

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2026.05.011

✧ 临床医学研究 ✧

超声极速成像脉搏波构建 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损列线图模型并验证

沈莉莉, 徐婷婷, 张静霞, 赵茹, 马芳

(合肥市第二人民医院超声医学科, 安徽 合肥 230011)

【摘要】目的: 探究基于超声极速成像脉搏波技术获取的颈动脉弹性参数, 构建并验证用于预测 2 型糖尿病(T2DM)患者早期颈动脉弹性受损风险的列线图模型。**方法:** 选取 88 例 T2DM 患者作为研究对象, 所有患者均接受颈动脉超声极速成像检查, 获取颈动脉收缩期直径(Ds)、舒张期直径(Dd)、管壁僵硬度(β)、脉搏波传导速度(PWV β)及顺应性(AC)等参数, 同时收集临床相关指标。依据 β 值将患者分为弹性正常组($\beta < 8$)和弹性受损组($\beta \geq 8$)。采用单因素及多因素 Logistic 回归分析筛选 T2DM 患者颈动脉弹性受损的独立危险因素, 并基于危险因素构建列线图预测模型; 应用 Bootstrap 法进行内部验证, 并采用校准曲线和受试者工作特征(ROC)曲线评估模型的校准度与区分度。**结果:** 经单因素和 Logistic 回归分析显示, 糖尿病病程、糖化血红蛋白(HbA1c)、PWV β 均是 T2DM 患者颈动脉弹性受损的独立危险因素, AC 是 T2DM 患者颈动脉弹性受损的保护因素($P < 0.05$)。基于此构建的列线图模型, 其预测早期颈动脉弹性受损的曲线下面积(AUC)为 0.843(95% CI: 0.768~0.918)。校准曲线与 Hosmer-Lemeshow 检验($P > 0.05$)表明模型校准度良好, DCA 分析显示该模型在 0.15~0.65 的阈值概率范围内具有明确的临床净获益。**结论:** 本研究成功构建了包含糖尿病病程、HbA1c、SBP 和 LDL-C 四个指标的列线图模型, 该模型能直观、个体化地预测 T2DM 患者发生早期颈动脉弹性受损的风险, 且具有良好的预测效能与校准度, 为临床早期干预提供可视化工具。

【关键词】 2 型糖尿病; 颈动脉弹性; 超声极速成像; 脉搏波传导速度; 列线图; 风险预测

【中图分类号】 R587.1; R445.1 **【文献标志码】** A

Development and validation of a nomogram model for predicting early carotid artery elasticity impairment risk in type 2 diabetes mellitus based on ultrafast pulse wave imaging technology

SHEN Li-li, XU Ting-ting, ZHANG Jing-xia, ZHAO Ru, MA Fang

(Department of Ultrasound Medicine, the Second People's Hospital of Hefei, Hefei 230011, Anhui, China)

【Abstract】Objective: To explore the use of carotid artery elasticity parameters obtained via ultrafast pulse wave imaging technology to develop and validate a nomogram model for predicting the risk of early carotid artery elasticity impairment in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). **Methods:** 88 patients with T2DM were selected as the study subjects. All patients underwent carotid artery ultrafast ultrasound imaging to obtain parameters including carotid systolic diameter (Ds), diastolic diameter (Dd), stiffness index (β), pulse wave velocity (PWV β), and arterial compliance (AC). Clinical indicators were also collected. Patients were divided into a normal elasticity group ($\beta < 8$) and an impaired elasticity group ($\beta \geq 8$) based on the β value. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to screen for independent risk factors of carotid artery elasticity impairment in T2DM patients. A nomogram prediction model was constructed based on these factors. Internal validation was performed using the Bootstrap method, and the model's calibration and discrimination were assessed using calibration curves and the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results:** Univariate and Logistic regression analysis revealed that diabetes duration, glycated hemoglobin (HbA1c), and PWV β were independent risk factors, whereas AC was a protective factor for carotid elasticity impairment in patients with T2DM ($P < 0.05$). The nomogram model constructed based on these factors had an area under the curve (AUC) of 0.843 (95% CI: 0.768~0.918) for predicting early carotid artery elasticity impairment. The calibration curve and the Hosmer-Lemeshow test ($P > 0.05$) indicated good model calibration. Decision curve analysis (DCA) showed that the model had a clear clinical net benefit within the threshold probability range of 0.15~0.65. **Conclusion:** This

基金项目: 安徽省健康卫生科研项目(AHWJ2023BAa20198)

作者简介: 沈莉莉(1975-), 女, 副主任医师。E-mail: leery1009@163.com

通讯作者: 马芳。E-mail: hfeiieryuanmafang@163.com

study successfully developed a nomogram model incorporating four indicators: diabetes duration, HbA1c, SBP, and LDL-C. This model can intuitively and individually predict the risk of early carotid artery elasticity impairment in T2DM patients, demonstrating good predictive performance and calibration. It can serve as a visual tool for early clinical intervention.

【Key words】 Type 2 diabetes mellitus; Carotid artery elasticity; Ultrafast ultrasound imaging; Pulse wave velocity; Nomogram; Risk prediction

2 型糖尿病 (T2DM) 是一种全球性的慢性代谢性疾病,其血管并发症是患者致残致死的主要原因^[1]。临床资料显示,在动脉粥样硬化进程中,颈动脉弹性减退是早于官腔狭窄的早期关键改变,与心脑血管事件风险密切相关^[2]。超声极速成像技术以极高的帧频 (>10 000 帧/s) 能够精准捕捉并追踪颈动脉管壁在心动周期中的细微搏动,可无创、精准地定量评估局部动脉弹性,为早期探测 T2DM 患者血管功能异常提供了新工具^[3]。尽管超声极速成像技术在评估血管弹性方面展现出巨大潜力,但目前尚缺乏一个能够系统整合该技术指标与其他临床风险因素,并用于个体化预测 2 型糖尿病患者颈动脉弹性受损风险的实用模型。列线图能将多因素回归结果转化为直观的个体风险评分,在疾病预测中具有独特优势^[4-5]。目前,国内外已有研究^[6-7] 探讨超声极速成像在血管功能评估中的应用价值,但尚未见有研究系统整合该技术所获的颈动脉弹性定量指标与多元临床参数,构建用于预测 T2DM 患者颈动脉弹性受损风险的个体化模型。基于此,本研究旨在基于超声极速成像脉搏波技术,定量评估 T2DM 患者颈动脉弹性,结合临床与实验室指标筛选独立危险因素,构建并验证一个用于早期颈动脉弹性受损风险预测的列线图模型,以辅助临床早期识别高危人群,为精准干预提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入 2020 年 1 月至 2025 年 8 月合肥市第二人民医院就诊的 88 例 2 型糖尿病患者为研究对象,其中男性 49 例,女性 39 例;年龄 (62.4 ± 10.7) 岁。纳入标准:(1)符合《中国 2 型糖尿病防治指南》中的诊断标准^[8],确诊为 2 型糖尿病者;(2)年龄 ≥ 18 岁,病史资料齐全;(3)意识清晰,能配合完成超声检查;(4)患者或家属知情,并签署知情同意书。排除标准:(1)既往有颈动脉手术史、颈部放疗史;(2)存在重要脏器功能不全者;(3)患有恶性肿瘤、急性感染或自身免疫性疾病者;(4)伴有心房颤动等严重心律失常者;(5)超声图像质量差,无法清晰测量。研究经医院伦理委员会批准后开始实施。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 通过电子病历系统收集患者人口学资料(年龄、性别)、病史(糖尿病病程、高血

压病史、吸烟史、糖尿病家族史)、体格检查,测量身高、体质量、静息血压[收缩压 (SBP)、舒张压 (DBP)]及心率,并计算体质量指数 (BMI) 及实验室指标[空腹血糖 (FPG)、糖化血红蛋白 (HbA1c)、空腹胰岛素 (FINS)、稳态模型评估胰岛素抵抗指数 (HOMA-IR)、总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、血肌酐 (SCr)、尿酸 (UA)、估算肾小球滤过率 (eGFR)、尿微量白蛋白/肌酐比值 (UACR)、超敏 C 反应蛋白 (hs-CRP)、血清白蛋白 (ALB)、谷丙转氨酶 (ALT)。

1.2.2 颈动脉超声极速成像检查 采用配备极速成像探头 (SL10-2) 的超声诊断仪。患者取平卧位,头稍后仰,充分暴露颈部。将探头置于胸锁乳突肌前缘,清晰显示颈总动脉长轴图像,确保管壁内膜显示清晰 (图 1)。启动超声极速成像脉搏波技术脉搏波成像模式,连续采集至少 5 个心动周期的动态图像。系统自动分析并生成以下弹性参数:收缩期直径 (Ds)、舒张期直径 (Dd)、僵硬度 (β)、局部脉搏波传导速度 (PWV β) 及顺应性 (AC)。所有测量均由两名不知分组情况的高年资超声医师独立完成,取 3 次测量的平均值作为最终结果。

1.3 分组

统计 88 例患者的僵硬度指数,以僵硬度指数 $\beta \geq 8$ 作为颈动脉弹性受损的诊断标准,将 51 例 $\beta \geq 8$ 的患者归为弹性受损组,另 37 例 $\beta < 8$ 的患者归为弹性正常组。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.0 及 R 语言 (4.2.0 版本) 进行统计分析。计量资料经 *K-S* 检验符合正态分布,以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;不符合正态分布者以 [*M* (*Q*₁, *Q*₃)] 表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以 [*n* (%)] 表示,组间比较采用独立样本 χ^2 检验。将单因素分析中 *P* < 0.05 的变量纳入多因素 Logistic 回归分析,筛选独立危险因素。基于多因素分析结果,使用 R 语言的“rms”程序包构建列线图预测模型。采用 Bootstrap 法重复抽样 1 000 次进行内部验证,通过绘制校准曲线评估模型的校准能力,并计算受试者工作特征 (ROC) 曲线下面积 (AUC) 以评估模型的分度。 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

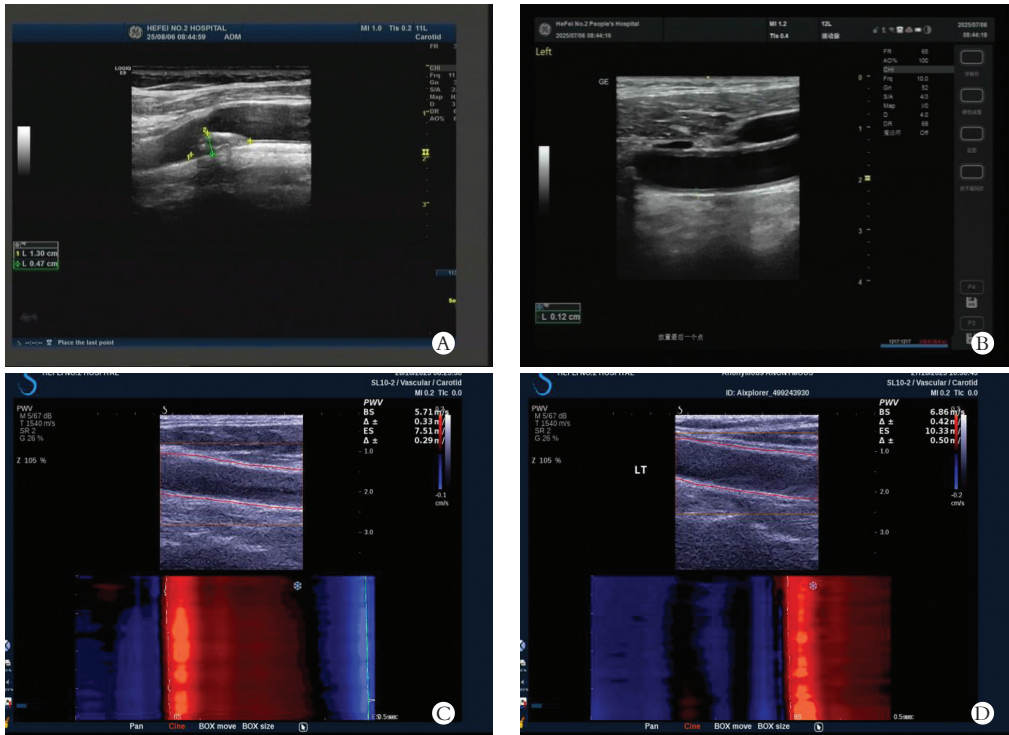


图 1 颈动脉长轴超声图像

2 结果

2.1 单因素分析影响 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的相关因素

单因素分析结果显示,糖尿病病程、SBP、FPG、HbA1c、FINS、HOMA-IR、TG、LDL-C、HDL-C、UACR、hs-CRP、PWV β 和 AC 均是影响 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的相关因素($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 Logistic 回归分析影响 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的危险因素

将上述单因素分析中具有统计学意义的变量作为自变量,以是否发生颈动脉弹性受损(是=1,否=0)作为因变量,采用向前逐步回归法(纳入标准=0.05,剔除标准=0.10)进行多因素 Logistic 回归分析,各变量方差膨胀因子(VIF)均小于 5,不存在明显的多重共线性。结果显示,在调整了其他因素后,糖尿病病程、AC、PWV β 和 HbA1c 均是 T2DM 患者颈动脉弹性受损的独立影响因素($P < 0.05$),其中,糖尿病病程、PWV β 和 HbA1c 为独立危险因素,AC 为独立保护因素。见表 2。

2.3 风险列线图预测模型的构建及评价

基于多因素 Logistic 回归分析筛选出的 4 个独立影响因素(糖尿病病程、HbA1c、PWV β 、AC),构建预测 2 型糖尿病患者早期颈动脉弹性受损风险的 Nomogram 模型(图 2)。在该模型中,HbA1c 是判别能力最强的预测因子,其次是 AC、糖尿病病程和

表 1 单因素分析影响 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的相关因素[$\bar{x} \pm s, n(\%), M(Q_1, Q_3)$]

指标	弹性受损组($n=51$)	弹性正常组($n=37$)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
年龄(岁)	65.33 \pm 8.76	62.13 \pm 9.41	1.574	0.119
性别			0.109	0.742
男	28(54.90)	19(51.35)		
女	23(45.10)	18(48.65)		
BMI(kg/m ²)	26.34 \pm 3.02	25.17 \pm 2.82	1.762	0.082
糖尿病病程(年)	11.21 \pm 5.13	7.51 \pm 4.36	3.383	0.001
高血压病史	25(49.02)	16(43.24)	0.288	0.592
吸烟史	20(39.22)	18(48.65)	0.778	0.378
糖尿病家族史	18(35.29)	13(40.63)	0.239	0.625
血压(mmHg)				
SBP	144.50 \pm 15.79	131.22 \pm 13.16	3.968	<0.001
DBP	86.71 \pm 9.12	83.52 \pm 8.44	1.595	0.115
心率(次/min)	75.52 \pm 3.22	74.80 \pm 2.41	1.087	0.280
FPG(mmol/L)	9.11 \pm 2.33	7.60 \pm 1.59	3.222	0.002
HbA1c(%)	8.72 \pm 1.47	7.25 \pm 1.12	4.840	<0.001
FINS(mU/L)	14.5(10.8,18.9)	11.2(8.5,15.1)	-2.894	0.004
HOMA-IR	5.8(4.2,7.9)	3.9(2.8,5.2)	-3.521	<0.001
TC(mmol/L)	5.01 \pm 1.08	4.82 \pm 0.97	0.811	0.420
TG(mmol/L)	1.9(1.4,2.7)	1.5(1.1,2.0)	-2.781	0.005
LDL-C(mmol/L)	3.15 \pm 0.82	2.58 \pm 0.71	3.242	0.002
HDL-C(mmol/L)	1.05 \pm 0.25	1.18 \pm 0.28	-3.307	0.001
SCr(μ mol/L)	79.58 \pm 16.20	75.82 \pm 15.33	1.050	0.297
eGFR(mL \cdot min ⁻¹ \cdot 1.73m ⁻²)	90.52 \pm 15.36	94.22 \pm 16.79	1.030	0.306
UA(μ mol/L)	355.47 \pm 75.22	338.13 \pm 72.13	1.038	0.302
UACR(mg/g)	45.21(22.45,98.76)	18.63(10.32,35.47)	-4.125	<0.001
hs-CRP(mg/L)	3.53(1.79,6.25)	1.59(0.91,2.79)	-3.987	<0.001
ALB(g/L)	41.52 \pm 3.77	42.33 \pm 3.54	-0.975	0.332
ALT(U/L)	25(18,35)	23(17,32)	-0.875	0.382
DS(mm)	7.58 \pm 0.71	7.44 \pm 0.66	0.898	0.372
Dd(mm)	7.02 \pm 0.69	6.91 \pm 0.62	0.735	0.465
PWV β (m/s)	8.51 \pm 1.35	5.71 \pm 0.83	10.536	<0.001
AC(mm ² /kPa)	0.71 \pm 0.17	1.08 \pm 0.24	8.215	<0.001

PWV β 。为评价该列线图模型的预测效能,绘制 ROC 曲线(图 3)。经计算,该模型预测 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的 AUC 为 0.843 (95% CI: 0.768~0.918),表明模型具有良好的区分度。

表 2 影响影响 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的多因素 Logistic 回归分析

变量	β 值	SE 值	Wald 值	OR 值	95%CI	P 值
糖尿病病程	0.281	0.102	7.589	1.324	(1.066~1.583)	0.006
AC	-0.613	0.189	10.520	0.542	(0.409~0.802)	0.002
PWV β	0.072	0.028	6.612	1.075	(1.009~1.140)	0.019
HbA1c	0.690	0.279	4.247	2.179	(1.138~2.849)	0.014
常数项	-15.202	3.871	15.412	-	-	<0.001

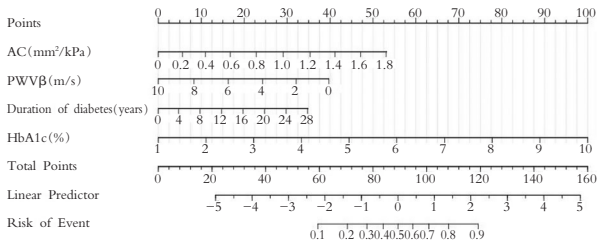


图 2 基于 Logistic 回归分析结果构建 2 型糖尿病早期颈动脉弹性受损的风险列线图

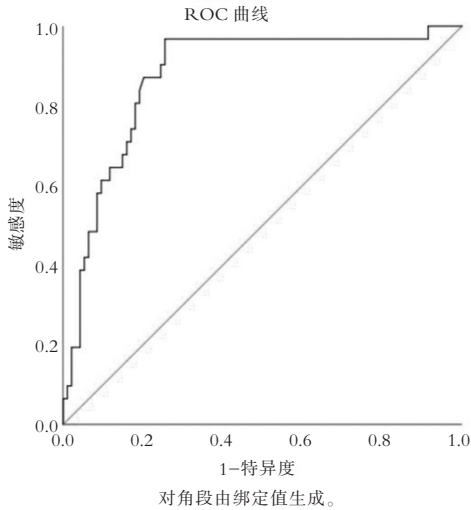


图 3 列线图模型预测的 ROC 曲线

2.4 风险列线图的预测效能及校准能力验证

基于 Bootstrap 重抽样方法(1 000 次重复)对列线图预测模型进行内部验证。校准曲线分析结果显示,模型预测的颈动脉弹性受损发生风险与实际观察到的发生率高度吻合(图 4A)。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示模型预测值与实际值差异无统计学意义($P > 0.05$),证明该模型具有理想的校准能力。进一步通过临床决策曲线(DCA)评估模型的临床应用价值(图 4B),提示当列线图模型的预测概率阈值在 0.15~0.65 区间时,采用该模型进行风险评估可为临床决策提供明确的净获益,这表明模型具有良好的临床适用性与实用价值。

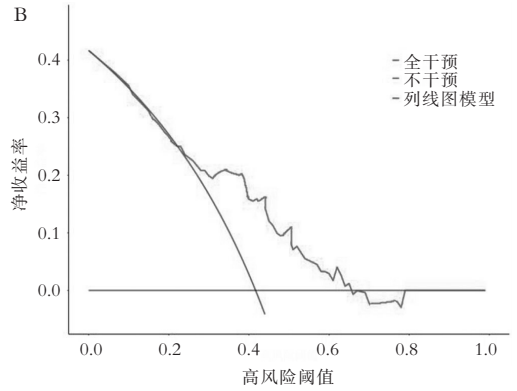
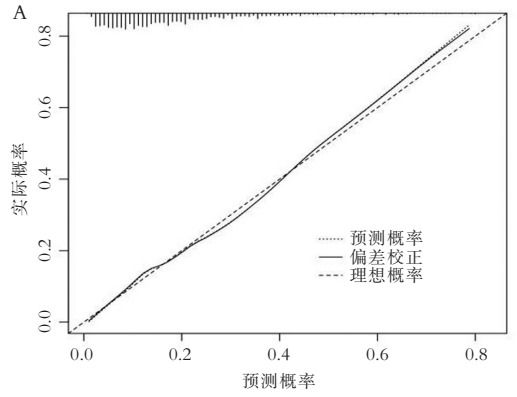


图 4 风险列线图预测模型的效能及校准能力验证

A. H-L 拟合曲线;B. DCA 曲线。

3 讨论

T2DM 所引发的血管病变是其致残、致死的主要原因,而动脉弹性受损是这一过程的早期、可逆的关键环节^[9]。不少研究^[10-11]指出,如何在器质性病变发生之前利用先进的无创影像学技术并结合常规临床指标,实现对糖尿病大血管并发症的早期风险分层与预警,对临床有重要意义。本研究纳入 51 例颈动脉弹性受损及 37 例弹性正常的患者,进行单因素、多因素 Logistic 回归分析筛选出的 4 个独立影响因素,分别从不同侧面揭示了动脉弹性受损的病理机制。首先,HbA1c 作为反映中长期血糖控制的“金标准”指标,其强大的预测能力凸显了慢性高血糖在血管损伤中的核心地位。持续的高血糖状态会通过促进晚期糖基化终末产物的形成、诱发氧化应激与慢性炎症,直接损害血管内皮功能,并促使胶原纤维交联、弹性纤维断裂,最终导致血管壁僵硬增加^[12-13]。其次,糖尿病病程是疾病累积负担的体现,病程越长,血管暴露于各种代谢紊乱环境的时间也越长,其发生不可逆损伤的风险自然显著增高^[14]。尤为重要的是,本研究直接纳入了由超声极速成像技术测量的血管生物力学指标:PWV β 直接反映血管壁的僵硬程度,速度越快,僵硬程度越高^[15];AC 是衡量血管缓冲能力的重要指标,直接反映了血管的舒张功能状态。临床研究^[16]已证实,AC 值

降低与舒张功能减退密切相关。二者作为血管弹性受损的直接征象和客观结局指标,被纳入预测模型极大地提升了模型的生物学合理性与精确度,证明了超声极速成像脉搏波技术在早期血管病变筛查中不可替代的作用。

与既往仅关注单一指标或未整合超声极速成像脉搏波技术参数的研究相比,本列线图模型实现了“常规指标”与“精准影像”的有机结合。临床医生可在获得患者基本的病程、HbA1c 信息和一次超声极速成像脉搏波技术检查后,即可通过简单的评分相加,获得个体化的风险概率。列线图这种可视化与量化的评估方式,极大地便利了医患沟通和临床决策,有助于实现对高危患者的早期识别和针对性干预(如强化降糖、降压或启动更早的血管保护治疗),从而真正实现糖尿病并发症的“关口前移”^[17-18]。本研究还发现,模型的 AUC 为 0.843,表明其具有良好的区分度,能够有效区分高风险与低风险个体。更为重要的是,通过 Bootstrap 法内部验证和校准曲线证实,模型的预测概率与实际观察概率高度一致,确保了预测结果的可靠性。DCA 进一步证明,该模型在广泛的阈值概率范围内均能带来明确的临床净获益,说明使用该模型指导临床决策(如对高风险患者进行更积极的干预或更密切的随访),相较于“一概而论”或“仅凭经验”的策略,能为患者带来更好的健康结局^[19-20]。

综上,本研究基于超声极速成像脉搏波技术,成功开发并验证了包含糖尿病病程、HbA1c、PWV β 和 AC 四个指标的列线图预测模型。该模型能直观、个体化地预测 T2DM 患者发生早期颈动脉弹性受损的风险,为临床医生早期识别动脉弹性减退的高危患者,及时启动强化管理与靶向干预,对于延缓糖尿病大血管并发症的进程、改善患者长期预后提供数据支持。

参考文献

[1] Pandey A, Khan MS, Patel KV, *et al.* Predicting and preventing heart failure in type 2 diabetes[J]. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 2023, 11(8): 607-624.

[2] Billingsley HE, Heiston EM, Bellissimo MP, *et al.* Nutritional aspects to cardiovascular diseases and type 2 diabetes mellitus [J]. *Current Cardiology Reports*, 2024, 26(3): 73-81.

[3] 于粒粒. 剪切波弹性成像技术和极速脉搏波技术评估颈动脉硬度预测冠状动脉病变的风险价值[D]. 南充: 川北医学院, 2022.

[4] 关晓燕, 曹玲, 闫雪梅, 等. 基于血清 miR-351、miR-638 水平构建 2 型糖尿病患者颈动脉粥样硬化的影响因素列线图预测模型与评价[J]. *疑难病杂志*, 2024, 23(5): 569-574, 580.

[5] 崔向勇, 周浩锋. 三酰甘油-葡萄糖指数和尿酸水平对 2 型糖尿病患者并发颈动脉粥样硬化的影响及风险列线图模型构建

[J]. *新乡医学院学报*, 2024, 41(8): 783-787.

[6] 许继梅, 马芳, 杨亚菲, 等. 超声极速成像脉搏波技术评估青年 2 型糖尿病患者颈动脉弹性的价值[J]. *安徽医药*, 2022, 26(6): 1158-1162.

[7] Roca F, Zmuda L, Noèl G, *et al.* Changes in carotid arterial wall viscosity and carotid arterial stiffness in type 2 diabetes patients[J]. *Atherosclerosis*, 2024, 394: 117188.

[8] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)[J]. *中国实用内科杂志*, 2018, 38(4): 292-344.

[9] Lesgards JF. Benefits of whey proteins on type 2 diabetes mellitus parameters and prevention of cardiovascular diseases[J]. *Nutrients*, 2023, 15(5): 1294.

[10] Gram-Kampmann EM, Hansen CD, Hugger MB, *et al.* Effects of a 6-month, low-carbohydrate diet on glycaemic control, body composition, and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes: an open-label randomized controlled trial[J]. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 2022, 24(4): 693-703.

[11] Dong W, Wan EYF, Fong DYT, *et al.* Development and validation of 10-year risk prediction models of cardiovascular disease in Chinese type 2 diabetes mellitus patients in primary care using interpretable machine learning-based methods[J]. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 2024, 26(9): 3969-3987.

[12] Reed J, Dong T, Eaton E, *et al.* Continuous glucose monitoring for glycaemic control and cardiovascular risk reduction in patients with type 2 diabetes not on insulin therapy: a clinical trial[J]. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 2024, 26(7): 2881-2889.

[13] 闻宝华, 袁静芝, 陆璧, 等. 血清 C1q/肿瘤坏死因子相关蛋白 1 与 2 型糖尿病及颈动脉粥样硬化相关性的研究[J]. *中国糖尿病杂志*, 2023, 31(4): 260-264.

[14] 纪淑姣, 徐雪艳, 朱好辉, 等. 全息血管硬度分析技术评价不同病程 1 型糖尿病患者颈动脉弹性功能[J]. *中国医学影像学杂志*, 2024, 32(12): 1231-1236.

[15] 张雪松, 于海容, 石光煜, 等. 极速脉搏波传导速度技术在冠心病心绞痛患者颈动脉粥样硬化风险评估中的应用[J]. *海军军医大学学报*, 2022, 43(7): 837-843.

[16] An X, Li Y, Shi S, *et al.* Clinical significance and influencing factors of carotid pulse wave velocity in patients with diabetic microangiopathy[J]. *Journal of Clinical Ultrasound*, 2022, 50(3): 309-316.

[17] 卢作维, 陈艳艳, 刘涛, 等. 2 型糖尿病颈动脉粥样硬化患者合并糖尿病肾病的 Nomogram 预测模型[J]. *重庆医科大学学报*, 2022, 47(4): 393-399.

[18] Feng X, Ren L, Xiang Y, *et al.* Development and validation of a nomogram for evaluating the incident risk of carotid atherosclerosis in patients with type 2 diabetes[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2023, 14: 1131430.

[19] Sun H, Men C, Deng H, *et al.* Construction of a nomogram model to identify atherosclerotic cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Discovery Medicine*, 2023, 35(179): 1114-1122.

[20] Zhao X, Sun J, Xin S, *et al.* Risk prediction model of early vascular aging based on nomogram in patients with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study in a Chinese population[J]. *Frontiers in Medicine*, 2025, 12: 1541259.

(收稿日期: 2025-10-15

修回日期: 2025-12-13)