

• 临床研究 •

车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症风险
预测模型的构建及验证苏秋婉¹, 詹 艳^{2△}

(厦门市杏林医院:1. 外科;2. 麻醉手术科, 福建 厦门 361000)

[摘要] **目的** 探讨影响车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症的因素,并构建及验证风险预测模型。**方法** 回顾性分析 2021 年 1 月至 2023 年 1 月该院收治的 157 例接受手术治疗的车祸致肋骨骨折患者的临床资料。按 7:3 比例分为建模组(110 例)和验证组(47 例)。建模组按术后是否发生肺部并发症分为发生组(53 例)和未发生组(57 例)。收集建模组患者性别、年龄、创伤严重程度评分、吸烟史、咳痰情况等,并对其进行单因素分析及多因素回归模型分析,基于此构建术后肺部并发症的预测模型,并应用验证组进行验证。**结果** 110 例患者中发生术后肺部并发症 53 例,发生率为 48.2%,其中肺不张 15 例(13.6%),刺激性咳嗽 12 例(10.9%),肺炎 10 例(9.1%),创伤性胸腔积液 11 例(10.0%),呼吸衰竭 5 例(4.5%)。年龄、肋骨骨折数、咳痰情况、就诊时间为车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症的独立危险因素($P < 0.05$);构建的术后肺部并发症预测模型的预测效能良好,受试者工作特征曲线下面积为 0.838。决策曲线分析提示该模型具有临床应用价值。**结论** 车祸致肋骨骨折患者术后发生肺部并发症风险较高,年龄、肋骨骨折数、咳痰情况、就诊时间为其危险因素,医护人员应加以关注并采取措施,从而降低肺部并发症发生率;以此构建的预测模型具有较好的准确度,可为临床预防车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症发生风险提供循证依据。

[关键词] 车祸致肋骨骨折; 手术后期间; 肺部并发症; 风险预测模型

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2025.09.032

中图法分类号:R683.1

文章编号:1009-5519(2025)09-2167-06

文献标识码:A

Construction and validation of a risk prediction model for postoperative pulmonary complications in patients with rib fractures caused by traffic accidentSU Qiuwan¹, ZHAN Yan^{2△}

(1. Department of Surgery; 2. Department of Anesthesia Surgery, Xiamen Xinglin Hospital, Xiamen, Fujian 361000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the influencing factors of postoperative pulmonary complications in patients with rib fractures caused by traffic accidents, and to construct and verify a risk prediction model. **Methods** The clinical data of 157 patients with rib fractures caused by traffic accidents who underwent surgical treatment in our hospital from January 2021 to January 2023 were retrospectively analyzed. According to the ratio of 7:3, they were divided into modeling group (110 cases) and verification group (47 cases). The modeling group was divided into the occurrence group (53 cases) and the non-occurrence group (57 cases) according to whether postoperative pulmonary complications occurred. The gender, age, trauma severity score, smoking history and expectoration of the patients in the modeling group were collected and analyzed by univariate analysis and multivariate regression model. Based on this, the prediction model of postoperative pulmonary complications was constructed and verified by the verification group. **Results** Among the 110 patients, 53 had postoperative pulmonary complications, with an incidence of 48.2%, including atelectasis in 15 cases (13.6%), irritating cough in 12 cases (10.9%), pneumonia in 10 cases (9.1%), traumatic pleural effusion in 11 cases (10.0%), and respiratory failure in five cases (4.5%). Age, number of rib fractures, expectoration and treatment time were independent risk factors for postoperative pulmonary complications ($P < 0.05$). The prediction model of postoperative pulmonary complications had good prediction efficiency, and the area under the receiver operating characteristic curve was 0.838. The decision curve analysis suggested that the model had clinical application value. **Conclusion** The risk of postoperative pulmonary complications in patients with rib fracture caused by traffic accident is high. Age, number of rib fractures, expectoration and treatment time are

the risk factors. Medical staff should pay attention to and take measures to reduce the incidence of pulmonary complications. The prediction model constructed based on this model has good accuracy, which can provide evidence-based basis for clinical prevention of the risk of postoperative pulmonary complications in patients with rib fracture caused by traffic accident.

[Key words] Rib fracture caused by traffic accident; Postoperative period; Pulmonary complications; Risk prediction model

肋骨是人体重要骨骼,具有保护脏器等功能^[1]。创伤性肋骨骨折属最常见的胸部创伤,多由车祸、身体暴力或高空跌落等原因所致,若未妥善处理可能发生肺炎、急性呼吸窘迫综合征等肺部并发症,不仅会损害患者肺部通气及氧合功能,影响其康复进程,增加患者住院时间及医疗负担,还可能提高患者死亡风险^[2]。随着社会的发展,各种原因导致的车祸发生率越来越高,车祸致肋骨骨折越来越常见。目前,多采取手术治疗肋骨骨折,其虽具有较好的临床效果,但由于多数车祸致肋骨骨折患者病情严重,术后易出现肺炎、肺损伤等肺部并发症,延长了住院时间,甚至导致患者死亡,不利于患者康复^[3-4]。近年来,对车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症的研究不断深入,但仍缺乏较有效的预测模型来预测车祸致肋骨骨折患者发生术后肺部并发症的风险。基于此,本研究通过回顾性分析 157 例车祸致肋骨骨折患者的临床资料,旨在确定影响车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症的因素,并构建及验证了预测模型,以期预测术后肺部并发症提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料

1.1.1 一般资料 收集 2021 年 1 月至 2023 年 1 月本院收治的 157 例接受手术治疗的车祸致肋骨骨折患者的临床资料。按 7 : 3 比例分为建模组(110 例)和验证组(47 例),建模组按术后是否发生肺部并发症分为发生组(53 例)和未发生组(57 例)。本研究获本院医学伦理委员会审批(20201206)。

1.1.2 纳入标准 (1)有车祸史,肋骨骨折经影像学检查确诊,骨折根数大于或等于 2 根;(2)年龄大于或等于 18 岁;(3)在本院采取手术治疗。

1.1.3 排除标准 (1)合并肝、肾等脏器功能损害;(2)车祸致病情危急;(3)临床资料不完整。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算 根据多因素分析要求样本量应为变量的 5~10 倍,本研究共纳入 14 项变量,并考虑 10%~20% 的失访率,样本量应为 77~168 例,最终纳入 157 例。

1.2.2 资料收集 采用自制调查量表收集相关资料:(1)一般资料包括性别、年龄、肺部基础疾病(肺炎、慢性阻塞性肺疾病等)、肋骨骨折数、创伤严重程度(CRAMS)评分、吸烟史、咳痰情况、就诊时间等。(2)手术因素资料包括手术时间、术中失血量等。一

般资料由责任护士完成收集记录,手术因素资料由手术室护士于术中、术后进行收集记录。

1.2.3 术后肺部并发症判定标准 术后肺部并发症指麻醉和术后所有影响呼吸系统的并发症,参考 2015 年欧洲联合工作组发布的围手术期临床结局标准中术后肺部并发症的诊断标准,包括呼吸道感染、肺不张、呼吸衰竭、支气管痉挛、气胸等^[5]。通过 MGS 评分^[6]标准进行评估:(1)发热大于 38 ℃;(2)白细胞计数大于 $11.2 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$;(3)咳嗽且所咳痰为脓性痰;(4)痰培养结果阳性;(5)肺不张或合并胸部 X 线片表现;(6)临床诊断肺炎;(7)呼吸室内空气时血氧饱和度低于 90%;(8)监护治疗加强或住院时间增加。(1)~(6)项说明发生肺部感染,当患者满足大于或等于 4 项时为发生术后肺部并发症。

1.3 统计学处理 应用 SPSS24.0 统计软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,采用 t 检验、秩和检验;计数资料以率或构成比表示,采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用单因素及多因素 logistic 回归模型分析车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的影响因素,以是否发生术后肺部并发症(发生=1,未发生=0)为因变量,以年龄、肋骨骨折数等具有差异的因素作为自变量,进一步进行多因素回归模型分析,以最终纳入模型的变量构建风险预测模型和列线图,采用受试者工作特征(ROC)曲线评估模型的预测效能,ROC 曲线下面积(AUC)越接近于 1 表明模型的预测能力越强,应用优势比及 95% 可信区间(95% CI)表示相对风险度。自变量赋值情况见表 1。

表 1 自变量赋值情况

自变量	赋值
年龄	原值输入
肺部基础疾病	有=1,无=0
肋骨骨折数	>5 根=1,2~5 根=0
CRAMS 评分	原值输入
吸烟史	有=1,无=0
咳痰情况	差=1,好=0
就诊时间	≥24 h=1,<24 h=0

2 结 果

2.1 肺部并发症发生情况 110 例患者中发生肺部

并发症 53 例,发生率为 48.2%,其中肺不张 15 例(13.6%),刺激性咳嗽 12 例(10.9%),肺炎 10 例(9.1%),创伤性胸腔积液 11 例(10.0%),呼吸衰竭 5 例(4.5%)。

2.2 建模组与验证组患者一般资料比较 建模组患者性别、年龄、身体质量指数(BMI)、糖尿病史、肺部基础疾病等一般资料与验证组比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

2.3 单因素分析 发生组患者年龄、肺部基础疾病、肋骨骨折数、CRAMS 评分、吸烟史、咳痰情况、就诊时间与未发生组比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 3。

2.4 多因素 logistic 回归模型分析 年龄、肋骨骨折数、咳痰情况、就诊时间为车祸致肋骨骨折患者发生肺部并发症的独立危险因素($P<0.05$)。见表 4。

表 2 建模组与验证组患者一般资料比较

项目	建模组($n=110$)	验证组($n=47$)	χ^2/t	P
性别[$n(\%)$]			0.072	0.789
男	63(57.3)	28(49.6)		
女	47(42.7)	19(40.4)		
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	46.38 $\pm$ 3.61	45.96 $\pm$ 3.55	0.670	0.503
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	23.08 $\pm$ 2.35	23.10 $\pm$ 2.37	0.048	0.961
糖尿病史[$n(\%)$]			0.195	0.659
有	27(24.5)	10(21.3)		
无	83(75.5)	37(78.7)		
肺部基础疾病[$n(\%)$]			0.948	0.330
有	61(55.5)	30(63.8)		
无	49(44.5)	17(36.2)		
肋骨骨折数[$n(\%)$]			0.087	0.767
2~5 根	59(53.6)	24(51.1)		
>5 根	51(46.4)	23(48.9)		
其他部位有无骨折[$n(\%)$]			0.017	0.896
有	69(62.7)	30(63.8)		
无	41(37.3)	17(36.2)		
CRAMS 评分($\bar{x}\pm s$,分)	14.60 $\pm$ 3.40	14.30 $\pm$ 2.44	0.542	0.585
吸烟史[$n(\%)$]			0.525	0.469
有	61(55.5)	29(61.7)		
无	49(44.5)	18(39.3)		
咳痰情况[$n(\%)$]			0.338	0.561
好	50(45.5)	19(40.4)		
差	60(54.5)	28(59.6)		
就诊时间[$n(\%)$]			0.134	0.174
<24 h	55(50.0)	25(53.2)		
$\geq$ 24 h	55(50.0)	22(46.8)		
手术时间($\bar{x}\pm s$,min)	77.17 $\pm$ 15.24	76.89 $\pm$ 16.02	0.103	0.917
术中失血量($\bar{x}\pm s$,mL)	58.03 $\pm$ 15.53	58.10 $\pm$ 14.97	0.026	0.979
使用镇痛泵[$n(\%)$]			0.849	0.357
有	87(79.1)	34(72.3)		
无	23(20.9)	13(27.7)		

表 3 车祸致肋骨骨折患者术后发生肺部并发症的单因素分析

项目	发生组($n=53$)	未发生组($n=57$)	χ^2/t	P
性别[$n(\%)$]			0.019	0.891
男	30(56.6)	33(40.4)		
女	23(13.4)	24(59.6)		

续表 3 车祸致肋骨骨折患者术后发生肺部并发症的单因素分析				
项目	发生组(<i>n</i> = 53)	未发生组(<i>n</i> = 57)	χ^2/t	<i>P</i>
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	48.00 ± 3.33	44.89 ± 3.22	4.979	<0.001
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23.14 ± 2.18	22.87 ± 2.30	0.630	0.529
糖尿病史[<i>n</i> (%)]			3.131	0.077
有	17(32.1)	10(17.5)		
无	36(37.9)	47(82.5)		
肺部基础疾病[<i>n</i> (%)]			13.610	<0.001
有	39(73.6)	22(38.6)		
无	14(26.4)	35(61.4)		
其他部位有无骨折[<i>n</i> (%)]			3.521	0.061
有	38(71.7)	31(54.4)		
无	15(28.3)	26(45.6)		
肋骨骨折数[<i>n</i> (%)]			10.399	0.001
2~5 根	20(37.7)	39(68.4)		
>5 根	33(63.3)	18(31.6)		
CRAMS 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	15.51 ± 2.93	13.32 ± 1.40	5.057	<0.001
吸烟史[<i>n</i> (%)]			8.534	0.003
有	37(69.8)	24(42.1)		
无	16(30.2)	33(67.9)		
咳痰情况[<i>n</i> (%)]			18.065	<0.001
好	13(24.5)	37(64.9)		
差	40(75.5)	20(35.9)		
就诊时间[<i>n</i> (%)]			6.154	0.013
<24 h	20(37.7)	35(61.4)		
≥24 h	33(63.3)	22(38.6)		
手术时间($\bar{x} \pm s$, min)	79.78 ± 15.66	77.64 ± 15.71	0.715	0.476
术中失血量($\bar{x} \pm s$, mL)	57.14 ± 15.64	56.31 ± 14.72	0.286	0.774
镇痛泵使用情况[<i>n</i> (%)]			0.258	0.612
有	43(81.1)	44(77.2)		
无	10(18.9)	13(22.8)		

表 4 多因素 logistic 回归模型分析						
项目	偏回归系数	标准误	χ^2	<i>P</i>	优势比	95%CI
年龄	0.189	0.087	4.701	0.030	1.208	1.018~1.433
肺部基础疾病	0.130	0.642	0.041	0.840	1.139	0.324~4.003
肋骨骨折数	1.029	0.505	4.146	0.042	2.798	1.039~7.531
CRAMS 评分	−0.018	0.177	0.010	0.919	0.982	0.694~1.389
吸烟史	0.371	0.571	0.421	0.517	1.449	0.473~4.441
咳痰情况	1.642	0.542	9.170	0.002	5.163	1.784~14.941
就诊时间	1.185	0.561	4.462	0.035	3.270	1.089~9.817

2.5 风险预测模型及验证 基于多因素回归分析得到的独立危险因素构建列线图及预测模型见图 1。该

模型具有较高的预测价值,建模组和验证组预测车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的 AUC 分别为

0.838、0.856 (95% CI 0.765 ~ 0.911、0.747 ~ 0.964)。见图 2、3。建模组和验证组患者术后发生肺部并发症的决策曲线分析(DCA)曲线显示,在任何阈值概率(0~100%)下,年龄、肋骨骨折数、就诊时间等联合检测的净收益率大于 0,具有临床意义。见图 4、5。

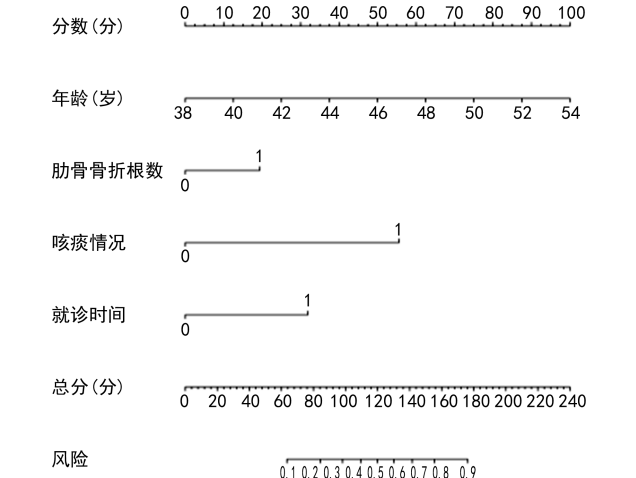


图 1 车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症风险预测模型列线图

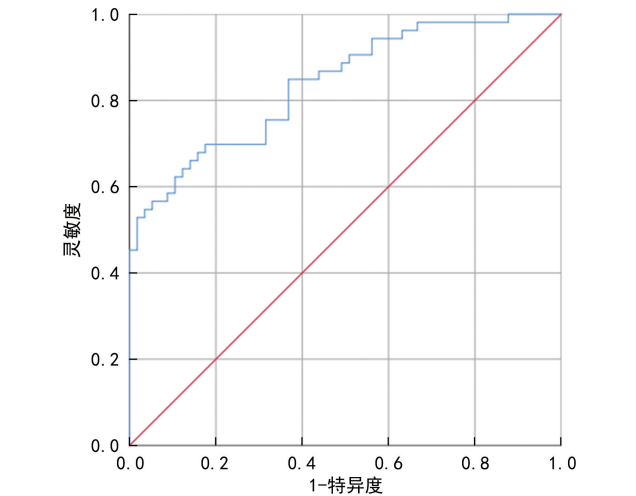


图 2 建模组预测车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的 ROC 曲线

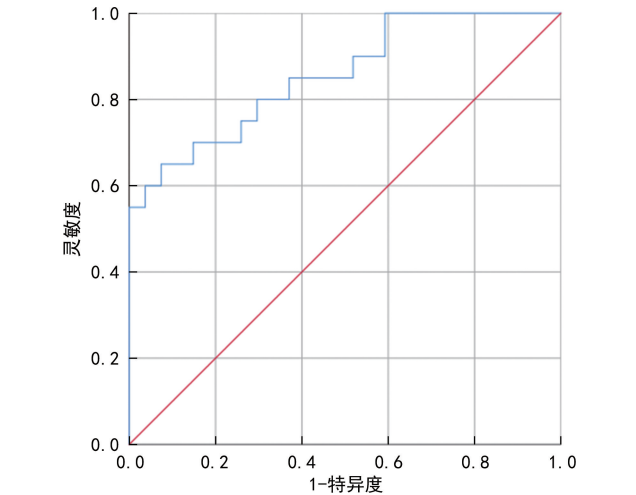


图 3 验证组预测车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的 ROC 曲线

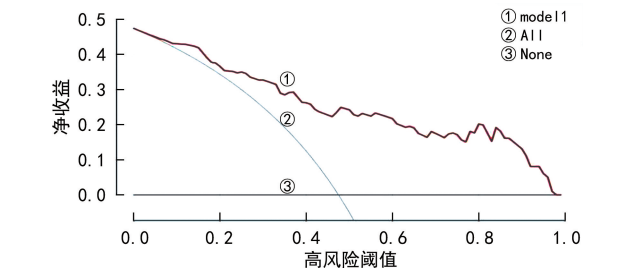


图 4 建模组术后发生肺部并发症的 DCA 曲线

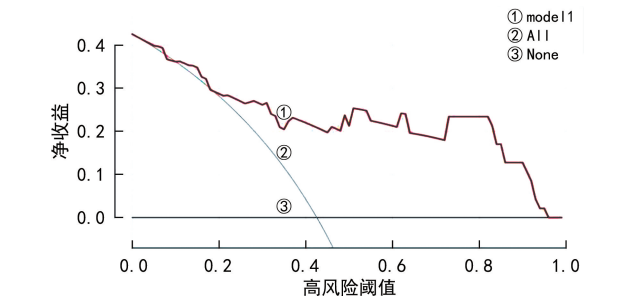


图 5 验证组术后发生肺部并发症的 DCA 曲线

3 讨 论

肋骨骨折属临床常见胸部损伤,发生术后并发症的风险较高,其中肺部并发症最为常见^[7]。本研究结果显示,车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症发生率为 48.2%,表明车祸致肋骨骨折术后患者肺部并发症发生风险较高,分析原因在于车祸致肋骨骨折可能直接导致患者肺挫伤或脏器损害,疼痛可能导致患者呼吸浅快,而长时间的浅呼吸会降低患者肺部通气量,导致肺不全膨胀,可能发展为肺炎等,还可能由于肺部受损引发的肺萎或气胸影响肺功能^[2]。因此,医护人员应加强对车祸致肋骨骨折患者术后肺部并发症的关注,可通过加强对车祸致肋骨骨折患者发生术后肺部并发症的评估并制定干预措施以降低发生术后肺部并发症的风险。

本研究结果显示,年龄、肋骨骨折数、咳嗽情况、就诊时间为车祸致肋骨骨折患者发生肺部并发症的独立危险因素($P<0.05$)。分析其原因:(1)机体免疫力、抗应激能力等会随年龄增长而下降,年龄较大患者免疫力较低,肋骨骨折后肺部并发症的发生风险增加^[8]。因此,对年龄较大的车祸致肋骨骨折患者术前可进行全面评估,通过预康复干预提高患者肺功能,加强围手术期监测,及时发现并处理患者呼吸道分泌物以减少发生术后肺部并发症的风险。(2)肋骨骨折多会引起胸廓畸形,加剧患者疼痛,严重影响患者肺部、血管等重要器官,不利于肺组织复张,患者呼吸深度及肺部通气功能也会受到严重影响,导致肺部并发症发生率增加^[9-10]。本研究结果与王强等^[2]研究结果一致。因此,对肋骨骨折数过多的患者术后应加强监测及肺部护理,积极进行术后康复训练,并定期为患者进行胸部 X 线片检查^[11],必要时可使用胸腔引流管帮助患者排净胸腔内积血、积液等,减少发生术后

肺部并发症的风险。(3)有研究表明,有效咳嗽、咳痰在减少术后肺部并发症的发生方面具有一定作用^[12]。而肋骨骨折患者多因胸部疼痛会在咳嗽、咳痰时加剧,因此,有效咳嗽、咳痰存在困难,导致痰液聚集于呼吸道,不利于呼吸道通畅,增加肺部感染的风险^[13]。本研究结果与闻吉军^[14]研究结果一致。因此,医护人员应加强患者术后呼吸康复,以促进患者排除肺部分泌物,防止肺部感染。必要时吸痰以清除患者气道内的分泌物,减少术后肺部并发症的发生^[15]。(4)有研究表明,肋骨骨折后肋骨完整性遭到破坏时,患者胸壁功能会受到影响,导致其呼吸受限^[16]。而就诊时间的延长可能导致患者病情恶化,增加术后肺部并发症发生的风险。因此,肋骨骨折后应及时就诊,合理安排手术时间,进行早期手术内固定以改善通气^[17]。

本研究基于以上危险因素构建的风险预测模型预测车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的 AUC 为 0.838(95%CI 0.765~0.911),表明其具有较高的区分度及准确度,可有效识别车祸致肋骨骨折术后肺部并发症的高危患者。该模型通过统计学分析及验证,确保了结果的一致性及稳定性,且模型涵盖了年龄、肋骨骨折数等多个影响因素,可较为全面地反映车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的风险。因此,该模型可指导医护人员有针对性地对车祸致肋骨骨折患者进行围手术期的优化,降低术后肺部并发症发生率,保证患者围手术期的安全,促进其康复。

综上所述,年龄、肋骨骨折数、咳痰情况、就诊时间为车祸致肋骨骨折患者发生术后并发症的独立危险因素,以此构建的车祸致肋骨骨折术后患者发生肺部并发症的风险预测模型通过整合患者的年龄、肋骨骨折数、咳痰情况等,可较为精准地评估车祸致肋骨骨折术后患者肺部并发症发生的风险。因此,医护人员应针对术后发生肺部并发症的危险因素对患者进行评估,加强关注,预防其术后肺部并发症的发生。但由于本研究选取的研究对象仅来自单医学中心,建议未来扩大研究对象范围,为临床护理实践提供参考依据。

参考文献

[1] DANTIS K,BRAHMACHARI S,RAJU A,et al. An innovative technique of chest wall stabilization and Reconstruction in traumatic flail chest: the figure-of-eight suture with polypropylene mesh and musculofascial flap[J]. Chin J Traumatol,2022,25(2):122-124.

[2] 王强,沈中林,沈海. 创伤性肋骨骨折后早期肺部并发症的危险因素分析[J]. 中外医学研究,2023,21(29):140-144.

[3] 张皓,封婷,裴志杰,等. 不同时机切开复位内固定治疗多

发肋骨骨折疗效的 Meta 分析[J]. 中华创伤杂志,2022,38(2):155-165.

[4] 尤莉莉,王凤英,于亚静. 中医肺康复疗法在肺挫伤合并多发肋骨骨折围术期救治中的应用[J]. 新中医,2022,54(12):110-114.

[5] JAMMER I,WICKBOLDT N,SANDER M,et al. Standards for definitions and use of outcome measures for clinical effectiveness research in perioperative medicine: European Perioperative Clinical Outcome(EPCO) definitions: a statement from the ESA-ESICM joint taskforce on perioperative outcome measures [J]. Eur J Anaesthesiol, 2015,32(2):88-105.

[6] REEVE J C,NICOL K,STILLER K,et al. Does physiotherapy reduce the incidence of postoperative complications in patients following pulmonary resection via thoracotomy? a protocol for a randomised controlled trial[J]. J Cardiothorac Surg,2008,3:48.

[7] 耿宏,杨学亮,魏书庆,等. 肋骨骨折患者肺部并发症危险因素分析[J]. 山西医药杂志,2021,50(3):404-405.

[8] 朱伟栋,李璁. AECOPD 合并Ⅱ型呼吸衰竭伴有肺部感染患者并发 MODS 的危险因素分析[J]. 岭南急诊医学杂志,2017,22(5):489-491.

[9] 宋志明,陈检明,钟京,等. 标准化切口与常规切口复位内固定治疗多发肋骨骨折的疗效比较[J]. 中华创伤杂志,2022,38(11):977-984.

[10] 王敏,曾苏华,胡海霞,等. 基于加速康复外科理念的肺癌患者围术期气道管理方案构建与应用[J]. 护理学杂志,2022,37(19):1-4.

[11] 邵明琰,韩素丽,刘艳艳. 前瞻性护理在多发肋骨骨折合并血气胸行胸腔闭式引流患者中的应用[J]. 齐鲁护理杂志,2021,27(24):83-85.

[12] WEN X S,LI Y. Continuous humidification enhances postoperative recovery in laryngeal cancer patients undergoing tracheotomy[J]. Am J Transl Res,2021,13(11):12852-12859.

[13] 陈芳,刘丙云,曹晓倩,等. 胃癌根治术后肺部感染早期预警评分表的构建[J]. 护理研究,2022,36(8):1405-1409.

[14] 闻吉军. 老年多发性肋骨骨折患者术后发生肺部并发症的影响因素分析[J]. 中国现代药物应用,2022,16(11):23-26.

[15] 金培莉,胡燕,闫亚敏,等. 呼吸训练导航护理在预防胃癌术后患者肺部并发症中的应用[J]. 护理学杂志,2023,38(13):33-36.

[16] 茅怡铭,吴长江. 老年多发肋骨骨折患者肺部并发症风险预测模型的建立[J]. 上海交通大学学报(医学版),2019,39(1):69-72.

[17] 徐炜炜,周淑芳,吴向东. 肺移植围手术期肺部综合物理干预对患者动脉血气指标及并发症的影响[J]. 现代中西医结合杂志,2020,29(6):659-662.