

• 论 著 •

血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对脊柱骨折合并脊髓神经损伤患者术后神经功能恢复的预测效能*

袁 冶, 王天助, 陈 彤, 程 帅, 袁绍纪[△]

山东省公共卫生临床中心神经外二科, 山东济南 250031

摘 要:目的 探讨血清核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白 3(NLRP3)、胱抑素 C(CysC)、神经突起因子(Neuritin)对脊柱骨折合并脊髓神经损伤(SCI)患者术后神经功能恢复的预测效能。方法 选取 2021 年 7 月至 2023 年 7 月该院收治的 107 例脊柱骨折合并 SCI 患者,均于治疗后随访 6 个月,根据术后神经功能恢复情况分为恢复良好组(76 例)与恢复不良组(31 例)。比较两组临床资料、血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平,分析血清 NLRP3、CysC、Neuritin 与 Frankel 分级的相关性及对术后神经功能恢复情况的影响,评价血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对术后神经功能恢复情况的预测效能。结果 两组受伤至激素类药物使用时间 ≥ 8 h、椎管侵占率 $\geq 50\%$ 比例、Frankel 分级比较差异均有统计学意义($P < 0.05$);恢复不良组血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平高于恢复良好组($P < 0.05$);血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平在 Frankel 分级 A 级、B 级、C 级、D 级患者中呈逐渐下降趋势($P < 0.05$);血清 NLRP3、CysC、Neuritin 与 Frankel 分级呈负相关($P < 0.05$);血清 NLRP3、CysC、Neuritin 是脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的独立危险因素($P < 0.05$);血清 NLRP3、CysC、Neuritin 预测患者术后神经功能恢复的曲线下面积(AUC)分别为 0.813、0.774、0.757,灵敏度分别为 74.19%、77.42%、70.97%,特异度分别为 82.89%、68.42%、81.58%;三者联合预测患者术后神经功能恢复的 AUC 为 0.927,灵敏度为 83.87%,特异度为 85.53%,预测价值高于各项指标单独预测($P < 0.05$)。结论 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 是脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的独立危险因素,且联合预测价值较为可靠。

关键词:脊柱骨折; 脊髓神经损伤; 核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白 3; 胱抑素 C; 神经突起因子

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.08.004

中图法分类号:R826.64

文章编号:1673-4130(2025)08-0915-06

文献标志码:A

Predictive efficacy of serum NLRP3, CysC and Neuritin in postoperative neurological function recovery in patients with spinal fracture complicated with spinal cord nerve injury*

YUAN Ye, WANG Tianzhu, CHEN Tong, CHENG Shuai, YUAN Shaoji[△]

Second Department of Neurosurgery, Shandong Provincial Public Health Clinical Center, Jinan, Shandong 250031, China

Abstract: Objective To investigate the predictive efficacy of serum nucleotide-binding oligomeric domain-like receptor protein 3 (NLRP3), cystatin C (CysC) and Neuritin in postoperative neurological function recovery in patients with spinal fracture complicated with spinal cord nerve injury (SCI). **Methods** A total of 107 patients with spinal fracture complicated with SCI from July 2021 to July 2023 were selected and followed up for 6 months after treatment. They were divided into good recovery group (76 cases) and poor recovery group (31 cases) according to postoperative neurological function recovery. The clinical data, serum NLRP3, CysC and Neuritin levels of the two groups were compared, and the correlation of serum NLRP3, CysC, Neuritin and Frankel grades and their effects on postoperative neurological function recovery were analyzed. The predictive efficacy of serum NLRP3, CysC and Neuritin on postoperative neurological recovery was evaluated. **Results** There were statistically significant differences between the two groups in the proportion of time from injury to hormone drug use ≥ 8 h, vertebral canal encroachment rate $\geq 50\%$ and Frankel grade ($P < 0.05$). The levels of NLRP3, CysC and Neuritin in poor recovery group were higher than those in good recovery group ($P < 0.05$). Serum NLRP3, CysC and Neuritin levels were gradually decreased in Frankel grade A, B, C and D patients ($P < 0.05$). Serum NLRP3, CysC and Neuritin were negatively correlated with Frankel grades ($P < 0.05$). Serum NLRP3, CysC and Neuritin were independent risk factors for postoperative neurological function

* 基金项目:山东省优秀中青年科学家科研奖励基金项目(S2021SW1194)。

作者简介:袁冶,男,主治医师,主要从事神经脊柱方向的研究。 [△] 通信作者, E-mail: r2568297783@163.com。

recovery in patients with spinal fracture complicated with SCI ($P<0.05$). The area under the curve(AUC) predicted by serum NLRP3, CysC and Neuritin was 0.813, 0.774 and 0.757, the sensitivity was 74.19%, 77.42% and 70.97%, and the specificity was 82.89%, 68.42% and 81.58%, respectively. The AUC of the combined prediction of the three indexes was 0.927, the sensitivity was 83.87%, and the specificity was 85.53%, and the prediction value was significantly higher than that predicted by each index alone ($P<0.05$).

Conclusion Serum NLRP3, CysC and Neuritin are independent risk factors for postoperative neurological function recovery in patients with spinal fracture complicated with SCI, and their combined predictive value is relatively reliable.

Key words: spinal fracture; spinal cord nerve injury; nucleotide-binding oligomeric domain-like receptor protein 3; cystatin C; Neuritin

脊柱骨折是临床骨科常见疾病,约 1/5 患者伴有脊髓神经损伤(SCI),导致患者出现感觉、运动及神经功能障碍,严重威胁患者身心健康^[1-2]。早期评估脊柱骨折合并 SCI 患者病情严重程度和预测患者预后情况显得尤为重要,而临床尚缺乏较为可靠的预测脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的血清学指标。因此,积极探索相关血清学标志物至关重要。有研究表明,炎症反应是脊柱骨折合并 SCI 发生的重要机制之一^[3]。核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白 3 (NLRP3)炎症小体具有调控促炎细胞因子表达、介导机体炎症反应的作用,与神经炎症密切相关^[4]。胱抑素 C(CysC)是一种碱性分泌蛋白,具有促进炎症反应发生发展的作用,并且参与多种神经系统疾病发病过程,与神经功能损伤有关^[5]。神经突起因子(Neuritin)属于神经可塑性相关蛋白,具有修复神经功能损伤的作用^[6]。但关于三者与脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的关系仍缺乏充足的数据支持。鉴于此,本研究尝试探讨血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的预测效能。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 7 月至 2023 年 7 月本院收治的 107 例脊柱骨折合并 SCI 患者,纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)经 CT 或 MRI 检查证实脊柱骨折,且出现神经损伤症状;(3)符合《外科学》^[7]中脊柱骨折合并 SCI 的诊断标准;(4)受伤至入院时间 < 12 h。排除标准:(1)合并免疫系统疾病;(2)合并感染;(3)伴有血液系统疾病;(4)参与本研究前 3 个月内有外科手术史;(5)参与本研究前 1 个月有抗菌药物治疗史;(6)属于陈旧性骨折或病理性骨折;(7)合并脊椎结核或恶性肿瘤;(8)随访期间失访。107 例患者中男 62 例,女 45 例;年龄 26~58 岁,平均(42.84 $\pm$ 5.13)岁;致伤原因:交通事故 39 例,重物砸伤 43 例,高处坠落 18 例,其他 7 例;受伤至入院时间 2~10 h,平均(6.28 $\pm$ 1.30)h;受伤至激素类药物使用时间: < 8 h 67 例, ≥ 8 h 40 例;骨折累及节段:T11~T12 57 例,L1~L2 50 例;椎管侵占率: $< 50\%$

71 例, $\geq 50\%$ 36 例;Frankel 分级:A 级 15 例,B 级 23 例,C 级 33 例,D 级 36 例。所有患者均签订知情同意书。本研究经本院伦理委员会审批通过(批号:20210095)。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 于所有患者入院后通过电子病历档案收集其性别、年龄、致伤原因、受伤至入院时间、受伤至激素类药物使用时间、骨折累及节段、合并骨质疏松、椎管侵占率、Frankel 分级等临床资料,其中 Frankel 分级^[8]分为 A~E 级,A 级为完全性损伤,B 级、C 级、D 级为不完全性损伤,E 级为正常。

1.2.2 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平检测 于所有患者入院次日采集空腹静脉血 3 mL,离心处理,将血清保存于一 80℃冰箱内,备用。采用酶联免疫吸附试验检测 NLRP3、Neuritin 水平,免疫比浊法检测 CysC 水平,试剂盒均购自美国 Corning 公司,其中 NLRP3 试剂盒货号为 356008,Neuritin 试剂盒货号为 kl-H519Ra01,CysC 试剂盒货号为 431943,所有操作步骤严格遵循说明书进行。

1.2.3 分组方法 根据患者实际病情采取合适的手术治疗,治疗后通过门诊定期复查的形式随访 6 个月,采用美国脊髓损伤学会评分(ASIA)神经功能分级^[9]评估术后神经功能恢复情况,ASIA 神经功能分级较术前提升为恢复良好;ASIA 神经功能分级较术前无变化或下降为恢复不良。根据术后神经功能恢复情况分为恢复良好组(76 例)与恢复不良组(31 例)。

1.3 观察指标 (1)两组临床资料。(2)两组血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平。(3)不同 Frankel 分级患者血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平。(4)血清 NLRP3、CysC、Neuritin 与 Frankel 分级的相关性。(5)血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对患者术后神经功能恢复情况的影响。(6)血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对患者术后神经功能恢复情况的预测效能。

1.4 统计学处理 采用 SPSS27.0 软件进行数据处理及分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 描述,多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用

LSD-*t* 检验,两组间比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料以 *n*(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;等级资料以 *n*(%)表示,组间比较采用 Ridit 检验;采用多因素 Logistic 回归分析脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的影响因素;采用 Spearman 法分析血清 NLRP3、CysC、Neuritin 与 Frankel 分级的相关性;采用受试者工作特征(ROC)曲线及曲线下面积(AUC)分析血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对患者术后神经功能恢复情况的预测效能。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组临床资料比较 恢复不良组和恢复良好组性别、年龄、致伤原因、受伤至入院时间、骨折累及节段、合并骨质疏松比例比较差异均无统计学意义(*P*>0.05);恢复不良组受伤至激素类药物使用时间≥8 h 比例、椎管侵占率≥50%比例高于恢复良好组(*P*<0.05);两组 Frankel 分级比较差异有统计学意义(*P*<0.05),见表 1。

表 1 两组临床资料比较[*n*(%)或 $\bar{x}\pm s$]

项目	恢复不良组 (<i>n</i> =31)	恢复良好组 (<i>n</i> =76)	χ^2/t	<i>P</i>
性别			0.201	0.654
男	19(61.29)	43(56.58)		
女	12(38.71)	33(43.42)		
年龄(岁)	43.05±4.81	42.76±5.07	0.272	0.786
致伤原因			0.344	0.731
交通事故	11(35.48)	28(36.84)		
重物砸伤	12(38.71)	31(40.79)		
高处坠落	5(16.13)	13(17.11)		
其他	3(9.68)	4(5.26)		
受伤至入院时间(h)	6.41±1.27	6.22±1.09	0.779	0.438
受伤至激素类药物使用时间(h)			17.184	<0.001
<8	10(32.26)	57(75.00)		
≥8	21(67.74)	19(25.00)		
骨折累及节段			0.048	0.826
T11~T12	16(51.61)	41(53.95)		
L1~L2	15(48.39)	35(46.05)		
合并骨质疏松	4(12.90)	7(9.21)	0.326	0.568
椎管侵占率(%)			18.632	<0.001
<50	11(35.48)	60(78.95)		
≥50	20(64.52)	16(21.05)		
Frankel 分级			2.453	0.014
A 级	8(25.81)	7(9.21)		
B 级	9(29.03)	14(18.42)		
C 级	7(22.58)	26(34.21)		
D 级	7(22.58)	29(38.16)		

2.2 两组血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平比较 恢复不良组血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平高于恢复良好组(*P*<0.05),见表 2。

表 2 两组血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	<i>n</i>	NLRP3 (pg/mL)	CysC (mg/L)	Neuritin (pg/L)
恢复不良组	31	160.55±43.28	1.64±0.51	72.38±20.03
恢复良好组	76	118.71±31.34	0.80±0.26	56.67±14.17
<i>t</i>		5.583	11.257	4.589
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 不同 Frankel 分级患者血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平比较 不同 Frankel 分级患者血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平比较,差异均有统计学意义(*P*<0.05);进一步两两比较,血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平在 Frankel 分级 A 级、B 级、C 级、D 级患者中呈逐渐下降趋势(*P*<0.05),见表 3。

表 3 不同 Frankel 分级患者血清 NLRP3、CysC、Neuritin 水平比较($\bar{x}\pm s$)

Frankel 分级	<i>n</i>	NLRP3 (pg/mL)	CysC (mg/L)	Neuritin (pg/L)
A 级	15	208.31±30.52 ^{abc}	2.54±0.40 ^{abc}	94.18±15.62 ^{abc}
B 级	23	176.49±26.19 ^{bc}	2.16±0.35 ^{bc}	80.55±12.74 ^{bc}
C 级	33	158.73±22.75 ^c	1.55±0.31 ^c	72.10±11.03 ^c
D 级	36	132.13±20.30	1.02±0.29	58.33±10.88
<i>F</i>		40.216	101.789	36.048
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

注:与 B 级患者比较,^a*P*<0.05;与 C 级患者比较,^b*P*<0.05;与 D 级患者比较,^c*P*<0.05。

2.4 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 与 Frankel 分级的相关性 Spearman 法结果显示,血清 NLRP3、CysC、Neuritin 与 Frankel 分级(赋值:A 级=1,B 级=2,C 级=3,D 级=4)呈负相关(*r*=-0.759、-0.704、-0.758,*P*<0.05)。

2.5 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对患者术后神经功能恢复情况的影响 以脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复情况作为因变量(恢复良好=0,恢复不良=1),因 Frankel 分级与血清 NLRP3、CysC、Neuritin 同时纳入 Logistic 回归分析时存在多重共线性,故将 Frankel 分级剔除后以受伤至激素类药物使用时间、椎管侵占率、血清 NLRP3、CysC、Neuritin 作为自变量,多因素 Logistic 回归分析结果显示,受伤至激素类药物使用时间、椎管侵占率、血清 NLRP3、CysC、Neuritin 是脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的独立危险因素(*P*<0.05),见表 4。

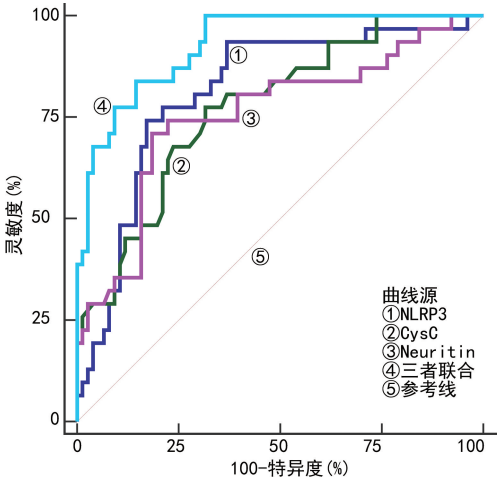
2.6 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对患者术后神经功能恢复情况的预测效能 ROC 曲线分析结果显

示,血清 NLRP3 预测患者术后神经功能恢复的 AUC 为 0.813(95%CI:0.726~0.882),最佳截断值为 140.49 pg/mL,灵敏度为 74.19%,特异度为 82.89%;CysC 预测患者术后神经功能恢复情况的 AUC 为 0.774(95%CI:0.683~0.849),最佳截断值为 1.17 mg/L,灵敏度为 77.42%,特异度为 68.42%;Neuritin 预测患者术后神经功能恢复情况的

AUC 为 0.757(95%CI:0.664~0.834),最佳截断值为 64.72 pg/L,灵敏度为 70.97%,特异度为 81.58%;三者联合预测患者术后神经功能恢复情况的 AUC 为 0.927(95%CI:0.861~0.969),灵敏度为 83.87%,特异度为 85.53%,联合检测的预测价值高于各项指标单独检测($P<0.05$),见图 1。

表 4 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对患者术后神经功能恢复情况的影响

变量	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
受伤至激素类药物使用时间	1.599	0.415	14.840	4.947	1.712~14.293	<0.001
椎管侵占率	1.635	0.409	15.985	5.131	2.054~12.816	<0.001
NLRP3	0.493	0.157	9.875	1.638	1.226~2.188	<0.001
CysC	0.535	0.160	11.171	1.707	1.405~2.074	<0.001
Neuritin	0.494	0.144	11.758	1.638	1.139~2.357	<0.001



NLRP3 在 SCI 发生后表达上调,提示 NLRP3 与 SCI 发生有关。在此基础上,本研究尝试分析血清 NLRP3 与脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的关系,本研究发现,恢复不良组血清 NLRP3 水平高于恢复良好组,且与 SCI 程度存在一定联系,是神经功能恢复的独立危险因素,可见 NLRP3 不仅与 SCI 发生风险有关,还与 SCI 神经功能恢复情况联系紧密。分析相关机制为 NLRP3 参与脊柱骨折合并 SCI 患者机体内炎症反应的启动和发展,NLRP3 被异常激活,促进大量炎症细胞因子释放,加重神经炎症和神经功能损伤,从而不利于患者术后神经功能恢复^[15]。同时,有动物实验结果表明,在 SCI 动物模型中抑制 NLRP3 活化能够减轻神经炎症,并促进神经功能恢复^[16]。提示临床可将 NLRP3 作为促进脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的新靶点,但具体作用效果仍有待进一步探讨。ROC 曲线结果显示,血清 NLRP3 独立预测脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复情况的价值良好,可作为独立预测因子应用于临床早期预测中。

图 1 血清 NLRP3、CysC、Neuritin 对术后神经功能恢复情况的预测效能

3 讨 论

脊柱骨折主要是由间接或直接的外力造成,发生率占全身骨折的 5%~6%,SCI 是脊柱骨折最常见的并发症之一,SCI 不仅会加重原发性损伤,还会破坏血液-脊髓屏障,损害神经元和胶质细胞,导致严重脊髓神经功能损害,若未得到及时可靠的治疗,可能导致感觉功能和运动功能障碍,甚至造成大小便失禁及瘫痪,对患者身心健康造成严重影响^[10]。然而,目前临床仍缺乏用于预测脊柱骨折合并 SCI 患者神经功能恢复情况的客观的特异性指标。因此,积极探索相关血清学指标在脊柱骨折合并 SCI 患者神经功能恢复情况中的预测价值显得尤为重要。

CysC 属于半胱氨酸蛋白酶抑制剂家族重要成员之一,主要由有核细胞分泌,参与中性粒细胞的迁移和趋化过程,在多种炎症损伤中发挥一定作用^[17-18]。张琼雅等^[19]研究发现,血清 CysC 水平与脊柱骨折患者脊髓损伤程度呈负相关,与本研究血清 CysC 与 Frankel 分级呈负相关的结果一致,提示血清 CysC 水平与 SCI 程度密切相关。除此之外,本研究多因素 Logistic 回归分析结果显示,血清 CysC 是脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的独立危险因素,是因为 CysC 能够通过降解异常聚集的蛋白质、诱导自噬、促进神经炎症反应等途径加重神经功能损伤,影响神经功能恢复^[20]。同时,有学者指出,CysC 水平异

NLRP3 具有介导炎症反应和诱导细胞凋亡的作用,属于中枢神经系统中最丰富的炎症小体,是神经系统炎症反应的重要影响因素之一^[11]。有研究发现,NLRP3 异常激活与动脉粥样硬化、脑血管疾病及神经退行性疾病关系密切^[12-13]。贾玮佳等^[14]报道发现,

常升高会一定程度损伤神经元,加速神经元细胞凋亡,影响神经系统氧化应激反应,加重 SCI 程度,从而延误神经功能恢复^[21-22]。本研究结果还显示,血清 CysC 单独预测脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的 AUC>0.700,说明其具有独立预测能力,能为临床早期预测提供有效的参考依据。

Neuritin 属于可塑性神经营养因子,具有调节神经系统发育的作用,在脊神经节中呈高表达^[23]。为此,本研究选择探讨血清 Neuritin 与脊柱骨折合并 SCI 患者病情及术后神经功能恢复的关系,结果显示,血清 Neuritin 与 SCI 程度存在一定联系,且是脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的独立危险因素,这与李盖等^[24]报道中脊柱骨折合并 SCI 预后不良患者血清 Neuritin 水平高于预后良好患者的结果相符。脊柱骨折愈合的过程伴随着神经纤维生长并调节骨髓、骨膜及骨折断端组织生长修复的情况,同时 SCI 后神经功能恢复与神经元轴突再生密切相关^[25]。而 Neuritin 能够通过刺激轴突与树突生长参与神经元的轴突再生和突触传递,从而重塑突触和神经元之间的联系,有利于神经元修复^[26]。故在胶质瘢痕阻碍脊柱骨折合并 SCI 患者神经元受损后突触联系的重新建立和生长因子信号传导的条件下,机体会通过上调 Neuritin 表达启动脊髓神经的自我修复,神经损伤越严重,所需的 Neuritin 越多,机体上调 Neuritin 表达幅度越大,以支持脊髓神经的自我修复^[27-28]。进一步分析显示,血清 Neuritin 能够有效预测脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复情况,可作为独立预测因子为临床提供相关数据支持。

由于单一指标预测的准确性在临床实际中会受到多种因素干扰,故本研究尝试分析了血清 NLRP3、CysC、Neuritin 联合预测脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的价值,结果显示,三者联合预测术后神经功能恢复的价值高于各项指标单独预测,能够作为临床预测脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的重要方式,还能为临床开展相关防治工作提供可靠的指导信息,有助于降低术后神经功能恢复不良风险。不足之处是受临床实际条件和时间的限制,尚未在临床中验证血清 NLRP3、CysC、Neuritin 联合预测的实际价值,今后需做进一步分析。

综上所述,血清 NLRP3、CysC、Neuritin 是脊柱骨折合并 SCI 患者术后神经功能恢复的独立危险因素,且联合预测价值较为可靠。

参考文献

[1] IZZY S. Traumatic spinal cord injury[J]. Continuum (Minneap Minn), 2024, 30(1): 53-72.
[2] TU P H, LIU Z H, YEAP M C, et al. Spinal cord injury and spinal fracture in patients with ankylosing spondylitis

[J]. BMC Emerg Med, 2022, 22(1): 73.
[3] SHIBA D, HIFUMI T, TOMIYAMA K, et al. Traumatic retropharyngeal hematoma without spinal cord injury or spinal fracture: a retrospective multicenter analysis[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2023, 49(3): 1477-1484.
[4] MOKHTARI T, ULUDAG K. Role of NLRP3 Inflammation in post-spinal-cord-injury anxiety and depression: molecular mechanisms and therapeutic implications[J]. ACS Chem Neurosci, 2024, 15(1): 56-70.
[5] GOTO T, KAWASAKI Y, TAKEMOTO J, et al. Evaluating estimated glomerular filtration rates of creatinine and cystatin C for male patients with chronic spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2018, 56(5): 447-452.
[6] ZHANG L, WANG Y, PAN R L, et al. Neuritin attenuates oxygen-glucose deprivation/reoxygenation (OGD/R)-induced neuronal injury by promoting autophagic flux[J]. Exp Cell Res, 2021, 407(2): 112832.
[7] 陈孝平, 汪建平. 外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 593.
[8] KIRSHBLUM S, BOTTICELLO A, BENEDETTO J, et al. A comparison of diagnostic stability of the ASIA impairment scale versus frankel classification systems for traumatic spinal cord injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2020, 101(9): 1556-1562.
[9] STERNER R C, BROOKS N P. Early decompression and short transport time after traumatic spinal cord injury are associated with higher American Spinal Injury Association Impairment Scale Conversion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2022, 47(1): 59-66.
[10] 张俊, 陈进平, 肖涛, 等. Sextant 微创经皮椎弓根螺钉内固定术与开放式椎弓根螺钉内固定术治疗脊柱骨折对影像学指标及再发骨折的影响[J]. 河北医学, 2023, 29(3): 441-446.
[11] KONG G G, LIU J H, LI R, et al. Ketone metabolite β -Hydroxybutyrate ameliorates inflammation after spinal cord injury by inhibiting the NLRP3 inflammasome[J]. Neurochem Res, 2021, 46(2): 213-229.
[12] 刘峰, 庄万欣, 杨媛, 等. NLRP3 炎症小体激活的调控机制研究进展[J]. 生物医学转化, 2024, 5(2): 2-11.
[13] XU C, ZHOU Z P, ZHAO H S, et al. Zinc promotes spinal cord injury recovery by blocking the activation of NLRP3 inflammasome through SIRT3-mediated autophagy[J]. Neurochem Res, 2023, 48(2): 435-446.
[14] 贾伟佳, 陆廷盛, 姚书耽, 等. 脊柱骨折并发脊髓损伤患者血清 miRNA-133a 和核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白 3 水平及其与预后的相关性研究[J]. 现代检验医学杂志, 2023, 38(2): 1-6.
[15] WANG J, ZHANG F, XU H C, et al. TLR4 aggravates microglial pyroptosis by promoting DDX3X-mediated NLRP3 inflammasome activation via JAK2/STAT1 pathway after spinal cord injury[J]. Clin Transl Med, 2022, 12(6): e894.
[16] ZHAO H L, WANG X, LIU S H, et al. Paeonol regulates

NLRP3 inflammasomes and pyroptosis to alleviate spinal cord injury of rat[J]. BMC Neurosci, 2022, 23(1): 16-22.

[17] CHEN J, SHEN J Y, PAN Y S, et al. Association of serum cystatin C level with coronary atherosclerotic plaque burden; a comprehensive analysis of observational studies and genetic study[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23(1): 499.

[18] WERNEBURG G T, HETTEL D, JEONG S, et al. Estimated glomerular filtration rate using cystatin C is a more sensitive marker for kidney dysfunction in non-weight-bearing individuals[J]. J Urol, 2023, 209(2): 391-398.

[19] 张琼雅, 王春月, 陈星华. 脊柱骨折患者脊髓损伤程度与血清 CysC、Neurtin、ESR 相关性分析[J]. 浙江创伤外科, 2023, 28(5): 924-926.

[20] ZHANG J Y, DING R T, XIAN Q Z, et al. Serum cystatin C is increased in acute spinal cord injury: a multicentre retrospective study[J]. Spinal Cord, 2020, 58(3): 341-347.

[21] AUGUSTINE T A, PRAKASH H M, ALEXANDER S, et al. Assessment of renal function in persons with motor complete spinal cord injury-cystatin C as an accurate single marker[J]. Spinal Cord, 2024, 62(6): 295-299.

[22] WAN K X, MAO F X, LI Q Q, et al. Neuritin-overexpressing transgenic mice demonstrate enhanced neuroregeneration capacity and improved spatial learning and memory recovery after ischemia-reperfusion injury[J]. Aging (Albany NY), 2020, 13(2): 2681-2699.

[23] FÄHNDRICH C, GEMPERLI A, BAUMBERGER M, et al. Risk factors of major complications after flap surgery in the treatment of stage III and IV pressure injury in people with spinal cord injury/disorder: a retrospective cohort study[J]. Spinal Cord, 2024, 62(1): 34-41.

[24] 李盖, 何升华, 郭子宾, 等. 脊柱骨折合并脊髓损伤患者血清 Neuritin、NFL、S100B 蛋白水平与术后预后不良的关系研究[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(2): 4303-4307.

[25] 王玉波, 田文龙, 朱涛, 等. 血清神经突起因子和转化生长因子-β1 对脊柱骨折合并脊髓损伤患者神经功能恢复的预测作用[J]. 脊柱外科杂志, 2023, 21(5): 326-330.

[26] ZHANG Z, ZHOU H L, ZHOU J Y. Neuritin inhibits astrogliosis to ameliorate diabetic cognitive dysfunction[J]. J Mol Endocrinol, 2021, 66(4): 259-272.

[27] GAO R, LI X Y, XI S S, et al. Exogenous neuritin promotes nerve regeneration after acute spinal cord injury in rats[J]. Hum Gene Ther, 2016, 27(7): 544-554.

[28] FAN L, LI X B, LIU T. Asiaticoside inhibits neuronal apoptosis and promotes functional recovery after spinal cord injury in rats[J]. J Mol Neurosci, 2020, 70(12): 1988-1996.

(收稿日期: 2024-08-25 修回日期: 2024-12-09)

(上接第 914 页)

[12] 曹晓丽, 苏世文, 贾英. LRP11 在宫颈癌中表达及其与 HPV 感染和肿瘤进展的关系[J]. 中南医学科学杂志, 2021, 49(1): 25-30.

[13] 王翠, 王丹丹, 黄鑫. 宫颈癌组织中 TRIM59、CCNE1 的表达及其与预后的关系[J]. 中国计划生育和妇产科, 2024, 16(4): 32-36.

[14] 王海鹏, 刘屹, 陈庆芬, 等. 三结构域家族蛋白 22 在宫颈癌中的表达及其对高危型人乳头瘤病毒阳性宫颈癌细胞增殖、侵袭及凋亡的影响[J]. 肿瘤学杂志, 2021, 27(9): 758-765.

[15] WANG X, ZHANG Y, PEI X, et al. TRIM3 inhibits P53 signaling in breast cancer cells[J]. Cancer Cell Int, 2020, 20(1): 559.

[16] 张莉莉, 甄飞. 组织内 TRIM3 及 FoxO1 表达与原发肝癌患者病理特征及预后间的关系分析[J]. 肝脏, 2024, 29(1): 95-98.

[17] ZHU J, WU G, KE Z, et al. Targeting TRIM3 deletion-induced tumor-associated lymphangiogenesis prohibits lymphatic metastasis in esophageal squamous cell carcinoma[J]. Oncogene, 2019, 38(15): 2736-2749.

[18] HAN Y, LU S, SONG C, et al. Dual roles of TRIM3 in colorectal cancer by retaining p53 in the cytoplasm to decrease its nuclear expression[J]. Cell Death Discov, 2023, 9(1): 85.

[19] GOSHAYESHI L, AFSHAR J, MEHRAD-MAJD H. Clinical significance of TRIM44 expression in patients with gastric cancer[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2022, 23(5): 1725-1731.

[20] WEN L, MAO W, XU L, et al. Sesamin exerts anti-tumor activity in esophageal squamous cell carcinoma via inhibition of TRIM44 and NF-κB signaling[J]. Chem Biol Drug Des, 2022, 99(1): 118-125.

[21] 王丽, 陆军, 刘金鹏, 等. TRIM44 基因对子宫内膜癌细胞生长及放疗敏感性的影响[J]. 山西医科大学学报, 2022, 53(11): 1391-1401.

[22] 王鹏宇, 胡圣晨, 陈浙南, 等. 基于数据库挖掘: TRIM44 蛋白在结直肠癌中的表达差异分析[J]. 中南医学科学杂志, 2021, 49(1): 12-19.

[23] ZHANG S, CAO M, YAN S, et al. TRIM44 promotes BRCA1 functions in HR repair to induce cisplatin chemoresistance in lung adenocarcinoma by deubiquitinating FLNA[J]. Int J Biol Sci, 2022, 18(7): 2962-2979.

[24] 冯越, 殷鹤轩, 刘思佳, 等. TRIM44 蛋白在肿瘤中的研究进展[J]. 现代肿瘤医学, 2019, 27(21): 3898-3901.

(收稿日期: 2024-09-02 修回日期: 2025-01-05)