

肺源分配评分与特发性肺纤维化患者肺移植术后早期死亡风险的相关性分析

顾美蓉 刘民强 戴韬寅 顾思佳 李小杉 许波 胡春晓 陈静瑜

【摘要】 目的 分析肺源分配评分（LAS）与特发性肺纤维化（IPF）患者肺移植术后早期死亡风险及并发症的相关性。方法 回顾性分析 275 例 IPF 患者临床资料，采用单因素和多因素 Cox 回归分析 LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期死亡风险的相关性，以及 LAS 与术后 1 年并发症发生的相关性。结果 275 例受者中，术后 30、90、180、365 d 内分别死亡 62 例、83 例、95 例和 108 例。LAS 与 IPF 患者肺移植术后 30、90、180、365 d 死亡风险相关（均为 $P < 0.05$ ），但与术后 365 d 原发性移植物功能障碍（PGD）、急性肾损伤（AKI）发生无关（均为 $P > 0.05$ ）。结论 LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期死亡相关，LAS 与术后早期 PGD、AKI 的发生无关，但应关注综合因素对 PGD、AKI 发生的影响。

【关键词】 肺移植；肺源分配评分；特发性肺纤维化；原发性移植物功能障碍；急性肾损伤；氧合指数；胆红素；中心静脉压

【中图分类号】 R617, R563 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 02-0013-06

Correlation between lung allocation score and early death risk of patients with idiopathic pulmonary fibrosis after lung transplantation Gu Meirong*, Liu Minqiang, Dai Taoyin, Gu Sijia, Li Xiaoshan, Xu Bo, Hu Chunxiao, Chen Jingyu. *Wuxi Medical Center, Nanjing Medical University, Wuxi People's Hospital, Department of Anesthesiology, the Affiliated Wuxi People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China
Corresponding author: Hu Chunxiao, Email: huchunxiao91211@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the correlation between the lung allocation score (LAS) and the risk of early death and complications in patients with idiopathic pulmonary fibrosis (IPF) after lung transplantation. **Methods** Clinical data of 275 patients with IPF were retrospectively analyzed. The correlation between LAS and the risk of early death in IPF patients after lung transplantation and the correlation between LAS and complications at postoperative 1 year was assessed by univariate and multivariate Cox regression analyses. **Results** Among 275 recipients, 62, 83, 95 and 108 cases died within postoperative 30, 90, 180 and 365 d, respectively. LAS was correlated with 30-, 90-, 180- and 365-d fatality of IPF patients (all $P < 0.05$), whereas it was not correlated with the incidence of primary graft dysfunction (PGD) and acute kidney injury (AKI) at 365 d after lung transplantation (both $P > 0.05$). **Conclusions** LAS is correlated with the risk of early death of IPF patients after lung transplantation. While, it is not correlated the incidence of PGD and AKI early after

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023200

基金项目：江苏省科技计划重点研发项目（BE2022697）；南京医科大学无锡医学中心专病队列和临床研究项目（WMCC202301）；无锡市太湖人才计划国际国内顶尖医学专家团队（2019-THRCTD-1）

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麻醉科（顾美蓉、戴韬寅、顾思佳、许波、胡春晓）；深圳市第三人民医院麻醉科（刘民强）；南京医科大学附属无锡人民医院肺移植中心（李小杉、陈静瑜）

作者简介：顾美蓉（ORCID 0009-0001-5342-286X），副主任医师，研究方向为肺移植围手术期管理、肺缺血-再灌注损伤和移植物功能研究，Email: 315469107@qq.com

通信作者：胡春晓（ORCID 0000-0002-4825-0645），主任医师，研究方向为肺缺血-再灌注损伤、重要器官功能保护、ECMO 在器官移植中的应用管理，Email: huchunxiao91211@163.com

lung transplantation. Special attention should be paid to the effect of comprehensive factors upon PGD and AKI.

【Key words】 Lung transplantation; Lung allocation score; Idiopathic pulmonary fibrosis; Primary graft dysfunction; Acute kidney injury; Oxygenation index; Bilirubin; Central venous pressure

随着肺移植的不断发展,肺移植受者术后生存率和生活质量逐渐提高。然而,由于供者短缺,要达到高效率的器官分配需要考虑降低等候者病死率与提高受者生存获益间的平衡,确保供肺的有效公平分配。最初,供肺的分配主要根据等待名单上的时间决定,并且受到列名中心特异性阈值的影响。2005年5月,美国器官获取与移植网络(Organ Procurement and Transplantation Network, OPTN)实施了一个综合评分,即肺源分配评分(lung allocation score, LAS),该评分根据患者的临床数据计算其功能状态、运动能力、肺功能、血流动力学数据以及对氧气或通气支持的需求等信息,由预测模型确定0~100的标准化数字评分,该模型权衡了医疗紧迫性(等候名单上的死亡风险)和预期结果(术后365 d生存率),使供肺分配的条件发生了重大变化^[1-2]。

在LAS方案中,等候名单病死率的权重大于肺移植后的预期生存率^[3],故LAS会优先选择那些从肺移植中生存获益有限的重症患者,进而影响患者接受移植后的生存情况^[4]。在中国,LAS随着肺移植技术的发展得到广泛应用^[5],但目前尚未将肺移植患者术后生存率、并发症等进行系统性归纳,LAS与不同原发病患者肺移植预后的关系尚不明确。鉴于特发性肺纤维化(idiopathic pulmonary fibrosis, IPF)为我国接受肺移植的主要群体^[6],本文回顾性分析IPF患者进行肺移植期间的临床资料,探究LAS与该类患者术后1年死亡风险的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集2017年1月至2021年4月在南京医科大学附属无锡人民医院进行肺移植手术的284例IPF患者临床资料,纳入标准:根据2015年IPF诊治指南的诊断标准确诊为IPF。排除标准:二次进行肺移植;受者年龄<18岁;重要随访资料缺失;多器官联合移植。其中二次移植5例、受者年龄<18岁1例、重要随访资料缺失3例,最终纳入275例病例进行分析。

供者年龄40(30,47)岁,男217例,女58例。受者年龄61(54,66)岁,男231例,女

44例。本研究遵循的程序符合南京医科大学附属无锡人民医院科研伦理委员会所制定的伦理学标准(批准号:KY22052)。

1.2 LAS计算方法

按美国2015年修订的LAS要素,采用LAS系统(http://www.unos.org/resources/frm_LAS_Calculator.asp?index=98)计算患者术前LAS(缺失的数据遗留空白,系统自动采用默认值计算)^[7]。

1.3 研究内容

收集供者基本信息包括性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、机械通气时间、术前左室壁厚度、术前供肺冷缺血时间等;受者的一般资料包括性别、年龄、高血压史、糖尿病史、术前氧合指数、术前血清肌酐、术前中心静脉压、术前用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、术前估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)、心脏超声肺动脉收缩压、右心导管肺动脉平均压和术前美国纽约心脏学会(New York Heart Association, NYHA)分级、术前氨基末端脑钠肽前体(N-terminal pro brain natriuretic peptide, NT-proBNP)水平等;手术资料包括移植方式、体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)转流方式、手术时间、术中液体出入情况等。

主要结局指标为肺移植术后30、90、180、365 d死亡,次要结局指标为原发性移植物功能障碍(primary graft dysfunction, PGD)、急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)。

分析IPF患者肺移植术后早期(1年内)生存情况。分析LAS与IPF患者肺移植术后早期死亡及并发症(PGD、AKI)的相关性。

1.4 统计学方法

采用R 4.0.2软件进行统计学分析。符合正态分布或近似正态分布的连续性变量用均数±标准差表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布或严重偏态分布的连续性变量用改为中位数(下四分位数,上四分位数)表示,组间比较采用Wilcoxon秩和检验;计数资料用率表示,组间比较采用 χ^2 检验和Wilcoxon秩和检验。采用单因素Cox回归分析

IPF 患者肺移植术后死亡的危险因素，采用多因素 Cox 回归模型校正协变量，以明确 LAS 与 IPF 患者肺移植术后死亡风险的关系。双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

数据分析前详细计算了各变量的缺失比例，缺失比例 $\geq 20\%$ 的变量不纳入分析数据集；对于缺失比例 $< 20\%$ 的变量，使用 VIM 程序包中的 hotdeck 函数进行热卡 (Hot Deck, HD) 填补。本项目所有分析均基于填补后的数据集进行。LAS 分为 4 组：即 LAS 0 为 0~34 分，LAS 1 为 35~39 分，LAS 2 为 40~54 分，LAS 3 为 ≥ 55 分。

2 结 果

2.1 IPF 患者术后 1 年生存情况

275 例受者中，术后 30、90、180 和 365 d 内分别死亡 62 例 (22.5%)、83 例 (30.2%)、95 例 (34.5%)、108 例 (39.3%)。

2.2 LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期死亡的关系

单因素 Cox 回归模型分析显示，IPF 患者肺移植受者术后 30 d 的死亡风险与 LAS、总胆红素最新值、术前氧合指数相关。多因素 Cox 回归校正协变量，并通过逐步回归筛选后发现，LAS 与术后 30 d

死亡风险相关 (图 1A, $P < 0.05$)。

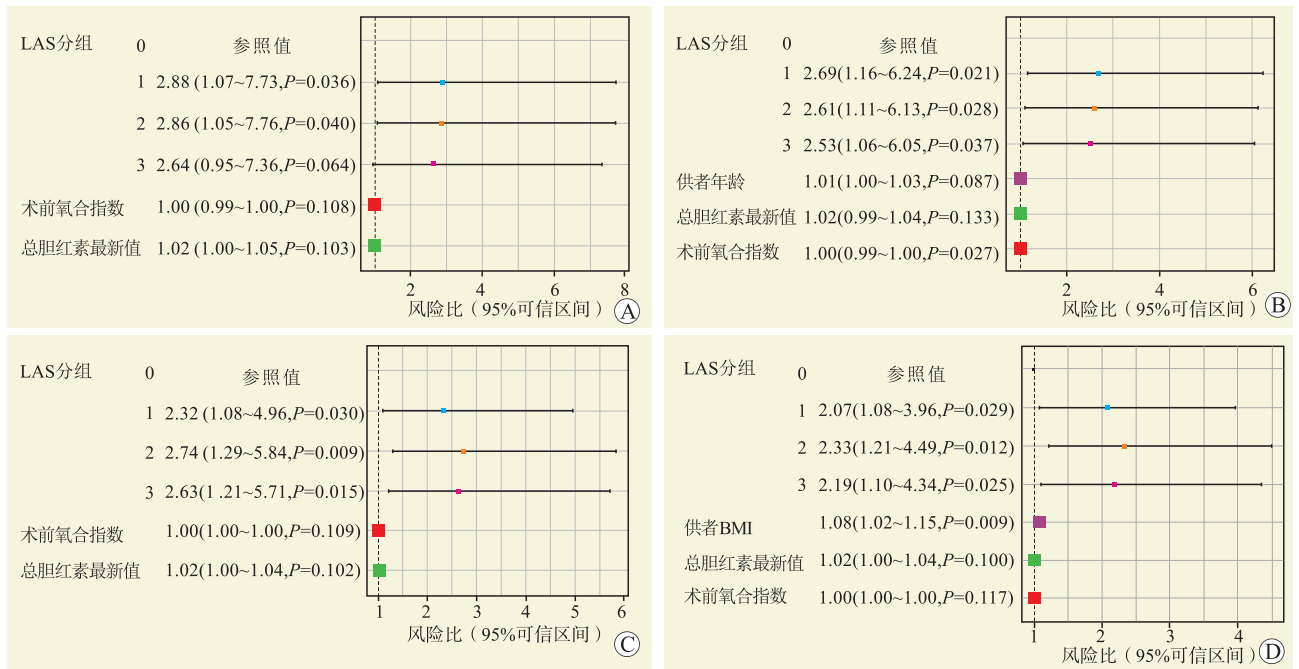
单因素 Cox 回归模型分析显示，IPF 患者肺移植术后 90 d 的死亡风险与 LAS、供者年龄、总胆红素最新值、术前氧合指数相关。多因素 Cox 回归校正协变量，并通过逐步回归筛选后，LAS 与术后 90 d 死亡风险相关 (图 1B, $P < 0.05$)。

单因素 Cox 回归模型分析显示，IPF 患者肺移植术后 180 d 的死亡风险与 LAS、总胆红素最新值、术前氧合指数相关。多因素 Cox 回归校正协变量，并通过逐步回归筛选后，LAS 与术后 180 d 死亡风险相关 (图 1C, $P < 0.05$)。

单因素 Cox 回归模型分析显示，IPF 患者肺移植术后 365 d 的死亡风险与 LAS、供者 BMI、总胆红素最新值、术前氧合指数相关。多因素 Cox 回归校正协变量，并通过逐步回归筛选后，LAS 与术后 365 d 死亡风险相关 (图 1D, $P < 0.05$)。

2.3 LAS 与术后并发症的关系

单因素 logistic 回归模型分析显示，肺移植受者术后 365 d 发生 PGD 与供者年龄、术前氧合指数、术前中心静脉压相关，AKI 与受者性别、术前左室壁厚度、术前 FVC、术前氧合指数相关，差异均有统计学意义 (均为 $P < 0.05$)。肺移植受者术后 365 d 发



注：A 图为 LAS 与术后 30 d 死亡风险相关性；B 图为 LAS 与术后 90 d 死亡风险相关性；C 图为 LAS 与术后 180 d 死亡风险相关性；D 图为 LAS 与术后 365 d 死亡风险相关性。

图 1 LAS 与术后早期死亡相关性分析

Figure 1 Analysis of the correlation between LAS and early postoperative death

生 PGD、AKI 与 LAS 无关 (均为 $P>0.05$)。

多因素 logistic 回归校正供者年龄、术前氧合指数、术前中心静脉压后, LAS 与术后 365 d PGD 发生无关 (图 2A, $P>0.05$)。多因素 logistic 回归校正受者性别、术前左室壁厚度、术前 FVC、术前氧合指数后, LAS 与术后 365 d AKI 发生无关 (图 2B, $P>0.05$)。

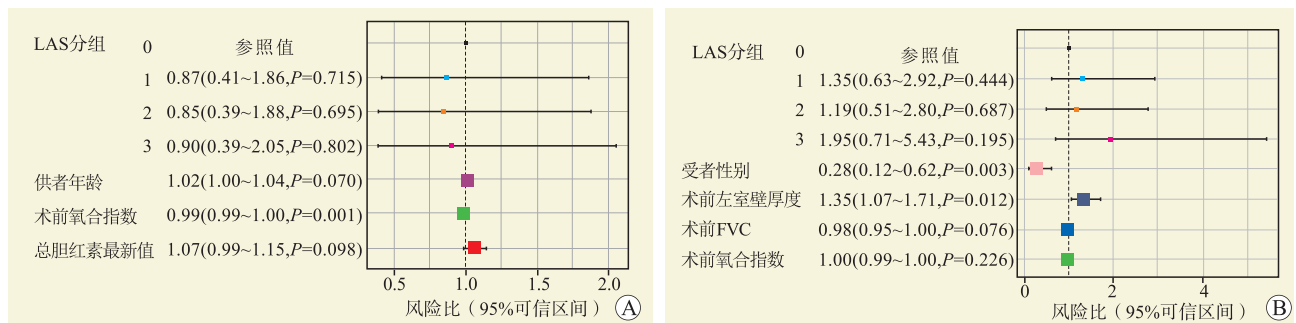
3 讨论

在 LAS 应用之前, 供肺的分配主要由肺移植等待时间和血型决定^[8], 为了获得更多供肺分配的机会, 部分患者在患病早期就列入等待名单, 导致排在名单前列的患者病情可能较其他患者轻, 一些病情危重、迫切需要器官移植的患者因无法及时获得肺源而死亡^[9]。LAS 通过多变量建模中确定的多种临床因素来评估患者在等待肺源过程中的死亡风险和移植后的生存获益, 以最大化移植效果, 消除肺移植等待期间的潜在偏差, 进而最小化移植等待期间病死率^[10-11]。由于 LAS 更倾向于预期的等待期生存率, 该系统会优先分配器官给更多危重患者^[12], 而晚期 IPF 患者多数病情危重, 肺移植手术后早期病死率高^[13]。因此, LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期死亡风险的相关性亟待明确。

目前评估肺移植受者术后早期生存情况的观察时间点为术后 30、90、180、365 d^[14-15]。Li 等^[16]研究发现随着 LAS 分数的增加, 肺移植术后 1 年生存率逐渐降低。与 LAS 较低的患者相比, LAS 高的患者术后需要延长机械通气时间, 且糖尿病发和肾功能不全的发生率更高。Jawitz 等^[17]对 5 171 例受者进行的回顾性分析发现, LAS 高是肺移植术后早期死亡的独立危险因素, 而随着移植术后并发症控制及免疫抑制药管理的加强, LAS 与长期生存无关。Brahmbhatt 等^[18]

则提出了相反的观点, 他们认为 LAS 可能会高估肺移植受者术后的死亡风险, 尤其是高 LAS 的患者, 并可能限制他们接受移植的机会, 但研究同时发现 LAS 较高的受者可能比 LAS 较低的受者获得更大的生存获益。本研究结果显示, LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期生存率显著相关, 随着 LAS 升高, 病死率不同程度上升。对于此类高 LAS 患者, 虽然得到肺源的概率更高, 且术后管理水平的提高和 ECMO 桥接辅助应用降低了术后早期的病死率, 但还是应注意 LAS 的增加预示肺移植术后生存状态恶化的现实。因此, 结合 LAS 提供的患者状况, 临床需通过术前、术中和术后的精细化管理, 以降低受者等待肺源过程中的病死率, 改善重症 IPF 患者的预后^[19-20]。

肺移植术后早期并发症较多, 包括 PGD、AKI、出血、肺部感染、心力衰竭等, 其中 PGD 和 AKI 是 IPF 患者最主要的并发症^[21-23]。研究表明, PGD 是移植植物缺血-再灌注损伤的表现, PGD 后的肺损伤可进一步导致 AKI, PGD 的分级与 AKI 的分级显著相关, 两者是肺移植受者术后早期死亡的主要原因^[24]。国外较前一些研究结果显示 LAS 较高者, 术后 PGD 和感染的发生率更高^[25-26]。影响术后 PGD 和 AKI 的发生因素很多, 如供者因素、受者原发病、术前合并症、冷缺血时间、术中低氧和低血压的时间和程度、ECMO 应用的方式和时间、术中大量输血等^[27-30]。随着对受者术前营养状况的重视和术后营养治疗的加强、术前感染的积极控制治疗和移植外科技术的发展, PGD 和 AKI 的发生减少^[31-32]。本研究发现 LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期 PGD、AKI 发生无明显相关性, 提示肺移植术后并发症的发生可能与供者因素、冷缺血时间、术中低氧和低血压的时间和程度、ECMO 应用的方式和时间、术中大量输血、术后药



注: A 图为 LAS 与术后 365 d PGD 相关性分析; B 图为 LAS 与术后 365 d AKI 相关性分析。

图 2 LAS 与术后并发症相关性分析

Figure 2 Analysis of the correlation between LAS and postoperative complications

物应用等综合因素有关^[33-36]。对于 LAS 较高的患者,术前改善受者营养状态、控制感染、改善术前合并症的影响,术中加强监测和管理,术后积极处理其它并发症如出血、感染、营养不良等,有助于改善患者术后早期的生存状态^[37-39]。

综上所述,本研究发现 LAS 与 IPF 患者肺移植术后早期死亡有关,与术后早期 PGD、AKI 的发生率无关,但应关注综合因素的影响。本研究尚存在不足之处,首先,本研究为单中心回顾性研究,不同机构对肺移植围手术期的管理可能存在差异,未来需进一步开展多中心、大样本研究,以减少偏差;其次,为减少原发病的干扰,本研究仅对术前诊断为 IPF 的患者进行了回顾性分析,后续将继续扩大疾病谱,以提高本研究方法的适用范围。

参考文献:

- [1] PALLESCHI A, BENAZZI E, ROSSI CF, et al. Lung allocation score system: first Italian experience[J]. *Transplant Proc*, 2019, 51(1): 190-193. DOI: 10.1016/j.transproceed.2018.02.214.
- [2] GAYEN S, SOSA DF, ZHENG M, et al. Lung transplantation waitlist mortality among sarcoidosis patients by lung allocation score grouping[J]. *Transplant Proc*, 2023, 55(2): 440-445. DOI: 10.1016/j.transproceed.2023.01.018.
- [3] HULL TD, LEYA GA, AXTELL AL, et al. Lung transplantation for chronic obstructive pulmonary disease: a call to modify the lung allocation score to decrease waitlist mortality[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 164(4): 1222-1233. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2021.11.086.
- [4] KOLAITIS NA, CHEN H, CALABRESE DR, et al. The lung allocation score remains inequitable for patients with pulmonary arterial hypertension, even after the 2015 revision[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2023, 207(3): 300-311. DOI: 10.1164/rccm.202201-0217OC.
- [5] 练巧燕, 陈奥, 彭桂林, 等. 肺源分配评分在我国肺移植受者中的应用[J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(2): 99-102. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2020.02.009. LIAN QY, CHEN A, PENG GL, et al. Application of lung allocation score in Chinese lung transplant recipients[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2020, 41(2): 99-102. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2020.02.009.
- [6] 胡春晓, 李小杉, 卫栋, 等. 前进中的肺移植事业——我国肺移植发展现状及未来[J]. *器官移植*, 2020, 11(2): 204-207. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2020.02.005. HU CX, LI XS, WEI D, et al. The development of lung transplantation: current situation and future of lung transplantation in China[J]. *Organ Transplant*, 2020, 11(2): 204-207. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2020.02.005.
- [7] EGAN TM. How should lungs be allocated for transplant?[J]. *Semin Respir Crit Care Med*, 2018, 39(2): 126-137. DOI: 10.1055/s-0037-1620265.
- [8] EGAN TM, MURRAY S, BUSTAMI RT, et al. Development of the new lung allocation system in the United States[J]. *Am J Transplant*, 2006, 6(5 Pt 2): 1212-1227. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2006.01276.x.
- [9] HIRJI A, ZHAO H, OSPINA MB, et al. Clinical judgment versus lung allocation score in predicting lung transplant waitlist mortality[J]. *Clin Transplant*, 2020, 34(7): e13870. DOI: 10.1111/ctr.13870.
- [10] YUSEN RD, SHEARON TH, QIAN Y, et al. Lung transplantation in the United States, 1999-2008[J]. *Am J Transplant*, 2010, 10(4 Pt 2): 1047-1068. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2010.03055.x.
- [11] AINGE-ALLEN HW, GLANVILLE AR. Timing it right: the challenge of recipient selection for lung transplantation[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(6): 408. DOI: 10.21037/atm.2019.11.61.
- [12] SCHNELLINGER EM, CANTU E, SCHAUBEL DE, et al. Clinical impact of a modified lung allocation score that mitigates selection bias[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2022, 41(11): 1590-1600. DOI: 10.1016/j.healun.2022.08.003.
- [13] AMOR MS, ROSENGARTEN D, SHITENBERG D, et al. Lung transplantation in idiopathic pulmonary fibrosis: risk factors and outcome[J]. *Isr Med Assoc J*, 2020, 22(12): 741-746.
- [14] LUO C, DUAN Z, XIA Z, et al. Minimum heart rate and mortality after cardiac surgery: retrospective analysis of the Multi-parameter Intelligent Monitoring in Intensive Care (MIMIC-III) database[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 2597. DOI: 10.1038/s41598-023-29703-9.
- [15] 胡春兰, 刘民强, 于慧智, 等. 特发性肺纤维化合并肺动脉高压肺移植患者术后早期死亡危险因素分析[J]. *中华危重病急救医学*, 2023, 35(2): 124-129. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220523-00506. HU CL, LIU MQ, YU HZ, et al. Risk factors of early death after lung transplantation in patients with idiopathic pulmonary fibrosis complicated with pulmonary arterial hypertension[J]. *Chin Crit Care Med*, 2023, 35(2): 124-129. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220523-00506.
- [16] LI SS, MILLER R, TUMIN D, et al. Lung allocation score thresholds prioritize survival after lung transplantation[J]. *Chest*, 2019, 156(1): 64-70. DOI: 10.1016/j.chest.2019.01.008.
- [17] JAWITZ OK, RAMAN V, BECERRA D, et al. Factors associated with short- versus long-term survival after lung transplant[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(3): 853-860. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2020.09.097.
- [18] BRAHMBHATT JM, HEE WAI T, GOSS CH, et al. The lung allocation score and other available models lack predictive accuracy for post-lung transplant survival[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2022, 41(8): 1063-1074. DOI: 10.1016/j.healun.2022.05.008.

- [19] JIN Z, HANA Z, ALAM A, et al. Review 1: lung transplant-from donor selection to graft preparation[J]. *J Anesth*, 2020, 34(4): 561-574. DOI: 10.1007/s00540-020-02800-z.
- [20] 梁佳龙, 陈静瑜, 郑明峰, 等. 肺移植治疗特发性肺纤维化的研究进展[J]. *医学综述*, 2022, 28(8): 1573-1578. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2022.08.021.
LIANG JL, CHEN JY, ZHENG MF, et al. Research progress of lung transplantation in treatment of idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Med Recap*, 2022, 28(8): 1573-1578. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2022.08.021.
- [21] HUNT ML, CANTU E. Primary graft dysfunction after lung transplantation[J]. *Curr Opin Organ Transplant*, 2023, 28(3): 180-186. DOI: 10.1097/MOT.0000000000001065.
- [22] MINQIANG L, XIAOSHAN L, BO X, 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. DOI: 10.1097/TP.0000000000003290.
- [23] GIRGIS RE, HADLEY RJ, MURPHY ET. Pulmonary, circulatory and renal considerations in the early postoperative management of the lung transplant recipient[J]. *Glob Cardiol Sci Pract*, 2023, 2023(3): e202318. DOI: 10.21542/gcsp.2023.18.
- [24] CHACON-ALBERTY L, FERNANDEZ R, JINDRA P, et al. Primary graft dysfunction in lung transplantation: a review of mechanisms and future applications[J]. *Transplantation*, 2023, 107(8): 1687-1697. DOI: 10.1097/TP.0000000000004503.
- [25] RUSSO MJ, IRIBARNE A, HONG KN, et al. High lung allocation score is associated with increased morbidity and mortality following transplantation[J]. *Chest*, 2010, 137(3): 651-657. DOI: 10.1378/chest.09-0319.
- [26] EBERLEIN M, GARRITY ER, ORENS JB. Lung allocation in the United States[J]. *Clin Chest Med*, 2011, 32(2): 213-222. DOI: 10.1016/j.ccm.2011.02.004.
- [27] 胡春兰, 于慧智, 王净, 等. 肺移植术后原发性移植物功能障碍的危险因素研究进展[J]. *器官移植*, 2021, 12(3): 357-362. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2021.03.016.
HU CL, YU HZ, WANG J, et al. Research progress on risk factors of primary graft dysfunction after lung transplantation[J]. *Organ Transplant*, 2021, 12(3): 357-362. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2021.03.016.
- [28] QIN J, HU C, CAO X, et al. Development and validation of a nomogram model to predict primary graft dysfunction in patients after lung transplantation based on the clinical factors[J]. *Clin Transplant*, 2023, 37(10): e15039. DOI: 10.1111/ctr.15039.
- [29] JING L, CHEN W, ZHAO L, et al. Acute kidney injury following adult lung transplantation[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 135(2): 172-180. DOI: 10.1097/CM9.0000000000001636.
- [30] BOTROS M, JACKSON K, SINGH P, et al. Insights into early postoperative acute kidney injury following lung transplantation[J]. *Clin Transplant*, 2022, 36(4): e14568. DOI: 10.1111/ctr.14568.
- [31] 王大鹏, 李小杉, 徐忠平, 等. 受者体质量指数对肺移植术后早期预后的影响[J]. *器官移植*, 2023, 14(5): 669-675. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023081.
WANG DP, LI XS, XU ZP, et al. Effect of body mass index of recipients on early prognosis after lung transplantation[J]. *Organ Transplant*, 2023, 14(5): 669-675. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023081.
- [32] NATALINI JG, CLAUSEN ES. Critical care management of the lung transplant recipient[J]. *Clin Chest Med*, 2023, 44(1): 105-119. DOI: 10.1016/j.ccm.2022.10.010.
- [33] Expert Consensus Panel, HARTWIG M, VAN BERKEL V, et al. The American Association for Thoracic Surgery (AATS) 2022 expert consensus document: the use of mechanical circulatory support in lung transplantation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 165(1): 301-326. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2022.06.024.
- [34] TOYODA T, THOMAE BL, KANDULA V, et al. Primary graft dysfunction grade correlates with acute kidney injury stage after lung transplantation[J]. *J Thorac Dis*, 2023, 15(7): 3751-3763. DOI: 10.21037/jtd-23-256.
- [35] CANTU E, DIAMOND JM, CEVASCO M, et al. Contemporary trends in PGD incidence, outcomes, and therapies[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2022, 41(12): 1839-1849. DOI: 10.1016/j.healun.2022.08.013.
- [36] KIM NE, KIM CY, KIM SY, et al. Risk factors and mortality of acute kidney injury within 1 month after lung transplantation[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 17399. DOI: 10.1038/s41598-021-96889-1.
- [37] 杨航, 焦国慧, 吴波, 等. 呼吸与危重症医学科在肺移植团队中的作用及地位[J]. *中国呼吸与危重症监护杂志*, 2022, 21(8): 538-540. DOI: 10.7507/1671-6205.202207073.
YANG H, JIAO GH, WU B, et al. The role and position of respiratory and critical care medicine in the lung transplantation team[J]. *Chin J Respir Crit Care Med*, 2022, 21(8): 538-540. DOI: 10.7507/1671-6205.202207073.
- [38] YAMAMOTO H, SUGIMOTO S, SOH J, et al. The prognostic nutritional index is correlated negatively with the lung allocation score and predicts survival after both cadaveric and living-donor lobar lung transplantation[J]. *Surg Today*, 2021, 51(10): 1610-1618. DOI: 10.1007/s00595-021-02244-2.
- [39] LIANG H, FRITZ AV, MARTIN AK. Perioperative circulatory support and management for lung transplantation: a case-based review[J]. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2023, 27(1): 68-74. DOI: 10.1177/10892532221134574.

(收稿日期: 2023-10-07)

(本文编辑: 方引超 吴秋玲)