

肺移植围手术期液体管理的新进展

隋萌 黄睦容 马然明 王墨池 胡春晓

【摘要】 肺移植是多种终末期肺病的有效治疗手段，优化围手术期液体管理可降低术后肺水肿的发生率并改善肺移植受者的预后。过度的液体补充可能引发肺水肿、移植肺的缺血-再灌注损伤，并增加心脏负担，诱发心力衰竭；而过于严格的液体限制则可能导致血容量不足，影响组织灌注，引发器官功能异常。因此，精准调控液体平衡对肺移植受者的术后恢复至关重要。本文就肺移植受者的生理特征、输注液体类型、液体治疗方案及血流动力学监测等方面进行综述，旨在阐明肺移植围手术期液体管理的特殊性，以期为个体化液体管理提供新的思路和方向。

【关键词】 肺移植；液体管理；肺水肿；原发性移植物失功；急性肾损伤；自由补液；限制性补液；目标导向液体治疗

【中图分类号】 R617, R563 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2025) 04-0019-05

New advances in perioperative fluid management in lung transplantation Sui Meng, Huang Murong, Ma Ranming, Wang Mochi, Hu Chunxiao. Department of Anesthesiology, the Affiliated Wuxi People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi People's Hospital, Wuxi Medical Center, Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China
Corresponding author: Hu Chunxiao, Email: huchunxiao91211@163.com

【Abstract】 Lung transplantation is an effective treatment for various end-stage lung diseases. Optimizing perioperative fluid management can reduce the incidence of postoperative pulmonary edema and improve the prognosis of lung transplant recipients. Excessive fluid administration may lead to pulmonary edema, ischemia-reperfusion injury of the transplant lung, and increased cardiac burden, which can induce heart failure. On the other hand, overly strict fluid restriction may lead to hypovolemia, affecting tissue perfusion and causing organ dysfunction. Therefore, precise regulation of fluid balance is crucial for the postoperative recovery of lung transplant recipients. This article reviews the physiological characteristics of lung transplant recipients, types of infused fluids, fluid therapy regimens, and hemodynamic monitoring, aiming to elucidate the particularities of perioperative fluid management in lung transplantation and provide new ideas and directions for individualized fluid management.

【Key words】 Lung transplantation; Fluid management; Pulmonary edema; Primary graft dysfunction; Acute kidney injury; Liberal fluid administration; Restrictive fluid administration; Goal-directed fluid therapy

肺移植是终末期肺病患者提高生存机会和改善生活质量的唯一治疗选择，主要适应证包括慢性阻塞性肺疾病（chronic obstructive pulmonary disease, COPD）、特发性纤维化（idiopathic pulmonary fibrosis, IPF）、囊性纤维化和肺动脉高压。全球每

年约有4 000例患者接受肺移植，但中位生存期较低，仅6.7年，约20%的受者手术后1年内死亡，最常见的死亡原因为感染、原发性移植物失功（primary graft dysfunction, PGD）和多器官衰竭^[1]。上述常见并发症与肺水肿密切相关。围手术期液体超负荷不仅

DOI: 10.12464/j.issn.1674-7445.2025080

基金项目：国家重点研发计划“常见多发病防治研究”重点专项（2023YFC2507100）；南京医科大学无锡医学中心2023年专病队列和临床研究（WMCC202301）

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

作者简介：隋萌（ORCID 0009-0006-2576-4922），硕士，住院医师，研究方向为肺移植预后，Email: Sui_1017@163.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、肺移植围手术期管理，Email: huchunxiao91211@163.com

会导致组织水肿,还会导致不良事件的发生率增加,影响预后。合理的液体管理是有效防治肺移植术后并发症的关键环节^[2]。因此,本文将围绕肺移植受者的生理特点、输注液体类型、液体治疗方案与预后及血流动力学监测指标等进行综述,以期对肺移植围手术期液体管理提供参考。

1 肺移植受者的生理特点

肺移植候选者普遍患有终末期肺病,其发生过程多种多样,且存在相关合并症的风险。美国器官共享联合网络根据相似的疾病病理生理学,将肺病分为阻塞性、限制性、化脓性和肺血管性。阻塞性肺部疾病包括 COPD、 $\alpha 1$ 抗胰蛋白酶缺乏症和闭塞性细支气管炎。因长期吸烟导致 COPD 的患者存在心血管合并症的风险,可考虑进行单肺或双肺移植^[3]。相比之下 IPF 是一种限制性间质性肺部疾病,其特点是在终末期病情会迅速恶化。COPD 和 IPF 的受者在接受肺移植时往往年龄较大,可考虑进行单肺移植^[4]。有证据表明,接受单肺和双肺移植的 COPD 患者预后相当,且 5 年生存率相同,而双侧原位肺移植与 IPF 患者生存率的提高相关,尤其是年龄 < 70 岁的患者^[5]。患有化脓性疾病(如囊性纤维化、纤毛运动障碍和支气管扩张)的受者在年龄很小时就会发展为终末期肺病,甚至可能需要进行再次间隔期移植。由于慢性感染难以清除,化脓性肺部疾病需要进行双肺移植,并且应尽可能避免新植入的肺部受到交叉污染的风险^[6]。对于患有原发性肺动脉高压的患者,应进行双肺移植而非单肺移植,因为残留的肺动脉高压会损伤新植入的单肺移植^[7]。对于继发性肺动脉高压的患者,轻度或中度肺动脉高压患者的生存率相当,可考虑进行单肺移植,且不会影响预后^[8-9]。肺移植的适应证与围手术期液体的评估和规划相关,因为这些疾病过程通常会产生产生全身性影响,因此在围手术期需要有独特的液体管理考量。

2 液体类型

肺移植围手术期常用的液体类型包括晶体、胶体和血液制品。晶体液分子小,价格便宜,易于使用,可立即进行液体复苏,但可能会增加水肿风险。胶体分子大,成本高,血管内扩张更快速,但可能会引发过敏反应、凝血障碍和肾衰竭等不良反应^[10]。目前对于肺移植受者的最佳液体选择尚未达成共识,考虑到多数患者术后早期易出现酸中毒,初期使用晶体液仍是合理且经济的选择,当晶体液输注量较大(超过 1~2 L)时,可考虑联用白蛋白或新鲜冰冻血浆(fresh

frozen plasma, FFP) 等胶体^[11]。Wajda-Pokrontka 等^[12]对 72 例患者的队列研究发现,维持术中及术后首日的负晶体平衡可能对肾功能具有保护作用,而增加胶体液输注量则与肾小球滤过率下降速度减缓相关。Gielgens 等^[13]研究数据表明,肺移植术中晶体液的使用比例显著高于胶体液,临床实践中推荐优先选用人血白蛋白或 FFP 以提高胶体渗透压,必要时可补充凝血因子或去白红细胞,而应尽量减少晶体液及人工胶体的使用。目前有限证据提示,白蛋白可能是肺移植术中容量复苏的更优选择,但现有结论多基于专家共识^[14-15]。未来需进一步探究 5% 白蛋白作为围手术期容量替代疗法对 PGD 发生率、慢性移植物功能障碍及长期预后的影响机制,以提供更高级别的循证依据。

肺移植受者由于贫血、手术复杂程度高、手术创面大、失血量多等原因,围手术期往往需要输注血液制品,增加了受者病死率和排斥反应的风险^[16-18]。术中输注大量血液制品(尤其是 FFP)虽可控制失血,但会导致输血相关急性肺损伤(transfusion-related acute lung injury, TRALI),显著增加 PGD 的风险^[19]。研究报道,当红细胞输注量超过 1 L 或 4 U 时,肺移植受者术后 PGD 发生率和病死率均明显升高^[20]。除 TRALI 外,输血还可能引发循环超负荷、肺部感染、急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)等并发症,并延长重症监护室住院时间,其中 FFP 输注后循环超负荷发生率最高^[21-24]。目前已有的研究发现基于即时凝血试验(point-of-care coagulation testing, POCCT)的目标导向输血策略可减少肺移植术后出血量和血液制品的使用^[25-26]。值得注意的是,采用该策略的研究组甚至完全避免了 FFP 输注,这对于预防 FFP 相关的容量超负荷及其对 PGD 的负面影响尤为重要。Vajter 等^[15]的随机对照试验表明,术中应用 5% 白蛋白联合 POCCT 可显著减少失血及输血需求。后续二次分析进一步发现,该方案不仅能改善早期移植物功能、维持循环稳定,还可能降低 PGD 发生率,且不影响患者 1 年生存率。

3 液体治疗方案与预后

肺移植围手术期液体管理方案是影响患者预后的关键因素,其核心在于如何权衡 PGD 与 AKI 的风险。目前临床常用的液体管理策略主要包括 3 类:开放性补液、限制性液体治疗以及目标导向液体治疗(goal-directed fluid therapy, GDT)。传统的开放性补液方案采用非限制性补液策略,依据"4-2-1 法则"[即第 1 个 10 kg 按 4 mL/(kg·h)、第 2 个 10 kg

按 $2 \text{ mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 、剩余体质量按 $1 \text{ mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$] 补充围手术期丢失的液体量 (包括生理需要量、禁食缺失量、麻醉扩容量、额外损失量及失血量)。然而, 过量补液可能增加肺水肿风险, 进而诱发 PGD^[27]。研究表明, PGD 是肺移植术后 30 d 内最主要的致死因素, 比例高达 78%^[28]。2016 年, Geube 等^[29] 对 494 例肺移植受者进行回顾性分析, 发现术中输液每增加 1 L, 术后 3 级 PGD 的发生率相应增加 22%, 限制液体给药可降低 3 级 PGD 发生的风险。国际麻醉指南推荐对肺移植受者进行限制性补液, 但缺乏支持该建议的确凿证据^[2]。围手术期限限制性输液所致的少尿会影响 AKI 的发生^[26]。然而, 最新研究指出, 围手术期液体正平衡是肺移植术后早期 AKI 的独立危险因素, 且与 30 d 病死率及不良肾脏预后显著相关^[30]。因此, 肺移植受者可能受益于相对限制性的液体管理策略, 这与 Lu 等^[31] 的研究结论一致。

值得注意的是, PGD 与 AKI 在复杂肺移植术后常同时发生。随着肾损伤程度加重, 严重 PGD 的发生风险也随之上升。Toyoda 等^[32] 发现, PGD 分级与 AKI 分期显著相关, 而 AKI 分期又与慢性肾病的肾小球滤过率分型存在关联。在保护肾功能的情况下避免 PGD 3 级将有助于提高肺移植受者的寿命和生活质量。目前 PGD 与 AKI 之间的直接关联尚未完全阐明, 其潜在机制可能与内皮损伤和全身炎症反应有关。肾功能不全及少尿可能加重液体负荷, 在肺毛细血管通透性增加的情况下促进肺泡水肿形成, 而 PGD 相关的血流动力学紊乱及高强度机械通气需求, 又可能导致肾灌注不足, 形成恶性循环^[33]。未来需要更多基础与临床研究揭示其相互作用机制。

GDT 是一种通过实时监测血流动力学参数, 优化围手术期输注液体和血管活性药物使用的策略, 旨在确保组织灌注和氧气输送的充足性。这一理念最早可追溯至 1967 年, Shoemaker 提出以心脏指数 $>4.5 \text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 和氧输送量 $>650 \text{ mL}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 作为危重患者液体治疗的目标参数。经过数十年的临床实践与改进, GDT 已从最初的危重症领域逐步拓展至围手术期管理, 广泛应用于腹部、心胸、血管、骨科、肝移植等^[34]。多项研究证实, 围手术期实施 GDT 能显著改善患者预后^[35-37], 但其在危重症患者及肺移植领域的应用仍缺乏充分的临床证据支持。Zhan 等^[38] 开展的一项回顾性研究纳入 27 例接受加速康复外科 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 方案的肺移植受者, 结果显示, 采用 GDT 作为术中补液策略的 ERAS 方案, 能够显著改善术后恢复情况,

具体表现为术后疼痛减轻、机械通气时间和住院时间缩短。同时, 围手术期肺康复锻炼也被证实可以有效降低术后肺部并发症的发生风险。然而, 目前在肺移植领域推广 ERAS 方案仍面临诸多实际困难。首先, 该方案的成功实施需要优化临床流程、加强多学科协作, 并实现个体化精准管理; 其次, 现有相关研究仍以理论探讨为主, 尚未形成专家共识, 特别是缺乏大样本、长期随访的前瞻性研究来验证其安全性和有效性。因此, 未来需要通过收集更多临床病例数据, 进一步完善和优化肺移植受者的 ERAS 管理方案^[39-40]。

4 围手术期血流动力学监测指标

在肺移植中, 无论采取何种容量管理策略, 其核心目标都聚焦于两个关键点: 维持稳定的血流动力学状态和保障充足的组织灌注, 但标准化操作流程中仍缺乏明确的监测规范指南。目前临床普遍采用的监测方案包括: 麻醉诱导前建立外周静脉通路, 常规监测脉搏血氧饱和度、心电图和无创血压; 同时通过右桡动脉监测动脉压, 经右颈内静脉监测中心静脉压和肺动脉压。此外, 还需进行经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE) 检查、持续心输出量监测、混合静脉血氧饱和度监测、连续动脉血气分析以及双频指数监测。

目前, TEE 已成为全球 93% 肺移植中心的术中常规监测手段^[41]。根据美国超声心动图学会最新围手术期指南建议, TEE 应贯穿手术全过程并延伸至重症监护室术后管理阶段^[42]。其标准操作流程包括: 气管插管后立即实施初次检查, 旨在验证术前评估结果, 同时排查新发右心功能不全或具有临床意义的心内分流等需术中干预的病变。在肺移植手术中, TEE 展现出独特的临床价值: 作为实时血流动力学监测工具, 它能精准定位循环不稳定的病因, 指导麻醉医师合理调整液体治疗、血管活性药物及正性肌力药物使用方案^[43]。特别是在手术关键节点, 如肺动脉阻断期监测右心室功能、再灌注后评估左心房排气效果等方面具有不可替代的作用。术后阶段, TEE 的诊断价值主要体现在血管吻合口评估。研究显示, 虽然肺移植血管吻合口狭窄发生率仅为 1.8%, 但一旦发生将导致移植植物功能严重受损, 并显著增加受者病死率^[44]。因此, 系统化的 TEE 评估对改善肺移植受者预后具有重要意义。

5 小结

综上所述, 在肺移植手术过程中, 应尽量避免合成胶体的输注, 必要时可考虑输注白蛋白。尽管胶体

液在扩容效果上优于晶体液,但其可能增加患者过敏反应、肾损伤甚至死亡的风险,且相关研究结果存在较大差异。术中输血虽为必要措施,但过量输血或输注血浆可能增加PGD的发生率,因此建议使用目标导向输血策略指导术中输血。尽管肺移植指南建议围手术期限制液体输注,但这一建议缺乏充分的证据支持,因此进一步深入研究肺移植液体管理策略具有重要的临床意义。在肺移植围手术期液体管理的未来发展方向中,我们仍需在液体管理理念和监测工具方面进行深入探索,以实现更精确的个体化补液方案。

参考文献:

- [1] CHAMBERS D C, CHERIKH W S, HARHAY M O, et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-sixth adult lung and heart-lung transplantation report-2019; focus theme: donor and recipient size match[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2019, 38(10): 1042-1055. DOI: 10.1016/j.healun.2019.08.001.
- [2] KIM H J, SHIN S W, PARK S, et al. A review of anesthesia for lung transplantation[J]. *J Chest Surg*, 2022, 55(4): 293-300. DOI: 10.5090/jcs.22.046.
- [3] TAGHDIRI A. Exploring long-term outcomes in COPD patients: a comprehensive narrative review of bilateral and single lung transplantation[J]. *Cardiothorac Surg*, 2023, 31(1): 26. DOI: 10.1186/s43057-023-00117-7.
- [4] SCHAFFER J M, SINGH S K, REITZ B A, et al. Single- versus double-lung transplantation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and idiopathic pulmonary fibrosis since the implementation of lung allocation based on medical need[J]. *JAMA*, 2015, 313(9): 936-948. DOI: 10.1001/jama.2015.1175.
- [5] VILLAVICENCIO M A, AXTELL A L, OSHO A, et al. Single- versus double-lung transplantation in pulmonary fibrosis: impact of age and pulmonary hypertension[J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 106(3): 856-863. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.04.060.
- [6] VON DOSSOW V, HULDE N, STARKE H, et al. How would we treat our own cystic fibrosis with lung transplantation?[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2024, 38(3): 626-634. DOI: 10.1053/j.jvca.2023.10.036.
- [7] KOLAITIS N A. Lung transplantation for pulmonary arterial hypertension[J]. *Chest*, 2023, 164(4): 992-1006. DOI: 10.1016/j.chest.2023.04.047.
- [8] SUNAGAWA G, KEHARA H, MANGUKIA C, et al. Single lung transplant remains a viable option for patients with severe secondary pulmonary hypertension [J]. *Transplantation*, 2022, 106(11): 2241-2246. DOI: 10.1097/TP.0000000000004191.
- [9] HOUSMAN B, LASKEY D, DAWODU G, et al. Single lung transplant for secondary pulmonary hypertension: the right option for the right patient[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(21): 6789. DOI: 10.3390/jcm12216789.
- [10] DUAN Q, ZHANG Y, YANG D. Perioperative fluid management for lung transplantation is challenging[J]. *Heliyon*, 2023, 9(4): e14704. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14704.
- [11] HADDAD O, THOMAS M. Postoperative management and acute complications after lung transplantation[J]. *Curr Chall Thorac Surg*, 2023, 5: 16. DOI: 10.21037/ccts-20-182.
- [12] WAJDA-POKRONKA M, NADZIAKIEWICZ P, KRAUCHUK A, et al. Influence of fluid therapy on kidney function in the early postoperative period after lung transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2022, 54(4): 1115-1119. DOI: 10.1016/j.transproceed.2022.02.021.
- [13] GIELGENS R C W, HEROLD I H F, VAN STRATEN A H M, et al. The hemodynamic effects of different pacing modalities after cardiopulmonary bypass in patients with reduced left ventricular function[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(1): 259-266. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.07.003.
- [14] WIEDERMANN C J. Human albumin infusion in critically ill and perioperative patients: narrative rapid review of meta-analyses from the last five years[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(18): 5919. DOI: 10.3390/jcm12185919.
- [15] VAJTER J, VACHTENHEIM J Jr, PRIKRYLOVA Z, et al. Effect of targeted coagulopathy management and 5% albumin as volume replacement therapy during lung transplantation on allograft function: a secondary analysis of a randomized clinical trial[J]. *BMC Pulm Med*, 2023, 23(1): 80. DOI: 10.1186/s12890-023-02372-0.
- [16] AXEL S, MONEKE I, AUTENRIETH J, et al. Analysis of perioperative factors leading to postoperative pulmonary complications, graft injury and increased postoperative mortality in lung transplantation[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2024, 38(11): 2712-2721. DOI: 10.1053/j.jvca.2024.08.002.
- [17] BOTTIGER B, KLAPPER J, FESSLER J, et al. Examining bleeding risk, transfusion-related complications, and strategies to reduce transfusions in lung transplantation[J]. *Anesthesiology*, 2024, 140(4): 808-816. DOI: 10.1097/ALN.0000000000004829.
- [18] 惠姣洁, 梁锋鸣, 陈静瑜, 等. 肺移植围手术期输血管理的研究进展[J]. *临床输血与检验*, 2022, 24(3): 399-403. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2022.03.024.
- [18] HUI J J, LIANG F M, CHEN J Y, et al. Research progress on perioperative blood transfusion management in lung transplantation[J]. *J Clin Transfus Lab Med*, 2022, 24(3): 399-403. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2022.03.024.
- [19] GOODWIN J, TINCKAM K, DENHOLLANDER N, et al. Transfusion-related acute lung injury (TRALI) in graft by blood donor antibodies against host leukocytes[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29(9): 1067-1070. DOI: 10.1016/j.healun.2010.04.019.
- [20] PENA J J, BOTTIGER B A, MILTIADES A N. Perioperative management of bleeding and transfusion for lung transplantation[J]. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 24(1): 74-83. DOI: 10.1177/1089253219869030.
- [21] KLANDERMAN R B, BOSBOOM J J, KORSTEN H, et al. Colloid osmotic pressure of contemporary and novel transfusion products[J]. *Vox Sang*, 2020, 115(8): 664-675. DOI: 10.1111/vox.12932.
- [22] HART V, IYENGAR S, MILLER S, et al. Intraoperative factors associated with acute kidney injury following lung transplant[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2024, 43(4):

- S430. DOI: 10.1016/j.healun.2024.02.1356.
- [23] GRINS E, WIJK J, BJURSTEN H, et al. Acute kidney injury after lung transplantation, incidence, risk factors, and effects: a Swedish nationwide study[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2025, 69(4): e70014. DOI: 10.1111/aas.70014.
- [24] CHAN E G, PAN G, CLIFFORD S, et al. Postoperative acute kidney injury and long-term outcomes after lung transplantation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2023, 116(5): 1056-1062. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2023.06.016.
- [25] SMITH I, PEARSE B L, FAULKE D J, et al. Targeted bleeding management reduces the requirements for blood component therapy in lung transplant recipients[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(2): 426-433. DOI: 10.1053/j.jvca.2016.06.027.
- [26] KARRAR S, FILIUS A, LANGMUUR S J, et al. Effect of rotational thromboelastometry-guided bleeding management in bilateral lung transplantation[J]. *JHLT Open*, 2024, 3: 100055. DOI: 10.1016/j.jhlto.2024.100055.
- [27] YİĞİT ÖZAY H, YAZIÇIOĞLU A, BINDAL M, et al. Effects of intraoperative fluid therapy on intensive care process, morbidity, and mortality after lung transplantation[J]. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahi Derg*, 2023, 31(1): 78-86. DOI: 10.5606/tgkdc.dergisi.2023.22917.
- [28] BANGA A, MOHANKA M, MULLINS J, et al. Incidence and variables associated with 30-day mortality after lung transplantation[J]. *Clin Transplant*, 2019, 33(2): e13468. DOI: 10.1111/ctr.13468.
- [29] GEUBE M A, PEREZ-PROTTO S E, MCGRATH T L, et al. Increased intraoperative fluid administration is associated with severe primary graft dysfunction after lung transplantation[J]. *Anesth Analg*, 2016, 122(4): 1081-1088. DOI: 10.1213/ANE.0000000000001163.
- [30] SHEN Y, JIANG D, YUAN X, et al. Perioperative fluid balance and early acute kidney injury after lung transplantation[J]. *Heart Lung*, 2024, 68: 37-45. DOI: 10.1016/j.hrtlng.2024.06.008.
- [31] LU S, HUANG W, HE H, et al. Retrospective analysis on incidence and risk factors for early acute renal injury after lung transplantation[J]. *Transpl Immunol*, 2023, 80: 101889. DOI: 10.1016/j.trim.2023.101889.
- [32] TOYODA T, THOMAE B L, 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.
- [33] GIRGIS R E, HADLEY R J, MURPHY E T. 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.
- [34] CHONG M A, WANG Y, BERBENETZ N M, et al. Does goal-directed haemodynamic and fluid therapy improve peri-operative outcomes? : a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2018, 35(7): 469-483. DOI:10.1097/EJA.0000000000000778.
- [35] 杨孟君, 郭宝峰. 每搏变异度与心指数指导下目标导向液体治疗对老年腹腔镜直肠癌手术患者的治疗效果[J]. *中国医刊*, 2024, 59(9): 991-994. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2024.09.016.
- YANG M J, GUO B F. Therapeutic effect of goal-directed fluid therapy guided by stroke variability and cardiac index on elderly patients undergoing laparoscopic rectal cancer surgery[J]. *Chin J Med*, 2024, 59(9): 991-994. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2024.09.016.
- [36] 于凯丽, 布特格勒其, 张梦雪, 等. SVV 目标导向液体治疗对 ESRD 患者甲状腺切除术围术期血流动力学和组织灌注的影响[J]. *中华麻醉学杂志*, 2023, 43(12): 1473-1477. DOI: 10.3760/cma.j.cn131073.2023.0624.01212.
- YU K L, BU T G L Q, ZHANG M X, et al. Effect of stroke volume variation-guided fluid therapy on perioperative haemodynamics and tissue perfusion in patients with end-stage renal disease undergoing parathyroidectomy[J]. *Chin J Anesthesiol*, 2023, 43(12): 1473-1477. DOI: 10.3760/cma.j.cn131073.2023.0624.01212.
- [37] YANG C, SHI Y, ZHANG M, et al. Impact of staged goal-directed fluid therapy on postoperative pulmonary complications in patients undergoing McKeown esophagectomy: a randomized controlled trial[J]. *BMC Anesthesiol*, 2024, 24(1): 330. DOI: 10.1186/s12871-024-02719-y.
- [38] ZHAN L, LIN J, CHEN J, et al. The application of ERAS in the perioperative period management of patients for lung transplantation[J]. *Surg Open Sci*, 2024, 21: 22-26. DOI: 10.1016/j.sopen.2024.09.001.
- [39] STEENHAGEN E. Enhanced recovery after surgery[J]. *Nut Clin Pract*, 2016, 31(1): 18-29. DOI: 10.1177/0884533615622640.
- [40] COHEN J B, SMITH B B, TEETER E G. Update on guidelines and recommendations for enhanced recovery after thoracic surgery[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2024, 37(1): 58-63. DOI: 10.1097/ACO.0000000000001328.
- [41] TOMASI R, BETZ D, SCHLAGER S, et al. Intraoperative anesthetic management of lung transplantation: center-specific practices and geographic and centers size differences[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(1): 62-69. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.05.025.
- [42] NICOARA A, SKUBAS N, AD N, et al. Guidelines for the use of transesophageal echocardiography to assist with surgical decision-making in the operating room: a surgery-based approach: from the American society of echocardiography in collaboration with the society of cardiovascular anesthesiologists and the society of thoracic surgeons[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2020, 33(6): 692-734. DOI: 10.1016/j.echo.2020.03.002.
- [43] FRITZ A V, TEIXEIRA M T, PATEL S J, et al. Update in lung transplantation: anesthetic considerations[J]. *Ann Transl Med*, 2023, 11(11): 389. DOI: 10.21037/atm-22-4602.
- [44] KUMAR N, ESSANDOH M, BHATT A, et al. Pulmonary cuff dysfunction after lung transplant surgery: a systematic review of the evidence and analysis of its clinical implications[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2019, 38(5): 530-544. DOI: 10.1016/j.healun.2019.01.005.

(收稿日期: 2025-02-21)

(本文编辑: 方引超 鄢加佳)