

基于列线图模型对肺癌胸腔镜术后并发肺部感染的临床预测

张秀强, 杨涛

Clinical Prediction of Lung Cancer Complicated with Pulmonary Infection After Thoracoscopic Surgery Based on Nomogram Model

ZHANG Xiuqiang, YANG Tao

Department of Thoracic Surgery, Tianjin Fifth Central Hospital, Tianjin 300450, China

Abstract: Objective To analyze the risk factors of lung cancer patients complicated with pulmonary infection after thoracoscopic surgery and establish a predictive nomogram model. **Methods** A total of 315 patients with primary lung cancer who had undergone thoracoscopic surgery from January 2018 to October 2021 in our hospital were divided into two groups according to the incidence of pulmonary infection. Two groups of clinical data were collected for single-factor and regression analyses, and independent predictors were obtained. On this basis, a risk model was constructed and its predictive effectiveness was evaluated. **Results** The independent risk factors of lung cancer patients complicated with pulmonary infection after thoracoscopic radical operation were as follows: age ≥ 62.5 years, smoking index ≥ 100 , PEF ≤ 72.1 ml/s, TNM stage III/IV, and operation time ≥ 188.5 min ($P < 0.05$). Based on the above factors, the risk model of the column chart was established. Model-verification results showed that the C-index of the model was 0.909, and the correction curve showed that the column chart model had good differentiation and consistency. **Conclusion** Lung cancer patients' age, smoking index, TNM stage, PEF, and operation time are closely related to pulmonary infection after thoracoscopic radical operation. The nomogram model is useful for identifying high-risk patients and reducing postoperative complications.

Key words: Lung infection; Lung cancer; Thoracoscopy; Nomogram model; Risk factors

Funding: Tianjin Binhai New Area Science and Technology Project (No. BHXQKJXM-SF-2018-07)

Competing interests: The authors declare that they have no competing interests.

摘要: 目的 分析肺癌患者胸腔镜根治术后并发肺部感染的危险因素并建立预测列线图模型。方法 选取2018年1月至2021年10月接受胸腔镜根治术的315例原发性肺癌患者作为研究对象, 据患者术后是否发生肺部感染分为肺部感染组和非肺部感染组。收集两组临床资料进行单因素和回归分析, 得出独立预测因素, 基于此构建列线图风险模型并对该模型进行预测效能评价。结果 患者年龄 ≥ 62.5 岁、吸烟指数 ≥ 100 、PEF ≤ 72.1 ml/s、TNM分期为III/IV期和手术时间 ≥ 188.5 min是肺癌患者胸腔镜根治术后并发肺部感染的独立危险因素($P < 0.05$)。基于以上影响因素建立列线图风险模型, 验证结果显示, 模型一致性指数(C-index)为0.909, 校正曲线显示该列线图模型具有良好的区分度及一致性。结论 肺癌患者年龄、吸烟指数、TNM分期、PEF和手术时间与胸腔镜术后发生肺部感染具有密切关系, 基于此建立的列线图模型对于感染高危患者的识别和降低术后并发症有一定意义。

关键词: 肺部感染; 肺癌; 胸腔镜; 列线图模型; 危险因素

中图分类号: R734.2

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引言

肺癌是我国最常见的呼吸系统恶性肿瘤。根据2017年全国肿瘤登记中心数据显示, 2014年肺

癌发病率约为57.3/10万人, 是死亡率最高的恶性肿瘤, 对患者家庭和社会造成严重的经济负担^[1]。目前, 手术治疗已成为早期肺癌患者最重要和最有效的治疗方法, 对延长患者生存期至关重要^[2]。随着现阶段胸部微创技术的不断发展, 胸腔镜下肺癌根治术以创伤小、恢复快和并发症少等优点逐渐成为肺癌外科手术治疗最常见和最有效的方式, 并逐渐出现取代传统开胸手术的趋势^[3]。

收稿日期: 2022-05-31; 修回日期: 2022-10-28

基金项目: 天津市滨海新区科技项目(BHXQKJXM-SF-2018-07)

作者单位: 300450 天津, 天津市第五中心医院胸外科

作者简介: 张秀强(1980-), 男, 硕士, 主治医师, 主要从事肺部肿瘤的微创治疗

然而,由于肺癌患者特殊的生理病理状态,对手术的耐受程度往往低于其他类型患者,术后仍具有较高的并发症发生风险,其中肺部感染是该类患者最常见的并发症之一,可对手术治疗效果和患者预后产生不良影响^[4]。因此,为进一步降低肺癌患者胸腔镜术后肺部感染的发生率,改善手术治疗效果,本研究尝试建立列线图模型,预测患者发生肺部感染的风险,以期为个体化的感染防治措施选择提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性选取2018年1月至2021年10月于天津市第五中心医院接受胸腔镜根治术的315例原发性肺癌患者为研究对象,根据患者术后是否发生肺部感染,分为肺部感染组和非肺部感染组。纳入标准:(1)患者行胸腔镜肺叶切除术,手术过程顺利,且术后病理证实为原发性肺癌;(2)患者为首次就诊,术前未行放疗或化疗;(3)患者年龄 ≥ 18 周岁,性别不限;(4)患者临床病例资料保存完整。排除标准:(1)转移性肺癌或已伴有远处转移的患者;(2)术前伴有感染性疾病;(3)患者术前1月合并使用免疫抑制剂或糖皮质激素。本研究经我院医学伦理委员会批准同意,且由于为回顾性研究免于患者知情同意。

1.2 肺部感染的诊断标准^[5]

患者经胸部影像学检查提示出现新的或进展性的浸润影、实变影或磨玻璃影,且伴有以下2种及以上的症状或体征:(1)体温 $\geq 38^{\circ}\text{C}$;(2)气道脓性分泌物;(3)外周血白细胞计数 $>10\times 10^9/\text{L}$ 或 $<4\times 10^9/\text{L}$ 。

1.3 研究方法

通过医院电子病历系统,收集以下患者临床信息:(1)一般临床资料,包括患者性别、年龄、体质指数(BMI)、吸烟指数(即吸烟年数与每日吸烟支数的乘积)、是否合并高血压和糖尿病病及是否合并肺部疾病;(2)术前肺功能指标,包括呼气峰值流量(peak expiratory flow, PEF)和第1秒末用力呼气量(forced expiratory volume in first second, FEV1);(3)肺癌病情和手术治疗情况,包括手术切除范围(单叶或多叶)、肿瘤部位、肿瘤直径、肿瘤TNM分期、手术时间、术中失血量、淋巴结清扫个数、术前血白细胞计数、中性粒细胞百分比及血白蛋白等。

1.4 统计学方法

SPSS 22.0软件对数据进行分析。首先对两组患者临床资料进行单因素分析,其中计数资料用例数(n)和构成比(%)表示,组间比较用卡方检验;计量资料用均数($\bar{x}$)和标准差(s)表示,组间比较用独立样本 t 检验。然后对单因素分析中有统计学意义的变量,进一步行二元Logistic回归分析筛选胸腔镜术后并发肺部感染的独立影响因素,并通过R (Version 3.5.3)软件和RMS程序引入变量,建立列线图模型。列线图模型内部验证采用Bootstrap自举法,模型预测能力通过C-index和校正曲线进行评估。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床资料单因素分析

据肺部感染诊断标准,315例患者中共有50例(15.9%)患者发生肺部感染。其中肺部感染组患者平均年龄、肿瘤最大直径、手术时间及吸烟指数 ≥ 100 支年、多叶切除、TNM分期为Ⅲ/Ⅳ期的患者比例明显高于非肺部感染组,而平均PEF和FEV1水平则低于非肺部感染组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。

2.2 相关变量的ROC曲线分析

将单因素分析结果中有统计学差异的连续性变量进一步行ROC曲线分析,获得各变量的AUC和最佳诊断界值。结果提示,患者年龄、手术时间、PEF、FEV1、肿瘤最大直径、吸烟指数、TNM分期、手术切除范围、PCT和C-反应蛋白的AUC分别为0.782、0.739、0.775、0.741、0.575、0.614、0.594、0.464、0.612和0.587。其中年龄、手术时间、PEF、FEV1、肿瘤最大直径、PCT和C-反应蛋白的最佳诊断界值分别为 ≥ 62.5 岁、 ≥ 188.5 min、 ≤ 78.8 ml/s、 ≤ 72.1 ml/s、 ≥ 2.5 cm、 ≥ 0.54 ng/ml和 ≥ 10.33 g/L,见表2。

2.3 肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染的二元Logistic回归分析

患者年龄 ≥ 62.5 岁、吸烟指数 ≥ 100 、PEF ≤ 72.1 ml/s、TNM分期为Ⅲ/Ⅳ期和手术时间 ≥ 188.5 min是肺癌患者胸腔镜根治术后并发肺部感染的独立危险因素,见表3。

2.4 肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染风险预警模型的建立与应用

采用R软件RMS程序包,在回归分析得到了5个有统计学意义的独立危险因素基础上,建立肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染的风险预警模型,见图1。实际临床应用中,临床医护人员可

表1 肺部感染组和非肺部感染组患者临床资料的单因素分析

Table 1 Univariate analysis of clinical data of patients with pulmonary infection and non-pulmonary infection

Factors	Pulmonary infection group (n=50)	Non-pulmonary infection group (n=265)	t/χ^2	P
Age(years)	65.70±8.67	56.74±8.13	7.072	<0.001
Gender			0.147	0.702
Male	32(64.0)	177(66.8)		
Female	18(36.0)	88(33.2)		
BMI(kg/m ²)	25.67±7.22	26.39±8.02		
Smoking index (branch year)			9.393	0.002
≥100	28(56.0)	88(33.2)		
<100	22(44.0)	177(66.8)		
Combined hypertension	14(28.0)	81(30.6)	0.131	0.717
Combined diabetes	6(12.0)	23(8.7)	0.555	0.456
Combined with respiratory diseases	22(44.0)	77(29.2)	4.285	0.038
PEF(ml/s)	78.26±7.91	85.04±4.76	-8.182	<0.001
FEV1(ml/s)	65.73±7.52	73.44±9.43	-5.462	<0.001
Scope of surgical excision			4.710	0.030
Single leaf	19(38.0)	145(55.5)		
Multileaf	31(62.0)	120(44.5)		
Tumor site			0.079	0.994
Upper lobe of the left lung	15(30.0)	81(30.6)		
Lower lobe of the left lung	8(16.0)	44(16.6)		
Upper lobe of the right lung	14(28.0)	76(28.7)		
Middle and lower lobes of the right lung	13(26.0)	64(24.2)		
Maximum tumor (cm)	3.33±1.3	2.94±0.90	2.556	0.011
Tumor TNM staging			8.560	0.003
I / II	31(62.0)	214(80.8)		
III / IV	19(38.0)	51(19.2)		
Surgery time(min)	192.10±11.49	181.39±12.01	5.821	<0.001
Intraoperative blood loss(ml)	225.12±10.21	223.47±9.16	1.147	0.252
Preoperative white blood cell count (×10 ⁹ /L)	8.29±2.36	7.52±3.02	1.706	0.089
Preoperative neutrophil(%)	56.37±7.23	54.86±7.09	1.377	0.170
Blood albumin(g/L)	34.92±2.08	35.11±3.09	0.417	0.677
PCT(ng/ml)	0.62±0.23	0.38±0.11	11.448	<0.001
C-reactive protein (g/L)	12.37±3.96	8.37±1.37	12.781	<0.001

根据患者实际情况，在图1中找到上述各项独立危险因素的分值，将各因素分值相加即可得到总分，最后将总分在发生风险数轴上读数，即为该患者术后发生肺部感染的风险系数。

2.5 肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染的风险预警模型的效应评价

对上述列线图模型进行内部验证，C-index对模型进行评价，结果发现列线图的C-index为0.909，见图2A，且校正曲线显示模型预测值和观察值有一定相关性，见图2B，说明该模型对预测肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染的概率与实际发生概率具有较高的一致性。

表2 肺癌胸腔镜根治术后发生肺部感染的自变量和因变量赋值情况

Table 2 Assignment of independent variable and dependent variable in patients with lung cancer after thoracoscopic radical resection

Variable	Assignment
Independent variable	
Age	If ≥ 62.5 years, then=1; <62.5 years, then=0
Surgery time	If ≥ 188.5 min, then=1; <188.5 min, then=0
PEF	If ≤ 78.8 ml/s, then=1; >78.8 ml/s, then=0
FEV1	If ≤ 72.1 ml/s, then=1; >72.1 ml/s, then=0
Maximum tumor diameter	If ≥ 2.5 cm, then=1; <2.5 cm, then=0
Smoking index	If ≥ 100, then=1; 100, then=0
Tumor TNM staging	If phase III/IV, then=1; phase I / II, then=0
Scope of surgical excision	If multileaf, then=1; single leaf, then=0
PCT	If ≥ 0.54 ng/ml, then=1; <0.54 ng/ml, then=0
C-reactive protein	If ≥ 10.33 g/L, then=1; <10.33 g/L, then=0
Dependent variable	
Complicated lung infection	Yes=1, No=0

表3 肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染的二元Logistic回归分析

Table 3 Binary logistic regression analysis of pulmonary infection in patients with lung cancer after thoracoscopic radical resection

Factor	Regression coefficient	SE	Wald	P	OR	95%CI	
						Upper	Lower
Age≥62.5 years	2.517	0.474	28.196	<0.001	12.395	4.895	31.390
Smoking index≥100	1.139	0.435	6.848	0.009	3.124	1.331	7.334
PEF≤72.1 ml/s	3.049	0.513	35.346	<0.001	21.085	7.718	57.602
TNM stage III/IV	1.520	0.475	10.248	0.001	4.572	1.803	11.596
Surgery time≥188.5 min	2.000	0.456	19.208	<0.001	7.386	3.020	18.061
PCT≥0.54 ng/ml	1.538	0.704	4.768	0.069	4.654	1.171	18.502
C-reactive protein≥10.33 g/L	1.447	0.675	4.597	0.082	4.252	1.132	15.964

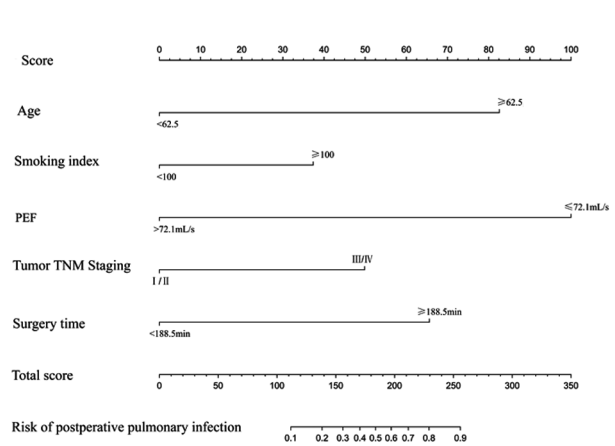


图1 肺癌患者胸腔镜根治术后发生肺部感染的连线图模型
Figure 1 Connection diagram of lung infection in lung cancer patients after thoracoscopic radical resection

3 讨论

随着现代腔镜技术的不断发展，胸腔镜下肺癌根治术成为目前肺癌临床治疗重要环节之一。然而，有国外研究显示^[6]，肺癌患者胸腔镜围手术期的并发症发生率高达40%。李鹏飞等^[7]研究发现，胸腔镜围手术期并发症发生率约为15%。其中，肺部感染是最常见的术后并发症之一。肺部感染患者可继发呼吸衰竭、支气管胸膜瘘、脓胸及脓毒血症，导致患者住院时间延长、住院费用增加及抗菌药物使用时间延长，不仅影响胸腔镜手术治疗效果，而且增加患者心理和经济负担^[4]。由此可见，加强对肺癌患者胸腔镜术后发生肺部感染危险因素的筛查，并通过建立诊断模型对感染发生风险进行早期评估，进而采取个体化的治疗方案，对于改善患者治疗预后具有重要意义。

肺癌患者胸腔镜术后并发肺部感染是多因素作用下的结果，与患者自身生理病理状态及治疗因素均存在密切关系。既往研究表明^[8]，年龄是胸腔镜肺癌根治术围手术期多种并发症的独立危险因素。本研究结果提示，肺部感染组患者的平均年龄明显高于非肺部感染组（ $P<0.05$ ），通过

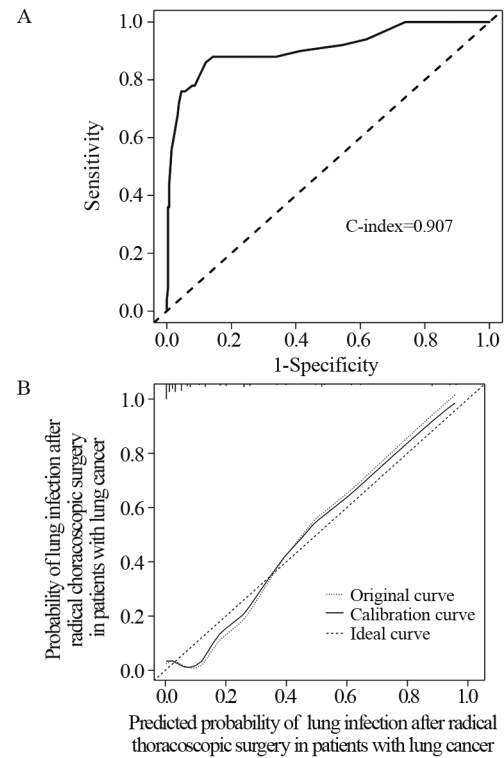


图2 模型列线图内部验证ROC曲线(A)和校正曲线验证(B)
Figure 2 Model nomogram for the internal validation ROC curve(A) and calibration curve validation(B)

ROC曲线分析可知，其AUC为0.782，最佳诊断界值为≥62.5岁。徐燕等^[9]研究发现，65岁以上肺癌患者在胸腔镜术后肺部感染的发生率明显增加，这与本研究结果较为一致，分析主要原因可能是随着年龄增加，患者机体脏器功能逐渐下降，对手术创伤和细菌侵袭的耐受性降低，特别是老年患者呼吸肌收缩功能可能存在不同程度减退，术后气道内分泌物不易及时排除，从而导致肺部感染风险增加^[10]。大量研究表明^[11]，吸烟是引起肺部感染的重要诱因。本研究发现，肺部感染组中吸烟指数≥100的患者比例明显高于非肺部感染组，是肺癌的独立危险因素（ $P<0.05$ ），ROC曲线分析提示AUC为0.614。香烟在燃烧过程中可产生大量刺激性物质，引起支气管黏膜反射性分泌

大量黏液, 可对纤毛的净化功能产生严重影响, 从而导致气道分泌物排出障碍^[12]。目前认为, 吸烟诱发肺部感染主要与烟草的暴露量和暴露时间存在密切关系。

患者术前肺功能状态对胸腔镜治疗的预后具有重要影响。PEF和FEV1是临床评估肺功能重要指标, 其中PEF指用力呼气时的最大瞬间流速, 与胸膜腔内的压力有关, 其数值反应了患者的咳嗽能力。FEV1指最大深吸气后做最大呼气第一秒呼出气的容积, 主要反映患者气道的通气能力^[13]。已有研究表明^[14], PEF和FEV1降低可导致呼吸道分泌物排除不畅, 痰液潴留, 增加肺部感染风险。本研究发现, 肺部感染组患者平均PEF和FEV1均低于非肺部感染组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 但回归分析提示, 仅PEF与患者术后发生肺部感染具有统计学相关性。其主要原因可能是PEF和FEV1之间具有一定的相关性, 由于FEV1与PEF间存在多重共线性而在回归分析中被剔除。近期有研究表明^[15], 相较于其他指标, 在老年或伴有肺部基础疾病患者中, PEF可以更好地反应患者呼吸肌力量和气道的通畅性, 在预测肺部感染方面具有更高的敏感度和特异性。本研究发现PEF的AUC要明显高于FEV1。樊悻辉等^[16]研究同样表明, 在预测食管癌患者腔镜术后肺部感染时, PEF的预测效能明显优于FEV1, 这与本研究结果一致。除此之外, 本研究还发现, 患者肿瘤TNM分期与术后肺部感染发生存在密切关系。在肺部感染组患者中, III/IV期的患者比例明显高于I/II期, 是肺部感染的独立危险因素 ($P<0.05$)。其主要原因可能与III/IV期患者病情较为严重有关。周建中等^[17]研究发现, 在肺癌患者中不同TNM分期患者间血清感染标志物水平差异存在统计学意义。李乔等^[18]研究同样发现, 随着肺癌患者TNM分期增加, 患者在化疗后肺部感染率亦逐渐增加。

围手术期手术部位感染除与患者生理病理因素有关外, 也与治疗因素存在密切关系。其中, 手术时间过长被认为是引起手术部位感染的独立危险因素^[19]。本研究发现, 肺部感染组患者手术时间明显长于非肺部感染组, ROC曲线分析提示, 其预测术后发生肺部感染的AUC为0.739, 最佳诊断界值为 ≥ 188.5 min。分析主要原因可能是手术时间过长不仅导致患者组织暴露时间延长, 同时患者麻醉药物的使用时间和呼吸机使用时间均增加, 易引起肺表面活性物质降低, 诱发术后肺部感染。徐燕等^[9]在肺癌患者胸腔镜术后的感染

风险的危险因素分析中发现, 手术时间长于3 h患者肺部感染风险明显增加, 这与本研究结果较为一致。

本研究虽通过单因素和二元Logistic回归分析获得了患者术后肺部感染的独立危险因素, 可以加强对肺癌经胸腔镜术后肺部感染高危患者的识别。然而, 在临床实践过程中, 仍不能忽视综合性肺部保护手段对围手术期肺部感染等并发症的预防作用。如加强术前宣教, 督促患者戒烟, 指导患者进行呼吸锻炼, 加强对患者营养风险筛查, 积极纠正营养不均衡或贫血, 同时术后也用加强患者的疼痛管理, 予以适度镇痛, 使疼痛即不影响患者深呼吸和用力咳嗽, 同时保持呼吸道敏感性, 避免因镇痛导致的咳嗽反射抑制。

总之, 本研究通过单因素和回归分析表明, 肺癌患者年龄、吸烟指数、TNM分期、PEF和手术时间等因素与胸腔镜术后发生肺部感染具有密切关系。基于此建立的列线图模型不仅具有可视化、量化和操作简便的优点, 同时还具有较高的预测效能, 对肺癌患者胸腔镜术后发生肺部感染高危患者的识别具有一定的临床意义。

参考文献:

- [1] Zheng R, Zhang S, Zeng H, *et al.* Cancer incidence and mortality in China, 2016[J]. J National Cancer Center, 2022, 2(1): 1-9.
- [2] 中华医学会, 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2019版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2020, 42(4): 257-287. [Chinese Medical Association, Oncology Branch of Chinese Medical Association, Journal of Chinese Medical Association. Chinese Medical Association guidelines for clinical diagnosis and treatment of lung cancer (2019 edition)[J]. Zhonghua Zhong Liu Za Zhi, 2020, 42(4): 257-287.]
- [3] Han D, Cao Y, Wu H, *et al.* Uniportal video-assisted thoracic surgery for the treatment of lung cancer: a consensus report from Chinese Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery (CSTCVS) and Chinese Association of Thoracic Surgeons (CATS)[J]. Transl Lung Cancer Res, 2020, 9(4): 971-987.
- [4] 毛友生, 赫捷. 肺癌胸腔镜术后并发症的防治策略[J]. 中国肺癌杂志, 2018, 21(3): 230-233. [Mao YS, He J. The Prevention and Management Strategy for Postoperative Complications after Thoracoscopic Surgery of Lung Cancer[J]. Zhongguo Fei Ai Za Zhi, 2018, 21(3): 230-233.]
- [5] 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2018年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(4): 255-280. [Chinese Medical Association Respiratory Disease Branch Infection Group. Guidelines for the diagnosis and treatment of hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia in adults in China (2018

- edition)[J]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*, 2018, 41(4): 255-280.]
- [6] Sabaté S, Mazo V, Canet J. Predicting postoperative pulmonary complications: implications for outcomes and costs[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2014, 27(2): 201-209.
- [7] 李鹏飞, 赖玉田, 周坤, 等. 应用Clavien-Dindo分级系统对肺癌患者术后并发症分级及危险因素分析[J]. *中国肺癌杂志*, 2017, 20(4): 264-271. [Li PF, Lai YT, Zhou K, *et al.* Analysis of Postoperative Complications and Risk Factors of Patients with Lung Cancer through Clavien-Dindo Classification[J]. *Zhongguo Fei Ai Za Zhi*, 2017, 20(4): 264-271.]
- [8] 车强, 汪林宝, 王孝彬, 等. 胸腔镜肺癌根治术后肺部并发症发生风险分析[J]. *医学临床研究*, 2020, 17(11): 1667-1670. [Che Q, Wang LB, Wang XB, *et al.* Risk Factors Analysis of Pulmonary Complications after Thoracoscopic Radical Resection of Lung Cancer[J]. *Yi Xue Lin Chuang Yan Jiu*, 2020, 17(11): 1667-1670.]
- [9] 徐燕, 韩啸. 肺癌胸腔镜肺切除术术后并发肺部感染的危险因素分析[J]. *全科医学临床与教育*, 2019, 17(11): 1010-1013. [Xu Y, Han X. Risk factors of pulmonary infection after thoracoscopic surgery for lung cancer[J]. *Quan Ke Yi Xue Lin Chuang Yu Jiao Yu*, 2019, 17(11): 1010-1013.]
- [10] 张宇星, 王宇, 宋伟伟, 等. 70岁以上老年非小细胞肺癌病人术后肺部感染的危险因素研究[J]. *实用老年医学*, 2019, 33(7): 661-665. [Zhang YX, Wang Y, Song WW, *et al.* Risk factors of postoperative pulmonary infections in elderly patients with non-small cell lung cancer over 70 years old[J]. *Shi Yong Lao Nian Yi Xue*, 2019, 33(7): 661-665.]
- [11] Dawod YT, Cook NE, Graham WB, *et al.* Smoking-associated interstitial lung disease: update and review[J]. *Expert Rev Respir Med*, 2020, 14(8): 825-834.
- [12] Vij N, Chandramani-Shivalingappa P, Van Westphal C, *et al.* Cigarette smoke-induced autophagy impairment accelerates lung aging, COPD-emphysema exacerbations and pathogenesis[J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2018, 314(1): C73-C87.
- [13] 侯海生, 王秋艳, 陈少川. 食管癌开胸术患者术后肺部感染与术前肺功能指标的相关性[J]. *国际肿瘤学杂志*, 2019, V46(8): 471-474. [Hou HS, Wang QY, Chen SC. Correlation between pulmonary infection and preoperative pulmonary function indexes in patients with esophageal cancer undergoing thoracotomy[J]. *Guo Ji Zhong Liu Xue Za Zhi*, 2019, V46(8): 471-474.]
- [14] 蒋虹, 李隽, 童皖宁, 等. 肺功能指数对肺癌胸腔镜术后患者肺部感染的影响[J]. *中国临床医生杂志*, 2018, 46(5): 576-578. [Jiang H, Li J, Tong WN, *et al.* Effect of pulmonary function index on pulmonary infection in patients with lung cancer after thoracoscopic surgery[J]. *Zhongguo Lin Chuang Yi Sheng Za Zhi*, 2018, 46(5): 576-578.]
- [15] 刘现海, 李峰, 孔令剑, 等. 肺功能指标对食管癌患者术后肺部感染的预测价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(9): 1379-1383. [Liu XH, Li F, Kong LJ, *et al.* Value of lung function indexes in prediction of postoperative pulmonary infection in patients with esophageal cancer[J]. *Zhonghua Yi Yuan Gan Ran Xue Za Zhi*, 2019, 29(9): 1379-1383.]
- [16] 樊烽辉, 施民新, 陈赛华, 等. 呼气峰值流量对食管癌微创手术后肺部感染的预测价值[J]. *中国临床研究*, 2019, 32(8): 4. [Fan YH, Shi MX, Chen SH, *et al.* The predictive value of peak expiratory flow for pulmonary infection after minimally invasive surgery for esophageal cancer[J]. *Zhongguo Lin Chuang Yan Jiu*, 2019, 32(8): 4.]
- [17] 周建中. NSCLC患者血清PCT、D-D、SAA水平与TNM分期的关系及其对肺部感染的诊断价值[J]. *中国医学创新*, 2021, 18(25): 14-17. [Zhou JZ. Relationship between serum PCT, D-D, SAA levels and TNM staging in NSCLC patients and their diagnostic value for pulmonary infection[J]. *Zhongguo Yi Xue Chuang Xin*, 2021, 18(25): 14-17.]
- [18] 李乔, 范习刚. 影响肺癌化疗患者发生肺部感染的危险因素分析[J]. *实用癌症杂志*, 2020, 35(1): 85-87. [Li Q, Fan XG. Analysis of risk factors affecting pulmonary infection in patients with lung cancer chemotherapy[J]. *Shi Yong Ai Zheng Za Zhi*, 2020, 35(1): 85-87.]
- [19] 张波, 陈保富, 金将, 等. 腔镜联合食管癌根治术后合并肺部感染危险因素分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2013, 23(6): 1349-1350, 1358. [Zhang B, Chen BF, Jin J, *et al.* Analysis of risk factors for pulmonary infection after laparoscopy combined with radical esophagectomy[J]. *Zhonghua Yi Yuan Gan Ran Xue Za Zhi*, 2013, 23(6): 1349-1350, 1358.]

[编辑: 黄园玲; 校对: 尤婷婷]

作者贡献:

张秀强: 数据统计、论文撰写

杨 涛: 论文思路整体设计