

老年糖尿病肾病患者血液透析低血糖预测模型的构建与验证

蒋菲菲¹,黄沂¹,覃祚莲²,张丽虹²,陶小松²,梁小英²,陈维芳³,易娜³,吴彬³

(1.广西中医药大学第一附属医院 护理部,广西 南宁 530023;

2.广西中医药大学第一附属医院 血液净化室;3.广西中医药大学 护理学院,广西 南宁 530200)

【摘要】 目的 构建老年糖尿病肾病(diabetic kidney disease,DKD)患者血液透析低血糖列线图风险模型并验证其预测效果,为临床制订个体化的低血糖防控措施提供参考。**方法** 采用便利抽样法选取 2022 年 6 月至 2023 年 6 月在南宁市某三级甲等医院 A 院区血液净化室进行血液透析治疗的老年 DKD 患者 273 例建模,同法选取 2023 年 7—12 月该院 B 院区的老年 DKD 患者 65 例进行模型验证。以 Lasso 回归筛选特征变量,采用 Logistic 回归构建模型;以受试者工作特征曲线、校准曲线和临床决策曲线评价模型预测效能。**结果** 338 例研究对象低血糖发生率为 43.5%。体质指数、文化程度、自我管理、社会支持、DKD 病程、透析过程中进食、过去 1 年低血糖史、透析前血糖是老年 DKD 患者透析低血糖的影响因素(均 $P < 0.05$)。构建的预测模型的受试者工作特征曲线下面积为 0.828,校准曲线显示预测结果与实际有较好一致性($P > 0.05$),经验证该模型预测的总体准确率为 80.0%,临床决策曲线阈值概率为 7%~95%时,模型临床净获益高。**结论** 基于 Lasso-Logistic 回归构建的列线图模型在临床中应用有较好的预测价值。

【关键词】 糖尿病肾病;血液透析;低血糖;预测模型

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2024.06.006

【中图分类号】 R473.58 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2024)06-0022-05

Prediction Model of Hypoglycemia in Hemodialysis for Elderly Patients with Diabetic Kidney Disease: Construction and Validation

JIANG Feifei¹,HUANG Yi¹,QIN Zuolian²,ZHANG Lihong²,TAO Xiaosong²,LIANG Xiaoying²,CHEN Weifang³,YI Na³,WU Bin³
(1.Department of Nursing, The First Affiliated Hospital of Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530023, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; 2. Department of Blood Purification, The First Affiliated Hospital of Guangxi University of Chinese Medicine; 3. School of Nursing, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China)
Corresponding author: WU Bin, Tel: 0771-5613891

【Abstract】 Objective To construct and validate a prediction model of hypoglycemia in hemodialysis for elderly patients with diabetic kidney disease (DKD), and to provide reference for the clinical formulation of individualized hypoglycemia prevention and control measures. **Methods** From June 2022 to June 2023, 273 elderly DKD patients who underwent hemodialysis in the blood purification room of A Branch of a tertiary A hospital in Nanning City were selected for modeling by the convenience sampling method, and 65 elderly DKD patients in B Branch from July to December 2023 were selected for model validation by the convenience sampling method. Lasso regression was used to select characteristic variables, and Logistic regression was used to construct the model. The receiver operating characteristic curve, calibration curve and clinical decision curve were used to evaluate the prediction performance of the model. **Results** The incidence of hypoglycemia in 338 subjects was 43.5%. Body mass index, educational level, self-management, social support, duration of DKD, eating during dialysis, history of hypoglycemia in the past year, and blood glucose before dialysis were the influencing factors for dialysis hypoglycemia in elderly DKD patients (all $P < 0.05$). The area under the receiver operating characteristic curve of the constructed prediction model was 0.828, and the calibration curve showed that the prediction results were in good agreement with the reality ($P > 0.05$). It was verified that the overall accuracy of the prediction model was 80.0%, the threshold probability of the clinical decision curve was 7%—95%, and the model had a high clinical net benefit. **Conclusion** The nomogram model based on Lasso-logistic regression has good predictive value in clinical practice.

【Key words】 diabetic kidney disease; hemodialysis; hemodialysis; prediction model

[Mil Nurs, 2024, 41(06): 22-26]

【收稿日期】 2023-10-16 **【修回日期】** 2024-05-11

【基金项目】 广西中医药重点学科建设项目(GZXX-Z-20-56);广西研究生教育创新计划项目(YCSY2022043)

【作者简介】 蒋菲菲,硕士在读,主管护师,电话:0771-5848613

【通信作者】 吴彬,电话:0771-5613891

由于血流动力变化、代谢途径紊乱、胰岛素肾脏清除率降低、糖异生水平下降等原因,糖尿病肾病(diabetic kidney disease, DKD)患者更容易发生低

血糖^[1]。另外,老年 DKD 患者常并发周围神经病变导致其中枢神经系统适应降低,对低血糖的反射调节能力下降,故发生透析低血糖的风险进一步加重。反复低血糖发作会增加老年渐进性认知功能障碍的风险,加之老年患者对低血糖的感知差,无症状低血糖的发生易被误诊为脑血管疾病,后果较严重^[2]。因此早期识别该群体透析过程中的低血糖风险具有重要意义,但目前尚未有适合的风险预警工具。Lasso 回归模型被证实具有更高的预测准确度,故本研究采用 Lasso-Logistic 回归构建老年 DKD 患者血液透析低血糖风险预测模型,以期临床制定个体化的低血糖防控措施提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象 采用前瞻性病例对照设计,以便利抽样法选取 2022 年 6 月至 2023 年 12 月在南宁市某三级甲等医院两个院区血液净化室行维持性血液透析的老年 DKD 患者为研究对象。纳入标准:符合 DKD 诊断标准;年龄 ≥ 60 岁;规律透析 ≥ 3 个月;能理解并配合完成调查问卷;同意参加本研究。排除标准:严重疾病如活动性恶性肿瘤、严重心律失常,或伴有糖尿病急性并发症如酮症酸中毒等,或存在未控制的感染。通过文献研究和咨询专家,本研究纳入 20 个影响因素。根据模型构建样本量计算^[3],每个因子至少匹配 5~10 例阳性患者,既往研究^[4]发现 DKD 患者血液透析低血糖发生率为 53.5%,考虑 10% 的无效样本,建模所需样本量为 $20 \times 5 / 0.535 / 0.9 = 208$ 例。本研究最终以 A 院区 273 例患者作为训练集进行模型构建,以不同时段 B 院区的 65 例患者作为验证集进行外部验证。本研究已通过广西中医药大学第一附属医院医学伦理委员会审核(2023-048-01)。

1.2 方法

1.2.1 研究工具 经前期系统评价(该方案已在 PROSPERO 网站注册,注册号 CRD4202342923922)及专家讨论自设问卷。(1)一般资料:包括性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、文化程度、吸烟史、饮酒史等;(2)临床资料:包括 DKD 病程、合并症(心血管疾病、高血压等)、透析龄(月)、残余尿量(residual urine volume, RUV)、血肌酐(serum creatinine, Scr)、尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、C 反应蛋白(C reactive protein, CRP)、糖化血红蛋白(hemoglobin A1c, HbA1c)、透析前血糖、过去 1 年低血糖史、有无透析过程中进食等。(3)糖尿病患者自我管理行为量表(the summary of diabetes self-care activities scale, SDSCA):采用万巧琴等^[5]翻译及验证的中文版。该量表包含(普通饮食、特殊饮食、运动、血糖监测、足部护理、药物 6 个维度,共 11 个条目。每个条目按近 1 周行为

符合要求的天数计 0~7 分,总分 0~77 分, < 30 分为较差,30~60 分为中等, > 60 分为良好^[6]。本研究中该量表的 Cronbach's α 系数为 0.821。(4)社会支持评定量表(social support rating scale, SSRS):该量表由肖水源^[7]编制,用于评定各类患者社会支持水平。SSRS 包含客观支持(3 个条目)、主观支持(4 个条目)、对支持的利用度(3 个条目)3 个维度,总分 12~66 分,各维度及总分越高代表其得到的社会支持越多。 < 23 分为低水平,23~44 分为中水平, > 44 分为较好水平^[8]。本研究中该量表的 Cronbach's α 系数为 0.847。

1.2.2 资料收集 收集资料前对研究人员进行同质化培训,2 名研究者从医院血液净化信息系统和 HIS 系统收集相关资料,主要包括性别、年龄、BMI、文化程度等,以调查对象入组时的病例记录为准。吸烟史在本研究中被定义为目的或既往主动吸烟,每天至少 1 支,连续或累计吸烟时间 ≥ 6 个月。饮酒史被定义为目的或既往主动饮酒,饮酒量 > 100 ml,连续饮酒 ≥ 1 年。Scr、BUN、CRP、HbA1c 以入组时最近一次的实验室检查结果为准。自我管理和社会支持水平由调查员用简单通俗的语言向患者解释量表填写方法后由患者本人填写,有读写困难者由调查员协助完成。结局指标为患者透析过程中是否发生低血糖,由专人采用美国诺瓦生物医学公司血糖仪测量患者透析 2 h 的血糖值(将血流量降低至 100 ml/min 以下约 30 s,经血液透析管动脉管采血处用 1 ml 注射器取 0.05 ml 血进行测定),血糖 < 3.9 mol/L 即为低血糖。对研究对象实施为期 1 个月的血液透析观察,根据是否发生低血糖,将患者分为低血糖组和非低血糖组。所有资料由研究者录入数据,另一名研究人员负责核查。

1.2.3 统计学处理 采用 SPSS 25.0 和 R 4.2.0 统计软件,计数资料以例数和百分表示,采用 χ^2 检验;正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$,采用 Mann-Whitney U 检验。以 Lasso 回归筛选独立预测因子,多因素 Logistic 回归分析影响因素,取赤池信息量(Akaike information criterion, AIC)最小的 Logistic 回归模型为最终模型,并绘制列线图。以受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under curve, AUC)、灵敏度、特异度、Hosmer-Lemeshow 检验及临床决策曲线(decision curve analysis, DCA)进行模型评价。以 $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 训练集和验证集、训练集低血糖组和非低血糖组基线资料情况 共纳入 338 例老年 DKD 患者。训练集 273 例,其中发生透析低血糖 118 例

(43.2%),未发生透析低血糖 155 例(56.8%);验证集 65 例,其中发生透析低血糖 29 例(44.6%),未发生透析低血糖 36 例(55.4%)。训练集和验证集、训练集低血糖组和非低血糖组 2 组资料比较,见表 1。

表 1 训练集和验证集、训练集低血糖组和非低血糖组的基线资料

变 量	训练集(<i>n</i> =273)				验证集(<i>n</i> =65)
	非低血糖组(<i>n</i> =155)	低血糖组(<i>n</i> =118)	χ^2 或 <i>t</i> 或 <i>Z</i>	<i>P</i>	
性别[<i>n</i> (%)]			0.011	0.917	
男	106 (68.38)	80 (67.80)			42 (64.62)
女	49 (31.62)	38 (32.20)			23 (35.38)
年龄[岁, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	70.00(66.00,76.00)	70.00(65.00,73.00)	-1.176	0.240	68.00(65.25,74.25)
BMI[kg/m ² , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	23.30(21.00,26.10)	23.50(21.30,25.00)	-0.826	0.409	23.60(20.91,25.28)
文化程度[<i>n</i> (%)]			16.509	<0.001	
小学及以下	25 (16.13)	31 (26.27)			14 (21.54)
中学	71 (45.81)	68 (57.63)			25 (38.46)
大专及以上	59 (38.06)	19 (16.10)			26 (40.00)
吸烟[<i>n</i> (%)]			0.025	0.874	
否	67 (43.23)	49 (41.53)			30 (46.15)
是	88 (56.77)	69 (58.47)			35 (53.85)
饮酒[<i>n</i> (%)]			0.005	0.942	
否	65 (41.94)	50 (42.37)			23 (35.39)
是	90 (58.06)	68 (57.63)			42 (64.61)
自我管理[分, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	37.00(33.00,43.00)	31.50(28.00,41.00)	-4.007	<0.001	40.00(29.00,45.00)
社会支持[分, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	30.00(26.00,34.00)	27.50(21.20,33.00)	-3.599	<0.001	32.00(22.25,37.00)
合并心血管疾病[<i>n</i> (%)]			0.002	0.969	
否	64 (41.29)	49 (41.53)			27 (41.54)
是	91 (58.71)	69 (58.47)			38 (58.46)
合并高血压[<i>n</i> (%)]			0.003	0.957	
否	13 (8.39)	11 (9.32)			4 (6.15)
是	142 (91.61)	107 (90.68)			61 (93.85)
DKD 病程[<i>t</i> /a, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	3.00(2.00,5.00)	5.00(2.00,7.00)	-2.259	0.024	5.00(3.25,6.75)
Scr[<i>c</i> _B /μmol·L ⁻¹ , $\bar{x}\pm s$]	755.30±291.37	777.27±305.61	-0.600	0.549	821.17±309.58
BUN[<i>c</i> _B /mmol·L ⁻¹ , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	21.30(14.80,27.10)	19.80(15.50,26.50)	-0.056	0.956	20.10(15.72,25.70)
HbA1c[%, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	5.80(5.20,6.30)	6.50(5.30,7.30)	-3.632	<0.001	6.60(5.80,7.20)
CRP[<i>ρ</i> _B /mg·L ⁻¹ , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	11.80(3.29,26.20)	16.50(6.58,41.00)	-2.716	0.007	10.20(5.66,19.00)
透析过程中进食[<i>n</i> (%)]			8.352	0.004	
否	31 (20.00)	43 (36.44)			20 (30.77)
是	124 (80.00)	75 (63.56)			45 (69.23)
RUV[V/ml, <i>n</i> (%)]			3.244	0.072	
<100	62 (40.00)	61 (51.69)			25 (38.46)
≥100	93 (60.00)	57 (48.31)			40 (61.54)
透析龄[月, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	24.00(12.00,36.00)	24.00(8.00,36.00)	-0.016	0.987	12.00(6.00,36.00)
过去 1 年低血糖史[<i>n</i> (%)]			21.934	<0.001	
否	64 (41.29)	17 (14.41)			25 (38.46)
是	91 (58.71)	101 (85.59)			40 (38.46)
透析前血糖[<i>c</i> _B /mmol·L ⁻¹ , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	10.40(8.32,11.80)	9.33(7.69,10.40)	-3.241	0.001	9.48(8.40,10.90)

2.2 Lasso 回归分析筛选透析低血糖特征变量 以患者是否发生透析低血糖为因变量,将 20 个自变量通过 Lasso 回归进行筛选,见图 1。为使模型精简,更适用于临床,本研究选择在 lambda.1se($\lambda=0.038$)作为模型的最优值,此时筛选的变量为 9 个,分别为 BMI、文化程度、自我管理、社会支持、DKD 病程、CRP、透析过程中进食、过去 1 年低血糖史、透析前血糖。

2.3 老年 DKD 患者血液透析低血糖的多因素 Logistic 回归分析 以是否发生透析低血糖为因变量,将 Lasso 回归筛选出的 9 个自变量进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,BMI、文化程度、自我管理、社会支持、DKD 病程、透析过程中进食、过去 1 年低血糖史、透析前血糖是老年 DKD 患者发生透

析低血糖的影响因素(均 $P<0.05$),见表 2。

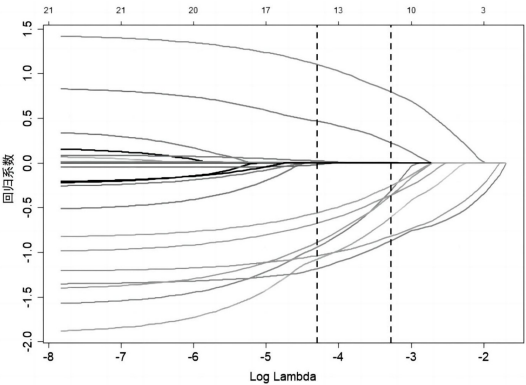


图 1 Lasso 回归系数路径

表 2 老年 DKD 患者血液透析低血糖的多因素分析($n=338$)

项 目	β	SE	Z	P	OR(95%CI)
常数项	4.898	1.265	3.871	<0.001	—
BMI ≥ 24 kg/m ²	-0.865	0.320	-2.705	0.007	0.421(0.221~0.779)
文化程度 中学	-0.049	0.426	-0.127	0.899	0.952(0.444~2.046)
文化程度 大专及以上	-1.026	0.388	-2.266	0.023	0.358(0.145~0.865)
自我管理 水平较好	-1.022	0.358	-2.854	0.004	0.359(0.176~0.722)
社会支持 水平较好	-1.173	0.425	-2.762	0.006	0.309(0.130~0.699)
DKD 病程 ≥ 5 年	0.611	0.307	1.991	0.046	1.841(1.010~3.373)
透析过程中 进食	-0.730	0.340	-2.143	0.032	0.481(0.245~0.936)
过去 1 年低 血糖史	1.467	0.362	4.057	<0.001	4.338(2.179~9.048)
透析前血糖 ≥ 9.63 mmol/L	-0.840	0.312	-2.689	0.007	0.432(0.231~0.789)

2.4 老年 DKD 患者血液透析低血糖风险列线图模型的构建和评价 根据多因素 Logistic 回归分析建立预测模型方程为: $\text{Logit}(P) = 4.898 - 0.865 \times \text{BMI} - 0.049 \times \text{中学} - 1.026 \times \text{大专及以上} - 1.022 \times \text{自我管理} - 1.173 \times \text{社会支持} + 0.611 \times \text{DKD 病程} - 0.730 \times \text{透析过程中进食} + 1.467 \times \text{过去 1 年低血糖史} - 0.840 \times \text{透析前血糖}$ 。绘制可视化列线图, 见图 2。各预测因子得分相加取得总分, 总分对应的预测概率即为老年 DKD 患者发生透析低血糖的风险概率。

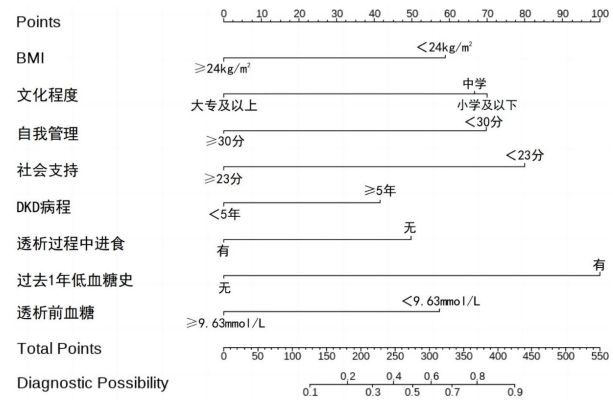


图 2 老年 DKD 患者发生血液透析低血糖风险预测模型列线图

本研究采用训练集全数据集进行建模, 采用 Bootstrap 自抽样法进行内部验证, 用外部队列的 65 例患者进行外部验证。模型 ROC 曲线下面积为 $0.828[95\%CI(0.780 \sim 0.876)]$, 截断值为 0.578, 灵敏度为 0.635, 特异度为 0.855。外部验证的 ROC 曲线下面积为 $0.825[95\%CI(0.742 \sim 0.925)]$ 。训练集校准曲线 H-L 检验结果 $\chi^2 = 9.240, P = 0.323$, 验证集以模型阈值 0.578 为诊断依据, 得出模型预测的灵敏度为 69.0%(20/29), 特异度为 88.9%(32/36), 总体准确率为 80.0%[(20+32)/65], H-L 检验 $\chi^2 = 7.981, P = 0.435$ (表 3), 提示模型预测透析低血糖发生风险与实际发生风险一致性良好, 模型拟合较优($P > 0.05$)。DCA 曲线显示, 训练集与验证集风险阈值范围分别为 >0.10 和 $0.07 \sim 0.95$ 时能让患者净获益, 说明模型具有较好的临床使用价值。

表 3 列线图模型预测效能($n=65$)

模型预测结果	实际结果		合计
	发生低血糖	未发低血糖	
发生低血糖	20	4	24
未发生低血糖	9	32	41
合计	29	36	65

3 讨论

3.1 老年 DKD 患者发生透析低血糖现状 本研究中, 患者透析低血糖发生率 43.5%(147/338), 略低于 Gianchandani 等^[9] 研究报道的 50.6%(76/150), 可能原因为本研究中患者在透析当日均暂停使用胰岛素, 而 Gianchandani 等对胰岛素治疗没有严格控制。因受监测方法、是否报告和无症状低血糖等影响, 老年 DKD 患者透析低血糖准确发生率所知有限, 其严重程度和危害可能存在低估^[10], 因而有必要探讨其影响因素, 进行早期识别和干预。

3.2 老年 DKD 患者发生透析低血糖影响因素分析

3.2.1 BMI、透析前血糖、透析过程中进食

本研究中, BMI ≥ 24 kg/m² 是老年 DKD 患者发生透析低血糖的保护因素($OR = 0.421$)。多项研究^[4, 11] 表明, BMI 偏低会降低胰岛素调节能力, 而 BMI 高对低血糖反应阈值较大, 低血糖发生风险相对较低, 即使出现低血糖症状也相对较轻。因每次血液透析治疗一般持续 4~4.5 h, 体内葡萄糖丢失使患者血糖波动呈 U 型, 血糖水平从开始透析后逐渐下降, 透析 2 h 下降至最低, 而后渐渐回升^[12]。另外, 低血糖发生风险与透析前血糖水平有关。本研究显示, 透析前血糖水平 ≥ 9.63 mmol/L 是保护因素($OR = 0.432$)。有研究^[13] 建议, 透析前血糖水平 < 7 mmol/L 者应进食 20~30 g 碳水化合物, 以防止血糖水平持续下降。本研究患者均使用无糖透析液透析, 结果显示, 透析过程中进食是老年 DKD 患者透析低血糖的保护因素($OR = 0.481$)。虽然进食也会引发低血压和误吸风险, 但国际肾脏营养与代谢学会共识^[14] 指出, 在严格饮食管理下, 透析过程中进食对患者提高长期存活率和生活质量益处更大。

3.2.2 文化程度、自我管理以及社会支持

本研究显示, 中学及以上的文化程度、较好的自我管理和社会支持水平是老年 DKD 患者发生透析低血糖的保护因素(均 $OR < 1$)。孔玉侠等^[15] 研究发现, 文化程度为小学及以下的门诊糖尿病患者低血糖发生风险更高, 分析其原因可能是不同文化程度的患者其疾病相关知识掌握程度及接受能力等均不同, 故低血糖风险也存在差异。DKD 属于慢性疾病, 病程长, 患者自我管理、社会经济、照顾能力常常相互影响,

自我管理水平较差的患者往往依从性也较差,对运动、血糖监测、用药及营养等方面难以掌握,而良好的社会支持系统有助于患者自我管理行为的建立及低血糖预防的信心^[16]。本研究中,老年 DKD 血液透析患者自我管理及社会支持得分均处于中等水平,建议加强相关健康教育,明确合理控制血糖并进行有效自我管理。

3.2.3 DKD 病程、低血糖史 本研究显示,DKD 病程 ≥ 5 年是老年 DKD 患者发生透析低血糖的危险因素($OR = 1.841$),DKD 病程长意味着患者肾功能下降明显,糖异生水平随着肾单位减少致使肾皮质明显变薄而下降,可增加肾上腺素反应缺陷风险,升糖激素分泌减少而使血糖水平呈降低趋势。过去 1 年低血糖史是老年 DKD 患者发生透析低血糖的重要危险因素($OR = 4.338$),低血糖史意味着患者近 1 年血糖波动较大,可能存在血糖管理不当而再发低血糖,与 Ruan 等^[17]的研究结果一致,临床中应注意询问和评估。

3.3 基于 Lasso-Logistic 回归建立的模型具有较好的科学性和实用性 相对于全变量 Logistic 回归模型,Lasso-Logistic 回归可以有效处理过拟合和多重共线性问题,获得更高的预测准确度^[18]。既往虽有基于 Lasso 回归建立的相关模型^[19],但是该模型仅针对于口服降糖药的成年 DKD 患者,且未经过外部验证。本研究采用空间、时段相结合的外部数据验证,可更好检验模型的可转移性和泛化性。无论是训练集还是验证集的 AUC 和拟合优度检验均表明模型具有良好的区分能力和校准能力。此外,DCA 曲线提示患者净获益的阈值概率范围为 0.07~0.95,表明模型具有较高的临床适用性。模型经 R 语言 rms 包绘制成可视化列线图,便于临床使用。

4 小结

BMI、文化程度、自我管理、社会支持、DKD 病程、透析过程中进食、过去 1 年低血糖史、透析前血糖是老年 DKD 患者血液透析低血糖发生风险的影响因素,本研究建立列线图模型虽有助于医护人员早期识别老年 DKD 患者血液透析低血糖高危人群,但仍存在不足,即本研究仅适用于使用无糖透析液的血液透析中心,故有待大样本、多中心数据进一步分析以提高预测的精度和应用价值。

【参考文献】

- [1] WATHA K, DAVENPORT A, TANGVORAPHONKCHAI K. Changes in blood glucose and lactate concentrations with hemodialysis [J]. *Artif Organs*, 2022, 46(1): 138-145.
- [2] 倡思聪, 杨伟, 王洁好, 等. 老年 2 型糖尿病病人血糖变异情况以及平均血糖波动幅度与心功能的相关性[J]. *实用老年医学*,

2023, 37(4): 361-364.

- [3] CHEN Y, DU H, WEI B H, et al. Development and validation of risk-stratification delirium prediction model for critically ill patients: a prospective, observational, single-center study [J/OL]. [2023-12-30]. https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2017/07210/development_and_validation_of_risk_stratification.38.aspx. DOI: 10.1097/MD.0000000000007543.
- [4] 年素娟, 李惠莉, 李儿, 等. 糖尿病血液透析患者透析过程中低血糖发生情况及其影响因素研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(15): 1889-1896.
- [5] 万巧琴, 尚少梅, 来小彬, 等. 2 型糖尿病患者自我管理行为量表的信、效度研究[J]. *中国实用护理杂志*, 2008, 24(7): 26-27.
- [6] 钱艳, 何英姿, 朱玮, 等. 老年糖尿病患者健康信念、慢病资源利用与自我管理行为的关系研究[J]. *军事护理*, 2022, 39(12): 58-61.
- [7] 肖水源. 《社会支持评定量表》的理论基础与研究应用[J]. *临床精神医学杂志*, 1994, 4(2): 98-100.
- [8] 厉妹岑, 陈慧婷, 张红梅, 等. 社会支持、应对方式在青年 2 型糖尿病患者自我效能与糖尿病痛苦间的链式中介效应[J]. *护理管理杂志*, 2022, 22(10): 718-722.
- [9] GIANCHANDANI R Y, NEUPANE S, HEUNG M. Hypoglycemia in hospitalized hemodialysis patients with diabetes: an observational study[J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2018, 12(1): 33-38.
- [10] International Hypoglycaemia Study Group. Hypoglycaemia, cardiovascular disease, and mortality in diabetes: epidemiology, pathogenesis, and management[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2019, 7(5): 385-396.
- [11] ALGHAMDI E M, ALGHUBAYSHI L A, ALSHAMRANI R A, et al. Hypoglycemic risk factors among hospitalized patients with type 2 diabetes mellitus at King Abdulaziz Medical City, Jeddah [J/OL]. [2023-12-30]. <https://www.cureus.com/articles/24763-hypoglycemic-risk-factors-among-hospitalized-patients-with-type-2-diabetes-mellitus-at-king-abdulaziz-medical-city-jeddah#!>. DOI: 10.7759/cureus.6742.
- [12] 陈为霞, 鞠昌萍, 崔蕾, 等. 伴有糖尿病的规律血液透析患者血液透析过程中血糖变化: 多中心横断面研究[J]. *中国全科医学*, 2020, 23(33): 4183-4189.
- [13] FRANKEL A H, KAZEMPOUR-ARDEBILI S, BEDI R, et al. Management of adults with diabetes on the haemodialysis unit: summary of guidance from the Joint British Diabetes Societies and the Renal Association[J]. *Diabet Med*, 2018, 35(8): 1018-1026.
- [14] KISTLER B M, BENNER D, BURROWES J D, et al. Eating during hemodialysis treatment: a consensus statement from the international society of renal nutrition and metabolism[J]. *J Ren Nutr*, 2018, 28(1): 4-12.
- [15] 孔玉侠, 董爱梅, 郑嘉堂, 等. 门诊 2 型糖尿病患者低血糖及其影响因素分析研究[J]. *中国全科医学*, 2019, 22(8): 936-941.
- [16] 杨丹, 李双庆. 低血糖对 2 型糖尿病患者心血管疾病影响的研究进展[J]. *四川医学*, 2020, 41(3): 320-322.
- [17] RUAN Y, BELLOT A, MOYSOVA Z, et al. Predicting the risk of inpatient hypoglycemia with machine learning using electronic health records[J]. *Diabetes Care*, 2020, 43(7): 1504-1511.
- [18] 袁媛, 张亚荣, 李振刚, 等. 俯卧位通气相关面部压力性损伤危险因素分析及最佳建模方法选择[J]. *中国全科医学*, 2024, 27(8): 948-954.
- [19] 雷建东, 吴林军, 季沙, 等. 糖尿病肾病维持性血液透析患者低血糖预测模型及评分量表的建立[J]. *中华肾病研究电子杂志*, 2022, 11(6): 311-317.

(本文编辑: 郁晓路)