

# 慢性肾衰竭血液透析患者发生导管相关性血流感染的 Nomogram 预测模型构建

王 旺, 赵 晗

(江苏省淮安市第二人民医院 血透室, 江苏 淮安, 223001)

**摘要:** **目的** 分析慢性肾衰竭(CRF)血液透析患者发生导管相关性血流感染(CRBSI)的影响因素,并构建 Nomogram 预测模型。**方法** 选取行血液透析的 120 例 CRF 患者为研究对象。根据是否发生 CRBSI,分为 CRBSI 组( $n=19$ )和非 CRBSI 组( $n=101$ )。比较 2 组临床资料、生物学标志物[外周血白蛋白(ALB)、血清降钙素原(PCT)、肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、白细胞介素-8(IL-8)、转化生长因子- $\beta$ 1(TGF- $\beta$ 1)、Smad 指标(Smad2、Smad3)]水平。分析 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的影响因素。根据影响因素构建 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的 Nomogram 预测模型,并采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线、决策曲线分析(DCA)对该模型进行验证。**结果** 120 例 CRF 血液透析患者中,发生 CRBSI 19 例,发生率为 15.83%。CRBSI 组的年龄、吸烟占比、合并糖尿病占比、急性生理与慢性健康状况评分系统 II(APACHE II)评分以及血清 PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8、TGF- $\beta$ 1、Smad2 和 Smad3 水平高于非 CRBSI 组,外周血 ALB 水平低于非 CRBSI 组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ); CRBSI 组的插管次数、导管留置时间多于或长于非 CRBSI 组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。Logistic 分析显示,吸烟、年龄、导管留置时间、插管次数、APACHE II 评分、合并糖尿病、PCT、IL-8、ALB、TGF- $\beta$ 1、Smad2、TNF- $\alpha$  和 Smad3 是 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的影响因素( $P<0.05$ ); 森林图结果显示,年龄、吸烟、插管次数、导管留置时间、合并糖尿病、APACHE II 评分、PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8、TGF- $\beta$ 1、Smad2、Smad3 水平均为正相关因素,ALB 水平为负相关因素( $P<0.05$ )。ROC 曲线、校准曲线、DCA 显示,构建的 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 风险的 Nomogram 预测模型具有良好一致性和预测效能。**结论** 年龄、插管次数、吸烟、导管留置时间、APACHE II 评分、PCT、合并糖尿病、ALB、TNF- $\alpha$ 、TGF- $\beta$ 1、Smad2、IL-8 和 Smad3 是 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的影响因素。基于上述因素构建的 Nomogram 预测模型具有良好预测价值。

**关键词:** 慢性肾衰竭; 血液透析; 导管相关性血流感染; Nomogram 模型; 森林图

中图分类号: R 692; R 319; R 446 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2024)18-095-06 DOI: 10.7619/jcmp.20240464

## Construction of a nomogram prediction model for catheter-related bloodstream infections in hemodialysis patients with chronic renal failure

WANG Wang, ZHAO Han

(Hemodialysis Room, the Second People's Hospital of Huai'an City in Jiangsu Province,  
Huai'an, Jiangsu, 223001)

**Abstract: Objective** To analyze the influencing factors of catheter-related bloodstream infection (CRBSI) in patients with chronic renal failure (CRF) undergoing hemodialysis and to construct a nomogram prediction model. **Methods** A total of 120 CRF patients undergoing hemodialysis were selected as study subjects. The patients were divided into CRBSI group ( $n=19$ ) and non-CRBSI group ( $n=101$ ) based on whether CRBSI occurred. Clinical data and levels of biological markers [peripheral blood albumin (ALB), serum procalcitonin (PCT), tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukin-8 (IL-8), transforming growth factor- $\beta$ 1 (TGF- $\beta$ 1) and Smad indicators (Smad2 and Smad3)] were compared between the two groups. Factors influencing the occurrence of CRBSI in CRF patients undergoing hemodialysis were analyzed. A nomogram prediction model for CRBSI in CRF hemodialysis patients was constructed based on these influencing factors and validated using receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, and decision curve analysis (DCA). **Results** Among the 120 CRF patients undergoing hemodialysis, 19 developed CRBSI, with an incidence rate of 15.83%. The

CRBSI group had significantly higher levels of age, smoking prevalence, diabetes mellitus comorbidity, acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score, serum PCT, TNF- $\alpha$ , IL-8, TGF- $\beta$ 1, Smad2 as well as Smad3, and significantly lower peripheral blood ALB levels compared to the non-CRBSI group ( $P < 0.05$ ). The number of catheter insertions and duration of catheter placement were also significantly higher or shorter in the CRBSI group than in the non-CRBSI group ( $P < 0.05$ ). Logistic regression analysis showed that smoking, age, duration of catheter placement, the number of catheter insertions, APACHE II score, diabetes mellitus comorbidity, PCT, IL-8, ALB, TGF- $\beta$ 1, Smad2, TNF- $\alpha$  and Smad3 were influencing factors for CRBSI in CRF patients undergoing hemodialysis ( $P < 0.05$ ). Forest plot results indicated that age, smoking, the number of catheter insertions, duration of catheter placement, diabetes mellitus comorbidity, APACHE II score, PCT, TNF- $\alpha$ , IL-8, TGF- $\beta$ 1, Smad2 and Smad3 levels were positive factors, while ALB level was negative factor ( $P < 0.05$ ). ROC curve, calibration curve, and DCA demonstrated that the constructed nomogram prediction model for CRBSI risk in CRF hemodialysis patients had good consistency and predictive efficacy. **Conclusion** Age, the number of catheter insertions, smoking, duration of catheter placement, APACHE II score, PCT, diabetes mellitus comorbidity, ALB, TNF- $\alpha$ , TGF- $\beta$ 1, Smad2, IL-8 and Smad3 are influencing factors for CRBSI in CRF patients with hemodialysis. A nomogram prediction model based on these factors has good predictive value.

**Key words:** chronic renal failure; hemodialysis; catheter-related bloodstream infection; nomogram model; forest plot

慢性肾衰竭(CRF)是由各种原发或继发性肾脏病变进展导致的终末期肾病。据流行病学数据<sup>[1-2]</sup>显示,中国慢性肾脏病发病率为10.8%,CRF的患病率呈逐年增长趋势。CRF治疗途径有血液净化(血液透析和腹膜透析)、肾脏移植,但中国肾源资源有限、移植成本高,大部分患者只能依靠血液透析维持生存<sup>[3]</sup>。血液透析是治疗CRF较为重要的途径之一,在首次行血液透析前,部分患者需建立血管通路,这属于有创操作,易引起导管相关性血流感染(CRBSI)。CRBSI是血液透析过程中较为常见的并发症,可延长患者住院时间,还可增加菌血症发生的风险及病死率<sup>[4-5]</sup>。目前,临床已有研究探讨CRF患者发生CRBSI的影响因素,但借助Logistic分析、森林图以及Nomogram预测模型的相关研究较少。本研究分析了CRF血液透析患者发生CRBSI的影响因素,并构建Nomogram预测模型,旨在为临床预防CRBSI提供参考依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取2017年1月—2023年1月在本院行血液透析的120例CRF患者为研究对象,根据是否发生CRBSI分为CRBSI组( $n = 19$ )和非CRBSI

组( $n = 101$ )。纳入标准:①符合《慢性肾衰竭中西医结合诊疗指南》<sup>[6]</sup>中CRF诊断标准者;②符合《血管导管相关感染预防与控制指南(2021版)》<sup>[7]</sup>相关标准,即导管出口部位有红肿、热痛、渗出或出现脓性分泌物,出现发热(体温 $> 38^{\circ}\text{C}$ )、寒战、低血压等,从导管或外周穿刺部位收集标本培养结果呈阳性,实验室指标血沉、C反应蛋白、降钙素原(PCT)异常,并排除其他部位感染,可确诊CRBSI者;③首次接受血液透析者;④病例资料完整,不影响急性生理与慢性健康状况评分系统II(APACHE II)评分者。排除标准:①其他器官感染者;②恶性肿瘤者;③具有肾脏移植史者;④意识障碍或精神疾病者;⑤病情不稳定、近期接受手术治疗者;⑥血液系统疾病者;⑦免疫缺陷疾病者;⑧重要脏器疾病者。本研究已通过医院伦理委员会审批,院科伦审:(2016)伦审第(0000135)号。

### 1.2 方法

按照纳入与排除标准,收集120例行血液透析的CRF患者临床资料、生物学标志物。临床资料包括透析龄、年龄、吸烟、性别、原发病、体质量指数、饮酒、置管部位、插管次数、导管留置时间、动静脉内瘘、合并糖尿病、血红蛋白(Hb)及APACHE II评分;生物学标志物包括白蛋白(ALB)、PCT、肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、白细胞

计数、转化生长因子- $\beta$ 1(TGF- $\beta$ 1)、Smad2、白细胞介素-8(IL-8)、Smad3。

### 1.3 统计学分析

采用 Excel 2019 软件统计病例资料, SPSS 24.0 软件分析数据。计量资料采用 S-W 和 Levene 法进行正态性、方差齐性检验,呈方差齐性且近似服从正态分布,以( $\bar{x} \pm s$ )表示,行  $t$  检验;计数资料以[ $n(\%)$ ]表示。患者发生 CRBSI 的影响因素采用 Logistic 分析。运用 R 语言软件包绘制森林图、Nomogram 预测模型图,采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线、决策曲线分析(DCA)对该模型进行内部验证。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 CRBSI 发生情况

120 例行血液透析的 CRF 患者中, 19 例发生 CRBSI(CRBSI 组), 101 例未发生 CRBSI(非 CRBSI 组), CRBSI 发生率为 15.83%(19/120)。

2017 年—2023 年不同时间段的 CRBSI 发生率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

表 1 2017 年 1 月—2023 年 1 月 CRBSI 发生情况比较[ $n(\%)$ ]

时段	$n$	发生	未发生
2017 年 1—12 月	17	4(23.53)	13(76.47)
2018 年 1—12 月	20	4(20.00)	16(80.00)
2019 年 1—12 月	22	4(18.18)	18(81.82)
2020 年 1—12 月	20	3(15.00)	17(85.00)
2021 年 1—12 月	18	2(11.11)	16(88.89)
2022 年 1 月—2023 年 1 月	23	2(8.70)	21(91.30)
$\chi^2$		1.487	
$P$		0.137	

### 2.2 2 组临床资料、生物学标志物比较

CRBSI 组的年龄、吸烟占比、合并糖尿病占比、APACHE II 评分以及血清 PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8、TGF- $\beta$ 1、Smad2 和 Smad3 水平高于非 CRBSI 组,外周血 ALB 水平低于非 CRBSI 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); CRBSI 组的插管次数、导管留置时间多于或长于非 CRBSI 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 2 组临床资料、生物学标志物比较( $\bar{x} \pm s$ )[ $n(\%)$ ]

指标	分类	CRBSI 组( $n=19$ )	非 CRBSI 组( $n=101$ )	$t/\chi^2$	$P$
性别	男	13(68.42)	62(61.39)	0.338	0.561
	女	6(31.58)	39(38.61)		
年龄/岁	$< 1$ 年	7(36.84)	47(46.53)	4.908	$< 0.001$
	$\geq 1$ 年	12(63.16)	54(53.47)		
透析龄				0.607	0.436
体质量指数/( $\text{kg}/\text{m}^2$ )		24.21 $\pm$ 2.08	23.75 $\pm$ 2.11	0.874	0.384
吸烟	是	7(36.84)	10(9.90)	7.459	0.006
	否	12(63.16)	91(90.10)		
饮酒	是	3(15.79)	9(8.91)	0.250	0.617
	否	16(84.21)	92(91.09)		
原发病	慢性肾小球肾炎	7(36.84)	41(42.71)	0.780	0.436
	高血压肾损害	4(21.05)	32(31.68)		
	糖尿病肾病	6(31.58)	21(20.79)		
	其他	2(10.53)	7(6.93)		
置管部位	颈内静脉	5(26.32)	30(29.70)	0.089	0.766
	股静脉	14(73.68)	71(70.30)		
插管次数/次		1.36 $\pm$ 0.18	1.18 $\pm$ 0.12	5.497	$< 0.001$
导管留置时间/d		33.75 $\pm$ 8.37	24.78 $\pm$ 6.91	5.015	$< 0.001$
动静脉内瘘	有	13(68.42)	84(83.17)	1.394	0.238
	无	6(31.58)	17(16.83)		
合并糖尿病	是	11(57.89)	24(23.76)	9.018	0.003
	否	8(42.11)	77(76.24)		
Hb/( $\text{g}/\text{L}$ )		90.26 $\pm$ 4.35	91.53 $\pm$ 4.81	-1.071	0.286
APACHE II 评分/分		15.26 $\pm$ 4.31	12.18 $\pm$ 3.04	3.771	$< 0.001$
白细胞计数/( $\times 10^9/\text{L}$ )		6.21 $\pm$ 1.25	5.94 $\pm$ 1.18	0.907	0.366
ALB/( $\text{g}/\text{L}$ )		30.65 $\pm$ 6.28	35.14 $\pm$ 5.01	-3.437	0.001
PCT/( $\text{ng}/\text{mL}$ )		2.53 $\pm$ 0.82	0.19 $\pm$ 0.06	28.793	$< 0.001$
TNF- $\alpha$ /( $\text{ng}/\text{L}$ )		45.81 $\pm$ 14.29	29.77 $\pm$ 8.65	6.596	$< 0.001$
IL-8/( $\text{ng}/\text{L}$ )		26.95 $\pm$ 7.41	11.23 $\pm$ 2.98	15.764	$< 0.001$
TGF- $\beta$ 1/( $\text{pg}/\text{mL}$ )		17.67 $\pm$ 4.68	9.21 $\pm$ 2.70	10.965	$< 0.001$
Smad2/( $\text{pg}/\text{mL}$ )		37.59 $\pm$ 12.15	20.69 $\pm$ 6.24	9.070	$< 0.001$
Smad3/( $\text{pg}/\text{mL}$ )		45.80 $\pm$ 13.76	30.84 $\pm$ 9.71	5.736	$< 0.001$

Hb: 血红蛋白; APACHE II: 急性生理与慢性健康状况评分系统 II; ALB: 白蛋白; PCT: 降钙素原; TNF- $\alpha$ : 肿瘤坏死因子- $\alpha$ ; TGF- $\beta$ 1: 转化生长因子- $\beta$ 1; IL-8: 白细胞介素-8。

### 2.3 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的影响因素

以 CRF 血液透析患者是否发生 CRBSI 为因变量,表 2 中  $P < 0.05$  的指标为自变量,并依据表 3 的赋值方法,进行 Logistic 回归分析。结果显示,吸烟、导管留置时间、年龄、插管次数、合并糖尿病、APACHE II 评分、外周血 ALB 水平以及血清 PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8、TGF- $\beta$ 1、Smad2 和 Smad3 水平均为 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的影响因素 ( $P < 0.05$ ),见表 4。

表 3 赋值方法

变量	赋值
因变量 发生 CRBSI	否 = 0, 是 = 1
自变量 年龄	连续变量,原值代入
吸烟	否 = 0, 是 = 1
插管次数	连续变量,原值代入
导管留置时间	连续变量,原值代入
合并糖尿病	否 = 0, 是 = 1
APACHE II 评分	连续变量,原值代入
ALB	连续变量,原值代入
PCT	连续变量,原值代入
TNF- $\alpha$	连续变量,原值代入
IL-8	连续变量,原值代入
TGF- $\beta$ 1	连续变量,原值代入
Smad2	连续变量,原值代入
Smad3	连续变量,原值代入

### 2.4 CRBSI 影响因素森林图分析

根据 Logistic 分析筛选出的影响因素绘制森林图,见图 1。由图可知,年龄、吸烟、插管次数、导管留置时间、合并糖尿病、APACHE II 评分以及血清 PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8、TGF- $\beta$ 1、Smad2 和 Smad3 水平均为正相关因素 ( $P < 0.05$ ),外周血 ALB 水平为负相关因素 ( $P < 0.05$ ),均与无效线不相交。

### 2.5 CRBSI 发生风险的 Nomogram 预测模型构建

根据影响因素分析结果构建 CRF 血液透析患者 CRBSI 发生风险的 Nomogram 预测模型,见图 2。从图中可获得患者具体预测因素对应分值,将所有预测因素对应分值相加得到总分,其对应的预测概率即是该患者 CRBSI 发生风险的概率。

### 2.6 Nomogram 预测模型内部验证

绘制 Nomogram 预测模型预测 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的 ROC 曲线,曲线下面积 (AUC) 为 0.962,敏感度、特异度分别为 89.47%、99.91%,具有良好预测效能。绘制该模型校准曲线,见图 3,显示该模型预测 CRBSI 的校准度良好,模型与实际观测结果有较好的一致性。该预测模型的 DCA,结果显示,该模型具有明显的正向净收益,在预测 CRBSI 方面拥有良好的临床效用,见图 4。

表 4 CRF 血液透析患者发生 CRBSI 的影响因素分析

变量	$\beta$	S. E.	Wald $\chi^2$	OR	95% CI		P
					下限	上限	
年龄	0.983	0.415	5.615	2.674	1.367	5.229	0.002
吸烟	0.662	0.322	4.224	1.938	1.150	3.267	0.013
插管次数	1.569	0.451	12.099	4.801	1.869	12.331	<0.001
导管留置时间	1.729	0.428	16.320	5.635	2.018	15.736	<0.001
合并糖尿病	1.292	0.561	5.307	3.642	1.941	6.832	0.007
APACHE II 评分	1.127	0.369	9.325	3.086	1.556	6.120	<0.001
ALB	-1.372	0.431	10.138	0.254	0.156	0.412	<0.001
PCT	1.301	0.386	11.355	3.672	1.791	7.528	<0.001
TNF- $\alpha$	1.413	0.427	10.948	4.108	1.813	9.306	<0.001
IL-8	1.145	0.394	8.439	3.141	1.539	6.411	<0.001
TGF- $\beta$ 1	1.470	0.381	14.894	4.351	1.826	10.367	<0.001
Smad2	1.619	0.376	18.539	5.048	2.014	12.651	<0.001
Smad3	1.686	0.354	22.686	5.398	2.126	13.708	<0.001

## 3 讨论

血液透析是治疗 CRF 的主要手段,超过 90% 患者依靠其维持生命,CRBSI 是血液透析常见并发症,患者可在透析开始后数分钟内出现寒战、发热和低血压等症状<sup>[8]</sup>。国外文献<sup>[9]</sup>报道,血液透

析患者 CRBSI 发生率可达 39.25%;国内文献<sup>[10]</sup>报道,CRBSI 发生率高达 50%。本研究 120 例行血液透析 CRF 患者中,共有 19 例发生 CRBSI,发生率为 15.83%,与马曦立等<sup>[11]</sup>研究结果相近。

Logistic 分析显示,插管次数、吸烟、导管留置时间、年龄、合并糖尿病、APACHE II 评分、外周血 ALB 水平、血清 PCT、TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$ 、Smad2、IL-8、

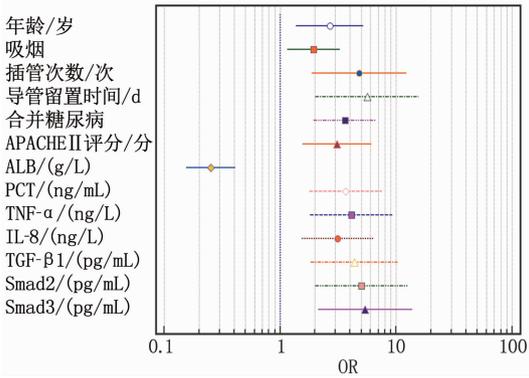


图 1 CRBSI 影响因素森林图

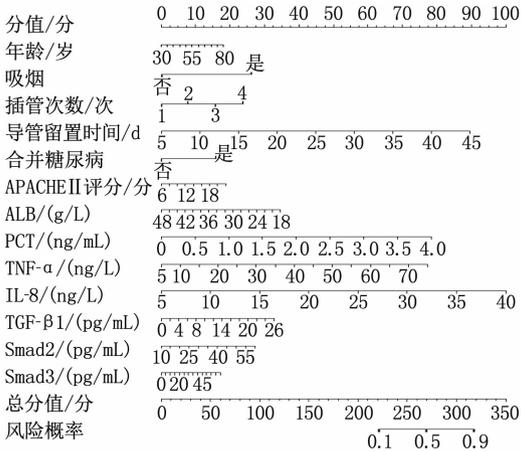


图 2 CRBSI 发生风险的 Nomogram 预测模型

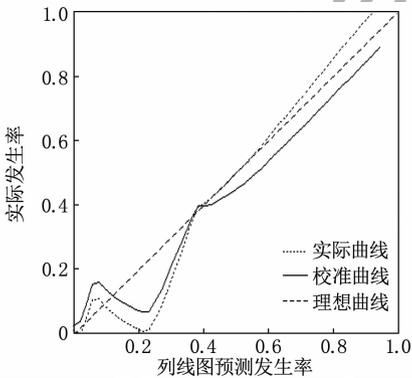


图 3 Nomogram 预测模型的校准曲线

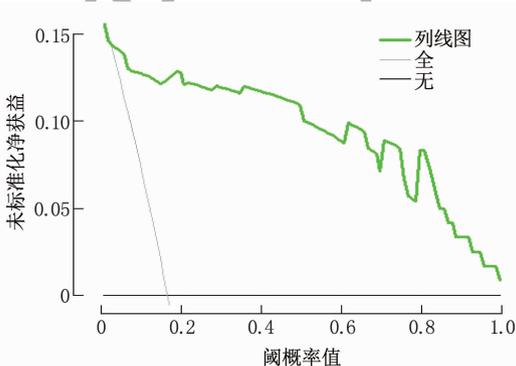


图 4 Nomogram 预测模型的 DCA

Smad3 水平与 CRF 患者发生 CRBSI 密切相关。本研究将 Logistic 分析有意义的影响因素纳入随机森林图分析,结果证实年龄、吸烟、插管次数、导管留置时间、合并糖尿病、APACHE II 评分及血清 PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8、TGF- $\beta$ 1、Smad2 和 Smad3 水平均为正相关因素,外周血 ALB 水平为负相关因素。分析原因: ① 年龄。研究<sup>[12-13]</sup>证实,高龄是诱发多种疾病的关键诱因。赵明生等<sup>[14]</sup>研究显示,血液透析患者年龄 $\geq 60$  岁发生 CRBSI 的概率为 25.93%。高龄患者的感染因素较多,除自身因素外,还常伴有基础疾病,并且由于长期进行血液透析,机体消耗过多,容易出现营养不良。交叉感染的概率较高,这一结论与本研究的观点基本相同。② 吸烟。研究<sup>[15]</sup>发现,长期吸烟可导致血管内皮细胞不同程度的损伤,进而激活炎症细胞因子的释放,降低免疫功能,减弱对病毒的抵抗力,影响病原菌的及时清除,增加感染发生的风险。③ 插管次数。血液透析需进行多次封管和冲管等操作,多次开放会增加空气暴露时间。在不洁净的环境中或操作不规范的情况下,容易增加细菌生长繁殖的机会,从而促进 CRBSI 的发生<sup>[16]</sup>。④ 导管留置时间。研究<sup>[17]</sup>证实,导管留置时间与 CRBSI 发生呈正相关。导管留置时间超过 30 d, CRBSI 的发生率高达 18.37%。⑤ 合并糖尿病。糖尿病患者长期处于高血糖状态,血糖控制不佳可引起机体代谢紊乱,增加酮体和乳酸堆积,降低蛋白质合成能力,增加血液黏滞性,导致免疫细胞趋化能力和吞噬功能下降。此外,高血糖为细菌生长提供了充足的养分和适宜的微环境,进一步升高了感染的发生率<sup>[18-19]</sup>。⑥ APACHE II 评分。刘锐芮等<sup>[20]</sup>通过收集 23 项研究的 Meta 分析发现,APACHE II 评分越高,血液透析患者发生 CRBSI 的概率越高,病情程度越严重,预后效果越差,本研究也证实了这一论点。⑦ PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8。PCT 与细菌敏感度有关, TNF- $\alpha$ 、IL-8 是多功能炎症因子。研究<sup>[21-22]</sup>发现, CRF 患者血清 PCT、TNF- $\alpha$ 、IL-8 水平越高,血管内皮通透性增加,全身炎症反应加剧,机体感染率也随之升高,与本研究一致。⑧ TGF- $\beta$ 1、Smad2、Smad3。研究<sup>[23]</sup>认为, TGF- $\beta$ 1/Smads 与终末期肾脏病进展有关, TGF- $\beta$ 1 可通过调节 Smads 蛋白激酶参与疾病进展; TGF- $\beta$ 1 是信号通路中的关键蛋白,通过与相关受体结合后可促进 Smad2 和 Smad3 的磷酸化,进而促进 Smad2 和 Smad3 形

成异三聚体,并转运至细胞核内调控靶基因的转录<sup>[24]</sup>。本研究发现,CRBSI 组患者血清 TGF-β1、Smad2、Smad3 水平高于非 CRBSI 组,提示 TGF-β1、Smad2、Smad3 高表达可增加 CRBSI 的发生风险,这与赖贻旺等<sup>[25]</sup>研究一致。⑨ ALB。血清 ALB < 30 g/L 是发生 CRBSI 的高危因素。18% ~ 75% 慢性肾脏病患者发生营养不良,导致血浆蛋白质水平降低和分解代谢增强。此外,机体的微炎症状态降低了患者的食欲,蛋白质摄入减少也会引发营养不良,进而降低机体的抑菌和杀菌能力,增加病原菌入侵和感染的风险<sup>[26]</sup>。临床医护人员应重点关注以下几点:增加健康宣教,改变不良卫生习惯,必要时给予合理饮食指导,并重点关注置管后的注意事项,以减少感染发生。本研究基于以上因素构建患者发生 CRBSI 的 Nomogram 预测模型,通过 ROC 曲线和 DCA 验证显示,该模型具有较好的预测效能和正向净收益。此外,校准曲线显示模型与实际观测结果具有良好的一致性。

综上所述,CRF 血液透析患者的 CRBSI 发生率较高。年龄、吸烟、插管次数、导管留置时间、合并糖尿病、APACHE II 评分、外周血 ALB 以及血清 PCT、TNF-α、TGF-β1、IL-8、Smad2 和 Smad3 水平是 CRF 血液透析患者患者发生 CRBSI 的影响因素。基于上述因素构建的 Nomogram 预测模型具有良好预测价值和临床适用性,可为筛查高危人群提供依据。

参考文献

[1] OLSEN E, VAN GALEN G. Chronic renal failure-causes, clinical findings, treatments and prognosis [J]. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 2022, 38(1): 25-46.

[2] 陈晓燕, 赵翠萍, 任军华, 等. 慢性肾脏病(3b-5 期)非透析患者择时中药保留灌肠的临床研究[J]. *中国中西医结合肾病杂志*, 2022, 23(7): 628-631.

[3] MOHAMED H, ALI A, BROWNE L D, et al. Determinants and outcomes of access-related blood-stream infections among Irish haemodialysis patients; a cohort study[J]. *BMC Nephrol*, 2019, 20(1): 68.

[4] BELLO A K, OKPECHI I G, OSMAN M A, et al. Epidemiology of haemodialysis outcomes [J]. *Nat Rev Nephrol*, 2022, 18(6): 378-395.

[5] SU L T, HUANG H C, LIU Y C, et al. The appropriate frequency of dressing for percutaneous central venous catheters in preventing catheter-related blood stream infection in NICU-A randomized controlled trial [J]. *Pediatr Neonatol*, 2021, 62(3): 292-297.

[6] 国家卫生健康委办公厅医政医管局, 中国中西医结合学会肾脏病专业委员会. 慢性肾衰竭中西医结合诊疗指南[J]. *中国中西医结合杂志*, 2015, 35(9): 1029-1033.

[7] 国家卫生健康委办公厅. 血管导管相关感染预防与控制指南(2021 版)[J]. *中国感染控制杂志*, 2021, 20(4): 387-388.

[8] 罗丽群, 韦东晓, 李瑛. 连续性静脉-静脉血液滤过治疗

慢性肾衰竭合并脑出血患者的效果[J]. *实用临床医药杂志*, 2022, 26(6): 54-57.

[9] PANDIT P, SAHNI A K, GROVER N, et al. Catheter-related blood stream infections: prevalence, risk factors and antimicrobial resistance pattern[J]. *Med J Armed Forces India*, 2021, 77(1): 38-45.

[10] 敏敏, 陈星, 刘娇, 等. 静脉置管模式与 HM 患者 CRBSI 的病原菌分布及耐药性评估的相关性研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2018, 28(18): 67-71.

[11] 马曦立, 刘霞, 吴鑫, 等. 慢性肾功能衰竭血液透析导管相关性血流感染病原菌耐药性及其影响因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(3): 385-389.

[12] DOMINGUEZ L J, VERONESE N, VERNUCCIO L, et al. Nutrition, physical activity, and other lifestyle factors in the prevention of cognitive decline and dementia[J]. *Nutrients*, 2021, 13(11): 4080.

[13] 安奕, 赵磊, 张林忠, 等. 合并慢性肾脏病的高龄患者腹腔镜直肠癌根治术的麻醉与围术期管理[J]. *中华麻醉学杂志*, 2021, 41(12): 1425-1427.

[14] 赵明生, 陈远眠, 左晓英, 等. 使用中心静脉导管行血液透析患者导管相关性血流感染的危险因素分析[J]. *中国医学前沿杂志: 电子版*, 2021, 13(9): 104-107.

[15] 刘莉莉, 刘玉秋, 仰欣, 等. 血液透析患者带隧道带涤纶套导管相关性血流感染危险因素分析及预测模型构建与验证[J]. *中国血液净化*, 2021, 20(11): 773-777.

[16] HEYBATI K, SEGER R, THYAGU S, et al. Catheter management across patients with hematologic malignancies and catheter-related blood stream infections: a systematic review[J]. *Ann Hematol*, 2022, 101(11): 2515-2524.

[17] 罗杏英, 李佩球, 肖菲娜, 等. 血液透析中心静脉导管相关性血流感染患者医院感染特点及影响因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(22): 3431-3434.

[18] MARTIN K, LORENZO Y S P, LEUNG P Y M, et al. Clinical outcomes and risk factors for tunneled hemodialysis catheter-related bloodstream infections [J]. *Open Forum Infect Dis*, 2020, 7(6): ofaa117.

[19] LÖNNROT M, LYNCH K F, ELDING LARSSON H, et al. Respiratory infections are temporally associated with initiation of type 1 diabetes autoimmunity: the TEDDY study[J]. *Diabetologia*, 2017, 60(10): 1931-1940.

[20] 刘锐芮, 高静, 柏丁兮, 等. 血液透析患者导管相关性血流感染危险因素的 Meta 分析[J]. *临床肾脏病杂志*, 2022, 22(8): 674-680.

[21] MOUCHE A, PARMENTIER C, HERBEZ REA C, et al. Procalcitonin serum levels in stage 5 chronic kidney disease children on hemodialysis [J]. *Pediatr Nephrol*, 2021, 36(8): 2405-2409.

[22] LOPEZ-SILVA C, SURAPANANI A, CORESH J, et al. Comparison of aptamer-based and antibody-based assays for protein quantification in chronic kidney disease[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2022, 17(3): 350-360.

[23] HU Q C, QU C Y, XIAO X L, et al. Flavonoids on diabetic nephropathy: advances and therapeutic opportunities [J]. *Chin Med*, 2021, 16(1): 74.

[24] CHALKIA A, GAKIOPOULOU H, THEOCHARI I, et al. TGF-β1/smad signalling in proliferative glomerulonephritis associated with autoimmune diseases[J]. *Mediterr J Rheumatol*, 2022, 33(2): 176-184.

[25] 赖贻旺, 张竹华, 陈贵辽, 等. TGF-β1/Smads 信号通路激活与血液透析导管相关性血流感染的关联[J]. *中华医院感染学杂志*, 2022, 32(16): 2420-2424.

[26] MUKAI H, VILLAFUERTE H, QURESHI A R, et al. Serum albumin, inflammation, and nutrition in end-stage renal disease: C-reactive protein is needed for optimal assessment[J]. *Semin Dial*, 2018, 31(5): 435-439.

(本文编辑: 周娟 钱锋; 校对: 梁琥)