

COVID-19 폐렴 후 폐 이식을 받은 근감소증 환자에서의 호흡재활: 증례보고 및 12개월 추적 관찰

신희태, 김원, 고은재

서울아산병원 재활의학과

Pulmonary Rehabilitation in a Lung Transplant Patient for COVID-19 Pneumonia with Sarcopenia: A Case Report with 12-months Follow-up

Hee Tae Shin, M.D., Won Kim, M.D. and Eun Jae Ko, M.D., Ph.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine,
Seoul 05505, Korea

Abstract

Sarcopenia is common in lung transplant patients and COVID-19 infection could significantly affect the degree of sarcopenia. In these patients, rehabilitation is important not only for reversal of muscle mass loss, but also for respiratory function. We report of case of 63-year old patient who received lung transplantation due to COVID-19 acute respiratory distress syndrome (ARDS). She was admitted to the intensive care unit (ICU) due to severe COVID-19 pneumonia and met the ICU-acquired weakness (ICU-AW) diagnostic criteria. She underwent pre-rehabilitation in the intensive care unit before lung transplantation. After surgery, pulmonary rehabilitation was performed with transfer, gait training and resistance exercise. Muscle mass, muscle strength, physical performance, and respiratory function were observed to gradually improve for 1 year after the surgery. However, even after 1 year, the patient is still included in the diagnostic criteria for sarcopenia and complains of functional limitations.

Key Words

Sarcopenia, COVID-19, Lung transplantation, Pulmonary rehabilitation

접수일 : 2022년 9월 11일

게재 승인일 : 2022년 10월 21일

교신저자 : 고은재

주소 : 서울시 송파구 올림픽로 43길 88

서울아산병원 재활의학과

Tel : 82 2 3010 3800

Fax : 82 2 3010 6964

e-mail : ejko.amc@gmail.com

서론

COVID-19 바이러스는 전례 없는 규모의 세계적 대유행을 일으키고 있다.¹ 한 보고서에 따르면 COVID-19 바이러스로 감염된 경우, 약 5%가 급성호흡곤란증후군(Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS)으로 발전하며,

이 경우 60세 이상의 환자에게서 높은 사망률을 보였다.² ARDS의 마지막 단계에서 환자는 심하게 손상된 폐 기능으로 고통 받으며, 체외막산소공급(Extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)에 의존하게 된다. 이때 폐 이식은 생존을 위한 유일한 치료 옵션이 되며 현재 그 빈도가 늘어나고 있다.³

COVID-19 감염자 중 약 20%는 중증 환자에 해당하고, 이

중 20% 환자는 중환자실 입실이 필요한 것으로 알려져 있다.⁴ 이러한 COVID-19로 인해 중환자실 입실이 필요한 환자에게서 중환자실 획득 쇠약(ICU-acquired weakness, ICU-AW)의 유병률은 높은 것으로 알려져 있으며, ICU-AW로 인한 폐 이식 전 근감소증은 폐 이식의 이환율 및 폐 이식의 결과에 중대한 영향을 끼칠 수 있는 인자로 알려져 있다.^{5,6} 더불어 폐 이식 이후에도 환자는 근력 감소 및 기능 제한을 호소한다. 하지만 아직 폐 이식 환자의 근감소증 및 재활치료에 대한 관심은 부족하며 관련 연구가 많지 않다. 특히 COVID-19 감염이 중첩된 폐 이식 환자의 근감소증 및 재활치료의 영향에 대해서는 알려진 바가 없다. 이에 COVID-19 ARDS로 인해 폐 이식을 받고 근감소증이 있는 환자에게 재활치료를 적용하고 12개월간 추적 관찰한 증례를 보고하고자 한다.

증례

63세 여자가 폐 이식 후 발생한 보행장애 및 근력저하를 주소로 재활의학과로 전과되었다. 간헐적인 허리 통증 외 특이 병력 없던 자로, 호흡곤란 주소로 응급실 내원하여 시행한 검사 결과 COVID-19 폐렴이 확인되어 입원하였다(Fig. 1A). 입원 당시 키 150 cm, 체중 55.5 kg, 체질량지수 24.6 kg/m²이었으며, 독립적으로 보행 및 일상생활 동작 수행이 가능하였다. 입원 2주째 근력저하로 재활치료 의뢰되었으나 COVID-19로 인한 격리로 인해 재활치료는 진행하지 못하였다. 입원 한 달 후 호흡곤란 악화로 중환자실 입실하였고, 입실 당시 Richmond Agitation Sedation Scale (RASS) -1점,

Sepsis-related Organ Failure Assessment (SOFA score) 1점이었다. 중환자실 입실 이후 3일째 재활의학과 의뢰되어 중환자실에서의 병상 재활치료를 시행하였으며 초기 기능 평가상 Medical Research Council (MRC) 총합은 40점이며, ICU mobility scale 4 (standing)에 해당하였다. 본원 중환자실 치료 프로토콜(protocol)에 따라 산소포화도 90% 이하, 35회 이상의 호흡수를 보이는 경우, 혹은 기준선(baseline)보다 30회 이상의 맥박수 증가를 보이는 경우를 치료 중단 기준으로 설정하고 재활치료를 진행하였다. 주요 관절의 능동 관절 가동 범위 운동, 탄력 밴드(Theraband®, Hygenic Corp., Akron, USA)를 이용한 근력 운동, 고정식 자전거 기구(cycle ergometer)를 활용한 유산소 운동, 호흡법 교육, 침상 걸터앉기(dangling on edge of bed)부터 시작하여 서기(standing) 훈련까지 수술 전 재활(prehabilitation)을 진행하였다(Table 1). 매일 환자의 의식 상태와 환자가 재활치료를 견딜 만한(tolerable) 상태인지를 확인하여, 가능한 경우에만 재활치료를 진행하였으며, 중환자실 입실 30일 동안 총 7차례 재활치료를 진행하였다. 중환자실 입실 기간 동안 methylprednisolone (Disolin®, 40 mg/vial, 구주) 10 mg을 하루 한 번, 매일 투여하였고, 신경근육차단제는 atracurium besylate (Atra®, 25mg/vial, 하나) 12.5 mg을 총 7차례 투여하였으며, 정맥-정맥형 체외막산소공급(veno-veno extracorporeal membrane oxygenation, VV ECMO)은 20일간 적용하였다. 수술 전 마지막 기능 평가상 MRC 총합은 32점이었으며, 입원 60일째 급격히 악화된 ARDS로 양측 폐 이식을 하였다(Fig. 1B). 수술 중 특이 소견은 없었고 수술 후 중환자실 입실하여 경과 관찰하였으며 양측 폐에 특

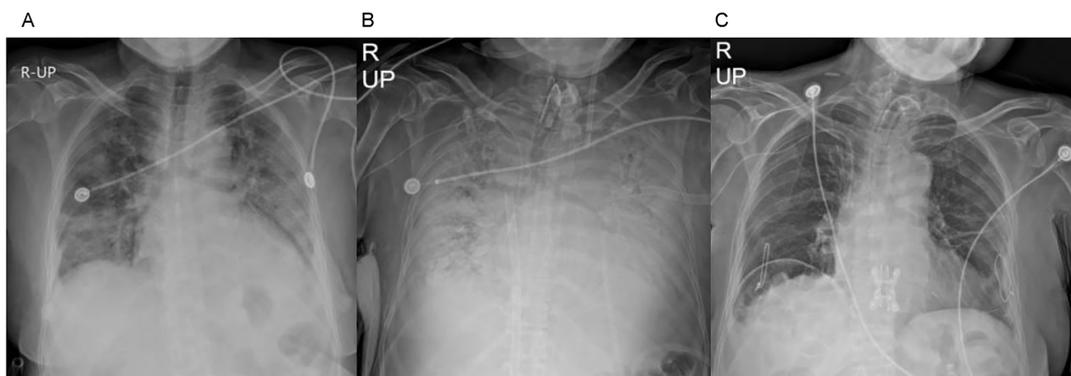


Fig. 1. Chest x-ray (A) at the time of admission, (B) at 2 months after hospitalization (before lung transplantation), (C) at 4 months after hospitalization (after lung transplantation)

Table 1. Pulmonary Rehabilitation Protocols regarding Pre- and Post-Lung Transplantation.

		Prehabilitation	Post lung transplantation (Inpatient)	After discharge (Outpatient)
Frequency	Aerobic exercise	3 days/week	5 days/week	5 days/week
	Resistance exercise	3 days/week	2-3 days/week	3-5 days/week
Duration		30-60 minutes	60 minutes	60 minutes
Intensity & time	Aerobic exercise	Modified Borg scale 3-5	Modified Borg scale 3-5	Modified Borg scale 5-6
	Resistance exercise	30-50% of 1-RM, 1-2 set, 10-15 repetitions	50% of 1-RM, 1-2 set, 15-20 repetitions	70% of 1-RM, 2-4 set, 8-12 repetitions
Type	Aerobic exercise	Cycle ergometer, seated aerobic activities (arm lifting and leg lifting)	Supported walking via walker, cycle ergometer	Walking, running, treadmill, cycling, water exercise
	Resistance exercise	Via elastic resistance band	Seated knee extension, partial squat	Squat, dumbbell lifts, weight machine
	Respiratory exercise	-	Breathing retraining, respiratory muscle training, postural drainage, cough assist, huffing cough	Respiratory muscle training via threshold inspiratory muscle trainer, huffing cough

1-RM: One repetition maximum

이 소견은 관찰되지 않았다(Fig. 1C). 수술 후 6일째 재활치료를 위해 재활의학과에 재이송되었고, 수술 후 20일째 일반 병실로 이동 후 재활치료실에서 재활치료를 진행하였다. 본원 폐 이식 수술 후 호흡재활 프로토콜에 따라 주 5회, 회당 1시간 재활치료를 진행하기로 하였다(Table 1). 30분은 호흡 관련 운동으로 호흡 재훈련(breathing retraining), 호흡근 강화 훈련(respiratory muscle training)을 진행하였고, 객담 배출을 위해서는 체위배액(postural drainage), 보조 기침(cough assist), 허핑 기침(huffing cough)를 활용하였으며, 강화 폐활량계(incentive spirometer), 진동 호기 양압 도구(oscillating positive expiratory pressure device)와 같은 기구를 활용하기도 하였다. 나머지 30분은 유산소 운동, 근력 운동, 보행 훈련을 시행하였다. 초기에는 high-walker를 이용하여 서기부터 시작하여 점차 single cane 이용하여 걷기, 부축 없이 걷기까지 진행하는 것을 목표로 재활치료를 시행하였고, 유산소 운동의 강도는 수정 보그 척도(modified Borg scale) 3-5점으로 설정하였다. 근력 운동은 하지 근력 강화 위주로 진행

하였으며 앉은 채로 무릎 펴기(seated knee extension), 부분 스쿼트(partial squat) 등을 활용하여 1-RM (one-repetition maximum)의 50% 강도로, 15-20회 연속으로 반복하는 것을 1 set로 정하여, 1-2 set 반복 시행하였다. 하지만 반복되는 발열, 하대정맥의 혈전, 장폐색증으로 인해 규칙적인 재활은 불가능하여 수술 후 6일째부터 수술 후 65일까지 총 35회, 주 평균 3-4회 재활치료를 진행하였다. 환자는 수술 후 65일째 내과적으로 안정화되었고, 보행장애 및 근력저하를 주소로 재활의학과 전과되었다. 전과 당시에 의식 상태는 명료하였으며, 상하지 근력은 전반적으로 3-4등급으로 MRC 총합 44점이었고, 감각 저하는 없었으며 기침 반사는 있으나 저하되어 있었다. 장폐색증으로 인해 비위관 유지하며 기관 절개관을 가지고 있었다. High-walker를 이용하여 서기는 가능한 수준이었으며, 산소 3 L/min를 공급하고 산소포화도를 모니터링하며 high-walker를 이용한 보행 훈련을 시행하였다. 전과 당시 경구 식이는 가능하였으나 장폐색증으로 인해 경구 식이는 제한적으로만 공급하였고, 필요 영양 요구량을 만족시키

기 위해 정맥영양을 통해 추가 영양 공급하였다. 수술 후 80일째 장폐색증이 호전을 보이며 비디오투시삼킴검사에서 특이 소견 보이지 않아 경구 식이로 완전히 전환하여 영양을 공급하였다. 경구 식이는 끼니당 고단백 식품의 양을 80-100 g 정도로 공급하였으며, 면역 억제제의 사용으로 인한 낮은 면역력을 고려하여 동물성 식품은 모두 익혀서 먹을 수 있도록 제공하였다. 재활치료는 호흡곤란 호소 시 휴식하며 standard walker를 이용하여 60 m 보행하였다. 수술 후 90일째 single cane 이용하여 120 m 보행 가능한 상태로 집으로 퇴원하였다. 수술 후 유지 중이던 prednisolone (Solondo®, 5 mg/tab, 유한) 10 mg 하루 한 번, tacrolimus (Tacrobell®, 0.25 mg/cap, 종근당) 0.25 mg 하루 두 번은 퇴원 후에도 유지하였으며, 산소포화도 모니터링 방법 및 교육, 이식 거부 반응에 대

한 증상 교육을 시행하였다. 또한 약물로 인해 발생할 수 있는 고콜레스테롤혈증 예방을 위한 영양 교육, 단백질 섭취 중요성에 대한 교육, 고칼슘 식이 권고 등 영양 교육도 함께 진행하였다. 퇴원 후 유산소 운동의 경우 산소포화도 90% 이상을 유지하며 수정 보그 척도 5-6점으로 시행할 수 있도록 교육하였으며, 근력 운동의 경우 1-RM의 70% 강도로, 8-12회 연속으로 반복하는 것을 1 set로 정하여, 2-4 set 반복 시행하도록 교육하였다(Table 1). 수술 후 4개월째 외래에서 기관 절개관을 제거하였고, 수술 후 5개월째 외래 내원 당시 보조 도구 없이 독립적으로 500 m 보행 가능한 상태이나, 간헐적인 호흡곤란으로 보행 중간에 휴식이 필요하였다. 이때 시행한 골밀도 검사상 골다공증이 확인되어 데노수맵(denosumab)을 투여하였고, 신전 운동 위주의 척추 운동 교육을 시행하였

Table 2. Body Composition, Muscle Strength, Physical Performance and Pulmonary Function.

	Post operation day			
	60 days (RM transfer)	90 days (Discharge)	150 days	365 days
Body weight (kg)	43.1	45.1	45.5	50.3
Appendicular SMM/height ² (kg/m ²)	3.20	-	4.14	5.37
Body fat mass (kg)	19.8	-	17.6	21.6
Percentage of body fat (%)	47.2	-	40.2	43.1
Grip strength (R/L) (kg)	8.9/6.6	12.2/11.4	16.4/14.9	16.8/14.2
Knee extensor (R/L) (kg)	NA	2.6/2.3	13.0/9.3	15.1/11.2
6 minute walk test (m)	NA	240	397	398
10 meter walking test (sec)	NA	15.30	11.18	9.58
FVC (L)	-	2.08	2.03	2.08
%FVC (%)	-	84	79	80
FEV1 (L)	-	1.68	1.61	1.78
%FEV1 (%)	-	86	80	90
PCF (L/min)	NA	110	250	200
MIP (cmH ₂ O)	NA	33	35	39
MEP (cmH ₂ O)	NA	25	43	55

PCF: Peak Cough Flow, MIP: Maximal Inspiratory Pressure, MEP: Maximal Expiratory Pressure, FVC: Forced Vital Capacity, FEV1: Forced Expiratory Volume in one second, NA: Not Available

다. 수술 후 9개월째 허리 통증 및 방사통을 호소하였고, 요추 신경근병증(lumbar radiculopathy) 진단하에 약물 치료 및 경막외 스테로이드 주사를 시행하였다. 수술 후 12개월째 외래 내원 당시에는 수술 후 9개월 시점에 비해 거리는 늘었으나 장거리 보행은 방사통 및 간헐적인 무릎 통증으로 제한된 상태였으며 간헐적인 호흡곤란을 보였다. 양측 무릎 통증은 COVID-19 감염 전에는 없던 증상으로, 외래 내원 시 시행한 신체 검사 및 영상의학적 검사에서 특이 소견은 없었다.

수술 후 2개월부터 1년까지 환자의 사지 골격근량/키², 악력, 호흡 기능에 대해 살펴보면, 수술 후 2개월째(재활의학과 전과 당시) 이중 에너지 엑스선 흡수계측법(dual x-ray absorptiometry, DXA)을 이용하여 측정된 사지 골격근량/키²은 3.20 kg/m²였다. 물리치료사의 지도하에 악력 측정기(TKK5401 Grip-D, Takey, Smedley; Tokyo, Japan)를 통해 측정된 양손 악력은 8.9/6.6 kg으로 Asian Working Group에서 제시한 근감소증 기준(DXA 5.4 kg/m² 이하, 악력 < 18 kg)에 해당하였다.⁷ 수술 3개월째(퇴원 시점) 악력은 12.2/11.4 kg으로 호전을 보였고, 수술 후 5개월째에도 사지 골격근량/키²은 4.14 kg/m², 악력은 16.4/14.9 kg으로 모두에서 호전되었다. 수술 후 12개월째 사지 골격근량/키²은 5.37 kg/m²으로 호전되었으나 악력은 16.8/14.2 kg으로 비슷한 수준이었다(Table 2). 환자의 무릎 신전근 근력 평가는 물리치료사의 지도하에 근력 측정기(IB-LS; InBody CO. Ltd., Seoul, South Korea)를 이용하여 평가하였으며, 전과 당시에는 측정 불가하였으나 퇴원 시점에는 2.6/2.3 kg으로 호전되었다.⁸ 이후 수술 5개월째 13.0/9.3 kg, 수술 12개월째 15.1/11.2 kg으로 지속적인 호전을 보였다. 수술 3개월, 5개월, 12개월째 시행한 모든 폐기능 검사에서 FVC (forced vital capacity), FEV1 (forced expiratory volume in one second)은 정상 범위였다. 10미터 보행 검사, 6분 보행 검사, 최대 호기 압력(maximal Expiratory Pressure, MEP), 최대 흡기 압력(maximal Inspiratory Pressure, MIP)은 물리치료사의 지도하에 측정하였으며, 전과 당시에는 측정 불가하였으나 퇴원 시점과 수술 5개월 후, 12개월 후에 점진적으로 증가되었다(Table 2).^{9,10}

고찰

본 증례를 통하여 COVID-19 감염으로 인해 폐 이식을 받은 환자에서 재활치료 후 1년간의 경과를 살펴보고자 했다.

특히 근감소증과 호흡 능력 개선이라는 두 가지 측면에서 재활치료를 접근하고자 하였다.

본 증례에서 사지 골격근량/키²과 악력은 수술 2개월 시점으로부터 수술 12개월 시점까지 지속적인 호전을 보였다. 하지만 수술 후 12개월이 지난 시점에서도 여전히 Asian Working Group에서 제시한 근감소증에 해당하였다. 한 연구에 따르면 악력은 폐 이식 수술 후 6개월 시점에 정상 범위로 회복된다고 보고하였지만 본 증례의 경우 12개월 지난 시점까지 정상 범위로 회복하지 못하였다.¹¹ 이는 COVID-19 감염이 전신 염증을 일으켜 근감소증을 악화시킬 수 있다는 이전 연구 결과를 고려했을 때, 공존하는 COVID-19 감염이 원인일 수 있으며, 중증 COVID-19 감염으로 인하여 발생한 ICU-AW 또한 원인일 수 있다.¹² 하지만 또 다른 연구에서는 근감소증이 폐 이식 수술 후 36개월이 지난 후까지 지속될 수 있다고 보고 하였는데, 이들 연구는 모두 악력이 아닌 대퇴사두근의 근육 단면(cross-sectional area)이나 대퇴사두근의 근력을 이용한 연구였다.^{11,13} 많은 연구에서 폐 이식 후 근감소증 진단에 있어 악력보다는 하지 근력이 더욱 신뢰성이 높다고 이야기하고 있으므로 본 증례에서도 하지 근력을 같이 측정하였다.¹³ 증례 환자의 수술 5개월 시점과 수술 12개월 시점을 비교해 보면, 악력의 증가는 없었지만 하지 근력의 경우는 뚜렷한 호전을 보였는데, 이는 환자의 보행 기능의 회복과도 잘 일치되며, 상지 근력보다는 하지 근력이 보행 기능의 회복과 더 연관된다는 이전 연구와 일치하는 부분이다. 결론적으로 수술 후 12개월 시점에 악력뿐만 아니라 하지 근력 모두를 고려해도 근감소증은 여전히 존재한다. 이는 스테로이드와 tacrolimus 복용이 영향을 끼쳤을 수 있으며, 폐 이식 환자에서 장기간 면역억제제의 복용이 필수적임을 고려했을 때 장기간의 근력 운동의 필요성을 시사한다.¹⁴ 또한 환자의 요추 신경근병증 및 무릎 통증으로 인한 보행의 제한 역시 근감소증의 원인으로 함께 작용했을 수 있다.

본 증례에서는 근감소증의 측면뿐만 아니라 호흡재활 측면에서도 접근하고자 하였다. 본 증례에서 수술 3개월 이후 시행한 모든 폐기능 검사에서 FVC와 FEV1이 정상 수치를 보임에도 불구하고 환자는 호흡곤란을 호소하며 운동을 견디기 어려워(exercise intolerance)하였다. 이는 폐 이식 후 호흡곤란에 대하여 폐기능 장애와 더불어 골격근 기능 장애(skeletal muscle dysfunction)도 중요한 영향을 끼침을 시사한다.¹⁵ 또한 본 증례에서는 폐기능 검사뿐만 아니라 호흡근의 근력을 대표하는 수치인 MIP와 MEP를 측정하였다. 한 연

구에서 폐 이식 후 단기간의 MIP, MEP 호전을 보고한 바 있지만, 본 증례에서와 같이 12개월 경과 관찰한 연구는 없었다.¹⁶ 본 증례에서 MIP와 MEP는 수술 후 12개월 시점까지 지속해서 호전되는 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 지속적인 호전에도 불구하고 수술 후 12개월 시점에 MIP, MEP도 근감소증의 지표와 마찬가지로 정상(70세 기준으로 정상의 하한값은 40 cmH₂O)과 비교하여 저하되어 있었는데, 이는 장기간의 호흡재활의 필요성을 시사한다.¹⁷ 더불어 호흡재활은 폐 이식 환자의 생존율 향상 및 기능에 도움이 된다고 알려져 있으며, 최근 연구에서는 COVID-19 환자에게서도 호흡재활을 적용했을 때 생존율을 유의하게 향상시킨다고 보고하였다.^{18,19} 따라서 COVID-19 감염으로 인해 폐 이식을 시행한 환자에서도 호흡재활은 필수적인 부분이라 할 수 있겠다. 또한 본 증례에서는 AACVPR 가이드라인에 따라 이식 후 6분 보행 검사를 정기적으로 시행하였다. 6분 보행 검사는 이식 후 경과를 모니터링하는 데 유용하며, 이식 거부 반응의 초기 지표로도 잘 알려져 있다.¹⁵

본 증례의 호흡재활은 AACVPR의 폐 이식 후 재활 가이드라인을 기준으로 환자의 상태에 맞게 변형되어 실시하였다. 하지만 기존 가이드라인은 만성폐쇄성폐질환, 사이질폐질환과 같은 만성 호흡기 질환을 대상으로 만들어졌다는 점에서 본 증례와 같이 빠르게 진행되는 급성호흡곤란증후군과는 차이가 있을 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 증례의 호흡재활 프로토콜은 몇 가지 이점을 가진다.

첫째로는 수술 전 중환자실에서 진행하는 이식 전 재활(prehabilitation)을 시행했다는 점이다. COVID-19 ARDS로 중환자실 입실을 한 경우에는 ICU-AW의 유병률이 높다는 보고가 있다. ICU-AW는 환자의 예후뿐만 아니라 폐 이식의 성적과도 관련이 있으므로, 본 증례의 환자와 같이 COVID-19 ARDS로 폐 이식을 받은 환자는 특히 중환자실에서의 재활치료가 매우 중요하다 할 수 있다. 증례 환자의 경우 중환자실 입실 당시 MRC 총합 40점으로 ICU-AW 진단 기준에 해당하였으며, MRC 총합은 점차 악화되었다.²⁰ 이는 ICU-AW의 위험인자로 알려진 스테로이드, 신경근육차단제 투여 및 ECMO 적용 등이 원인일 수 있다.²¹ COVID-19로 인해 ICU 입실을 하게 되는 경우, 많은 환자에서 해당 위험인자를 공유하기 때문에 초기의 쇠약 여부 및 위험인자를 확인하고 빠른 재활치료를 하는 것이 환자의 장기간의 기능적 회복에 도움이 될 수 있다. 하지만 조기 재활치료가 원칙임에도 불구하고 초기 COVID-19 감염으로 인한 격리로 인해 조기 재

활치료를 진행하지 못한 한계점도 있다. COVID-19 환자에서 초기 재활을 어떻게 시행할지에 대해서는 추후 연구가 필요할 것이다.

둘째로 수술 후 초기에 기도 분비물 관리(airway clearance)를 포함한 호흡재활을 시행했다는 점이다. 폐 이식의 경우 기증자 폐의 탈신경(denervation of donor lung)의 결과로 기침 반사(cough reflex)가 소실될 수 있다고 알려져 있다.²² 따라서 직접적인 기침과 가래 제거가 중요하며 본 증례의 환자 또한 이러한 점에 초점을 맞춰 재활치료를 진행하였고 폐렴 등은 없었다. 또한 최대 기침 유량(peak cough flow, PCF)의 경우, Bott 등은 PCF > 270 L/min로 유지하는 것을 권고하며 270 L/min 이하의 경우 보조적인 기도 관리가 필요하다고 하였는데 본 증례에서의 PCF는 수술 후 12개월까지 측정된 모든 수치가 270 L/min 이하를 나타냈다.²³ 이러한 사실은 COVID-19로 인한 폐 이식 환자에게서는 장기간의 기도 분비물 관리가 필요함을 보여주며 본 증례에서는 입원 중 객담 제거를 위해 체위배액, 보조 기침 등을 활용하였고, 퇴원 후에도 이를 지속 가능하도록 교육하였다.

셋째로는 퇴원 후 교육 및 관리를 철저히 시행했다는 점이다. 증례의 환자는 수술 후 초기에는 수술 상처의 벌어짐(dehiscence)을 예방하기 위해 하지 위주의 근력운동을 실시하였다. 하지만 퇴원 이후 방사통 및 무릎 통증으로 하지 위주의 근력 운동이 제한적이었고 이때부터는 상지 위주의 근력 운동을 제시함으로써 연속적인 재활이 가능하도록 하였다. 방사통의 경우 약물뿐만 아니라 경막 외 스테로이드 주사를 통해 적절한 시기에 중재하여 추가적인 환자의 기능 장애를 최소화하였다. 또한 환자는 COVID-19 감염 전에는 없던 무릎 통증이 새롭게 발생하였는데, 한 연구에 따르면 COVID-19 감염 후 12개월이 지난 후에 6.6%에서 관절통이 지속된다는 보고가 있으며, 면역 억제제의 복용이 근골격계 통증을 일으킬 수 있다는 보고도 있다.^{24,25} 이러한 가능성에 대해 약물 및 물리치료 등을 활용하여 환자의 통증을 중재하였다. 이처럼 본 증례와 같은 COVID-19로 폐 이식을 받은 환자에게서는 폐 이식으로 발생하는 문제뿐만 아니라 COVID-19 자체에 의한 후유증도 같이 고려해야 한다. 이뿐만 아니라 퇴원 후 골다공증도 확인되었는데 이는 폐 이식 수술 후 6-12개월 후에 골밀도가 유의하게 떨어진다는 이전 연구와도 일치하는 소견으로 주기적인 골밀도 확인이 필요함을 시사한다.²⁶ 이처럼 COVID-19로 폐 이식을 받은 환자에게서는 근감소, 호흡 문제뿐만 아니라 근골격계 문제 또한 장기적

인 관리가 필요하다.

본 증례는 COVID-19로 폐 이식을 받은 환자에게서의 재활치료가 부작용 없이 안전하였고 환자의 만족도 또한 높았으며, 근감소증 및 호흡능력의 개선을 보였다는 점에서 의의가 있다. 특히 기존 연구들이 만성폐쇄폐질환과 사이질폐질환과 같이 만성질환으로 인한 폐 이식에 초점을 맞췄다면, 본 증례는 COVID-19로 인한 폐 이식에 초점을 맞춰 재활치료의 필요성을 보여주었다. 더불어 수술 전후뿐만 아니라 장기적인 관점에서도 지속적인 재활치료의 필요성을 보여주었다. 하지만 수술 전 DXA 및 악력에 대한 자료가 없어 수술 전 환자의 골격근량 수준을 확인할 수 없다는 제한점이 있으며, 기능의 향상이 재활치료의 효과인지 아니면 자연경과로 인한 것인지 알 수 없다는 한계가 있다. 따라서 향후 대조군을 포함한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Schaheen L, Bremner RM, Walia R, Smith MA. Lung transplantation for coronavirus disease 2019 (COVID-19): The who, what, where, when, and why. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2022;163:865-868
- Liu Y, Mao B, Liang S, Yang JW, Lu HW, Chai YH, et al. Association between ages and clinical characteristics and outcomes of coronavirus disease 2019. *Euro Respir J* 2020;55:1-4
- King CS, Mannem H, Kukreja J, Aryal S, Tang D, Singer JP, et al. Lung transplantation of COVID-19 patients. *Chest* 2021;161:169-178
- Ziehr DR, Alladina J, Petri CR, Maley JH, Moskowitz A, Medoff BD, et al. Respiratory pathophysiology of mechanically ventilated patients with COVID-19: a cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;201:1560-1564
- Medrinal C, Prieur G, Bonnevie T, Gravier F-E, Mayard D, Desmalle E, et al. Muscle weakness, functional capacities and recovery for COVID-19 ICU survivors. *BMC Anesthesiol* 2021;21:1-5
- Hook JL, Lederer DJ. Selecting lung transplant candidates: where do current guidelines fall short? *Expert Rev Respir Med* 2012;6:51-61
- Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc* 2020;21:300-307.e302
- Kim M, Kim S, Won CW. Test-retest reliability and sensitivity to change of a new fall risk assessment system: a pilot study. *Ann Geriatr Med Res* 2018;22:80
- Enright PL. The six-minute walk test. *Respir Care* 2003;48:783-785
- Pessoa I, Sclauser M, Parreira VF, Fregonezi GA, Sheel AW, Chung F, et al. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J* 2014;21:43-50
- Nikkuni E, Hiramata T, Hayasaka K, Kumata S, Kotan S, Watanabe Y, et al. Recovery of physical function in lung transplant recipients with sarcopenia. *BMC Pulm Med* 2021;21:1-10
- Wang PY, Li Y, Wang Q. Sarcopenia: an underlying treatment target during the COVID-19 pandemic. *Nutrition* 2021;84:111104
- Rozenberg D, Wickerson L, Singer LG, Mathur S. Sarcopenia in lung transplantation: a systematic review. *J Heart Lung Transplant* 2014;33:1203-1212
- Sakuma K, Yamaguchi A. The functional role of calcineurin in hypertrophy, regeneration, and disorders of skeletal muscle. *J Biomed Biotechnol* 2010;2010:721219
- Guidelines for Pulmonary Rehabilitation Programs: Human Kinetics; 2019
- Candemir I, Ergun P, Kaymaz D, Demir N, Tasdemir F, Sengul F, et al. The efficacy of outpatient pulmonary rehabilitation after bilateral lung transplantation. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2019;39:E7-E12
- Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care* 2009; 54:1348-1359
- Ambrose AF, Kurra A, Tzirakidis L, Hunt KC, Ayers E, Gitkind A, et al. Rehabilitation and in-hospital mortality in COVID-19 patients. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2022;77:e148-e154

19. Florian J, Watte G, Teixeira PJZ, Altmayer S, Schio SM, Sanchez LB, et al. Pulmonary rehabilitation improves survival in patients with idiopathic pulmonary fibrosis undergoing lung transplantation. *Sci Rep* 2019;9:1-6
 20. Hermans G, Clerckx B, Vanhullebusch T, Segers J, Vanpee G, Robbeets C, et al. Interobserver agreement of Medical Research Council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle Nerve* 2012;45:18-25
 21. Kress JP, Hall JB. ICU-acquired weakness and recovery from critical illness. *N Engl J Med* 2014;370:1626-1635
 22. Duarte AG, Myers AC. Cough reflex in lung transplant recipients. *Lung* 2012;190:23-27
 23. Bott J, Blumenthal S, Buxton M, Ellum S, Falconer C, Garrod R, et al. Guidelines for the physiotherapy management of the adult, medical, spontaneously breathing patient. *Thorax* 2009;64:i1-i52
 24. Wildgaard K, Iversen M, Kehlet H. Chronic pain after lung transplantation: a nationwide study. *Clin J Pain* 2010;26:217-222
 25. Kim YJ, Ha BN, Kim SW, Chang HH, Kwon KT, Bae SH, et al. Post-acute COVID-19 syndrome in patients after 12 months from COVID-19 infection in Korea. *BMC Infect Dis* 2022;22:1-12
 26. Spira A, Gutierrez C, Chaparro C, Hutcheon MA, Chan CK. Osteoporosis and lung transplantation: a prospective study. *Chest* 2000;117:476-481
-