 $24.16(21.80, 26.30)$;有吸烟史353例,饮酒史218例;319例(20.89%)患糖尿病足。外部验证数据集共纳入451例患者,男289例,女162例;年龄 $18\sim 86(54.45\pm 12.47)$ 岁;体重指数 $M(P_{25},P_{75})$ 为 $24.31(21.80, 26.57)$;有吸烟史96例,饮酒史58例;71例(15.74%)患糖尿病足。开发数据集组间基线资料比较:①糖尿病病程、空腹血糖、餐后2h血糖、震动感觉阈值、踝肱指数与结局变量之间呈非线性关系,结合临床意义和限制性立方样条图,将上述变量转化为分类变量进行了重新赋值。②体重指数、吸烟及饮酒史组内比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),有统计学差异的项目见表1、表2。

2.2 预测因子初步筛选 将所有变量纳入LASSO回归,当lambda取0.017时入选的变量有11个,包括文化程度、溃疡史或截肢史、视网膜病变、注射胰岛

素、保护性感觉功能、震动感觉阈值、足背动脉搏动、畸形。
踝肱指数、足部皮肤异常变化、足部真菌感染和足部

表 1 开发数据集组间基线(计数)资料比较例

项目	例数	非糖尿病足组 (n=1208)	糖尿病足组 (n=319)	χ^2	项目	例数	非糖尿病足组 (n=1208)	糖尿病足组 (n=319)	χ^2
性别				5.169	空腹血糖(mmol/L)				8.088
女	567	466	101		<4.4	40	25	15	
男	960	742	218		4.4~6.9	460	374	86	
文化程度				57.271	>6.9	1027	809	218	
小学及以下	412	285	127		餐后 2 h 血糖(mmol/L)				7.834
中学	797	630	167		<7.8	110	79	31	
大专及以上	318	293	25		7.8~11.0	287	241	46	
糖尿病病程(年)				80.081	>11.0	1130	888	242	
0~	740	651	89		震动感觉阈值(V)				373.805
6~	399	302	97		<16	1110	1006	104	
>10	388	255	133		16~25	252	150	102	
溃疡史或截肢史				325.112	>25	165	52	113	
无	1441	1206	235		间歇性跛行				51.409
有	86	2	84		无	1495	1199	296	
冠心病史				56.073	有	32	9	23	
无	1313	1080	233		足背动脉搏动				661.279
有	214	128	86		正常	1312	1180	132	
脑血管病史				17.683	减弱或消失	215	28	187	
无	1336	1079	257		踝肱指数				165.272
有	191	129	62		<1.0	118	41	77	
高血压史				30.954	1.0~1.3	1369	1143	226	
无	862	722	140		>1.3	40	24	16	
1 级	136	106	30		下肢静脉病变				55.239
2 级	167	127	40		无	1388	1132	256	
3 级	362	253	109		有	139	76	63	
视网膜病变史				57.032	足部皮肤异常变化				761.821
无	992	842	150		无	1198	1128	70	
有	535	366	169		有	329	80	249	
保护性感觉功能				110.927	足部真菌感染				151.734
正常	518	489	29		无	1454	1192	262	
降低或丧失	1009	719	290		有	73	16	57	
注射胰岛素				89.213	足部畸形				274.405
否	605	552	53		无	1444	1202	242	
是	922	656	266		有	83	6	77	

注:均 $P<0.05$ 。

表 2 开发数据集组间基线(计量)资料比较 $\bar{x}\pm s/M(P_{25},P_{75})$

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	糖化血红蛋白 (%)	总胆固醇 (mmol/L)	三酰甘油 (mmol/L)	高密度胆固醇 (mmol/L)	低密度胆固醇 (mmol/L)	肾小球滤过率 [mL/(min·1.73 m ²)]
非糖尿病足组	1208	53.36±12.31	8.70(7.10,10.68)	4.22(3.59,5.04)	1.96(1.24,3.02)	1.00(0.84,1.20)	2.55(1.96,3.18)	98.25(80.20,110.00)
糖尿病足组	319	60.66±11.83	9.10(7.60,10.80)	3.75(3.13,4.53)	1.54(1.11,2.16)	0.88(0.70,1.10)	2.32(1.77,2.90)	86.00(59.35,99.70)
统计量		$t=9.491$	$Z=2.060$	$Z=6.472$	$Z=5.513$	$Z=6.871$	$Z=4.028$	$Z=7.859$

注:均 $P<0.05$ 。

2.3 2 型糖尿病患者糖尿病足发病风险的多因素分析

以 2 型糖尿病患者是否发生糖尿病足为因变量(否=0,是=1),以 LASSO 回归筛选出的 11 个变量为自变量纳入 logistic 回归模型进行多因素分析。结果显示,文化程度(小学及以下=0,中学=1,大专及以上=2)、溃疡史或截肢史(无=0,有=1)、视网膜病变(无=0,有=1)、注射胰岛素(否=0,是=1)、震动感觉阈值(<16 V=0,16~25 V=1,>25 V=2)、足背动脉搏动(正常=0,减弱或消失=1)、足部皮肤异常变化

(无=0,有=1)、足部真菌感染(无=0,有=1)、足部畸形(无=0,有=1)是糖尿病足发生的影响因素(自变量均以赋值=0 的项目为对照),结果见表 3。

2.4 构建 2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测的列线图模型 根据多因素分析结果,最终以文化程度、溃疡史或截肢史、视网膜病变、是否注射胰岛素、震动感觉阈值、足背动脉搏动、足部皮肤异常变化、足部真菌感染和足部畸形为预测因子,以糖尿病足发生为结局事件,重新拟合 logistic 模型,构建 2 型糖尿病患者糖尿

病足风险预测列线图模型。使用列线图时,将每个预测因子对应的评分相加得到总评分,即可得到预测的糖尿病足发生概率。如某糖尿病患者拥有小学文化程度(37.5分),既往无溃疡史或截肢史(0分),有视网膜病变(23.75分),震动感觉阈值 20 V(12.5分),注射胰岛素(22分),足背动脉搏动正常(0分),足部皮肤发生异常变化(70分),足部无真菌感染(0分),无足部畸形(0分),总评分约为 37.5+0+23.75+12.5+22+0+70+0+0=165.75分,则预测该患者糖尿病足的发生概率约为 70%。2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测的列线图,见图 1。

表 3 2 型糖尿病患者糖尿病足发病风险的多因素 logistic 回归分析结果

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
常量	-4.386	0.341	165.347	0.000	—	—
文化程度						
大专及以上	-1.593	0.468	11.611	0.001	0.203	0.081~0.508
溃疡史或截肢史	4.153	0.852	23.771	0.000	63.600	11.980~337.634
视网膜病变	0.998	0.241	17.078	0.000	2.712	1.690~4.353
注射胰岛素	0.905	0.270	11.270	0.001	2.471	1.457~4.191
震动感觉阈值						
>25 V	0.907	0.330	7.567	0.006	2.477	1.298~4.728
足背动脉搏动	2.578	0.312	68.390	0.000	13.164	7.147~24.249
足部皮肤异常变化	2.882	0.242	141.515	0.000	17.852	11.104~28.702
足部真菌感染	2.211	0.515	18.401	0.000	9.121	3.322~25.043
足部畸形	2.875	0.665	18.716	0.000	17.725	4.819~65.202

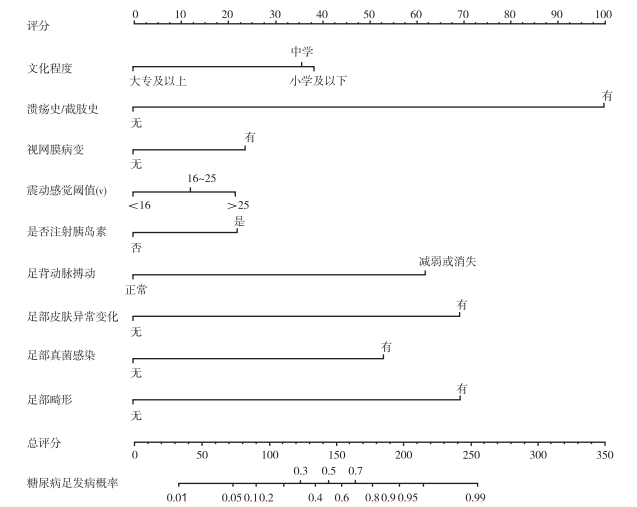


图 1 2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测列线图

2.5 模型的内部验证和外部验证 预测模型的 C 统计量为 0.966(95%CI:0.955~0.977),采用 Bootstrap 法重采样 100 次对模型进行内部验证,模型经重采样后的 C 统计量为 0.963。校准图显示,模型的预测结果和观察结果之间一致性较好。模型的 Brier 分数为 0.052,内部验证后的 Brier 分数为 0.054,提示该模型校准度较好。外部验证结果显示,模型的 C 统计量为 0.928(95%CI:0.883~0.972),校准图中实际曲线和理想曲线重合度较好,Brier 分数为 0.051,表明模型有较好的区分度和校准度。

3 讨论

3.1 2 型糖尿病患者糖尿病足的危险因素分析

3.1.1 文化程度低、有溃疡史或截肢史、有视网膜病变的糖尿病患者易发生糖尿病足 受教育程度高的患者自我护理能力和自我管理能力强,发生糖尿病足的风险较小^[16-17]。在 Tai 等^[18]研究中,59.3%的糖尿病足溃疡患者文化程度为小学及以下。护士在进行健康宣教时,需根据患者文化程度选择合适的方式。对于理解能力较弱的患者,可采取同伴教育、并发症体验等方法^[19]。既往有溃疡史或截肢史的患者复发糖尿病足的风险极高,约 40%的足溃疡愈合患者在 12 个月内复发溃疡,60%的患者在 3 年内复发^[5],且复发后治疗难度增大。医护人员应高度重视此类患者,做好日常的观察和护理。糖尿病视网膜病变是糖尿病最常见的微血管并发症之一。有研究表明,超过 90%的糖尿病足患者并存视网膜病变^[20],两者发病机制均与慢性炎症和微血管病有关^[21]。因此,糖尿病患者需积极控制血糖,改善微循环,定期检查眼底。

3.1.2 使用胰岛素控制血糖、震动感觉阈值升高、足背动脉搏动减弱或消失的糖尿病患者易发生糖尿病足 使用胰岛素控制血糖的患者胰岛素抵抗程度较严重,血糖控制难度较大。Boyko 等^[22]和 Crawford 等^[23]研究显示,接受胰岛素治疗的患者比口服降糖药或不用药的患者更容易患足溃疡。本研究结果显示,震动感觉阈值>25 V 的患者发生糖尿病足的风险明显升高。这与 Young 等^[24]研究结果相似,震动感觉阈值超过 25 V 可提示患者为糖尿病足溃疡高危人群。本研究结果显示,足背动脉搏动减弱或消失是糖尿病足的独立危险因素,这与既往研究结果一致^[25-26]。Armstrong 等^[26]研究结果表明,外周足背动脉搏动检查和股动脉杂音听诊在诊断或排除外周动脉疾病方面准确性高达 93.8%。在临床工作中,护士可以通过触摸足背动脉搏动来评估患者的血管病变情况,且该方法简单快捷,经济实用。

3.1.3 存在足部皮肤异常变化、足部真菌感染和足部畸形的糖尿病患者易发生糖尿病足 足部皮肤干燥、水肿、色素沉着等异常变化提示下肢慢性静脉功能不全或下肢动脉血管病变^[27],应引起护士高度警惕,这在临床工作中往往容易被忽视。真菌感染是糖尿病足的前期病变,糖尿病足感染常开始于轻微的真菌感染^[28],国际糖尿病足工作组建议对患有足癣、甲癣的糖尿病患者应积极抗真菌治疗^[29]。Pham 等^[30]研究表明,足部形态异常与溃疡的发生发展有关,必要时可做足踝外科矫形手术矫正,以减轻足部压力,预防糖尿病足的发生。

3.2 本研究构建的 2 型糖尿病患者糖尿病足风险预测模型具有科学性和实用性 受试者工作特征曲线

下面积 >0.9 提示模型区分度好^[31], Brier 分数越小则模型校准度越高^[32]。本研究建立的预测模型内部验证前后的 C 统计量分别为 0.966 和 0.963, Brier 分数分别为 0.052 和 0.054, 校准图中两曲线重合度较好。外部验证的 C 统计量为 0.928, Brier 分数为 0.051, 校准图显示预测结果和观察结果之间一致性较好。进一步基于该预测模型绘制列线图, 将每个变量在预测模型中的影响程度可视化, 并可制作为计算机程序和手机 App, 从而更加准确地计算预测概率, 实用性和可推广性强。护士使用该列线图模型对糖尿病患者进行风险评估, 根据评估结果尽早启动可预见性干预, 针对各危险因素制订个性化的预防和护理措施, 减少糖尿病足的发生, 使预测模型临床价值最大化。

4 小结

本研究以文化程度、溃疡史或截肢史、视网膜病变、是否注射胰岛素、震动感觉阈值、足背动脉搏动、足部皮肤异常变化、足部真菌感染和足部畸形为预测因子构建模型, 模型性能较好, 可为护士对糖尿病足高危患者进行科学防控和精准施策提供参考。局限性在于本研究是单中心的回顾性研究, 未来期待在多中心的前瞻性队列研究中进行外部验证。

参考文献:

- [1] Bus S A, Lavery L A, Monteiro-Soares M, et al. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update)[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020, 36(Suppl 1): e3269.
- [2] Singh N, Armstrong D G, Lipsky B A. Preventing foot ulcers in patients with diabetes [J]. *JAMA*, 2005, 293(2): 217-228.
- [3] Lipsky B A, Apelqvist J, Bakker K, et al. Diabetic foot disease: moving from roadmap to journey[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2015, 3(9): 674-675.
- [4] Xu Z, Ran X. Diabetic foot care in China: challenges and strategy[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2016, 4(4): 297-298.
- [5] Armstrong D G, Boulton A, Bus S A. Diabetic foot ulcers and their recurrence[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(24): 2367-2375.
- [6] 班绎娟, 冉兴无, 杨川, 等. 中国部分省市糖尿病足病临床资料和住院费用等比较[J]. *中华糖尿病杂志*, 2014, 6(7): 499-503.
- [7] Steyerberg E W, Moons K G, van der Windt D A, et al. Prognosis Research Strategy (PROGRESS) 3: prognostic model research [J]. *PLoS Med*, 2013, 10(2): e1001381.
- [8] van der Heijden A A, Nijpels G, Badloe F, et al. Prediction models for development of retinopathy in people with type 2 diabetes: systematic review and external validation in a Dutch primary care setting[J]. *Diabetologia*, 2020, 63(6): 1110-1119.

- [9] 谢晓冉, 徐蓉. 糖尿病足发病风险预测模型的系统评价[J]. *中华护理杂志*, 2021, 56(1): 124-131.
- [10] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(4): 315-409.
- [11] Collins G S, Reitsma J B, Altman D G, et al. Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis or Diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD statement[J]. *Ann Intern Med*, 2015, 162(1): 55-63.
- [12] 谢晓冉, 徐蓉. 糖尿病足发病风险筛查和评估的最佳证据总结[J]. *护理学杂志*, 2020, 35(24): 90-93.
- [13] van Netten J J, Bus S A, Apelqvist J, et al. Definitions and criteria for diabetic foot disease[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020, 36(Suppl 1): e3268.
- [14] 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.
- [15] 张会峰, 许樟荣, 冉兴无. 糖尿病足的相关定义和标准[J]. *中华糖尿病杂志*, 2020, 12(6): 363-368.
- [16] Sruлович E, Feldman B, Reges O, et al. Which patients with type 2 diabetes will have greater compliance to participation in the Diabetes Conversation Map™ program? A retrospective cohort study [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2018, 143: 337-347.
- [17] 葛华英, 孔利萍, 刘素贞. 中青年糖尿病足高危患者足部自我管理行为现状及影响因素分析[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2020, 28(9): 688-691.
- [18] Tai C H, Hsieh T C, Lee R P, et al. Prevalence and medical resource of patients with diabetic foot ulcer: a nationwide population-based retrospective cohort study for 2001-2015 in Taiwan[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(4): 1891.
- [19] 孙晓, 张瑾. 糖尿病足患者健康教育研究进展[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(5): 108-112.
- [20] Sellman A, Katzman P, Andreasson S, et al. Presence of chronic diabetic foot ulcers is associated with more frequent and more advanced retinopathy[J]. *Diabet Med*, 2018, 35(10): 1364-1370.
- [21] Serban D, Papanas N, Dascalu A M, et al. Diabetic retinopathy in patients with diabetic foot ulcer: a systematic review[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2021, 20(2): 98-103.
- [22] Boyko E J, Ahroni J H, Cohen V, et al. Prediction of diabetic foot ulcer occurrence using commonly available clinical information: the Seattle Diabetic Foot Study[J]. *Diabetes Care*, 2006, 29(6): 1202-1207.
- [23] Crawford F, McCowan C, Dimitrov B D, et al. The risk of foot ulceration in people with diabetes screened in community settings: findings from a cohort study[J]. *QJM*, 2011, 104(5): 403-410.
- [24] Young M J, Breddy J L, Veves A, et al. The prediction of diabetic neuropathic foot ulceration using vibration perception thresholds. A prospective study[J]. *Diabetes Care*, 1994, 17(6): 557-560.