

• 影像医学研究 •

## 股直肌剪切波弹性成像对胸腔镜术后肺部并发症的预测价值

许程晨<sup>1</sup>, 张梦澄<sup>1</sup>, 冯俊成<sup>2</sup>, 翟晨骏<sup>3</sup>, 朱琦<sup>1</sup>, 潘宏华<sup>4</sup>, 刘晨晨<sup>4\*</sup><sup>1</sup>扬州大学医学院宜兴临床学院麻醉手术部, <sup>2</sup>心胸外科, <sup>3</sup>骨科, <sup>4</sup>超声医学科, 江苏 宜兴 214200

**[摘要]** 目的: 探究股直肌剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)与胸腔镜术后肺部并发症(postoperative pulmonary complication, PPC)的相关性及预测价值。方法: 收集择期行胸腔镜手术的292例患者的临床资料。根据术后是否发生PPC, 分为非PPC组和PPC组。两组患者术前股直肌检查均采用常规超声联合SWE, 测量股直肌厚度(rectus femoris thickness, RF<sub>thick</sub>)、横截面积(cross-sectional area, RF<sub>csa</sub>)及剪切波弹性速度平均值(mean shear wave velocity, CS<sub>mean</sub>)。比较两组间临床资料与股直肌超声各参数的差异, 并分析与PPC发生的相关性, 采用二元Logistic回归分析得出联合诊断公式, 绘制受试者工作特征曲线进一步分析单一指标和联合指标对PPC的预测价值。结果: PPC的发生与年龄呈正相关, 与股直肌CS<sub>mean</sub>呈负相关( $P < 0.001$ ); 年龄与股直肌CS<sub>mean</sub>单独预测PPC的效能较低, 两指标联合预测效能更高, 曲线下面积为0.714。结论: 股直肌CS<sub>mean</sub>分析预测PPC的发生具有可行性, 结合年龄指标预测价值更高, 可无创、快速评估胸腔镜手术患者发生PPC的风险。

**[关键词]** 肺部并发症; 股直肌; 剪切波弹性成像; 二维超声**[中图分类号]** R445.1**[文献标志码]** A**[文章编号]** 1007-4368(2024)09-1268-07**doi:** 10.7655/NYDXBNSN240386

## Predictive value of rectus femoris shear wave elastography for postoperative pulmonary complications in thoracoscopic surgery

XU Chengchen<sup>1</sup>, ZHANG Mengcheng<sup>1</sup>, FENG Juncheng<sup>2</sup>, ZHAI Chenjun<sup>3</sup>, ZHU Qi<sup>1</sup>, PAN Honghua<sup>4</sup>, LIU Chenchen<sup>4\*</sup><sup>1</sup>Department of Anesthesia Surgery, <sup>2</sup>Department of Cardiothoracic Surgery, <sup>3</sup>Department of Orthopedics, <sup>4</sup>Department of Ultrasound, the Affiliated Yixing Clinical School of Medical School of Yangzhou University, Yixing 214200, China

**[Abstract]** **Objective:** To explore the correlation and predictive value of shear wave elastography (SWE) of the rectus femoris with postoperative pulmonary complication (PPC) following thoracoscopic surgery. **Methods:** Clinical data from 292 patients scheduled for elective thoracoscopic surgery were collected. Patients were divided into the PPC group and the non-PPC group, based on the occurrence of PPC postoperatively. Preoperative assessments of the rectus femoris included conventional ultrasound combined with SWE, measuring rectus femoris thickness (RF<sub>thick</sub>), cross-sectional area (RF<sub>csa</sub>), and mean share wave velocity (CS<sub>mean</sub>). Differences in clinical data and the rectus femoris ultrasound parameters between the two groups were compared. The correlation with PPC occurrence was analyzed, and a combined diagnostic formula was derived using binary logistic regression analysis. ROC curves were plotted to further analyze the predictive value of single and combined indicators for PPC. **Results:** The occurrence of PPCs was positively correlated with age and negatively correlated with the rectus femoris CS<sub>mean</sub> ( $P < 0.001$ ). Age and CS<sub>mean</sub> alone had lower predictive efficacy for PPCs, while their combination showed higher efficacy, with the area under cure of 0.714. **Conclusion:** Analysis of the rectus femoris CS<sub>mean</sub> is feasible for predicting the occurrence of PPCs, and its predictive value is enhanced when combined with age. This non-invasive and rapid assessment can evaluate the risk of PPC in patients undergoing thoracoscopic surgery.

**[Key words]** postoperative pulmonary complications; rectus femoris; shear wave elastography; two-dimensional ultrasound

[J Nanjing Med Univ, 2024, 44(09): 1268-1273, 1304]

**[基金项目]** 国家自然科学基金(82202716); 无锡市卫生健康委科研项目(Q202266)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail: staff6610@yxph.com

术后肺部并发症(postoperative pulmonary complication, PPC)是手术后常见的并发症,胸腔镜手术的PPC发生率高达18%~25%,是导致术后发病率、病死率增加和住院时间延长的主要原因<sup>[1]</sup>。因此,术前需准确预测和评估PPC的发生情况,为合理干预提供依据,是促进患者胸腔镜术后快速康复的第一步。

现阶段,术前预测与评估PPC发生的方法均存在一定的局限性<sup>[2-4]</sup>:术前肺活量测定值并不能有效预测PPC;通过临床评估识别出的PPC高风险患者,其风险分层的证据并不可靠;术前胸部X线检查对PPC的预测可靠性也存在争议;肺功能检测是胸腔镜手术患者术前较为常用和客观的检查,已有多个研究分析了肺功能检测对胸腔镜手术风险的评估价值。然而,单一的肺功能指标监测并不能有效预测PPC的发生。

随着肌骨超声技术的迅速发展,骨骼肌常规超声可识别肌肉结构和形态的变化,剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)可以实时量化肌肉质量的信息<sup>[5-6]</sup>。其中,股直肌超声评价可用来定量评估骨骼肌减少,且与肺功能下降存在相关性<sup>[7-9]</sup>。但股直肌状态在预测胸腔镜PPC方面的价值尚不清楚。因此,本研究拟通过超声成像技术,分析患者胸腔镜PPC的发生情况与股直肌状态之间的内在联系,以阐明股直肌超声弹性成像在预测PPC中的作用,为术前筛查与判断高危患者提供多元的理论支持。

## 1 对象和方法

### 1.1 对象

收集2023—2024年于宜兴市人民医院心胸外科择期行胸腔镜手术的患者292例,术前均行股直肌超声检查。根据是否发生PPC,分为非PPC组和PPC组。纳入标准:①年龄50~85岁;②美国麻醉师协会(American Society of Anesthesiologists)评分Ⅱ~Ⅲ级;③行胸腔镜手术;④术后随访7 d;⑤有完整的临床资料。排除标准:①凝血功能障碍及有麻醉药物过敏史;②拟行全肺切除;③术前肺功能异常或并存肺炎、胸腔积液等并发症;④下肢瘫痪或偏瘫;⑤临床资料不全或失访。

本研究为前瞻性观察性研究,经医院研究伦理委员会批准(编号:伦审2022技018新),并签署知情同意书,中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2300076028)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 超声检查仪器与辅助设备

所有患者均采用深圳迈瑞公司提供的Resona 9彩色多普勒超声诊断仪,L14-6WU探头,使用肌骨模式,进行二维灰阶、彩色多普勒超声和实时SWE检查。所有操作均由2位高年资超声医师进行。辅助设备:1只条型测力器、1杆可升降输液架。

#### 1.2.2 二维超声检查

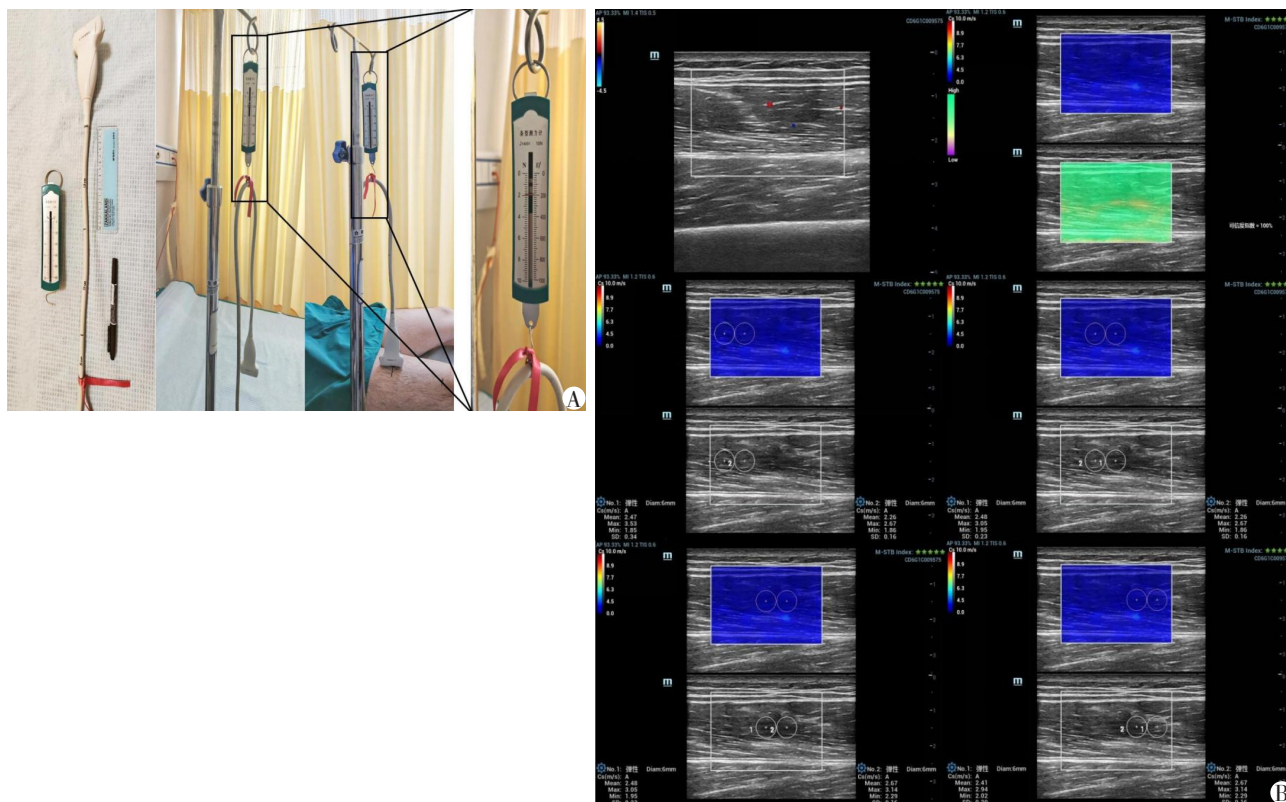
所有患者术前检查48 h内不进行剧烈运动,休息15 min,取仰卧位平躺于操作床,放松全身肌肉,膝关节完全伸展。采用肌骨模式,扫描深度设置为可以检测股骨的定位。在二维超声模式下识别优势腿股直肌解剖结构,确定其走行路径及上下缘附着点的体表投影位置,用记号笔标记。数据采集点选取上下缘体表投影位置标记连线3/5处,垂直于股直肌长轴方向,在横切面上测量股直肌厚度(thickness of the rectus femoris,  $RF_{thick}$ )与股直肌横截面积(cross-sectional area of the rectus femoris,  $RF_{csa}$ ),测3次取平均值。

#### 1.2.3 SWE检查

检查前先用测力器固定探头并垂直悬挂,记录测力器显示的刻度( $N_1$ ),根据患者体型调整输液架高度,将探头涂抹适量耦合剂,纵切垂直放置于患者皮肤标记处,并记录此时测力器显示的刻度( $N_2$ ), $N_2 \approx N_1$ 即避免探头施压。然后,在二维超声检查基础上先用彩色多普勒观察肌肉血流的分布情况,尽量避免选取血流丰富区。接着,切换SWE模式,采取双成像形式,剪切波速度量程设置为0~10 m/s。打开质控图,图像稳定持续时间5 s且质控提示质量高时冻结图像。在感兴趣区(region of interest, ROI)内,设置直径为6 mm的圆形区域置于股直肌内部,从左到右依次测量取得5个剪切波速度平均值( $CS_{mean}$ )。每个股直肌连续进行3次SWE采集,每个患者在每个测量时间点共取得15个 $CS_{mean}$ ,取其平均值。具体操作见图1。

#### 1.2.4 术中麻醉管理策略

患者麻醉诱导均采用0.05~0.10 mg/kg咪达唑仑+1.0~2.0 mg/kg丙泊酚+0.3~0.5  $\mu$ g/kg舒芬太尼+0.15~0.30 mg/kg苯磺顺阿曲库铵,通过面罩充分给氧去氮后,用可视喉镜行双腔气管导管插管术,摆放体位后再次定位双腔管位置。通气策略:在双肺通气时,设置潮气量为6~8 mL/kg;在单肺通气时,潮气量为4~6 mL/kg,同时应用5 cmH<sub>2</sub>O的呼气末正压;在胸腔开放前进行单肺通气;在胸腔关闭前使



A: Preparation to avoid applying pressure before ultrasound examination of the rectus femoris. B: Selecting high-quality B-mode image and avoiding blood vessels as much as possible during SWE examination of the rectus femoris, measuring the elastic value of the rectus femoris muscle in a high-quality control state.

图1 股直肌超声检查操作图

Figure 1 Ultrasound examination of the rectus femoris

用手动控制呼吸囊进行肺复张。同时监测呼气末二氧化碳值( $\text{PetCO}_2$ ),维持 $\text{PetCO}_2$ 在35~45 mmHg。连接脑电双频指数(bispectral index, BIS)检测仪,监测BIS值。术中持续吸入七氟醚(最低肺泡气有效浓度0.5%~1.0%)+0.1~0.2  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ 瑞芬太尼泵注,维持BIS值在40~55,从而保持足够的肌松和麻醉深度。术毕患者停止输注药物,更换单腔气管导管并在简易呼吸机辅助下通气,带气管导管送回心胸外科监护室,连续监测生命体征和出入量。由相同组监护室医护判断停药及拔管时机,并严格执行转入普通病房的标准。

### 1.2.5 术后PPC的诊断

依据PERISCOPE研究<sup>[10]</sup>,术后7 d内发生的呼吸道感染、呼吸衰竭、胸腔积液、肺部不张、气胸、支气管痉挛及吸入性肺炎等定义为PPC。PPC的诊断基于体格检查、实验室检查及影像学结果,特别是在术后第2天进行的床旁胸片检查和常规实验室检查。诊断PPC的过程中,均由2位副主任医师进行独立确认(包括至少1位重症医学科专家)。所有参

与该评估的人员对术前超声检查结果不知情,任何在诊断过程中出现的差异都由1位经验丰富的胸外科副主任医师裁定。

### 1.3 统计学方法

采用SPSS 27.0统计学软件进行数据分析。定量资料用均值 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间差异比较采用独立样本 $t$ 检验;定性资料用例数和百分率 $[n(\%)]$ 表示,比较采用卡方检验或Fisher确切概率法;所有单因素分析显著的变量均纳入多因素二元Logistic回归分析,霍斯默-莱梅肖检验 $P > 0.05$ 为拟合状态良好。预测价值采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,并计算曲线下面积(area under the curve, AUC)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床资料与股直肌超声参数结果

本研究共纳入292例行胸腔镜手术的患者,75例(25.7%)发生PPC。非PPC组与PPC组性别、ASA分



级、体重指数(BMI)、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病、COPD、哮喘、冠心病、股直肌超声参数(RF<sub>thick</sub>、RF<sub>csa</sub>)、手术切除范围、麻醉时长、手术时长、输入量、尿量及出血量的比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 年龄及股直肌 CS<sub>mean</sub> 比较, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ , 表1)。

2.2 年龄、股直肌 CS<sub>mean</sub> 与 PPC 的相关性分析

以 PPC 的发生情况为因变量(发生=1, 不发生=0), 以年龄、股直肌 CS<sub>mean</sub> 作为自变量(连续变量)进行二元 Logistic 回归分析。结果显示, PPC 与年龄、

表1 非PPC组与PPC组临床资料与股直肌超声参数结果比较

Table 1 Comparisons of clinical data and the rectus femoris ultrasound parameter results between the non-PPC group and the PPC group

Characteristic	non-PPC( <i>n</i> =217)	PPC( <i>n</i> =75)	<i>P</i>
Sex[ <i>n</i> (%)]			0.553
Men	110(50.7)	41(54.7)	
Women	107(49.3)	52(69.3)	
ASA[ <i>n</i> (%)]			0.189
II	167(77.0)	52(69.3)	
III	50(23.0)	23(30.7)	
Age(years, $\bar{x} \pm s$ )	65.07 $\pm$ 7.87	68.92 $\pm$ 8.22	<0.001
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	23.76 $\pm$ 3.30	23.51 $\pm$ 2.94	0.558
Smoking history[ <i>n</i> (%)]	39(18.0)	13(17.3)	0.901
Alcohol history[ <i>n</i> (%)]	49(22.6)	22(29.3)	0.240
Hypertension[ <i>n</i> (%)]	105(48.4)	34(45.3)	0.648
Diabetes mellitus[ <i>n</i> (%)]	30(13.8)	12(16.0)	0.644
COPD[ <i>n</i> (%)]	30(13.8)	9(12.0)	0.689
Asthma[ <i>n</i> (%)]	4(1.8)	2(2.7)	0.649 <sup>a</sup>
Coronary artery disease[ <i>n</i> (%)]	9(4.1)	4(5.3)	0.746 <sup>a</sup>
Ultrasound examination of the rectus femoris( $\bar{x} \pm s$ )			
RF <sub>thick</sub> (cm)	1.15 $\pm$ 0.26	1.13 $\pm$ 0.32	0.538
RF <sub>csa</sub> (cm <sup>2</sup> )	4.72 $\pm$ 1.38	4.51 $\pm$ 1.06	0.218
CS <sub>mean</sub> (m/s)	2.62 $\pm$ 0.40	2.34 $\pm$ 0.34	<0.001
Scope of resection[ <i>n</i> (%)]			0.320
Bullous resection	9(4.1)	2(2.7)	
Wedge resection	55(25.3)	16(21.3)	
Segmentectomy	59(27.2)	20(26.7)	
Lobectomy	64(29.5)	24(32.0)	
Lesions of mediastinum resection	25(11.5)	7(9.3)	
Oesophagectomy	5(2.3)	6(8.0)	
Anesthesiatime(min, $\bar{x} \pm s$ )	120.54 $\pm$ 59.17	127.73 $\pm$ 67.55	0.383
Operative time(min, $\bar{x} \pm s$ )	101.88 $\pm$ 59.55	108.57 $\pm$ 66.15	0.415
Infusion volume(mL, $\bar{x} \pm s$ )	1 118.20 $\pm$ 482.95	1 145.33 $\pm$ 558.54	0.688
Urine volume(mL, $\bar{x} \pm s$ )	223.32 $\pm$ 117.57	215.60 $\pm$ 115.35	0.623
Bleeding(mL, $\bar{x} \pm s$ )	57.35 $\pm$ 87.81	52.53 $\pm$ 57.05	0.658

ASA: American Society of Anesthesiologists grading; BMI: body mass index; COPD: chronic obstructive pulmonary disease; a: Fisher's exact probability method.

股直肌 CS<sub>mean</sub> 相关, 且与年龄呈正相关( $P=0.046$ ), 与 CS<sub>mean</sub> 呈负相关( $P < 0.001$ )。同时, 计算出联合诊断公式:  $\ln(p/1-p)=0.451-1.64\times CS_{mean}+0.038\times \text{年龄}$ , 其中 0.451 为截距,  $p$  代表并发症调整为 1 的概率,  $1-p$  代表并发症调整为 0 的概率, 结果见表 2。

2.3 年龄、股直肌 CS<sub>mean</sub> 与联合诊断预测 PPC 的效能比较

年龄、股直肌 CS<sub>mean</sub> 单独作为预测指标, 具有一



表2 年龄、CS<sub>mean</sub>与PPC的Logistic回归分析

Table 2 Logistic regression analysis of age, CS<sub>mean</sub>, and PPC

Index	B	SE	Wald $\chi^2$	P	OR(95%CI)
Age	0.038	0.019	3.974	0.046	1.039(1.001–1.078)
CS <sub>mean</sub>	-1.640	0.397	17.076	<0.001	0.194(0.089–0.422)

Hosmer-Lemeshow test, P=0.878.

定的预测价值,但预测PPC的效能均偏低(AUC<0.7);年龄与CS<sub>mean</sub>联合预测PPC的效能提高(AUC=0.714,图2,表3)。

3 讨论

近年来,随着胸腔镜手术的发展,单肺通气技

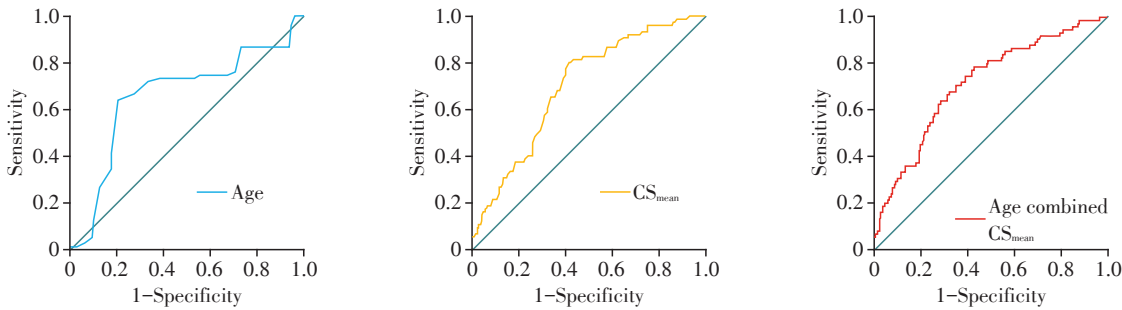


图2 年龄、CS<sub>mean</sub>及联合诊断预测PPC的ROC曲线

Figure 2 ROC curve for age, CS<sub>mean</sub>, and combined diagnosis in predicting PPC

表3 年龄、CS<sub>mean</sub>及联合预测PPC的ROC曲线分析

Table 3 ROC curve analysis for age, CS<sub>mean</sub>, and combined diagnosis in predicting PPC

Index	AUC	SE	P	95%CI	Sensitivity(%)	Specificity(%)	Cut-off
Age	0.663	0.040	<0.001	0.585–0.740	64.0	79.7	0.437
CS <sub>mean</sub>	0.699	0.033	<0.001	0.635–0.764	80.0	58.5	0.385
Age combined CS <sub>mean</sub>	0.714	0.034	<0.001	0.647–0.781	78.7	57.1	0.358

术(one-lung ventilation, OLV)已广泛应用于胸腔镜手术中。然而,在OLV期间,患侧肺血流未经氧合流经左心,导致动静脉血混合,易引发低氧血症,尤其在老年或肺功能较差的患者中更为明显。临床上常使用较高吸入氧浓度条件下进行OLV,但较高的氧浓度吸入会增加肺部感染的发生率<sup>[11]</sup>。在肺复张后,大量氧分子重新进入患侧肺,解除急性缺氧肺血管收缩,但也引发氧化应激损伤,加重肺组织损伤,进而增加PPC的发生风险<sup>[12]</sup>。因此,术前快速、有效预测PPC的发生风险至关重要。

多项研究发现,下肢肌量异常是患者骨骼肌功能障碍的一种表现,术前超声定量评估肌肉状态可以用来识别衰弱患者并预测手术预后,对患者的心肺储备有指导意义<sup>[13–15]</sup>。结合股直肌的解剖结构特点,其位置浅表,适于高频超声检查,更易于临床操作与评估。因此,本研究患者术前均通过超声检查对股直肌状态进行多参数定量评估。鉴于肌骨组织弹性检查的特殊性,探头加压可能会产生非线性组织响应,导致测值高估<sup>[16]</sup>,在进行SWE检查时,探头应尽可能施加最小的压力。本研究设计

了一套简易装置(图1A),在研究过程中既能固定探头又能准确控制探头压力,以避免人为操作引起的测量误差。

本研究共纳入292例行胸腔镜手术的患者,PPC的发生率为25.7%,略高于既往研究<sup>[1]</sup>,这可能与本研究的纳入人群是>50岁的中老年患者有关。按是否发生PPC分为两组进行比较,结果表明:①年龄是PPC的独立危险因素之一,年龄预测PPC的AUC为0.663(95%CI: 0.585~0.740),PPC组较非PPC组年龄增高(呈正相关),年龄增加1个单位时,PPC的变化(增加)幅度为1.039倍,这与相关研究相仿<sup>[17]</sup>。②股直肌CS<sub>mean</sub>与术后PPC具有相关性(呈负相关),CS<sub>mean</sub>预测PPC的AUC为0.699(95%CI: 0.635~0.764),有较好的预测价值。分析原因:弹性指数降低意味着肌肉刚度降低,反映存在肌肉水肿炎症、脂质堆积或肌纤维萎缩等<sup>[18–19]</sup>;肌肉刚度降低是一种与高龄相关的综合征,其特征为肌肉量减少、肌肉力量下降,可伴随躯体功能减退,同时也会增加术后并发症的发生率,如感染、谵妄和肺部感染等,影响患者术后恢复<sup>[20]</sup>;相关研究已证实<sup>[21]</sup>,肿瘤坏死因

子- $\alpha$ 、白介素-6、白介素-8和C-反应蛋白等炎性介质与患者的骨骼肌刚度降低相关。炎性介质的释放导致肌肉释放的氨基酸减少,这可能影响肺部的免疫功能和组织修复能力,增加了术后肺部感染等并发症的风险。然而,本研究发现股直肌 $RF_{thick}$ 和 $RF_{csa}$ 与术后PPC之间没有显著相关性,而股直肌 $CS_{means}$ 与术后PPC之间存在显著相关性,这再次表明通过测量弹性数值能更早地显示出全身肌肉质量的变化<sup>[22]</sup>。③由于分组中年龄分布广泛,预测结果可能存在偏倚。为此,采用多因素Logistic回归模型进行校正,并计算出联合诊断公式,以评估分析联合预测PPC的价值。分析发现:年龄与 $CS_{mean}$ 联合诊断后,AUC达0.714(95%CI:0.647~0.781),显著高于单个指标的预测效能。因此,本研究认为股直肌 $CS_{mean}$ 联合年龄对胸腔镜手术患者术后PPC的发生情况具有较好的临床预测价值。通过超声检查评估股直肌状态,从而识别PPC高危患者,并以此为导向优化围术期PPC的预防策略,对于术前评估为重度肌肉功能减退的患者,可采用阻抗运动和平衡运动等预康复策略,以减少PPC的发生<sup>[23]</sup>。

本研究为单中心观察性研究,可能存在混杂偏倚,且样本量较小及缺乏外部验证,存在一定的局限性。另本研究未将超声测量结果和CT扫描评估或力量强度进行比较,在未来的研究中,计划持续增加样本量,结合其他影像学资料,进一步验证改良模型的预测效力,并通过多中心队列研究进行外部验证。

综上,基于SWE对术前股直肌状态的定量评估,结合年龄指标,有利于提高胸腔镜手术患者术前PPC风险评估的客观性及可靠性,为临床决策提供有效参考。

[参考文献]

- [1] LAPAR D J, BHAMIDIPATI C M, LAU C L, et al. The society of thoracic surgeons general thoracic surgery database: establishing generalizability to national lung cancer resection outcomes[J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 94(1): 216-221
- [2] ÜLGER G, SAZAK H, BALDEMIR R, et al. The effectiveness of ARISCAT risk index, other scoring systems, and parameters in predicting pulmonary complications after thoracic surgery[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(30): e29723
- [3] MISKOVIC A, LUMB A B. Postoperative pulmonary complications[J]. *Br J Anaesth*, 2017, 118(3): 317-334
- [4] 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
- [5] ZARDI E M, FRANCESCHETTI E, GIORGI C, et al. Reliability of quantitative point shear-wave ultrasound elastography on vastus medialis muscle and quadriceps and patellar tendons[J]. *Med Ultrason*, 2019, 21(1): 50-55
- [6] 刘博姬,徐辉雄. 剪切波弹性成像在肌肉、肌腱、周围神经病变生物力学定量评估中的应用进展[J]. *肿瘤影像学*, 2022, 31(1): 11-15
- [7] DENG M, ZHOU X, LI Y, et al. Ultrasonic elastography of the rectus femoris, a potential tool to predict sarcopenia in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Front Physiol*, 2022, 12: 783421.
- [8] RAMSOOK A H, MOLGAT-SEON Y, SCHAEFFER M R, et al. Effects of inspiratory muscle training on respiratory muscle electromyography and dyspnea during exercise in healthy men[J]. *J Appl Physiol (1985)*, 2017, 122(5): 1267-1275
- [9] YI J, SHIN Y, HAHN S, et al. Deep learning based sarcopenia prediction from shear-wave ultrasonographic elastography and gray scale ultrasonography of rectus femoris muscle[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 3596
- [10] LANGERON O, CARREIRA S, IE SACGÉ F, et al. Post-operative pulmonary complications updating[J]. *Ann Fr Anesth Reanim*, 2014, 33(7-8): 480-483
- [11] 宋田皓,王丽君,李彭依,等. 不同水平呼气末正压通气联合60%吸入氧浓度对单肺通气患者氧合及术后肺部并发症的影响[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2021, 41(4): 528-533
- [12] UHLIG C, NETO A S, VANDER WOUDE M, et al. Intra-operative mechanical ventilation practice in thoracic surgery patients and its association with postoperative pulmonary complications: results of a multicenter prospective observational study[J]. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1): 179
- [13] CANALES C, MAZOR E, COY H, et al. Preoperative point-of-care ultrasound to identify frailty and predict postoperative outcomes: a diagnostic accuracy study[J]. *Anesthesiology*, 2022, 136(2): 268-278
- [14] LATRES A, AARAB Y, NOUGARET S, et al. Real-time shear wave ultrasound elastography: a new tool for the evaluation of diaphragm and limb muscle stiffness in critically ill patients[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 34
- [15] PHAN A, LEE J, GAO J. Ultrasound shear wave elastography in assessment of skeletal muscle stiffness in senior volunteers[J]. *Clin Imaging*, 2019, 58: 22-26

(下转第1304页)

(8):1497-1499

[43] MAZZUCCHELLI I, ONAT F Y, OZKARA C, et al. Changes in the disposition of oxcarbazepine and its metabolites during pregnancy and the puerperium [J]. *Epilepsia*, 2006, 47(3): 504-509

[44] OMTZIGT J G, NAU H, LOS F J, et al. The disposition of valproate and its metabolites in the late first trimester and early second trimester of pregnancy in maternal serum, urine, and amniotic fluid: effect of dose, co-medication, and the presence of spina bifida[J]. *Eur J Clin Pharmacol*, 1992, 43(4): 381-388

[45] TOPRANI S, MEADOR K J, ROBALINO C P, et al. The

effect of epilepsy on sleep quality during pregnancy and postpartum[J]. *Neurology*, 2022, 99(15): e1584-e1597

[46] BURAKGAZI E, POLLARD J, HARDEN C. The effect of pregnancy on seizure control and antiepileptic drugs in women with epilepsy[J]. *Rev Neurol Dis*, 2011, 8(1/2): 16-22

[47] JACKSON A, BROMLEY R, MORROW J, et al. In utero exposure to valproate increases the risk of isolated cleft palate[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2016, 101(3): F207-F211

[收稿日期] 2023-06-09  
(本文编辑: 蒋 莉)

(上接第 1273 页)

[16] MACKINTOSH S, YOUNG A, LEE A, et al. Considerations in the application of two dimensional shear wave elastography in muscle[J]. *Sonography*, 2020, 7: 13-21

[17] LV C, CHEN S, SHI T, et al. Risk factors associated with postoperative pulmonary infection in elderly patients with hip fracture: a longitudinal study[J]. *Clin Nurs Res*, 2022, 31(8): 1454-1461

[18] WEN J, WANG Y, JIANG W, et al. Quantitative evaluation of denervated muscle atrophy with shear wave ultrasound elastography and a comparison with the histopathologic parameters in an animal model[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(2): 458-466

[19] ALFURAIH A M, O'CONNOR P, TAN A L, et al. Muscle shear wave elastography in idiopathic inflammatory myopathies: a case-control study with MRI correlation[J]. *Skeletal Radiol*, 2019, 48(8): 1209-1219

[20] GUO K, WANG X, LU X, et al. Effects of sarcopenia and

frailty on postoperative recovery in elderly patients: a prospective cohort study[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2023, 14(6): 2642-2652

[21] WALLBRIDGE P, PARRY S M, DAS S, et al. Parasternal intercostal muscle ultrasound in chronic obstructive pulmonary disease correlates with spirometric severity [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 15274

[22] CREZE M, NORDEZ A, SOUBEYRAND M, et al. Shear wave sonoelastography of skeletal muscle: basic principles, biomechanical concepts, clinical applications, and future perspectives [J]. *Skeletal Radiol*, 2018, 47(4): 457-471

[23] SUZUKI Y, TEI M, OHTSUKA M, et al. Effectiveness of frailty screening and perioperative team management of colectomy patients aged 80 years or more[J]. *Am J Surg*, 2022, 223(2): 346-352

[收稿日期] 2024-04-16  
(本文编辑: 唐 震)