

ECMO在肺纤维化合并肺气肿受者肺移植术中的临床应用效果

梁佳龙 周锦涛 陈静瑜 陈员 叶书高

【摘要】 目的 探讨肺移植术中不同体外膜肺氧合（ECMO）转流方式对肺纤维化合并肺气肿（CPFE）患者预后的影响。方法 回顾性分析44例接受肺移植的CPFE患者，并将其分为静脉-静脉ECMO（VV-ECMO）组（30例）和静脉-动脉ECMO（VA-ECMO）组（14例）。比较两组患者术前、术中、术后及随访相关指标。结果 与VV-ECMO组比较，VA-ECMO组患者年龄较小，术前肺动脉压力较高，后外侧切口类型较少，手术时间较长，术后支气管胸膜瘘发生率较高（均为 $P<0.05$ ）。两组术后肺动脉压力均下降，且VA-ECMO组下降幅度较大（ $P<0.05$ ）。两组术后生存率差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。结论 VA-ECMO和VV-ECMO应用于CPFE患者肺移植术中均安全有效，转流方式对患者的短中期预后无显著影响，其中VA-ECMO更适用于术前肺动脉压较高的患者。

【关键词】 肺移植；特发性肺纤维化；肺气肿；体外膜肺氧合；静脉；动脉；肺动脉高压；并发症

【中图分类号】 R617, R563 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 06-0013-07

Clinical application effect of ECMO in lung transplantation for recipients with combined pulmonary fibrosis and emphysema Liang Jialong, Zhou Jintao, Chen Jingyu, Chen Yuan, Ye Shugao. Wuxi Medical Center, Nanjing Medical University, Wuxi People's Hospital, Lung Transplant Center, the Affiliated Wuxi People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China

Corresponding authors: Chen Yuan, Email: chenyuan900707@126.com

Ye Shugao, Email: ysg206@hotmail.com

【Abstract】 Objective To investigate the effects of different extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) bypass modes on the prognosis of patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema (CPFE) during lung transplantation. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 44 CPFE patients who underwent lung transplantation, and they were divided into the venous-venous ECMO (VV-ECMO) group (30 cases) and the venous-arterial ECMO (VA-ECMO) group (14 cases). The preoperative, intraoperative, postoperative and follow-up related indicators of two groups were compared. **Results** Compared with the VV-ECMO group, the patients in the VA-ECMO group were younger, had higher pulmonary artery pressure before surgery, fewer posterolateral incision types, longer operation times, and higher incidence of postoperative bronchopleural fistula (all $P<0.05$). The pulmonary artery pressure decreased after surgery in both groups, with a greater decrease in the VA-ECMO group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in postoperative survival rates between the two groups ($P>0.05$). **Conclusions** Both VA-ECMO and VV-ECMO are safe and effective in lung transplant patients with CPFE. The bypass mode has no significant impact on the short and medium-term prognosis of the patients. VA-ECMO is more suitable for patients with higher preoperative pulmonary artery pressure.

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024130

基金项目: 国家自然科学基金 (82070059); 江苏省医学创新中心项目 (CXZX2022001)

作者单位: 214023 江苏无锡, 南京医科大学无锡医学中心 无锡市人民医院 南京医科大学附属无锡人民医院肺移植中心

作者简介: 梁佳龙 (ORCID 0000-0002-3832-4348), 硕士, 医师, 研究方向为胸外科及肺移植, Email: jialongliang76@163.com

通信作者: 陈员 (ORCID 0000-0003-3083-202X), 硕士, 主治医师, 研究方向为胸外科及肺移植, Email: chenyuan900707@126.com;

叶书高 (ORCID 0009-0009-2689-5897), 硕士, 主任医师, 研究方向为胸外科及肺移植, Email: ysg206@hotmail.com

【Key words】 Lung transplantation; Idiopathic pulmonary fibrosis; Pulmonary emphysema; Extracorporeal membrane oxygenation; Vein; Artery; Pulmonary artery hypertension; Complication

肺纤维化合并肺气肿 (combined pulmonary fibrosis and emphysema, CPFE) 通常是指各种原因引起的肺纤维化和涉及至少 5% 的总肺容量的肺气肿并存^[1-2], 是一种具有明显临床和生理特征的综合征, 与单一的肺纤维化和单一的肺气肿在许多方面并不相同, 且比特发性肺纤维化 (idiopathic pulmonary fibrosis, IPF) 更具侵略性^[3-5]。2005 年, Cottin 等^[6]首次描述了一组 CPFE 患者, 其特征是肺活量测定不正常、气体交换严重受损、肺动脉高压发生率高和生存率低。随后, 多项研究一直在评估肺气肿对肺纤维化自然病程的影响^[3,7-8]。然而, 各研究对 CPFE 的诊断有差异, 大多数研究在影像学上存在任何肺气肿时即诊断为 CPFE, 而少数研究使用特定阈值^[9], 如肺容积的 5%、10%、15% 等^[10-17]。最终, 在 2022 年, 美国胸科协会等形成了第一个关于 CPFE 的专家共识, 拟定了其定义、诊断标准等^[1]。然而, CPFE 目前尚无特定的治疗方法^[13,18-19]。对于晚期患者来说, 肺移植是最终的治疗手段。现阶段, 已有研究报道肺移植可用于 CPFE 的治疗^[20-21], 其 1 年、3 年和 5 年术后生存率分别为 94%、82% 和 74%, 但体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 的不同转流方式对 CPFE 患者肺移植术后结局的影响尚不清楚。因此, 本研究从接受肺移植的 IPF 患者中筛选出 CPFE 患者, 并对术前、术中、术后相关指标进行分析与比较, 旨在探讨采用不同 ECMO 转流方式的 CPFE 患者的临床特征及其对预后的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2018 年 1 月至 2021 年 12 月在南京医科大学附属无锡人民医院接受肺移植手术的 IPF 患者, 从中筛选出 44 例 CPFE 患者。纳入标准: (1) 首次在本中心接受肺移植; (2) 符合 IPF 诊断标准; (3) 胸部高分辨率 CT 表现为任何亚型的肺气肿, 涉及至少 5% 的总肺容量; (4) 术中应用 ECMO。排除标准: (1) 儿童肺移植; (2) 术前已使用 ECMO 或术后未能正常撤除; (3) 临床资料严重缺失。

根据 ECMO 转流方式的不同被分为静脉-动脉 ECMO (veno-arterial ECMO, VA-ECMO) 组 14 例, 年龄 58 (55, 64) 岁, 男 12 例, 女 2 例; 静脉-静

脉 ECMO (veno-venous ECMO, VV-ECMO) 组 30 例, 年龄 65 (58, 66) 岁, 男 28 例, 女 2 例。本研究获南京医科大学附属无锡人民医院伦理委员会批准 (批号: KY24044), 所有患者均知情同意。

1.2 ECMO 的应用与手术方式选择

术中是否需要 ECMO 支持取决于术中氧合指数、肺动脉压、单肺通气 15 min 后血流动力学稳定性。单肺通气时, 经各种改善措施仍不能保证氧合, 术前超声心动图证实肺动脉压中、重度增高, 或右心漂浮导管检查测平均肺动脉压 (mean pulmonary artery pressure, mPAP) >25 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 即建议使用 ECMO。若血液流动力学稳定, 经皮氧饱和度持续 <90%, 则应用 VV-ECMO; 若血液流动力学不稳定, 经皮氧饱和度持续 <90%, 则应用 VA-ECMO; 若患者存在中重度肺动脉高压或心功能不全, 宜选择 VA-ECMO。ECMO 的具体使用原则以及操作管理依据肺移植围手术期体外膜肺氧合应用指南 (2019 版) 进行^[22]。

肺移植手术使用的手术切口主要分为前外侧切口、后外侧切口和 Clamshell 切口 3 种^[23]。手术方式则主要分为单肺移植和双肺移植。具体术式选择需根据供受者情况, 以及术中的实际情况来决定。当受者自身情况极差, 单侧术后出血超过 3 000 mL 时, 考虑仅行单肺移植。

1.3 术后治疗及随访

术后患者均入住重症监护室 (intensive care unit, ICU), 常规生命体征监护、机械通气; 早期维持液体负平衡, 防治肺水肿; 使用抗生素预防细菌、真菌及病毒感染; 使用免疫抑制药预防排斥反应并定期监测; 定期接受支气管镜检查、影像学检查和血气分析; 通过自主呼吸试验等方法评估患者情况, 尽早撤除 ECMO 及拔除气管插管。

出院后, 所有患者均需定期随访。在术后 3 个月、6 个月、1 年, 患者需要住院进行 1 次全面评估, 往后 2 年为每年 1 次。评估内容包括肺和其他器官功能、患者免疫水平和感染状况等。随访截止时间为 2023 年 2 月。

1.4 研究内容

收集受者的术前信息, 包括性别、年龄、体质量指数 (body mass index, BMI)、吸烟史、氧合指

数、肺功能、辅助通气、术前右心导管所测肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressure, PASP)、肺动脉舒张压 (pulmonary artery diastolic pressure, PADP) 及 mPAP 和供者捐献类型。肺功能检测指标包括术前第 1 秒用力呼气容积 (forced expiratory volume in one second, FEV₁) 占预计值百分比 (FEV₁%pred)、用力肺活量 (forced vital capacity, FVC) 占预计值百分比 (FVC%pred)、1 秒率 (FEV₁/FVC%)、一氧化碳弥散量 (diffusing capacity of carbon monoxide, D_LCO) 占预计值百分比 (D_LCO%pred)。术中信息包括 ECMO 转流方式、切口类型、手术方式、手术时间、失血量、输血量 and 术毕右心导管所测 PASP、PADP 及 mPAP。术后及随访信息包括机械通气时间、ECMO 支持时间、氧合指数、ICU 入住时间、住院时间、原发性移植物功能障碍 (primary graft dysfunction, PGD) 等级、并发症情况、肺功能、死亡情况等。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 和 GraphPad Prism 9 进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用均数±标准差表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 非正态分布的计量资料用中位数 (下四分位数, 上四分位数) 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验; 计数资料以率表示, 比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。采用 Kaplan-Meier 法绘制生存曲线, 采用 log-rank 法进行组间对比。双侧检验 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者术前一般情况

两组患者术前一般情况见表 1。与 VV-ECMO 组比较, VA-ECMO 组患者年龄较小、术前肺动脉压力 (PASP、PADP、mPAP) 更高 (均为 $P < 0.05$), 其余指标比较, 差异均无统计学意义 (均为 $P > 0.05$)。

表 1 两组患者术前一般情况比较

Table 1 Comparison of preoperative general conditions of patients between two groups

指标	VA-ECMO组 (n=14)	VV-ECMO组 (n=30)	P值
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	58 (55, 64)	65 (58, 66)	0.044
性别[n (%)]			0.798
男	12 (86)	28 (93)	
女	2 (14)	2 (7)	
BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23±5	22±4	0.332
吸烟史[n (%)]	6 (43)	14 (47)	0.813
肺动脉高压[n (%)]	14 (100)	28 (93)	1.000
PASP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	67±13	55±12	0.003
PADP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	37±9	26±8	<0.001
mPAP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	47±8	36±9	<0.001
氧合指数 ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	180±69	183±78	0.897
FEV ₁ %pred[M (P ₂₅ , P ₇₅)]	56 (45, 66)	46 (40, 60)	0.232
FVC%pred[M (P ₂₅ , P ₇₅)]	48 (39, 64)	41 (35, 52)	0.182
FEV ₁ /FVC% [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	90 (83, 94)	90 (90, 95)	0.436
D _L CO%pred[M (P ₂₅ , P ₇₅)]	14 (11, 23)	14 (11, 19)	0.857
六分钟步行试验 ($\bar{x} \pm s$, m)	150±112	159±104	0.810
辅助通气[n (%)]			0.478
低流量吸氧	7 (50)	14 (47)	
高流量吸氧	5 (36)	11 (37)	
无创呼吸机	1 (7)	5 (17)	
机械通气	1 (7)	0	
供者捐献类型[n (%)]			0.411
脑死亡	11 (79)	27 (90)	
心死亡	1 (7)	0	
脑-心双死亡	2 (14)	3 (10)	

2.2 患者手术情况

患者的手术情况见表 2。两组切口类型差异有统计学意义 ($P=0.007$)，VA-ECMO 组手术时间较 VV-ECMO 组长 ($P=0.020$)，其余指标比较差异均无统计学意义 (均为 $P>0.05$)。

两组术后 mPAP 均下降，且 VA-ECMO 组下降幅度更大 (均为 $P<0.05$ ，图 1)。手术结束后所有患者均安全返回 ICU，术中无死亡。

2.3 术后及随访结果

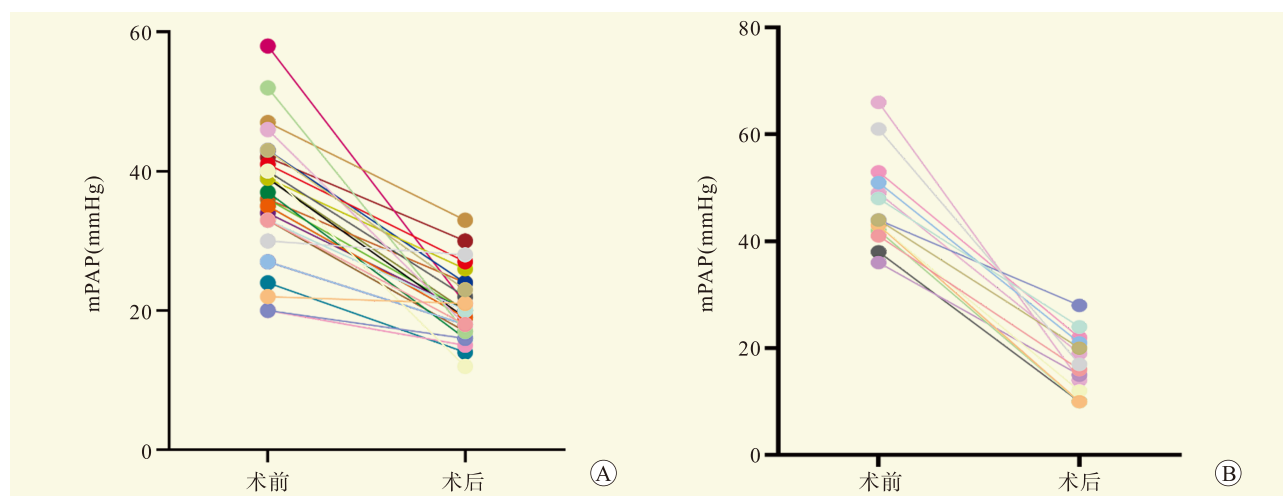
两组患者的术后情况见表 3。VA-ECMO 组术后支气管胸膜瘘发生率高于 VV-ECMO 组 ($P=0.028$)，其他指标差异无统计学意义 (均为 $P>0.05$)。

术后平均随访时间 23 (12, 33) 个月。两组术后 1 年和 3 年生存率差异无统计学意义 (均为 $P>0.05$ ，图 2)。

表 2 两组患者术中情况比较

Table 2 Comparison of intraoperative conditions of patients between two groups

指标	VA-ECMO组 (n=14)	VV-ECMO组 (n=30)	P值
切口类型[n (%)]			0.007
前外侧	2 (14)	0	
后外侧	10 (71)	30 (100)	
Clamshell切口	2 (14)	0	
手术方式[n (%)]			0.087
单肺移植	5 (36)	19 (63)	
双肺移植	9 (64)	11 (37)	
手术时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), min]	344 (290, 425)	266 (225, 365)	0.020
失血量[M (P ₂₅ ,P ₇₅), mL]	900 (600, 1 625)	800 (600, 1 200)	0.683
输血量[M (P ₂₅ ,P ₇₅), mL]	914 (0, 2 250)	1 000 (0, 1 300)	0.327
PASP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	26±6	29±6	0.069
PADP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	13±6	16±5	0.077
mPAP ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	17±6	21±5	0.064



注：A 图为 VV-ECMO 组；B 图为 VA-ECMO 组。

图 1 患者术前与术后 mPAP 比较

Figure 1 Comparison of preoperative and postoperative mPAP in patients

表3 两组患者术后情况比较

Table 3 Comparison of postoperative conditions of patients between two groups

指标	VA-ECMO组 (n=14)	VV-ECMO组 (n=30)	P值
机械通气时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), h]	46 (41, 74)	53 (45, 76)	0.296
ECMO支持时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), h]	26 (19, 49)	28 (24, 33)	0.472
术后氧合指数			
0 h ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	286±138	245±77	0.212
24 h ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	343±88	344±82	0.962
48 h[M (P ₂₅ ,P ₇₅), mmHg]	335 (238, 382)	315 (287, 346)	0.936
72 h ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	337±94	342±89	0.857
PGD 3级[n (%)]	5 (36)	6 (20)	0.455
吻合口狭窄[n (%)]	2 (14)	10 (33)	0.338
支气管胸膜瘘[n (%)]	3 (21)	0	0.028
再次气管插管或气管切开[n (%)]	5 (36)	3 (10)	0.101
ICU入住时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), d]	4 (3, 8)	5 (4, 7)	0.582
术后住院时间 ($\bar{x} \pm s$, d)	52±24	44±19	0.260
术后3个月肺功能			
FEV ₁ %pred ($\bar{x} \pm s$)	64±21	67±17	0.697
FVC%pred ($\bar{x} \pm s$)	70±15	65±19	0.418
FEV ₁ /FVC% ($\bar{x} \pm s$)	75±18	82±8	0.127
DLCO%pred ($\bar{x} \pm s$)	53±16	45±19	0.220

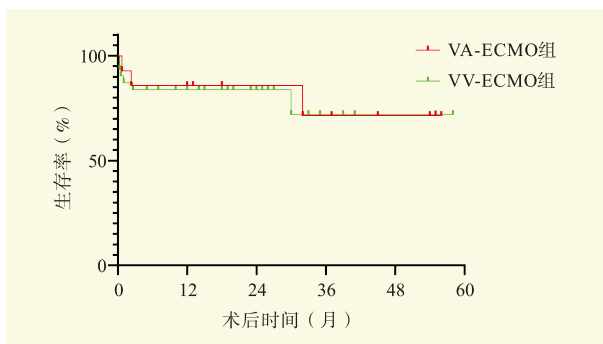


图2 两组患者术后生存曲线

Figure 2 Postoperative survival curves of patients in two groups

3 讨论

1972年, Donald Hill博士首次使用ECMO作为体外生命支持。随后, ECMO的使用越来越多, 目前已经成为肺移植围手术期常用的体外生命支持方

式^[24-27]。本研究分析了肺移植术中ECMO转流方式对CPFE疗效影响, 其选择主要取决于患者特征和危险因素等。术中ECMO的转流方式主要分为VV-ECMO和VA-ECMO。VV-ECMO仅提供气体置换, 适用于不伴有心力衰竭或严重肺动脉高压的呼吸衰竭患者, 而VA-ECMO可以提供呼吸和血流动力学支持, 适用于肺动脉高压和右心室功能不全患者。VV-ECMO可解决严重的低氧血症和高碳酸血症, 维持全身器官供氧和耗氧的平衡。VA-ECMO可引流大部分回心血量, 降低右心室前负荷, 进而降低左心室前负荷, 具有呼吸和循环双重辅助功能。本研究中, VA-ECMO组患者术前肺动脉压力更高, 符合目前根据术前患者肺动脉压力情况选择ECMO转流方式的标准。两组患者术后肺动脉压力均明显下降, 但VA-ECMO组的下降幅度更大, 这也表明VA-ECMO对于严重的肺动脉高压更具有优势。然而, 目前对于VV-ECMO还是VA-ECMO在肺移植术中的应用哪个更有益处尚无定论。有研究表明, VA-ECMO较VV-ECMO更

容易撤除, 转流时间更短, 不良事件发生率更低^[28]。也有研究表明围手术期 ECMO 转流方式对于短期生存率无显著影响^[29]。本研究发现两种转流方式对 CPFE 患者肺移植术后的短中期生存率影响差异无统计学意义。

肺移植术后气道并发症发生率高达 23%^[30-34], 包括吻合口狭窄和支气管胸膜瘘等^[35-36]。据估计, 支气管胸膜瘘的发生率为 1%~10%, 病死率为 2%~5%。既往回顾性研究评估了肺移植术后气道并发症的危险因素, 证实与手术技术、支气管缺血、围手术期 ECMO 的使用等有关^[37-38]。因此, 本研究分析了不同 ECMO 转流组吻合口狭窄及支气管胸膜瘘的发生率, 发现 VA-ECMO 组支气管胸膜瘘的发生率显著高于 VV-ECMO 组, 但这个结论仍需要进一步验证, 需排除手术技术等其他因素的干扰。

综上所述, VA-ECMO 和 VV-ECMO 应用于 CPFE 患者肺移植术中均安全有效, 其中 VA-ECMO 更适用于术前肺动脉压较高的患者, 且需更加积极地防治并发症。ECMO 的转流方式对患者的短中期生存率无显著影响。但本研究存在一定的局限性, 样本量较少, 且为单中心研究, 今后将扩大样本量进一步验证。

参考文献:

- [1] COTTIN V, SELMAN M, INOUE Y, et al. Syndrome of combined pulmonary fibrosis and emphysema: an official ATS/ERS/JRS/ALAT research statement[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2022, 206(4): e7-e41. DOI: 10.1164/rccm.202206-1041ST.
- [2] GREDIC M, KARNATI S, RUPPERT C, et al. Combined pulmonary fibrosis and emphysema: when Scylla and Charybdis ally[J]. *Cells*, 2023, 12(9): 1278. DOI: 10.3390/cells12091278.
- [3] RYERSON CJ, HARTMAN T, ELICKER BM, et al. Clinical features and outcomes in combined pulmonary fibrosis and emphysema in idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Chest*, 2013, 144(1): 234-240. DOI: 10.1378/chest.12-2403.
- [4] NI H, WEI Y, YANG L, et al. An increased risk of pulmonary hypertension in patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema: a meta-analysis[J]. *BMC Pulm Med*, 2023, 23(1): 221. DOI: 10.1186/s12890-023-02425-4.
- [5] KIM HJ, SNYDER LD, NEELY ML, et al. Clinical outcomes of patients with combined idiopathic pulmonary fibrosis and emphysema in the IPF-PRO registry[J]. *Lung*, 2022, 200(1): 21-29. DOI: 10.1007/s00408-021-00506-x.
- [6] COTTIN V, NUNES H, BRILLET PY, et al. Combined pulmonary fibrosis and emphysema: a distinct underrecognised entity[J]. *Eur Respir J*, 2005, 26(4): 586-593. DOI: 10.1183/09031936.05.00021005.
- [7] JACOB J, BARTHOLMAI BJ, RAJAGOPALAN S, et al. Likelihood of pulmonary hypertension in patients with idiopathic pulmonary fibrosis and emphysema[J]. *Respirology*, 2018, 23(6): 593-599. DOI: 10.1111/resp.13231.
- [8] LI C, WU W, CHEN N, et al. Clinical characteristics and outcomes of lung cancer patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema: a systematic review and meta-analysis of 13 studies[J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(12): 5322-5334. DOI: 10.21037/jtd.2017.12.72.
- [9] WONG AW, LIANG J, COTTIN V, et al. Diagnostic features in combined pulmonary fibrosis and emphysema: a systematic review[J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2020, 17(10): 1333-1336. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202002-122RL.
- [10] JACOB J, BARTHOLMAI BJ, RAJAGOPALAN S, et al. Functional and prognostic effects when emphysema complicates idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Eur Respir J*, 2017, 50(1): 1700379. DOI: 10.1183/13993003.00379-2017.
- [11] YOON HY, KIM TH, SEO JB, et al. Effects of emphysema on physiological and prognostic characteristics of lung function in idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Respirology*, 2019, 24(1): 55-62. DOI: 10.1111/resp.13387.
- [12] MURA M, ZOMPATORI M, PACILLI AM, et al. The presence of emphysema further impairs physiologic function in patients with idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Respir Care*, 2006, 51(3): 257-265.
- [13] CALARAS D, MATHIOUDAKIS AG, LAZAR Z, et al. Combined pulmonary fibrosis and emphysema: comparative evidence on a complex condition[J]. *Biomedicines*, 2023, 11(6): 1636. DOI: 10.3390/biomedicines11061636.
- [14] KWAK N, PARK CM, LEE J, et al. Lung cancer risk among patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema[J]. *Respir Med*, 2014, 108(3): 524-530. DOI: 10.1016/j.rmed.2013.11.013.
- [15] MEJÍA M, CARRILLO G, ROJAS-SERRANO J, et al. Idiopathic pulmonary fibrosis and emphysema: decreased survival associated with severe pulmonary arterial hypertension[J]. *Chest*, 2009, 136(1): 10-15. DOI: 10.1378/chest.08-2306.
- [16] NASIM F, TENG M. Lung cancer in combined pulmonary fibrosis and emphysema: a large retrospective cohort analysis[J]. *ERJ Open Res*, 2020, 6(4): 00521-02020. DOI: 10.1183/23120541.00521-2020.
- [17] KITAGUCHI Y, FUJIMOTO K, HANAOKA M, et al. Clinical characteristics of combined pulmonary fibrosis and emphysema[J]. *Respirology*, 2010, 15(2): 265-271. DOI: 10.1111/j.1440-1843.2009.01676.x.
- [18] RENÉ H, GAUTSCHI F, STEINACK C, et al. Combined pulmonary fibrosis and emphysema (CPFE) clinical features and management[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2021, 16: 167-177. DOI: 10.2147/COPD.S286360.
- [19] NEMOTO M, KOO CW, SCANLON PD, et al. Combined pulmonary fibrosis and emphysema: a narrative review[J]. *Mayo Clin Proc*, 2023, 98(11):

- 1685-1696. DOI: 10.1016/j.mayocp.2023.05.002.
- [20] TAKAHASHI T, TERADA Y, PASQUE MK, et al. Clinical features and outcomes of combined pulmonary fibrosis and emphysema after lung transplantation[J]. *Chest*, 2021, 160(5): 1743-1750. DOI: 10.1016/j.chest.2021.06.036.
- [21] NARULA T, MARTIN AK, ASIF AA, et al. Outcomes of lung transplantation in patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema: a single-center experience[J]. *Transplant Proc*, 2023, 55(2): 449-455. DOI: 10.1016/j.transproceed.2023.01.010.
- [22] 中华医学会器官移植学分会, 国家肺移植质量管理与控制中心. 肺移植围手术期体外膜肺氧合应用指南(2019版)[J]. *器官移植*, 2019, 5(4): 402-409. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.04.009. Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association, National Quality Management. Guideline on the application of extracorporeal membrane oxygenation during the perioperative period of lung transplantation (2019 edition)[J]. *Organ Transplant*, 2019, 5(4): 402-409. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.04.009.
- [23] 中华医学会器官移植学分会. 中国肺移植术操作规范(2019版)[J/OL]. *中华移植杂志(电子版)*, 2019, 13(2): 91-93. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.02.003. Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Technical specification for the operation of lung transplantation in China (2019 edition)[J/OL]. *Chin J Transplant (Electr Edit)*, 2019, 13(2): 91-93. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.02.003.
- [24] STAÇEL T, KEGLER K, MEĐRALA A, et al. Lung transplantation in patients with pulmonary hypertension with extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) support: 5-year experience[J]. *Transplant Proc*, 2024, 56(4): 898-903. DOI: 10.1016/j.transproceed.2024.02.017.
- [25] YANG J, XIE X, LI J, et al. Which strategy is better for lung transplantation: cardiopulmonary bypass or extracorporeal membrane oxygenation? [J]. *Perfusion*, 2024, DOI: 10.1177/02676591241242018 [Epub ahead of print].
- [26] USMAN AA, SPELDE AE, LUTFI W, et al. Percutaneous venopulmonary extracorporeal membrane oxygenation as bridge to lung transplantation[J]. *ASAIO J*, 2024, 70(9): 758-766. DOI: 10.1097/MAT.0000000000002179.
- [27] LASKEY D, HOUSMAN B, DAWODU G, et al. Intraoperative extracorporeal support during lung transplantation: not just for the high-risk patient[J]. *J Clin Med*, 2023, 13(1): 192. DOI: 10.3390/jcm13010192.
- [28] 金宽哲, 胡春晓, 陈静瑜, 等. 肺移植围手术期ECMO 动脉-静脉与静脉-静脉转流应用效果对比观察[J]. *山东医药*, 2023, 63(13): 70-73. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2023.13.017.
- JIN KZ, HU CX, CHEN JY, et al. Comparative observation on the application effect of ECMO arterial-venous bypass and venous-venous bypass during perioperative period of lung transplantation[J]. *Shandong Med J*, 2023, 63(13): 70-73. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2023.13.017.
- [29] 李小杉, 陈静瑜, 于慧智, 等. 静脉-动脉和静脉-静脉转流方式体外膜氧合辅助下肺移植临床效果观察[J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(12): 740-744. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20200608-00177. LI XS, CHEN JY, YU HZ, et al. Preliminary efficacy comparison of lung transplantation between V-A and V-V bypass types of extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2020, 41(12): 740-744. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20200608-00177.
- [30] VAN PEL R, GAN CT, VAN DER BIJ W, et al. Three decades single center experience of airway complications after lung transplantation[J]. *Transpl Int*, 2023, 36: 11519. DOI: 10.3389/ti.2023.11519.
- [31] CRESPO MM. Airway complications in lung transplantation[J]. *J Thorac Dis*, 2021, 13(11): 6717-6724. DOI: 10.21037/jtd-20-2696.
- [32] SUH JW. Surgical complications affecting the early and late survival rates after lung transplantation[J]. *J Chest Surg*, 2022, 55(4): 332-337. DOI: 10.5090/jcs.22.059.
- [33] DELBOVE A, SENAGE T, GAZENGEL P, et al. Incidence and risk factors of anastomotic complications after lung transplantation[J]. *Ther Adv Respir Dis*, 2022, 16: 1-10. DOI: 10.1177/17534666221110354.
- [34] ATCHADE E, REN M, JEAN-BAPTISTE S, et al. ECMO support as a bridge to lung transplantation is an independent risk factor for bronchial anastomotic dehiscence[J]. *BMC Pulm Med*, 2022, 22(1): 482. DOI: 10.1186/s12890-022-02280-9.
- [35] MATSUMOTO K, TSUCHIYA T, MIYAZAKI T, et al. Airway complications after lung transplantation[J]. *Kyobu Geka*, 2022, 75(4): 265-271.
- [36] CHAMOGEORGAKIS T, MOQUIN K, SIMOFF M, et al. Repair of bronchial anastomosis following lung transplantation[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 70(6): 527-530. DOI: 10.1055/s-0041-1723002.
- [37] CRESPO MM, MCCARTHY D, HOPKINS PM, et al. ISHLT Consensus Statement on adult and pediatric airway complications after lung transplantation: definitions, grading system, and therapeutics[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2018, 37(5): 548-563. DOI: 10.1016/j.healun.2018.01.1309.
- [38] KIM HH, JO KW, SHIM TS, et al. Incidence, risk factors, and clinical characteristics of airway complications after lung transplantation[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 667. DOI: 10.1038/s41598-023-27864-1.

(收稿日期: 2024-07-25)

(本文编辑: 方引超 吴秋玲)