

폐이식 수혜자에 대해 적용한 장기간 호흡재활프로그램의 효과: 단일사례연구

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2023.11.2.49>

대한심장호흡물리치료학회지 제11권 제2호 2023.12, PP.49-55

■ 정중화^{1*}

■¹부산대학교병원 재활의학과 물리치료실

Effects of Long-term Pulmonary Rehabilitation Program on Lung Transplant Recipients: A Case Report

Jong-Hwa Jeong PT, PhD^{1*}

¹*Department of Physical Therapy, Rehabilitation of Medicine, Biomedical Research Institute,
Pusan National University Hospital*

Purpose: The purpose of this study was to provide long-term pulmonary rehabilitation program (PR) to lung transplant recipients for more than a year and verify their effectiveness. **Methods:** A 52-year-old female patient who had bilateral lung transplantation received an outpatient PR 3 times a week for a total of 97 weeks. The PR applied was composed of aerobic exercise, strength exercise, breathing exercise, flexibility exercise, and home exercise education. Evaluation was performed on the participant at 3, 6, 9, 12, and 24 months after surgery. For each period, the following parameters were determined: 6-minute walk distance (6MWD), grip strength, respiratory muscle strength, lung function, peak cough flow rate, skeletal muscle mass (SMM), and skeletal muscle index (SMI). **Results:** The 6MWD increased up to 12 months following surgery, and exercise-induced hypoxemia occurred only 3 months following surgery. The grip strength increased up to 12 months after surgery and decreased at 24 months after surgery. The MIP increased up to 12 months after surgery, and the MEP increased until 24 months after surgery. The FVC increased up to 12 months following surgery and FEV₁ increased up to 24 months following surgery. PCF increased up to 12 months after surgery. Body weight also increased steadily until 24 months postoperatively. SMM and SMI increased up to 12 months after surgery, and SMI decreased at 24 months following surgery. **Conclusion:** It is essential that the PR for lung transplant recipients be applied intensively in less than 12 months after surgery, and the goal of the PR should be configured for the purpose of management in more than 12 months following surgery.

Key words: Grip strength, Lung transplantation, Pulmonary rehabilitation program, skeletal muscle index, 6 minute walk distance.

Received: Aug 29, 2023 / **Revised:** Sep 18, 2023 / **Accepted:** Sep 25, 2023

I. 서론

유산소 운동(aerobic exercise)은 심장, 혈관, 폐의 지구력에 긍정적인 효과가 있다(Guiney과 Machado, 2013; Whelton 등, 2002).

폐이식은 비수술적 치료에 효과가 없는 말기 폐질환 환자가 선택할 수 있는 유일한 치료방법으로 지금까지 알려져 있다(Arcasoy와 Kotloff, 1999). 폐이식의 주요 적응증은 진행성 만성 폐쇄성 폐질환(COPD), 특발성 폐 섬유증, 낭포성 섬유증, 알파-1 항트립신 결핍으로 인한 폐기종 및 폐동맥 고혈압이다(Weill 등, 2015). 세계심폐이식학회(The International Society

for Heart and Lung Transplantation)는 폐이식 관련 자료를 매년 보고하는데 지난 10년 동안 매년 전 세계적으로 거의 4000 개의 폐이식수술이 시행되고 있다(Hume 등, 2020).

폐이식의 중요한 목표는 환자의 생존과 삶의 질을 향상시키는 것이다(Studer 등, 2004). 폐이식 이후의 생존율은 지난 20년 동안 외과적 기술과 면역 억제제의 개선으로 크게 향상되었다(Lund 등, 2015). 그럼에도 불구하고 폐이식 수혜자의 생존율은 1년에 80%, 5년에 53%, 10년에 32%이고 평균 생존 시간은 선행 질병이나 수술과정과 무관하게 5.7년으로 보고되었다(Yusen 등, 2014).

기저 질환에 관계없이 폐이식 수혜자는 전반적인 체력, 특히

교신저자: 정중화

주소: 부산시 서구 구덕로 179 부산대학교병원 재활의학과 물리치료실, E-mail: musel0425@gmail.com

폐 기능, 근력 및 운동 능력에서 자발적이고 점진적인 개선을 경험해야 하지만 신체 장애는 이식 후 1~2년까지 발견되고 있다 (Langer, 2015). 폐이식 수혜자는 폐기능의 현저한 개선이 있지만 제한된 운동 능력(예측치의 40~60%), 대사성 산증의 조기 발병 및 골격근 약화와 같은 신체 장애를 경험하고 이러한 장애는 수년간 지속된다(Mathur 등, 2004). 또한 폐이식 후 만성적으로 복용하는 면역억제제는 골격근의 세포 기능에 대한 부작용을 포함한 여러 가지 부작용을 동반하고(Mathur 등, 2008) 이것은 삶의 질(quality of life; QOL), 신체 기능 및 회복과정에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Rosenberger 등, 2012). 실제로 폐이식 수술 1년 후에 건강한 사람에 비해 폐이식 수혜자의 하루일과 중 앉아 있는 시간이 크게 증가했으며 일일 걸음 수, 서 있는 시간 및 걷는 시간이 모두 크게 감소하였음이 보고되었다 (Langer 등, 2009). 그래서 폐이식 후 호흡재활프로그램을 시행하는 것이 필요하다고 인식되어왔다(Hume 등, 2020).

호흡재활프로그램은 폐이식 수혜자의 독립적인 기능을 회복하고, 증상을 완화하고, 장애를 줄이고, 사회 및 신체 활동에 대한 참여를 증가시켜 삶의 질을 높이는 데 필수적이다(Takaoka와 Weinacker, 2005). 운동훈련을 포함한 호흡재활프로그램이 이식 환자 관리에 핵심적인 역할을 하는 것으로 알려져 있지만 (Rochester, 2008) 어떻게 수행되어야 하는지에 대한 자세한 지침이 부족하다.

폐이식 후 시행하는 호흡재활프로그램의 운동훈련은 트레드밀 또는 사이클 에르고미터에서의 유산소 운동, 상지 및 하지의 근력 및 유연성 운동, 계단 오르내리기를 주 4회, 최소 30분 동안 수행하는 것을 권장한다(Rochester 등, 2014). 하지만 이러한 권장 사항은 치료 목적을 달성하기 위해 급성기 단계 또는 후기 단계에서 사용해야 하는 치료전략에 대한 세부 정보를 제공하지 않는다 (Gutierrez-Arias 등, 2021). 게다가 신체 장애가 남아있는 1년 이상 장기 관리 환자에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 폐이식 수혜자에게 장기간 호흡재활프로그램을 제공하고 그 효과를 검증하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 경남 양산시 소재의 대학병원에서 폐이식 수술을 받은 52세의 여성이다. 자가면역성질환으로 폐이식을 시행하였고 선행질환은 없었다. 실험 참여 전, 대상자에게 본 연구의 목적 및 연구방법, 연구 참여의 의사철회에 대한 권리를 충분히 설명하였고 동의를 얻었다. 대상자의 일반적인 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 일반적 특성

Variables	Characteristics
Age (y)	52
Gender	Female
Height (cm)	159
Weight (kg)	38.5
Body mass index (kg/m ²)	15.22
Underlying disease	Lung GVHD
Type of transplant	Double lung transplant

2. 호흡재활프로그램

호흡재활프로그램은 유산소운동, 근력운동, 호흡운동, 유연성운동으로 구성되어 시행하였다. 주 3회 운동을 총 96주 시행하였다.

1) 유산소운동

트레드밀을 이용하여 총 30분 동안 진행하였다. 운동초기강도는 6분보행검사의 80% 수준으로 하였고 운동최대강도는 카보넬 공식을 활용하여 목표심박수를 50%-80% 수준으로 설정하였다. 보조지표로 Borg CR-10을 이용하였고 3점에서 5점 사이로 운동강도를 조정하였다.

2) 근력운동(호흡근 포함)

상지근력운동은 덤벨을 사용하여 1RM의 80%를 목표로 10번씩 3세트 반복하였다. 하지근력운동 leg press machine을 사용하여 체중의 60%를 목표로 하여 10번씩 3세트를 반복하였다. 호흡근 근력운동은 가정운동교육으로 진행하였고 IMT/PEP를 사용하여 하루 한번 30분 시행하도록 교육하였다.

3) 호흡운동

가정운동교육으로 진행하였고 누운 자세에서 10분 동안 횡격막호흡운동을 시행하도록 교육하였다. 또한 능동주기호흡법을 교육하여 가래배출이 필요할 때 활용하도록 교육하였다.

4) 유연성운동

가정운동교육으로 진행하였고 제작된 동영상을 사용하여 기상 후 10분 동안 유연성운동을 하도록 교육하였다.

본 호흡재활프로그램에 포함된 가정운동교육은 운동기록일지를 배부하여 대상자가 수행여부를 기록하도록 하였다.

3. 측정 도구

1) 운동능력

운동능력을 측정하기 위해 6분 보행 검사(6 minute walk test;

6MWT)를 사용하였다. 6MWT는 American Thoracic Society와 European Respiratory Society (ATS/ERS)에서 제시하는 국제 권장 사항에 따라 수행되었다(Holland 등, 2014). 6MWT는 3 m마다 표시가 되어있는 30 m 실내 트랙에서 시행하였고 대상자는 6분 동안 가능한 한 멀리 걸었다. 표준화된 지시사항과 격려 문구가 제공되었다. 평가 전 후로 HR, SpO₂는 검지에 연결된 맥박산소측정기로 연속적으로 모니터링하였다. 호흡곤란(dyspnea)과 다리피로도(leg fatigue)는 Borg CR-10을 사용하여 측정하였다.

2) 악력검사

우세손의 악력을 측정하기 위해 디지털 악력계(Jamar Plus+ Digital grip hand dynamometer, Jamar, USA)를 사용하였다. 대상자는 앉은 자세에서 팔꿈치를 90도로 구부린 상태에서 측정하였다. 대상자는 우세손을 사용하여 최대한 노력하여 악력계 손잡이를 잡도록 하였다. 총 3회 반복 측정하였고 1회 측정 후 30초 휴식을 하였다(Fess, 1987).

3) 호흡근 근력

호흡근 측정계 (Pony, Fx, Cosmed Srl, Italy)를 사용하여 최대흡입압(maximal inspiratory pressure; MIP)과 최대흡출압(maximal expiratory pressure; MEP)을 측정하였다. MIP는 잔기량에 가깝게 최대한 흡입한 다음 마우스피스를 입에 물고 1.5초 이상 최대한 힘껏 들숨하여 측정하였고 MEP는 총폐활량에 가깝게 최대한 들숨한 다음 마우스피스를 입에 물고 1.5초 이상 최대한 힘껏 날숨하여 측정하였다. 각각 총 3회 측정하여 재현성이 가장 큰 측정값을 선택하였다(Society, 2002).

4) 폐기능

대상자의 폐기능은 폐활량계(Pony Fx, Cosmed Srl, Italy)를 사용하여 노력성폐활량(forced vital capacity; FVC)과 1초간 노력성날숨량 (forced expiratory volume in 1 second; FEV₁)을 측정하였다. 모든 평가의 과정은 미국흉부학회의 가이드라인을 준수하였다(Society, 2019).

5) 기침능력

대상자의 기침능력을 확인하기 위해 Peak Flow Meter (Peak Flow Meter, Clement Clarke International, England)를 이용하여 최대기침유량 (peak cough flow; PCF)을 측정하였다 앉은 자세에서 환자 스스로 들숨 할 수 있는 최대용량을 들이마신 후 힘차게 기침하여 측정하였다. 이 과정을 최소한 3회 이상 시행하여 얻은 측정치 중 최대값을 선택하였다(Kang 등, 2007).

6) 신체구성

대상자의 측정 주기에 맞춰 체중을 측정하였고 골격근량(skeletal muscle mass와 골격근지수(skeletal muscle index)는 임피던스 체지방측정기(BWA 2.0, Inbody, Korea)를 사용하여 측정하였다.

III. 연구결과

1. 운동능력

6분보행거리(6 minute walk distance; 6MWD)는 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 30.3% 증가하였고 수술 후 9개월에 12.5% 증가하였고 수술 후 12개월에 2.7% 증가하였고 수술 후 24개월에 0.2% 증가하였다. 운동유발성 저산소혈증은 수술 후 3개월에만 발생하였다(표 2).

2. 근력(호흡근 포함)

악력은 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 20% 증가하였고 수술 후 9개월에 20.8% 증가하였고 수술 후 12개월에 5.5% 증가하였고 수술 후 24개월에는 4.8% 감소하였다. 들숨압은 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 31.6% 증가하였고 수술 후 9개월 13.1% 증가하였고 수술 후 12개월에 4.0% 증가하였고 수술 후 24개월에 1.1% 감소하였다. 날숨압은 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 8.1% 증가하였고 수술 후 9개월에 3.3% 감소하였고 수술 후 12개월에 2.2% 증가하였고 수술 후 24개월에는 4.3% 증가하였다(표 3).

표 2. 운동능력

Variables	After 3M	After 6M	After 9M	After 12M	After 24M
6MWD	300	391	440	452	453
6MWD(%)	42.2	55.6	62.9	65.4	64.7
SpO ₂ nadir	86	93	90	92	96
EID	Y				

6MWD: six minute walk distance; SpO₂: oxygensaturation, EID: exercise induced desaturation

3. 폐기능

FVC는 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 11.4% 증가하였고 수술 후 9개월에 7.6% 증가하였고 수술 후 12개월에 12.1% 증가하였고 수술 후 24개월에 0.5% 감소하였다. FEV₁는 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 11.4% 증가하였고 수술 후 9개월에 12.3% 증가하였고 수술 후 12개월에 8.8% 증가하였고 수술 후 24개월에 1.3% 증가하였다(표 4).

4. 기침능력

PCF는 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에는 변화가 없었고 수술 후 9개월에 17.6% 증가하였고 수술 후 12개월에 15% 증가하였고 수술 후 24개월에 4.5% 감소하였다(표 5).

5. 신체구성

체중은 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 8.1% 증가하였고 수술 후 12개월에 21.6% 증가하였고 수술 후 24개월에

27% 증가하였다. 골격근량은 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 8.9% 증가하였고 수술 후 9개월에 8.1% 증가하였고 수술 후 12개월에 3.4% 증가하였고 수술 후 24개월에 0.1% 증가하였다. 골격근지수는 수술 후 3개월을 기준으로 수술 후 6개월에 20.6% 증가하였고 수술 후 9개월에 14.6% 증가하였고 수술 후 12개월에 10.6% 증가하였고 수술 후 24개월에 6.1% 감소하였다(표 6).

IV. 고 찰

폐이식 후 생존율이 증가함에 따라 폐이식 수혜자의 운동능력, 독립적 기능 및 QOL 개선의 중요성에 더 많은 관심을 받고 있다 (Gerbase 등, 2008). 이전 연구에 따르면 폐이식 수혜자 중 일부는 거의 정상적인 폐기능에도 불구하고 운동능력 부족과 삶의 질 감소는 이식 후 최대 수 년까지도 지속된다고 보고되었다 (Smeritschnig 등, 2005). 수술 후 폐기능이 거의 회복되었음에

표 3. 근력(호흡근 포함)

Variables	After 3M	After 6M	After 9M	After 12M	After 24M
Grip strength	10	12	14.5	15.3	14.6
MIP	42.2	55.6	62.9	65.4	64.7
MEP	86	93	90	92	96

MIP; maximum inspiratory pressure, MEP; maximum expiratory pressure

표 4. 폐기능

Variables	After 3M	After 6M	After 9M	After 12M	After 24M
FVC	1.66	1.85	1.99	2.23	2.22
FEV ₁	1.23	1.22	1.37	1.49	1.51
FEV ₁ /FVC	74.1	65.95	68.84	66.82	68.01

FVC; forced vital capacity, FEV₁; forced expiratory volume in one second

표 5. 기침능력

Variables	After 3M	After 6M	After 9M	After 12M	After 24M
PCF	170	170	200	230	220

PCF; peak cough flow

표 6. 신체구성

Variables	After 3M	After 6M	After 9M	After 12M	After 24M
Weight(kg)	37	40	43	45	47
SMM(kg)	12.4	13.5	14.6	15.1	15.2
SMI(kg/m ²)	3.4	4.1	4.7	5.2	4.9

SMM; skeletal muscle mass, SMI; skeletal muscle index

도 불구하고 이어지는 이러한 지속적인 손상은 폐이식 수혜자의 개인적 요인과 사회환경적 요인이 영향을 준다고 알려져 있다 (Rochester, 2008). 폐이식 수혜자에게 제공하는 호흡재활프로그램 여러 요인이 이러한 지속적인 손상을 해결하는 방법으로 제시되고 있다(Yusen 등, 2014). 본 연구는 양측 폐이식을 받은 대상자에게 호흡재활프로그램을 주 3회로 총 96주간 진행하고 각 시기별로 그 효과를 검증하였다.

Langer 등(2009)의 연구에서 폐이식 수혜자의 지속적인 손상과 한계를 고려하여 이식 전, 이식 후 초기(퇴원 후 12개월 이하), 이식 후 후기(퇴원 후 12개월 초과) 단계에 대한 호흡재활프로그램을 제안하였다. 본 연구에서는 제안된 호흡재활프로그램을 참고하여 적용하였고 이식 후 초기 및 후기 단계의 결과를 분석하였다.

Wickerson 등(2015)의 연구에서 폐이식 수혜자는 건강한 연령 일치 대조군과 비교하여 일상활동능력이 폐이식 후 3개월 또는 6개월 이후에 증가한다고 보고하였다. 또한 Ross 등(1993)은 3개의 코호트 연구에서 퇴원 직후 8~12주간의 지구력 및 저항 훈련의 효과를 연구하였고 최대 산소 소비량, 6MWD, 사지 근력 및 QOL에서 상당한 개선을 보고하였다. 본 연구에서 일상생활 능력을 반영하는 지표인 6MWD와 사지 근력 상관성이 높은 악력이 6개월, 9개월 높은 개선을 보여 이전 연구와 일치함을 확인하였다. William 등(1997)은 131명의 폐이식 수혜자에 대한 호흡재활프로그램 미적용 시 수술 전, 수술 후 3개월, 수술 후 12개월, 수술 후 24개월의 6분보행거리를 평가하였다. 그 결과는 수술 후 3개월에 유의한 개선이 나타났지만 이후는 거의 개선이 없었다. 본 연구에서는 폐이식 수혜자에 대해 호흡재활프로그램을 지속적으로 적용하여 수술 후 3개월 이후에도 상당한 개선을 보인 것으로 생각한다. 하지만 본 연구의 6분보행거리는 수술 후 12개월까지는 높은 개선을 보이지만 수술 후 24개월에는 유지하는 결과를 보였다. Ambrosino 등(1996)의 연구에서는 11명의 폐이식 수혜자에 대한 입원 호흡재활프로그램을 진행하고 18개월 동안 추적조사 하였다. 그 결과는 본 연구의 결과와 유사하게 수술 후 12개월까지는 높은 개선을 보이지만 수술 후 18개월에는 낮은 개선이 있었다.

일반적으로 QOL은 폐이식 후 12개월 내에 크게 개선되고 (Anyanwu 등, 2001) 폐이식 수혜자의 활동을 제한하는 폐쇄성 세기관지염 증후군과 같은 주요 호흡기계 합병증이 발생하기 시작하는, 24개월 이후로 QOL이 감소하는 것으로 보고되었다 (Kugler 등, 2005). 따라서 폐이식 수혜자의 폐기능의 회복과 유지하는 QOL을 유지하기 위한 중요한 요소이다. 본 연구에서 폐이식 수혜자의 FVC와 FEV₁은 PCF는 수술 후 12개월까지 높은 개선을 보였고 수술 후 24개월에 유지하는 결과를 보였다.

폐이식 이후 나타나는 지속적인 운동능력 감소의 중요한 원인은 말초 근육 기능장애이다(Schwaiblmair 등, 1999). 이식 전

기간 동안 말기 폐질환으로 인해 일상생활 제한으로 인한 근육량 감소가 원인이고 이러한 감소는 이식 후 최대 3년까지 지속된다 (Rozenberg 등, 2014). Ambrosino 등(1996)은 폐이식 수혜자에게 입원기간 동안 호흡재활프로그램을 제공하고 그 결과를 확인하였는데 MIP, MEP, 무릎뮈근과 무릎굽힘근은 수술 후 6개월과 수술 후 12개월에 높은 개선이 있었으나 18개월에는 다소 감소한 결과를 보였다. 본 연구에서 MIP, MEP, 악력이 이전 연구와 유사하게 6개월 12개월에 높은 개선을 보였으나 24개월에서는 MIP는 유지, MEP는 개선, 악력은 약간 감소한 결과를 보여 차이가 있음을 확인하였다.

폐이식 후 체중 증가는 빈번하게 발생한다. 체중 증가는 고혈압, 당뇨병, 고지혈증과 같은 대사/심혈관 질환의 원인이 될 수 있지만 신체 활동과 운동으로 개선할 수 있다(Forli 등, 2011). 본 연구에서도 이전 연구와 유사하게 체중증가가 확인되었지만 골격근량이 함께 증가하고 있었고 골격근지수는 수술 후 12개월까지는 증가하였고 수술 후 24개월에 약간 감소가 나타났다. 이 결과는 호흡재활프로그램의 근력운동이 폐이식 수혜자의 골격근량의 증가에 기여하여 신체구성을 보다 긍정적으로 개선하고 있음을 나타냈다고 생각한다.

본 연구의 결과인 운동능력, 폐기능, 근력, 신체구성 모두 수술 후 12개월까지 높은 개선이 있었지만 수술 후 24개월에 전반적으로 개선 효과가 다소 낮아졌다. 본 연구 대상자도 장기간 면역억제제의 사용의 부작용으로 발생할 수 있는 호흡기계합병증의 증상이 12개월 이후에 수차례 발생하였던 것이 결과에 영향을 준 것이라고 사료된다. 이러한 연구 결과는 높은 개선 효과를 보인 수술 후 12개월까지의 호흡재활프로그램 적용의 중요성 과 추후 합병증 관리의 필요성을 확인할 수 있었지만 몇 가지 제한점이 있어 추후 연구가 필요하다.

본 연구의 제한점으로는, 우선 본 연구에서 제공한 호흡재활프로그램은 전체 기간 동안 동일한 구성으로 제공하였기에 각 시기별로 다른 구조를 가진 호흡재활프로그램을 제공한 연구와 직접적인 비교가 어렵다. 그리고 본 연구의 대상자는 선행 질환의 영향으로 전반적인 신체능력이 낮아져 있었고 그 때문에 본 연구에서 높은 개선을 보였지만 여전히 정상 예측치에 비해 낮았고 QOL 측면에서의 변화도 없었다. 그리고 가정운동교육에 대한 수행 여부를 운동기록일지로 확인하였지만 대상자의 도덕성에 의존한 만큼 적절한 통제가 되었다고 보기는 어렵다. 또한 본 연구는 단일사례연구이기 때문에 본 연구에서 확인한 연구 결과를 일반화하기는 부족하였다. 이러한 제한점을 바탕으로 추후 연구에서 보강한다면 폐이식 생존자에게 보다 효율적인 호흡재활 프로그램을 진행할 수 있을 것으로 기대한다.

V. 결 론

본 연구는 폐이식 수혜자에게 호흡재활프로그램을 장기적으로 제공하고 그 효과를 확인하고자 하였다. 연구 결과 폐이식 수혜자의 운동능력, 폐기능, 호흡근을 포함한 근력, 신체구성은 수술 후 12개월까지 높은 개선이 있었으나 그 이후는 유지 또는 약간의 감소가 있었다. 따라서 본 연구는 폐이식 수혜자에 대한 호흡재활프로그램이 수술 후 12개월 미만에는 집중적으로 적용하는 것이 중요하고 수술 후 12개월 이상에서는 호흡재활프로그램의 목표가 합병증 관리의 목적으로 구성해야 한다는 근거로 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Ambrosino N, Bruschi C, Callegari G, et al. Time course of exercise capacity, skeletal and respiratory muscle performance after heart-lung transplantation. *European Respiratory Journal*, 9(7);1508-1514, 1996.
- Anyanwu A, McGuire A, Rogers C, et al. Assessment of quality of life in lung transplantation using a simple generic tool: Presented at the 19th Annual Meeting of the International Society of Heart and Lung Transplantation in San Francisco, April 1999. *Thorax*, 56(3);218-222, 2001.
- Arcasoy SM, Kotloff RM. Lung transplantation. *New England Journal of Medicine*, 340(14);1081-1091, 1999.
- Fess EE. A method for checking Jamar dynamometer calibration. *Journal of Hand Therapy*, 1(1);28-32, 1987.
- Forli L, Bollerslev J, Simonsen S, et al. Disturbed energy metabolism after lung and heart transplantation. *Clinical Transplantation*, 25(2);E136-E143, 2011.
- Gerbase MW, Soccal PM, Spiliopoulos A, et al. Long-term health-related quality of life and walking capacity of lung recipients with and without bronchiolitis obliterans syndrome. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 27(8);898-904, 2008.
- Gutierrez-Arias R, Martinez-Zapata MJ, Gaete-Mahn MC, et al. Exercise training for adult lung transplant recipients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(7), 2021.
- Holland AE, Spruit MA, Troosters T, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, 44(6);1428-1446, 2014.
- Hume E, Ward L, Wilkinson M, et al. Exercise training for lung transplant candidates and recipients: a systematic review. *European Respiratory Review*, 29(158), 2020.
- Kang, SW, Cho DH, Lee SC, et al. Clinical Implication of Air Stacking Exercise in Patients with Neuromuscular Diseases. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 31(3);346-350, 2007.
- Kugler C, Fischer S, Gottlieb J, et al. Health-related quality of life in two hundred-eighty lung transplant recipients. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 24(12);2262-2268, 2005.
- Langer D. Rehabilitation in patients before and after lung transplantation. *Respiration*, 89(5);353-362, 2015.
- Langer D, Gosselink R, Pitta F, et al. Physical activity in daily life 1 year after lung transplantation. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 28(6);572-578, 2009.
- Lund LH, Edwards LB, Kucheryavaya AY, et al. The registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-second official adult heart transplantation report—2015; focus theme: early graft failure. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 34(10);1244-1254, 2015.
- Mathur S, Levy RD, Reid WD. Skeletal muscle strength and endurance in recipients of lung transplants. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 19(3);84, 2008.
- Mathur S, Reid WD, Levy RD. Exercise limitation in recipients of lung transplants. *Physical therapy*, 84(12);1178-1187, 2004.
- Rochester CL. Pulmonary rehabilitation for patients who undergo lung-volume-reduction surgery or lung transplantation. *Respiratory care*, 53(9);1196-1202, 2008.
- Rochester CL, Fairburn C, Crouch RH. Pulmonary rehabilitation for respiratory disorders other than chronic obstructive pulmonary disease. *Clinics in chest medicine*, 35(2);369-389, 2014.
- Rosenberger EM, Dew MA, DiMartini AF, et al. Psychosocial issues facing lung transplant candidates, recipients and family caregivers.

- Thoracic surgery clinics, 22(4);517-529, 2012.
- Ross DJ, Waters PF, Mohsenifar Z, et al. Hemodynamic responses to exercise after lung transplantation. Chest, 103(1);46-53, 1993.
- Rozenberg D, Wickerson L, Singer LG, et al. Sarcopenia in lung transplantation: a systematic review. The Journal of Heart and Lung Transplantation, 33(12);1203-1212, 2014.
- Schwaiblmair M, Reichenspurner H, Muller C, et al. Cardiopulmonary exercise testing before and after lung and heart-lung transplantation. American journal of respiratory and critical care medicine, 159(4);1277-1283, 1999.
- Smeritschnig B, Jaksch P, Kocher A, et al. Quality of life after lung transplantation: a cross-sectional study. The Journal of Heart and Lung Transplantation, 24(4);474-480, 2005.
- Society AT. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. Am J Respir Crit Care Med, 166;518-624, 2002.
- Society AT. Standardization of spirometry 2019 update an official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. American journal of respiratory and critical care medicine, 200(8);E70-E88, 2019.
- Studer S, Levy R, McNeil K, et al. Lung transplant outcomes: a review of survival, graft function, physiology, health-related quality of life and cost-effectiveness. European Respiratory Journal, 24(4);674-685, 2004.
- Takaoka ST, Weinacker AB. The value of preoperative pulmonary rehabilitation. Thoracic surgery clinics, 15(2);203-211, 2005.
- Weill D, Benden C, Corris PA, et al. A consensus document for the selection of lung transplant candidates: 2014—an update from the Pulmonary Transplantation Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. The Journal of Heart and Lung Transplantation, 34(1);1-15, 2015.
- Wickerson L, Mathur S, Singer LG, et al. Physical activity levels early after lung transplantation. Physical therapy, 95(4);517-525, 2015.
- Williams TJ, Snell GI. Early and long-term functional outcomes in unilateral, bilateral, and living-related transplant recipients. Clinics in chest medicine, 18(2);245-257, 1997.
- Yusen RD, Edwards LB, Kucheryavaya AY, et al. The registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-first adult lung and heart-lung transplant report—2014; focus theme: retransplantation. The Journal of Heart and Lung Transplantation, 33(10);1009-1024, 2014.

