

# 中国肺移植麻醉技术操作规范(2019版)

中华医学会器官移植学分会

**【摘要】** 肺移植近年来快速发展,我国肺移植的质量和数量均稳步上升,麻醉医师在肺移植术中担当着越来越重要的角色。前期中华医学会器官移植学分会已相继制订了肺移植一系列相关技术操作规范,涵盖术前评估、供肺获取与保护、肺移植术操作、病理学技术和护理技术等方面。为进一步规范肺移植麻醉管理,中华医学会器官移植学分会组织肺移植麻醉专家,总结国内外相关研究最新进展,并结合国际指南和临床实践,从肺隔离、血流动力学监测、血液保护和围手术期保温以及体外生命支持技术等方面,制订《中国肺移植麻醉技术操作规范(2019版)》。

**【关键词】** 肺移植; 麻醉管理; 围手术期; 技术规范

麻醉医师在心胸外科器官移植中扮演着重要角色,供者管理、受者术前评估、围手术期管理及术后监护等都需要麻醉医师的积极参与<sup>[1]</sup>。肺移植麻醉管理过程以明显的血流动力不稳定为特征,贯穿于全身麻醉诱导、单肺通气和肺动脉钳夹期间以及移植肺再灌注后和再通气后全过程<sup>[2]</sup>。因此,做好各项麻醉技术操作规范尤其重要。现主要介绍肺移植麻醉过程中的肺隔离、血流动力学监测、血液保护、围手术期保温和体外生命支持技术操作规范。

## 1 肺隔离技术

完善的肺隔离技术是肺移植麻醉管理的关键。目前有3种肺隔离技术,即双腔支气管导管插管、支气管阻塞器和支气管内插管。肺移植麻醉一般采用双腔支气管导管插管,是目前最主要、最常用的肺隔离方法<sup>[3]</sup>。现在广泛使用无隆突钩的聚氯乙烯 Robert-Shaw 双腔支气管导管,根据导管前端置入的支气管不同可将导管分为左型和右型。成人常用型号有33F、35F、37F、39F和41F,中国女性常用35F,中国男性常用37F,实际使用中还需考虑受者身高和体型。

由于从隆突到右上叶支气管开口的距离存在个体差异,采用右侧双腔支气管导管插管时常会导致右肺上叶通气不良。因而无论是单肺还是双肺移植手术,大多数麻醉医师均选用左侧双腔支气管导管插管<sup>[4]</sup>。双腔支气管导管插管后,均需纤维支气管

镜进行确认和定位。受者体位从仰卧位转向侧卧位时,导管与隆突的位置关系可能发生改变,应重新确认导管位置。

采用双腔支气管导管插管主要的并发症有:(1)导管位置不佳或阻塞引起低氧血症;(2)创伤性喉炎(尤其是使用带有隆突钩的双腔支气管导管);(3)支气管套囊过度充气可引起气管、支气管破裂;(4)手术中不慎将导管缝合于支气管上(表现为拔管时不能撤出导管)。

## 2 血流动力学监测技术

肺移植麻醉过程中,连续、实时获取受者血流动力学参数信息,对及时正确处理病情、保障手术成功完成和受者生命安全不可或缺。麻醉期间除了心电图监测、无创血压监测以及动脉血氧饱和度和体温等常规监测外,有创动脉压以及经肺动脉导管(pulmonary artery catheter, PAC)和经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)监测被一些专家推荐为肺移植麻醉常用监测技术。近年来,以脉搏轮廓温度稀释连续心排量测量(pulse indicate contour cardiac output, PiCCO)监测为代表的经肺热稀释联合脉搏轮廓波形分析技术在肺移植麻醉中得到重视,此外,以FloTrac/Vigileo系统为代表的(无需校对纠正)脉搏轮廓波形分析技术等无创血流动力学监测在肺移植麻醉中的应用价值正处于临床观察阶段。

### 2.1 肺动脉漂浮导管

目前,临床上常用的肺动脉漂浮导管主要为Swan-Ganz导管,导管尖端气囊通过血流动力的作用,依次穿越三尖瓣口、右心室到达肺动脉。穿刺部

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2020.02.003

通信作者: 杜洪印(天津市第一中心医院, Email: duhongyi@sina.com); 胡春晓(无锡市人民医院, Email: huchunxiao91211@163.com); 石炳毅(解放军总医院第八医学中心, Email: shibingyi666@126.com)

位常采用颈内静脉或锁骨下静脉。可以测定的指标包括中心静脉压、右心房压、右心室压、肺动脉收缩压和舒张压、平均肺动脉压及肺毛细血管楔压等,以及中心静脉血氧饱和度或混合静脉血氧饱和度;此外,结合热稀释技术还能测定和计算心脏每搏输出量、心输出量、心脏指数、肺血管阻力及体循环血管阻力等指标。

在肺移植手术中,肺动脉压力监测具有重要意义。接受肺移植手术的受者术前均存在不同程度的肺循环阻力升高、肺动脉高压以及右心结构和功能损伤,麻醉过程中还会由于各种因素导致肺循环阻力和肺动脉压升高,可能导致右心衰竭,甚至更严重的后果<sup>[5]</sup>。PAC技术在监测肺血管阻力和右心室后负荷等方面具有不可替代的作用。正常情况下,在移植肺动脉开放后,肺动脉压应立即下降。PAC监测中若发现肺动脉压未回落,甚至较肺移植前更高,提示存在以下异常情况:缺血再灌注损伤、肺水肿、肺不张和肺部感染等,或因手术因素造成右室流出道或肺动脉等部位解剖异常,常伴随并发症率增高导致严重后果。

PAC技术绝对禁忌证包括:三尖瓣或肺动脉瓣狭窄、右心房或右心室占位性病变、法洛四联症和肺动脉置管通路血栓形成。相对禁忌证包括:严重心律失常、凝血功能障碍和近期放置心腔起搏导管。

## 2.2 TEE

超声技术对判定心功能和心脏前负荷具有重要价值,肺移植麻醉期间应常规行TEE监测<sup>[6]</sup>。该技术创伤小,可以连续、实时对形态和血流进行直观监测。TEE监测参数包括:心功能参数(每搏输出量、心输出量、心脏指数)和射血分数,心脏前负荷和舒张功能,以及心脏结构(心室流出道、卵圆孔未闭和心脏内分流方向等)。此外,可根据TEE影像判断心脏和大血管内的血栓或占位性病变、心包状况以及心肌收缩性和整体/局部心壁的运动状况<sup>[7]</sup>。

TEE监测在肺移植术中可提供左、右心功能和充盈血量及心脏结构信息,对左、右心功能不全、心脏前负荷变化、低血容量、心室流出道梗阻、卵圆孔未闭和心脏内分流方向的诊断和治疗具有指导意义<sup>[8]</sup>。通过TEE监测结果正确判断血流动力学不稳定原因有助于避免不必要的体外支持。对严重肺动脉高压和右心功能不全的肺移植受者,可通过TEE监测快速反馈术后心脏功能和形态、右心室腔直径变化等;如果TEE提示心脏状况与预期结果存在较大差异,则实时提醒麻醉和手术医师检查可能原因<sup>[9]</sup>。

## 2.3 PiCCO

PiCCO技术结合了经肺热稀释和脉搏轮廓波形分析两种原理测定心输出量。中心静脉导管经颈内或锁骨下静脉穿刺置管,动脉热稀释导管经股动脉穿刺置管。

肺移植术中连续监测心输出量可准确指导液体管理,维持最佳前、后负荷,防止由于有效循环血量不足导致的低灌注。单肺或双肺移植行PiCCO监测心输出量较为可靠,即使在血流动力学快速波动的情况下也仍然准确。研究表明,在排除机械性或人员因素获得错误测量值外,PiCCO与PAC所获得的心输出量结果之间没有差异。肺移植术中,主动脉间断或连续、肺动脉间断或连续测定的心输出量值均可靠。

## 3 血液保护技术

目前临床上开展的血液保护方法日益增多,技术也日趋成熟。肺移植手术创伤大、时间长,其输血输液不可避免,因此血液保护尤为重要。

### 3.1 药物保护

止血药物对于血液保护非常重要,既可以在围手术期预防性应用以减少手术创面失血,也可以用于治疗大出血。临床常用止血药物包括抗纤溶药物(如抑肽酶、赖氨酸类似物氨基己酸和氨甲环酸)、重组活化凝血因子Ⅶ和促红细胞生成素等<sup>[10]</sup>。

### 3.2 血液稀释技术

血液稀释技术指在手术前为患者采血并将血液暂时储存起来,用晶体液或胶体液补充循环血容量,术中利用稀释血液维持循环,最大限度降低血液浓度,减少血液红细胞丢失,有计划回输采集的血液,促进受者术后血红蛋白和血细胞比容尽快恢复<sup>[11]</sup>。目前较为常用的方法是急性等容血液稀释(acute normovolemic hemodilution, ANH)<sup>[12]</sup>。肺移植手术中使用ANH应十分谨慎,可应用于不能使用血液回收的肺部严重感染患者及疑似菌血症患者,但输入大量液体可致血液稀释、血浆渗透压下降,增加肺水肿发生风险;此外,肺移植受者肺功能严重不全、肺氧合功能障碍并伴有不同程度的肺心病,因此应用ANH前应严格评估适应证和受者耐受情况。在使用体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)辅助的情况下,机体氧合得到改善,心脏前负荷减轻,ANH的应用条件可以适当放宽。

### 3.3 自体血液回收技术

为了避免输注过多异体血液,肺移植围手术期也可采用自体血液回收技术。自体血液回收技术指

使用吸引器等装置回收术野血液,经过滤、洗涤和浓缩等步骤后再回输给患者,临床上已广泛应用于预期失血量较多的手术。与术前自体备血和 ANH 相比,血细胞回收技术具有较多优势,患者术中失血和术后出血都可经过收集及处理后重新回输到体内。使用该技术理论上可使 60% 的术中失血得到回输,患者无需异体输血就可获得足够的血容量补充。应用自体血液回收的适应证为:预期出血量  $>1\,000\text{ mL}$  或  $>20\%$  估计血容量;患者术前血红蛋白含量低或出血风险高;患者体内存在多种抗体或为稀有血型;患者拒绝接受同种异体输血等。自体血液回收用于可能需要输注大量血液制品的急诊患者可得到最佳效果<sup>[13]</sup>。

### 3.4 血液加温技术

肺移植手术过程中常需要大量输血输液。通常情况下,全血和红细胞制品等保存于  $2\sim6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,血浆和冷沉淀保存于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下,血小板保存于  $20\sim24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。大量输血的致命三联症之一为低体温。患者体温低至  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  可诱发凝血功能障碍,导致出血不止和手术创面的广泛渗血<sup>[14]</sup>。应重视对患者的保温,对输入的液体和血液加温。

血液加温方法包括:(1)将血袋置于  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  水浴(注意勿将连接于血袋上的输血管浸入水中,避免污染),并轻摇使血液受热均匀,复温  $10\text{ min}$  取出备用;(2)应用以逆流热交换法、干热法、温度调节水浴法和线上微波法等原理的加温输血器对输注血液进行加温。

加温的血液控制在  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右,不得超过  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,以免造成红细胞损伤或破坏而引起急性溶血反应。严格控制加温时间,加温时间过长易使库存血中的成分破坏,时间过短则不能达到理想的复温效果。由于加温过的血液不得再放入冰箱保存,而大量输血常在抢救时实施,因此勿将多袋血同时加温,以免造成不必要的浪费。加温后的血液应尽快输注,以防细菌性输血反应。

### 3.5 成分输血

成分输血的种类包括:红细胞、血浆、白细胞及血小板。其优点包括:(1)制剂容量小,浓度和纯度高,治疗效果好;(2)使用安全,不良反应少;(3)减少输血传播疾病的发生;(4)便于保存,使用方便;(5)综合利用,节约血液资源。

## 4 围手术期保温技术

肺移植手术时间长、大量体腔冲洗和大量输血输液,会造成术中受者低体温,因此使用液体加温技术

可以保持受者体温稳定,预防和治疗围手术期寒战。

术中任何时间点体温  $<36\text{ }^{\circ}\text{C}$  称为术中低体温。据报道,肺移植术中低体温发生率可达  $50\%\sim70\%$ 。虽然低体温可以降低机体代谢率,减少耗氧量,增加组织器官对缺血、缺氧的耐受力,但也可导致多种并发症,如术后寒战、切口感染、心血管并发症、凝血功能异常及麻醉苏醒延迟等,给手术安全带来不利影响<sup>[15]</sup>。因此,维持肺移植术中体温正常是保证手术麻醉成功、减少术后并发症的重要措施之一。

围手术期麻醉主要保温技术包括:(1)手术前环境预热,受者入手术室前  $30\text{ min}$  保持室内温度在  $23\sim24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,并根据体温动态调整手术室温度;(2)加强体表保温,充气式保温毯是目前公认最有效的体表保温措施,循环水变温毯主要用于体外循环;(3)输血输液加温技术,术中输注与环境等温的液体和库存血越多,体温下降就会越快;目前临床上常使用输液加温仪和恒温加热器等设备,需要注意的是,由于加温液体经过延长管连接静脉,造成热量损失,故加热温度需略高于  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,宜加温至  $39\sim40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;(4)人工鼻技术,用于调整并维持吸入气体温度和湿度的适宜性;使用热湿交换器对受者呼出气体进行加温、加湿,对术中低体温有一定预防作用;(5)药物防治,右美托咪啶和曲马多等药物可以有效预防和治疗术中寒战。

## 5 体外生命支持技术

ECMO 作为一种能够对呼吸和循环进行替代治疗的重要生命支持技术,在临床越来越多应用于抢救危重患者,在肺移植中有其特殊优势,术前和术后均可发挥重要作用。与常规体外循环相比,ECMO 具有建立循环简单、易操作、无需体外循环开胸插管、肝素应用量少、手术出血量少、血液破坏轻和可以长期应用等优点<sup>[16-17]</sup>。

ECMO 可提供有效的呼吸和循环支持,尤其是有效缓解术中单肺通气肺动脉高压,提高手术耐受性<sup>[18]</sup>。ECMO 的使用可以有效分流至少一半心输出量,对缓解术中肺动脉高压和减轻右心负荷起到积极作用。有效改善氧合和组织灌注,避免缺氧引起的一系列危害,尤其是缺氧引起的肺动脉高压<sup>[19-20]</sup>。此外,ECMO 可以有效解决跨肺血流困难,调节通气血流,维持血流动力学稳定。

ECMO 的转流方式主要包括 V-A 转流、V-V 转流和 V-A-V 转流。V-A 转流可用于动脉血氧合不佳和/或右心功能不全、伴或不伴肺动脉高压的患者<sup>[21]</sup>。插管方式多采用股静脉和股动脉插管,如股

静脉条件不好或术中紧急情况也可选用右房插管,除股动脉外还可选用腋动脉和升主动脉插管。V-V 转流不能减少心脏做功,对心脏支持作用轻微,因此主要用于心功能未受损、单纯呼吸功能不全的受者<sup>[22]</sup>。V-A-V 转流方式是在 V-A 转流基础上,在动脉端分流部分氧合血注入上腔静脉,解决上半身的体循环缺氧状态。

ECMO 主要并发症包括:低血压、低流量、凝血和出血、肾功能不全、肢端缺血坏死、氧合器渗漏和血液破坏等。

执笔:胡春晓(无锡市人民医院);王志萍(徐州医科大学附属医院)

主审专家:石炳毅(解放军总医院第八医学中心);杜洪印(天津市第一中心医院);罗爱林(华中科技大学同济医学院附属同济医院)

审稿专家(按姓氏拼音排序):陈静瑜(无锡市人民医院);陈实(华中科技大学同济医学院附属同济医院);陈文慧(中日友好医院);陈知水(华中科技大学同济医学院附属同济医院);胡春晓(无锡市人民医院);黄洁(中国医学科学院阜外医院);李元新(北京清华长庚医院);刘龙山(中山大学附属第一医院);刘秀珍(解放军总医院第八医学中心);刘志佳(解放军总医院第八医学中心);谯瞧(西安交通大学第一附属医院);石佳(中国医学科学院阜外医院);王长希(中山大学附属第一医院);王恒林(解放军总医院第八医学中心);王强(西安交通大学第一附属医院);王志萍(无锡市人民医院);吴建永(浙江大学医学院附属第一医院);薛富善(首都医科大学附属北京友谊医院);薛武军(西安交通大学第一附属医院);杨璐(中山大学附属第一医院);于涛(解放军总医院第八医学中心);朱志军(首都医科大学附属北京友谊医院);张梁(首都医科大学附属北京友谊医院);张亚军(中日友好医院);赵晶(中日友好医院)

## 参 考 文 献

- Pritts CD, Pearl RG. Anesthesia for patients with pulmonary hypertension[J]. *Curr Opin Anesthesiol* 2010, 23(3):411-416.
- 胡春晓,王谦,王雁娟,等. 肺移植麻醉中血流动力学监测的临床研究[J]. *临床麻醉学杂志*, 2010, 26(11):950-952.
- Baez B, Castillo M. Anesthetic considerations for lung transplantation[J]. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2008, 12(2):122-127.
- Nicoara A, Anderson-Dam J. Anesthesia for lung transplantation[J]. *Anesthesiol Clin*, 2017, 35(3):473-489.
- Denault A, Deschamps A, Tardif JC, et al. Pulmonary hypertension in cardiac surgery[J]. *Curr Cardiol Rev*, 2010, 6(1):1-14.
- Sellers D, Cassar-Demajo W, Keshavjee S, et al. The evolution of anesthesia for lung transplantation[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(3):1071-1079.
- Meineri M. Intraoperative transesophageal echocardiography for thoracic surgery [M]//Principles and practice of anesthesia for thoracic surgery. New York: Springer, 2011:277-296.
- Della Rocca G, Brondani A, Costa MG. Intraoperative hemodynamic monitoring during organ transplantation: what is new? [J]. *Curr Opin Organ Transplant*, 2009, 14(3):291-296.
- Tulin A, Aynur O, Mehmet D, et al. Management of anesthesia during lung transplantations in a single Turkish center[J]. *Archives of Iranian Medicine*, 2016, 19(4):262-268.
- Wu Q, Zhang HA, Liu SL, et al. Is tranexamic acid clinically effective and safe to prevent blood loss in total knee arthroplasty? A meta-analysis of 34 randomized controlled trials[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2015, 25(3):525-541.
- Singbartl G. Pre-operative autologous blood donation: clinical parameters and efficacy[J]. *Blood Transfus*, 2011, 9(1):10-18.
- Ando Y, Terao Y, Fukusaki M, et al. Influence of low-molecular-weight hydroxyethyl starch on microvascular permeability in patients undergoing abdominal surgery: comparison with crystalloid[J]. *J Anesth*, 2008, 22(4):391-396.
- Lew E, Tagore S. Implementation of an obstetric cell salvage service in a tertiary women's hospital[J]. *Singapore Med J*, 2015, 56(8):445-449.
- Sessler DI. Complications and treatment of mild hypothermia[J]. *Anesthesiology*, 2001, 95(2):531-543.
- Dong L, Mizota T, Tanaka T, et al. Off-pump bilateral cadaveric lung transplantation is associated with profound intraoperative hypothermia[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2016, 30(4):924-929.
- Chowdhury MA, Moza A, Siddiqui NS, et al. Emergent echocardiography and extracorporeal membrane oxygenation: Lifesaving in massive pulmonary embolism[J]. *Heart Lung*, 2015, 44(4):344-346.
- Lim JH, Hwang HY, Yeom SY, et al. Percutaneous extracorporeal membrane oxygenation for graft dysfunction after heart transplantation[J]. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 47(2):100-105.
- Swamy MC, Mukherjee A, Rao LL, et al. Anaesthetic management of a patient with severe pulmonary arterial hypertension for renal transplantation[J]. *Indian J Anaesth*, 2017, 61(2):167-169.
- 胡春晓,许波,王志萍,等. 特发性肺动脉高压患者肺移植围手术期应用体外膜肺氧合的临床效果[J]. *中华器官移植杂志*, 2017, 38(5):267-271.
- Ius F, Kuehn C, Tudorache I, et al. Lung transplantation on cardiopulmonary support: venoarterial extracorporeal membrane oxygenation outperformed cardiopulmonary bypass[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 144(6):1510-1516.
- Todd EM, Roy SB, Hashimi AS, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to lung transplantation: A single-center experience in the present era[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154(5):1798-1809.
- Rabanal JM, Real MI, Williams M. Perioperative management of pulmonary hypertension during lung transplantation (a lesson for other anaesthesia settings) [J]. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*, 2014, 61(8):434-445.

(收稿日期:2019-12-26)

(本文编辑:杨扬)