

肺移植手术切口发展历程和研究现状

徐坚 邵景博 陈员 卫栋 叶书高 陈静瑜

【摘要】 肺移植手术技术对于受者的临床预后有着显著的影响，选择合适的手术切口决定了术中的视野暴露，是手术顺利进行的第一步，直接影响后续的手术进程。肺移植切口通常默认一期关闭，但对于肺移植术毕存在如供肺过大、原发性移植物失功等高危因素患者，不能一期关闭切口，此时延迟关胸是一种应对策略。肺移植手术切口的选择及是否延迟关闭，对于肺移植围手术期预后、受者远期生存质量、手术并发症有着深远的影响。因此，本文结合国内外文献对肺移植 Clamshell 切口、前外侧切口、后外侧切口、胸骨正中切口的发展和研究现状进行综述，聚焦切口对肺移植预后的影响，为临床肺移植手术切口选择提供参考。

【关键词】 肺移植；手术入路；Clamshell 切口；前外侧切口；后外侧切口；胸骨正中切口；延迟关胸；手术部位感染

【中图分类号】 R617, R563 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 04-0017-06

Development course and research status of incisions in lung transplantation Xu Jian, Shao Jingbo, Chen Yuan, Wei Dong, Ye Shugao, Chen Jingyu. Wuxi Medical Center, Nanjing Medical University, Wuxi People's Hospital, Department of Lung Transplant Center, the Affiliated Wuxi People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China
Corresponding author: Chen Jingyu, Email: chenjy@wuxiph.com

【 Abstract 】 Surgical technique of lung transplantation exerts significant impact on clinical prognosis of the recipients. Choosing an appropriate surgical incision determines the exposure of intraoperative visual field, which is the first step of surgical success and directly affects subsequent surgical procedures. Lung transplantation incision is usually considered as primary closure. Nevertheless, for patients with high-risk factors such as oversized lung allografts and primary graft failure after lung transplantation, primary closure cannot be achieved. Hence, delayed chest closure is an effective strategy. The selection of incisions and the adoption of delayed chest closure of lung transplantation exert profound impact upon perioperative prognosis, long-term quality of life and surgical complications of the recipients. Therefore, the development and research status of Clamshell incision, anterolateral incision, posterolateral incision and median sternal incision in lung transplantation were reviewed, highlighting the effect of incision patterns on clinical prognosis of lung transplantation and providing reference for the selection of incisions in clinical lung transplantation.

【 Key words 】 Lung transplantation; Surgical approach; Clamshell incision; Anterolateral incision; Posterolateral incision; Median sternal incision; Delayed chest closure; Surgical site infection

肺移植是治疗终末期肺病的有效手段。最新数据显示，2015年至2021年间，全国共完成肺移植手术2 801例^[1]，目前具有肺移植资质的医疗机构已达

60所。接受肺移植的患者数量和开展肺移植的单位数量与日俱增，肺移植手术技术常直接影响手术的预后，其重要性凸显。切口的选择是手术进程的第一

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024048

基金项目：国家自然科学基金面上项目（82070059）；无锡医学中心揭榜挂帅项目（WXKY202301001）

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：徐坚（ORCID 0009-0009-9115-4171），硕士研究生，研究方向为肺移植，Email: xujianlx@outlook.com

通信作者：陈静瑜（ORCID 0000-0002-2127-1788），主任医师，研究方向为肺移植，Email: chenjy@wuxiph.com

步,其影响贯穿整个手术过程,并延续至重症监护和术后康复阶段。临床经验的积累促进肺移植的手术技术不断发展,新技术的应用进一步丰富了手术策略,需要阐明各种技术的优劣,以改善肺移植受者的预后。目前国内尚缺乏肺移植手术切口系统性阐述,本文汇总国内外文献,结合临床实践经验,介绍肺移植手术切口的发展与现状。

1 肺移植手术及切口的早期探索

1963年,Hardy首次完成了人类单肺移植手术,采用后外侧切口入路,该切口沿用至今。随后世界多地都开展了肺移植的探索,受者均因感染、排斥反应、吻合口瘘等并发症于术后早期死亡。直至1983年加拿大多伦多总医院Cooper教授,开创性地利用带血管蒂的大网膜包埋支气管吻合口完成单肺移植,受者术后长期存活,标志着现代肺移植的开端。1988年多伦多肺移植中心完成了双肺整体移植手术,手术采取胸骨正中切口,吻合部位选取为气管、左房袖、肺动脉干,但该手术方式存在诸多缺点,如技术复杂、气道吻合口并发症、心脏损伤、依赖体外循环等。1990年,多伦多肺移植中心将双肺移植改进为序贯式双肺移植,采用Clamshell切口(蚌式切口),吻合口选取为两侧的支气管、肺动脉、左房袖,降低了手术难度,且减少了气道吻合口并发症的发生。序贯式双肺移植也成为肺移植的主流术式。1999年,多伦多团队在Clamshell切口的基础上,尝试采用保留胸骨完整性的前外侧切口进行肺移植手术,虽增加了后续操作难度,但显著减少了切口创伤。2006年,陈静瑜教授引入该手术技术并广泛应用,为国内肺移植微创化迈出重要的一步^[2]。如今的肺移植手术中,Clamshell切口、胸骨正中切口、前外侧切口、后外侧切口4种手术入路仍被使用。

2 肺移植经典手术入路

2.1 Clamshell 切口

Clamshell切口是西方国家最常用的双肺移植手术入路^[3]。患者采取平卧位,切口选择第四/五肋间,起于腋中线经横断的胸骨后止于对侧腋中线(图1A),女性患者皮肤切口可沿乳腺下缘进行。操作时该切口经过肋间途径进入胸腔,结扎两侧胸廓内动脉后离断胸骨,骨蜡封闭断端,充分分离胸壁粘连和延长肋间肌切开长度有助于切口充分撑开。切口暴露充分,在

双肺移植术中不需要翻身消毒,其优势在于可在供肺抵达前同期完成两侧肺门结构解剖,双侧完成移植后一并关闭切口,客观上可缩短第二侧冷缺血时间。缺点是切口创伤大,离断了胸骨以及两侧胸廓内动脉,增加了胸骨愈合并发症和出血风险^[4]。Clamshell切口历史悠久,应用广泛,是序贯式肺移植的传统手术入路,临床研究常以此为标准进行对照研究。

2.2 前外侧切口

前外侧切口操作时依旧采用平卧位,切口为第四/五肋间腋中线至同侧胸骨旁(图1B),操作参照Clamshell切口,但保留了胸骨完整和胸廓内动脉。该手术切口保留了术中不翻身的优点,并降低切口创伤,熟练掌握后反而可以缩短手术时间^[5]。其缺点在于肋间撑开受限和胸骨遮挡导致暴露效果不及Clamshell切口,左侧心脏遮挡明显,心脏搬动受限,导致左侧肺门视野差,带来了操作难度的提升。切口视野显露不佳时,术者可联合胸腔镜辅助手术。该切口创伤小,功能恢复有优势,符合微创化发展理念,越来越被推崇。

2.3 后外侧切口

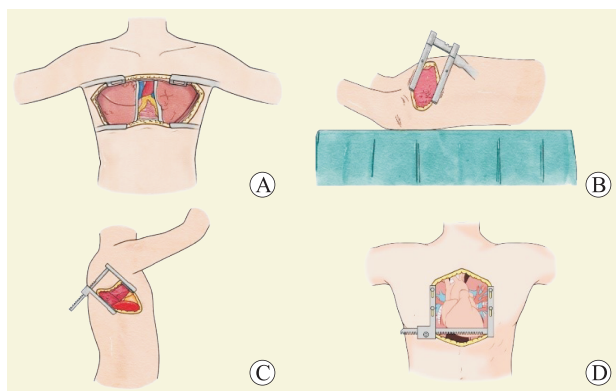
后外侧切口患者需采取侧卧位,通常经过后外侧第五肋间路径进入胸腔,切口自肩胛下角下一横指向前胸延伸(图1C),双肺移植时需关闭切口变换体位后行对侧手术。该切口的优点是肋间撑开充分,对于肺门和整个胸腔暴露良好,在普通胸外科手术中也有广泛应用,易于上手。后外侧切口缺点是创伤大,需要离断更多的肌肉组织,术后慢性疼痛发生率高^[6]。且在双肺移植术时,不能同期游离两侧肺门结构,客观上延长对侧冷缺血时间。后外侧切口是胸科开放手术经典切口,容易掌握,术者可由此切口完成单肺移植向双肺移植的过渡。

2.4 胸骨正中切口

胸骨正中切口患者采取平卧位,需纵行劈开胸骨进行手术(图1D)。该切口行肺移植术的优势是切口疼痛轻,纵隔暴露好,胸骨愈合并发症较Clamshell切口少,肺功能恢复好,术后恢复快^[7-8]。但该切口肺门、胸腔手术视野暴露不佳,对切肺、吻合等主要操作存在影响,在国内肺移植手术中应用较少。

3 肺移植手术切口的微创化

医学技术的发展对于肺移植手术入路也产生了积极的影响。早在2001年,Fischer等^[9]报道了胸腔镜



注: A 为 Clamshell 切口; B 为前外侧切口 (右侧切口右侧视图); C 为后外侧切口 (右侧切口俯视); D 为胸骨正中切口。

图1 肺移植经典手术入路

Figure 1 Classical surgical approaches of lung transplantation

辅助双肺移植, 将前外侧入路的皮肤切口缩小至 10~12 cm, 同时还能满足建立体外循环的需求。在常规肺移植手术中引入胸腔镜, 通常是为了对开放切口显露不佳的部位探查一种补充, 不应为了追求小切口影响手术进程或增加手术风险, 必要时应及时延长手术切口确保安全。

达芬奇手术机器人系统在复杂的微创外科手术中具有独特的优势, 青岛大学附属医院移植团队将此技术引入肺移植手术, 患者采取侧卧位, 采用第六肋间 8 cm 的侧胸壁小切口和 4 个操作孔 (第七肋间腋中线、第五肋间锁骨中线、第九肋间肩胛线、第四肋间腋中线), 完成了 1 例慢性阻塞性肺疾病患者的右单肺移植^[10]。近期, Emerson 等^[11]也报道了机器人辅助肺移植手术, 体位为卧位术侧稍微垫高, 开放切口选取为前胸壁上第四肋间的 6 cm 小切口, 2 个机械臂经开放切口操作, 其余 2 个机械臂在腋前线附近分别经过第三、六肋间操作孔操作, 在第八肋间腋中线做一孔用于左房夹闭。该中心共完成了 8 例机器人辅助肺移植手术, 其中包括 2 例双肺移植, 但并非所有的吻合操作都完全采用机械臂操作。机器人手术缺乏触觉反馈的缺点不容忽视, 术者和助手需要有较强的微创外科和肺移植的手术基础。以上实践证实了机器人辅助肺移植手术是安全可行的, 能否转换为受者预后获益尚需要更多的研究补充。2023 年, Ascanio 等^[12]报道利用机器人手术系统完成 2 只羊的左单肺移植实验研究, 手术入路选取为剑突下 8 cm 切口和胸壁数

个操作孔。剑突下切口避免了胸部的开放切口, 具有潜在优势, 能否在人类肺移植中实现并扩展至双肺移植值得期待。

4 肺移植手术入路对受者的影响

4.1 疼痛

开胸手术后疼痛综合征是指胸部术后 2 个月以上手术切口反复或持续疼痛^[13]。肺移植术后慢性疼痛的发生率高, 长期慢性疼痛会显著降低肺移植受者的生存质量, 主要表现为睡眠障碍、活动障碍、心理问题等^[14-16]。4 种切口中, 后外侧切口术后疼痛最为严重^[3,17], 需要采用更好的止痛策略。Macchiarini 等^[18]对比了 Clamshell 切口和胸骨正中切口的临床预后, 发现前者术后疼痛情况更为严重, 胸骨不稳定可导致术后集中于胸骨断端的慢性疼痛, 而后者较好的保留了胸壁肌肉、神经, 保持胸廓稳定性, 疼痛较为轻微。前外侧切口避免了胸骨并发症, 术后疼痛减轻, 肺功能恢复更好, 同时可减少阿片类镇痛药的使用^[19-20]。

4.2 手术部位感染

肺移植手术切口通常属清洁-污染切口, 术后手术部位感染 (surgical site infection, SSI) 发生率为 5%~15%^[21-22]。肺移植术后非浅表 SSI 主要有脓胸、纵隔感染、胸骨骨髓炎、切口感染等。胸骨切开史、缺血时间长和再次开胸探查史等是肺移植术后 SSI 的危险因素^[23]。Shields 等^[24]对肺移植术后非浅表 SSI 展开研究, 发现肺移植非浅表 SSI (不包括胸腔感染) 与术后病死率增高有关, 1 年病死率 (56%) 显著高于其他胸科手术 (<20%)。相较于胸骨正中切口, Clamshell 切口表面软组织覆盖少, 胸廓内动脉离断破坏了胸骨血供, 胸骨切口感染发生率更高^[18]。外侧胸壁切口不切开胸骨, 避免了纵隔感染和胸骨骨髓炎, 以及继发于此的死亡事件, 还可以避免一侧胸腔感染直接扩散至对侧^[25]。

4.3 手术进程和康复

多项研究表明, 前外侧切口可以减少出血量和输血需求, 缩短机械通气时间、重症监护室入住时间^[3,6,21,26]。Marczin 等^[5]研究发现前外侧切口会延长冷缺血时间, 但总手术时间缩短, 术后肺功能恢复水平更高。陈员等^[26]研究发现, 后外侧切口可显著降低出血量和输血需求, 但是增加了机械通气时间和体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation,

ECMO)支持时间。研究者对于胸骨正中切口的临床效果尚未达成统一意见。Elde 等^[27]研究发现采用该切口会延长手术和体外循环时间,增加术后 72 h 原发性移植物失功(primary graft dysfunction, PGD) 3 级的发生率。Mody 等^[28]研究发现采用胸骨正中切口延长了手术和冷缺血时间,却降低了呼吸机支持时间和输血需求。Shudo 等^[29]研究发现胸骨正中切口可缩短手术和体外循环时间。笔者认为,以 Clamshell 切口为对照,采用前外侧切口减小手术创伤可能有更好的恢复表现。而采用胸骨正中切口有更好的胸廓稳定性和呼吸肌保护,有着更好的肺功能恢复效果^[18]。其他有争议的观点需要更大样本的临床研究以明确各手术方式的利弊,现有研究未发现 4 种切口对术后远期存活率产生影响^[30]。

4.4 ECMO 策略

ECMO 是心肺功能储备不足患者围手术期的重要支持手段,也是手术切口选择的关注点。单纯外周 ECMO 的血管通路对移植切口、体位选择无特殊要求。当受者外周血管无置管条件或需同时降低左心后负荷时,应当采用中心 ECMO 策略。中心 ECMO 需经胸置管,其经典策略为右心房引流、主动脉回流^[31],其他复杂的中心置管策略也偶有应用^[32]。胸骨正中切口和 Clamshell 切口对心脏大血管暴露良好,可以满足各种的经胸置管策略。前外侧切口满足绝大部分经胸置管的需求,可以经右侧切口进行右心房、升主动脉置管,或经过左侧切口进行降主动脉置管,紧急情况下也及时横断胸骨变成 Clamshell 切口置管^[33]。后外侧切口双肺移植需要中途翻身,并且心脏大血管暴露不佳,不兼容中心 ECMO 策略。

5 肺移植手术切口的选择策略

不同原发病有相应的解剖、病理生理特点,对于切口暴露、经胸循环置管、延迟关胸等有特定的需求,切口的选择应充分考虑到这些因素。间质性肺病是最常见的肺移植适应证,其解剖特点是胸腔较小,肋间隙狭窄,常合并膈肌膨升和功能障碍,侧胸壁切口可选第四肋间,术中可以向下悬吊膈肌帮助暴露视野,术毕胸腔容积不足时,可以进行膈肌折叠^[34]。职业性间质性肺病(如肺尘埃沉着病)、特发性胸膜肺弹力纤维增生症或合并既往胸部手术史等情况下,致密的胸腔粘连增加了解剖难度,对于心肺机械支持和延迟关胸的需求增高,选择切口优先考虑良好的胸腔

暴露,兼顾机械心肺支持的需求。支气管动脉重建有望改善气道吻合并发症,但需要进行体外循环建立、胸廓内动脉桥接和整体肺移植,应当选择胸骨正中切口^[35]。儿童肺移植常需要体外循环或中心 ECMO 支持,通常选取 Clamshell 切口或胸骨正中切口^[36]。

6 肺移植切口的延迟关闭

通常对肺移植切口默认一期关闭,而延迟关胸是对肺移植术毕存在某些高危因素患者(如供肺过大、PGD、血流动力学不稳定和凝血功能障碍等)的一种应对策略,肺移植延迟关胸的需求为 6%~29%^[37]。如供肺过大时,通常会对供肺进行减容或者肺叶切除以期适应受者胸腔。延迟关胸策略允许肺水肿消退后对移植肺进行更精确的剪裁,水肿急性期后的剪裁可能会降低残端、切缘并发症的发生^[38-39]。对于明显心肺水肿,延迟关胸可避免有限刚性空间压迫心肺造成呼吸和血流动力学损害,为肺水肿的修复提供一个更好的平台^[40]。因经胸 ECMO 无法撤除导致的延迟关胸也有报道^[41]。延迟关胸具体方案各异,可仅缝合皮肤而切口深部敞开,或者仅采用无菌材料封闭胸腔,必要时将骨性结构撑开,胸腔内填塞棉垫等材料止血,切口负压吸引可以降低延迟关胸期间进胸探查的风险^[38]。延迟关胸的平均持续时间为 4.5~6.0 d,一般建议维持 72 h 以度过 PGD 高危期^[42]。延迟关胸期间需注意液体精细管理、保护性通气、预防感染治疗,怀疑活动性出血或胸腔内感染时需及时进胸探查。延迟关胸后最终闭合需要对血流动力、移植肺功能和水肿情况、凝血功能等进行评估。延迟关胸通常被应用于更高危、更复杂的肺移植,导致术后机械通气时间延长,气管切开风险增高,住院时间延长^[37,40]。毫无疑问,延迟关胸破坏了机体抵抗感染的皮肤屏障是 SSI 的独立危险因素,但是通过积极的预防感染治疗,SSI 的风险总体可控。对于术毕存在高危因素的肺移植受者,延迟关胸仍是一种有价值的策略。4 种手术切口延迟关胸均有报道,但其预后影响需要进一步研究。

7 小 结

在过去的 30 年里,肺移植技术进步重大,受者预后显著改善。4 种肺移植手术切口各有利弊,对手术过程、术后并发症、术后生存质量等产生显著的影响,术者应根据自己的习惯结合受者特征进行合理选

择。后外侧切口和 Clamshell 切口暴露较为充分, 技术门槛相对低, 适合初步开展肺移植手术的术者。前外侧切口减小创伤也满足了手术需求, 有很好的应用前景, 而国内胸骨正中切口在肺移植中应用还需要积累更多经验。新技术在肺移植的应用带来了新的机遇与挑战, 其对于预后的影响尚需要更多的临床研究证实。

参考文献:

- [1] 钱共甸, 李小杉, 胡春晓, 等. 2021 年中国肺脏移植发展报告解读[J/OL]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2023, 15(4): 1-6. DOI:10.12037/YXQY.2023.04-01. QIAN GT, LI XS, HU CX, et al. Interpretation of report on lung transplantation development in China 2021[J/OL]. Chin J Front Med Sci (Electr Vers), 2023, 15(4): 1-6. DOI:10.12037/YXQY.2023.04-01.
- [2] 陈静瑜, 郑明峰, 何毅军, 等. 不横断胸骨双侧前胸切口双肺移植[J]. 中华器官移植杂志, 2006, 27(2): 72-74. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2006.02.003. CHEN JY, ZHENG MF, HE YJ, et al. Bilateral sequential lung transplantation through bilateral anterolateral thoracotomy without sternal division[J]. Chin J Organ Transplant, 2006, 27(2): 72-74. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2006.02.003.
- [3] MAMOUN N, ROSSER MA, MANNING M, et al. Pain trajectories after bilateral orthotopic lung transplantation surgery performed via a clamshell incision[J]. Clin Transplant, 2024, 38(2): e15262. DOI: 10.1111/ctr.15262.
- [4] BOUDREAUX JC, URBAN M, BERKHEIM DB, et al. Combination plate and band fixation for primary closure in bilateral lung transplantation[J]. J Card Surg, 2021, 36(9): 3085-3091. DOI: 10.1111/jocs.15729.
- [5] MARCZIN N, POPOV AF, ZYCH B, et al. Outcomes of minimally invasive lung transplantation in a single centre: the routine approach for the future or do we still need clamshell incision?[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2016, 22(5): 537-545. DOI: 10.1093/icvts/ivw004.
- [6] MICHEL-CHERQUI M, FESSLER J, DORGES P, et al. Chronic pain after posterolateral and axillary approaches to lung surgery: a monocentric observational study[J]. J Anesth, 2023, 37(5): 687-702. DOI: 10.1007/s00540-023-03221-4.
- [7] SENBAKLAVACI O. Off-pump bilateral lung transplantation via median sternotomy: a novel approach with potential benefits[J]. Ann Thorac Surg, 2019, 108(2): e137-e139. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2019.03.055.
- [8] TEMAN NR, XIAO JT, TRIBBLE CG, et al. Median sternotomy for lung transplantation: techniques and advantages[J]. Heart Surg Forum, 2017, 20(3): E089-E091. DOI: 10.1532/hsf.1809.
- [9] FISCHER S, STRÜBER M, SIMON AR, et al. Video-assisted minimally invasive approach in clinical bilateral lung transplantation[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 122(6): 1196-1198. DOI: 10.1067/mtc.2001.118272.
- [10] JIAO W, YANG R, ZHAO Y, et al. Robot-assisted single lung transplantation[J]. Chin Med J (Engl), 2023, 136(3): 362-364. DOI: 10.1097/CM9.0000000000002462.
- [11] EMERSON D, CATARINO P, RAMPOLLA R, et al. Robotic-assisted lung transplantation: first in man[J]. J Heart Lung Transplant, 2024, 43(1): 158-161. DOI: 10.1016/j.healun.2023.09.019.
- [12] ASCANIO F, ROYO-CRESPO I, ROSADO J, et al. Advances in robotic lung transplantation: development and validation of a new surgical technique in animal models[J]. Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg, 2023, 37(5): ivad179. DOI: 10.1093/icvts/ivad179.
- [13] MALONEY J, WIE C, PEW S, et al. Post-thoracotomy pain syndrome[J]. Curr Pain Headache Rep, 2022, 26(9): 677-681. DOI: 10.1007/s11916-022-01069-z.
- [14] YU HC, KLEIMAN V, KOJIC K, et al. Prevention and management of chronic postsurgical pain and persistent opioid use following solid organ transplantation: experiences from the toronto general hospital transitional pain service[J]. Transplantation, 2023, 107(6): 1398-1405. DOI: 10.1097/TP.0000000000004441.
- [15] KLINGER RY, CUNNIFF C, MAMOUN N, et al. Patient-reported chronic pain outcomes after lung transplantation[J]. Semin Cardiothorac Vasc Anesth, 2020, 24(1): 96-103. DOI: 10.1177/1089253219882432.
- [16] LAURENT Q, MICHEL-CHERQUI M, SZEKELY B, et al. Prevalence, characteristics and preoperative predictors of chronic pain after double-lung transplantation: a prospective cohort study[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2022, 36(2): 500-509. DOI: 10.1053/j.jvca.2021.07.041.
- [17] LOXE SC, DE MELLO LS, CAMARA L, et al. Chronic pain after lung transplantation and its impact on quality of life: a 4-year follow-up[J]. Transplant Proc, 2020, 52(5): 1388-1393. DOI: 10.1016/j.transproceed.2020.02.032.
- [18] MACCHIARINI P, LADURIE FL, CERRINA J, et al. Clamshell or sternotomy for double lung or heart-lung transplantation?[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 1999, 15(3): 333-339. DOI: 10.1016/s1010-7940(99)00009-3.
- [19] VENUTA F, RENDINA EA, DE GIACOMO T, et al. Bilateral sequential lung transplantation without sternal division[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2003, 23(6): 894-897. DOI: 10.1016/s1010-7940(03)00107-6.
- [20] THOMAS J, CHEN Q, MALAS J, et al. Impact of minimally invasive lung transplantation on early outcomes and analgesia use: a matched cohort study[J]. J Heart Lung Transplant, 2024, DOI: 10.1016/j.healun.2024.01.014[Epub ahead of print].
- [21] QIAN W, SUN W, XIE S. Risk factors of wound infection after lung transplantation: a narrative review[J]. J Thorac Dis, 2022, 14(6): 2268-2275. DOI: 10.21037/jtd-22-543.
- [22] MORAES JLS, OLIVEIRA RA, SAMANO MN, et al. A retrospective cohort study of risk factors for surgical site infection following lung transplant[J]. Prog Transplant,

- 2020, 30(4): 329-334. DOI: 10.1177/1526924820958133.
- [23] 中国医师协会器官移植医师分会, 中华医学会器官移植学分会. 中国实体器官移植手术部位感染管理专家共识 (2022 版) [J]. 中华临床感染病杂志, 2022, 15(3): 164-175. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2397.2022.03.002.
Branch of Organ Transplant Physicians of Chinese Medical Doctor Association, Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Chinese experts consensus on the management of surgical site infection in solid organ transplantation (2022 edition)[J]. Chin J Clin Infect Dis, 2022, 15(3): 164-175. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2397.2022.03.002.
- [24] SHIELDS RK, CLANCY CJ, MINCES LR, et al. Epidemiology and outcomes of deep surgical site infections following lung transplantation[J]. Am J Transplant, 2013, 13(8): 2137-2145. DOI: 10.1111/ajt.12292.
- [25] PARK JM, SON J, KIM DH, et al. A comparative study of a sternum-sparing procedure and clamshell incision in bilateral lung transplantation[J]. Yonsei Med J, 2023, 64(12): 730-737. DOI: 10.3349/ymj.2023.0104.
- [26] 陈员, 熊点, 徐坚, 等. Clamshell 切口和双侧后外侧切口开胸行双肺移植的临床效果比较[J]. 器官移植, 2022, 13(6): 770-775. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2022.06.012.
CHEN Y, XIONG D, XU J, et al. Comparison of clinical efficacy between Clamshell incision and bilateral posterolateral incision for double lung transplantation[J]. Organ Transplant, 2022, 13(6): 770-775. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2022.06.012.
- [27] ELDE S, HUDDLESTON S, JACKSON S, et al. Tailored approach to surgical exposure reduces surgical site complications after bilateral lung transplantation[J]. Surg Infect (Larchmt), 2017, 18(8): 929-935. DOI: 10.1089/sur.2017.144.
- [28] MODY GN, COPPOLINO A, SINGH SK, et al. Sternotomy versus thoracotomy lung transplantation: key tips and contemporary results[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2020, 9(1): 60-64. DOI: 10.21037/acs.2020.01.01.
- [29] SHUDO Y, RINEWALT D, LINGALA B, et al. Impact of surgical approach in double lung transplantation: median sternotomy vs clamshell thoracotomy[J]. Transplant Proc, 2020, 52(1): 321-325. DOI: 10.1016/j.transproceed.2019.10.018.
- [30] IUS F, VAN RAEMDONCK D, HARTWIG M, et al. Effect of surgical exposure on outcomes in lung transplantation: insight from the international multicenter extracorporeal life support (ECLS) in lung transplantation registry[J]. J Heart Lung Transpl, 2021, 40(4): S164. DOI: 10.1016/j.healun.2021.01.489.
- [31] BIANCARI F, KASERER A, PERROTTI A, et al. Central versus peripheral postcardiotomy veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: systematic review and individual patient data meta-analysis[J]. J Clin Med, 2022, 11(24): 7406. DOI: 10.3390/jcm11247406.
- [32] STEPHENS NA, CHARTAN CA, GAZZANEO MC, et al. Use of Berlin EXCOR cannulas in both venovenous and venoarterial central extracorporeal membrane oxygenation configurations overcomes the problem of cannula instability while bridging infants and young children to lung transplant[J]. JTCVS Tech, 2023, 18: 111-120. DOI: 10.1016/j.xjtc.2023.02.004.
- [33] GLORION M, MERCIER O, MITILIAN D, et al. Central versus peripheral cannulation of extracorporeal membrane oxygenation support during double lung transplant for pulmonary hypertension[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2018, 54(2): 341-347. DOI: 10.1093/ejcts/ezy089.
- [34] LAWRENCE A, LOVIN D, MOHANKA MR, et al. Diaphragmatic plication among lung transplant patients: a single-center experience[J]. Clin Transplant, 2022, 36(7): e14683. DOI: 10.1111/ctr.14683.
- [35] YUN JJ, UNAI S, PETTERSSON G. Lung transplant with bronchial arterial revascularization: review of surgical technique and clinical outcomes[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(Suppl 14): S1821-S1828. DOI: 10.21037/jtd.2019.09.09.
- [36] RINEWALT D, CRUZ SM, WONG M, et al. Strategies for pediatric lung transplantation: bridging, listing and surgical technique[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2020, 9(1): 51-53. DOI: 10.21037/acs.2019.11.01.
- [37] CHEN C, ZHENG Q, WU D, et al. Review of outcomes of delayed chest closure following lung transplantation: a meta-analysis[J]. J Cardiothorac Surg, 2022, 17(1): 122. DOI: 10.1186/s13019-022-01868-w.
- [38] RAFIROIU S, HASSOUNA H, AHMAD U, et al. Consequences of delayed chest closure during lung transplantation[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 109(1): 277-284. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2019.08.016.
- [39] CHANG YC, HUANG SC, LEE JM, et al. Delayed chest wall closure for oversized donor lungs after bilateral lung transplantation[J]. J Formos Med Assoc, 2014, 113(11): 881-882. DOI: 10.1016/j.jfma.2012.12.010.
- [40] FORCE SD, MILLER DL, PELAEZ A, et al. Outcomes of delayed chest closure after bilateral lung transplantation[J]. Ann Thorac Surg, 2006, 81(6): 2020-2025. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.01.050.
- [41] INOUE M, MINAMI M, ICHIKAWA H, et al. Extracorporeal membrane oxygenation with direct central cannulation followed by delayed chest closure for graft dysfunction after lung transplantation: report of two cases with pulmonary arterial hypertension[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2007, 133(6): 1680-1681. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2006.12.074.
- [42] YEGINSU A, TASCI AE, VAYVADA M, et al. Delayed chest closure for oversized lung allograft in lung transplantation: a retrospective analysis from Turkey[J]. Braz J Cardiovasc Surg, 2021, 36(6): 760-768. DOI: 10.21470/1678-9741-2020-0299.

(收稿日期: 2024-02-14)

(本文编辑: 方引超 鄢加佳)