



(OSID 码)

· 论 著 ·

第1秒用力呼气容积占预计值百分比、每分钟最大通气量占预计值百分比及肺一氧化碳弥散量占预计值百分比与非小细胞肺癌患者术后心肺并发症的关系研究

李业彪¹, 邱泳波², 陈淑珍³, 许伟珍¹, 林育超⁴, 陈森¹, 李祖设⁴, 杨扬⁴, 倪武⁴

【摘要】 背景 肺切除术是临床治疗非小细胞肺癌(NSCLC)的常用手段,而有效预测术后心肺并发症发生风险并进行适当的术前管理对降低NSCLC患者病死率具有重要意义。目的 探讨第1秒用力呼气容积占预计值百分比(FEV₁%pred)、每分钟最大通气量占预计值百分比(MVV%pred)及肺一氧化碳弥散量占预计值百分比(DLCO%pred)与NSCLC患者术后心肺并发症的关系。方法 选取2016年1月—2019年5月在广东省农垦中心医院呼吸内科及胸外科行肺切除术(包括开胸手术和电视胸腔镜手术)的NSCLC患者154例,根据术后心肺并发症发生情况分为对照组(未发生心肺并发症, n=117)和研究组(发生心肺并发症, n=37)。比较两组患者一般资料及肺功能指标;绘制ROC曲线以确定年龄、FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred预测NSCLC患者术后心肺并发症的最佳截断值,并采用多因素Logistic回归分析NSCLC患者术后心肺并发症的影响因素。结果 (1)本研究中154例NSCLC患者术后心肺并发症发生率为24.0%。(2)研究组患者年龄大于对照组,高血压、慢性阻塞性肺疾病(COPD)、冠心病发生率高于对照组,FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred低于对照组(P<0.05);两组患者性别、体质指数(BMI)、手术方式、临床分期及血脂异常、糖尿病发生率比较,差异无统计学意义(P>0.05)。(3)ROC曲线显示,年龄、FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred预测NSCLC患者术后心肺并发症的曲线下面积(AUC)分别为0.747[95%CI(0.686, 0.801)]、0.689[95%CI(0.576, 0.735)]、0.695[95%CI(0.631, 0.754)]、0.643[95%CI(0.609, 0.733)],最佳截断值分别为69岁、84%、74%、70%。(4)多因素Logistic回归分析结果显示,年龄>69岁[OR=2.160, 95%CI(1.016, 4.593)]、高血压[OR=2.261, 95%CI(1.063, 4.810)]、COPD[OR=2.088, 95%CI(1.133, 3.848)]、FEV₁%pred<84%[OR=2.206, 95%CI(1.085, 4.848)]、MVV%pred<74%[OR=2.201, 95%CI(1.274, 3.803)]、DLCO%pred<70%[OR=1.735, 95%CI(1.138, 2.644)]是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素(P<0.05)。结论 NSCLC患者术后心肺并发症发生率较高,且FEV₁%pred<84%、MVV%pred<74%、DLCO%pred<70%是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素。

【关键词】 非小细胞肺癌; 心肺并发症; 第1秒用力呼气容积; 每分钟最大通气量; 肺一氧化碳弥散量

【中图分类号】 R 730.26 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.12.009

李业彪, 邱泳波, 陈淑珍, 等. 第1秒用力呼气容积占预计值百分比、每分钟最大通气量占预计值百分比及肺一氧化碳弥散量占预计值百分比与非小细胞肺癌患者术后心肺并发症的关系研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27(12): 53-57. [www.syxnf.net]

LI Y B, QIU Y B, CHEN S Z, et al. Relations of FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred to postoperative cardiopulmonary complications in patients with non-small cell lung cancer [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27(12): 53-57.

Relations of FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred to Postoperative Cardiopulmonary Complications in Patients with Non-small Cell Lung Cancer LI Yebiao¹, QIU Yongbo², CHEN Shuzhen³, XU Weizhen¹, LIN Yuchao⁴, CHEN Sen¹, LI Zushu⁴, YANG Yang⁴, NI Wu⁴

1. Department of Respiratory Medicine, Guangdong Agricultural Reclamation Center Hospital, Zhanjiang 524002, China

2. Department of Hospital Infection Control, Guangdong Agricultural Reclamation Center Hospital, Zhanjiang 524002, China

China

基金项目: 湛江市科技计划项目(170507201681089)

1.524002 广东省湛江市, 广东省农垦中心医院呼吸内科 2.524002 广东省湛江市, 广东省农垦中心医院院感科

3.524002 广东省湛江市, 广东省农垦中心医院质控科 4.524002 广东省湛江市, 广东省农垦中心医院胸外科

通信作者: 李业彪, E-mail: nkykj@21cn.com

3. Department of Quality Control, Guangdong Agricultural Reclamation Center Hospital, Zhanjiang 524002, China

4. Department of Thoracic Surgery, Guangdong Agricultural Reclamation Center Hospital, Zhanjiang 524002, China

Corresponding author: LI Yebiao, E-mail: nkykj@21cn.com

【 Abstract 】 Background Pneumonectomy is a commonly used method in the clinical treatment of non-small cell lung cancer (NSCLC), thus effective prediction of postoperative cardiopulmonary complications and proper preoperative management are of great significance to reduce the fatality rate. **Objective** To investigate the relations of FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred to postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC. **Methods** From January 2016 to May 2019, 154 NSCLC patients underwent pneumonectomy (including thoracotomy and Video-assisted thoracoscopic surgery) were selected in the Departments of Respiratory Medicine and Thoracic Surgery, Guangdong Agricultural Reclamation Center Hospital, and they were divided into control group (without cardiopulmonary complications, n=117) and study group (with cardiopulmonary complications, n=37) according to incidence of postoperative cardiopulmonary complications. General information and pulmonary function indicators were compared between the two groups; ROC curve was plotted to define the optimal cut-off value of age, FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred on predicting postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC, moreover influencing factors of postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC were analyzed by multivariate Logistic regression analysis. **Results** (1) Incidence of postoperative cardiopulmonary complications was 24.0% in this study. (2) Age in study group was statistically significantly older than that in control group, incidence of hypertension, COPD and coronary heart disease in study group was statistically significantly higher than that in control group, respectively, while FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred in study group were statistically significantly lower than those in control group ($P<0.05$); there was no statistically significant difference in gender, BMI, surgical methods, clinical staging, incidence of dyslipidemia or diabetes between the two groups ($P>0.05$). (3) ROC curve showed that, AUC of age, FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred in predicting postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC was 0.747 [95%CI (0.686, 0.801)], 0.689 [95%CI (0.576, 0.735)], 0.695 [95%CI (0.631, 0.754)] and 0.643 [95%CI (0.609, 0.733)], respectively, with optimal cut-off value of 69 years old, 84%, 74% and 70%, respectively. (4) Multivariate Logistic regression analysis results showed that, age>69 years old [OR=2.160, 95%CI (1.016, 4.593)], hypertension [OR=2.261, 95%CI (1.063, 4.810)], COPD [OR=2.088, 95%CI (1.133, 3.848)], FEV₁%pred<84% [OR=2.206, 95%CI (1.085, 4.848)], MVV%pred<74% [OR=2.201, 95%CI (1.274, 3.803)] and DLCO%pred<70% [OR=1.735, 95%CI (1.138, 2.644)] were independent risk factors of postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC ($P<0.05$). **Conclusion** Risk of postoperative cardiopulmonary complications was relatively higher in patients with NSCLC, moreover FEV₁%pred<84%, MVV%pred<74% and DLCO%pred<70% are independent risk factors of the postoperative cardiopulmonary complications.

【 Key words 】 Non-small-cell lung carcinoma; Cardiopulmonary complications; FEV₁; MVV; DLCO

肺癌是我国病死率较高的一种恶性肿瘤,多与吸烟、环境暴露及遗传因素有关,其中非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)是最常见的肺癌类型,约占肺癌患病人数的85%。NSCLC病理分型包括鳞状细胞癌(鳞癌)、腺癌、大细胞癌,与小细胞肺癌相比,NSCLC癌细胞生长分裂速度较慢,扩散转移较晚。肺切除术是临床治疗NSCLC的常用手段,但术后并发症尤其心肺并发症发生率较高^[1]。心肺并发症指患者术后30 d内或住院期间出现心肺功能紊乱,主要表现为心房颤动、心肾综合征、室性心动过速、急性心肌梗死、短暂性脑缺血发作等心血管疾病及肺部感染、急性肺损伤等肺部疾病,可增加NSCLC患者围术期死亡风险。手术尤其是外科手术切口感染可刺激机体产生较严重的炎性反应,致使机体氧需求量增加,代偿性增加心搏出量,进而导致心肺并发症^[2]。因此,适当的术前管理及有效预测心肺并发症对降低NSCLC患者病死率具有

重要意义。肺功能检查是评估患者术后心肺并发症发生风险的一项重要方法^[3],其中第1秒用力呼气容积占预计值百分比(FEV₁%pred)、每分钟最大通气量占预计值百分比(MVV%pred)、肺一氧化碳弥散量占预计值百分比(DLCO%pred)检测简便、快速且无创^[4]。本研究旨在探讨FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred与NSCLC患者术后心肺并发症的关系,现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2016年1月—2019年5月在广东省农垦中心医院呼吸内科及胸外科行肺切除术的NSCLC患者154例,均符合中国抗癌协会肺癌专业委员会制定的《2010中国肺癌临床指南》^[5]中的NSCLC诊断标准。纳入标准:(1)拟行择期肺切除术;(2)体质指数(BMI)<30 kg/m²;(3)年龄19~74岁。排除标准:(1)合并收缩期心力衰竭(左心室射血分数<40%)、限制性肺疾病、哮喘者;(2)合并严重心、肝、肾等脏器疾病

者; (3) 长期服用止痛药物者; (4) 近 2 个月内接受免疫抑制剂治疗者; (5) 伴有视力、听力明显异常者; (6) 伴有血流动力学不稳定者。根据患者术后心肺并发症发生情况将所有患者分为对照组 (未发生心肺并发症, $n=117$) 和研究组 (发生心肺并发症, $n=37$)。本研究经广东省农垦中心医院医学伦理委员会审核批准, 所有患者及家属对本研究知情并签署知情同意书。

1.2 心肺并发症种类及定义

1.2.1 心血管并发症 (1) 心房颤动: 无 P 波且心室率不规则。(2) 心肾综合征: 术后 48 h 内肌酐 ≥ 0.3 g/L, 持续 6 h 尿量 <0.5 ml \cdot kg $^{-1}\cdot$ h $^{-1}$ 。(3) 室性心动过速: 心率 >100 次/min, 连续 3 个及以上自发性室性电除极。(4) 急性心肌梗死: 出现胸痛或不适 (持续时间 >30 min), 心电图检查显示 ST 段呈弓背向上型抬高, 出现宽而深的 Q 波及 T 波倒置, 心肌酶及肌钙蛋白升高。(5) 短暂性脑缺血发作: 出现局灶性神经系统症状及体征, 持续时间 <24 h。

1.2.2 肺部并发症 (1) 肺部感染: 体温 >38 $^{\circ}$ C, 脓痰, 胸部 X 线检查显示炎性改变, 血氧饱和度 $<90\%$ 。(2) 急性肺损伤: 动脉血氧分压/吸入氧浓度 <300 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa), 胸部 X 线检查显示双侧肺弥漫性浸润, 血氧饱和度 $<90\%$ 。(3) 急性呼吸窘迫综合征: 动脉血氧分压/吸入氧浓度 <200 mm Hg, 胸部 X 线检查显示双侧肺弥漫性浸润, 血氧饱和度 $<90\%$ 。

1.3 治疗 所有患者行开胸手术或电视胸腔镜手术 (video-assisted thoracoscopic surgery, VATS), 根据患者具体情况选择全肺切除术、肺叶切除术、肺楔形切除术等, 术后给予物理治疗、疼痛管理、抗生素和抗血栓治疗等。

1.4 观察指标 比较两组患者一般资料及肺功能指标, 其中一般资料包括年龄、性别、体质指数 (BMI)、手术方式、临床分期、合并症 [包括高血压、血脂异常、糖尿病、慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、冠心病]; 肺功能指标包括 FEV $_1$ %pred、MVV%pred、DLCO%pred。

1.5 统计学方法 应用 SPSS 21.0 统计学软件进行数据分析, 计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用两独立样本 t 检验; 计数资料分析采用 χ^2 检验; 等级资料分析采用秩和检验; 绘制 ROC 曲线以确定年龄、FEV $_1$ %pred、MVV%pred、DLCO%pred 预测 NSCLC 患者术后心肺并发症的最佳截断值; 采用多因素 Logistic 回归分析 NSCLC 患者术后心肺并发症影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术后并发症发生情况 本研究 NSCLC 患者术后心肺并发症发生率为 24.0% (37/154), 其中心房颤动 19 例、心肾综合征 1 例、室性心动过速 1 例、急性心肌梗死 1 例、短暂性脑缺血发作 1 例、肺部感染 12 例、急性肺损伤 2 例、急性呼吸窘迫综合征 2 例。

2.2 一般资料及肺功能指标 研究组患者年龄大于对照组, 高血压、COPD、冠心病发生率高于对照组, FEV $_1$ %pred、MVV%pred、DLCO%pred 低于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 两组患者男性比例、BMI、手术方式、临床分期及血脂异常、糖尿病发生率比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 见表 1)。

2.3 预测价值 ROC 曲线显示, 年龄、FEV $_1$ %pred、MVV%pred、DLCO%pred 预测 NSCLC 患者术后心肺并发症的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.747 [95%CI

表 1 两组患者一般资料及肺功能指标比较

Table 1 Comparison of general information and pulmonary function indicators between the two groups

组别	例数	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	男性 [n (%)]	BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m 2)	手术方式 [n (%)]			临床分期 [n (%)]			
					全肺切除术	肺叶切除术	肺楔形切除术	I A 期	I B 期	II A/ II B 期	III A/ III B 期
对照组	117	65.5 \pm 17.8	70 (59.8)	26.11 \pm 5.12	25 (21.4)	47 (40.2)	45 (38.4)	57 (48.7)	23 (19.7)	21 (17.9)	16 (13.7)
研究组	37	72.6 \pm 19.6	25 (67.6)	25.86 \pm 5.28	9 (24.4)	14 (37.8)	14 (37.8)	14 (37.8)	9 (24.3)	8 (21.6)	6 (16.3)
检验统计量值		2.061	1.961 ^a	0.257		0.227 ^a				1.030 ^b	
P 值		0.041	0.161	0.798		0.821				0.303	
组别	合并症 [n (%)]					肺功能指标 ($\bar{x} \pm s$, %)					
	高血压	血脂异常	糖尿病	COPD	冠心病	FEV $_1$ %pred	MVV%pred	DLCO%pred			
对照组	44 (37.6)	34 (29.1)	20 (17.1)	14 (12.0)	3 (2.6)	91.52 \pm 11.48	88.75 \pm 19.58	90.85 \pm 17.34			
研究组	20 (54.1)	11 (29.7)	7 (18.9)	14 (37.8)	4 (10.8)	81.35 \pm 12.58	71.34 \pm 15.86	69.32 \pm 14.25			
检验统计量值	4.632 ^a	0.006 ^a	0.065 ^a	12.640 ^a	4.406 ^a	4.589	4.919	6.852			
P 值	0.031	0.938	0.799	<0.01	0.036	<0.01	<0.01	<0.01			

注: BMI= 体质指数, COPD= 慢性阻塞性肺疾病, FEV $_1$ %pred= 第 1 秒用力呼气容积占预计值百分比, MVV%pred = 每分钟最大通气量占预计值百分比, DLCO%pred= 肺一氧化碳弥散量占预计值百分比; ^a 为 χ^2 值, ^b 为 u 值, 余检验统计量值为 t 值

(0.686, 0.801)]、0.689 [95%CI (0.576, 0.735)]、0.695 [95%CI (0.631, 0.754)]、0.643 [95%CI (0.609, 0.733)]，最佳截断值分别为69岁、84%、74%、70% (见表2、图1)。

2.4 多因素分析 根据ROC曲线将计量资料转换为二分类变量，将年龄(赋值：≤69岁=0, >69岁=1)、高血压(赋值：无=0, 有=1)、COPD(赋值：无=0, 有=1)、冠心病(赋值：无=0, 有=1)、FEV₁%pred(赋值：≥84%=0, <84%=1)、MVV%pred(赋值：≥74%=0, <74%=1)、DLCO%pred(赋值：≥70%=0, <70%=1)作为自变量，术后心肺并发症(赋值：无=0, 有=1)作为因变量进行多因素Logistic回归分析，结果显示，年龄>69岁、高血压、COPD、FEV₁%pred<84%、MVV%pred<74%、DLCO%pred<70%是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素(P<0.05, 见表3)。

3 讨论

肺癌是我国病死率较高的一种恶性肿瘤，以外科手术治疗为主，放化疗为辅，其中肺切除术是目前临床治疗肺癌、肺结核及损毁肺等疾病的有效手段。研究表明，多数NSCLC患者合并COPD、冠心病等基础疾病，

表2 年龄、FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred对NSCLC患者术后心肺并发症的预测价值

Table 2 Predictive value of age, FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred on postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC

变量	AUC (95%CI)	最佳截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)
年龄	0.747 (0.686, 0.801)	69岁	67.28	82.86
FEV ₁ %pred	0.689 (0.576, 0.735)	84%	80.75	64.00
MVV%pred	0.695 (0.631, 0.754)	74%	77.64	61.19
DLCO%pred	0.643 (0.609, 0.733)	70%	69.51	64.71

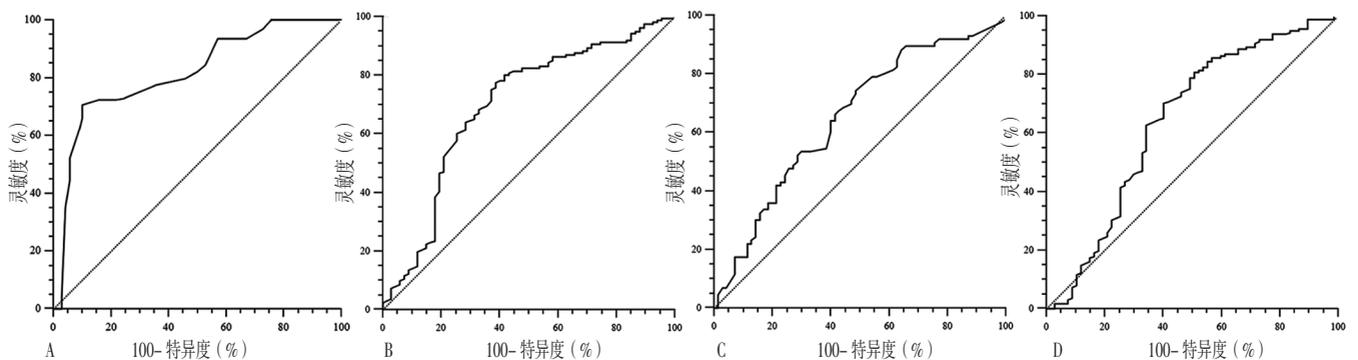
注：AUC=曲线下面积

表3 NSCLC患者术后心肺并发症影响因素的多因素Logistic回归分析
Table 3 Multivariate Logistic regression analysis on influencing factors of postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC

变量	β	SE	Wald χ ² 值	P值	OR (95%CI)
年龄>69岁	0.770	0.385	4.000	<0.05	2.160 (1.016, 4.593)
高血压	0.816	0.385	4.492	<0.05	2.261 (1.063, 4.810)
COPD	0.736	0.312	5.565	<0.05	2.088 (1.133, 3.848)
冠心病	0.453	0.269	2.836	>0.05	1.573 (0.928, 2.665)
FEV ₁ %pred<84%	0.791	0.362	4.775	<0.05	2.206 (1.085, 4.484)
MVV%pred<74%	0.789	0.279	7.998	<0.05	2.201 (1.274, 3.803)
DLCO%pred<70%	0.551	0.215	6.568	<0.05	1.735 (1.138, 2.644)

进而导致其术后并发症发生率及病死率升高^[1]。此外，术后肺功能与肺切除程度、切除组织、剩余肺组织的相对功能及术前肺功能受损程度有关。相关研究表明，约30%的NSCLC患者经肺切除术后出现心肺并发症，且术后30d内病死率为0.6%~5.0%^[6-7]。本研究结果显示，NSCLC患者术后心肺并发症发生率为24.0%，其中心房颤动、肺部感染发生率较高，究其原因可能为肺切除术创伤较大，导致患者肺功能迅速下降，出现小气道阻力增加、黏膜清除能力降低而致使气道分泌物阻塞，进而引发肺部感染；另一方面，肺切除术后患者肺血管床明显减少、肺循环阻力增加，致使右心后负荷增加、机体供氧量下降而引发低氧血症、心律失常等严重心脏疾病。

肺切除术患者术前常规检查包括心电图、肺功能检查及动脉血气分析，其中肺功能检查十分关键。SAWABATA等^[8]研究表明，FEV₁%pred是术前评估NSCLC患者术后心肺并发症的敏感指标，FEV₁%pred>80%及DLCO%pred>80%患者可行全肺切除术，且无需进一步评估。本研究结果表明，FEV₁%pred<84%是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素。FEV₁%pred是术前评估患者肺功能的重要指



注：A、B、C、D依次为年龄、第1秒用力呼气容积占预计值百分比(FEV₁%pred)、每分钟最大通气量占预计值百分比(MVV%pred)、肺一氧化碳弥散量占预计值百分比(DLCO%pred)

图1 年龄、FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred对NSCLC患者术后心肺并发症预测价值的ROC曲线

Figure 1 ROC curves for predictive value of age, FEV₁%pred, MVV%pred and DLCO%pred on postoperative cardiopulmonary complications in patients with NSCLC

标,其值降低表明患者存在通气功能障碍,提示患者易发生肺部感染等肺部并发症。肺活量(VC)仅可评估患者深呼吸的气量,无法确定通气量与呼吸速度的关系,因此VC是静态呼吸指标,而MVV则是单位时间内以最大的呼吸幅度及最快的呼吸速度达到的通气量,属于动态呼吸指标。本研究结果显示,MVV%pred<74%是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素,与王丹丹等^[9]研究结果一致。DLCO是评估患者肺弥散功能的重要指标,肺毛细血管床、肺泡毛细血管膜减少可导致心肺并发症发生。本研究结果显示,DLCO%pred<70%是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素,与WANG等^[10]研究结果一致。

本研究结果还显示,年龄>69岁、高血压是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素。有研究表明,NSCLC合并COPD患者术后心肺并发症发生率较高^[11]。心肺并发症是一种具有气流阻塞特征的慢性支气管炎和/或肺气肿,可进一步发展为心肺综合征,导致肺功能进一步下降。有研究表明,合并COPD是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素^[12];但最近也有研究表明,术前肺功能损伤程度对NSCLC合并COPD患者术后心肺并发症影响较大^[6],本研究结果与之相似。

综上所述,NSCLC患者术后心肺并发症发生率较高,且FEV₁%pred<84%、MVV%pred<74%、DLCO%pred<70%是NSCLC患者术后心肺并发症的独立危险因素,临床可通过术前检测肺功能以评估NSCLC患者术后心肺并发症发生风险,便于采取相应的预防措施;但本研究是单中心研究、样本量较小,存在一定选择偏倚,且未对患者合并症及术后FEV₁%pred、MVV%pred、DLCO%pred进行动态观察,因此结果结论仍需联合多中心、扩大样本量进一步研究证实。

作者贡献:李业彪、邱泳波进行文章的构思与设计;李业彪、邱泳波、陈淑珍、李祖设、杨扬进行研究的实施与可行性分析、结果的分析与解释;邱泳波、许伟珍、林育超、陈森、李祖设、倪武进行数据的收集、整理、分析;李业彪负责撰写论文;陈淑珍负责论文的修订;李业彪、倪武负责文章的质量控制及审校,对文章整体负责,监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] BOFFA D J, ALLEN M S, GRAB J D, et al. Data from The Society of Thoracic Surgeons General Thoracic Surgery database: the surgical

management of primary lung tumors [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008, 135 (2): 247-254. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2007.07.060.

- [2] NIKOLOPOULOS I, ELLWOOD M, GEORGE M, et al. Cardiopulmonary exercise testing versus spirometry as predictors of cardiopulmonary complications after colorectal surgery [J]. *Eur Surg*, 2015, 47 (6): 324-330. DOI: 10.1007/s10353-015-0359-z.
- [3] KALLIANOS A, RAPT I A, TSIMPOUKIS S, et al. Cardiopulmonary exercise testing (CPET) as preoperative test before lung resection [J]. *In Vivo*, 2014, 28 (6): 1013-1020.
- [4] 王永刚, 陈德河, 唐碗崎. 手术前肺功能对肺癌左肺切除患者心肺并发症的影响 [J]. *西部医学*, 2016, 28 (3): 382-384. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2016.03.023.
- [5] 中国抗癌协会肺癌专业委员会. 2010 中国肺癌临床指南 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 31.
- [6] 赖玉田, 苏建华, 王铭明, 等. I 期非小细胞肺癌患者肺叶切除术后心肺相关并发症种类及其危险因素分析 [J]. *中国肺癌杂志*, 2016, 19 (5): 286-292. DOI: 10.3779/j.issn.1009-3419.2016.05.06.
- [7] 汪志海. 全肺切除术后并发症的防治进展 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2015, 22 (4): 380-384. DOI: 10.7507/1007-4848.20150100.
- [8] SAWABATA N, NAGAYASU T, KADOTA Y, et al. Risk assessment of lung resection for lung cancer according to pulmonary function: republication of systematic review and proposals by guideline committee of the Japanese association for chest surgery 2014 [J]. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 63 (1): 14-21. DOI: 10.1007/s11748-014-0475-x.
- [9] 王丹丹, 陈情, 毕平. 肺癌左全肺切除术后心肺并发症的发生与术前低肺功能的相关性 [J]. *中国肿瘤临床*, 2015, 42 (7): 397-400. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8179.20141952.
- [10] WANG J S, ABBOUD R T, GRAHAM B L. Predicted postoperative product and diffusion heterogeneity index in the evaluation of candidates for lung resection [J]. *Respir Care*, 2011, 56 (4): 449-455. DOI: 10.4187/respcare.00850.
- [11] 许发珍, 邬艺忠, 张广云, 等. 肺癌左全肺切除术后心肺并发症危险因素分析 [J]. *四川医学*, 2017, 38 (6): 678-681. DOI: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2017.06.021.
- [12] DEMIRI S, LORUT C, RABBAT A, et al. Postoperative outcomes of frequent exacerbator patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease after resection of Non-Small Cells Lung Cancer [J]. *COPD*, 2018, 15 (4): 361-368. DOI: 10.1080/15412555.

(收稿日期: 2019-09-10; 修回日期: 2019-12-06)

(本文编辑: 李越娜)