

## 肺移植外科手术中右肺减容方式探讨

王泓懿 李益行 冯锦腾 赵恒 张言鹏 高山 王绩钊 李硕 张广健

**【摘要】** 目的 探讨供肺获取后肺脏过大导致供受体不匹配时对右肺采用不同减容方式的临床效果。方法 收集西安交通大学第一附属医院在2022年10月至2024年6月行右肺减容肺移植的10例受者的临床资料，包括性别、年龄、原发病类型、移植类型等指标，回顾性分析受者术后90 d并发症发生、机械通气时间、住院时间、生存情况等指标，探讨不同减容方式对肺移植受者术后生存率的影响。结果 研究纳入本中心右肺减容受者10例，其中上叶减容2例、中叶减容7例、下叶减容1例。3例受者出现了气道并发症（上、中、下叶减容各1例）。10例受者术后30 d生存率为90%，术后1年生存率为70%，其中，1例上叶减容受者因脓毒症休克于围手术期死亡，1例下叶减容受者因气道吻合口瘘于术后2个月死亡，1例中叶减容受者因肾功能不全于术后1年死亡。7例中叶减容受者均顺利度过围手术期，1例受者出现气道吻合口狭窄（1/7），平均机械通气时间为71 h、平均住院时间为26 d，术后30 d生存率为7/7，术后1年生存率为6/7。结论 肺移植外科手术中采用右肺中叶减容术，具有气道并发症发生率低、安全性好、肺功能损失小的特点，可能是较好的右肺减容方案，具有潜在的应用前景。

**【关键词】** 肺移植；外科减容；气道残端瘘；肺叶移植；体质量指数；慢性阻塞性肺疾病；特发性肺纤维化；生存率

**【中图分类号】** R617, R612 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2025) 06-0011-07

**Discussion on right lung volume reduction techniques in lung transplantation surgery** Wang Hongyi, Li Yixing, Feng Jinteng, Zhao Heng, Zhang Yanpeng, Gao Shan, Wang Jizhao, Li Shuo, Zhang Guangjian. Department of Thoracic Surgery, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710000, China  
Corresponding author: Zhang Guangjian, Email: michael8039@xjtu.edu.cn

**【Abstract】** **Objective** To investigate the clinical effects of different right lung volume reduction techniques when the donor lung is oversized and mismatched with the recipient. **Methods** Clinical data of 10 recipients who underwent right lung volume reduction lung transplantation at the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University from October 2022 to June 2024 were collected, including gender, age, primary disease type, and type of transplantation. A retrospective analysis was performed on postoperative complications within 90 days, duration of mechanical ventilation, hospital stay, and survival status to explore the impact of different volume reduction techniques on the survival rate of lung transplant recipients. **Results** A total of 10 right lung volume reduction recipients were included in this study, with 2 cases of upper lobe reduction, 7 cases of middle lobe reduction, and 1 case of lower lobe reduction. Three recipients developed airway complications (one each with upper, middle, and lower lobe reduction). The 30-day survival rate was 90% and the 1-year survival rate was 70%. One recipient with upper lobe reduction died of septic shock during the perioperative period, one with lower lobe reduction died of airway anastomotic fistula 2 months after surgery, and one with middle lobe reduction

DOI: 10.12464/j.issn.1674-7445.2025190

基金项目：四大慢病重大专项（2024ZD0528600、2024ZD0528601）；陕西省重点研发计划（S2024-YF-YBSF-0923）

作者单位：710000 西安，西安交通大学第一附属医院胸外科

作者简介：王泓懿（ORCID 0009-0000-1526-1818），博士研究生，主治医师，研究方向为肺移植基础与临床，Email: why220713@xjtu.edu.cn

通信作者：张广健（ORCID 0000-0003-0663-6256），博士，主任医师，研究方向为肺移植基础与临床，Email: michael8039@xjtu.edu.cn

died of renal insufficiency 1 year after surgery. All 7 recipients with middle lobe reduction successfully passed the perioperative period, with one case of airway anastomotic stenosis (1/7). The average duration of mechanical ventilation was 71 hours, and the average hospital stay was 26 days. The 30-day survival rate was 7/7, and the 1-year survival rate was 6/7. **Conclusions** Middle lobe reduction in right lung transplantation surgery has the advantages of low incidence of airway complications, good safety, and minimal loss of lung function, and may be a better right lung volume reduction option with potential for application.

**【 Key words 】** Lung transplantation; Surgical volume reduction; Airway stump fistula; Lobar transplantation; Body mass index; Chronic obstructive pulmonary disease; Idiopathic pulmonary fibrosis; Survival rate

肺移植是治疗终末期肺病的有效手段<sup>[1-5]</sup>。尽管目前存在一套成熟的供受者肺脏评估体系<sup>[6-8]</sup>，即通过身高、体质量、体质量指数（body mass index, BMI）预估肺容量及 X 线或 CT 测径等一系列手段，尽量保证供受者肺脏大小基本一致。但在临床实践中，仍然存在供受者肺脏大小差距过大的问题<sup>[9-11]</sup>。尤其当供肺过大，受者胸腔较小时，外科医生需要在肺移植手术过程中对受者胸腔进行扩大，或者是对供肺进行减容，否则术后受者极易发生限制性肺不张、肺部感染导致预后不良<sup>[12]</sup>。关于受者胸腔重建手术既往也有部分研究<sup>[13-14]</sup>，但因为操作复杂、创伤较大，手术时间长等原因，临床实践中采用较少。一般针对供肺过大问题，常选择供肺的外科减容方式解决，外科减容的方式具体包括肺叶（肺段）减容及楔形减容，针对供受者匹配差异较大的情况，肺叶减容是最常见的减容方式。

目前，国内外针对供者肺脏的减容方式缺乏相关的研究和报道，并未形成明确的意见和共识，各移植中心有各自的减容方式和操作习惯，导致肺移植手术中外科减容方式这一问题始终制约着我国肺移植的发展。本文回顾了单中心的部分临床数据，以最常见右肺肺叶减容为例，通过总结不同外科减容方式对住院时间、相关并发症和生存率等指标的影响，旨在探讨肺移植外科手术中右肺减容的最佳方案。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

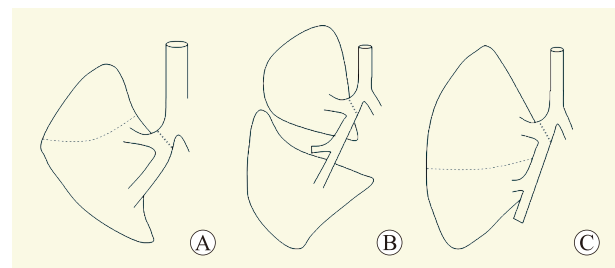
收集西安交通大学第一附属医院在 2022 年 10 月至 2024 年 6 月 10 例行相关肺移植受者的临床资料。本研究已获西安交通大学第一附属医院伦理委员会批准（XJTUIAF2025LSYY-374），且豁免患者知情同意。其他中心患者数据来自既往关于肺叶移植和减容的报告<sup>[15-19]</sup>。

### 1.2 受者纳入与排除标准

受者纳入标准包括：（1）因终末期肺病接受肺移植术的患者；（2）肺移植术中右肺进行外科减容。排除标准包括：（1）儿童肺移植受者（年龄 < 18 岁）；（2）再次接受肺移植术的患者；（3）肺移植术后 24 h 内死亡者。所有供肺均来自中国公民自愿捐献，供肺通过中国人体器官分配与共享计算机系统分配。本研究按照纳入标准纳入受者 12 例，按照排除标准排除 2 例，随访 1 年失访 0 例，最终共纳入受者 10 例进行研究。

### 1.3 手术方案

供肺获取和病肺切除的手术基本流程同成人标准肺移植手术，供肺修剪及左右分离在移植之前完成。肺叶减容可在吻合前进行，也可在吻合开放后进行。本中心的经验是根据 BMI、CT 测径及术中观察的胸腔情况，对比供肺尺寸大小，如差距明显，则可于体外直接进行供肺肺叶切除，动脉使用缝线结扎后离断，静脉使用直线切割闭合器离断，气道使用直线切割闭合器离断，离断后使用心包及周围组织进行加固和包埋。如评估后供受者肺脏尺寸差距不明显，可吻合后在动脉开放后完成肺叶切除，手术示意图如图 1 所示。



注：A 图为右肺上叶减容（右肺中下叶移植）；B 图为右肺中叶减容（右肺上下叶移植）；C 图为右肺下叶减容（右肺中上叶移植）。

图 1 不同肺叶减容手术示意图

Figure 1 Schematic diagrams of different lobectomy procedures

### 1.4 免疫抑制及抗感染方案

免疫抑制方案基本同标准的国内外肺移植方案<sup>[20-21]</sup>, 使用巴利昔单抗 20 mg 行免疫诱导, 术中单侧肺动脉开放前予以 500 mg 甲泼尼龙冲击, 对侧肺动脉开放前予以 250 mg 甲泼尼龙处理。术后给予激素+他克莫司+麦考酚钠的常规三联免疫抑制方案抗排斥反应治疗, 抗感染方案选择抗细菌+抗真菌+抗病毒的联合方案。

### 1.5 研究内容

收集使用各类外科减容方式受者的临床资料, 包括性别、年龄、原发病类型、移植类型、术后 90 d 并发症发生情况、机械通气时间、住院时间、术后 30 d 生存情况及术后 1 年生存情况; 回顾性分析受者术后 90 d 并发症发生、机械通气时间、住院时间、生存情况等指标, 探讨不同减容方式对肺移植受者术后生存率的影响。

## 2 结果

### 2.1 受者一般情况

收集本中心进行了右肺减容的 10 例肺移植受者数据 (表 1), 其中上叶减容 2 例、中叶减容 7 例、下叶减容 1 例。受者性别以男性居多 (7 例), 尤其是中叶减容受者 (5 例)。受者原发病中特发性肺纤维化 (idiopathic pulmonary fibrosis, IPF) 占大多数 (8 例), 另有慢性阻塞性肺疾病和支气管扩张各

1 例, 原因可能是 IPF 受者肺脏萎缩明显, 膈肌上抬, 胸腔缩小, 导致匹配供肺时容易出现供肺过大情况, 需要进行肺叶减容手术。受者移植类型中双肺移植占大多数 (8 例), 可能与减容后的右肺总体积和容量相对不足有关。所有受者均未因出血导致二次手术, 部分受者出现了气道并发症 (上叶、中叶、下叶减容受者各 1 例)。

### 2.2 受者预后情况

所有受者均接受术后 1 年随访, 大部分受者右肺张力恢复良好, 残端均进行了包埋处理, 无明显的限制性通气障碍 (图 2)。受者术后 30 d 生存率为 90%, 术后 1 年生存率为 70%, 其中 1 例上叶减容受者因脓毒症休克于围手术期死亡, 1 例下叶减容受者因气道吻合口瘘于术后 2 个月死亡, 1 例中叶减容受者因肾功能不全于术后 1 年死亡。7 例中叶减容受者均顺利度过围手术期, 1 例受者出现气道吻合口狭窄 (1/7), 平均机械通气时间为 71 h、平均住院时间为 26 d, 术后 30 d 生存率为 7/7, 术后 1 年生存率为 6/7。

## 3 讨论

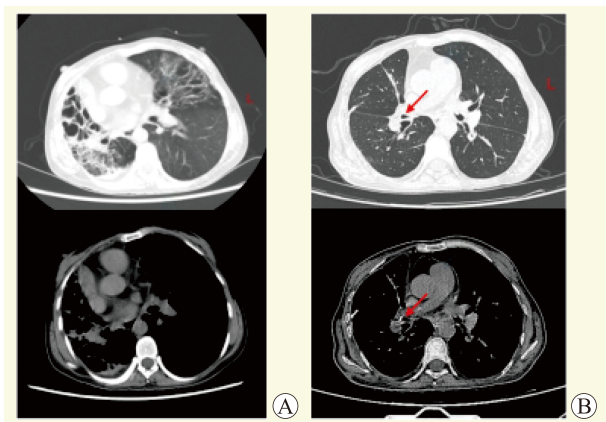
关于肺移植术中右肺减容问题, 相对于全部肺移植受者例数较少, 单中心数据易发生偏倚, 因此本文也回顾了国内外其他关于肺叶移植、肺移植减容的报告并进行讨论 (表 2)。综合国内外各类报告和研究

表 1 单中心右肺减容受者临床资料

Table 1 Clinical data of recipients of right lung volume reduction in a single center

例序	减容方式	性别	年龄 (岁)	原发病类型	移植类型	术后 90 d 并发症发生情况	机械通气时间 (h)	住院时间 (d)	术后 30 d 生存情况	术后 1 年生存情况
1	上叶	男	58	IPF	DLT <sup>①</sup>	无	252	21	死亡	死亡
2	上叶	女	52	IPF	DLT	中间段支气管狭窄	92	77	生存	生存
3	下叶	男	67	IPF	RLT	气道吻合口瘘	248	62	生存	死亡
4	中叶	男	62	COPD <sup>②</sup>	DLT	无	45	30	生存	生存
5	中叶	女	69	IPF	DLT	肾功能不全	206	55	生存	死亡
6	中叶	男	55	IPF	RLT <sup>③</sup>	无	56	28	生存	生存
7	中叶	女	36	支气管扩张	DLT	无	42	14	生存	生存
8	中叶	男	38	IPF	DLT	无	30	18	生存	生存
9	中叶	男	52	IPF	DLT	无	82	21	生存	生存
10	中叶	男	38	IPF	DLT	气道吻合口狭窄	36	16	生存	生存

注: ①DLT为双肺移植; ②COPD为慢性阻塞性肺疾病; ③RLT为右侧单肺移植。



注：A 图为肺移植术前 CT 结果；B 图为右肺中叶减容移植术后 2 个月 CT 结果（红线箭头指示中叶气管残端）。

图 2 例 7 受者行中叶减容术前与术后随访 CT 结果比较

Figure 2 Comparison of preoperative and postoperative follow-up CT results of middle lobe volume reduction in case 7

提示，肺叶移植相较全肺移植并无明显劣势，在供受体匹配不满意时可考虑行肺叶减容手术，避免限制性

肺不张及后续感染。关于右侧肺叶减容方式，尤其需要重视残端的处理，应该予以加固和心包组织包埋，减少残端痿的发生。

关于肺移植外科手术中供肺过大的处理问题，国内外始终未形成明确的指南共识，既往有几篇回顾性研究<sup>[15-19,22]</sup>提到了常见的几种肺叶移植和减容方式，但对于各类减容方式的优缺点及适用范围没有统一的建议。

根据文献检索和复习，关于肺叶移植和减容的方式没有统一的定式，2021 年瑞典的一项研究显示<sup>[15]</sup>，该中心研究共纳入 370 例受者，其中肺叶移植受者中使用中叶减容有 112 例，多于其他减容方式，其中 3 例出现气道并发症，接受了二次手术治疗。预后分析提示肺叶移植组具有更短的住院时间和重症监护室（intensive care unit, ICU）停留时间，远期预后和全肺移植组无明显差距。2024 年法国的一项研究中<sup>[22]</sup>，上叶减容为用得最多的方式（50 例中有 40 例使用了上叶减容），其中 10 例受者接受了二次手

表 2 其他中心肺叶减容相关文献检索结果

Table 2 Literature search results on lobectomy-related volume reduction from other centers

作者	发表时间	国家	纳入受者例数 (n)	右肺减容方式	并发症情况	住院时间情况	生存情况
Inci I, et al <sup>[15]</sup>	2021年	瑞典	370	上叶减容25例，中叶减容112例，下叶减容11例	肺叶移植组3例出现吻合口并发症，接受了二次手术治疗	肺叶移植组具有更短的住院时间和ICU <sup>①</sup> 停留时间	肺叶移植组与全肺移植组的术后1年和5年生存率无显著差异
Marasco S F, et al <sup>[16]</sup>	2012年	澳大利亚	23	上叶减容2例，中叶减容8例，下叶减容9例	1例右肺下叶残端痿，2例支气管吻合口狭窄		肺叶移植与全肺移植患者的生存率无差异
刘梦杨, 等 <sup>[17]</sup>	2023年	中国	7	上叶减容1例，中叶减容1例，下叶减容3例	3例存在残端的受者中2例因残端痿死亡		肺叶移植术后3个月受者病死率为1/7，死亡受者中2例因供肺残端痿死亡，其余因感染、心或肾功能不全死亡
彭桂林, 等 <sup>[18]</sup>	2020年	中国	14	上叶减容1例，下叶减容2例，中下叶减容6例	2例供肺下叶残端痿，术后死亡	平均机械通气时间为4.5 d，术后ICU <sup>①</sup> 停留时间为11 d	14例受者中10例死亡，其中下叶残端痿是早期主要的死亡原因之一
刘峰, 等 <sup>[19]</sup>	2007年	中国	9	上叶减容0例，中叶减容4例，下叶减容1例	2例因肺不张和出血接受了二次手术，1例死于PGD <sup>②</sup>	术后机械通气时间平均为5 d，住院时间平均39 d	术后存活时间达2年的有1例，1年以上7例，1年生存率为8/9
Mitilian D, et al <sup>[22]</sup>	2014年	法国	50	上叶减容40例，上中叶减容4例	10例接受了二次手术（出血、肺动脉狭窄等原因）	ECMO <sup>③</sup> 平均时间为7 d，机械通气的平均时间为10.5 d	围手术期生存率为72%，死亡原因为PGD、出血、多器官功能衰竭等，其中2例因支气管-血管痿死亡

注：①ICU为重症监护室；②PGD为原发性移植物失功；③ECMO为体外膜肺氧合。

术, 二次手术率为 20%, 主要原因为出血及动脉狭窄等, 2 例因为支气管-血管瘘死亡。2021 年澳大利亚的一项纳入 23 例受者的研究提示<sup>[16]</sup>, 中叶减容(8 例)及下叶减容(9 例)为该中心最常见的减容方式, 1 例出现残端瘘, 肺叶移植组的整体生存率与全肺移植组差异无统计学意义。国内的 3 项研究纳入受者较少, 其中彭桂林等<sup>[18]</sup>研究提示 14 例肺叶移植受者中, 2 例出现了供肺下叶残端瘘, 是导致死亡的原因之一。2023 年刘梦杨等<sup>[17]</sup>研究指出, 3 例存在气管残端的受者中 2 例因为残端瘘死亡, 说明需要重视外科技术, 尽量避免保留残端或妥善予以残端加固或包埋处理。国内最早的经验为 2007 年刘峰等<sup>[19]</sup>的研究, 该研究纳入 7 例肺叶移植受者, 其中 4 例采用中叶减容方式, 远期预后与全肺移植相似, 且研究中提出中叶减容方式可能存在优点, 与本中心研究观念一致。

目前, 国内各肺移植中心根据操作习惯和既往经验, 采用右肺上叶减容、中叶减容、下叶减容及楔形切除减容等方法<sup>[17]</sup>。一般认为, 供肺与胸腔匹配程度差异不大的情况下, 建议行楔形切除减容, 减容部位可根据术中实际情况灵活决定。当供肺与受者胸腔差距过大时, 则不适合用肺楔形切除减容, 适合行肺叶移植(即肺叶减容), 针对肺叶减容的优缺点讨论, 应集中在动静脉残端出血、气道残端瘘、吻合口狭窄及肺实质的漏气及出血问题。肺移植手术过程中, 动静脉残端瘘及肺实质出血问题, 术中开放肺动脉后可以直视下予以修补、缝扎及止血等妥善处理。使用切割缝合器进行肺裂离断或楔形切除后肺实质一般不易漏气, 气道开放后予以冲洗和膨肺后可以有效观察发现问题并及时予以修补和处理。然而, 支气管动脉离断后其重建和代偿需要较长时间, 因此肺移植术后气道并发症发生率较高, 且严重制约着围手术期生存率和长期生存率<sup>[23-24]</sup>。最常见的气道并发症为支气管狭窄, 分为吻合口狭窄和远端气道狭窄 2 种类型, 其中, 远端气道狭窄最常见的部位是右侧中间段支气管狭窄<sup>[25]</sup>。

本文主要针对几种常见的单个肺叶减容方式进行讨论总结。残端瘘作为肺叶移植的特有并发症<sup>[26]</sup>, 由于支气管动脉离断后血供不足等问题, 容易造成术后早期患者死亡, 因此需要在选择手术方式时特别引起重视。供肺右肺上叶减容, 即右侧中下肺叶移植, 其主要优势是可以有效避免和消除残端, 尤其是气道残

端。行右肺上叶减容后, 肺动静脉的吻合口位置基本不变, 供者侧气道吻合口由右侧主支气管更换为中间段支气管开口, 不再保留上叶切除后的气道残端。但由于水平裂被离断, 中下肺叶因为重力原因容易在胸腔内轻度转位, 同时因为气道吻合时容易套叠等原因, 后续观察中发现中叶支气管口容易狭窄, 造成远期右肺中叶不张及肺部感染, 后续管理较为棘手。

供者右肺下叶减容, 即右侧上中肺叶移植, 其主要优势来自于供肺质量优化。国内的肺移植供者, 主要来源于各类颅脑疾病(脑血管、脑外伤疾病等)患者, 器官捐献前一般于病房和 ICU 停留较长时间进行治疗和重症护理, 多伴有较长时间卧床和(或)机械辅助通气, 容易造成呼吸机相关肺炎和坠积性肺炎<sup>[27]</sup>。此时, 右肺下叶由于解剖和体位因素最易受累, 造成背段及基底段的严重水肿和面积不张, 无法有效复张和充分灌注, 相较于上中叶的供肺质量显著降低, 给术后管理和康复造成潜在的困难。尤其是联合其他器官获取时, 由于肾脏等器官获取前需要保证体循环充分灌注, 供者的液体总入量增加后, 下叶的不张及水肿将会进一步加重。因此选择右肺下叶减容, 可优先避免术后肺不张、感染甚至残留血栓的相关问题。但是, 其气道吻合方式对比右肺上叶减容, 仍然为右侧主气道端端吻合, 主要缺点是无法回避残端瘘等问题。尽管外科技术不断改良更新, 外科医生使用心包或补片对于残端进行加固和包埋, 仍有文献报道了术后早期右肺下叶残端瘘造成受者死亡的病例<sup>[17]</sup>。分析其容易发生残端瘘的原因, 可能与下叶残端位置低垂、距离吻合口遥远导致血供较差、发生感染等有关。

供者中叶减容, 即右肺上下叶移植, 近年来根据各类文献报道, 在较多肺移植中心作为首选选择方案。本中心认为, 较多使用中叶减容的主要优势为: (1) 损失的肺功能少, 中叶作为人体内最小的肺叶, 约占全部肺功能的 10%, 切除后造成的肺功能损失少, 中叶减容能够保存更多的移植肺, 有利于受者的远期生存和预后; (2) 相较于其他减容方式, 术后远端气道狭窄常见于中间段支气管, 最易造成右肺中叶不张和痰液引流不畅, 中叶减容后中间段支气管仅为下叶气道, 不涉及中叶引流, 相当于提前封闭了最常见的发病部位, 有效回避了气道狭窄问题; (3) 中叶减容术后残端瘘发生率较低, 本中心常规使用供者多余的心包组织进行中叶气道残端的包埋和

加固, 后续观察中无 1 例气道残端瘘发生。除外加固和包埋因素外, 本研究认为中叶切除后右肺上叶和下叶有向心性挤压作用, 术后随访 CT 可见中叶残端被上下叶复张后完全包裹(图 2), 对于残端起到了一定的保护作用。其原理类似于普胸外科手术中右肺中叶切除<sup>[28]</sup>, 具有术后恢复快、住院时间短、引流管拔除时间短、肺功能影响小等特点。其主要缺点为减容体积相对较小, 不适用于供受体匹配差距特别严重的患者(如儿童肺移植或活体肺移植)<sup>[29-31]</sup>, 此类型应当使用单肺叶移植<sup>[21,32-34]</sup>, 如右肺上叶移植或右肺下叶移植<sup>[34-39]</sup>。鉴于上述情况可通过术前受体选择等手段避免, 发生情况相对较少, 不属于常见的右肺减容方式, 暂不在本文讨论之列。

综上, 肺移植作为治疗终末期肺病的唯一有效方式, 各类肺移植手术方案日渐趋于成熟, 然而针对供肺过大问题, 如何选择减容方式以减少各类并发症发生, 提高围手术期和长期生存率, 尚缺乏没有明确的结论和建议。本研究以最常见的右侧肺叶减容为例, 通过回顾分析探讨了不同肺叶减容的优缺点和适用范围, 认为右肺中叶减容兼具供肺体积损失小和控制术后并发症两个方面, 对比上叶减容和下叶减容, 可能是较好的右肺减容方案。但本中心移植受者例数较少, 系单中心回顾性分析, 纳入受者 10 例且 70% 为中叶减容, 可能存在一定的选择偏倚, 期待后续大样本、多中心的前瞻性研究进一步探索。在肺移植临床实践中, 右肺减容问题仍需根据现实的供受者实际情况、各中心手术操作习惯综合分析, 确定具体的手术方案, 给肺移植受者带来更好的预后和生存改善。

#### 参考文献:

- [1] VAN DER MARK S C, HOEK R A S, HELLEMONS M E. Developments in lung transplantation over the past decade[J]. *Eur Respir Rev*, 2020, 29(157): 190132. DOI: 10.1183/16000617.0132-2019.
- [2] TOSI D, PALLESCHI A. Advances in lung transplantation[J]. *Cells*, 2023, 12(6): 923. DOI: 10.3390/cells12060923.
- [3] KOLAITIS N A. Lung transplantation for pulmonary arterial hypertension[J]. *Chest*, 2023, 164(4): 992-1006. DOI: 10.1016/j.chest.2023.04.047.
- [4] KIM J S, GUPTA R. Lung transplantation in pulmonary sarcoidosis[J]. *J Autoimmun*, 2024, 149: 103135. DOI: 10.1016/j.jaut.2023.103135.
- [5] CHANG S H, CHAN J, PATTERSON G A. History of lung transplantation[J]. *Clin Chest Med*, 2023, 44(1): 1-13. DOI: 10.1016/j.ccm.2022.11.004.
- [6] EBERLEIN M, REED R M, ABSTON E, et al. Sizing in lung transplantation: principles, practices and ideas for the future[J]. *JHLT Open*, 2025, 9: 100304. DOI: 10.1016/j.jhlto.2025.100304.
- [7] VELLECA A, SHULLO M A, DHITAL K, et al. The International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) guidelines for the care of heart transplant recipients[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2023, 42(5): e1-e141. DOI: 10.1016/j.healun.2022.10.015.
- [8] KANG J, DIGUMARTHY S R. Imaging in lung transplantation: surgical techniques and complications[J]. *Radiol Clin North Am*, 2023, 61(5): 833-846. DOI: 10.1016/j.rcl.2023.04.006.
- [9] EBERLEIN M, REED R M, PERMUTT S, et al. Parameters of donor-recipient size mismatch and survival after bilateral lung transplantation[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2012, 31(11): 1207-1213. e7. DOI: 10.1016/j.healun.2011.07.015.
- [10] CATELLI C, D'ALESSANDRO M, LLORET MADRID A, et al. Donor-recipient mismatch in lung transplantation: the role of graft sizing in clinical outcomes[J]. *Transpl Int*, 2025, 38: 14387. DOI: 10.3389/ti.2025.14387.
- [11] MORA-CUESTA V M, MURILLO-BRITO D A, ARGOS-VÉLEZ P J, et al. Impact of lung resections on lung transplant grafts due to size discrepancy[J]. *Heart Lung*, 2025, 74: 180-185. DOI: 10.1016/j.hrting.2025.07.010.
- [12] EBERLEIN M, PERMUTT S, CHAHLA M F, et al. Lung size mismatch in bilateral lung transplantation is associated with allograft function and bronchiolitis obliterans syndrome[J]. *Chest*, 2012, 141(2): 451-460. DOI: 10.1378/chest.11-0767.
- [13] LU H H, CHIANG X H, LU C W, et al. Techniques of thoracic cavity extension in living-donor lobar lungs transplantation with oversized donors[J]. *JTCVS Tech*, 2025, 31: 233-237. DOI: 10.1016/j.xjtc.2025.03.023.
- [14] PALLESCHI A, MATTIONI G, LOMAURO A, et al. Diaphragm and lung transplantation[J]. *Transpl Int*, 2024, 37: 12897. DOI: 10.3389/ti.2024.12897.
- [15] INCI I, SCHUURMANS M M, CAVIEZEL C, et al. Long-term outcomes of cadaveric lobar lung transplantation: an important surgical option[J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 27(4): 244-250. DOI: 10.5761/atcs.0a.20-00237.
- [16] MARASCO S F, THAN S, KEATING D, et al. Cadaveric lobar lung transplantation: technical aspects [J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 93(6): 1836-1842. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2012.03.051.
- [17] 刘梦杨, 李璇, 彭桂林, 等. 成人肺叶移植术后早期死亡原因分析及诊疗经验[J]. *中华器官移植杂志*, 2023, 44(11): 662-667. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20230316-00055.
- [18] 彭桂林, 杨超, 刘梦杨, 等. 肺叶移植的早期临床效果分析[J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(6): 333-336. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20200224-00046.
- [18] PENG G L, YANG C, LIU M Y, et al. Analysis of short-

- term outcomes for lobar lung transplantation[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2020, 41(6): 333-336. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20200224-00046.
- [19] 刘峰, 陈静瑜, 郑明峰, 等. 供肺大小不匹配的肺移植九例报告[J]. *中华器官移植杂志*, 2007, 28(6): 375-376. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2007.06.018. LIU F, CHEN J Y, ZHENG M F, et al. Lung transplantation with mismatched donor lung size: a report of 9 cases[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2007, 28(6): 375-376. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2007.06.018.
- [20] 中华医学会器官移植学分会. 中国肺移植免疫抑制治疗及排斥反应诊疗规范(2019版)[J/OL]. *中华移植杂志(电子版)*, 2019, 13(2): 94-98. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.02.004. Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Diagnosis and treatment specification for immunosuppressive therapy and rejection of lung transplantation in China(2019 edition)[J/OL]. *Chin J Transplant (Electr Edit)*, 2019, 13(2): 94-98. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.02.004.
- [21] CHOI S. Technical aspects of lung transplantation: pediatric and lobar transplantation[J]. *J Chest Surg*, 2022, 55(4): 313-318. DOI: 10.5090/jcs.22.062.
- [22] MITILIAN D, SAGE E, PUYO P, et al. Techniques and results of lobar lung transplantations[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 45(2): 365-369. DOI: 10.1093/ejcts/ezt353.
- [23] FRYE L, MACHUZAK M. Airway complications after lung transplantation[J]. *Clin Chest Med*, 2017, 38(4): 693-706. DOI: 10.1016/j.ccm.2017.07.010.
- [24] CRESPO M M, MCCARTHY D P, HOPKINS P M, 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.
- [25] 中华医学会器官移植学分会. 中国肺移植术后并发症诊疗和随访技术规范(2019版)[J/OL]. *中华移植杂志(电子版)*, 2019, 13(2): 99-108. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.02.005. Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Technical specification for diagnosis and treatment of complications and postoperative follow-up after lung transplantation in China(2019 edition)[J/OL]. *Chin J Transplant (Electr Edit)*, 2019, 13(2): 99-108. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.02.005.
- [26] KAYAWAKE H, CHEN-YOSHIKAWA T F, AOYAMA A, et al. Surgical management of bronchial stumps in lobar lung transplantation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 156(1): 451-460. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.10.150.
- [27] 熊灵敏. 重症脑梗死患者坠积性肺炎发生状况及其影响因素[J]. *实用中西医结合临床*, 2021, 21(11): 112-113. DOI: 10.13638/j.issn.1671-4040.2021.11.056. XIONG L M. Incidence and influencing factors of falling pneumonia in patients with severe cerebral infarction[J]. *Pract Clin J Integr Tradit Chin West Med*, 2021, 21(11): 112-113. DOI: 10.13638/j.issn.1671-4040.2021.11.056.
- [28] 田辉, 沈韦羽, 余凯忠, 等. 全胸腔镜肺叶切除术治疗临床早期肺癌 254 例[J]. *中国医师杂志*, 2013(4): 522-524. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2013.04.029. TIAN H, SHEN W Y, YU K Z, et al. Thoracoscopic lobectomy for 254 cases of early clinical lung cancer[J]. *J Chin Physician*, 2013(4): 522-524. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2013.04.029.
- [29] DAS S, MELICOFF-PORTILLO E, SOCKRIDER M. Lung transplantation in children[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2016, 194(4): P7-P8. DOI: 10.1164/rccm.1944P7.
- [30] BRUGHA R, WU D, SPENCER H, et al. Disparities in lung transplantation in children[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2024, 59(12): 3798-3805. DOI: 10.1002/ppul.26813.
- [31] KOH W, ZANG H, OLLBERDING N J, et al. Lung transplantation for children with refractory acute respiratory distress syndrome[J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2024, 21(4): 672-675. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202308-695RL.
- [32] OTO T, MIYOSHI K, SUGIMOTO S, et al. Living related donor middle lobe lung transplant in a pediatric patient[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(3): e42-e44. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.10.102.
- [33] NAKAJIMA D, DATE H. Living-donor lobar lung transplantation[J]. *J Thorac Dis*, 2021, 13(11): 6594-6601. DOI: 10.21037/jtd-2021-07.
- [34] AVDIMIRETZ N, BENDEN C. Living donor lobar lung transplantation in children: an impressive Japanese cohort and worldwide implications[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2025, 44(7): 1106-1108. DOI: 10.1016/j.healun.2025.02.003.
- [35] CRUZ Z, NERI F, ROXO M, et al. Lobar lung transplantation: a single-center 10-year experience[J]. *Transplant Proc*, 2024, 56(5): 1121-1128. DOI: 10.1016/j.transproceed.2024.04.017.
- [36] WATANABE Y, WATANABE T, HIRAMA T, et al. Lobar graft evaluation in cadaveric lobar lung redo transplantation after living-donor lobar lung transplantation: a case report[J]. *Surg Case Rep*, 2024, 10(1): 238. DOI: 10.1186/s40792-024-02046-x.
- [37] YE B, CHEN C, HUANG L, et al. Lesson of urgent bilateral lobar lung transplantation for acute fibrinous and organizing pneumonia: a case report[J]. *AME Case Rep*, 2023, 7: 44. DOI: 10.21037/acr-22-88.
- [38] SVORCOVA M, VACHTENHEIM J, SIMONEK J, et al. Lobar lung transplantation, followed by partial sternal resection and bronchial stenosis, in a patient with scoliosis[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2025, 20(1): 103. DOI: 10.1186/s13019-025-03345-6.
- [39] FUJII K, TANAKA S, ISHIHARA M, et al. Donor's long-term quality of life following living-donor lobar lung transplantation[J]. *Clin Transplant*, 2023, 37(4): e14927. DOI: 10.1111/ctr.14927.

(收稿日期: 2025-07-23)

(本文编辑: 谢诗韵 吴秋玲)