

· 临床研究 ·

个体化预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的风险 Nomogram 预测模型的构建

刘洁, 刘素娟, 李冉, 张文静, 王泳

(首都医科大学附属复兴医院, 北京 100038)

【摘要】 目的: 分析急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素并构建急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的临床预测模型。**方法:** 回顾性分析 2019 年 4 月至 2022 年 10 月治疗的急性脊髓损伤连续病例 170 例, 根据治疗期间患者是否发生呼吸功能障碍将其分为呼吸功能障碍组 30 例和非呼吸功能障碍组 140 例。采用 Lasso 回归分析筛选急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的预测因素, 采用多因素 Logistic 回归分析筛选急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素, 采用 R(R4.2.1) 软件建立预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的列线图风险预警模型, 应用 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型拟合度, 最后采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线下面积(area under curve, AUC)、校准曲线、决策曲线分析(decision curve analysis, DCA) 评估模型的区分度、校准度及临床影响力。**结果:** 170 例患者中发生呼吸功能障碍 30 例, 发生率为 17.65%。Lasso 回归分析筛选出年龄、居住地、婚姻状态、抽烟、高血压、瘫痪程度、脊髓损伤平面、合并多发伤、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级共计 10 个变量为影响因素。通过多因素 Logistic 回归分析显示, 年龄、抽烟、瘫痪程度、脊髓损伤平面、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级等是急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素。构建急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的预测模型经 Hosmer-Lemeshow 检验得到 $\chi^2=5.830, P=0.67$; 模型的 AUC 值为 0.912; DCA 分析显示, 阈值概率为 1%~100% 时列线图预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的净获益值较高。**结论:** 列线图有助于临床早期识别急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍风险, 便于临床早期决策及干预, 对优化患者临床疗效改善其预后具有重要的指导意义。后续期待更大样本以及多中心对本模型进行完善、验证。

【关键词】 急性脊髓损伤; 呼吸功能障碍; 危险因素; 列线图

中图分类号: R651.2; R441.8

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20231109

Establishment of a Nomogram model for individualized prediction of the risk of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction

LIU Jie, LIU Su-juan, LI Ran, ZHANG Wen-jing, WANG Yong (Fuxing Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100038, China)

ABSTRACT Objective To analyze the risk factors of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction, and to construct the clinical prediction model of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction. **Methods** Continuous 170 cases of acute spinal cord injury treated from April 2019 to October 2022 were retrospectively collected, and clinical data were uniformly collected. Patients were divided into respiratory dysfunction group 30 cases and non-respiratory dysfunction group 140 cases according to whether they had respiratory dysfunction during treatment. The predictive factors of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction were screened by Lasso analysis, and the risk factors of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction were screened by multivariate Logistic regression analysis. R (R4.2.1) software was used to establish a nomogram risk warning model for predicting acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction, and Hosmer-Lemeshow test was used to evaluate the model fit. Finally, area under receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC), calibration curve, and decision curve analysis (DCA) were used to evaluate the differentiation, calibration and clinical impact of the model. **Results** The incidence of respiratory dysfunction in 170 patients was 17.65%. Lasso regression analysis selected age, residence, marital status, smoking, hypertension, degree of paralysis, spinal cord injury plane, multiple injuries, spinal cord fracture and dislocation, and ASIA grade as the influencing factors. Multivariate Logistic regression analysis showed that age, smoking, degree of paralysis, level of spinal cord injury, spinal cord injury of fracture and dislocation, and ASIA grade were risk factors for acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction. The prediction model of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction was established by Hosmer-Lemeshow test, $\chi^2=$

通信作者: 王泳 E-mail: wyrehabil@ccmu.edu.cn

Corresponding author: WANG Yong E-mail: wyrehabil@ccmu.edu.cn

5.830, $P=0.67$. The AUC value of the model was 0.912. DCA analysis showed that the net benefit value of nomogram prediction of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction was higher when threshold probability ranged from 1% to 100%. **Conclusion** This column chart can help identify the risk of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction in early clinical stage, facilitate early clinical decision-making and intervention, and has important guiding significance for optimizing clinical efficacy and improving prognosis of patients. It is expected to improve and verify this model with larger samples and multi-center in the future.

KEYWORDS Acute spinal cord injury; Respiratory dysfunction; Risk factors; Column diagram

急性脊髓损伤通常是由高强度冲击力或剧烈扭曲所致的脊髓结构及功能损害^[1]。据统计^[2], 全球范围内, 每年有约 50 万人因脊髓损伤导致残疾或死亡。国内相关研究^[3]表明, 中国脊髓损伤患病率约为 23.8/10 万, 且呈逐年高趋势。由于多数急性脊髓损伤患者损伤平面以下均可出现肢体无力、感觉障碍以及反射消失等症状, 因而临床多表现为下肢麻木、无力, 甚至下肢瘫痪等。此外, 患者脊髓受损后还可能出现一系列自主神经功能障碍, 如大小便失禁、消化道功能紊乱等, 若脊髓损伤涉及高位颈髓及相应神经根, 则可能导致患者呼吸肌失去神经支配并发呼吸功能障碍, 而呼吸功能障碍又可诱发窒息、缺氧等紧急状况^[4]。有研究^[5]表明, 呼吸功能障碍不仅是脊髓损伤患者最严重的并发症, 其也是患者致残乃至死亡的主要原因。因而尽早明确急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的相关因素并尽早制定防治策略, 对降低呼吸功能障碍发生率, 改善预后等方面尤为重要^[6]。目前虽然已有部分学者对急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍进行研究, 但尚未形成可靠的风险预测模型。临床风险预测模型是利用临床样本数据进行分析 and 建模并通过建立数学模型来预测特定个体发生某种病症或结局的概率。基于患者临床及检测指标等多种因素, 通过机器学习、人工智能等算法进行计算和推导出患者可能发生某种病症或结局的概率, 继而帮助临床医生在治疗前对患者病情进行准确评估, 便于临床选择最合适的治疗方案^[7]。本研究通过筛选急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的影响因素, 初步建立急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的列线图模型, 以期临床判断急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍风险提供参考。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准: 急性脊髓损伤符合《骨科学》^[8]中相关诊断标准并通过 CT、X 线片及 MRI 等影像学检测确诊者; 呼吸功能障碍符合《呼吸系统疾病诊疗技术》^[9]中相关诊断标准者; 临床病例资料齐全者; 具备外伤(包括车祸、摔伤、砸伤等)所致的急性脊髓损伤或术后急性颈髓损伤患者等; 无其他严重并发症者。排除标准: 存在精神类或神经肌肉慢性疾病者;

年龄 ≤ 18 岁; 颅脑损伤合并急性脊髓损伤者; 伴有其他部位骨折者; 存在严重器质性疾病者。

1.2 临床资料

回顾性分析 2019 年 4 月至 2022 年 10 月治疗的 170 例急性脊髓损伤患者临床资料, 根据治疗期间患者是否发生呼吸功能障碍将其分为呼吸功能障碍组 30 例和非呼吸功能障碍组 140 例。呼吸功能障碍组男 19 例, 女 11 例。非呼吸功能障碍组男 82 例, 女 58 例。本研究已通过我院伦理会批准同意(编号: 20190035)。

1.3 研究方法

入院后予以常规对症处理, 予以吸氧、心电监护等常规干预, 并予以抗感染、水电解质平衡等对症治疗及肢体康复治疗。

1.4 观察项目与方法

收集包括年龄、性别、受教育程度、居住地、身体质量指数(body mass index, BMI)、抽烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、瘫痪程度、脊髓损伤平面、合并多发伤、骨折脱位脊髓损伤、美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)分级^[10]、受伤原因。ASIA 分级: A 级(完全性损伤, S₄、S₅ 节段无感觉); B 级(不完全性损伤, 神经损伤平面下包括 S₄、S₅ 节段保留感觉功能, 但无运动功能); C 级(运动不完全性损伤, 神经平面下保留运动功能, 且神经损伤平面以下 >50% 的关键肌肌力 <3 级); D 级(运动不完全性损伤, 神经平面下保留运动功能, 且神经损伤平面以下 $\geq 50\%$ 的关键肌肌力 ≥ 3 级)。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 24.0 软件进行统计分析, 首先进行单因素分析, 定性资料采用 χ^2 检验。采用 Lasso 回归分析筛选急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的预测因素。采用 Logistic 回归分析筛选急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素。采用 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型拟合优度。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。运用 R(R4.2.1) 软件构建列线图模型。运用 Bootstrap 法对模型进行内部验证, 计算一致性指数(C-index)。根据受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC), 曲线下面积(area under curve, AUC)判断模型的区分度; 以决策曲线分析(decision

curve analysis,DCA)评估模型的有效性。

2 结果

2.1 呼吸功能障碍组和非呼吸功能障碍组患者单因素分析比较

170 例患者中有 30 例患者发生了呼吸功能障碍,发生率为 17.65%,呼吸功能障碍组和非呼吸功能障碍组患者性别、受教育程度、居住地、婚姻状态、BMI、饮酒、高血压、糖尿病、合并多发伤、受伤原因等临床资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),而年龄、抽烟、瘫痪程度、脊髓损伤平面、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级等临床资料比较,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

2.2 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的预测因素

根据建模组患者临床资料特征,通过 Lasso 回归分析对变量指标进行降维处理,分析变量之间的相关性,见图 1。共计筛选出 10 项系数不为零的预测因素作为急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的影响因素,包括年龄、居住地、婚姻状态、抽烟、高血压、瘫痪程度、脊髓损伤平面、合并多发伤、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级。

2.3 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的多因素 Logistic 回归分析

将年龄、居住地、婚姻状态、抽烟、高血压、瘫痪程度、脊髓损伤平面、合并多发伤、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级等单因素分析中 $P<0.05$ 项目作为自变量(赋值见表 2),以急性脊髓损伤是否并发呼吸功能障碍为因变量,进行急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的多因素 Logistic 回归分析,结果显示,年龄、抽烟、瘫痪程度、脊髓损伤平面、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级等是急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素($P<0.05$),见表 3。同时,Hosmer-Lemeshow 检验得到 $\chi^2=5.830,P=0.67$,提示模型拟合度良好。

2.4 急性脊髓损伤并发呼吸功能

障碍列线图模型

以年龄、抽烟、瘫痪程度、脊髓损伤平面、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级等 $P<0.05$ 的项目作为自变量,以急性脊髓损伤是否并发呼吸功能障碍为因变量,构建了急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的列线图模型,总分对应刻度值为急性脊髓损伤并发呼吸

表 1 急性脊髓损伤患者有呼吸功能障碍和非呼吸功能障碍患者单因素分析比较
Tab.1 Comparison of clinical data between acute spinal cord injury patients with respiratory dysfunction and non-respiratory dysfunction

单位:例

影响因素		呼吸功能障碍组(例 数=30 例)	非呼吸功能障碍组 (例数=140 例)	χ^2 值	P 值
年龄	<40 岁	6	61	14.006	0.001
	40~60 岁	8	50		
	>60 岁	16	29		
性别	男	19	82	0.232	0.630
	女	11	58		
受教育程度	小学及初中	13	66	0.144	0.704
	高中及以上	17	74		
居住地	农村	11	48	0.062	0.804
	城镇	19	92		
婚姻状态	已婚	27	132	0.750	0.387
	未婚/离异/丧偶	3	8		
BMI	$\geq 25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$	7	37	0.123	0.725
	$<25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$	23	103		
抽烟	是	16	36	8.876	0.003
	否	14	104		
饮酒	是	17	74	0.144	0.704
	否	13	66		
高血压	是	7	22	1.014	0.314
	否	23	118		
糖尿病	是	8	33	0.129	0.719
	否	22	107		
瘫痪程度	全瘫	23	65	9.047	0.003
	不全瘫	7	75		
脊髓损伤平面	T ₅ 及以上	19	48	8.730	0.003
	T ₆ 及以下	11	92		
合并多发伤	是	16	68	0.224	0.636
	否	14	72		
骨折脱位脊髓损伤	是	22	61	8.758	0.003
	否	8	79		
ASIA 分级	A 级	13	9	34.263	<0.001
	B 级	7	21		
	C 级	6	60		
	D 级	4	50		
受伤原因	高处坠落	7	35	1.327	0.723
	交通事故	5	30		
	摔伤	10	50		
	其他	8	25		

功能障碍的风险概率,见图 2。使用方法:年龄、抽烟、瘫痪程度、脊髓损伤平面、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级 6 个变量轴上相应点对应不同的分值,各项评分相加,得到总分,不同总分对应不同的脊髓损伤呼吸功能障碍的发生风险。

2.5 临床预测模型的验证

本模型的 AUC 值为 0.912[95%CI(0.859,0.950)],约登指数为 0.686,特异度为 90.00%,灵敏度为 78.57%,提示模型的区分度较好,见图 3;校正曲线的预测值与实际值基本吻合,见图 4。通过 DCA 分析显示,阈值概率为 1%~100%时列线图预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的净获益值较高,可知急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的临床预测效用较好,见图 5。

3 讨论

3.1 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍患病率

急性脊髓损伤作为一种较为严重的骨科急性创伤性疾病,因其具有较高的致残性和致死率为患者

表 2 变量赋值表	
Tab.2 Variable assignment table	
变量	赋值方式
年龄	<40 岁=0;40~60 岁=1;>60 岁=1
居住地	城镇=0;农村=1
婚姻状态	已婚=0;未婚/离异/丧偶=1
抽烟	否=0;是=1
高血压	否=0;是=1
瘫痪程度	不全瘫=0;全瘫=1
脊髓损伤平面	T6 及以下=0;T5 及以上=1
合并多发伤	否=0;是=1
骨折脱位脊髓损伤	否=0;是=1
ASIA 分级	D 级=0;C 级=1;B 级=2;A 级=3

乃至社会带来了巨大负担^[11-12]。由于脊髓损伤后可造成植物神经紊乱及中枢神经损伤,因而极易导致患者出现多器官功能障碍,多数患者均累及呼吸系统,患病率约为 17.4%(肺不张约占 1.1%,肺炎约占

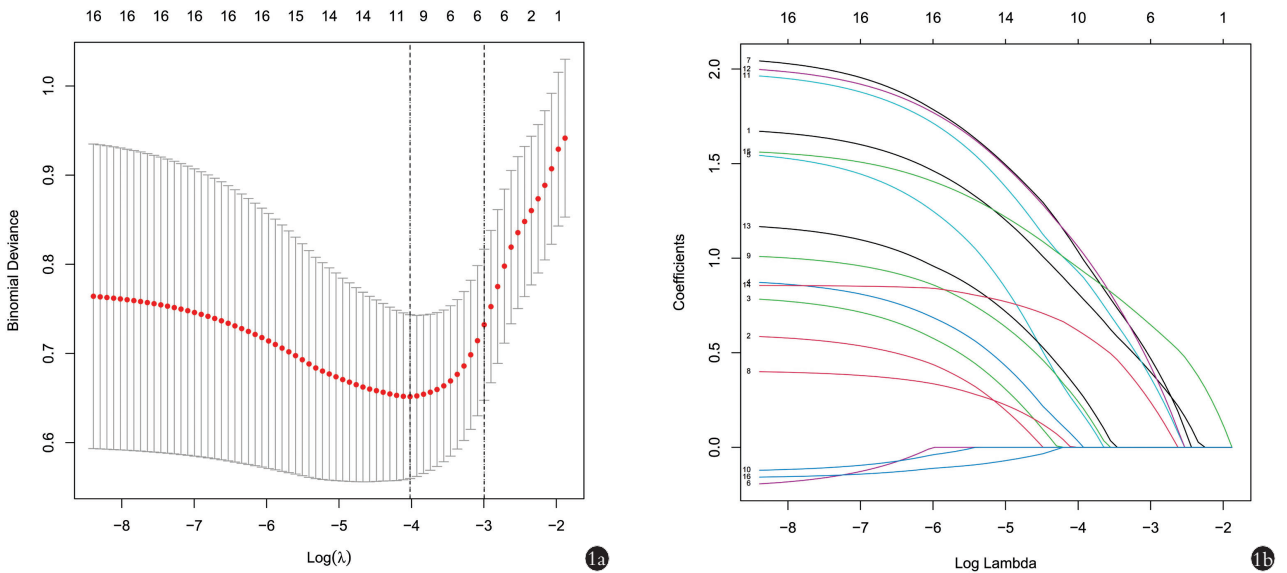


图 1 Lasso 回归分析结果 1a. 交叉验证获取 λ 的过程 1b. Lasso 系数曲线
Fig.1 Lasso regression analysis results 1a. Cross-validation process for obtaining λ 1b. Lasso coefficient curve

表 3 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的 Logistic 回归分析
Tab.3 Logistic regression analysis of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction

影响因素	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95%置信区间	
						下限	上限
年龄	1.224	0.380	10.378	0.001	3.402	1.615	7.166
抽烟	1.603	0.614	6.821	0.009	4.969	1.492	16.550
瘫痪程度	1.449	0.600	5.832	0.016	4.257	1.314	13.795
脊髓损伤平面	1.779	0.597	8.880	0.003	5.925	1.839	19.096
骨折脱位脊髓损伤	1.270	0.447	8.087	0.004	3.561	1.484	8.547
ASIA 分级	1.358	0.318	18.217	0.000	3.888	2.084	7.253
常数	-7.938	1.339	35.126	0.000	0.000	-	-

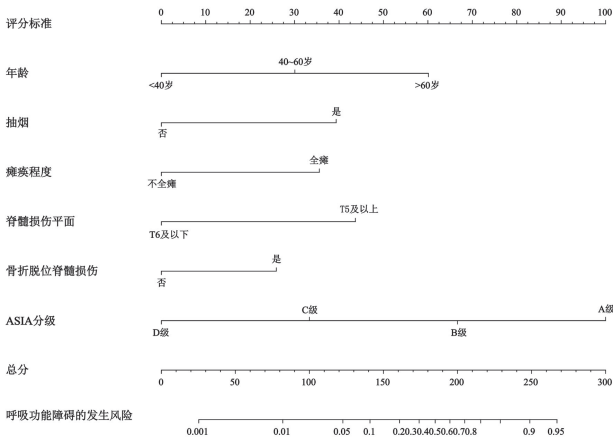


图 2 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的列线图模型
Fig.2 A nomogram model of acute spinal cord injury complicated with respiratory dysfunction

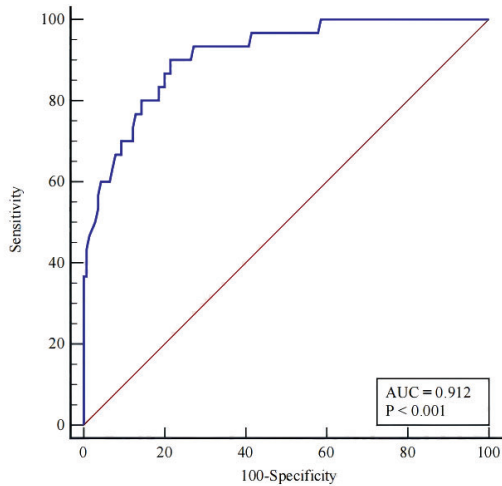


图 3 列线图预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的 ROC 曲线
Fig.3 ROC curve of acute spinal cord injury with respiratory dysfunction predicted by the histogram

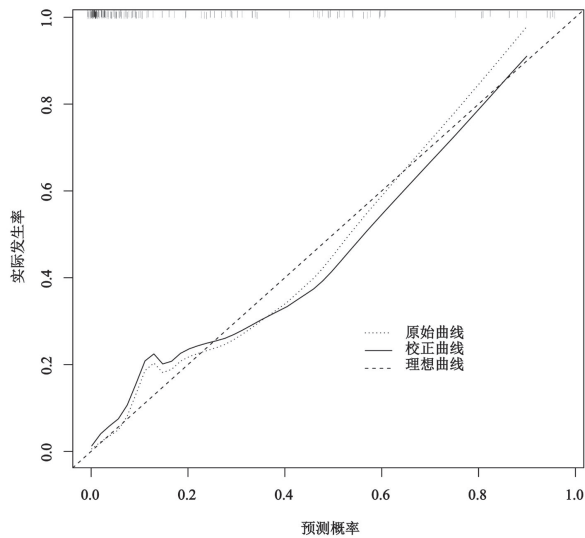


图 4 列线图预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的校正曲线
Fig.4 Correction curve for the prediction of acute spinal cord injury complicated by respiratory dysfunction

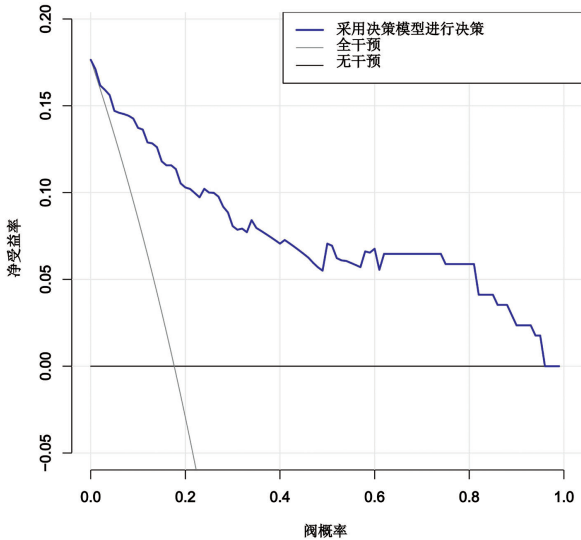


图 5 列线图预测急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的决策曲线
Fig.5 Decision curve of acute spinal cord injury complicated by respiratory dysfunction predicted by a nomogram

13.0%,呼吸功能障碍约占 8.7%),其中呼吸功能障碍亦是急性脊髓损伤患者致死的主要原因^[13]。因而了解急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素并基于危险因素构建风险预测模型,对优化急性脊髓损伤患者临床疗效,改善患者预后及降低致死乃至致死率等方面尤为重要^[14]。本研究 170 例患者中,呼吸功能障碍发生率为 17.65%,与既往^[15]报道相符,由此可见呼吸功能障碍在急性脊髓损伤患者中具有较高并发率。提示急性脊髓损伤患者是呼吸功能障碍的易发人群,医务人员要加强对急性脊髓损伤患者重视,同时需对呼吸功能障碍高危患者重点关注。

3.2 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍列线图模型

临床风险评估主要用于预测特定个体发生某种病症或结局的概率,其不仅可为医生制定个体化治疗方案提供有利信息,亦可为健康教育及高危人群的健康管理策略制定提供参考^[16]。1976 年弗雷明汉心脏研究建立了第一个疾病风险预测模型,其也被称为“弗雷明汉风险评估”。该模型是根据大规模流行病学调查数据开发,可根据个体生活方式、家族史和生物学指标等因素预测未来 10 年罹患疾病的发生风险,这也为风险预测模型的发展奠定了基础,之后有关风险预测模型建立及研究也逐渐增多。列线图模型是一种广泛用于数据可视化和趋势分析的风险预测模型,其主要用于呈现时间序列数据和趋势分析,也适用于预测未来的数据趋势和数据量变化分析,临床通过列线图图形计算各变量取值,继而得出某项特定事件不良结局的发生概率^[17]。相较于既往研究^[18]构建的多因素 Logistic 回归模型,其具有可读可视、简单易懂、操作方便等特点。部分学者^[19]认

为列线图模型可对临床不良结局事件的发生概率进行精准预测,继而有助于早期防治。本研究共计纳入 170 例急性脊髓损伤患者为研究对象,其中呼吸功能障碍组 30 例,非呼吸功能障碍组 140 例。通过 Lasso 回归分析共计筛选出年龄、居住地、婚姻状态、抽烟、高血压、瘫痪程度、脊髓损伤平面、合并多发伤、骨折脱位脊髓损伤、ASIA 分级等 10 个变量为并发呼吸功能障碍的因素。通过 Logistic 回归分析,初步判定年龄>60 岁,抽烟,全瘫,脊髓损伤平面 T₅ 及以上,骨折脱位脊髓损伤,A 级 ASIA 分级为独立影响因素。构建出急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的列线图模型,经 HL 检验得出 $\chi^2=5.830, P=0.67$,提示列线图预测模型的拟合度较好,校准曲线预测值和实际值较为接近。且 AUC 值为 0.912,提示本研究预测模型的准确性较高。同时 DCA 也提示本模型的预测具有较高的净获益。急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的预测模型结果表明,将年龄>60 岁,抽烟,全瘫,脊髓损伤平面 T₅ 及以上,骨折脱位脊髓损伤, A 级 ASIA 分级的急性脊髓损伤患者列为呼吸功能障碍高危人群并制定个体化干预措施有助于降低呼吸功能障碍发生风险。

3.3 急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素分析

既往研究^[20]认为,年龄和是否发生呼吸衰竭需要机械辅助呼吸之间密切相关,而年龄>50 岁则是脱离呼吸机的不利因素,年龄>69 岁则是脊髓损伤患者是否需要气管切开的预测因素。本研究结果发现,呼吸功能障碍组患者年龄>60 岁者占比明显高于非呼吸功能障碍组,年龄每增加 1 岁,呼吸功能障碍发生的 OR 值增加 3.4。分析原因可能为,高龄人群的神经系统和呼吸系统处于退化和衰弱状态,当脊髓损伤后极易导致患者呼吸肌麻痹或呼吸中枢受损,因而呼吸功能障碍的发生风险相对增加。国外研究^[21]认为,抽烟可导致脊髓损伤患者并发呼吸衰竭的 OR 值增加 2.32,本研究结果与其结论一致。这可解释为,抽烟可损伤患者气管黏膜,导致氧气输送能力降低,血液中的氧气饱和度减低,影响伤后神经系统和呼吸系统的恢复能力,进而导致呼吸功能障碍的发生风险增加。一般认为急性脊髓损伤患者因呼吸肌麻痹极易影响患者呼吸功能,并与瘫痪程度相关^[22]。完全性颈脊髓损伤后易出现呼吸困难,而呼吸运动主要由肋间肌和膈肌提供动力,膈肌由 C₃、C₄、C₅ 神经支配,肋间肌则由胸段脊神经发出,患者颈椎脊髓损伤后可导致呼吸肌出现障碍,且损伤越严重则呼吸动力丧失越严重,因而全瘫患者更易并发呼吸功能障碍。本研究发现,脊髓损伤平面也是急性脊

髓损伤并发呼吸功能障碍的危险因素,脊髓损伤平面 T₅ 及以上者发生呼吸功能障碍的风险较 T₆ 及以下者的 OR 值增加 5.93。究其原因可能为,平面 T₅ 及以上的脊髓损伤会引起平静呼吸功能障碍,丧失全部或部分肋间肌和腹肌功能,尤其 C₄ 及以上平面会引起膈肌部分或完全麻痹,无法维持自主呼吸,更严重的是 T₅ 及以上的损伤可能造成主动和被动咳嗽能力的丧失或减弱,使气道廓清能力下降,从而容易引发肺部感染及痰堵窒息等风险。骨折脱位脊髓损伤者多伴有不同程度的神经损伤,影响上肢和呼吸肌的运动功能,同时骨折脱位脊髓损伤所致的颈部肌肉痉挛和肿胀均会导致患者气道阻塞,呼吸肌萎缩,促使呼吸肌肉无法正常收缩,因而更易发生呼吸功能障碍。ASIA 分级是评估急性脊髓损伤严重程度和预后的重要手段。该分级系统是由国际脊髓损伤学会提出的,通过对急性脊髓损伤患者身体运动和感觉功能进行评估,将脊髓损伤分为 A、B、C、D、E 5 个等级,其中 A 代表完全损伤,E 则代表正常^[23]。A 级 ASIA 分级则提示患者脊髓损伤及神经功能受损程度更为严重,而脊髓严重受损可影响患者胸椎以下膈肌和肋间肌的神经支配,导致呼吸肌力量下降,呼吸表浅和呼吸频率增加。此外,脊髓损伤还会影响患者自主神经系统,促使交感神经活动升高,副交感神经活动下降,继而增加患者呼吸功能障碍的发生风险。

本研究构建了急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的风险预测模型,通过绘制的列线图更为直观的展示了呼吸功能障碍在急性脊髓损伤患者中的发生风险概率,通过分析验证发现本研究模型的预测效能较好,有助于辅助医务人员准确评估急性脊髓损伤患者预后。同时,本研究模型结果提示,将年龄>60 岁,抽烟,全瘫,脊髓损伤平面 T₅ 及以上,骨折脱位脊髓损伤,A 级 ASIA 分级者列为呼吸功能障碍高危人群并制定相应的防治措施有助于降低急性脊髓损伤并发呼吸功能障碍的发生风险,这也促使急性脊髓损伤患者在健康与经济方面双重获益,也可为后续临床预测模型的建立与开发提供依据。此外,本研究为回顾性、单中心研究,同时疾病危险因素的纳入、治疗方案以及治疗背景等变化也可能影响模型性能。因此,后续期待多中心、更大样本的病例研究对模型进行验证。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] OSCIS INVESTIGATORS, CHIKUDA H, KOYAMA Y, et al. Effect of early vs delayed surgical treatment on motor recovery in incomplete cervical spinal cord injury with preexisting cervical stenosis: a randomized clinical trial[J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(11):

- e2133604.
- [2] FURLAN J C, SAKAKIBARA B M, MILLER W C, et al. Global incidence and prevalence of traumatic spinal cord injury[J]. Can J Neurol Sci, 2013, 40(4): 456–464.
 - [3] CHEN C D, QIAO X, LIU W, et al. Epidemiology of spinal cord injury in China: a systematic review of the Chinese and English literature[J]. Spinal Cord, 2022, 60(12): 1050–1061.
 - [4] FORAN S J, TARAN S, SINGH J M, et al. Timing of tracheostomy in acute traumatic spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2022, 92(1): 223–231.
 - [5] 尹芝华, 聂娜, 周怡利, 等. 急性创伤性颈脊髓损伤后呼吸系统并发症管理策略研究进展[J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(9): 859–864.
 - YIN Z H, NIE N, ZHOU Y L, et al. Research progress in management strategies of respiratory system complications in patients with acute traumatic cervical spinal cord injury[J]. Chin J Orthop Trauma, 2020, 36(9): 859–864. Chinese.
 - [6] PITTS T, ICEMAN K E, HUFF A, et al. Laryngeal and swallow dysregulation following acute cervical spinal cord injury[J]. J Neurophysiol, 2022, 128(2): 405–417.
 - [7] 梅松利, 唐凤娟, 张秀英, 等. 创伤性脊髓损伤病人急性应激障碍危险因素分析及预测模型的构建[J]. 护理研究, 2022, 36(16): 2892–2897.
 - MEI S L, TANG F J, ZHANG X Y, et al. Analysis of risk factors for acute stress disorder in patients with traumatic spinal cord injury and construction of predictive model[J]. Chin Nurs Res, 2022, 36(16): 2892–2897. Chinese.
 - [8] 达克沃斯. 骨科学[M]. 山东科学技术出版社, 2014.
 - DUCKWORTH. Bone Science[M]. Shandong Science and Technology Press, 2014. Chinese.
 - [9] 陈文彬, 程德云. 呼吸系统疾病诊疗技术[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000.
 - CHEN W B, CHENG D Y. Diagnosis and Treatment Technology of Respiratory Diseases[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2000. Chinese.
 - [10] 脊髓损伤神经学分类国际标准//美国脊柱损伤协会编著[S]; 周谋望, 陈仲强, 刘楠译. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 20–21.
 - International Standard for Neurological Classification of Spinal Cord Injury[S]//American Spinal Injury Association. Translated by Zhou Muwang, Chen Zhongqiang, Liu Nan. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013: 20–21. Chinese.
 - [11] ZHU F Z, WANG Y L, KONG X C, et al. Assessment of acute traumatic cervical spinal cord injury using conventional magnetic resonance imaging in combination with diffusion tensor imaging-tractography: a retrospective comparative study[J]. Eur Spine J, 2022, 31(7): 1700–1709.
 - [12] 康君伟, 帅浪, 全莉娟, 等. 颈部脊髓损伤急性期肺部感染危险因素[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(10): 916–920.
 - KANG J W, SHUAI L, QUAN L J, et al. Risk factors for pulmonary infection in acute stage of cervical spinal cord injury[J]. Chin J Infect Contr, 2021, 20(10): 916–920. Chinese.
 - [13] Chen Y, Shao J, Zhu W, et al. Identification of risk factors for respiratory complications in upper cervical spinal injured patients with neurological impairment[J]. Acta Orthop Traumatol Turc.
 - 201, 47(2): 111–117.
 - [14] 刘趁心, 孟冰, 杨照, 等. 急性重度颈脊髓损伤患者临床特征分析及远期死亡危险因素初探[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(3): 247–253.
 - LIU C X, MENG B, YANG Z, et al. Analysis of clinical characteristics and risk factors of long-term death in patients with acute severe cervical spinal cord injury[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2019, 29(3): 247–253. Chinese.
 - [15] 穆智平, 张正丰, 刘超, 等. 颈脊髓损伤合并呼吸衰竭的危险因素分析[J]. 局解手术学杂志, 2015, 24(3): 303–306.
 - MU Z P, ZHANG Z F, LIU C, et al. Analysis of risk factors of respiratory failure after cervical spinal cord injury[J]. J Reg Anat Oper Surg, 2015, 24(3): 303–306. Chinese.
 - [16] 郭一峰, 马玉芬, 郭爱敏, 等. Caprini 风险评估模型预测术前髋部骨折患者深静脉血栓形成的有效性[J]. 中华现代护理杂志, 2021, 27(35): 4818–4823.
 - GUO Y F, MA Y F, GUO A M, et al. Effectiveness of Caprini risk assessment model in predicting preoperative deep vein thrombosis among patients with hip fractures[J]. Chin J Mod Nurs, 2021, 27(35): 4818–4823. Chinese.
 - [17] 毛雪, 金鑫, 赵溪. 胫腓骨骨折患者术后发生恐动症风险的列线图分析[J]. 护理管理杂志, 2022, 22(3): 168–173, 185.
 - MAO X, JIN X, ZHAO X. Nomogram analysis of prediction of postoperative kinesiphobia in patients with tibiofibular fracture[J]. J Nurs Adm, 2022, 22(3): 168–173, 185. Chinese.
 - [18] ZHANG P, LI X, YUAN Y, et al. Risk factor analysis for in-hospital death of geriatric hip fracture patients[J]. Saudi Med J, 2022, 43(2): 197–201.
 - [19] 马胜, 苗嘉航, 余会林, 等. 颈椎后路术后颈椎前凸曲度严重丢失临床预测模型的建立和验证[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(28): 4435–4440.
 - MA S, MIAO J H, YU H L, et al. Establishment and validation of a clinical prediction model for severe loss of cervical lordosis after posterior cervical surgery[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2023, 27(28): 4435–4440. Chinese.
 - [20] DEVIVO M J, KARTUS P L, RUTT R D, et al. The influence of age at time of spinal cord injury on rehabilitation outcome[J]. Arch Neurol, 1990, 47(6): 687–691.
 - [21] SAUNDERS L L, KRAUSE J S, CARPENTER M J, et al. Risk behaviors related to cigarette smoking among persons with spinal cord injury[J]. Nicotine Tob Res, 2014, 16(2): 224–230.
 - [22] 蒋孝翠, 苏敏, 闫振壮, 等. 渐进抗阻吸气肌训练对颈脊髓损伤患者膈肌功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(12): 1512–1517.
 - JIANG X C, SU M, YAN Z Z, et al. Influence of PowerBreathe progressive resistance inspiratory training on inspiratory muscle function in patients with cervical spinal cord injury[J]. Chin J Rehabil Med, 2021, 36(12): 1512–1517. Chinese.
 - [23] 薛磊, 韩立云, 葛庆岗, 等. 创伤性颈脊髓损伤术后神经源性休克的预后因素[J]. 中国微创外科杂志, 2022, 28(11): 849–852.
 - XUE L, HAN L Y, GE Q G, et al. Prognostic factors of neurogenic shock after traumatic cervical spinal cord injury[J]. Chin J Minim Invasive Surg, 2022, 28(11): 849–852. Chinese.

(收稿日期: 2024-03-18 本文编辑: 王玉蔓)