

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.13.001

老年糖尿病肾脏病血液净化并发 PDAP 的 Lasso-Logistic 回归分析及列线图预测模型构建*

刘珂,李磊,王以旺,王丽妍

首都医科大学附属北京友谊医院血液净化中心,北京 100050

摘要:目的 通过 Lasso-Logistic 回归分析老年糖尿病肾脏病(DKD)血液净化并发腹膜透析(PD)相关腹膜炎(PDAP)的影响因素,并构建列线图预测模型。**方法** 选取 2022 年 1 月至 2024 年 3 月首都医科大学附属北京友谊医院收治的首次行 PD 的老年 DKD 患者 356 例作为建模组,开展前瞻性研究。随访 6 个月并统计 PDAP 发生率,根据是否发生 PDAP 将患者分为 PDAP 组和非 PDAP 组。比较 2 组临床资料。应用 Lasso-Logistic 回归分析老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素。根据影响因素构建列线图预测模型,分析列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的价值。另选取 2022 年 5 月至 2024 年 5 月首都医科大学附属北京友谊医院收治的首次行 PD 的老年 DKD 患者 200 例开展外部验证。**结果** 建模组随访期间脱落 6 例,最终有 350 例老年 DKD 患者进入结果分析,其中 81 例发生 PDAP(PDAP 组),269 例未发生 PDAP(非 PDAP 组),PDAP 发生率为 23.14%(81/350)。PDAP 组年龄大于非 PDAP 组,紧急起始 PD 占比、红细胞体积分布宽度(RDW)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)及血红蛋白、C 反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)、碱性磷酸酶(ALP)、铁蛋白(SF)水平均高于非 PDAP 组,而淋巴细胞绝对值、清蛋白(ALB)水平低于非 PDAP 组,差异均有统计学意义($P<0.05$);PDAP 组和非 PDAP 组文化水平比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。Lasso-Logistic 回归分析结果显示,年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR、ALP、SF 均为老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素($P<0.05$)。以上 8 个指标构建的列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的曲线下面积(AUC)为 0.933(95%CI:0.899~0.966),且该模型具有明显的正向净收益,在预测 PDAP 发生风险方面拥有较好临床效用。外部验证结果显示,列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的灵敏度为 91.49%,特异度为 88.89%,准确度为 89.50%。基于列线图预测模型建立老年 DKD 患者发生 PDAP 的风险等级标准:低风险 <241 分,风险概率 $<30\%$;中风险 241~273 分,风险概率 30%~65%;高风险 >273 分,风险概率 $>65\%$ 。**结论** 年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR、ALP、SF 均为老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素,基于以上因素构建列线图预测模型可为临床预测 PDAP 发生风险提供可靠临床依据。

关键词:糖尿病肾脏病; 血液净化; 腹膜透析相关腹膜炎; 影响因素; 列线图; 预测模型

中图分类号:R656.4+1;R459.5;R587

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)13-1729-07

Lasso-Logistic regression analysis and nomogram prediction model construction for elderly diabetes kidney disease blood purification complicated with PDAP*

LIU Ke, LI Lei, WANG Yiwang, WANG Liyan

Blood Purification Center, Beijing Friendship Hospital Affiliated to Capital

Medical University, Beijing 100050, China

Abstract: Objective To analyze the influencing factors of peritoneal dialysis-associated peritonitis (PDAP) in elderly patients with diabetes kidney disease (DKD) undergoing blood purification through Lasso-Logistic regression, and construct a nomogram prediction model. **Methods** A total of 356 elderly DKD patients who underwent peritoneal dialysis (PD) for the first time in Beijing Friendship Hospital Affiliated to Capital Medical University were selected as the modeling group for a prospective study. The patients were followed up for 6 months, and the incidence of PDAP was recorded, patients were categorized into the PDAP group and the non-PDAP group based on whether PDAP occurred or not. The clinical data of the two groups were compared, and Lasso-Logistic regression analysis was applied to investigate the influencing factors of PDAP occurrence in elderly DKD patients. A nomogram prediction model was constructed based on these influencing factors to analyze its predictive value for PDAP occurrence in elderly DKD patients. Additionally,

* 基金项目:国家自然科学基金项目(82003833)。

作者简介:刘珂,女,医师,主要从事血液透析方向的研究。

from May 2022 to May 2024, 200 elderly DKD patients who underwent PD in Beijing Friendship Hospital Affiliated to Capital Medical University were selected for external validation. **Results** During the follow-up period, 6 cases were lost from the modeling group, and ultimately, 350 elderly patients with DKD were included in the result analysis. Among them, PDAP occurred in 81 cases (PDAP group), while the other 269 cases were enrolled in non-PDAP group, with incidence rate of PDAP was 23.14% (81/350). The age of the PDAP group was greater than that in the non-PDAP group, and the percentage of emergency-initiated of PD, erythrocyte volume distribution width (RDW), neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), as well as levels of hemoglobin, C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT), alkaline phosphatase (ALP) and ferritin (SF) were higher than those in the non-PDAP group, whereas the absolute value of lymphocytes and the level of albumin (ALB) were lower than those in the non-PDAP group, with statistically significant differences ($P < 0.05$); the difference in education level between the PDAP group and the non-PDAP group was statistically significant ($P < 0.05$). The Lasso-Logistic regression analysis results showed that age, emergency-initiated PD or not, ALB, PCT, RDW, NLR, ALP and SF were all influencing factors for the development of PDAP in elderly DKD patients ($P < 0.05$). The area under the curve (AUC) of the nomogram prediction model constructed by the above eight indicators to predict the occurrence of PDAP in elderly DKD patients was 0.933 (95%CI: 0.899–0.966), and the model had a significant positive net benefit, indicating good clinical utility in predicting the risk of PDAP occurrence. External validation results showed that the sensitivity, specificity and accuracy of the nomogram prediction model for predicting the occurrence of PDAP in elderly DKD patients were 91.49%, 88.89% and 89.50%, respectively. Based on the nomogram prediction model, the risk level criteria for the occurrence of PDAP in elderly DKD patients were established as follows: low risk < 241 scores, risk probability $< 30\%$; medium risk $241–273$ scores, risk probability $30\%–65\%$; high risk > 273 scores, risk probability $> 65\%$. **Conclusion** Age, emergency-initiated of PD or not, ALB, PCT, RDW, NLR, ALP and SF are all influencing factors for the occurrence of PDAP in elderly patients with DKD, nomogram prediction model constructed by the above factors can provide reliable clinical evidence for predicting the risk of PDAP occurrence in clinical practice.

Key words: diabetes kidney disease; blood purification; peritoneal dialysis-associated peritonitis; influencing factors; nomogram; prediction model

糖尿病肾脏病(DKD)是全球常见的糖尿病微血管并发症,也是导致糖尿病患者死亡的主要原因之一^[1-2]。临床治疗 DKD 主要是干预多重危险因素及应用肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂,但仍难以阻断 DKD 进展,最终发展为终末期肾脏病,全球 30%~50%的终末期肾脏病由 DKD 进展形成^[3]。腹膜透析(PD)广泛应用于 DKD 等进展为终末期肾脏病的临床治疗,具有血流动力学稳定、便捷实用等优势,能显著改善终末期 DKD 患者肾功能,但也增加了蛋白丢失和并发症发生的概率,易引发腹膜透析相关腹膜炎(PDAP)^[4-5]。研究显示,老年 PD 并发 PDAP 的风险明显高于中青年患者,且老年患者存在更高共病负担,因此老年 PD 并发 PDAP 备受临床重视^[6-7]。目前已有研究分析了 PDAP 的危险因素,为 PDAP 的防治提供了重要依据^[8-9]。但尚无老年 DKD 血液净化并发 PDAP 的可靠预测模型,因此本研究通过 Lasso-Logistic 回归分析老年 DKD 血液净化并发 PDAP 的影响因素,并构建列线图预测模型,以期临床防治老年 DKD 血液净化并发 PDAP 提供可靠临床依据。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 1 月至 2024 年 3 月在北京首都医科大学附属北京友谊医院首次行 PD 的老年

DKD 患者 356 例(建模组)开展前瞻性研究;另选取 2022 年 5 月至 2024 年 5 月首都医科大学附属北京友谊医院收治的首次行 PD 的老年 DKD 患者 200 例开展外部验证(验证组)。纳入标准:(1)确诊为 DKD^[10];(2)年龄 60~79 岁;(3)首次行血液净化,且方式为 PD;(4)临床资料完整。排除标准:(1)合并精神疾病或严重心理障碍;(2)其他原因导致的继发性腹膜炎;(3)合并除腹膜炎外的其他感染;(4)合并恶性肿瘤;(5)伴严重心脑血管疾病、肝肺功能障碍。本研究通过首都医科大学附属北京友谊医院伦理委员会审批(批号:2020-175-09)。所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集

1.2.1.1 一般资料 应用首都医科大学附属北京友谊医院自制《老年 DKD 患者一般资料调查问卷》收集患者性别、年龄、体质量指数、文化水平、有无吸烟史、有无饮酒史、合并症情况、是否紧急起始 PD、PD 方案、PD 方式[持续不卧床腹膜透析(CAPD)和日间非卧床腹膜透析(DAPD)]等一般资料,紧急起始 PD 定义为没有成熟的动静脉内瘘或提前 2 周 PD 置管。

1.2.1.2 实验室指标 所有患者均于 PD 前采集空

腹肘静脉血 6 mL。取 3 mL 血液标本,应用 OTA-400 型全自动生化分析仪(沈阳万泰医疗公司)检测外周血白细胞计数(WBC)、血小板计数(PLT)、淋巴细胞绝对值、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白、血红蛋白、清蛋白(ALB)、血肌酐(Scr)、血尿酸(UA)、红细胞体积分布宽度(RDW)、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数及血钙、血磷水平,并计算中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)。另取 3 mL 血液标本,离心处理后取血清,应用胶体金法测定血清 C 反应蛋白(CRP)水平,试剂盒购自上海凯创生物技术有限公司;应用免疫层析法测定血清降钙素原(PCT)水平,试剂盒购自广州万孚生物技术股份有限公司;应用速率法测定血清碱性磷酸酶(ALP)水平,试剂盒购自深圳市新产业生物医学工程股份有限公司;应用免疫层析法测定血清铁蛋白(SF)水平,试剂盒购自广州菲康生物技术有限公司。

1.2.2 随访 采用返院随访、电话随访的方式对患者随访 6 个月,随访时对患者进行 PDAP 预防健康教育,并询问患者是否有 PDAP 相关症状,嘱咐患者若有相关症状及时入院检查,每周随访 1 次。统计 6 个月内 PDAP 发生率,参照国际腹膜透析协会(ISPD)制订的标准诊断 PDAP^[11],仅统计首次 PDAP,若患者再次发生 PDAP 则不重复统计,根据是否发生 PDAP 将患者分为 PDAP 组和非 PDAP 组。

1.3 统计学处理 采用 SPSS27.0 统计软件进行数据分析与处理。计数资料以例数或百分率表示,2 组

间比较采用 χ^2 检验,等级资料比较采用 Ridit 检验。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用 t 检验。应用 Lasso-Logistic 回归分析老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素,并根据影响因素应用 rms 程序包构建列线图预测模型。绘制受试者工作特征(ROC)曲线、决策曲线分析(DCA)列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的预测效能和临床效用。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 随访结果 建模组随访期间脱落 6 例,最终有 350 例患者进入结果分析,其中 81 例发生 PDAP(PDAP 组),269 例未发生 PDAP(非 PDAP 组),PDAP 发生率为 23.14%(81/350)。验证组中男 117 例,女 83 例;平均年龄(68.10 ± 3.62)岁;平均体质指数(23.21 ± 1.70) kg/m^2 ;紧急起始 PD 患者 25 例;PD 方案:1.5%+2.5%腹透液 89 例,2.5%腹透液 111 例;PD 方式:171 例采用 CAPD,29 例采用 DAPD;41 例患者发生 PDAP,153 例患者未发生 PDAP。

2.2 建模组 PDAP 组和非 PDAP 组临床资料比较 PDAP 组年龄大于非 PDAP 组,紧急起始 PD 占比、RDW、NLR 及血红蛋白、CRP、PCT、ALP、SF 水平均高于非 PDAP 组,而淋巴细胞绝对值、ALB 水平低于非 PDAP 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$);PDAP 组和非 PDAP 组文化水平比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 PDAP 组和非 PDAP 组临床资料比较[n(%)或 $\bar{x} \pm s$]

项目	PDAP 组($n=81$)	非 PDAP 组($n=269$)	$\chi^2/t/U$	P
性别			0.561	0.454
男	45(55.56)	162(60.22)		
女	36(44.44)	107(39.78)		
年龄(岁)	70.26 ± 3.81	66.83 ± 3.15	8.168	<0.001
体质量指数(kg/m^2)	23.41 ± 1.73	23.09 ± 1.68	1.493	0.136
文化水平			3.184	0.002
初中及以下	45(55.56)	82(30.48)		
高中及中专	22(27.16)	125(46.47)		
大专及以上	14(17.28)	62(23.05)		
有无吸烟史			0.905	0.342
有	33(40.74)	94(34.94)		
无	48(59.26)	175(65.06)		
有无饮酒史			1.285	0.257
有	24(29.63)	63(23.42)		
无	57(70.37)	206(76.58)		
合并症				
高血压	35(43.21)	99(36.80)	1.082	0.298
高脂血症	21(25.93)	56(20.82)	0.947	0.331

续表 1 PDAP 组和非 PDAP 组临床资料比较[*n*(%)或 $\bar{x}\pm s$]

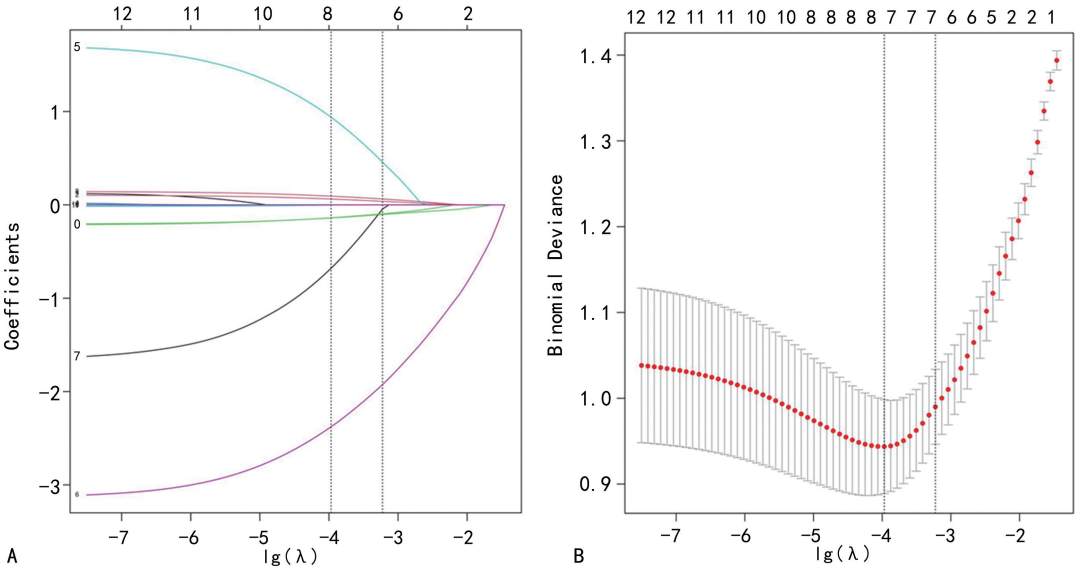
项目	PDAP 组(<i>n</i> =81)	非 PDAP 组(<i>n</i> =269)	$\chi^2/t/U$	<i>P</i>
是否紧急起始 PD			15.051	<0.001
是	20(24.69)	23(8.55)		
否	61(75.31)	246(91.45)		
PD 方案			0.217	0.641
1.5%+2.5%腹透液	37(45.68)	115(42.75)		
2.5%腹透液	44(54.32)	154(57.25)		
PD 方式			0.459	0.498
CAPD	70(86.42)	224(83.27)		
DAPD	11(13.58)	45(16.73)		
WBC($\times 10^9/L$)	6.51 $\pm$ 1.84	6.13 $\pm$ 1.77	1.678	0.094
PLT($\times 10^9/L$)	192.35 $\pm$ 68.43	185.71 $\pm$ 65.96	0.787	0.432
淋巴细胞绝对值($\times 10^9/L$)	1.24 $\pm$ 0.36	1.41 $\pm$ 0.45	-3.112	0.002
血红蛋白(g/L)	112.67 $\pm$ 45.80	101.45 $\pm$ 41.32	2.088	0.037
ALB(g/L)	35.19 $\pm$ 6.42	40.17 $\pm$ 7.26	-5.553	<0.001
TC(mmol/L)	4.46 $\pm$ 1.13	4.63 $\pm$ 1.24	1.103	0.271
低密度脂蛋白(mmol/L)	2.83 $\pm$ 0.69	2.91 $\pm$ 0.73	0.875	0.382
Scr(μ mol/L)	970.35 $\pm$ 276.84	936.87 $\pm$ 249.56	1.032	0.303
UA(μ mol/L)	359.46 $\pm$ 75.92	346.71 $\pm$ 72.08	1.378	0.169
血钙(mmol/L)	2.09 $\pm$ 0.35	2.12 $\pm$ 0.31	-0.741	0.459
血磷(mmol/L)	1.91 $\pm$ 0.47	1.86 $\pm$ 0.44	0.882	0.378
CRP(mg/L)	7.36 $\pm$ 1.75	6.31 $\pm$ 1.52	5.257	<0.001
PCT(ng/mL)	4.12 $\pm$ 1.06	2.65 $\pm$ 0.78	13.605	<0.001
RDW(%)	14.72 $\pm$ 3.09	11.72 $\pm$ 2.54	8.844	<0.001
NLR	3.65 $\pm$ 0.81	2.47 $\pm$ 0.69	12.943	<0.001
ALP(U/L)	94.56 $\pm$ 21.48	71.36 $\pm$ 17.95	9.726	<0.001
SF(μ g/L)	226.85 $\pm$ 62.39	149.62 $\pm$ 42.71	12.707	<0.001

2.3 老年 DKD 患者发生 PDAP 的 Lasso-Logistic 回归分析 将表 1 中差异有统计学意义的 12 个指标:年龄、文化水平、是否紧急起始 PD、淋巴细胞绝对值、血红蛋白、ALB、CRP、PCT、RDW、NLR、ALP、SF 纳入 Lasso 回归分析,筛选过程中随着惩罚系数 λ 变化,文化水平、淋巴细胞绝对值、血红蛋白、CRP 的系数被压缩,避免了模型的过度拟合,见图 1A;以交叉验证法绘制均方误差随 $\lg\lambda$ 的变化图显示,当惩罚系

数 $\lambda=0.019$ 时模型性能最佳,见图 1B,据此筛选出 8 个影响因素:年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR、ALP、SF。将 Lasso 回归筛查出的 8 个影响因素作为自变量,以老年 DKD 患者是否发生 PDAP 作为因变量(是=1,否=0),进一步进行 Logistic 回归分析,结果显示,年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR、ALP、SF 均为老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素($P<0.05$)。见表 2。

表 2 多因素 Logistic 回归分析老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素

变量	赋值	β	<i>SE</i>	<i>Wald</i> χ^2	<i>OR</i>	<i>OR</i> 的 95% <i>CI</i>	<i>P</i>
年龄	实测值	0.194	0.071	7.478	1.214	1.034~1.426	0.007
是否紧急起始 PD	是=1,否=0	0.720	0.209	11.883	2.055	1.590~2.657	<0.001
ALB	实测值	-0.127	0.056	5.147	0.881	0.826~0.939	0.019
PCT	实测值	0.364	0.110	10.927	1.439	1.231~1.681	<0.001
RDW	实测值	0.238	0.086	7.647	1.268	1.067~1.508	0.004
NLR	实测值	0.330	0.099	11.096	1.391	1.196~1.617	<0.001
ALP	实测值	0.302	0.106	8.107	1.352	1.173~1.559	0.001
SF	实测值	0.319	0.097	10.833	1.376	1.188~1.594	<0.001



注:A 为惩罚系数 λ 变化图;B 为均方误差随 $\lg\lambda$ 的变化图。

图 1 Lasso 回归分析图

2.4 老年 DKD 患者发生 PDAP 的列线图预测模型构建及内部验证 将 Lasso-Logistic 回归分析筛查出的 8 个影响因素:年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR、ALP、SF 作为预测指标,老年 DKD 患者发生 PDAP 作为目标事件,构建列线图预测模型,见图 2。将发生 PDAP 患者作为阳性样本,未发生 PDAP 患者作为阴性样本,绘制 ROC 曲线,结果显

示,该模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的曲线下面积(AUC)为 0.933(95%CI:0.899~0.966),灵敏度为 92.59%,特异度为 88.10%,准确度为 89.14%,见图 3。DCA 分析显示该模型具有明显的正向净收益,在预测老年 DKD 患者 PDAP 发生风险方面拥有较好临床效用。见图 4。

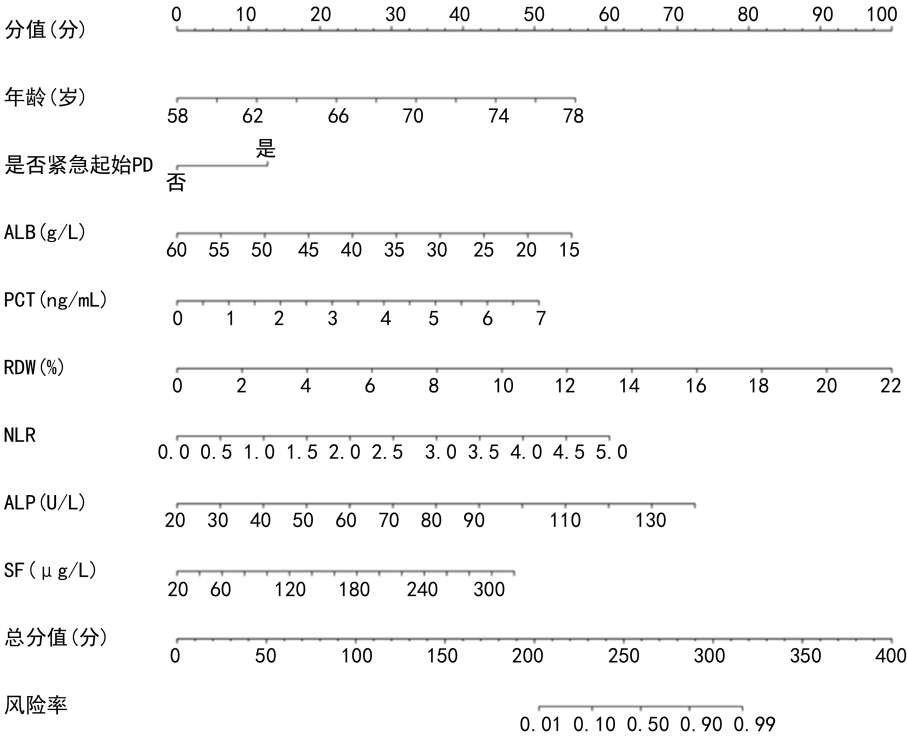


图 2 老年 DKD 患者发生 PDAP 的列线图预测模型

2.5 列线图预测模型的外部验证 外部验证结果显示,列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的灵敏度为 91.49%(43/47),特异度为 88.89%(136/153),准确度为 89.50%(179/200)。

2.6 基于列线图预测模型建立老年 DKD 患者发生 PDAP 的风险等级标准 基于列线图预测模型计算老年 DKD 患者发生 PDAP 的风险得分,最高风险得分为 400 分,风险概率为 $>0\% \sim 99\%$ 。根据风险得

分从低到高,将复发风险分为低、中、高 3 个等级:低风险<241 分,风险概率<30%;中风险 241~273 分,风险概率 30%~65%;高风险>273 分,风险概率>65%。见表 3。

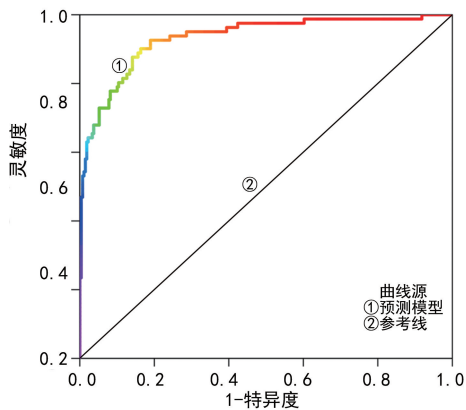


图 3 列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的 ROC 曲线

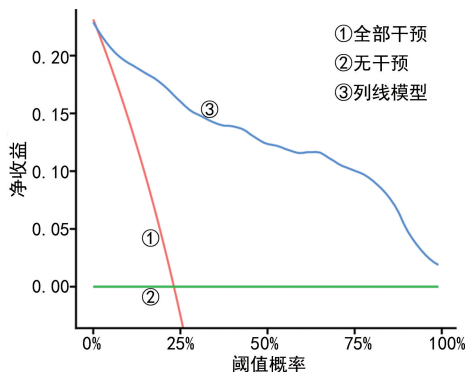


图 4 列线图预测模型的 DCA

表 3 基于列线图预测模型建立老年 DKD 患者发生 PDAP 的风险等级标准

风险等级	得分(分)	风险概率(%)	HR(95%CI)
低风险	<241	<30	1.000
中风险	241~273	30~65	2.120(1.184~3.795)
高风险	>273~400	>65	4.147(2.361~7.283)

3 讨 论

PDAP 是 PD 的常见并发症之一,也是导致 PD 失败的主要原因,制约 PD 技术的发展,加强对 PDAP 的防治是推进我国 PD 事业的重要环节^[12-13]。国内既往研究显示,接受 PD 治疗患者的 PDAP 发生率为 24.5%^[14]。本研究结果显示,接受 PD 治疗的老年 DKD 患者 PDAP 发生率为 23.14%,与上述研究结果相近,说明老年 DKD 患者 PD 治疗期间存在较高的 PDAP 发生率,加强防治具有重要意义。

本研究进一步分析了老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素,结果显示,年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR、ALP、SF 均为老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素。分析其原因在于:(1)患者年龄越大,其免疫功能和机体营养状态越差,导致

机体防御感染的能力降低,增加 PDAP 发生风险^[15]。向子猷等^[16]研究显示,年龄增大导致 CAPD 合并肾性贫血患者 PDAP 发生风险增高。这与本研究结果一致。(2)紧急起始 PD 指没有成熟的动静脉内瘘或提前 2 周 PD 置管,此类患者更容易出现营养消耗、低蛋白血症,引起免疫功能减弱,增加炎症反应,存在更高导管相关性感染、菌血症风险,从而增加 PDAP 发生率^[17]。(3)ALB 是评估机体营养状态的生物学指标,ALB 水平下降说明患者营养失衡,机体免疫功能降低,抵御病原菌的能力减弱,更易发生感染^[18-19]。黎多品等^[20]研究显示,ALB 水平升高是终末期肾脏病 PD 治疗患者并发 PDAP 的保护因素,支持本研究结果。(4)PCT 为反映机体炎症状态的常用指标,PCT 升高提示机体存在炎症反应,是发生 PDAP 的独立危险因素^[21]。(5)NLR 是与机体免疫、炎症密切相关的指标,NLR 升高提示机体内中性粒细胞增多、淋巴细胞减少,中性粒细胞是天然免疫细胞,能调节全身和局部炎症反应,中性粒细胞增多能刺激炎症介质分泌释放,增强炎症反应,淋巴细胞可调节机体免疫及防御功能,淋巴细胞减少导致机体免疫应答及防御功能减弱,NLR 升高提示机体免疫功能降低、炎症反应增加,最终促进 PDAP 的发生、发展^[22-23]。DAI 等^[24]研究显示,NLR 升高是接受 PD 治疗患者并发 PDAP 的独立危险因素。(6)RDW 是描述红细胞大小异质性的指标,与炎症反应密切相关,在炎症状态下,红细胞生成功能降低、状态异常,且炎症反应能降低铁代谢、促红素生成,引起红细胞凋亡,均可导致 RDW 水平升高,增加 PDAP 的发生、风险^[25]。(7)ALP 参与了慢性炎症的发生、发展,其水平升高能促进炎症反应加重,而慢性肾脏病普遍存在铁代谢异常,SF 是机体内储存铁的主要蛋白,炎症反应可促使 SF 水平明显升高,炎症和铁代谢异常相互作用促进了 PDAP 的发生^[26]。因此 ALP、SF 水平升高能增加 PDAP 发生率。

此外,本研究应用 Lasso-Logistic 回归对影响因素进行筛选,能删除与 PDAP 相关性不大的指标,有助于优化预测模型。基于以上结果,本研究构建了老年 DKD 患者发生 PDAP 的列线图预测模型,通过 ROC 曲线分析发现该模型的 AUC 为 0.933,具有较高预测效能,且该模型具有明显的正向净收益,在预测 PDAP 发生风险方面拥有较好临床效用。本研究进一步进行外部验证显示,列线图预测模型预测老年 DKD 患者发生 PDAP 的灵敏度为 91.49%,特异度为 88.89%,准确度为 89.50%,可为临床识别 PDAP 高危患者提供可靠临床依据。本研究进一步基于列线图预测模型建立老年 DKD 患者发生 PDAP 的风险等级标准:低风险<241 分,风险概率<30%;中风险 241~273 分,风险概率 30%~65%;高风险>273 分,风险概率>65%。其可作为预测老年 DKD 患者

PDAP 发生风险的可靠工具。

综上所述,老年 DKD 患者发生 PDAP 的影响因素包括年龄、是否紧急起始 PD、ALB、PCT、RDW、NLR 及 ALP、SF,基于以上因素构建的列线图预测模型具有较高预测效能和较好临床效用,可为临床预测 PDAP 发生风险提供可靠临床依据。

参考文献

[1] PENG Q Y, AN Y, JIANG Z Z, et al. The role of immune cells in DKD: mechanisms and targeted therapies[J]. J Inflamm Res, 2024, 17(1): 2103-2118.

[2] SHI L Y, LI C Y, WANG J, et al. The intellectual base and global trends in inflammation of diabetic kidney disease: a bibliometric analysis[J]. Ren Fail, 2023, 45(2): 2270061.

[3] 李敏, 刘岩, 周亚茹. 糖尿病肾脏病的诊治进展与热点问题[J]. 中国临床医生杂志, 2024, 52(4): 379-382.

[4] WU H, ZHOU H Y, ZHANG Q F, et al. Systematic review and Meta-analysis: the effect and safety of peritoneal dialysis in patients with end-stage diabetic kidney disease [J]. Ann Palliat Med, 2022, 11(2): 695-707.

[5] TANG J, WANG D X, CHEN Y, et al. The association between new inflammation markers and frequent peritoneal dialysis-associated peritonitis [J]. BMC Nephrol, 2024, 25(1): 81.

[6] 张禹, 杨立明, 朱学研, 等. 老年腹膜透析相关性腹膜炎患者治疗失败的预测模型构建与验证[J]. 中华老年医学杂志, 2022, 41(2): 185-190.

[7] GUO Q Y, CHEN Y Y, WU R, et al. Poorer clinical outcomes of early-onset peritonitis in elderly peritoneal dialysis patients: a longitudinal and multicenter study[J]. Ther Apher Dial, 2022, 26(4): 815-821.

[8] YOU L S, ZHANG B G, ZHANG F, et al. Pathogenic spectrum and risk factors of peritoneal dialysis-associated peritonitis: a single-center retrospective study [J]. BMC Infect Dis, 2024, 24(1): 440.

[9] 胡静, 易斌, 张浩. 气候因素对单中心腹膜透析相关腹膜炎的影响[J]. 中南大学学报(医学版), 2022, 47(5): 639-649.

[10] 中华医学会肾脏病学分会专家组. 糖尿病肾脏疾病临床诊疗中国指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2021, 37(3): 255-304.

[11] LI P K T, SZETO C C, PIRAINO B, et al. ISPD peritonitis recommendations: 2016 update on prevention and treatment[J]. Perit Dial Int, 2016, 36(5): 481-508.

[12] 中国腹膜透析相关感染防治专家组. 腹膜透析相关感染的防治指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2018, 34(2): 139-148.

[13] LIANG Q C, ZHAO H P, WU B, et al. Risk factors of the occurrence and treatment failure of refractory peritoneal dialysis-associated peritonitis: a single-center retrospec-

tive study from China[J]. Semin Dial, 2024, 37(5): 386-392.

[14] 张赞辉, 罗军, 刘栗丽, 等. 维持性腹膜透析相关腹膜炎的相关血清学风险指标分析[J]. 河北医学, 2023, 29(8): 1313-1318.

[15] LIU G L, LI X L, ZHAO W M, et al. Development and validation of a nomogram for predicting gram-negative bacterial infections in patients with peritoneal dialysis-associated peritonitis[J]. Heliyon, 2023, 9(8): e18551.

[16] 向子猷, 闫嘉, 邹思沫, 等. 腹膜透析患者不同补铁方式与腹膜透析相关腹膜炎发生的关系[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2023, 37(11): 1101-1105.

[17] 何青莲, 杨颖嘉, 贺静, 等. 首次腹膜透析相关性腹膜炎的临床特点和危险因素分析[J]. 四川医学, 2022, 43(1): 1-5.

[18] 王爱媛, 张婷, 李春双, 等. 糖尿病肾病患者血 CD64、Alb、IL-6 表达及其与合并肺部感染的关系和预后影响因素[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(3): 547-550.

[19] GUO H J, ZHANG L, HE H, et al. Risk factors for catheter-associated bloodstream infection in hemodialysis patients: a Meta-analysis [J]. PLoS One, 2024, 19(3): e0299715.

[20] 黎多品, 刘东伟, 赵子豪, 等. 腹膜透析相关性腹膜炎 179 例危险因素分析[J]. 中国实用内科杂志, 2022, 42(9): 766-768.

[21] 徐健, 孟冉, 刘桂凌. 血清 PCT、RDW 与腹膜透析相关性腹膜炎病原菌的关系探讨[J]. 中国血液净化, 2023, 22(4): 278-282.

[22] YU J, ZHU L L, NI J, et al. Technique failure in peritoneal dialysis-related peritonitis: risk factors and patient survival[J]. Ren Fail, 2023, 45(1): 2205536.

[23] FUNG W W, CHOW K M, JACK K C G, et al. The clinical utility of the neutrophil-to-lymphocyte ratio as a discriminatory test among bacterial, mycobacterium tuberculosis, and nontuberculous mycobacterium peritoneal dialysis-related peritonitis [J]. Kidney360, 2022, 3(6): 1031-1038.

[24] DAI R, PENG C Y, SANG T, et al. Construction and validation of a predictive model for the risk of peritoneal dialysis-associated peritonitis after peritoneal dialysis catheterization [J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10(1): 1193754.

[25] 蔡娅茜, 谢若男, 尹一帆, 等. 红细胞分布宽度与腹膜透析相关性腹膜炎的相关性[J]. 安徽医学, 2022, 43(7): 763-768.

[26] 狄亚妮, 杨靖倩, 吕玉敏, 等. 腹膜透析相关性腹膜炎发生的影响因素及列线图预测模型建立[J]. 临床肾脏病杂志, 2023, 23(7): 569-574.