

폐이식의 현황과 전망

백 효 채 | 연세대학교 의과대학 세브란스병원 흉부외과

Current perspective of lung transplantation

Hyo Chae Paik, MD

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Severance Hospital Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Lung transplantation has become the standard of care for select patients with advanced lung diseases of various etiologies. A relatively scarce donor pool limits wider application of lung transplantation. Donor selection criteria, donor management protocols, and improvement in postoperative management have lead to improved overall survival with a median survival rate of 5.7 years. Bilateral lung transplantation has become the procedure of choice for most indications due to significantly better long term survival, especially in patients younger than 60 years. Proper management of donor organs may increase the utilization rate of scarce organs and through the increasing number of lung transplantation and improvement in postoperative management, many patients on the waiting list may achieve a new life after lung transplantation with excellent quality of life and long term survival.

Key Words: Lung transplantation; Patient selection; Postoperative management; Long-term survival

서론

폐이식은 현재까지 현존하는 비수술적 치료에 효과가 없는 만성중증폐질환 환자가 선택할 수 있는 유일한 치료방법으로 알려져 있다[1,2]. 1963년 Hardy 등[3]에 의하여 처음으로 58세 남자에서 폐이식이 시행되었으나 환자는 수술 후 18일 만에 신장독성으로 사망하였으며, 그 이후 약 40회 이상의 폐이식이 시도되었으나 실패하였다. 장기보존방법과 공여자와 수혜자의 치료법 개선, 면역억제제 개발, 이식 폐의 관리, 다학제 진료 등 여러 분야에서의 많은 발전을 바탕으로 1983년 Cooper에 의하여 처음으로 폐 섬유증 환자에서 일측 폐이식 수술이 성공하였고 환자는 6년 반 동안 생존하였다[4].

The International Society for Heart and Lung Transplantation(세계심폐이식학회)은 폐이식 관련 자료를 매년 보고하는데[5] 2013년 6월 말까지 47,647건의 성인 폐이식, 3,772건의 성인 심폐이식이 시행되었다고 보고하였으며 수술건수는 계속 증가하여 전 세계적으로 연간 4,000여 건 이상의 폐이식 수술이 시행되고 있다. 국내에서는 1996년 특발성 폐섬유증으로 진단된 53세 남자 환자에서 일측 폐이식에 성공한 것을 시작으로[6,7] 2015년 10월까지 전국에서 총 284예의 폐 또는 심폐이식이 시행되었다. 연도별로 폐이식 시행 건수를 살펴보면 1996년부터 2003년까지는 매년 1-2건 밖에 시행되지 않았으나 2004년부터 점차 증가하여 2010년에는 총 18건의 수술이 시행되었고 계속 증가하여 최근에는 연간 약 50예가 시행되고 있다(Figure 1).

Received: December 14, 2015 Accepted: December 30, 2015

Corresponding author: Hyo Chae Paik
E-mail: hcpaik@yuhs.ac

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

폐이식 고려사항

폐이식은 가능한 모든 약물치료에도 효과가 없는 진행된

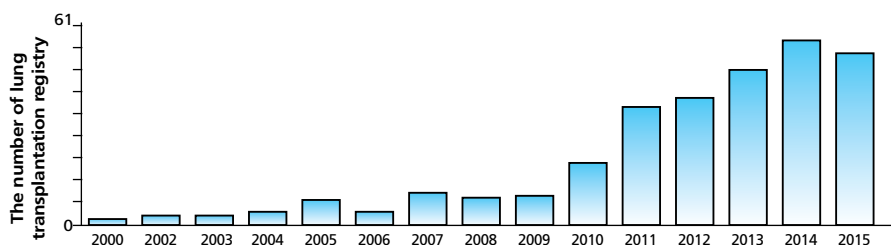


Figure 1. Nationwide lung transplantation registry data, 2000-2015 (KONOS registry).

호흡기질환 환자들이 대상이 되며 폐이식의 주 목적은 만성폐 질환으로 인한 호흡곤란으로 일상생활을 하기 어려운 환자들에서 호흡곤란을 완화시키고 삶의 질을 향상시키는 것이다. 폐이식은 대상질환이나 대상환자, 이식 시점 등을 잘 판단하는 것이 중요하다. 어떤 환자가 적합한 후보인지, 그리고 그들이 언제, 어떻게 폐이식 기관으로 의뢰되어야 치료에 의한 진정한 이득을 볼 수 있을지에 관한 의문이 시간이 지나면서 조금씩 답을 얻게 되었다. 환자에게 폐이식을 권하는 시점은 한 가지 요소에 의해 결정되는 것이 아니고 감염의 중증도, 입원 빈도, 산소요구량, 과이산화탄소증의 정도, 폐기능, 운동능력, 폐동맥압, New York Heart Association Functional Class 정도 등을 종합하여 결정하게 된다[8]. 따라서 만성호흡기질환을 앓고 있는 환자가 기능적인 문제를 보이면서, 이식을 시행하지 않았을 경우 생존기대치가 1-2년 이하로 예측되는 환자는 폐이식 전문기관에 의뢰하는 것을 권장한다. 의뢰된 환자는 여러 가지 필요한 검사를 시행하게 되며 이식대기자로 등록된 환자들도 이식을 받기까지는 어느 정도 소요되는 시간이 필요하기 때문에 환자의 상태가 너무 악화되기 이전에 환자를 의뢰하고 등록하는 것이 필요하다. 이식이 의뢰된 전문기관에서는 이식대상자의 호흡기질환 외에도 동반될 수 있는 여러 질환에 대해 충분한 시간을 가지고 평가를 한 후 이식을 결정하는 것이 중요하며 이식대기 중에도 치과, 재활의학과, 정신과 등 이식 후에 환자회복에 도움이 될 수 있는 적절한 치료를 하면서 대기하는 것이 필요하다.

폐이식 대상질환

폐이식의 대상이 되는 질환은 크게 4가지로 분류할 수 있

는데, 첫째, 흡연과 관련이 많은 만성폐쇄성폐질환, 둘째, 기관지확장증과 같은 염증성폐질환, 셋째, 폐섬유증이나 항암제 치료 후 초래될 수 있는 폐 실질 질환, 넷째, 원인 미상의 폐동맥고혈압이나 선천성심장병의 합병증으로 유발되는 2차성 폐동맥고혈압이 그것이다.

만성폐쇄성폐질환은 전 세계적으로 폐이식의 가장 많은 적응증으로 알려져 있으며 이들에서의 폐이식은 최선의 약물치료에도 불구하고 환자의 상태가 악화될 때 고려한다. 그러나 증상이 심하거나 폐활량 수치가 많이 감소되어 있어도 다른 질환에 비하여 폐이식을 안 하여도 상대적으로 장기간 생존이 가능하기 때문에 충분히 면밀한 검토 후에 폐이식 시기를 정하는 것이 필요하다. 폐기능 검사상 1초 호기량이 20% 미만이거나 전반적인 폐기종을 보이는 환자들에서의 평균 생존율은 3년 정도이며 환자의 나이가 많고 저산소증과 고이산화탄소증이 심해짐에 따라 생존율은 더 감소한다. 폐이식 대상이 되는 질환들은 다음과 같다 (Table 1) [5].

우리나라에서 가장 빈번한 폐이식 대상이 되는 질환은 특발성 폐섬유증이 약 50%로 가장 많았고 림프관평활근종증, 만성폐쇄성폐질환/폐기종, 아이젠멩거증후군, 기관지확장증, 급성호흡부전증 등이 있었다(Table 2). 폐섬유증은 서서히 상태가 악화되는 질환이며 마지막 단계에 가서는 급격하게 상태가 악화되어 생명을 잃는 경우가 종종 발생하기 때문에 이식 대기자로 등록된 환자들은 정기적으로 상태를 확인하는 것이 필요하다. 국내 연구에 의하면 이식을 등록한 이후 대기 중 사망률이 42.5%로 외국의 20%에 비교하면 상당히 높은 대기 중 사망률을 보이는데 아마도 너무 늦게 이식을 계획하고 등록하는 것과 관계가 있을 것으로 생각된다[9,10].

폐이식 대상자의 선택

폐이식 수술의 연령제한은 일측 폐이식 65세, 양측 폐이식 60세, 심폐이식 55세로 되어 있으나[11] 최근에는 고령

Table 1. Disease listing for lung transplantation

Disease entity
COPD (without alpha-1 antitrypsin deficiency)
COPD (with alpha-1 antitrypsin deficiency)
Interstitial lung disease (with idiopathic pulmonary fibrosis)
Bronchiectasis associated with cystic fibrosis
Idiopathic pulmonary arterial hypertension
Bronchiectasis
Sarcoidosis
Connective tissue disease
Obliterative bronchiolitis
Lymphangioleiomyomatosis
Congenital heart disease
Retransplant
Other

COPD, chronic obstructive pulmonary disease.

Table 2. 2010- 2014 Disease entity for lung transplantation (2014 KONOS Registry Data)

Disease	2010	2011	2012	2013	2014
Total	18	35	37	46	55
Asbestosis	-	-	-	-	1
Bronchiectasis	1	5	6	1	2
Cystic fibrosis	-	-	1	-	-
Eisenmenger syndrome	1	-	-	-	-
Emphysema	1	-	-	-	-
Idiopathic pulmonary fibrosis	7	9	12	22	25
Lymphangioleiomyomatosis	1	5	2	1	2
Primary pulmonary hypertension	-	1	1	3	-
Bronchiolitis obliterans syndrome	-	1	3	5	5
Unknown	1	2	-	-	-
Other	6	12	12	14	20

의 나이에도 불구하고 특별한 질병이 없고 전반적인 신체적 상태가 양호한 환자에서는 단순히 고령이라는 것만으로 이식대상에서 제외시키지는 않는 추세이다. 환자가 호흡곤란을 호소하고 24시간 산소가 필요하더라도 영양상태나 전반적인 신체적 상태, 활동능력, 사회적 또는 정신건강이 좋은 환자에서는 폐이식수술을 고려할 수 있다. 각 질환별로는 이식을 시행하는 시점이 다르며 Table 3과 같다[12]. 그러나 폐이식이 필요하다고 해서 모든 환자에게 이식을 할 수 있는 것은 아니며 다음의 조건을 가진 환자들은 폐이식을 받더라도 환자들의 기대 수명이 크게 늘어날 것으로 예상되지 않기 때문에 절대적 금기증으로 생각되고 있으며(Table 4) 절

Table 3. Disease-specific guidelines for listing for lung transplantation

Disease list-specific guidelines
Chronic obstructive pulmonary disease
BODE index of 7–10 or at least one of the following:
History of hospitalization for exacerbation associated with acute hypercapnia (Pco2 exceeding 50 mmHg)
Pulmonary hypertension or cor pulmonale, or both, despite oxygen therapy
FEV1 <20% and either DLco <20% or homogenous distribution of emphysema
Idiopathic pulmonary fibrosis
Histologic or radiographic evidence of UIP and any of the following:
A DLco < 39% predicted.
A 10% or greater decrement in FVC during 6 months of follow-up
A decrease in pulse oximetry below 88% during a 6MWT
Honeycombing on HRCT (fibrosis score of >2)
Cystic fibrosis
FEV1 <30% predicted, or rapidly declining lung function if FEV1 >30% predicted (women and patients <18 year of age have a poorer prognosis; consider earlier listing) and/or any of the following:
Increasing oxygen requirements
Hypercapnia
Pulmonary hypertension
Idiopathic pulmonary arterial hypertension
Persistent NYHA class III or IV on maximal medical therapy
Low (350 m) or declining 6MWT
Failing therapy with intravenous epoprostenol, or equivalent.
Cardiac index of <2 L/min/m ²
Right atrial pressure >15 mmHg
Sarcoidosis
NYHA functional class III or IV and any of the following:
Hypoxemia at rest
Pulmonary hypertension
Elevated right atrial pressure >15 mmHg

BODE, body mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity; Pco2, partial pressure of carbon dioxide; FEV1, forced expiratory volume in 1 second; DLco, diffusing capacity of carbon monoxide; UIP, usual interstitial pneumonia; FVC, functional vital capacity; 6MWT, 6-minute walking test; HRCT, high-resolution computed tomography; NYHA, New York Heart Association.

대적 금기증은 아니라도 다음의 경우는 폐이식의 위험성을 증가시키기 때문에 이식팀의 경험을 바탕으로 판단해야 한다(Table 5) [13].

공여자

국내법상 폐이식은 뇌사자에서 적출한 폐만을 이식할 수 있으며 간이나 신장과 같이 생체에서 적출하는 것은 금지되

Table 4. Absolute contraindications for lung transplantation

Absolute contraindications
Malignancy in the last 2 years except for cutaneous squamous and basal cell tumors, 5-year disease-free interval is prudent
Dysfunction of another major organ system (heart, liver, or kidney) that is not amenable to treatment
Noncurable extrapulmonary infection (active viral hepatitis B, hepatitis C, human immunodeficiency virus)
Significant chest wall/spinal deformity
Nonadherence and/or inability to follow through with medical therapy or office follow-up
Untreatable psychiatric or psychologic condition(s) associated with the inability to cooperate or comply with medical therapy
Lack of dependable social support system
Substance addiction (alcohol, tobacco, or narcotics) within the last 6 months

Table 5. Relative contraindications for lung transplantation

Relative contraindications
Age older than 65 years
Critical or unstable clinical condition
Severely limited functional status with poor rehabilitation potential
Colonization with highly resistant or highly virulent bacteria, fungi, or mycobacteria
Severe obesity defined as a body mass index exceeding 30 kg/m ²
Severe or symptomatic osteoporosis
Mechanical ventilation
Other medical conditions that have not resulted in end-stage organ damage, such as diabetes mellitus, systemic hypertension, peptic ulcer disease, or gastroesophageal reflux should be optimally treated before transplantation

어 있다. 따라서 폐를 기증할 수 있는 뇌사자는 55세 이하이면서 혈액형이 일치하고 폐의 손상이 없으며 흉부 X선 상 깨끗하고 흡연력이 소량이며 100% 산소를 준 상태에서 산소압이 300 mmHg 이상으로 나타나면 공여폐의 상태가 좋다고 판단하고 적합한 수여자를 찾아 이식을 진행하게 된다 (Table 6) [14,15]. 외국에서는 생체이식도 법적으로 가능하기 때문에 2명의 생존하는 기증자로부터 각각 하나의 폐엽을 기증받고 수여자는 양측 전폐적출술 후에 기증받은 우측과 좌측의 폐엽을 이식하는 방법도 있으나[16] 국내법 상으로는 시행할 수 없게 되어있다.

폐는 외부로부터 쉽게 손상을 받기 때문에 장기를 기증하겠다는 뇌사자의 약 15-20%에서만 폐를 사용할 수 있다고 하였으나[17] 국내에서 조사한 보고에 의하면 뇌사로 인하여 발생하는 장기기증자의 6.7%에서만 폐를 활용하였다[18].

Table 6. Standard lung donor criteria

Donor criteria
Age <55 years
ABO compatibility
Clear chest radiograph
PaO ₂ >300 mmHg on FiO ₂ 1.0, PEEP 5 cm H ₂ O
Cigarette smoking history of <20 pack-years
Absence of significant chest trauma
No evidence of aspiration or sepsis
No prior thoracic surgery on side of harvest
Absence of organisms on sputum Gram stain
Absence of purulent secretions and gastric contents at bronchoscopy
Negative for HIV antibody, hepatitis B surface antigen, and hepatitis C antibody
No active or recent history of malignancy (excluding localized squamous or basal cell skin cancer, localized cervical cancer, and primary brain tumors with low metastatic potential and in the absence of invasive procedures to the brain and skull)
No history of significant chronic lung disease

PEEP, positive end-expiratory pressure; HIV, human immunodeficiency virus ---.

폐이식수술

이식수술은 약 7-10시간 정도 소요된다. 수술 중에 산소 포화도가 떨어지고 폐동맥압이 올라가며 환자의 혈액학적 상태가 불안정하게 되는 경우에는 인공심폐기나 체외막 산소교환기의 도움 하에 수술을 진행하며 수술은 일측 폐를 절제한 후에 기관지, 폐정맥-좌심방, 폐동맥-폐동맥을 문합하는 순서로 진행이 된다. 수술 후에는 환자를 중환자실로 옮겨서 집중관리하며 회복상태에 따라서 인공호흡기로부터 이탈하고 특별한 문제가 없으면 약 일주일 이내에 일반병실로 이송하여 재활치료를 하면서 퇴원준비를 한다. 이식수술 후에는 평생 면역억제제를 복용하게 되며 정기적인 검진을 통하여 환자상태, 면역억제제의 농도 등을 관리하게 된다. 수술 후 폐기능은 점진적으로 향상이 되어 수술 후 약 6개월이 지나면서 최고의 폐기능을 보이기 때문에 꾸준하게 운동을 통하여 신체가 적응해 나가기 위한 재활치료를 하는 것이 필요하다. 순조롭게 회복되는 환자들은 수술 후 1년, 3년, 5년이 지나도 활동의 제한을 전혀 받지 않고 일반인들과 같은 수준의 운동능력을 가질 수 있게 되며 등산, 수영, 스키와 같은 일상적인 운동도 즐길 수 있다. 이와 같이, 생명의 연장뿐만 아니라 삶의 질 향상이 폐이식수술의 가장 큰 장점이라

고 할 수 있으나 폐이식 대상자들은 수술에 관한 충분한 정보를 제공받고, 수술의 모든 과정을 이해하고 수술 후에도 지속적인 관리가 매우 중요하다는 점도 잘 인식하고 있어야 모든 과정을 이겨내고 건강한 삶을 누릴 수 있게 될 것이다.

우리나라에서 폐이식을 받은 환자 중 최장기 생존자는 아이젠멩거증후군으로 양측 폐이식을 하였고 아주 건강하게 생활하였으나 수술 후 10년째에 만성거부반응인 bronchiolitis obliterans syndrome(폐쇄성세기관지염증후군)이 발생하여 양측 폐 재이식수술을 하였다.

수술 후 예후

폐이식 후 생존율은 지난 30년간 서서히 증가하여 왔는데 [5] 양측 폐이식은 장기생존율이 일측 폐이식보다 좋은 결과를 보이며[19-21] 특히 60세 이하에서 양측 폐이식을 하였을 때 월등히 좋은 장기 생존율을 보였다[20,22]. 양측 폐를 이식하는 것이 더 좋은 운동력 향상을 보이나 양측 폐이식의 단점으로는 두 명의 환자가 받을 수 있는 장기를 한 사람이 사용한다는 점과 이식수술 자체의 위험성이 약간 증가한다는 것이다. 그러나 60세 이상의 환자에서는 일측 폐이식 후 생존율이 의미 있게 좋았다는 보고도 있으므로[20,22] 각 이식기관에서 환자의 수술방법을 선택할 때 여러 가지의 변수를 충분히 감안한 후 결정을 해야 한다. 국내에서는 한 기관의 자료이기는 하지만 폐이식을 시행한 총 150예 중 양측 폐이식이 128례로 85% 이상을 차지하였다.

국제심폐이식학회에 의하면 성인 폐이식 환자의 중앙생존율은 5.6년으로 보고되었으나 1년 이상 생존한 환자들만의 중앙생존율은 7.9년으로서 이식 후 첫 1년 내에 합병증과 사망률이 높은 것을 알 수 있고 이식 후 첫 1년 동안 생존한 환자들에서는 장기생존율의 가능성이 높다는 것을 알 수 있다[5,23-26]. 우리나라의 경우는 아직 국제심폐이식학회의 생존율에는 다소 못 미칠 것으로 생각되는데 그 이유로는 이식 초기에는 수술건수가 미미하였고 이식을 받은 환자들도 오랜 망설임 끝에 너무 늦은 단계에서 상태가 많이 악화된 후 이식을 결정 한 것이 원인으로 생각할 수 있다. 그러나 최근에는 수술건수

도 증가하였고 과거에 비하면 일찍 환자가 의뢰되어 검사를 진행하고 상태가 더 악화되기 이전에 수술을 시행하는 추세이므로 수술 후 생존율이 세계이식학회의 성적과 유사하다.

결론

우리나라에서 1996년 처음으로 폐이식을 시행한 이후 20년이 다가오는 현재, 폐이식은 어떤 치료에도 호전되지 않는 호흡부전 환자에게 좋은 치료방법으로 알려져 있다. 폐이식 후 폐기능은 6개월에 걸쳐 서서히 향상되며 성공적인 이식수술 후에는 일반인들과 유사한 활동적인 삶을 누릴 수 있다. 수술건수는 매년 증가하고 있으나 아직도 폐이식을 받기 위하여 대기하는 도중 사망하는 환자들이 자주 발생하는데 이를 방지하기 위해서는 환자를 담당하는 의료진들이 폐이식을 필요로 하는 환자들을 일찍 전문기관에 의뢰하고 너무 악화되기 전에 이식등록을 하는 것이 필요하다. 또한 장기이식의 활성화를 위해서는 사회적으로 장기기증에 대한 인식의 변화를 목표로 보건당국, 사회지도층, 종교계, 방송매체 등에서 일반인을 대상으로 이식의 역할을 홍보할 필요가 있다. 일단 장기기증을하기로 결정되면 가급적 모든 장기를 활용할 수 있도록 뇌사자의 관리를 위해 노력해야 한다. 이와 더불어 의료진의 적극적인 치료권유와 이식수술건수의 증가로 인한 경험의 축적도 폐이식환자의 생존율 향상에 보탬이 될 것으로 기대한다.

찾아보기말: 폐이식; 대상자 선택; 수술 후 치료; 장기생존율

ORCID

Hyo Chae Paik, <http://orcid.org/0000-0001-9309-8235>

REFERENCES

1. Trulock EP. Lung transplantation. Am J Respir Crit Care Med 1997;155:789-818.
2. Arcasoy SM, Kotloff RM. Lung transplantation. N Engl J Med 1999;340:1081-1091.

3. Hardy JD, Webb WR, Dalton ML Jr, Walker GR Jr. Lung homo-transplantation in man. *JAMA* 1963;186:1065-1074.
4. Unilateral lung transplantation for pulmonary fibrosis. Toronto Lung Transplant Group. *N Engl J Med* 1986;314:1140-1145.
5. Yusen RD, Edwards LB, Kucheryavaya AY, Benden C, Dipchand AI, Dobbels F, Goldfarb SB, Levvey BJ, Lund LH, Meiser B, Stehlik J; International Society for Heart and Lung Transplantation. The registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-first adult lung and heart-lung transplant report 2014. Focus theme: retransplantation. *J Heart Lung Transplant* 2014;33:1009-1024.
6. Kim HK, Lee DY, Paik HC, Mun DS, Bae KM, Han JY, Cho BK. Single lung transplantation in pulmonary fibrosis patients. *J Korean Soc Transplant* 1999;13:165-170.
7. Haam SJ, Lee DY, Paik HC. An overview of lung transplantation in Korea. *Transplant Proc* 2008;40:2620-2622.
8. Glanville AR, Estenne M. Indications, patient selection and timing of referral for lung transplantation. *Eur Respir J* 2003; 22:845-852.
9. Paik HC, Haam SJ, Lee DY, Yi GJ, Song SW, Kim YT, Kang CH, Kim KM, Park SI, Jheon SH. The fate of patients on the waiting list for lung transplantation in Korea. *Transplant Proc* 2012;44:865-869.
10. Orens JB, Estenne M, Arcasoy S, Conte JV, Corris P, Egan JJ, Egan T, Keshavjee S, Knoop C, Kotloff R, Martinez FJ, Nathan S, Palmer S, Patterson A, Singer L, Snell G, Studer S, Vachiery JL, Glanville AR; Pulmonary Scientific Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. International guidelines for the selection of lung transplant candidates: 2006 update—a consensus report from the Pulmonary Scientific Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2006; 25:745-755.
11. International guidelines for the selection of lung transplant candidates. The American Society for Transplant Physicians (ASTP)/American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS)/International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:335-339.
12. Chen H, Shiboski SC, Golden JA, Gould MK, Hays SR, Hoopes CW, De Marco T. Impact of the lung allocation score on lung transplantation for pulmonary arterial hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;180:468-474.
13. Whitson BA, Hayes D Jr. Indications and outcomes in adult lung transplantation. *J Thorac Dis* 2014;6:1018-1023.
14. Orens JB, Boehler A, de Perrot M, Estenne M, Glanville AR, Keshavjee S, Kotloff R, Morton J, Studer SM, Van Raemdonck D, Waddell T, Snell GI; Pulmonary Council, International Society for Heart and Lung Transplantation. A review of lung transplant donor acceptability criteria. *J Heart Lung Transplant* 2003;22:1183-1200.
15. Bhorade SM, Vigneswaran W, McCabe MA, Garrity ER. Liberalization of donor criteria may expand the donor pool without adverse consequence in lung transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2000;19:1199-1204.
16. Date H, Tanimoto Y, Goto K, Yamadori I, Aoe M, Sano Y, Shimizu N. A new treatment strategy for advanced idiopathic interstitial pneumonia: living-donor lobar lung transplantation. *Chest* 2005;128:1364-1370.
17. De Perrot M, Liu M, Waddell TK, Keshavjee S. Ischemia-reperfusion-induced lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:490-511.
18. Paik HC, Haam SJ, Lee DY, Yi GJ, Song SW, Kim YT, Kang CH, Kim KM, Park SI, Jheon SH. Donor evaluation for lung transplantation in Korea. *Transplant Proc* 2012;44:870-874.
19. Thabut G, Christie JD, Ravaut P, Castier Y, Dauriat G, Jebrak G, Fournier M, Leseche G, Porcher R, Mal H. Survival after bilateral versus single-lung transplantation for idiopathic pulmonary fibrosis. *Ann Intern Med* 2009;151:767-774.
20. Thabut G, Christie JD, Ravaut P, Castier Y, Brugiere O, Fournier M, Mal H, Leseche G, Porcher R. Survival after bilateral versus single lung transplantation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a retrospective analysis of registry data. *Lancet* 2008;371:744-751.
21. Weiss ES, Allen JG, Merlo CA, Conte JV, Shah AS. Survival after single versus bilateral lung transplantation for high-risk patients with pulmonary fibrosis. *Ann Thorac Surg* 2009;88:1616-1625.
22. Fischer S, Meyer K, Tessmann R, Meyer A, Gohrbandt B, Simon A, Hagl C, Kallenbach K, Haverich A, Struber M. Outcome following single vs bilateral lung transplantation in recipients 60 years of age and older. *Transplant Proc* 2005;37: 1369-1370.
23. Paik HC, Hwang JJ, Kim DH, Joung EK, Kim HK, Lee DY. The 10 years experience of lung transplantation. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;39:822-827.
24. Haam SJ, Paik HC, Byun CS, Hong D, Kim DU, Lee DY. Surgical treatment for empyema after lung transplantation. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;43:108-112.
25. Haam SJ, Paik HC, Kim JH, Lee DY, Kim CW, Kim JH. Gastrointestinal complications after lung transplantation. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;43:280-284.
26. Cho JS, Na S, Park MS, So Y, Lee B, Koh SO, Paik HC. A case of Burkholderia cepacia pneumonia after lung transplantation in a recipient without cystic fibrosis. *Korean J Crit Care Med* 2013;28:187-191.

Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 국내 폐이식의 전반적인 현황과 문제점, 나아갈 방향에 대해 잘 정리한 논문으로, 폐이식의 목적과 수술 시기, 폐이식이 필요한 대상 질환과 대상 환자의 선택과 기준, 금기증, 공여폐의 관리, 폐이식수술 및 수술 후 합병증과 관리에 대해 일반 의사들이 잘 알 수 있도록 자세히 기술하고 있으며, 향후 한국 폐이식 환자의 생존율 향상을 위한 조기 전문기관 의뢰 및 협력, 장기 이식의 활성화 등을 위한 이식관련 법률, 보건당국, 의료인, 그리고 종교계 및 대중매체와의 협력과 여론 형성이 필요함을 강조하였다. 한국 내의 폐이식의 현황과 발전, 그리고 생존율 향상을 위한 기본 방향을 제시했다는 점에서 의의가 있는 논문이라 판단된다.

[정리: 편집위원회]