

• 论 著 •

基于分子生物学指标、临床特征建立颈椎 SCI 患者 ACDF 术后泌尿系统感染的 Nomogram 预测模型*

吴晓明¹, 罗翠香², 邢东倩³

1. 河北大学附属医院创伤骨科, 河北保定 071000; 2. 衡水市第四人民医院手足外二科, 河北衡水 053000;
3. 衡水市第四人民医院心电生理科, 河北衡水 053000

摘要:目的 基于分子生物学指标、临床特征建立颈椎脊髓损伤(SCI)患者颈椎前路减压融合(ACDF)术后泌尿系统感染(UTI)的 Nomogram 预测模型。方法 选取 2021 年 5 月至 2024 年 5 月河北大学附属医院行 ACDF 术的 310 例颈椎 SCI 患者, 统计术后 3 个月 UTI 发生情况, 将发生 UTI 的 61 例患者纳入 UTI 组, 未发生 UTI 患者中随机选取 61 例作为非 UTI 组。比较两组围术期临床特征、分子生物学指标[C 反应蛋白(CRP)/白蛋白(ALB)、可溶性髓系细胞表达的触发受体-1(sTREM-1)、簇分化抗原 64(CD64)、干扰素- γ (IFN- γ)、白细胞介素-4(IL-4)], 采用 Lasso-Logistic 回归分析术后发生 UTI 的影响因素, 采用受试者工作特征(ROC)曲线分析相关指标预测术后发生 UTI 的价值, 根据影响因素建立颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的 Nomogram 预测模型, 采用内部数据验证 Nomogram 预测模型的临床效能。结果 颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生率为 19.68%; 两组性别、年龄等一般资料差异无统计学意义($P > 0.05$); 与非 UTI 组比较, UTI 组损伤程度完全损伤、糖尿病者占比较多($P < 0.05$), 术前外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4 水平较高($P < 0.05$), IFN- γ 水平较低($P < 0.05$), 手术时间、术后住院时间、术后导尿管留置时间较长($P < 0.05$); 术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 水平均为颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的影响因素($P < 0.05$); 术前外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 单独预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的曲线下面积(AUC)分别为 0.748、0.755、0.730、0.729、0.736; Nomogram 预测模型预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的 AUC 为 0.901, 且模型预测的风险阈值 > 0.09 , 此模型在预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生风险方面具有较高的效能。结论 基于术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 水平建立颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的 Nomogram 预测模型具有较高预测效能。

关键词: 颈椎脊髓损伤; 颈椎前路减压融合术; 泌尿系统感染

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2026.02.008 **中图法分类号:** R446.1

文章编号: 1673-4130(2026)02-0167-06 **文献标志码:** A

Establishing a Nomogram prediction model for urinary system infection in SCI patients after ACDF surgery based on molecular biological indicators and clinical characteristics*

WU Xiaoming¹, LUO Cuixiang², XING Dongqian³

1. Department of Traumatic Orthopedics, Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding, Hebei 071000, China; 2. Second Department of Hand and Foot Surgery, Hengshui Fourth People's Hospital, Hengshui, Hebei 053000, China; 3. Department of Electrophysiology, Hengshui Fourth People's Hospital, Hengshui, Hebei 053000, China

Abstract: Objective To establish a Nomogram prediction model for urinary tract infection (UTI) after anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) surgery in patients with cervical spinal cord injury (SCI) based on molecular biological indicators and clinical characteristics. **Methods** A total of 310 cervical SCI patients who underwent ACDF surgery in the Affiliated Hospital of Hebei University from May 2021 to May 2024 were selected. The incidence of UTI was statistically analyzed 3 months after surgery, 61 patients who have experienced UTI were included in the UTI group, and 61 patients who have not experienced UTI were

* 基金项目: 河北省卫生健康委科研计划项目(20241027)。

作者简介: 吴晓明, 男, 主治医师, 主要从事颈椎损伤方向的研究。

randomly selected as the non-UTI group. The perioperative clinical characteristics and molecular biological indicators [C-reactive protein (CRP)/albumin (ALB), soluble triggering receptor expressed on myeloid cells-1 (sTREM-1), cluster differentiation antigen 64 (CD64), interferon- γ (IFN- γ), interleukin-4 (IL-4)] were compared between the two groups. Lasso-Logistic regression analysis was used to identify the factors that affect the occurrence of UTI after surgery. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the predictive value of relevant indicators for predicting the occurrence of UTI after surgery. A Nomogram prediction model for UTI after ACDF surgery in patients with cervical SCI was established based on the influencing factors, and the clinical efficacy of the Nomogram prediction model was validated by internal data. **Results** The incidence of UTI after ACDF surgery in patients with cervical SCI was 19.68%. There were no significant differences in gender, age, and other general data between the two groups ($P > 0.05$). Compared with the non-UTI group, the UTI group had more complete injuries and diabetes patients ($P < 0.05$), higher preoperative levels of peripheral blood CRP/ALB, sTREM-1, CD64, and IL-4 ($P < 0.05$), lower levels of IFN- γ ($P < 0.05$), and longer operation time, postoperative hospitalization time, and postoperative catheterization time ($P < 0.05$). The degree of preoperative injury, peripheral blood CRP/ALB, sTREM-1, CD64, IL-4, and IFN- γ levels were all factors that affected the occurrence of UTI in cervical SCI patients after ACDF surgery ($P < 0.05$). The area under the curve (AUC) of preoperative peripheral blood CRP/ALB, sTREM-1, CD64, IL-4, and IFN- γ alone for predicting the occurrence of UTI after ACDF surgery in patients with cervical SCI were 0.748, 0.755, 0.730, 0.729 and 0.736, respectively. The Nomogram prediction model had an AUC of 0.901 for predicting the occurrence of UTI after ACDF surgery in cervical SCI patients, and the model's predicted risk threshold was greater than 0.09, indicating high clinical utility in predicting the risk of UTI after ACDF surgery in cervical SCI patients. **Conclusion** The Nomogram prediction model for UTI after ACDF surgery in patients with cervical SCI based on preoperative injury severity, peripheral blood CRP/ALB, sTREM-1, CD64, IL-4, and IFN- γ levels has high predictive efficacy.

Key words: cervical spinal cord injury; anterior cervical discectomy and fusion; urinary system infection

脊髓损伤(SCI)主要由脊柱骨折引起,可导致截瘫,甚至死亡^[1]。据统计,2019 年全球有 2 060 万人发生 SCI,其中颈椎 SCI 最为常见,且颈椎 SCI 患者病情及预后情况相对其他部位颈椎 SCI 患者更差^[2-3]。我国创伤性 SCI 年发病率为 0.06%,其中颈椎 SCI 占比高达 55%^[4]。目前,临床多采用颈椎前路减压融合(ACDF)术治疗颈椎 SCI 患者,能降低患者死亡风险^[5-6]。但 ACDF 术后并发症较多,不利于患者术后康复,其中泌尿系统感染(UTI)发生率为 14%~45%,是影响患者术后康复的常见并发症^[7]。目前已有研究分析了颈椎 SCI 患者术后发生 UTI 的相关因素,但相关因素的选取不够全面,术后 UTI 发生的危险因素未完全阐明,且缺少便捷可靠的预测模型^[8-9]。因此,本研究基于分子生物学指标、临床特征建立颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的 Nomogram 预测模型,以期临床识别术后 UTI 高危患者提供可靠临床依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 5 月至 2024 年 5 月河北大学附属医院行 ACDF 术的 310 例颈椎 SCI 患者。纳入标准:(1)符合颈椎 SCI 诊断标准^[10];(2)年龄 >

18 岁;(3)美国脊柱损伤协会(ASIA)分级为 A 级、B 级^[11];(4)创伤致颈椎 SCI,受伤时间 < 7 d;(5)符合外科手术治疗适应证;(6)无生命危险。排除标准:(1)精神疾病或严重心理障碍;(2)伴其他部位 SCI;(3)先天性脊柱疾病或脊柱发育畸形;(4)脊柱肿瘤或其他恶性肿瘤;(5)术前感染或其他感染类疾病;(6)严重心脑血管疾病、肝肺肾功能障碍;(7)合并颅内出血;(8)血液系统或自身免疫性疾病。将术后 3 个月发生 UTI 的患者纳入 UTI 组,未发生 UTI 患者中随机选取作为非 UTI 组。本研究通过河北大学附属医院伦理委员会审批(审批号:HDFYLL-KY-2024-183)。所有患者及家属对本研究知情同意。

1.2 临床特征统计及分子生物学指标检测 临床特征包括性别、年龄、体重指数、损伤程度、糖尿病、高血压、高脂血症、吸烟史、饮酒史、手术时间、术后住院时间、术后导尿管留置时间,其中损伤程度参照 ASIA 分级评估,分为完全损伤(A 级)和部分损伤(B 级)^[11]。分子生物学指标包括 C 反应蛋白(CRP)/白蛋白(ALB)、可溶性髓系细胞表达的触发受体-1(sTREM-1)、簇分化抗原 64(CD64)、干扰素- γ (IFN- γ)、白细胞介素-4(IL-4)。采集患者入院时肘静脉血

5 mL,应用化学发光免疫分析法(试剂盒:上海一研生物公司)测定外周血 CRP 水平,应用免疫比浊法(试剂盒:上海科华生物公司)测定外周血 ALB 水平,计算 CRP/ALB,应用酶联免疫吸附试验(试剂盒:上海梅根生物公司)测定血清 sTREM-1、IL-4、IFN- γ 水平,应用流式细胞仪(美国 Beckman Coulter 公司,型号:Cytomic FC500)测定外周血 CD64 水平。

1.3 手术方法 采用 Smith-Robinson 技术进行 ACDF 术。依据脊髓受压部位、程度行多节段 ACDF 术治疗,椎间隙放置 Cage 融合器、颈前路钢板及螺钉,植骨的来源为人工骨。术后常规使用抗菌药物,视切口愈合情况于术后 2 周左右拆除缝合线,嘱患者佩戴颈部支具、行颈项部肌肉功能锻炼。

1.4 随访及 UTI 判定标准 全部患者术后均接受为期 3 个月的随访观察,记录随访期间发生 UTI 的病例。UTI 判定标准^[12]:尿常规白细胞 > 10 个/高倍视野和(或)细菌计数 ≥ 10 /mL,同时出现以下两个以上的症状,下腹痛、出汗、自主反射亢进、肾区不适或叩痛、尿液混浊伴异味、尿失禁症状加重、感觉不适、发热、膀胱痉挛症状加重、全身乏力不适、膀胱过度充盈。

1.5 统计学处理 采用 SPSS27.0 软件进行统计分析。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;计量资料经 K-S 法检验符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$

表示,组间比较采用 t 检验。采用 Lasso-Logistic 回归分析术后发生 UTI 的影响因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析相关指标预测术后发生 UTI 的价值,曲线下面积(AUC) > 0.7 表示有一定的预测效能,AUC > 0.9 表示预测效能较高。应用 R 版 3.5.2 软件包,根据影响因素建立颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的 Nomogram 预测模型,采用决策曲线分析(DCA)曲线验证 Nomogram 预测模型的临床效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生情况 本研究共纳入 310 例颈椎 SCI 患者,ACDF 术后 61 例患者发生 UTI,纳入 UTI 组,249 例患者未发生 UTI (且无其他感染),从中随机选取 61 例作为非 UTI 组。颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生率为 19.68% (61/310)。

2.2 两组围术期临床特征、分子生物学指标比较 两组间性别、年龄等一般资料差异无统计学意义 ($P > 0.05$);与非 UTI 组比较,UTI 组损伤程度完全损伤、糖尿病者占比较多 ($P < 0.05$),术前外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4 水平较高 ($P < 0.05$),IFN- γ 水平较低,手术时间、术后住院时间、术后导尿管留置时间较长 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 两组围术期临床特征、分子生物学指标比较[n(%)或 $\bar{x} \pm s$]

组别	n	性别		年龄(岁)	体重指数 (kg/m ²)	损伤程度		糖尿病
		男	女			完全损伤	部分损伤	
UTI 组	61	42(68.85)	19(31.15)	48.06 ± 5.79	23.71 ± 1.86	35(57.38)	26(42.62)	17(27.87)
非 UTI 组	61	37(60.66)	24(39.34)	46.65 ± 5.41	23.45 ± 1.79	21(34.43)	40(65.57)	7(11.48)
χ^2/t		0.898		1.390	0.787	6.470		5.187
P		0.343		0.167	0.433	0.011		0.023

组别	n	高血压	高脂血症	吸烟史	饮酒史	手术时间(min)	术后住院时间(d)
UTI 组	61	23(37.70)	15(24.59)	28(45.90)	10(16.39)	182.35 ± 20.67	10.25 ± 1.93
非 UTI 组	61	17(27.87)	12(19.67)	24(39.34)	8(13.11)	172.54 ± 18.29	9.53 ± 1.82
χ^2/t		1.339	0.428	0.536	0.261	2.776	2.120
P		0.247	0.513	0.464	0.610	0.006	0.036

组别	n	术后导尿管留置时间(h)	CRP/ALB	sTREM-1 (pg/mL)	CD64 (%)	IFN- γ (pg/mL)	IL-4 (pg/mL)
UTI 组	61	53.01 ± 8.77	0.81 ± 0.17	30.67 ± 5.82	2.73 ± 0.68	9.84 ± 2.61	81.59 ± 7.23
非 UTI 组	61	48.95 ± 8.05	0.54 ± 0.11	23.26 ± 4.01	1.86 ± 0.49	12.95 ± 3.62	72.61 ± 6.08
χ^2/t		2.664	10.415	8.189	8.107	5.443	7.424
P		0.009	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 术后发生 UTI 的 Lasso-Logistic 回归分析 将表 1 中差异有统计学意义的指标,即术前损伤程度、糖尿病、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、

IFN- γ 、手术时间、术后住院时间、术后导尿管留置时间纳入 Lasso 回归分析,见图 1~2,糖尿病、手术时间、术后住院时间、术后导尿管留置时间的系数随着

$\log(\lambda)$ 变化被压缩至 0,避免了模型的过度拟合,当惩罚系数 $\lambda=0.39$ 时模型性能最佳,据此筛选出 6 个影响因素:术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 。将颈椎 SCI 患者 ACDF 术后是否发生 UTI 作为因变量(赋值:否=0,是=1),Lasso 回归分析筛选出的 6 个影响因素(术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ)作为自变量,赋值如下,损伤程度:部分损伤=1,完全损伤=2;其余自变量均为连续变量,原值代入),多重共线性诊断显示,各自变量间不存在共线性(方差膨胀因子 <10)。采用逐步后退法将所有自变量拟合进行 Logistic 回归分析显示,术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 均为颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的影响因素($P<0.05$)。见表 2。

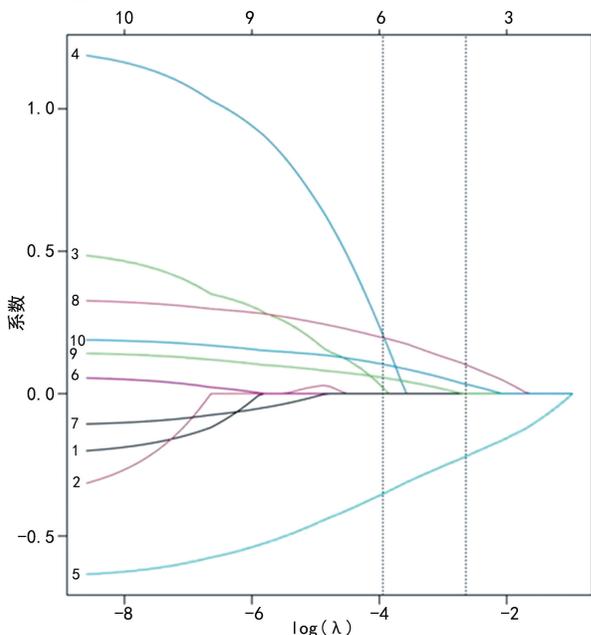


图 1 惩罚系数 λ 变化图

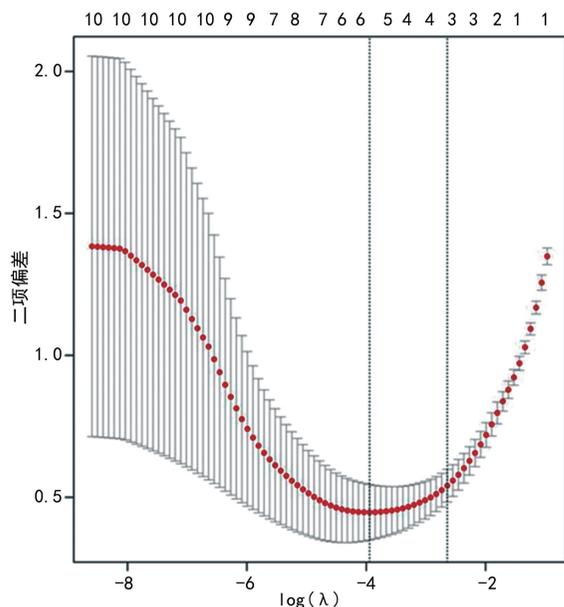


图 2 均方误差随 $\log(\lambda)$ 的变化图

2.4 相关指标预测术后发生 UTI 的价值 ROC 曲线分析显示,术前外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 单独预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的 AUC 分别为 0.748、0.755、0.730、0.729、0.736。见表 3。

表 2 基于 Lasso 回归分析的术后发生 UTI 的 Logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
损伤程度	0.669	0.223	8.995	1.952	1.239~3.075	<0.001
CRP/ALB	0.341	0.104	10.737	1.406	1.204~1.642	<0.001
sTREM-1	0.238	0.081	8.605	1.268	1.148~1.401	<0.001
CD64	0.271	0.093	8.514	1.312	1.165~1.477	<0.001
IFN- γ	-0.168	0.069	5.911	0.846	0.759~0.942	0.016
IL-4	0.189	0.071	7.072	1.208	1.117~1.306	0.003

表 3 相关指标预测术后发生 UTI 的价值

指标	AUC	95%CI	灵敏度 (%)	特异度 (%)	约登指数
CRP/ALB	0.748	0.661~0.822	81.97	60.66	0.426
sTREM-1	0.755	0.669~0.829	78.69	63.93	0.426
CD64	0.730	0.642~0.807	73.77	68.85	0.426
IFN- γ	0.729	0.641~0.805	72.13	63.93	0.361
IL-4	0.736	0.649~0.812	73.77	63.93	0.377

2.5 Nomogram 预测模型建立 将 Lasso-Logistic 回归分析筛选出的 6 个影响因素(术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ)作为预测因子,建立 Nomogram 预测模型。见图 3。

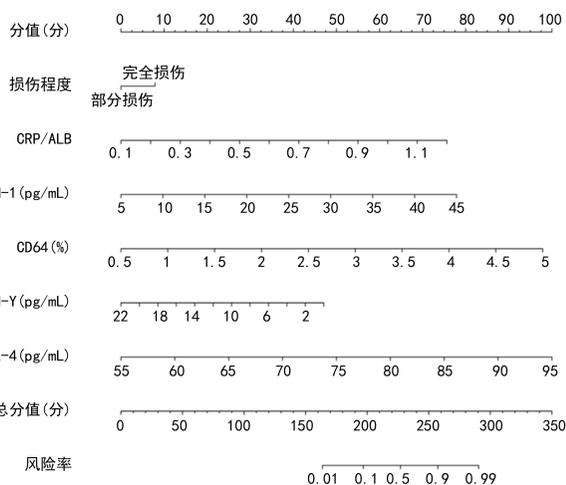


图 3 术后发生 UTI 的 Nomogram 预测模型

2.6 Nomogram 预测模型临床效能的内部数据验证 ROC 曲线分析显示,Nomogram 预测模型预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的 AUC 为 0.901(95%CI:0.851~0.954);模型预测的风险阈值 >0.09 ,可为临床预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生风险提供净收益,见图 4、5。

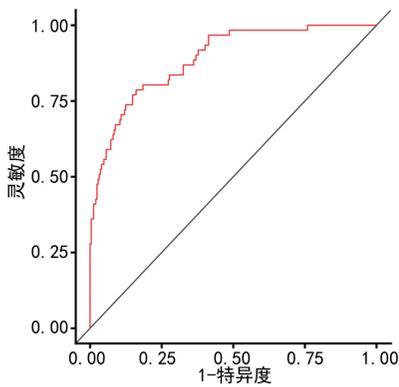


图 4 Nomogram 预测模型的 ROC 曲线

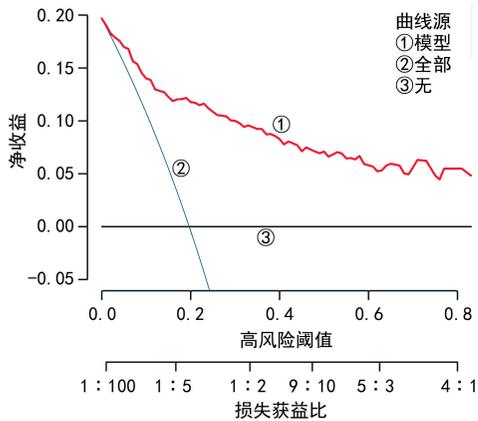


图 5 Nomogram 预测模型的 DCA 曲线

3 讨论

SCI 导致排尿中枢与大脑皮质的联系中断,可引起尿流动力学改变,致使患者伴有不同程度排尿功能障碍,最终引起 UTI^[13-14]。既往研究显示,急性创伤性颈椎 SCI 患者术后导管相关性 UTI 发生率为 19.0%^[15]。本研究结果显示,颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生率为 19.68%,与上述研究结果相近。说明颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生率较高,积极探究术后 UTI 发生的影响因素及预测模型对临床预防术后 UTI 发生、改善患者预后具有重要意义。

本研究结果显示,术前损伤程度是颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的影响因素之一,完全损伤可导致 UTI 发生风险增大。分析其原因在于,完全损伤患者颈椎 SCI 程度更严重,排尿中枢与大脑皮质的联系中断情况更严重,能加重排尿功能障碍,最终增加 UTI 发生风险。ZHAO 等^[16]研究结果显示,术前 A-SIA 分级是 SCI 住院患者发生 UTI 的独立影响因素,完全损伤患者具有更高 UTI 发生率,与本研究结果一致。本研究结果显示,与非 UTI 组比较,UTI 组术前外周血 CRP/ALB 明显升高,且是颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的影响因素,说明外周血 CRP/ALB 与颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的发生密切相关,可作为预测术后 UTI 发生的标志物。有研究显示,血清 CRP 是临床辅助诊断 UTI 的常用指标,但部分 UTI 患者血清 CRP 水平变化不明显,导致评估灵

敏度降低^[17]。CRP/ALB 是评估机体炎症-营养状况的综合指标,能结合 CRP 与 ALB 的特点,准确评估机体炎症及营养状态,是 UTI 相关的研究热点,高 CRP/ALB 提示机体炎症反应和营养失衡加重,机体抵御感染的能力减弱,增高 UTI 发生风险^[18]。曾治军等^[19]研究显示,高外周血 CRP/ALB 水平是复杂性肾结石患者术后发生 UTI 的独立危险因素,有助于预测 UTI 发生风险。本研究还发现,术前外周血 sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 水平也是颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的影响因素。其中 sTREM-1 是 TREM 家族的重要成员,其高表达可介导活化蛋白 1、T 细胞核因子等转录因子,还能激活下游信号传导通路,促进炎症因子释放,刺激炎症级联反应放大,同时能引起免疫功能紊乱,导致机体对病原体的清除能力降低,促进感染的发生和进展^[20]。CD64 是近年来感染相关的新兴标志物,正常情况下其水平较低,当机体发生感染时可刺激 CD64 表达,引起外周血中 CD64 水平急剧升高,而过表达的 CD64 能促进炎症因子产生,加重组织炎症^[21]。IL-4、IFN- γ 则是维持机体免疫功能的重要标志物,IL-4 对机体迟发性超敏反应有明显作用,IFN- γ 能介导细胞免疫,IL-4、IFN- γ 水平失衡可引起机体免疫紊乱,导致机体抵抗致病菌感染的能力减弱,从而增加感染发生风险^[22]。本研究进一步通过 ROC 曲线分析发现,术前外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 单独预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的 AUC 均在 0.7 以上,具有一定预测效能,均可作为预测术后发生 UTI 的分子生物学指标。阮锋等^[23]研究结果显示,颈椎 SCI 患者外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64 可作为预测术后 UTI 发生的生物标志物。李旺等^[24]报道指出,IL-4、IFN- γ 水平与急性创伤颈椎 SCI 患者并发感染密切相关,有助于评估创伤后感染情况,与本研究结果基本一致。

虽然以上研究基本确定了颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的影响因素,但仍缺乏一个便捷可靠的工具对术后 UTI 的发生进行预测。目前临床上多采用 Nomogram 预测模型预测不良事件发生风险,通过整合各种因素来生成此类事件的预测概率,能满足临床预测需求,且便捷可靠^[25]。因此,本研究将研究结果中的影响因素纳入 Nomogram 预测模型中,内部验证结果显示, Nomogram 预测模型预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的 AUC 为 0.901,具有较高预测效能,且模型预测的风险阈值 >0.09 ,在预测颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 发生风险方面具有较高的价值。这说明本研究构建的 Nomogram 预测模型是一种可靠的工具,可量化颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的风险。此外,临床工作中也较易获得上述影响因素,有助于临床医务人员及早识别高危人群,及时实施预防、治疗和护理策略。

综上所述,术前损伤程度、外周血 CRP/ALB、sTREM-1、CD64、IL-4、IFN- γ 水平是影响颈椎 SCI 患者 ACDF 术后发生 UTI 的因素,基于以上影响因素建立颈椎 SCI 患者 ACDF 术后 UTI 的 Nomogram 预测模型具有较高预测效能,可为临床识别术后 UTI 高危患者提供可靠临床依据。但本研究未动态观察各分子生物学指标随时间的变化情况,其最佳检测时间点尚未明确,未来仍需进一步深入探讨。

参考文献

- [1] LIU Y, YANG X, HE Z, et al. Spinal cord injury: global burden from 1990 to 2019 and projections up to 2030 using Bayesian age-period-cohort analysis[J]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1304153.
- [2] Global, regional, and national burden of spinal cord injury, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2023, 22(11): 1026-1047.
- [3] DING W, HU S, WANG P, et al. Spinal cord injury: the global incidence, prevalence, and disability from the global burden of disease study 2019[J]. *Spine*, 2022, 47(21): 1532-1540.
- [4] 张浩, 刘宇, 肖世宁, 等. 中国创伤性脊髓损伤患者流行病学特征的 Meta 分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023, 33(5): 397-407.
- [5] ALGAHTANI A Y, BAMSALLM M, ALGHAMDI K T, et al. Cervical spinal cord ischemic reperfusion injury: a comprehensive narrative review of the literature and case presentation[J]. *Cureus*, 2022, 14(9): e28715.
- [6] CHABRA R, MAUNG C, PAZIONIS T, et al. Iatrogenic cervical spinal cord injury after interlaminar cervical epidural injection[J]. *Interv Pain Med*, 2023, 2(4): 100288.
- [7] BERGER A, GOLDSTINE J, HOFSTAD C, et al. Incidence of urinary tract infection following initiation of intermittent catheterization among patients with recent spinal cord injury in Germany and the Netherlands[J]. *J Spinal Cord Med*, 2022, 45(3): 461-471.
- [8] LIU J, HAO X, SHANG X, et al. Incidence and risk factors of urinary tract infection in hospitalized patients with spinal cord injury in a hospital of China[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 3579.
- [9] XING H, DAI H, LI B, et al. Factors associated with urinary tract infection in the early phase after performing intermittent catheterization in individuals with spinal cord injury: a retrospective study[J]. *Front Med*, 2023, 10: 1257523.
- [10] RUPP R, BIERING-SØRENSEN F, BURNS S P, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury: revised 2019[J]. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2021, 27(2): 1-22.
- [11] American Spinal Injury Association. Appendix a: American spinal injury association standard neurological classification of spinal cord injury[J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2011, 17(3): 644-645.
- [12] CHOE H S, LEE S J, YANG S S, et al. Summary of the UAA-AAUS guidelines for urinary tract infections[J]. *Int J Urol*, 2018, 25(3): 175-185.
- [13] 张晓丹, 包丹丹, 李茜, 等. 脊髓损伤术后导尿管相关尿路感染多药耐药菌及其影响因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(3): 429-433.
- [14] FITZPATRICK M A, NWAFO N. Urinary tract infection diagnostic and management considerations in people with spinal cord injury and neurogenic bladder[J]. *Infect Dis Clin North Am*, 2024, 38(2): 381-393.
- [15] BANASZEK D, INGLIS T, RITCHIE L, et al. Effectiveness of silver alloy-coated silicone urinary catheters in patients with acute traumatic cervical spinal cord injury: results of a quality improvement initiative[J]. *J Clin Neurosci*, 2020, 78: 135-138.
- [16] ZHAO F, ZHANG L, CHEN X, et al. Construction and verification of urinary tract infection prediction model for hospitalized rehabilitation patients with spinal cord injury[J]. *World Neurosurg*, 2024, 188: e396-e404.
- [17] 曲小茜, 刘佳慧, 袁洋, 等. 尿白细胞介素 6、信号转导和转录激活因子 3、肝素结合蛋白在尿路感染中的表达及其与感染转归的关系[J]. *中国医师进修杂志*, 2023, 46(7): 627-632.
- [18] 刘涛, 张风华. 前列腺增生术后尿路感染患者 FGF10、NLR、CRP/ALB 变化及其临床意义[J]. *医学临床研究*, 2023, 40(5): 724-727.
- [19] 曾治军, 王兴, 赵涛, 等. 血清降钙素原、C 反应蛋白/白蛋白比值联合尿白细胞酯酶对复杂性肾结石患者经皮肾镜碎石术后发生尿路感染的预测价值分析[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(7): 1385-1390.
- [20] GONÇALVES G S, CORREA-SILVA S, ZHENG Y, et al. Circulating sTREM-1 as a predictive biomarker of pediatric multisystemic inflammatory syndrome (MIS-C)[J]. *Cytokine*, 2023, 161: 156084.
- [21] 吕有凯, 吉晓霞, 云天奇. 血清淀粉样蛋白 A/C 反应蛋白比值、活化蛋白 C、簇分化抗原 64 与重症肺炎的关系及对预后的预测价值[J]. *中国医刊*, 2024, 59(4): 452-455.
- [22] 王彦波, 刘泉, 张明明, 等. 脓毒血症患儿血清 IL-1 β 、IFN- γ 、IL-4 水平变化及其对革兰阳性菌/革兰阴性菌感染的鉴别诊断价值[J]. *中华微生物学和免疫学杂志*, 2023, 43(12): 939-944.
- [23] 阮锋, 王琳, 姚弘毅, 等. 脊髓损伤术后泌尿系感染患者 CRP/ALB、sTREM-1、CD64 水平变化及临床意义[J]. *中华医院感染学杂志*, 2022, 32(16): 2501-2504.
- [24] 李旺, 李佳平. IFN- γ 、IL-4 在急性创伤性脊髓损伤合并感染患者血清中的表达水平及其临床意义[J]. *医学临床研究*, 2023, 40(10): 1508-1511.
- [25] 张熙辉, 李峥嵘, 李仕能, 等. 影响股骨颈骨折患者术后出现股骨头坏死的相关因素分析及列线图预测模型的构建[J]. *中国医师进修杂志*, 2024, 47(5): 391-396.