

# 中国肺移植供体标准及获取转运指南

中华医学学会器官移植学分会 国家肺移植质量管理与控制中心

**【摘要】** 2015 年我国供肺利用率仅约 5%。从器官获取组织 (OPO) 进行供肺协调、初步评估和维护, 到供肺获取直至最后经民航、高速公路、高铁转运完成肺移植, 每一环节都相当艰难。许多初评合格的供肺, 由于缺乏有效的维护而无法用于移植。因此, 我们组织专家制订我国肺移植供体标准及获取转运指南, 从我国肺移植供肺捐献的分类、供肺选择标准、供肺维护策略、供肺获取流程、供肺转运流程等方面, 总结我国肺移植的临床实践经验, 希望能为肺移植相关临床科室提供工作指引。

**【关键词】** 肺移植; 供肺维护; 供肺获取; 供肺转运; 心脏死亡器官捐献 (DCD) 供体; 脑死亡器官捐献 (DBD) 供体; 脑 - 心双死亡器官捐献 (DBCD) 供体

**【中图分类号】** R617, R563 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2018) 05-0001-09

肺移植是目前治疗终末期肺病唯一有效的办法。2015 年以来公民心脑死亡器官捐献供体已成为我国器官移植的唯一供肺来源, 我国的器官捐献体系已逐渐与国际移植接轨, 我国的器官移植目前处于快速发展时期。根据中国肺移植注册系统数据, 2017 年我国共上报肺移植手术 299 例, 相比 2016 年增加 95 例 (46.6%)。目前, 国际上供肺短缺、原发性移植植物功能障碍 (primary graft dysfunction, PGD) 的发生已有不同程度的缓解<sup>[1]</sup>, 但由于我国器官捐献仍处于初级阶段, 许多潜在供肺缺乏有效维护, 供肺质量一般, 无法达到理想供肺的标准, 利用这类供肺去拯救濒危的患者, 术后管理难度明显增大<sup>[2]</sup>。2013 年美国供肺利用率约 20%<sup>[3]</sup>, 而 2015 年我国供肺利用率仅约 5%<sup>[4]</sup>。供体被判定脑死亡后, 移植科医师才能进行供肺评估决定肺脏能否使用, 即使在家属签字同意捐献器官后仍存在许多不确定因素。从器官获取组织 (Organ Procurement Organization, OPO) 进行供肺协调、初步评估和维护, 到供肺获取直至最后民航、高速公路、高铁转运完成肺移植, 每一环节都相

当艰难。许多初评合格的供肺, 由于缺乏有效的维护而无法用于移植。因此, 我们组织专家制订我国肺移植供体标准及获取转运指南。结合我国的临床实践经验, 希望能为肺移植相关临床科室提供工作指引。

本指南中涉及的诊治策略大多有循证医学证据支持。根据循证医学证据的质量等级标准分为: 1 级为多个随机对照试验的系统综述; 2 级为单个随机对照试验; 3 级为单个队列试验或病例对照试验; 4 级为多个非试验性研究、专家意见、描述性研究。本指南中的推荐意见的推荐等级分为: A 级为高质量循证医学证据支持; B 级为中等质量循证医学证据支持; C 级为低质量循证医学证据支持, 或该治疗的不良反应大于其疗效; D 级为中等质量循证医学证据反对; E 级为高质量循证医学证据反对<sup>[5]</sup>。

## 1 我国肺移植供肺捐献的分类

目前, 全球的供肺来源分为 3 种: 脑死亡器官捐献 (donation after brain death, DBD) 供体、心脏死亡器官捐献 (donation after cardiac death, DCD)

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2018.05.001

基金项目: 中国人体器官捐献管理中心人体器官捐献专项研究课题; 江苏省科教强卫工程青年医学重点人才项目 (QNRC2016193)

执笔作者单位: 214023 江苏无锡, 南京医科大学附属无锡市人民医院胸外科暨肺移植中心 (陈静瑜、毛文君、刘东、赵晋、丁浩); 中日医院 (陈静瑜、马千里)

通讯作者: 陈静瑜, 男, 1963 年生, 主任医师, 研究方向为胸外科, Email: chenjingyu333@sina.com

供体及脑 - 心双死亡器官捐献 (donation after brain death plus cardiac death, DBCD) 供体。

DCD 供体根据马斯特里赫特 (Maastricht) 标准分为 5 类：I 类为供体到达医院时宣布死亡；II 类为心肺复苏后宣布供体死亡；III 类为撤除生命支持措施后等待心脏死亡；IV 类为脑死亡后呼吸停止、心脏停搏；V 类为住院患者的心脏停搏。依据《中国心脏死亡器官捐献分类标准》，我国器官捐献分为 3 类：I 类为 DBD；II 类国际标准化 DCD，包括 Maastricht 分类标准 I ~ IV 类 DCD；III 类为 DBCD，类似于 Maastricht 分类标准 IV 类，即脑死亡后停用生命支持措施，呼吸停止、心脏停搏后的供体<sup>[6]</sup>。

我国 DBD 依据国家卫生和计划生育委员会脑损伤质控评价中心制定的《脑死亡判定标准与技术规范(成人质控版)<sup>[7]</sup>》，由第三方判定为脑死亡，由家属签署停止一切治疗（包括停止呼吸机）的知情同意书以及标准化的《脑死亡自愿无偿器官捐献申请书》，在获得有关部门批准后开展器官获取。

我国 DCD 依据中华医学会器官移植学分会制定的《中国心脏死亡器官捐献工作指南》<sup>[8]</sup>，确定潜在供体。潜在的器官捐献者条件包括：（1）需要机械通气或循环支持的严重神经损伤和（或）其他器官衰竭，参考美国器官资源共享网络（United Network for Organ Sharing, UNOS）评估标准进行初步评估；（2）家属提出撤除支持治疗申请（家属指配偶、成年子女、父母，或患者通过法律途径正式授权的委托人）。

我国 DBCD 采取脑 - 心双死亡判断标准，供体发生 DBD 后，如果供体家属认可脑死亡，供体按 DBD 流程处理，否则进行 DBCD 判断。

器官捐献协调员成功开展劝捐工作后，在家属充分理解器官捐献后同意捐献器官，相关专家根据人体器官捐献试点工作方案的通知，由家属签署停止一切治疗（包括停止呼吸机）的知情同意书，依据“器官捐献人的近亲属书面同意，且死者生前未有不同意捐献表示”的原则与家属签署《心脑死亡自愿无偿器官捐献知情同意书》。然后才能启动人体器官捐献。

## 2 供肺选择标准

DBCD 供体的供肺并不一定适合移植。脑外伤是常见的脑死亡原因，可合并肺实质或支气管损伤，

颅内压的升高也可引起神经源性肺水肿；在昏迷状态下，可能由于误吸胃内容物引起化学性肺损伤；在重症监护室（intensive care unit, ICU）救治的过程中，一些患者常发生院内获得性肺炎（hospital acquired pneumonia, CAP）及呼吸机相关肺炎（ventilation associated pneumonia, HAP），随着有创机械通气时间延长，CAP 及 HAP 的发生率也随之升高。这些均可导致供肺捐献失败。对于供肺选择，除大小、血型等相匹配外，早期国外许多中心依据理想供肺标准进行评估，但随着肺移植学科的发展，近年来边缘性供肺也被广泛应用于临床肺移植。

根据我国供肺特点，需要制定理想供肺标准及可接受供肺标准。

理想供肺标准如下：

- (1) ABO 血型相容；
- (2) 年龄 <60 岁；
- (3) 吸烟史 <400 支 / 年；
- (4) 持续机械通气 <1 周；
- (5) 动脉血氧分压 (partial pressure of oxygen, PaO<sub>2</sub>) / 吸入氧浓度 (fraction of inspiration O<sub>2</sub>, FiO<sub>2</sub>) > 300 mmHg [呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP) = 5 cmH<sub>2</sub>O, 10 mmHg=1.33 kPa, 1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa]；
- (6) 胸片显示肺野相对清晰；
- (7) 支气管镜检查各气道腔内相对干净；
- (8) 痰液病原学无特别致病菌。

可接受供肺的标准如下<sup>[9]</sup>：

- (1) ABO 血型相容；
- (2) 年龄 <70 岁；
- (3) 吸烟史 <400 支 / 年；
- (4) 呼吸机时间不作为硬性要求；
- (5) PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>>250 mmHg (PEEP=5 cm H<sub>2</sub>O)；
- (6) 胸片肺野内有少量到中等量的渗出影；
- (7) 供、受体大小匹配度可以根据具体情况进行供肺减容或肺叶移植；
- (8) 胸部外伤不作为排除标准；
- (9) 如存在轻微的误吸或者脓毒症经治疗维护后改善，供肺不作为排除标准；
- (10) 如气道内存在脓性分泌物经治疗维护后有改善，供肺不作为排除标准；
- (11) 供肺痰标本细菌培养药敏排除泛耐药或者全耐药的细菌；

(12) 供体不能有基础性肺疾病（如活动性肺结核、肺癌），但支气管哮喘是可以接受的；

(13) 多次维护评估后不合格的供肺获取后经离体肺灌注修复后达标；

(14) 冷缺血时间≤12 h（原则上）。

**推荐1：首选ABO血型相容的供、受体（1A）。**

**推荐2：**只有在没有血型相容供体，且受体病情严重，需要紧急肺移植，不允许等待DBD或DCD时才可考虑血型不相容肺移植，且应充分告知风险并同时进行相应处理措施（1A）。

**推荐3：**边缘性供肺的使用并不影响肺移植术后的远期预后（1A）。

**推荐4：**体外肺灌注修复系统可以改善非理想供肺的质量，修复后对此类供肺进行再次评估，可以增加供肺的数量（1B）。

## 2.1 年 龄

回顾性队列的数据分析显示，供体年龄18~64岁，术后1年内移植失败率无显著增加，因此目前倾向于供体年龄18~64岁<sup>[10]</sup>。对于不在此年龄段的供肺，仍应进行其他项目的评估。建议可接受的年龄在70岁以下。

**推荐5：**使用年龄18~64岁的供体进行肺移植，与受体早期移植失败无关，而年龄>65岁的供体，移植风险增加且术后并发症发生率较高（1A）。

**推荐6：**老年供肺与高龄受体的匹配可能是提高供肺利用率的合理方式（1B）。

## 2.2 吸烟史

与接受不吸烟供体的供肺相比，接受有吸烟史供体的供肺，受体术后存活率略有降低。但是，如果供体的吸烟指数<200支/年，受体的术后生存率无显著影响<sup>[11]</sup>，如果供体既往吸烟指数<400支/年，或死亡前已经戒烟10年及以上，既往吸烟史不是供肺的排除标准。

## 2.3 纤维支气管镜检查及呼吸道微生物学

在确定为潜在供体后，常规行纤维支气管镜（纤支镜）检查，及时有效地吸净供体气道分泌物，防止肺部感染或肺不张，并对痰液进行微生物培养，若细菌培养阳性，则进行药敏试验，选取敏感抗生素控制感染。细菌培养发现泛耐药或者全耐药的细菌，放弃使用。国外的供肺评估提示，恰当使用抗铜绿假单胞菌和金黄色葡萄球菌的抗生素预防供肺感染，供体传播感染的风险可忽略不计<sup>[12]</sup>。因此纤支镜下

可吸净的适量痰液和微生物培养阳性，不是拒绝供肺的标准。若纤支镜检查发现有严重的气管炎或支气管炎，特别是脓液被吸出后仍从段支气管的开口涌出，提示供肺有严重肺炎，无法使用。

**推荐7：纤支镜检查还需特别注意供肺的解剖学异常（1A）。**

## 2.4 胸部影像学

单独根据胸部影像学选择供体的研究较少，仍需综合评估，一般要求X线胸片肺野相对清晰，排除严重感染及误吸，排除严重胸部外伤及心、肺大手术史。胸部CT未见明显占位或严重感染。

**推荐8：X线胸片是供肺的最基本检查，而胸部CT可以提供更准确的评估信息（未分级）。**

## 2.5 动脉血气分析

动脉血气分析能基本反映供肺氧合情况，导致该指标下降的原因包括外伤、感染、肺水肿等。因此，一般要求在FiO<sub>2</sub>100%、PEEP5cmH<sub>2</sub>O的呼吸机支持条件下约30min，PaO<sub>2</sub>>300mmHg，即PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>>300mmHg是基本要求。尤其注意，在获取供肺前每2h进行1次动脉血气分析，如果动脉血气不达标，在宣布此肺不合格之前，应通气充足，气管内插管位置正确，潮气量足够，同时经纤支镜吸净气道分泌物以排除大气道内分泌物阻塞，只有在排除上述影响因素、充分通气和维持最佳体液平衡等措施后，如果PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub><250mmHg，才能作出供肺不适合移植的结论。

**推荐9：外周动脉血PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub><300mmHg的常见原因可能是肺不张、肺水肿或黏液堵塞等可逆性疾病，因此需通过X线胸片及纤支镜排除上述可能因素后重新行动脉血气分析（1A）。**

## 2.6 供肺大小与胸廓容量估计

肺是人体内唯一随着所在空间而塑形的器官。相对来说，肺纤维化受体的膈肌的位置上提、胸廓内容积显著缩小，而肺气肿受体膈肌下降、肋间隙增宽，胸廓内容积显著增加。因此，受体的选择需要综合考虑原发病的因素。尽管术后早期2周内受体膈肌、胸壁会在一定范围内逐渐与新的移植肺达到一定程度的适应，但不建议超大容积的供肺予以小胸腔受体。

**推荐10：对于肺总容积的估测，与体格检查及X线胸片测量相比，胸部CT可以为肺部大小匹配提供更准确的预测价值（1B）。**

**推荐 11:** 对于非肺气肿受体，超大供肺可以显著增加双肺移植后原发性移植物失功的风险（2B）。

## 2.7 冷缺血时间

随着肺移植技术的发展，冷缺血时间一般在 8 h 内，可延长至 12 h<sup>[13-20]</sup>。

**推荐 12:** 一定时间内（8 h 以内）供肺冷缺血时间的延长，不会导致肺移植受体 PGD 的发生率升高，受体的生存率并没有显著下降，可以让供肺在全国范围内进行跨区域分配（1A）。

## 3 供肺维护策略

供肺的评估 - 维护 - 再评估是多学科协作的整体过程<sup>[21]</sup>，旨在发现适合移植的潜在供肺，提高捐献器官的使用率；同时发现不适合作为潜在供肺的证据，避免盲目扩大边缘性供肺影响移植的近期及远期效果，减少医疗资源浪费。供肺进入评估流程时，均接受气管插管机械通气。因此，ICU 医护人员和供肺获取专家，应尽可能提前供肺维护，使更多供肺最终进入可用之列。

### 3.1 积极抗感染治疗

我国捐献供肺的主要来源是脑死亡，在脑死亡供肺中，神经源性肺水肿（neurogenic pulmonary edema, NPE）发生率高，出现 NPE 后极易发生肺部感染，同时肺水肿会引起肺泡弥散功能下降，导致低氧血症<sup>[22-23]</sup>。另外，长期插管卧床，亦常引起坠积性肺炎合并感染发生。故早期、积极的预防性抗感染治疗是必要的。

**推荐 13:** 供肺带有病原体是常态，病原体培养阴性的供肺较少。选用敏感抗生素，加强术后处理，仍能够获得较满意的移植效果（1B）。

**推荐 14:** 留取合格下呼吸道标本后，可预防性使用广谱抗生素及抗真菌药物，其后再根据痰涂片及微生物培养结果进行调整（1A）。

### 3.2 加强气道管理

适量翻身、拍背，每日行纤支镜检查及吸痰，清理气道，吸净支气管分泌物，确保肺扩张良好，尤其是防止肺下叶不张，经常进行 X 线胸片检查和血气分析。

**推荐 15:** 有效清除气道分泌物比积极抗感染治疗更为重要，应每 2 h 进行 1 次吸痰，必要时可行纤支镜吸痰（1A）。

**推荐 16:** 如气道分泌物吸净后短期纤支镜下再次看到脓性分泌物涌出，则应放弃该供肺（1B）。

**推荐 17:** 如气道中发现水样分泌物则应积极与 ICU 医师沟通，尽量减轻肺水肿等因素导致的肺功能恶化（1A）。

### 3.3 液体管理

对于 ICU 医师来说，DBD 供体的液体管理极具挑战性。不同的 OPO 小组对于供体的管理要求差异性大，例如肾脏组要求供体给予充足的液体，维持肾脏的血流灌注，而肝脏组要求尽量限制液体入量<sup>[24]</sup>，减少晶体量，提高胶体比例，循环稳定的情况下尽量负平衡<sup>[25]</sup>，控制中心静脉压（central venous pressure, CVP）<10 cmH<sub>2</sub>O，必要时行持续性肾脏替代治疗（CRRT），要控制供体血液动力学处于稳定状态，避免或减轻容量负荷过重和肺水肿。

**推荐 18:** 以前的研究表明，4~6 cmH<sub>2</sub>O 的 CVP 是肺保存的最佳选择。CVP 为 8~10 cmH<sub>2</sub>O 则有助于肺泡 - 动脉氧分压差增加。故建议当仅获取腹部器官时，维持 CVP 为 10~12 cmH<sub>2</sub>O<sup>[26-27]</sup>；仅获取肝脏时，维持 CVP<8 cmH<sub>2</sub>O；如果同时获取腹部器官和肺部，则维持 CVP 为 8~10 cmH<sub>2</sub>O（1B）。

**推荐 19:** 虽暂无临床试验验证<sup>[24]</sup>，但从生理学的角度来看，肺移植供体复苏时建议输注胶体液，以最大限度地减少肺水肿（4A）。

### 3.4 保护性通气

供体维护要注重呼吸机的有效管理，采用保护性肺通气策略。维持一定的潮气量、PEEP 及间断肺复张（每日至少 1 次）可以防止肺不张及肺泡萎陷，这对于呼吸停止的患者尤为重要，另需定时监测 PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 及肺顺应性以评估供肺状态。

**推荐 20:** FiO<sub>2</sub> 应控制在 40% ~ 50%，潮气量为 6~8 mL/kg，避免潮气量过大引起肺泡损伤<sup>[28-29]</sup>。保持 PEEP 为 6~8 cmH<sub>2</sub>O，可防止肺泡萎陷，对于膨胀不全的供肺在每次吸痰后均应短时间内增加潮气量及 PEEP，使萎陷的肺泡重新开放，改善氧合（1A）。

### 3.5 获取前激素的应用

脑死亡导致下丘脑 - 垂体轴功能障碍，抗利尿激素分泌不足，肾上腺功能不全和甲状腺功能减退。这些情况会加剧休克<sup>[30]</sup>。

**推荐 21:** 脑死亡早期由于抗利尿激素分泌不足易引发尿崩症，导致严重的低血容量和高钠血症。相对于补充容量，建议使用血管加压素（100~200 mU/h），可以更容易地保持适当的尿量（1A）<sup>[31]</sup>。

**推荐 22:** 糖皮质激素对儿茶酚胺有很好的允许作用,有利于维持循环血量,还可以通过减轻与脑死亡相关的炎症反应、减轻肺水肿来优化供体肺功能<sup>[32-33]</sup>。故建议在潜在肺移植供体中,常规早期使用甲泼尼龙(15 mg/kg) (1A)<sup>[31]</sup>。

**推荐 23:** 暂不建议甲状腺激素的常规给药(1B)<sup>[34]</sup>。

## 4 供肺获取流程

在取得家属肺脏捐献的同意签字、确定供肺能使用后,OPO 进行网络分配供肺,移植医院供肺获取小组在 OPO 协调员的帮助下,进行供肺的维护、评估,供肺维护后,如果符合获取标准,经过供肺所在的 OPO 协调,明确多脏器获取的时间各团队统一进行多脏器获取。

### 4.1 心肺原位灌注获取

供体仰卧位,常规消毒铺巾,胸骨正中切口,逐层切开皮肤、皮下组织,分离剑突下,锯开胸骨进胸,剪开心包,肺动脉根部荷包缝合。充分打开心包,若心肺均拟获取采用,则游离上、下腔静脉上阻断带,游离升主动脉和肺动脉圆锥,牵开上腔静脉和主动脉,升主动脉插入常规心脏停搏灌注管。在主肺动脉根部插入肺灌注管,将 500 μg 前列腺素 E<sub>1</sub>(prostaglandin E<sub>1</sub>, PGE<sub>1</sub>)注入肺动脉。剪断下腔静脉、左心耳,夹闭升主动脉,行心脏、双侧肺灌注,同时胸腔放置冰生理盐水降温处理(图 1)。

心肺获取在剪开下腔静脉时,注意给腹部肝脏获

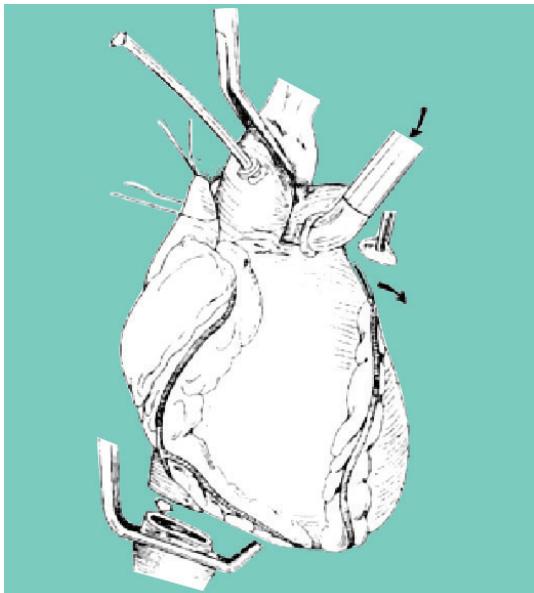


图 1 供肺灌注示意图

Figure 1 Diagram of donor lung perfusion

取留下下腔静脉的空间,灌注时呼吸机持续通气。

### 4.2 逆行灌注

准备 4℃ 的灌注液,每升加入 PGE<sub>1</sub> 125 μg,每袋悬挂高于手术床 30 cm 以保持一定的灌注压力。采用 4 L 灌注液交替进行双侧肺灌注(50~60 mL/kg)。灌注时机械通气维持 FiO<sub>2</sub> 50%,潮气量 10 mL/kg,PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O,同时用冰屑覆盖肺表面降温,灌至双肺完全发白。在主动脉钳闭处下方切断主动脉,在结扎处离断上腔静脉,关闭气管,整体取下心肺后体外分离心脏。若心脏不适于获取采用,也可肺动脉插管,阻断肺动脉近心端,剪开左心耳,然后逆行灌注,参数如前述。

**推荐 24:** 器官保存液建议使用低钾右旋糖酐液(low potassium dextran solution, LPD 液)或 Ceilsor 液,许多研究表明相对于细胞内液,LPD 液可降低围手术期 PGD 的发生率以及术后 30 d 病死率(1A)<sup>[35-36]</sup>。

**推荐 25:** 建议保存液的灌注压为 10~15 mmHg<sup>[37]</sup>。过高或过低的灌注压不利于完全、均匀的灌注(1A)。

### 4.3 心肺分离技术

内心肺整体获取后,将心肺整体转运至操作台上分离,在肺动脉圆锥水平肺动脉起始部切断肺动脉,将心脏轻轻提起偏向右肺一侧,暴露左侧的上下肺静脉,在左下肺静脉的下缘左心房侧剪一小口,然后沿左心房向上剪,注意留下一侧完整的左心房袖,心房修剪的最基本标准是左上下肺静脉要连在一起,且带上部分左房袖(图 2)。获取时避免将心脏牵拉太紧,沿肺静脉剪,会导致切断左下肺静脉,肺静脉

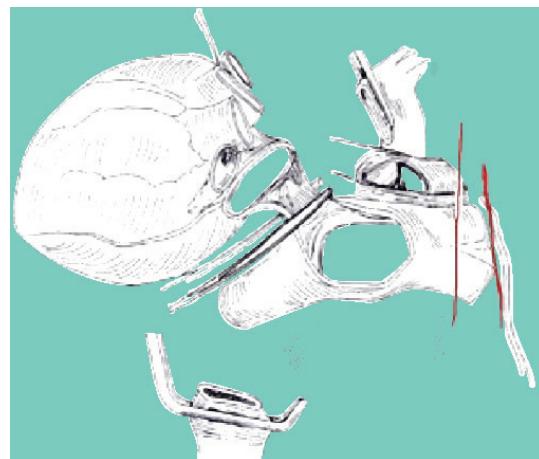


图 2 心肺分离示意图(保留供肺心房袖)

Figure 2 Diagram of cardiopulmonary separation (preservation of atrial sleeve of donor lung)

回缩至肺实质内，导致供肺无法利用，无法完成吻合。也有部分中心心肺在供体原位灌注结束后在供体体内原位分离心肺，方法同上。

**推荐 26：建议灌注时呼吸机通气水平为总肺活量的 50%（1A）。**

**推荐 27：建议通气氧浓度为 50%（1A）。**

#### 4.4 逆行灌注

心肺分离后进行逆行灌注即从左房袖或肺静脉灌注液体，从肺动脉中流出。在动物和人体模型中，逆行灌注后的供肺表现出更好的氧合作用与肺顺应性，较低的气道压力和更有效的血栓清除效果<sup>[38-39]</sup>。将 1 L 的灌注液连接一根带球囊的导尿管，球囊充盈 4~5 mL，以确保能插入上、下肺静脉内阻塞管口，从一侧上下肺静脉内分别灌注，每条肺静脉大约使用灌注液 250 mL，共需用灌注液 1 L，逆行灌注时可以轻轻挤压肺组织，肺动脉仍可见到有少量微小血块灌洗出。直至肺动脉流出的灌注液清亮为止。最后使用 4 层塑料袋以保证安全和保持无菌，将肺浸在 3 L 的 4 °C 灌注液中放入装有冰块的保温箱中运送。

#### 4.5 左、右肺分离修整

左、右单侧供肺如果在不同的移植中心使用，供肺可在获取现场立刻进行左、右肺的分离，把供肺放入无菌袋中，浸泡在 0~4 °C 的灌注液中，无菌袋外层用无菌冰冷却。分别转运至受体医院，否则左、右肺整体转运至移植医院再进行分离修整。

**修整前处理：**如果供肺在切除后灌注不充分，

可再次用灌注液进行顺行灌注或者逆行灌注。

**分离左、右肺：**供肺表面用浸泡了灌注液的纱布覆盖表面，双肺按解剖位置放置，稍微向两侧分开。先剪开左心房后的心包，然后在左心房后壁中间位置剪开，把左心房分成左、右肺心房袖。然后向上从肺动脉分叉处分开左、右肺动脉。解剖出左主支气管，靠近隆突位置，用切割缝合器离断左主支气管，将双肺分成左、右肺，分别进行修整。

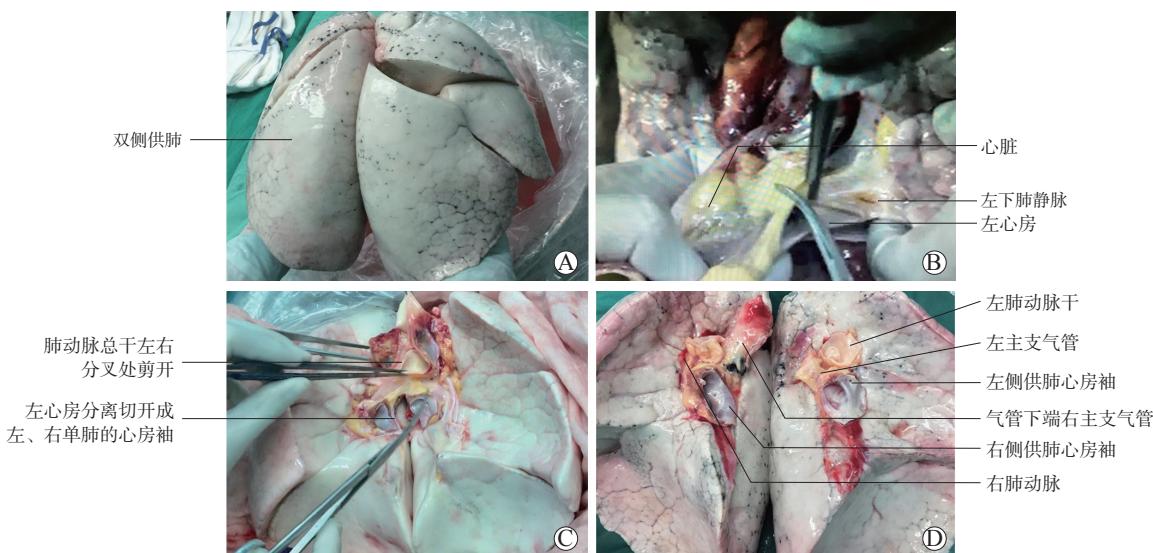
**修整左、右肺：**修整顺序按照肺动脉、肺静脉及左房袖、支气管的顺序来进行。分离肺动脉的鞘膜至肺动脉第一支，贴近肺静脉分离肺静脉与支气管之前的结缔组织，尽量保留支气管周围的结缔组织，保证支气管的血供。修剪支气管周围过多的结缔组织，保留贴近支气管的结缔组织。然后用超声刀对肺门及下肺韧带部位进行止血。修剪后供肺如图 3 所示。

**推荐 28：大多数中心将肝脏保存温度定为 4~8 °C。虽有研究表明，最佳储存温度为 10 °C<sup>[40]</sup>。由于担心较高的保存温度可能对肺产生不利影响，故仍建议保存温度为 4 °C（1A）。**

**推荐 29：冷缺血时间一般 <8 h，质量较好供肺可适当延长至 10~12 h（1A）。**

### 5 供肺转运流程

肺移植手术大多为急诊手术，肝脏冷缺血时间过长可能导致供肺质量下降甚至不能使用，供肺一般必须在 6~8 h 内到达受体医院，部分供肺需要跨



A 图为双侧供肺；B 图为心肺分离；C 图为双肺分离成左、右单肺；D 图为修剪后的左、右供肺

图 3 修剪后的供肺示意图

Figure 3 Diagram of pruned donor lung

省转运，因此转运过程需要大量的人力、物力和社会资源支持。

目前国家器官移植供体转运绿色通道已经开通，在确定获取供体后，由OPO立即报备有关部门，如民航、高铁等部门，绿色通道立即响应，尽量缩短供体转运时间，确保供肺在合理时间内到达受体移植医院（图4）。

外地转运提前做好准备，注意车接、车送的地点安排，高铁可直接上车。多家民航可随时致电客服申请携带器官乘机，携带器官的医师需出示活体器官运输证明材料，包括医院身份证明、介绍信、捐献器官无传染性证明，转运人体捐献器官航班可以优先起飞。航空公司开通了人体捐献器官转运绿色通道，器官转运可拨打电话或在机场值机柜台办理，并有安排专人联系沟通、协调机场安检快速通道、协助旅客快速登离机、做好现场运行和地面服务保障、灵活调整任务航班时刻、协助做好器官客舱存放等全流程各环节工作，增加器官转运的迅捷性。

## 6 小结

随着我国肺移植技术的成熟、供肺评估的流程化、供肺获取的熟练化及转运的便捷化，通过接受肺移植手术的受益人群将不断扩大。因此，需要我们继续完善供肺保存技术、提高边缘性供肺的修复技术，延长供肺保存时间，才能不断提高供肺质量，提高手术成功率，改善受体生存率。

### 执笔作者：

陈静瑜 毛文君 马千里 刘东 赵晋 丁浩

### 专家组成员：

陈静瑜 南京医科大学附属无锡市人民医院，江苏省肺移植中心，国家肺移植质量管理与控制中

心挂靠单位；中日医院

陈文慧 中日医院

姜格宁 上海市肺科医院

梁朝阳 中日医院

李 辉 北京朝阳医院

孔祥荣 天津市第一中心医院

张临友 哈尔滨医科大学附属第二医院

何文新 上海市肺科医院

吴 波 南京医科大学附属无锡市人民医院

许红阳 南京医科大学附属无锡市人民医院

韩威力 浙江大学医学院附属第一医院

柯 立 安徽省立医院

陈 椿 福建医科大学附属协和医院

魏 立 河南省人民医院

程 才 华中科技大学附属同济医院

林慧庆 武汉大学人民医院

陈名久 中南大学湘雅二医院

徐 鑫 广州医科大学附属第一医院

巨春蓉 广州医科大学附属第一医院

车国卫 四川大学华西医院

胡春晓 南京医科大学附属无锡市人民医院

曹 彬 中日医院

毛文君 南京医科大学附属无锡市人民医院

李小杉 南京医科大学附属无锡市人民医院

### 参考文献：

- [1] NATHAN SD. The future of lung transplantation [J]. Chest, 2015, 147(2): 309-316. DOI: 10.1378/chest.14-1748.
- [2] 陈静瑜. 肺移植供体肺的维护及获取 [J]. 武汉大学学报(医学版), 2016, 37(4): 540-542. DOI: 10.14188/j.1671-8852.2016.04.006.
- CHEN JY. The maintenance and acquisition of donor lung in lung transplantation [J]. Med J Wuhan Univ, 2016,

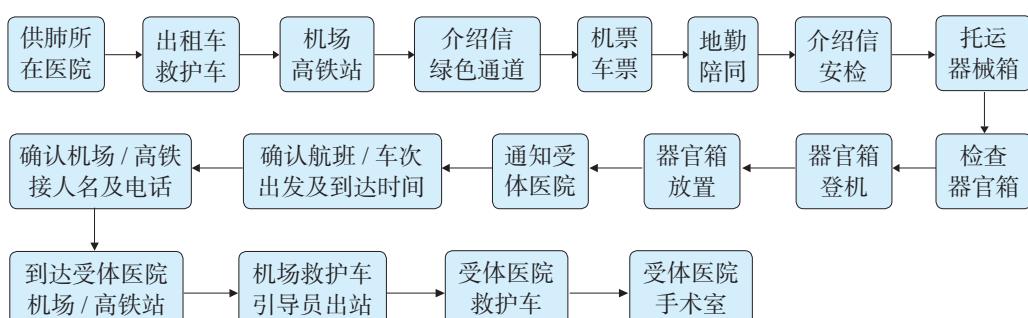


图4 供肺转运流程图

Figure 4 Flow chart of donor lung transport

- [3] VALAPOUR M, SKEANS MA, HEUBNER BM, et al. OPTN/SRTR 2013 annual data report: lung [J]. Am J Transplant, 2015, 15(Suppl 2): 1-28. DOI: 10.1111/ajt.13200.
- [4] 毛文君, 陈静瑜. 中国肺移植面临的困难及对策 [J/CD]. 中华胸部外科电子杂志, 2016, 3(1): 1-6. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-8773.2016.01.001.  
MAO WJ, CHEN JY. Difficulties and countermeasures of lung transplantation in China [J/CD]. Chin J Thorac Surg, 2016, 3(1): 1-6. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-8773.2016.01.001.
- [5] 中华医学会器官移植学分会, 中国医师协会器官移植医师分会. 中国活体供肾移植临床指南 (2016 版) [J]. 器官移植, 2016, 7(6): 417-426. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2016.06.002.  
Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association, Branch of Organ Transplant Physician of Chinese Medical Doctor Association. Clinical guideline on living donor renal transplantation in China (2016 Edition)[J]. Organ Transplant, 2016, 7(6): 417-426. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2016.06.002.
- [6] 卫生部医管司. 卫生部办公厅关于启动心脏死亡捐献器官移植试点工作的通知: 中国心脏死亡器官捐献分类标准 [EB/OL]. [2011-05-03]. <http://www.nhfpc.gov.cn/yzygj/s3586q/201105/03ddc86c0d974c058832807f7414d596.shtml>.
- [7] 国家卫生和计划生育委员会脑损伤质控评价中心. 脑死亡判定标准与技术规范 (成人质控版) [J]. 中华神经科杂志, 2013, 46(9): 637-640. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2013.09.015.  
Brain Injury Evaluation Quality Control Centre of National Health and Family Planning Commission. Judgment criteria and technical regulations of cerebral death (Adult quality control Edition) [J]. Chin J Neurol, 2013, 46(9): 637-640. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2013.09.015.
- [8] 中华医学会器官移植学分会. 中国心脏死亡器官捐献工作指南 (第 2 版) [J]. 中华器官移植杂志, 2011, 32(12): 756-758. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2011.12.014.  
Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Work guideline of donation after cardiac death in China (2<sup>nd</sup> Edition)[J]. Chin J Organ Transplant, 2011, 32(12): 756-758. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2011.12.014.
- [9] SNELL GI, PARASKEVA M, WESTALL GP. Donor selection and management [J]. Semin Respir Crit Care Med, 2013, 34(3): 361-370. DOI: 10.1055/s-0033-1348464.
- [10] BALDWIN MR, PETERSON ER, EASTHAUSEN I, et al. Donor age and early graft failure after lung transplantation: a cohort study [J]. Am J Transplant, 2013, 13(10): 2685-2695. DOI: 10.1111/ajt.12428.
- [11] BONSER RS, TAYLOR R, COLLETT D, et al. Effect of donor smoking on survival after lung transplantation: a cohort study of a prospective registry [J]. Lancet, 2012, 380(9843): 747-755. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60160-3.
- [12] CHANEY J, SUZUKI Y, CANTU E 3RD, et al. Lung donor selection criteria [J]. J Thorac Dis, 2014, 6(8): 1032-1038. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.03.24.
- [13] 王振兴, 陈静瑜, 郑明峰, 等. 肺移植供肺获取 100 例: 冷缺血时间 >6 h 及肺减容对预后的影响 [J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(5): 835-838. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8225.2012.05.018.  
WANG ZX, CHEN JY, ZHENG MF, et al. 100 cases of lung harvesting for lung transplantation: effect of cold ischemia time >6 hours and lung volume reduction on prognosis[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2012, 16(5): 835-838. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8225.2012.05.018.
- [14] GAMMIE JS, STUKUS DR, PHAM SM, et al. Effect of ischemic time on survival in clinical lung transplantation [J]. Ann Thorac Surg, 1999, 68(6): 2015-2020.
- [15] ORENS JB, BOEHLER A, DE PERROT M, et al. A review of lung transplant donor acceptability criteria [J]. J Heart Lung Transplant, 2003, 22(11): 1183-1200.
- [16] STUDER SM, ORENS JB. Cadaveric donor selection and management [J]. Semin Respir Crit Care Med, 2006, 27(5): 492-500.
- [17] VAN RAEMDONCK D, NEYRINCK A, VERLEDEN GM, et al. Lung donor selection and management [J]. Proc Am Thorac Soc, 2009, 6(1): 28-38. DOI: 10.1513/pats.200808-098GO.
- [18] MULVIHILL MS, GULACK BC, GANAPATHI AM, et al. The association of donor age and survival is independent of ischemic time following deceased donor lung transplantation [J]. Clin Transplant, 2017, 31(7). DOI: 10.1111/ctr.12993.
- [19] CHAMBERS DC, YUSEN RD, CHERIKH WS, et al. The registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-fourth adult lung and heart-lung transplantation report-2017; focus theme: allograft ischemic time [J]. J Heart Lung Transplant, 2017, 36(10): 1047-1059. DOI: 10.1016/j.healun.2017.07.016.
- [20] HAYES D JR, HARTWIG MG, TOBIAS JD, et al. Lung transplant center volume ameliorates adverse influence of prolonged ischemic time on mortality [J].

- Am J Transplant, 2017, 17(1): 218-226. DOI: 10.1111/ajt.13916.
- [21] SNELL GI, WESTALL GP. Selection and management of the lung donor [J]. Clin Chest Med, 2011, 32(2):223-232. DOI: 10.1016/j.ccm.2011.02.002.
- [22] 马春林, 梁道业, 郑福奎. 高呼气末正压在神经源性肺水肿机械通气中的作用 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26(5): 339-342. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.011.  
MA CL, LIANG DY, ZHENG FK. Effect of high positive end-expiratory pressure for mechanical ventilation in the treatment of neurological pulmonary edema[J]. Chin Crit Care Med, 2014, 26(5): 339-342. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.011.
- [23] 冯艳, 于国东, 王华, 等. 神经源性肺水肿的液体治疗策略探讨 [J]. 中华神经医学杂志, 2015, 14(2): 176-180. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2015.02.015.  
FENG Y, YU GD, WANG H, et al. Fluid management in patients with neurogenic pulmonary edema[J]. Chin J Neuromed, 2015, 14(2): 176-180. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2015.02.015.
- [24] MIÑAMBRES E, RODRIGO E, BALLESTEROS MA, et al. Impact of restrictive fluid balance focused to increase lung procurement on renal function after kidney transplantation [J]. Nephrol Dial Transplant, 2010, 25(7): 2352-2356. DOI: 10.1093/ndt/gfq054.
- [25] MUNSHI L, KESHAVJEE S, CYPEL M. Donor management and lung preservation for lung transplantation [J]. Lancet Respir Med, 2013, 1(4): 318-328. DOI: 10.1016/S2213-2600(12)70064-4.
- [26] PENNEFATHER SH, BULLOCK RE, MANTLE D, et al. Use of low dose arginine vasopressin to support brain-dead organ donors [J]. Transplantation, 1995, 59(1): 58-62.
- [27] TUTTLE-NEWHALL JE, COLLINS BH, KUO PC, et al. Organ donation and treatment of the multi-organ donor [J]. Curr Probl Surg, 2003, 40(5): 266-310.
- [28] DETERMANN RM, ROYAKKERS A, WOLTHUIS EK, et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with conventional tidal volumes for patients without acute lung injury: a preventive randomized controlled trial [J]. Crit Care, 2010, 14(1):R1. DOI: 10.1186/cc8230.
- [29] MASCIA L, PASERO D, SLUTSKY AS, et al. Effect of a lung protective strategy for organ donors on eligibility and availability of lungs for transplantation: a randomized controlled trial [J]. JAMA, 2010, 304(23): 2620-2627. DOI: 10.1001/jama.2010.1796.
- [30] HOWLETT TA, KEOGH AM, PERRY L, et al. Anterior and posterior pituitary function in brain-stem-
- dead donors. a possible role for hormonal replacement therapy [J]. Transplantation, 1989, 47(5): 828-834.
- [31] SHEMIE SD, ROSS H, PAGLIARELLO J, et al. Organ donor management in Canada: recommendations of the forum on medical management to optimize donor organ potential [J]. CMAJ, 2006, 174(6):S13-S32.
- [32] DIMOPOULOU I, TSAGARAKIS S, ANTHI A, et al. High prevalence of decreased cortisol reserve in brain-dead potential organ donors [J]. Crit Care Med, 2003, 31(4): 1113-1117.
- [33] FOLLETTE DM, RUDICH SM, BABCOCK WD. Improved oxygenation and increased lung donor recovery with high-dose steroid administration after brain death [J]. J Heart Lung Transplant, 1998, 17(4): 423-429.
- [34] MACDONALD PS, ANEMAN A, BHONAGIRI D, et al. A systematic review and meta-analysis of clinical trials of thyroid hormone administration to brain dead potential organ donors [J]. Crit Care Med, 2012, 40(5): 1635-1644. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3182416ee7.
- [35] ARNAOUTAKIS GJ, ALLEN JG, MERLO CA, et al. Low potassium dextran is superior to university of Wisconsin solution in high-risk lung transplant recipients [J]. J Heart Lung Transplant, 2010, 29(12): 1380-1387. DOI: 10.1016/j.healun.2010.05.031.
- [36] THABUT G, VINATIER I, BRUGIÈRE O, et al. Influence of preservation solution on early graft failure in clinical lung transplantation [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2001, 164(7): 1204-1208.
- [37] SASAKI M, MURAOKA R, CHIBA Y, et al. Influence of pulmonary arterial pressure during flushing on lung preservation [J]. Transplantation, 1996, 61(1): 22-27.
- [38] VENUTA F, RENDINA EA, BUFI M, et al. Preimplantation retrograde pneumoplegia in clinical lung transplantation [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1999, 118(1): 107-114.
- [39] VAN DE WAUWER C, NEYRINCK AP, GEUDENS N, et al. Retrograde flush following warm ischemia in the non-heart-beating donor results in superior graft performance at reperfusion [J]. J Surg Res, 2009, 154(1): 118-125. DOI: 10.1016/j.jss.2008.06.007.
- [40] KAYANO K, TODA K, NAKA Y, et al. Identification of optimal conditions for lung graft storage with Euro-Collins solution by use of a rat orthotopic lung transplant model [J]. Circulation, 1999, 100(19 Suppl): II257-II261.

(收稿日期: 2018-08-03)

(本文编辑: 邬加佳 吴秋玲)