DOI：10.12287/j.issn.2096-8965.20230303

中国肺移植现状与挑战

陈雨譞[1,2]，宋陈婉秋[3]，黄桁[1,4]，郑翔匀[4]，田东[1,4]*

（1. 四川大学华西医院，四川 成都 610041；
2. 川北医学院临床医学院，四川 南充 637000；
3. 川北医学院医学影像学院，四川 南充 637000；
4. 四川大学华西医院胸部肿瘤研究所，四川 成都 610041）

【摘要】肺移植是终末期肺部疾病唯一有效的治疗策略。近四十年来，我国肺移植领域取得了较大进展，肺移植事业处于高速发展的新时代。在临床方面，我国肺移植手术数量及质量稳步上升，近7年共完成3 600例肺移植，具有肺移植资质机构达54所。在科研方面，我国肺移植临床研究数据首次发表于国际顶级期刊，基础研究团队也在多个肺移植关键领域取得重要成果，这表明我国肺移植临床工作及科研水平正逐渐达到国际前列。尽管我国肺移植已取得较大进步，但在团队建设、质量控制、标准流程及技术规范、专家共识和指南、肺移植数据注册及建库等方面仍面临着诸多瓶颈与挑战。本文旨在从临床及科研两方面综述我国肺移植现状，总结分析我国肺移植当前面临的主要挑战。

【关键词】肺移植；现状；挑战；质量控制；团队建设

中图分类号：R617　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096-8965（2023）03-0014-07

Current status and challenges of lung transplantation in China

Chen Yuxuan[1,2], Song Chenwanqiu[3], Huang Heng[1,4], Zheng Xiangyun[4], Tian Dong[1,4]*

(1. West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China;
2. School of Clinical Medicine, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China;
3. School of Medical Imaging, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China;
4. Institute of Thoracic Oncology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

【Abstract】 Lung transplantation (LTx) is the only effective treatment for patients with end-stage lung disease. The field of LTx has undergone tremendous progress over the past four decades in China. The domestic filed of LTx is in a new era of rapid development. Clinically, LTx is steadily increasing both in quantity and quality. It has been reported that 3 600 LTx have been successfully performed in the last 7 years, and 54 institutions have been accredited to perform LTx. In scientific research terms, the international top-tier journals have recently published clinical research data on LTx in China for the first time. In addition, several exciting breakthroughs have been made in basic research of LTx in China, indicating that both the clinical work and scientific research of LTx are gradually approaching the forefront worldwide. In spite of significant advancements, several challenges and bottlenecks remain, including the LTx team building, quality control, implement of standard procedure and

收稿日期：2023-08-08；**修回日期：**2023-09-06

基金项目：四川省科技厅重点研发项目（23ZDYF2875）

通信作者：田　东，副主任医师，主要从事肺移植基础与临床的研究。E-mail：22tiandong@wchscu.cn

technical specification, development of expert consensus and guideline, data registration, and database creating. This paper aims to review the current domestic status of LTx from both clinical and scientific researching perspectives, and afterwards analyze the main challenges faced.

【**Keywords**】Lung transplantation; Current situation; Challenge; Quality control; Team building

肺移植是终末期肺部疾病唯一有效的治疗策略[1]。自1983年多伦多总医院完成世界第一例长期存活肺移植以来，该技术日趋成熟，全球肺移植手术量大幅增加[2,3]。据2020年国际心肺移植学会（International Society for Heart and Lung Transplantation，ISHLT）报道，截至2018年6月，国际胸腔器官移植注册中心（International Thoracic Organ Transplant Registry，TTX Registry）已登记67 493例成人肺移植，1年及5年生存率分别为85.2%、59.0%[1]。

我国首次肺移植可追溯到1979年，辛育龄教授一例肺结核伴有毁损肺患者单肺移植[4]，虽未能获得成功，但这一尝试为我国的肺移植工作开辟了道路。1995年，我国陈玉平教授[5]成功完成了第一例单肺移植，受者术后存活约5.8年。四十余年来，我国肺移植发展迅速，根据中国肺脏移植注册系统数据，2015年至2021年期间我国共完成2 801例肺移植手术，截至2022年，全国具有肺移植资质的医疗机构已达54所[6]。然而，当前我国肺移植与国际先进水平仍有一定差距但存在诸多自身特点。我国肺移植事业当代发展亟需速度、质量及特色三者兼具。然而，当前仍存在部分制约发展的因素，主要包括肺移植团队建设、质量控制指标、标准流程及技术规范、专家共识和指南、以及肺移植数据注册及建库等问题。

本文旨在综述我国肺移植特点，从临床及科研两方面详述我国肺移植现状，并在此基础上分析总结了我国肺移植事业当前面临的主要挑战。

1 中国肺移植特点

从受者特征而言，我国肺移植受者主要特征表现为年龄大、术前机能差以及基础疾病多。据最新数据，我国肺移植受者男性平均年龄为56.2±12.8岁，其中60岁以上受者比例为47.0%，明显高于2020年ISHLT所报道的34.3%[7]。受到文化观念与医学知识普及程度等因素的影响，大多患者直到呼吸衰竭才考虑肺移植，部分患者依靠体外膜肺氧合（Extracorporeal Membrane Oxygenation，ECMO）支持以等待移植手术[8]，受者相对较差的移植前状态导致手术难度大且术后并发症发生率高。从原发病构成比例而言，成人肺移植主要包括特发性间质性肺炎（35.2%）、慢性阻塞性肺疾病（20.1%）及继发性间质性肺炎（16.4%）[6]，其中尘肺是我国比较特有的疾病[7]。我国儿童肺移植原发病类型主要包括特发性肺动脉高压（60.0%）、闭塞性细支气管炎（20.0%）、间质性肺病（20.0%）等[9]，而在欧美等国1~5岁儿童以肺动脉高压（50.4%）为主[10]。在术后并发症方面，我国肺移植受者术后最主要的早期并发症是术后感染、急性排斥反应、肾功能不全、原发性移植肺失功、支气管胸膜瘘、支气管吻合口病变和胃肠道并发症等[6,11]。相较TTX Registry数据，我国肺移植受者术后早期感染和急性排斥反应的发生率更高，原发性移植肺失功和多器官功能衰竭的发生率相对较低[12]。关于术后生存，双肺移植受者术后围手术期、1年、3年生存率分别为80.2%、60.3%和47.5%，单肺移植受者相应生存率分别为83.3%、63.3%和42.0%[6,13]。而国际单肺和双侧肺移植的存活率大致相同，受者术后围手术期、1年、3年生存率分别为92.1%、85.3%、67.0%[14]。我国肺移植的诊疗全程存在诸多与国际肺移植不同的特点，走更具中国特色的肺移植道路是未来发展的重点。

2 中国肺移植诊疗体系建设的现状及挑战

2.1 肺移植医疗机构建设

当前全国已有54所具有肺移植资质的医疗机构，但仅30余所中心上报了1例及以上的手术信息，机构在获得资质后尚未开展过肺移植，或取得资质但不具备独立开展移植手术的[6]，该现象主要集中在沿海地区，而河北、吉林、贵州、甘肃、青海、西藏、宁夏和重庆等地区的医疗机构尚未取得肺移植资质[6]。然而，我国肺病高发区域主要集中于西藏、云南、青海和新疆等地[15]，地域间的不匹配限制了我国终末期肺部疾病的肺移植评估。未来的工作中，应首先确保已取得肺移植资质的医院都能独立完成肺移植手术，相关部门和医疗机构应加大肺病高发省份科普力度，并帮助未取得肺移植资质的地区取得相关医疗资质。

2.2 肺移植团队建设

我国肺移植团队多表现为以胸外科为主体，其余相关科室辅助的结构，当前大部分团队正处于向

多学科团队转变的过渡期。目前，以陈静瑜教授带领的无锡肺移植中心为代表的部分中国肺移植团队已完成较为完整的多学科团队建设，其主要由胸外科、移植内科、麻醉科、重症监护科、护理和康复等科室构成，但当前大多团队肺移植内科、康复等非外科专业医师仍相对缺乏。进一步培养肺移植多学科青年人才是发展我国肺移植团队的重心。2023年3月，由陈静瑜与田东主编的肺移植专著《临床肺移植》正式发布，该专著系统介绍了国内外临床肺移植的最新研究进展，指出了我国肺移植团队建设的未来方向及模式，同时也为肺移植青年人才的培养提供了高质量的教学材料[16]。此外，肺移植作为一项新兴学科，应坚持质量与创新并重。根据国际大型肺移植中心经验，完备的肺移植多学科团队除临床科室外，还应具备基础与转化研究队伍。建立多学科团队协作机制，完善临床工作与科学研究转化体系，将有效促进我国肺移植事业的发展，使更多终末期肺部疾病患者受益。

2.3 质量管理体系建设

我国肺移植质量管理与控制体系正式建立于2016年，由直属于国家卫生健康委员会的国家肺移植质量管理与控制中心负责。随后的两年里，国家肺移植质量管理与控制中心组建了肺移植专家委员会，并制定了《肺移植技术管理规范》，该文件制定了可获得肺移植资质的医疗机构的基本要求，并对参与肺移植诊疗的医护人员的素质、技术、及医疗管理能力作了详细规定[17]。2019年，国家肺移植质量管理与控制中心牵头规范了《肺移植技术医疗质量控制指标》，在医疗机构基本条件、人员和技术管理基本要求、供肺选取和受者评估等方面进行了详细规定，更为客观科学地评估了供肺质量及使用情况、移植手术及时性、移植技术水平、术后并发症、受者术后肺功能改善及术后生存情况[18]。然而，目前我国肺移植质控体系仍不够成熟，更符合中国肺移植特点的质控指标以及多学科、多临床阶段、精准化的全程肺移植质控体系的建立是当前肺移植领域尤为重要的工作方向。

2.4 标准流程和技术规范建设

目前，国家质控中心已制定了一系列肺移植标准流程及技术规范，同时为提高指标客观性、科学性以及可实现性，发布了多项专家共识与规范指南。在术前评估方面，《中国肺移植受者选择与术前评估技术规范（2019版）》从肺移植适应证和禁忌证、移植时机选择、受者术前评估和术前检查等方面进行了详细阐述[19]；在供肺方面，已发布的《中国肺移植供体标准及获取转运指南》具体阐述了供肺的捐献分类、选择标准、维护策略、获取和转运流程[20]；而《中国肺移植供肺获取与保护技术规范（2019版）》对供者选择、理想供者和可接受供者标准以及供肺维护策略、供肺获取作了进一步的精确规范[21]。在肺移植手术方式以及围术期管理方面，《中国肺移植术操作规范（2019版）》对供肺植入术、活体肺叶移植术和再次肺移植术进行了具体说明[22]；《肺移植围手术期体外膜肺氧合应用指南（2019版）》对术前的桥接治疗、术中ECMO支持和术后ECMO应用等方面提供了指引[23]；《肺移植术麻醉管理专家共识（2020版）》对术前评估、术中和术后的麻醉进行了优化管理[24]。在术后并发症方面，《中国肺移植术后并发症诊疗和随访技术规范（2019版）》详细阐述了胸腔内出血、气道吻合口并发症、血管吻合口狭窄、感染、原发性移植物失功以及移植后淋巴组织增生性疾病等多种并发症的诊疗及随访流程[25]；《中国肺移植免疫抑制治疗及排斥反应诊疗规范（2019版）》对免疫抑制剂应用原则、免疫抑制方案和排斥反应的诊断和处理进行了规范[26]。

上述文件从肺移植在术前评估、供肺选取、术中、围手术期以及术后管理均进行了较标准的规范，但由于中国肺移植特点以及部分临床阶段的经验相对不足，部分指南和规范仍处于不断完善过程中。

2.5 数据注册系统建设

2007年国务院颁布了《人体器官移植条例》，明确规定从事人体器官移植的医疗机构应依照《医疗机构管理条例》向卫生主管部门上报移植数据[27]。2010年，根据《卫生部办公厅关于加强人体器官移植数据网络直报管理的通知》（卫办医管发〔2010〕105号）建立健全适合肺脏移植专业学科特点的数据注册制度、核查制度及考核标准；对肺移植数据的报送录入、报送方式、报送时间和报送管理进行了规定；并对国务院卫生行政部门、省级卫生行政部门、国家肺移植数据中心和各移植医院在肺移植数据网络直报过程中的职责进行了分工[28]。2019年《人体捐献器官获取与分配管理规定》对移植数据的上报、管理及使用进行规范完善[20,29]。中国肺脏移植注册系统目前已在保证数据上报的及时性、准确性和完整性的基础上，优化了注册条目，有利于科学、全面地评价肺脏移植手术质量以及制定合理的诊疗决策。同时，受者术前数据、术后随访数据的部分缺失限制了病例数据的有

效利用，需进一步完善肺移植注册系统的管理并优化注册条目[30]。其次，当前肺移植数据注册工作仍采取相对通用的工作模式，但由于肺移植相关诊疗的复杂性，更需要根据肺移植专业学科特点建立健全更具体的数据注册制度、核查制度及考核标准。此外，改变我国目前关于肺移植专业循证医学证据相对不足的现状，需深度挖掘数据资源，从而为完善相关指南和专家共识提供充足的数据支撑[30]。

3 中国肺移植的科研现状及挑战

3.1 临床研究

当前我国已建立了较完善的肺移植注册系统，纳入包括肺移植诊疗及随访全程的临床资料[15]，但其在及时性、准确性和完整度等方面仍处于完善阶段。

在国家数据库及各肺移植中心临床数据库的基础上，各中心开展了多项研究。在术式创新方面，1995年陈玉平教授[5,31]完成了第一例长期存活的单肺移植，又于1998年完成了第一例双肺移植。陈静瑜团队[32]于2005年完成了亚洲首例非体外循环下序贯式双肺移植并进行了可行性评估，近日，该团队通过典型案例详细介绍了“劈裂式肺移植移植术”的技术手段[33]。在适应症方面，当前我国多家肺移植中心已对多种不同原发病受者的肺移植疗效展开综合评估，其中主要包括结缔组织病相关间质性肺疾病[34]、淋巴管平滑肌瘤[35]、重症新型冠状病毒感染[36]、不对称胸廓内支气管扩张[37]、肿瘤患者[38-41]等。在围手术期管理方面，胡春晓[42]和陈作兵等[36]先后针对肺移植受者的ECMO应用开展了回顾性研究并进行典型病例报道。在术后并发症方面，目前我国各中心已报道了在肺移植术后侵袭性真菌病[43]、急性肾损伤[44-46]以及慢性移植肺功能障碍[47,48]等并发症的流行病学、诊疗以及预后分析等方面的临床研究。近三年，我国临床肺移植取得了首创性与突破性进展，2020年陈静瑜团队[49]完成了全球首例新型冠状病毒感染致肺重度纤维化的双肺移植手术，受者术后肺功能良好且生命体征平稳。肺移植临床研究一直以来很难被国际认可，2023年6月，田东与陈静瑜团队[50]合作报道了一种基于机器学习的肺移植术后预后模型，这是我国肺移植临床研究数据首次发表于国际顶级期刊，这一定程度上证明了我国肺移植工作逐渐被国际认可，临床研究水平逐渐靠近国际前列。

当前肺移植术式及围术期管理已相对成熟，而目前最严峻的挑战主要在于肺供体利用不足及受者术后生存较差[13,51,52]。各肺移植中心已逐渐将提高供肺利用率与降低肺移植术后并发症作为两个重要工作方向。依靠我国病例基数大的优势，积极开展相关临床研究，将为国际肺移植领域提供更多的中国经验，使更多肺移植受者获益。

3.2 基础及转化研究

基础与转化研究是肺移植事业发展的基石。近年来，我国肺移植基础及转化研究发展迅速，各团队报道了多项创新性发现，其主要集中于动物模型建立、缺血再灌注损伤、供体保存修复以及肺移植术后排斥反应等方向。

在动物模型建立方面，我国肺移植研究团队常使用肺门夹闭模型或气管移植模型间接研究缺血再灌注损伤或排斥反应[53]。近年来，团队先后报道了“钟摆式”大、小鼠左肺原位移植改良模型[54-56]的建立方法，并进一步开发了大鼠左右反侧肺移植模型[57]，目前上述模型已被国内外多所机构认可并应用，并受邀在第42届ISHLT年会进行特邀专题演讲介绍该模型。

对于肺移植缺血再灌注损伤，我国研究体系已相对完善，并已在国内外发表多项创新性成果，主要集中于缺血再灌注损伤的药物靶点和新药研发，如脂氧素A4[58]、c-Jun氨基末端激酶[59]、氢分子及其制品[60,61]以及血管紧张素转换酶2脱落抑制剂[62]等。此外，团队基于转录组数据报道了肺移植缺血再灌注损伤对原发性移植肺失功及慢性移植肺功能障碍发生发展的潜在效应[63]。在供体保存修复方面，陈静瑜团队应用报道了一种改良低钾右旋糖酐液[64]，突破此前国内4−6 h的保存时间限制[65]。近年来，国内部分肺移植中心正积极尝试开展该领域国际前沿方向——体外肺灌注的研究及其转化[2,51]，但暂缺少相关成果报道。

我国肺移植术后并发症的相关研究则聚焦于排斥反应，主要包括急性以及慢性排斥反应的机制及治疗靶点探索。在排斥反应的诊断与监测方面，团队系统综述了肺移植术后排斥反应的无创监测方法[66]，并于2022年进一步基于大鼠肺移植模型报道了^{18}F-FDG PET对肺移植术后排斥反应较好的动态监测能力[67]。在排斥反应的机制及治疗靶点探索方面，对于急性排斥反应，丁跃中团队[68]发现T-bet/STAT6 DKO肺移植受者在不改变急性排斥反应的情况下，在产生以IL-17为主的移植免疫的同时，保留了Th1/IFN-γ反应，可推测T-bet/STAT6 DKO小鼠可作为研究IL-17在肺移植中作用的一种新的可行模型。高伟团队[69]于2019年通过基于大

鼠肺移植急性排斥反应模型，报道了内皮祖细胞对大鼠肺移植急性排斥反应的影响。对于慢性排斥反应，此前我国肺移植基础研究队伍均基于气管移植模型构建闭塞性细支气管炎模型进行慢性排斥反应的间接研究[70-75]。然而，气管移植术后闭塞性细支气管炎与移植肺慢性排斥反应间病理生理学差异很大，相关研究的临床意义与转化价值受到限制。近日，四川大学华西医院田东、刘伦旭团队[76]基于大鼠左肺原位移植模型，报道了二甲双胍对肺移植术后慢性排斥反应的疗效及潜在机制，这是我国医学科研机构首次在国际期刊发表肺移植术后慢性排斥反应的基础研究结果。而对于其它肺移植术后并发症，巨春蓉团队[77]于2021年对高通量二代测序技术在肺移植术后感染中的应用进行了综合评估，发现其在病原体早期识别、检测范围以及检出率等方面均优于传统方法。

我国肺移植基础及转化研究发展迅速，但相较如多伦多总医院等国际顶级肺移植中心仍存在差距。当前我国在两大关键领域——体外肺灌注与慢性排斥反应领域仍处于起步与探索阶段，深入上述领域研究是我国肺移植事业发展的关键。我国多所肺移植中心已逐渐调整重心，更多关键性成果的产出值得期待。

4 小结

目前，我国肺移植领域发展迅速，质量管理体系、标准流程和技术规范、数据注册系统、以及肺移植团队的建设已初步完成，但仍存在发展不均衡、多学科团队协作机制不完善、数据注册工作质量低等瓶颈与挑战。因此，结合我国国情，当前应抓住我国器官捐献事业蓬勃发展的历史机遇，完善肺移植诊疗体系，深入肺移植前沿方向，确保肺移植事业稳步发展，逐渐步入国际前列。

参考文献

[1] CHAMBERS D C, PERCH M, ZUCKERMANN A, et al. The international thoracic organ transplant registry of the international society for heart and lung transplantation: thirty-eighth adult lung transplantation report-2021; focus on recipient characteristics[J]. J Heart Lung Transplant, 2021, 40(10): 1060-1072.

[2] TIAN D, WANG Y, SHIIYA H, et al. Outcomes of marginal donors for lung transplantation after ex vivo lung perfusion: a systematic review and meta-analysis[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 159(2): 720-730.e6.

[3] 李昊萱, 黄桁, 严浩吉, 等. 紧急肺移植的临床应用进展[J]. 器官移植, 2021, 12(5): 539-543.

[4] 张志泰. 我国肺移植现状及展望[C]. 继续医学教育, 2006, 20(10): 84-87.

[5] 陈玉平, 张志泰, 韩玲, 等. 肺移植治疗肺纤维化一例报告[J]. 中华外科杂志, 1996, 34(1): 25-28.

[6] 钱共匋, 李小杉, 胡春晓, 等. 2021年中国肺脏移植发展报告解读[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2023, 15(4): 1-6.

[7] VALAPOUR M, LEHR C J, SCHLADT D P, et al. OPTN / SRTR 2021 annual data report: lung[J]. Am J Transplant, 2023, 23(2 Suppl 1): S379-S442.

[8] HU C X, CHEN W H, HE J X, et al. Lung transplantation in China between 2015 and 2018[J]. Chin Med J (Engl), 2019, 132(23): 2783-2789.

[9] YUE B, WU B, ZHANG J, et al. Pediatric lung transplantation in the largest lung transplantation center of China: embarking on a long road[J]. Sci Rep, 2020, 10 (1): 12471.

[10] LEE E, LEE S Y, HONG S J. The past, present, and future of humidifier disinfectant-associated interstitial lung diseases in children[J]. Clin Exp Pediatr, 2020, 63 (7): 251-258.

[11] 严浩吉, 陈蔚洋, 魏桢婷, 等. 肺移植术后胃肠道并发症的研究进展[J]. 器官移植, 2020, 11(6): 749-753.

[12] 卫栋, 范立, 班乐. 中国肺移植术后并发症诊疗和随访技术规范(2019版)[J]. 中华移植杂志(电子版), 2019, 13 (2): 99-108.

[13] SATO M, TIAN D. Preface: strategies to achieve long-term success of lung transplantation[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(6): 406.

[14] GOLDFARB S B, HAYES D, LEVVEY B J, et al. The international thoracic organ transplant registry of the international society for heart and lung transplantation: twenty-first pediatric lung and heart–lung transplantation report-2018; focus theme: multiorgan transplantation[J]. J Heart Lung Transplant, 2018, 37(10): 1196-1206.

[15] ZHOU M, WANG H, ZENG X, et al. Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2019, 394(10204): 1145-1158.

[16] 陈静瑜, 田东. 临床肺移植[Z]. 上海: 上海交通大学出版社. 2023.

[17] 国家卫生健康委员会. 卫生部关于印发肝脏、肾脏、心脏、肺脏移植技术管理规范的通知[EB/OL]. 2006-07-04. http://www.nhc.gov.cn/wjw/gfxwj/201304/4103d932bcf04d32b5d1f6312d2c4924.shtml.

[18] 国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委办公厅关于印

发肝脏、肾脏、心脏、肺脏移植技术医疗质量控制指标（2020年版）的通知[EB/OL]. 2020-06-17. https://zwfw.nhc.gov.cn/kzx/zcfg/yljgrtqgyzzyzgddsp_240/202101/t20210118_2027.html.

[19] 陈静瑜，张稷，杨航, 等. 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.

[20] 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. 中国肺移植供体标准及获取转运指南[J]. 器官移植, 2018, 9(5): 325-333.

[21] 刘东, 毛文君, 叶书高, 等. 中国肺移植供肺获取与保护技术规范（2019版）[J]. 中华移植杂志（电子版），2019, 13(2): 87-90.

[22] 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): 91-93.

[23] 陈静瑜, 毛文君, 杨柯佳, 等. 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, 10(4): 402-409.

[24] 中华医学会麻醉学分会"肺移植术麻醉管理专家共识"工作小组. 肺移植术麻醉管理专家共识[J]. 中华麻醉学杂志, 2020, 40(7): 771-778.

[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]. 中华移植杂志（电子版）, 2019, 13(2): 99-108.

[26] 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]. 中华移植杂志（电子版）, 2019, 13(2): 94-98.

[27] 中华人民共和国国务院. 人体器官移植条例[Z]. 2007-03-31. baike. baidu. com / item/人体器官移植条例/3947933?fr=ge_ala.

[28] 卫生部办公厅关于加强人体器官移植数据网络直报管理的通知 [EB/OL]. (2010-06-24). https://www.gov.cn/govweb/gzdt/2010-06/29/content_1640777.htm.

[29] 国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委关于印发人体捐献器官获取与分配管理规定的通知[EB/OL]. (2019-01-28). www. gov. cn / gongbao / content / 2019 / content_5397751.htm.

[30] 李小杉, 钱共匋, 蔡永锋, 等. 中国肺脏移植数据质量控制体系的构建[J]. 器官移植, 2018, 9(6): 409-413.

[31] 陈玉平, 周其文, 胡燕生, 等. 双肺移植治疗终末期原发性肺动脉高压[J]. 中华胸心血管外科杂志, 1998, (6): 3-5.

[32] 陈静瑜, 郑明峰, 胡春晓, 等. 非体外循环下序贯式双侧单肺移植治疗终末期肺气肿[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2005, 21(3): 145-148.

[33] 赵晋, 陈静瑜. 劈裂式肺叶移植手术技术及典型案例介绍[J]. 实用器官移植电子杂志, 2023, 11(3): 206-209.

[34] YANG X, WEI D, LIU M, et al. Survival and outcomes after lung transplantation for connective tissue disease-associated interstitial lung diseases[J]. Clin Rheumatol, 2021, 40(9): 3789-3795.

[35] ZHANG J, LIU D, YUE B, et al. A retrospective study of lung transplantation in patients with lymphangioleiomyomatosis: challenges and outcomes[J]. Front Med(Lausanne), 2021, 8: 584826.

[36] MAO L, LUO L, WANG D, et al. Early rehabilitation after lung transplantation with extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) of COVID-19 patient: a case report [J]. Ann Transl Med, 2021, 9(6): 512.

[37] WANG Y, CHEN J, WEI D, et al. Bilateral lung transplant for bronchiectasis in asymmetric thorax: a case report[J]. Exp Clin Transplant, 2011, 9(6): 429-431.

[38] MAO W, XIA W, CHEN J. Lung transplantation for lung cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2013, 96(5): 1910.

[39] MAO W, XIA W, CHEN J, et al. Successful lung autotransplantation for central non-small-cell lung cancer: report of a case[J]. Surg Today, 2013, 43(5): 562-565.

[40] WANG Y, WEI D, WANG Z, et al. Bilateral lung transplant for bronchioloalveolar carcinoma: first case in China[J]. Exp Clin Transplant, 2012, 10(5): 519-521.

[41] 李偲涵, 唐宏涛, 徐琳, 等. 肺移植术后发生恶性肿瘤的研究进展[J]. 器官移植, 2021, 12(5): 624-629.

[42] LIU M Q, LI X S, XU B, et al. A retrospective analysis for risk factors and early prognosis of delayed withdrawal extracorporeal membrane oxygenation after lung transplantation[J]. Transplantation, 2021, 105(4): 867-875.

[43] JU C, LIAN Q, XU X, et al. Epidemiology and prognosis of invasive fungal disease in chinese lung transplant recipients[J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 718747.

[44] LIU X, ZHANG J, YANG Y, et al. Analysis of risk factors of acute kidney injury in perioperative patients after lung transplantation[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10 (9): 9841-9847.

[45] DU W W, WANG X X, ZHANG D, et al. Retrospective analysis on incidence and risk factors of early onset acute kidney injury after lung transplantation and its association with mortality[J]. Ren Fail, 2021, 43(1): 535-542.

[46] ATCHADE E, BAROUR S, TRAN-DINH A, et al. Acute kidney injury after lung transplantation: perioperative risk factors and outcome[J]. Transplant Proc, 2020, 52(3): 967-976.

[47] ZHANG D, WANG X, DU W, et al. Impact of statin treatment and exposure on the risk of chronic allograft dysfunction in Chinese lung transplant recipients[J]. Pulm Pharmacol Ther, 2023(82): 102243.

[48] 黄桁, 田东. 慢性移植肺功能障碍的诊断与治疗现状[J]. 器官移植, 2021, 12(5): 525-532.

[49] CHEN J Y, QIAO K, LIU F, et al. Lung transplantation as therapeutic option in acute respiratory distress syndrome

for coronavirus disease 2019-related pulmonary fibrosis [J]. Chin Med J (Engl), 2020, 133(12): 1390-1396.

[50] TIAN D, YAN H J, HUANG H, et al. Machine learning-based prognostic model for patients after lung transplantation[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(5): e2312022.

[51] TIAN D, WANG Y, DENG S Y. Should all donors be treated by ex vivo lung perfusion?[J]. JAMA Surg, 2020, 155(6): 535.

[52] TIAN D, KESHAVJEE S. Experience from an american association for thoracic surgery foundation for thoracic surgery training fellowship: lung transplantation in toronto general hospital[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 156(2): 929-930.

[53] 李玥宁, 程霁婷, 周思恒, 等. 肺移植缺血-再灌注损伤动物模型研究进展[J]. 内科理论与实践, 2020, 15(1): 57-60.

[54] 唐宏涛, 李偲涵, 王俊杰, 等. 大鼠左肺原位肺移植改良模型的学习曲线及步骤解析[J]. 器官移植, 2021, 12(5): 556-562.

[55] 李偲涵, 张圣璇, 付思怡, 等. 基于反观面“钟摆式”吻合法的小鼠左肺原位移植改良模型(附视频)[J]. 器官移植, 2022, 13(5): 634-639.

[56] TIAN D, SHIIYA H, SATO M, et al. Rat lung transplantation model: modifications of the cuff technique [J]. Ann Transl Med, 2020, 8(6): 407.

[57] HUANG H, YAN H J, ZHENG X Y, et al. Right lung transplantation with a left-to-right inverted anastomosis in a rat model[J]. JTCVS Open, 2022, 10: 429-439.

[58] ZHANG L, TAI Q, XU G, et al. Lipoxin A4 attenuates the lung ischaemia reperfusion injury in rats after lung transplantation[J]. Ann Med, 2021, 53(1): 1142-1151.

[59] TAN J, GAO W, YANG W, et al. Isoform-specific functions of c-Jun N-terminal kinase 1 and 2 in lung ischemia-reperfusion injury through the c-Jun / activator protein-1 pathway[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 162(2): e143-e156.

[60] ZHENG P, KANG J, XING E, et al. Lung inflation with hydrogen during the cold ischemia phase alleviates lung ischemia-reperfusion injury by inhibiting pyroptosis in rats[J]. Front Physiol, 2021, 12: 699344.

[61] 刘孟根, 刘沛直, 唐宏涛, 等. 氢分子及其制品对肺移植保护作用的研究进展[J]. 器官移植, 2023, 14(2): 300-304.

[62] WANG L F, SUN Y Y, PAN Q, et al. Diminazen aceturate protects pulmonary ischemia-reperfusion injury via inhibition of adam17-mediated angiotensin-converting enzyme 2 shedding[J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 713632.

[63] ZHENG X Y, HUANG H, WEI Z T, et al. Genetic effect of ischemia-reperfusion injury upon primary graft dysfunction and chronic lung allograft dysfunction in lung transplantation: evidence based on transcriptome data[J]. Transpl Immunol, 2022, 71: 101556.

[64] 陈静瑜, 胡春晓, 朱乾坤, 等. 改良低钾右旋糖酐液供肺灌注保存的临床观察[J]. 中华医学杂志, 2004, 84(17): 1416-1417.

[65] 杨国仪, 陈静瑜, 夏钰弘, 等. 棉子糖低钾右旋糖酐液供体肺灌注保存的临床病理学研究[J]. 临床与病理学杂志, 2007(2): 210-212.

[66] 徐琳, 严浩吉, 王俊杰, 等. 肺移植术后排斥反应的影像学检查方法现状及展望[J]. 器官移植, 2021, 12(5): 544-549.

[67] TIAN D, HUANG H, WEN H Y. Noninvasive methods for detection of chronic lung allograft dysfunction in lung transplantation[J]. Transplant Rev (Orlando), 2020, 34(3): 100547.

[68] CHEN R, LIANG F, CHEN Q, et al. A novel model for dissecting roles of IL-17 in lung transplantation[J]. J Thorac Dis, 2018, 10(6): 3298-3307.

[69] 孙海彬, 赵小晴, 朱敬丽, 等. 内皮祖细胞对大鼠肺移植后急性排斥反应的影响[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2019, (12): 1129-1133.

[70] 刘茂林, 曹建军, 刘伟, 等. IL-17在大鼠异位气管移植的慢性闭塞性细支气管炎中的表达和作用研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2017, 16(20): 1983-1986.

[71] 汪路明. LTB4相关通路及上皮-间质转化对肺移植后闭塞性细支气管炎的作用[D], 2017.

[72] 陈明端. HO-1基因转染对大鼠肺移植相关闭塞性细支气管炎的影响[D], 2017.

[73] CAO H, LAN Q, SHI Q, et al. Anti-IL-23 antibody blockade of IL-23/IL-17 pathway attenuates airway obliteration in rat orthotopic tracheal transplantation[J]. Int Immunopharmacol, 2011, 11(5): 569-575.

[74] YU J, XU H, CUI J, et al. PLK1 Inhibition alleviates transplant-associated obliterative bronchiolitis by suppressing myofibroblast differentiation[J]. Aging (Albany NY), 2020, 12(12): 11636-11652.

[75] TU Z L, ZHOU Z Y, XU H C, et al. LTB4 and montelukast in transplantation-related bronchiolitis obliterans in rats [J]. J Cardiothorac Surg, 2017, 12(1): 43.

[76] TIAN D, ZHENG X, TANG H, et al. Metformin attenuates chronic lung allograft dysfunction: evidence in rat models[J]. Respir Res, 2023, 24(1): 192.

[77] LIAN Q Y, CHEN A, ZHANG J H, et al. High-throughput next-generation sequencing for identifying pathogens during early-stage post-lung transplantation[J]. BMC Pulm Med, 2021, 21(1): 348.