

·临床研究·

肺移植围术期膈肌运动与肺功能和运动耐量相关性的初步研究*

黄志祥^{1,2} 张磊² 熊利娟² 夏瑀² 许光清² 陈静瑜^{3,4}

摘要

目的:探讨肺移植围术期膈肌运动与肺功能和运动耐量之间的关联性,并进一步分析可能的影响因素,为肺移植围术期膈肌功能、肺功能等恢复提供参考。

方法:以无锡市惠山区康复医院肺移植康复中心从2020年6月—2021年7月收治入院的61例肺移植围术期患者为研究对象(其中术前37例,术后24例)。入院进行病历书写,获取患者一般信息,完善相关检查,包括膈肌超声、常规肺功能(PFT)、6min步行试验等。采用独立样本 t 检验比较术前术后两组患者膈肌运动功能、肺功能和运动耐量的差异,Pearson相关性检验和典型相关性分析方法比较两组膈肌运动与肺功能和运动耐量相关性。

结果:两组患者肺功能指标(FVC、FEV1)差异有显著性意义($P<0.05$);在双变量相关性中,两组膈肌厚度之间、用力呼吸幅度和平静呼吸幅度之间呈极强或强正相关性($0.8<r<1.0$ 或 $0.6<r<0.8$);术前组,两侧膈肌增厚分数呈中等程度正相关性($r=0.575$);FVC和右侧膈肌用力幅度呈中等程度正相关性($r=0.413$);FEV1和右侧膈肌增厚分数呈弱正相关性($r=0.329$);6min步行距离(6MWD)和左侧膈肌用力幅度呈弱正相关性($r=0.329$);且均具有显著性意义($P<0.05$)。术后组,FVC和左侧用力幅度呈中等程度正相关性($r=0.409$);6MWD和左侧膈肌增厚分数呈中等程度正相关性($r=0.440$);且均具有显著性意义($P<0.05$)。在典型性相关分析中,膈肌功能指标与肺功能、6MWD有2对典型变量之间相关性具有显著性意义($P<0.05$),相关系数分别为0.641、0.589。

结论:肺移植围术期膈肌运动功能影响肺功能和运动耐量,超声检测膈肌运动功能对肺移植围术期间接评价肺功能和运动耐量有一定的临床价值。

关键词 肺移植;膈肌运动;肺功能;运动耐量

中图分类号:R655.3,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-02-0162-07

Study on the relationship between diaphragm movement and pulmonary function and exercise tolerance during perioperative period of lung transplantation/HUANG Zhixiang, ZHANG Lei, XIONG Lijuan, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(2): 162—168

Abstract

Objective: To explore the correlation between diaphragm movement, lung function and exercise tolerance during perioperative period of lung transplantation, and further analyze the possible influencing factors, so as to provide reference for the recovery of diaphragm function and lung function during perioperative period of lung transplantation.

Method: Sixty-one perioperative patients with lung transplantation admitted to the lung transplantation rehabilitation center of Wuxi Huishan District Rehabilitation Hospital from June 2020 to July 2021 were studied (including 37 cases before operation and 24 cases after operation). After the patient was admitted to hospital, the medical record was written, the general information was obtained, and the relevant examinations was completed,

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.02.004

*基金项目:江苏医药职业学院临床教学基地科研发展专项课题(20219132)

1 江苏医药职业技术学院,江苏省盐城市,224005; 2 无锡市惠山区康复医院; 3 无锡市人民医院; 4 通讯作者

第一作者简介:黄志祥,男,副主任治疗师; 收稿日期:2021-08-31

including diaphragmatic ultrasound, routine pulmonary function (PFT), six minute walk test (6MWT), etc. Independent sample t-test was used to compare the differences of diaphragm motor function, lung function and exercise tolerance between the two groups before and after operation. Pearson correlation test and canonical correlation analysis were used to compare the correlation between diaphragm exercise and lung function and exercise tolerance between the two groups.

Result: There was significant difference in pulmonary function indexes (FVC and FEV1) between the two groups ($P<0.05$); In the bivariate correlation, there was a strong positive correlation between diaphragm thickness, forced breathing amplitude and calm breathing amplitude between the two groups ($0.8<r<1.0$ or $0.6<r<0.8$); In the preoperative group, there was a moderate positive correlation between the thickening scores of bilateral diaphragms ($r=0.575$); FVC was positively correlated with the force amplitude of the right diaphragm ($r=0.413$); FEV1 was weakly positively correlated with the thickening fraction of the right diaphragm ($r=0.329$). There was a weak positive correlation and a significant difference between 6MWD and the force amplitude of left diaphragm ($r=0.329$, $P<0.05$). In the postoperative group, FVC was positively correlated with the amplitude of left force ($r=0.409$). There was a moderate positive correlation and a significant difference between 6MWD and left diaphragm thickening score ($r=0.440$, $P<0.05$). In the canonical correlation analysis, there were two pairs of canonical variables of diaphragm function, lung function and 6MWD, which had significant correlation ($P<0.05$), and the correlation coefficients were 0.641 and 0.589 respectively.

Conclusion: The diaphragm motor function influences the pulmonary function and exercise tolerance during perioperative period of lung transplantation. Ultrasonic detection of diaphragm motor function has a certain clinical value for the evaluation of pulmonary function and exercise tolerance during perioperative period of lung transplantation.

Author's address Jiangsu Vocational College of Medicine, Yancheng, 224005

Key word lung transplantation; diaphragmatic movement; pulmonary function; exercise tolerance

膈肌是最主要的吸气肌,其功能约占吸气肌的70%—80%,肺疾病终末期普遍伴随膈肌运动功能障碍。长期缺氧、呼吸频率加快、呼吸浅表浅快等可使膈肌疲劳、萎缩,做功效率下降。从而导致肺的顺应性下降^[1],残气量增加,最大通气量降低,劳力性呼吸困难更为明显,进而使得运动耐量下降^[2-3]。肺移植是目前临床治疗终末期肺疾病的有效方式^[4],围术期患者膈肌功能是康复早期介入的重要组成部分。术前通过膈肌功能训练形成正确呼吸方法,延缓膈肌功能下降和肺功能的恶化。由于移植手术会对支配膈肌的膈神经造成一定的损伤,因此术后早期膈肌功能对促进咳嗽排痰^[5],预防肺部感染和其他术后并发症,提高肺的顺应性,增加最大通气量等具有重要意义^[6]。

本研究通过观察肺移植围术期患者膈肌运动与肺功能、运动耐量等指标的相关性,为围术期膈肌功能以及相关功能康复提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

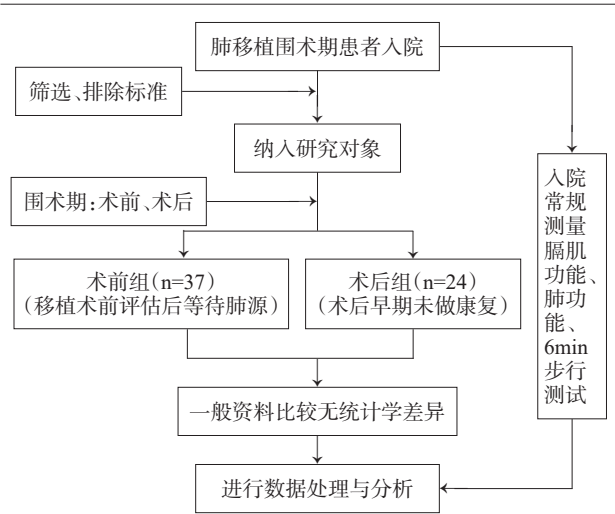
选取无锡市惠山区康复医院肺移植康复中心2020年6月—2021年7月收治入院的61例肺移植围术期患者为研究对象,根据中国肺移植受者选择与术前评估技术规范^[7](2019版),所有患者在我院进行术前评估和术后康复,且符合以下纳入和排除标准。

纳入标准:①年龄(10岁—75岁);②体质指数BMI<30;③确诊为肺疾病终末端,需要进行肺移植手术评估或已完成肺移植手术(术后14天—35天由上级医院转入我院);④无严重的手术并发症、感染,胸腔引流管拔除;⑤病情稳定,2周内无急性加重、气胸等;

排除标准:①年龄(小于10岁或大于75岁);②2周内急性加重,生命体征不稳者;③存在严重的心血管疾病或其他器官疾病者;④存在影响观察测量的神经系统疾病、运动系统疾病者。

根据围术期将 61 例患者分为术前组(n=37)、术后组(n=24),研究对象筛选流程见图 1。由于观察研究周期较短,且部分患者在观察期间临床症状严重,无法达到纳入标准,手术前后完整样本量缺失较多。因此选择了一组术前患者、一组术后早期患者进行观察、统计,两组人员样本无重复交叉。两组患者性别、年龄、BMI、原发病等一般资料无显著性差异($P>0.05$),见表 1。

图 1 研究对象筛选流程图



1.2 设备与场地

采用 M 型膈肌超声(M-mode)(产品型号:美国产飞利浦 EPIQ5 多普勒彩超);意大利 COSMED 心肺运动试验系统(型号:Quark CPET with dongle, 软件版本 Omnia1.6.10);6min 步行试验采用 50m 直道,每趟往返 100m,每米标有刻度。

1.3 观察指标

膈肌功能:患者入院后完善膈肌功能检查,由同一名膈肌超声医生进行操作。因膈肌不同部位随呼吸的移动度有较大差异,故探头置于腋前线与锁骨

中线中点检测时应先选择膈肌运动幅度最大的部位后再采用 M 型超声进行测量,应用 M 型超声记录膈肌随呼吸活动的移动度,即为波谷至波峰间的垂直距离。这样的测量方式和 B 型超声一样,具有很高的可复制性^[8]。采用 M 型超声精准定位,测量左右两侧吸气末、呼气末膈肌厚度,以及平静和用力呼吸时运动幅度。膈肌增厚分数=[(吸气末膈肌厚度-呼气末膈肌厚度)÷呼气末膈肌厚度]×100%。进行膈肌超声测量时,嘱患者深呼吸,连续测量 3 个呼吸周期,每个呼吸周期期间休息 1min,取 3 次测量中的最大值作为测量结果。观察测量过程中膈肌有无反常运动。

肺功能:测试开始前准备好软件,同时建立患者基本信息档案,嘱咐患者做好准备工作,术前组需要氧疗的调整至日常吸氧浓度和流速。测试者安装过滤嘴,患者坐在有靠背的椅子上,取舒适坐位。开始测试时需要拿下吸氧管,按照正常流程佩戴鼻夹、口含过滤嘴进行肺功能检测,所有评估均由同一位专业人员执行。按照美国胸科协会(ATS)标准和操作要求,分别测量用力肺活量 FVC、第一秒呼气末容积 FEV1,一秒率 FEV1/FVC。测量 3 次—8 次,根据测量曲线和结果,由软件系统选择生成肺功能数据报告。

运动耐量:根据 2014 年 ATS/ERS 指南进行 6min 步行试验,试验前嘱咐患者穿着适宜的衣服和鞋子,做好相关生理指标测量,在整个测试过程中按照指南要求进行指令下达,不参杂个人主观意愿,记录患者 6min 步行距离(6 minute walk distance, 6MWD),所有患者测量均由同一位专业人员执行。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 版统计学软件进行数据分析,分类变量以频数表示,两组间比较采用 χ^2 检验。计量资料以平均值±标准差表示,两组间比较正态分布的数据采用方差分析合并 T 检验,非正态分布的数据采用 Mann-Whitney U 检验,数据正态性检验

表 1 两组患者一般资料比较

($\bar{x}\pm s$)

	例数	年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	BMI ($\bar{x}\pm s$)	性别(例)		原发病类型			
				男	女	1	2	3	4
样本总量	61	54.25±14.65	20.43±4.05	45	16	35	9	9	8
术前组	37	53.03±14.43	20.44±4.27	25	12	22	6	4	5
术后组	24	56.12±15.09	20.41±3.78	20	4	13	3	5	3
t/ χ^2 值		- 0.805	0.025	1.366		- 0.452			
P 值		0.424	0.980	0.177		0.653			

注:原发病类型 1=肺间质纤维化;2=COPD;3=矽肺、尘肺职业病;4=其他

采用 Shapiro-Wilk 检验。相关性检验两个计量数据之间相关性分析采用双变量 Pearson 检验,多个计量数据之间采用典型相关性分析。 $P<0.05$ 表示有显著性差异。

2 结果

2.1 围术期患者观察指标结果

术前术后两组肺功能指标 FVC、FEV1 有显著性差异($P<0.05$),6MWD 虽然有差异,但差异无显著性意义($P=0.087$)。见表 2。

2.2 术前组膈肌功能、肺功能和 6MWD 指标相关性分析结果

在双变量相关性分析中,膈肌厚度之间呈极强

或强正相关性($0.8<r<1.0$ 或 $0.6<r<0.8$);左右平静呼吸幅度之间呈弱正相关性($r=0.376$);用力呼吸幅度和平静呼吸幅度之间呈强正相关性($r=0.742$, $r=0.759$);两侧膈肌增厚分数呈中等程度正相关性($r=0.575$);FVC 和右侧膈肌用力幅度呈中等程度正相关性($r=0.413$);FEV1 和右侧膈肌增厚分数呈弱正相关性($r=0.329$),和 FVC 呈极强正相关性($r=0.861$);FEV1/FVC 和膈肌吸气厚度、FVC、FEV1 均呈弱负相关性($-0.4<r<-0.02$);6MWD 和左侧膈肌用力幅度呈弱正相关性($0.2<r<0.4$),和 FVC、FEV1 呈中等正相关性($0.6<r<0.8$),且均具有显著性差异($P<0.05$)。见表 3。

2.3 术后组膈肌功能、肺功能和 6MWD 指标相关

表 2 围术期患者观察指标结果对比

指标	全部(n=61)	术前组(n=37)	术后组(n=24)	z/t 值 ^①	P 值 ^①
左侧膈肌功能					
吸气厚度(mm)	2.76±1.26	2.72±1.44	2.81±0.93	-0.274	0.785
呼气厚度(mm)	2.23±1.13	2.21±1.35	2.25±0.70	-0.122	0.904
平静幅度(mm)	16.05±7.86	15.46±6.83	16.96±9.31	-0.725	0.471
用力幅度(mm)	26.38±12.93	24.87±10.40	28.71±16.04	-1.137	0.260
增厚分数(%)	29.51±40.16	31.69±41.68	26.16±38.32	0.522	0.603
右侧膈肌功能					
吸气厚度(mm)	2.66±1.35	2.62±1.56	2.72±0.97	-0.271	0.788
呼气厚度(mm)	2.28±1.30	2.38±1.59	2.14±0.65	0.703	0.485
平静幅度(mm)	15.20±7.12	15.60±6.02	14.58±8.66	0.539	0.592
用力幅度(mm)	28.12±13.02	26.38±9.27	30.79±17.19	/	0.487
增厚分数(%)	20.74±28.18	19.87±32.43	22.09±20.58	-0.298	0.767
FVC(L)	1.93±0.72	1.74±0.73	2.22±0.61	-2.686	0.009
FEV1(L)	1.48±0.68	1.23±0.67	1.86±0.48	/	<0.001
FEV1/FVC(%)	77.58±17.86	75.30±17.83	76.01±18.28	-0.149	0.882
6MWD(m)	299.61±127.73	277.08±121.56	334.33±131.74	-1.739	0.087

注:①术前组与术后组比较

表 3 术前组膈肌功能、肺功能和 6MWD 指标相关性分析结果

(相关系数)

参数	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13
V2	0.783 ^①												
V3	0.856 ^①	0.813 ^①											
V4	0.753 ^①	0.873 ^①	0.919 ^①										
V5	0.404 ^②	0.274	0.365 ^②	0.213									
V6	0.081	0.097	0.144	0.094	0.376 ^②								
V7	0.334 ^②	0.153	0.315	0.16	0.742 ^①	0.073							
V8	0.086	0.124	0.087	0.071	0.203	0.759 ^①	0.035						
V9	0.012	-0.051	-0.086	-0.071	0.063	-0.09	0.16	-0.036					
V10	-0.041	-0.007	-0.195	-0.072	0.164	-0.117	0.332 ^②	-0.032	0.575 ^①				
V11	0.164	0.255	0.278	0.277	0.165	0.156	0.257	0.413 ^②	-0.055	0.2			
V12	0.009	0.068	0.05	0.059	0.041	-0.125	0.291	0.221	0.045	0.329 ^①	0.861 ^②		
V13	-0.266	-0.378 ^②	-0.381 ^②	-0.359 ^①	0.093	0.231	-0.041	0.062	0.172	-0.03	-0.350 ^②	-0.341 ^②	
V14	-0.037	0.09	0.161	0.138	0.197	-0.033	0.329 ^②	0.054	0.164	0.168	0.487 ^①	0.521 ^①	-0.253

注:①在 0.01 级别(双尾),相关性显著;②在 0.05 级别(双尾),相关性显著。V1=左侧吸气厚度;V2=左侧呼气厚度;V3=右侧吸气厚度;V4=右侧呼气厚度;V5=左侧平静幅度;V6=右侧平静幅度;V7=左侧用力幅度;V8=右侧用力幅度;V9=左侧膈肌增厚分数;V10=右侧膈肌增厚分数;V11=FVC;V12=FEV1;V13=FEV1/FVC;V14=6min 步行距离

性分析结果

在双变量相关性中,右侧吸气厚度之间呈强正相关性($0.6 < r < 0.8$),呼气厚度之间呈极强正相关性($0.8 < r < 1.0$);对侧呼气厚度和吸气厚度之间呈中等程度正相关性($0.4 < r < 0.6$);用力呼吸幅度和平静呼吸幅度呈强正相关性($0.6 < r < 0.8$);FVC和左侧用力

幅度呈中等程度正相关性($0.4 < r < 0.6$);FEV1和FVC呈极强正相关性($r=0.952$);FEV1/FVC和膈肌呼气厚度、左侧膈肌增厚分数呈中等程度负相关性($-0.4 < r < -0.02$);6MWD和左侧膈肌增厚分数、FVC、FEV1呈中等程度正相关性($0.4 < r < 0.6$);且均具有显著性差异($P < 0.05$)。见表4。

表4 术后组膈肌功能、肺功能和6MWD指标相关性分析

(相关系数)

参数	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13
V2	0.684 ^①												
V3	0.432 ^②	0.292											
V4	0.398	0.491 ^②	0.826 ^①										
V5	0.366	-0.156	0.074	-0.175									
V6	-0.064	0.069	0.512 ^②	0.359	-0.091								
V7	0.437 ^②	0.039	0.387	0.353	0.627 ^①	0.156							
V8	0.258	0.213	0.689 ^①	0.572 ^①	-0.17	0.752 ^①	0.328						
V9	0.18	0.088	0.067	0.042	0.207	-0.072	0.239	-0.047					
V10	-0.127	-0.133	0.107	-0.025	-0.019	0.364	0.217	0.368	0.126				
V11	0.106	0.201	0.238	0.274	0.112	0.296	0.409 ^②	0.297	0.237	0.022			
V12	0.018	0.166	0.065	0.081	0.085	0.268	0.275	0.172	0.274	0.087	0.952 ^①		
V13	-0.195	-0.490 ^②	-0.358	-0.437 ^①	0.169	-0.267	-0.104	-0.242	-0.491 ^②	-0.033	-0.216	-0.161	
V14	0.322	0.327	0.281	0.108	0.243	0.084	0.21	0.109	0.440 ^②	0.267	0.530 ^①	0.549 ^①	-0.329

注:①在0.01级别(双尾),相关性显著;②在0.05级别(双尾),相关性显著。V1=左侧吸气厚度;V2=左侧呼气厚度;V3=右侧吸气厚度;V4=右侧呼气厚度;V5=左侧平静幅度;V6=右侧平静幅度;V7=左侧用力幅度;V8=右侧用力幅度;V9=左侧膈肌增厚分数;V10=右侧膈肌增厚分数;V11=FVC;V12=FEV1;V13=FEV1/FVC;V14=6min步行距离

2.4 膈肌功能和肺功能、6MWD指标典型相关性

在典型性相关分析中,将膈肌功能各指标分在一个集合(X组)、肺功能和6MWD指标分在另一个集合(Y组),有2对典型变量之间相关性具有显著性意义($P < 0.05$),相关系数分别为0.641、0.589。第一对典型变量中,U1和V1呈强相关性($r=0.641$),具有显著性意义($P < 0.05$)。典型变量U1贡献较高的指标为左侧吸气末膈肌厚度、左侧呼气末膈肌厚度、右侧吸气末膈肌厚度、右侧膈肌用力幅度;典型变量V1贡献度较高的指标为FVC、FEV1。第二对典型变量中,U2和V2呈中等程度相关性($r=0.589$),具有显著性意义($P < 0.05$)。典型变量U2贡献较高的指标为左侧呼吸末厚度、右侧吸气末厚度、左侧呼气末厚度、右侧平静运动幅度;典型变量V2贡献较高的指标为FVC和FEV1。见表5和图2。

3 讨论

肺移植围术期膈肌运动对患者呼吸至关重要,膈肌移动10mm,贡献通气量约350ml,占静息呼吸的75%—80%,可有效维持患者的通气以及呼吸功能^[9]。肺疾病终末期,患者由于肺的通气、弥散功能

表5 膈肌功能和肺功能、6MWD指标典型相关性分析

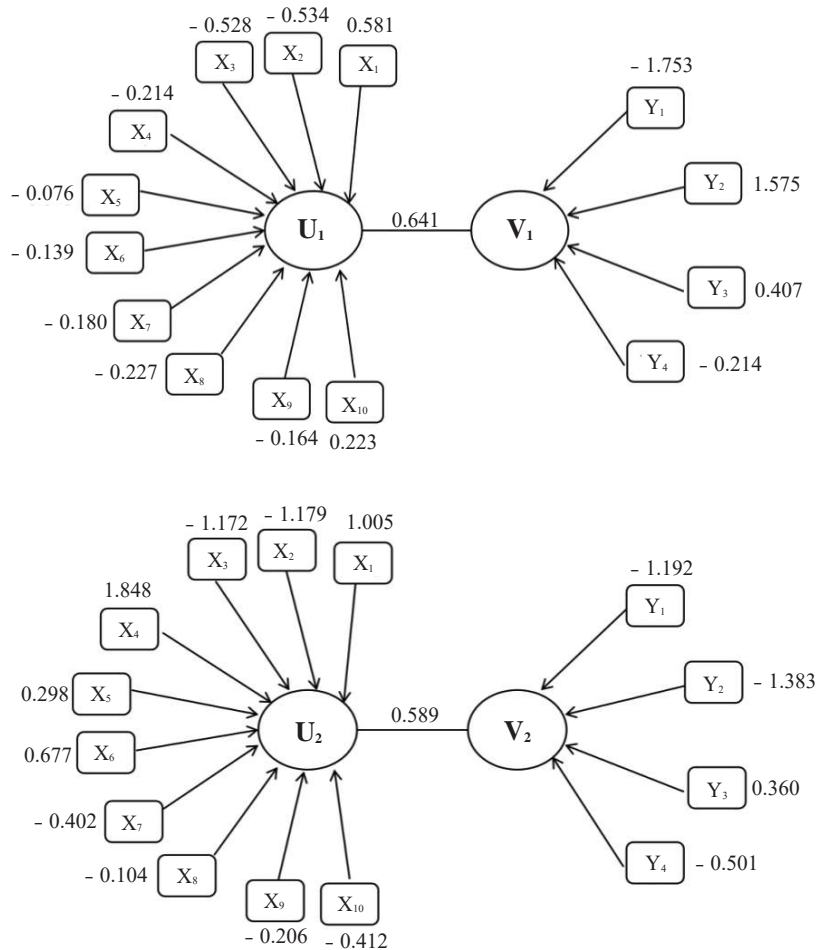
序号	相关系数	特征值	Wilks统计	F值	分子自由度	分母自由度	P值
1	0.641	0.698	0.260	1.921	40	180.074	0.002
2	0.589	0.531	0.441	1.687	27	140.827	0.027
3	0.45	0.253	0.675	1.328	16	98	0.196
4	0.392	0.181	0.847	1.295	7	50	0.272

注:Wilks检验的H0表示当前行和以后行的相关性为零

异常,出现气急气促,活动气喘^[10]等症状,逐渐产生代偿性呼吸方式,肋间肌、斜角肌、胸锁乳突肌等辅助呼吸肌参与过多,导致膈肌出现疲劳性、废用性萎缩,逐渐形成恶性循环,膈肌功能障碍。而肺移植术后早期,由于肺移植手术操作时手术需离断肋骨,其可能会影响它的胸廓保护功能,并引起肋骨被牵拉后的反常呼吸以及疼痛。其次,移植肺去神经支配、伴随膈神经损伤,对膈肌运动的支配减少,参与度下降,也会引起膈肌运动功能障碍^[11]。

本研究显示,肺移植围术期膈肌厚度、运动幅度指标低于同龄健康人^[12],但两组之间差异无显著性意义。术后早期,由于术后胸部伤口疼痛、膈神经损伤尚未恢复,患者对移植肺的支配较弱,肺的复膨较差,无法通过肺内压力和容积等改变带动膈肌更多

图2 膈肌功能与肺功能、6MWD指标典型相关分析路径图



注: U_1 =X组典型相关变量1; V_1 =Y组典型变量1; U_2 =X组典型相关变量2; V_2 =Y组典型变量2; X_1 =左侧吸气厚度; X_2 =左侧呼气厚度; X_3 =右侧吸气厚度; X_4 =右侧呼气厚度; X_5 =左侧平静幅度; X_6 =右侧平静幅度; X_7 =左侧用力幅度; X_8 =右侧用力幅度; X_9 =左侧膈肌增厚分数; X_{10} =右侧膈肌增厚分数; Y_1 =FVC; Y_2 =FEV1; Y_3 =FEV1/FVC; Y_4 =6min步行距离

的运动。同时,术后早期膈肌体外反搏、吸气肌、吸气压等康复训练还未规律进行或进行时间很短,因此和术前组并未有明显差异。

膈肌功能下降后,肺组织顺应性下降,残气量增多,通气功能降低,通常表现为肺功能FVC、FEV1、FEV1/FVC下降,RV等上升。本研究显示,对比术前组,术后组患者肺功能FVC、FEV1较好,差异有显著性意义($P<0.05$);6MWD提高,但差异无显著性意义($P>0.05$)。从表1中发现,两组样本量病例原发病类型主要是以限制性肺疾病为主,在本文中表现为最大通气功能下降、6MWD减少。肺移植手

术后,病肺取下,移植上新的肺器官,术后早期患者FVC的改善主要来源于新肺移植,并非由膈肌运动改善、功能提升等带来的益处。

肺移植围术期患者由于长期处于系统性炎症和低氧状态,导致细胞抗氧化能力下降和骨骼肌氧化应激反应的增加,造成骨骼肌组织结构的破坏和功能下降,骨骼肌氧化应激水平下降,运动耐量下降^[13-15]。同时,由于多数患者具有咳嗽咳痰、活动气喘等症状,肺组织通气障碍、肺气体交换异常^[10],导致活动不断减少,甚至卧床制动,引起外周肌肉功能障碍、心功能障碍等多种问题,进而也导致运动耐量下降。

以往研究表明肺功能与膈肌功能密切相关。Scheibe N等^[16]应用超声测量发现,膈肌运动与FEV1之间有很强相关性。本研究也发现FVC和左侧用力幅度呈中等程度正相关性,术前组6MWD和左侧膈肌用力幅度呈弱正相关性。这也与付旭明等^[17]研究一致,他们利用超声来评价COPD患者膈肌移动度,发现膈肌移动度的大小与肺功能水平呈正相关。也有一些学者应用超声对膈肌的移动度、厚度等进行了观察,发现肺疾病患者膈肌移动度有

不同程度的下降^[18-19]。术后组FEV1/FVC和膈肌呼气厚度、左侧膈肌增厚分数呈中等程度相关性,6MWD和左侧膈肌增厚分数、FVC、FEV1呈中等程度正相关性。张黎娟^[20-21]发现COPD患者TLC时相的膈肌厚度和厚度分数与FEV1呈高度正相关性,同时膈肌厚度和厚度分数下降影响患者活动耐力和呼吸困难。Kang HW等^[22]发现膈肌移动度与MVV有明显相关性,并提示膈肌移动度下降导致呼吸驱动不足,通气能力下降,二氧化碳潴留。在典型性相关分析中研究发现,膈肌厚度、活动度也是肺功能FVC、FEV1的敏感贡献指标,这与前面的双变量分

析保持一致性。

本研究再次印证了膈肌功能和肺功能、运动耐力的相关性,但还存在很大的不足。由于观察周期较短,手术前后部分患者临床症状严重,无法纳入观察研究,导致样本量较小,缺乏同一样本的前后对照。其次,在控制变量中,只把患者做术前术后分类讨论,没有将患者原发病类型等其它因素进一步分析。对于肺功能指标的深度挖掘和探讨不足,同时也没有融合血气分析等其他相关因素。下一阶段,随着样本量不断积累,可以对这些方面进行深入探讨和完善。同时通过相关性分析,找到影响功能恢复的因素,从而进行科学有效的康复干预。

在团队正在进行以及后续的研究中,将纳入更多的样本量,同时对围术期患者进行不同类型的康复干预,通过更为严谨的对照试验研究,来细致阐述不同康复手段在肺移植术后功能恢复中的作用与机制。同时,增加研究的纵深度,由于肺移植术后有严格的临床复查时间制度,因此在患者回归社会和家庭后,配合临床药物治疗,强化长期居家康复指导和跟踪研究。深度挖掘长期康复干预和康复教育在肺功能维护、机体免疫、预防感染、减少器官排异、改善生活质量和提高生存年限等方面的作用和机制。为肺移植康复提供更多的理论和实践依据。

明确膈肌运动功能和肺功能、运动耐量的相关性后,我们可以在围手术期通过完善的膈肌超声、肺功能、运动耐量等评估,制定康复训练方案,提高康复训练干预的个性化,为康复处方的精准制定提供参考。

参考文献

- [1] Dos Santos Yamaguti WP, Paulin E, Shibao S, et al. Air trapping: The major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients[J]. *Respirology*, 2010, 13(1):138—144.
- [2] Paulin E, Yamaguti WP, Chammas MC, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD[J]. *Respir Med*, 2007, 101(10): 2113—2118.
- [3] Yamaguti WP, Paulin E, Salge JM, et al. Diaphragmatic dysfunction and mortality in patients with COPD[J]. *J Bras De Pneumol*, 2009, 35(12):1174—1181.
- [4] Adamali HI, Judge EP, Healy D, et al. International collaboration: a retrospective study examining the survival of Irish citizens following lung transplantation in both the UK and Ireland[J]. *BMJ Open*, 2012, 2(2):e000605.
- [5] Klimathianaki M, Vaporidi K, Georgopoulos D. Respiratory muscle dysfunction in COPD: from muscle to cell[J]. *Curr Drug Targets*, 2011, 12(4):478—488.
- [6] Kang HW, Kim TO, Lee BR, et al. Influence of diaphragmatic mobility on hypercapnia in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *J Korean Med Sci*, 2011, 26(9):1209—1213.
- [7] 张稷, 杨航, 黄健. 中国肺移植受者选择与术前评估技术规范(2019版)[J]. *中华移植杂志(电子版)*, 2019, 13(2):81—86.
- [8] Scarlata S, Mancini D, Laudisio A, et al. Reproducibility of diaphragmatic thickness measured by M-mode ultrasonography in healthy volunteers[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2019, 260:58—62.
- [9] 王家翠. 体外膈肌起搏治疗对慢阻肺患者咳嗽排痰能力的影响[J]. *世界最新医学信息文摘(电子版)*, 2019, 19(88):26—27+29.
- [10] Dellweg D, Reissig K, Hoehn E, et al. Inspiratory muscle training during rehabilitation in successfully weaned hypercapnic patients with COPD[J]. *Respir Med*, 2017, 123: 116—123.
- [11] 毛文君, 陈静瑜, 赵晋. 中国肺移植术操作规范(2019版)[J]. *中华移植杂志(电子版)*, 2019, 13(2):17—19.
- [12] 邓弼云, 潘慧斌, 陆敏娇, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者膈肌形态超声指标与肺功能相关性的临床研究[J]. *中国基层医药*, 2021, 28(5):651—655.
- [13] 杨亚辉, 李健, 李培君, 等. 氧化应激在慢性阻塞性肺疾病骨骼肌功能障碍的作用及运动干预的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(5):620—625.
- [14] Huang D, Ma Z, He Y, et al. Long-term cigarette smoke exposure inhibits histone deacetylase 2 expression and enhances the nuclear factor- κ B activation in skeletal muscle of mice[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(34):56726—56736.
- [15] Zuo L, Prather ER, Stetskiy M, et al. Inflammation and oxidative stress in human diseases: from molecular mechanisms to novel treatments[J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(18):4472.
- [16] Scheibe N, Sosnowski N, Pinkhasik A, et al. Sonographic evaluation of diaphragmatic dysfunction in COPD patients[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2015, 10:1925—1930.
- [17] 付旭明, 王纪红, 潘殿柱. 慢性阻塞性肺疾病患者膈肌移动度情况及其与肺功能的相关性研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(05):561—565+576.
- [18] DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation[J]. *Thorax*, 2014, 69(5):423—427.
- [19] Rocha FR, Brüggemann AK, Francisco DS, et al. Diaphragmatic mobility: relationship with lung function, respiratory muscle strength, dyspnea, and physical activity in daily life in patients with COPD[J]. *J Bras Pneumol*, 2017, 43(1):32—37.
- [20] 张黎娟, 朱晓萍. COPD患者膈肌厚度与肺功能的相关性研究[J]. *宁夏医学杂志*, 2017, 39(6):491—493+480.
- [21] 张黎娟, 王飞飞, 马少林, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者膈肌厚度分数与活动耐力和呼吸困难相关性研究[J]. *中国实用内科杂志*, 2017, 37(6):552—554+575.
- [22] Kang HW, Kim TO, Lee BR, et al. Influence of diaphragmatic mobility on hypercapnia in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *J Korean Med Sci*, 2011, 26(9):1209—1213.