

# 중증 COPD 환자에 대한 포괄적인 운동프로그램의 장기 효과 - 단일사례연구

https://doi.org/10.32337/KACPT.2020.8.2.1  
대한심장호흡물리치료학회지 제8권 제2호 2020, PP.1-9

■ 이태현<sup>1\*</sup>, 이남기<sup>1</sup>

■ <sup>1</sup>충남대학교병원 대전충청권역의료재활센터

## Long-term Effects of Comprehensive Pulmonary Exercise Program in Severe COPD Patient - Single Case Study

Tae-Heon Lee PT, MS<sup>1\*</sup>, Nam-Gi Lee, PT, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Rehabilitation Center, Chungnam National University Hospital

**Purpose :** This study aims to investigate the long-term effects of comprehensive pulmonary exercise program on severe COPD patient. **Methods :** A 70-year-old patient with a height of 158 cm and a weight of 51 kg who was diagnosed with severe COPD was recruited. The comprehensive pulmonary exercise program was conducted for 36 months, 3 days per week, and consisted of aerobic and strength exercises, respiratory muscle training, and breathing pattern reeducation. The measurements included the modified Medical Research Council (mMRC), peak expiratory flow (PEF), maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume at 1 sec, peak oxygen uptake (VO<sub>2peak</sub>), 6-minute walk distance (6MWD), and COPD assessment test (CAT). **Results :** The mMRC and CAT showed meaningful decreases following intervention while the PEF, FVC, VO<sub>2peak</sub>, and 6MWD remarkably increased after intervention. **Conclusion :** In conclusion, our study results showed that the comprehensive pulmonary exercise program may be helpful to improve dyspnea, sputum expectoration, lung function, functional capacity, and quality of life and prevent respiratory muscle weakness and more narrowing airway in severe COPD patients.

**Key words :** Aerobic Exercise, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Pulmonary Exercise, Respiratory Muscle Training, Strength Exercise.

**Received :** May 19, 2020 / **Revised :** July 21, 2020 / **Accepted :** July 22, 2020

## I. 서론

만성폐쇄성폐질환(chronic obstructive pulmonary disease; COPD)은 비가역적인 기도 폐쇄가 특징이며, 점액의 과잉분비 및 섬모의 기능장애, 호흡 기류의 제한, 폐의 과팽창, 가스교환 이상 등과 같은 생리학적 변화에 의해 기침과 객담, 호흡곤란 등 특징적인 증상이 지속적으로 나타나는 만성호흡기질환이다(안태준과 윤형규, 2018). 이러한 진행성 증상으로 인해 환자의 활동이 제한되어 자기관리의 능력이 떨어지고 결국 사회생활을 할 수 없는 악순환이 발생함으로써 삶의 질이 저하된다(Kessler 등, 2011). COPD는 폐의 성장장애나 유전(alpha-1 antitrypsin deficiency 등)을 포함하는 개인적인 요소와 흡연 등과 같은 행동적 요소, 미세먼지나 작업환경의 공기오염 등과 같은 환경적 요소에 의해 발생한다(안태준과 윤형규, 2018). COPD 환자의 가장 중요한 특징은 폐의 정적 과팽창(static hyperinflation)과 동적

과팽창(dynamic hyperinflation)이며, 이는 기능적 잔기 용량(functional residual capacity; FRC)과 호기말 폐 용적(end-expiratory lung volume; EELV)에 의해 측정된다(Laveneziana 등, 2012). 휴식 시 발생하는 정적 과팽창은 FRC와 EELV 값이 높게 나타나며, 이는 폐의 탄력성이 감소하였기 때문이다. 운동 중에 발생하는 동적 과팽창은 정적 과팽창보다 더 높은 FRC와 EELV 값이 나타나며(Calverley와 Koulouris, 2005), 이것은 운동에 따른 추가적인 호흡 요구도가 증가하면서 호흡률과 1회 호흡량이 증가하기 때문이다(Donnell 등, 2001). 즉, 휴식 시 보다 빠른 호흡률은 날숨에 대한 시간이 짧아져 FRC와 EELV 값이 높아지게 된다. 이와 같이 FRC와 EELV 값의 증가와 폐의 탄력성 감소는 폐 내의 이산화탄소를 증가시키고 폐 내 유입되는 산소의 양을 감소시킴으로써 뇌로 가는 산소공급이 감소되어 결국 호흡곤란을 일으킨다. 호흡곤란은 활동제한에 따른 근위축을 발생시킬 수 있으며, 위축된 근육 단면적은 COPD

교신저자: 이태현

주소: 35015 대전광역시 중구 문화로 266, 충남대학교병원 대전충청권역의료재활센터, TEL: 042-280-2214, E-mail: click79@naver.com

환자의 사망률을 예측할 수 있다(Soler-Cataluna 등, 2005). 호흡근과 팔다리 근육의 근위축이 근육 기능 장애, 운동 능력 및 건강 상태 저하에 기여하기 때문이다. COPD 환자의 골격근 기능장애의 원인은 호흡곤란 뿐만 아니라 pro-inflammatory cytokines의 증가, 산화스트레스, 저산소증, 스테로이드의 사용 등이 포함된다(김현국과 이상도, 2005). Barreiro 등(2016)은 COPD 환자에서 근섬유 종류 중 Type I fiber의 분포율(<27%)이 비정상적으로 낮은 반면에 Type II fiber의 분포율(>29%)은 비정상적으로 높다고 보고하였다(Barreiro와 Gea, 2016). 따라서 다리근육의 지구력을 감소시키고 근육 피로도를 증가시키는 중요한 요인이다. 운동능력 및 신체적 활동이 감소된 COPD 환자에게 호흡곤란과 피로를 완화하고 운동지구력 및 건강 관련 삶의 질을 개선시키고, 사망률을 감소시키기 위한 운동훈련을 포함한 호흡재활이 요구된다(Puhan 등, 2016).

호흡재활은 만성 호흡기 환자의 신체적 및 심리적 상태를 개선하고 건강증진 행동수칙에 대한 준수를 장려하기 위해 운동과 교육, 행동변화를 포함한 환자 평가 기반 포괄적인 중재로 정의할 수 있다(Spruit 등, 2013). 운동은 호흡재활 중 가장 중요한 중재이며, 종류에는 기본적으로 유산소 운동(지면 걷기 및 사이클링, 트레드밀 훈련 등) 및 근력운동(저항운동), 호흡근 훈련 및 호흡패턴의 재교육 등을 포함한다. 유산소 운동은 심폐지구력을 향상시키는 것으로, 폐의 동적 과팽창과 호흡곤란을 개선시키고, 근육기능 장애를 개선하는데 기여한다(Chen 등, 2014; Gimeno-Santos 등, 2014; Iepsen 등, 2016). 지면이나 트레드밀 위에서 걷기와 에르고미터를 통한 사이클링은 지구력 및 유산소 운동능력의 향상을 위해 주로 이용된다. 지면 걷기는 사이클링과 비교할 때 보행 지구력이 주로 증가되며(Leung 등, 2010), 사이클링 훈련은 총 대사요구량을 감소시키고 유산소 운동능력을 향상시킨다. 미국흉부학회/유럽호흡기학회(American Thoracic Society/European Respiratory Society)에서 권장하는 유산소 운동은 주당 3~5회, 회당 20~60분(peak oxygen uptake;  $VO_{2peak}$  60% 이상)이며(Spruit 등, 2013), 훈련 중 운동강도를 모니터링하기 위해 Borg scale을 사용한다(Horowitz 등, 1996). McNamara 등(2016)은 COPD 환자를 대상으로 걷기 및 사이클링 훈련을 8주 동안 실시하였을 때 6분 보행 검사(6-minute walk distance; 6MWD)와 호흡곤란점수(modified Medical Research Council Dyspnea Scale; mMRC)에서 중재 전과 후 사이에 유의한 차이를 발견하였다(McNamara 등, 2016). 근력운동(저항운동)은 근력 및 운동능력, 삶의 질을 개선시키기 위해 COPD 환자에게 프리웨이트(덤벨, 리드볼, 웨이트 리프팅 등)나 기계를 이용하여 적용한다(Mador 등, 2004; Vonbank 등, 2012). 특히, 벤치 프레스나 데드리프트, 윗몸일으키기 등과 같은 다관절 저항운동 및 점진적인 저항운동은 근력을 향상시키는데 효과적이다(Paoli 등, 2017). 미국스포츠의학회(American College of Sports

Medicine)는 훈련초기에 8~12RM(repetition maximum, RM)의 반복 범위에 해당되는 부하가 적절하고, 훈련 과정 중에 부하를 2~10%씩 증가시키며, 주당 2~3회 훈련하는 것을 권장한다. COPD 환자 관련 리뷰연구에서 팔과 다리, 몸통에 대한 단기간(평균 12주) 점진적인 저항운동을 실시하였을 때 근력이 유의하게 증가하였다고 기술하였다(O'Shea 등, 2009). 마지막으로 호흡근 훈련 중 흡기근 훈련은 흡기근의 근력과 지구력, 기능적 운동능력, 호흡곤란, 삶의 질을 개선시킨다. 그리고 오므린 입술 호흡(pursed lips breathing)과 횡격막 호흡(diaphragmatic breathing) 등을 포함한 호흡패턴의 재교육과 객담 관리 등을 환자의 건강상태에 따라 같이 적용한다. 특히, 오므린 입술 호흡과 횡격막 호흡은 폐의 과팽창으로부터 과다환기를 감소시키고 운동지구력을 향상시킨다. 흡기근 훈련은 저항호흡훈련도구(Threshold Inspiratory muscle trainer)를 가지고 흔히 수행한다. 일반적으로 훈련강도는 최대흡기압의 30% 이상으로 설정한다(Gosselink 등, 2011). Wenhui 등(2018)은 흡기근 훈련만 진행하는 것보다 호기근 훈련도 함께 진행하였을 때 효과적으로 호흡근을 강화시키고 호흡주기를 조절하는 데 도움을 준다고 보고하였다.

유산소 운동, 근력운동, 호흡근 훈련 및 호흡패턴의 재교육은 COPD 호흡재활 과정 중 훈련의 목적에 따라 모두 필요하며, 포괄적인 운동프로그램으로 동시에 진행되어야 한다. 기존 연구는 흡기근과 날숨근 근력 강화운동, 유산소 훈련과 근력강화운동 등과 같이 2가지 운동을 함께 적용하거나 가정 내에서 시행하는 포괄적인 운동프로그램 연구에 국한되어 있다. 그리하여 본 연구는 중증 COPD 환자를 대상으로 2015 호흡재활 지침서에 따라 포괄적인 운동프로그램(유산소 운동, 근력운동, 호흡근 훈련 및 호흡패턴의 재교육)을 장기간 적용하였을 때 호흡곤란정도 및 객담배출능력, 호흡근 근력, 폐기능, 유산소 운동능력, 삶의 질에 대한 효과를 알아보려고 수행하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC)에 대한 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume; FEV<sub>1</sub>)의 비(FEV<sub>1</sub>/FVC)가 0.7 이하인 COPD로 진단받은 성인 1명을 대상으로 하였다. 만일 심혈관계 질환이나 신경근 질환, 관절염, 정신과적 질환 등 호흡기계 외의 동반질환을 가지고 있다면 운동능력을 제한시킬 수 있으므로 제외하였다.

대상자의 면담과 의무기록을 통해 인구사회학적 특성과 의학 적 정보를 수집하여 정리하였다(표 1). 대상자에게 본 연구의 중

표 1. 대상자의 인구학적 및 임상적 특성

Category	Characteristics	Data
Demographic	gender	male
	age	70 years
	height	158cm
	weight	51kg
Clinical	onset	22 years ago
	chief complaint	dyspnea
	GOLD stage	very severe
	indirect smoking period	30 years
	high blood pressure	○
	diabetes mellitus	○

요성과 목적, 절차에 대해 충분히 설명하였다. 연구 참여의 의사 철회에 대한 권리를 설명하고 비밀 보장을 약속한 후 서면으로 자발적인 동의를 얻은 후 진행하였다.

## 2. 포괄적인 운동프로그램

2015 호흡재활 지침서에 따라 유산소 운동, 근력운동, 호흡근 훈련 및 호흡패턴의 재교육을 중증 COPD 환자에게 36개월(90분 (각 30분), 주 3회) 동안 적용하였으며, 이와 관련하여 호흡곤란 정도 및 객담배출능력, 호흡근 근력, 폐기능, 유산소 운동능력, 삶의 질에 대한 효과를 알아보고자 심장호흡전문물리치료사에 의해 중재 전과 18개월 후, 36개월 후(3년 후)에 각각 측정하였다.

### 1) 유산소 운동

유산소 운동은 준비운동과 본 운동, 정리운동으로 구성되어 있으며, 운동의 종류는 트레드밀 훈련이다. 준비운동은 5분 동안 트레드밀 위에서 호흡곤란 없이 편안한 속도( $VO_2\text{peak}$  40% 이하)로 걷게 하였다. 준비운동 중 산소요구량 증가에 따라 오므린 입술 호흡과 횡격막 호흡을 하도록 유도하였다. 본 운동은 지속운동 프로그램과 인터벌 훈련(interval training)을 환자의 상태에 따라 병행하였다. 지속운동 프로그램과 인터벌 훈련에 대한 당일 운동종류의 선택은 심장호흡전문물리치료사에 의해 COPD 환자의 건강상태를 고려하여 시행하였다. 지속운동 프로그램은 최대 운동부하검사 결과에 따른  $VO_2\text{peak}$ 의 40~60% 정도로 20분 동안 운동을 지속적으로 진행하는 것이다. 그리고 인터벌 훈련은  $VO_2\text{peak}$ 의 60~80% 정도로 진행하며, 운동 중 산소포화도가 90% 미만으로 떨어지면 운동강도를 낮춰 산소포화도가 안정화될 때까지 진행한 후 운동강도를 다시 높이는 방법으로, 즉 간헐적으로 운동강도를 높이는 운동이다. 예를 들어 고강도 운동 3분과 저강도 운동 2분을 포함한 총 5분을 4세트(총 20분)로 진행하는 것이다. 본 운동 후 정리운동은 심박수가 운동 전 안정 시 심박수

로 떨어질 때까지 편안한 속도( $VO_2\text{peak}$  40% 이하)로 5분 내외 걷게 하였다. 만일 수정 Borg 호흡곤란척도가 7 이상이거나 심한 호흡곤란 및 피로, 가슴통증, 현기증, 산소포화도 90% 미만, 연령별 최대심박수의 85% 이상 동일 때 운동을 중지하였다.

### 2) 근력운동

전신 순환근력운동기구인 밀론(Milon Circuit Training System, Milon Company, Germany)을 이용하여 상지와 하지를 포함한 전신 근력운동을 실시하였다. 상지 운동프로그램은 Chest Press, Row, Dip을 포함하였으며, 하지는 Leg Curl, Leg Extension, Leg Press, Hip abduction으로 구성하였다. 운동 시작 전에 1RM을 추정하기 위해 COPD 환자가 2~3회 반복하여 들 수 있는 중량을 1RM의 80%로 간주하였다(2015 호흡재활지침서). 운동을 시작한 후 초기 3개월 동안 1RM의 50~60%에서 10~15회를 반복하는 3세트로 구성된 운동을 진행하였으며, 이 세트는 탈컨디셔닝 되어 있는 환자의 건강상태로부터 근력운동의 본 운동을 할 수 있는 건강상태로 회복하기 위한 것이다. 근력운동의 본 운동은 지구력 및 근력을 향상시키기 위해 1RM의 50~60% 정도로 15~20회 반복하는 2세트로 구성된 운동과 1RM의 70~80% 정도로 10~15회 반복하는 2세트로 구성된 운동을 병행하였으며, 각 세트 사이의 휴식시간을 2분미만으로 하였다. 그리고 환자가 정확한 동작으로 운동을 할 수 있게 언어적 피드백을 수시로 제공하였다.

### 3) 호흡근 훈련 및 호흡패턴의 재교육

소도구를 이용한 흡기근 훈련과 횡격막 근력강화운동을 포함한 호흡근 훈련을 실시하였다. 소도구를 이용한 흡기근 훈련은 역치 흡기근훈련기를 이용하여 기도압검사 결과에 따른 최대흡기압의 30~40% 정도로 진행하였고, 횡격막 근력강화운동은 바로 누운 자세에서 복부 위에 3~5kg의 모래주머니를 올려놓은 다음 들숨훈련을 한 후 오므린 입술 호흡법을 통해 날숨훈련을 하였다. 그리고 호흡패턴의 재교육에서 대상자의 흉식호흡을 교정하고 환기효율성을 극대화시키기 위해 횡격막 호흡과 오므린 입술 호흡을 실시하였고, 날숨량 증가 및 호흡 안정화를 위해 보조 호흡법도 실시하였다. 추가적으로 객담이 있는 경우는 Active Cycle of Breathing Technique과 Huffing 기법 등을 통해 객담관리를 하여 기도청결을 통한 호흡기능을 향상시켰다.

## 3. 측정도구

### 1) 호흡곤란정도

mMRC dyspnea scale은 호흡곤란정도를 측정하는 설문지형 평가도구이며, 검사시간이 30초 정도로 짧은 시간이기 때문에 운동훈련 전과 중, 후에 검사하여 운동진행에 대한 가이드 역할을

하는데 많이 사용한다. mMRC는 극심한 운동이나 언덕 오르기, 100미터 걷기, 옷 갈아입기 등 다양한 신체활동을 기반으로 5점 척도로 구성되어 있으며, 호흡곤란이 일상생활에 미치는 영향을 평가하는데 유용하다. mMRC 측정도구의 점수가 높을수록 호흡곤란정도가 심각한 것으로 해석하며, 2점 이하는 숨을 더 많이 쉴 수 없는 수준(more breathlessness)으로부터 숨을 쉴 수 없는 것이 덜해지는 기준(less breathlessness)으로 간주한다.

## 2) 객담배출능력

객담배출능력은 휴대가 편한 호기유속기(peak flowmeter)를 이용하여 최대호기유속(peak expiratory flow; PEF)을 측정하였다. 정확하게 측정하기 위해 대상자가 잘 이해할 수 있도록 충분히 설명한 후 시범을 보여주었다. 측정방법은 바로 앉은 자세에서 눈금자를 아래쪽으로 맞춘 후 숨을 깊게 들이신 다음 호기유속기의 마우스피스를 입으로 물어 입술로 감싼다. 그리고 최대한 힘껏 빨리 내쉬도록 하였으며, 이때 혀로 구멍을 막지 않도록 주의해야 한다. 총 3~4회 측정하였으며, 측정 사이에 충분한 휴식시간을 가졌다. 측정값은 재현성을 확인한 다음 최대값을 사용하였다.

## 3) 호흡근 근력

호흡근 근력은 직접적으로 평가하기 어려워 압력을 통해 간접적으로 평가한다. 최대흡기압(maximum inspiratory pressure; MIP)과 최대호기압(maximum expiratory pressure; MEP)은 압력측정기(microRPM, micromedical Ltd, Rochester, UK)를 사용하여 측정하였다. MIP는 일반적으로 흡기근 근력을 나타내며 특히 횡격막의 근력을 뜻하고, MEP는 강제적 호기 시 복부 근육의 근력을 반영한다. MIP와 MEP를 정확하게 측정하기 위해 대상자가 잘 이해할 수 있도록 충분히 설명한 후 시범을 보여주었다. 대상자는 앉은 자세에서 코를 막고 마우스피스를 통해 최대한 흡기를 한 후 다시 힘껏 호기할 때 MEP를 측정하였고, MIP는 최대한 호기한 후 힘껏 흡기할 때 측정하였다. 측정 시 최소한 1초 이상 유지된 압력값을 기록하였고, 각각 3회 측정하여 최대값을 사용하였다.

## 4) 폐기능

폐활량계(Spirometer, Masterscreen Pneumo, Care Fusion, Germany)를 사용하여 폐활량을 측정하였다. 폐활량 측정에는 FVC 및 FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC가 포함된다. FVC는 최대한 강제로 내쉬었을 때 측정된 공기의 양을 뜻하고, FEV<sub>1</sub>은 1초간 최대한 빨리 내쉬는 공기의 양을 나타낸다. 미국흉부학회/유럽호흡기학회에서 권장하는 폐활량 측정법(closed circuit method)으로 시행

하였다. 정확한 폐활량을 측정하기 위해 대상자가 잘 이해할 수 있도록 충분히 설명한 후 시범을 보여준 다음 앉은 자세에서 실시하였으며, 검사 중 언어적 피드백을 지속적으로 제공하였다. 폐활량 측정은 검사 결과의 재현성이 나타날 때까지 시행하여 최대값을 사용하였다.

## 5) 유산소 운동능력

유산소 운동능력은 최대운동부하검사를 통한 VO<sub>2peak</sub>와 6분 보행 검사(6-minute walk distance; 6MWD)를 통한 거리를 측정하여 평가하였다.

최대운동부하검사(Quark CPET, Cosmed s.r.l. Italy)는 트레드밀을 이용하였으며, 부르스 램프 프로토콜에 따라 VO<sub>2peak</sub>를 측정하였다. 심각한 호흡곤란이나 피로, 어지러움증, 가슴통증, 심전도 이상(ST 분절의 3 mm 이상 하강), 250/120 mmHg 이상의 고혈압 등과 같은 상황은 발생하지 않았다.

6MWD는 일상생활 관련 기능장애의 중증도를 평가하는 것이며, 트레드밀 걷기 속도나 트랙 바퀴(lap)의 수와 같은 운동강도를 결정하는 데 매우 유용하다. 30미터 거리의 양쪽 끝에 표시를 한 후 대상자에게 이 구역 안에서 6분 동안 가능한 빨리 걸어야 한다고 교육하고 직접 시범을 보여주었다. 검사자는 측정 중 1분(minute)마다 “잘 하고 계십니다. 혹은 계속하세요. 몇 분 남았습니다.”와 같은 독려의 말(언어적 피드백)을 제공하였다. 준비운동은 시행하지 않고 검사 시작 전 최소 10분 이상 의자에 앉아서 안정을 취한 후 6분 동안 걷게 하여 거리를 측정하였다(Crapo 등, 2002).

## 6) 삶의 질

COPD assessment test (CAT)는 호흡곤란에 따른 삶의 질을 평가하는 설문지이며, 쉽고 빠르게 수행할 수 있는 장점이 있다. CAT는 기침과 가래, 가슴 답답함, 언덕이나 계단 오르기, 실내 활동 능력, 외출에 대한 자신감, 수면의 질, 에너지 수준을 포함한 총 8개의 항목으로 구성되어 있으며, 각 항목은 0점에서 5점까지 점수로 평가하여 점수가 높을수록 삶의 질에 대한 저하를 의미한다.

## 4. 분석 방법

mMRC(호흡곤란정도) 및 PEF(객담배출능력), MIP, MEP(호흡근 근력), FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC(폐기능), VO<sub>2peak</sub>, 6MWD(유산소 운동능력), CAT(삶의 질)는 각 회기(중재 전, 18개월 후, 36개월 후) 동안의 데이터를 이용하여 그래프를 통해 시각적으로 분석하거나 표로 나타내었다.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 호흡곤란정도

mMRC는 중재 전에서 100m를 걷거나 언덕을 몇 분 올라갈 때 쉬어야 하는 수준(3점)으로 평가되었다. 훈련이 진행됨에 따라 18개월 이후에 감소(2점)하여 유지되고 있다(그림 1).

#### 2. 객담배출능력

PEF는 중재 전과 18개월 후에 220L/min이고, 중재 36개월 후에 240L/min으로 증가하여 객담배출능력이 향상되었다는 것을 의미한다(그림 2).

#### 3. 호흡근 근력

MIP는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 75cmH<sub>2</sub>O(정상예측치 93%)와 72cmH<sub>2</sub>O(89%), 67cmH<sub>2</sub>O(84%)로 각각 측정되었다. MIP의 수치가 점차 감소하는 것으로 보이나 기계적 환기가 필요로 하는 20cmH<sub>2</sub>O 이하가 아니며, 또한 모든 값이 정상예측치의 50% 이상으로 측정되어 흡기근 약화에 대한 소견이 보이지 않는다. 그리고 MEP는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 114cmH<sub>2</sub>O(72%)와 112cmH<sub>2</sub>O(89%), 111cmH<sub>2</sub>O(89%)로 각각 측정되었다. MEP의 수치도 또한 점차 감소하는 것으로 보이지만 기계적 환기가 필요로 하는 50cmH<sub>2</sub>O 이하가 아니며, 정상예측치도 80~100cmH<sub>2</sub>O 이상으로 모두 측정되어 호기근 약화에 대한 소견도 보이지 않는다(표 2).

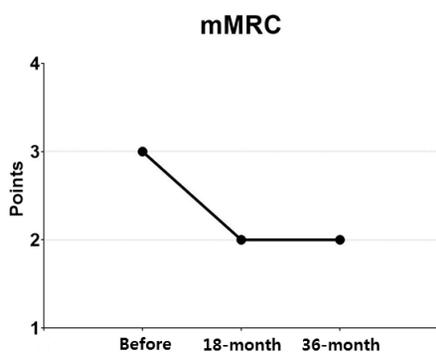


그림 1. 중재 전 후의 호흡곤란정도 변화

표 2. 중재 전 후의 최대흡기압과 최대호기압의 변화

	Before intervention	After 18-month	After 36-month
MIP(cmH <sub>2</sub> O)	75	72	67
MEP(cmH <sub>2</sub> O)	114	112	111

MIP : Maximum inspiratory pressure

MEP : Maximum expiratory pressure

#### 4. 폐기능

FVC는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 2.00L(정상예측치 59%)와 2.05L(61%), 2.47L(74%)로 각각 측정되었다. FVC의 수치는 훈련이 진행됨에 따라 점차 증가하여 폐활량이 개선되는 것을 볼 수 있다. FEV<sub>1</sub>은 COPD의 정도를 반영하는 지표이며, 경증에서 심한 중증(경증 80% 이상, 중등증 50~79%, 중증 30~49%, 심한 중증 30% 이하)으로 분류할 수 있다. 대상자의 FEV<sub>1</sub>는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 0.67L(28%)와 0.69L(29%), 0.69L(30%)로 각각 측정되었다. 이는 중재기간 동안 거의 유사한 수치를 보였고, 정상예측치에서 GOLD 기준(Vestbo 등, 2012)에 따라 매우 심한 중증(very severe)으로 볼 수 있다. 마지막으로 FEV<sub>1</sub>/FVC은 70% 미만일 때 COPD로 진단하는 지표이며, 이 대상자는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 33%와 33%, 27%로 각각 측정되어 COPD로 진단될 수 있다(표 3).

#### 5. 유산소 운동능력

VO<sub>2</sub>peak는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 11.90mL/min/kg(3.4 METs)와 15.45mL/min/kg(4.34 METs), 18.61mL/min/kg(5.4 METs)로 각각 측정되어 현저한 증가를 보이며, 운동지속 시간은 4분 44초와 8분 20초, 11분 10초로 각각 기록되었다.

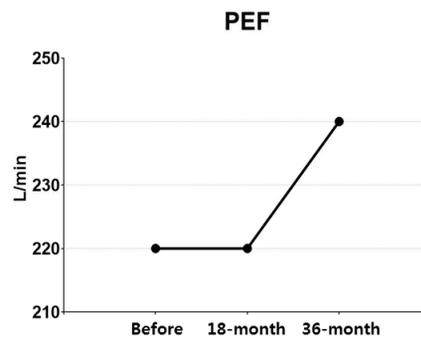


그림 2. 중재 전 후의 객담배출능력 변화

표 3. 중재 전 후의 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 1초간 노력성 호기량/노력성 폐활량 비율 변화

	Before intervention	After 18-month	After 36-month
FVC(L)	2.00	2.05	2.47
FEV <sub>1</sub> (L)	0.67	0.69	0.69
FEV <sub>1</sub> /FVC(%)	33	33	37

FVC : Forced vital capacity

FEV<sub>1</sub> : Forced expiratory volume at 1 second

이는 훈련이 진행됨에 따라 고강도의 운동을 수행할 수 있는 체력이 되었고, 운동강도의 증가에 따른 에너지소비 증가로 인해  $VO_{2peak}$ 가 증가한 것으로 볼 수 있다. 즉 운동강도가 증가하면서 산소의 산화적 반응에 의한 에너지 생산이 증가되었다는 것을 의미한다. 그리고 6MWD는 중재 전과 18개월 후, 36개월 후에 372m와 405m, 407m로 각각 측정되었으며, 이는 중재 전 보다 36개월 후에 현저한 증가를 보여 유산소 운동능력이 향상되었음을 나타낸다(그림 3)(그림 4).

### 6. 삶의 질

CAT는 중재 전에는 25점으로 삶의 전반적인 부분에 부정적

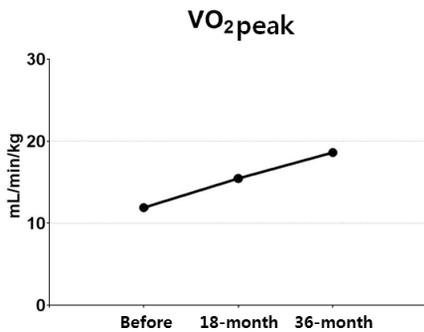


그림 3. 중재 전 후의 최고산소섭취량 변화

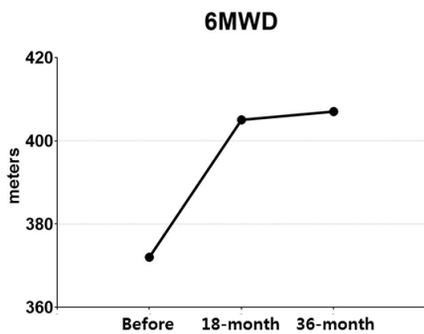


그림 4. 중재 전 후의 6분 보행 검사 이동거리 변화

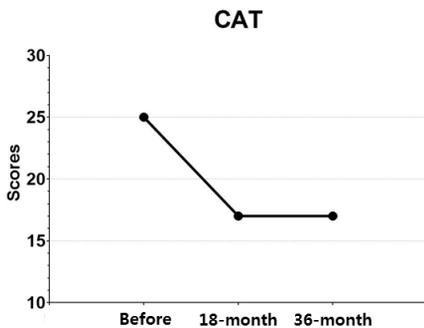


그림 5. 중재 전 후의 만성폐쇄성폐질환 평가 검사 (COPD assessment test) 변화

인 영향을 받아 삶의 질이 많이 저하되었음을 나타낸다. 그리고 중재 18개월 후와 36개월 후에는 17점으로 측정되어 호흡곤란으로 인한 일상생활 제한이 조금 감소하여 삶의 질이 중재 전보다 개선되었음을 보인다(Figure 5).

### IV. 고찰

본 연구는 중증 COPD 환자를 대상으로 포괄적인 운동프로그램(유산소 운동, 근력운동, 호흡근 훈련 및 호흡패턴의 재교육)을 36개월(3년) 동안 적용하였을 때 호흡곤란정도 및 객담배출능력, 호흡근 근력, 폐기능, 유산소 운동능력, 삶의 질에 대한 효과를 알아보고자 수행하였다. 본 연구의 결과에서, 호흡패턴의 재교육 및 객담관리는 객담배출능력(PEF)을 향상시켜 기도 내 청결을 관리할 수 있는 수준이 되었으며, 이와 더불어 객담으로 기인된 기도 협착에 의한 호흡곤란정도(mMRC)도 개선되었다. 반면에 호흡근 근력에서 중재가 진행됨에 따라 MIP와 MEP 수치가 감소하지만 정상 근력범위 안에서 노화에 따라 진행되는 점진적인 변화를 보여주는 것이며, 이는 또한 호흡근 훈련을 함으로써 노화에 따른 호흡근의 약화 진행을 최대한 지연시킬 수 있었다. 유산소 운동 및 근력운동은 폐활량(FVC) 및 최고산소섭취량( $VO_{2peak}$ ), 6분 보행 검사의 이동거리(6MWD)를 증가시켜 폐기능과 유산소 운동능력의 향상을 보였다. 그러므로 호흡곤란이나 폐기능, 유산소 운동능력이 개선됨에 따라 호흡곤란에 따른 일상생활의 제한(CAT)이 감소되어 삶의 질이 향상되었다.

본 연구의 결과는 Berry 등(2018)과 Wada 등(2016), Elkhateeb 등(2015) 등 기존 COPD 연구의 결과와 일치한다. Berry 등(2018)은 유산소 운동능력과 건강 관련 삶의 질에 대한 지구력 훈련과 근력 훈련의 효과를 비교하였을 때, 유산소 운동능력은 두 그룹에서 유의하게 향상되었고, 삶의 질은 근력 훈련그룹보다 지구력 훈련그룹에서 더 큰 향상을 보였다. Wada 등(2016)은 유산소 운동과 호흡근 신장 운동을 적용하였을 때 호흡곤란정도가 감소하고, 유산소 운동능력이 향상되었다. 유산소 운동은 일회박출량(stroke volume) 및 심박출량(cardiac output), 최고산소섭취량을 증가시키고, 호흡률의 증가에 따른 최대환기량도 증가되어 폐확산능력을 향상시킨다. 이와 같이 산소 섭취에 대한 유리한 조건이 형성됨에 따라 유산소 운동능력이 향상된다. 기존 연구에 따르면, COPD 환자에 대한 mMRC와 6MWD, CAT의 임상적으로 유의미한 최소한의 차이 (minimal clinically important differences; MCID)는 각각 0.6점과 54m, 2점으로 보고하였다(Kon 등, 2014; Oliveira 등, 2018; Spruit 등, 2015). 본 연구에서 mMRC와 CAT에 대한 중재 전과 36개월 후 사이의 차이값은 각각 1점과 8점으로, MCID 이상 증가하여 임상적으로 운동효과를 보여주고 있다. 그러나 6MWD는 중재

전과 36개월 후 사이의 차이값은 35m로, MCID 값까지 도달하지 못하였다. 이는 환자의 입원과 퇴원이 반복적으로 진행(6회)하면서 드라마틱한 변화를 보이기보다는 운동을 통해 악화되는 것을 방지하고 조금씩 증가하는 것을 볼 수 있다. Elkhateeb 등(2015)의 연구결과에서 유산소 운동과 호흡근 훈련의 효과를 비교하였을 때 유산소 운동 그룹에서 운동 후 유산소 운동능력과 폐기능의 유의한 개선을 보였으며, 특히 FVC는 호흡근 훈련 그룹보다 더 유의한 향상을 보였다. 그리고 호흡근 훈련 그룹도 운동 후 폐기능의 유의한 개선을 보였으며, 호흡곤란 정도는 유산소 운동 그룹보다 더 유의하게 개선되었다. 즉, 유산소 운동과 호흡근 훈련의 비교에서 유산소 운동은 폐활량 증진에 효과적이고, 호흡근 훈련은 호흡곤란 정도 개선에 효과적이라는 것을 임상적으로 의미한다. Nalbant 등(2011)의 연구에 따르면, 중증 COPD 환자에게 유산소 운동을 적용하였을 때 하지근력과 폐활량, 객담배출능력(PEF)이 유의하게 향상되었다고 보고하였다. 이러한 운동은 호흡근 기능 및 좁은 기도를 개선시켜 결국 FVC의 유의한 증가에 기여하며, FEV<sub>1</sub>는 유의한 증가를 보이지는 않지만 치료를 통해 기도폐쇄의 진행을 억제하는데 기여한다. 다시 말해, 운동은 분비물 배출을 개선시킴으로써 기도의 감염이나 염증이 감소됨에 따라 COPD의 악화도 감소시킬 수 있다. FEV<sub>1</sub>의 감소는 COPD 환자에서 사망 위험의 예측인자로 간주할 수 있다(David 등, 2009).

Petrovic 등(2012)은 흡기 시간을 짧게 하는 흡기근 훈련은 호기와 이완 시간을 더 가질 수 있고 폐의 공기를 비워 동적 과팽창을 감소시킬 것이라고 제안하였다. 즉, 흡기근 약화가 있는 COPD 환자를 위한 흡기근 훈련은 흡기근 근력(MIP) 및 기능적 운동능력, 폐기능을 개선시키고, 동적 과팽창과 호흡곤란을 감소시키는데 기여한다. 이러한 포괄적인 운동프로그램과 함께 호흡패턴의 재교육도 병행해야 하며, 이는 오므린 입술 호흡과 횡격막 호흡을 각각 진행하거나 동시에 진행하기도 한다(Jones 등, 2003). 오므린 입술 호흡은 호흡빈도수 및 폐의 과팽창을 감소시키고, 혈액 내 이산화탄소와 산소 농도를 개선시키고, 1회 호흡량을 증가시키지만 호흡곤란의 감소는 다소 환자 사이에 약간의 차이가 있다(Bianchi 등, 2004; Gosselink, 2004). 횡격막 호흡은 횡격막의 움직임은 강조하는 호흡법으로 1회 호흡량과 산소포화도를 증가시키고, 호흡빈도수를 감소시키고, 환기를 개선시킨다(Cahalin 등, 2002). Jones 등(2003)은 오므린 입술 호흡과 횡격막 호흡을 각각 적용하는 것보다 함께 적용하였을 때 호흡빈도수가 더 유의하게 개선되었다고 보고하였다. 그러나 횡격막 호흡은 폐기종이 심해져 후버 징후(hoover sign)가 나타나는 매우 심각한 상태의 환자의 경우에 비동기화된 가슴벽 움직임이나 호흡곤란, 에너지 소모가 많은 비효율적인 호흡과 같은 부작용이 발생할 수 있기 때문에 두 호흡법을 각각 적용할 것인지를 함께 적용할 것인지를 환자의 건강상태에 따라 선택한다(Cahalin 등,

2002; Gosselink, 2004). 그러므로 본 연구에서 유산소 운동과 근력운동, 호흡근 훈련과 호흡패턴의 재교육을 포함한 포괄적인 운동프로그램은 호흡곤란 정도 및 객담배출능력을 개선시키고 폐활량 및 유산소 운동능력도 향상되어 삶의 질을 개선시키는 것을 보여주었으며, 또한 운동으로 인해 호흡근 약화나 FEV<sub>1</sub>의 현저한 감소를 억제하여 환자의 급작스런 건강악화를 방지할 것으로 사료된다.

포괄적인 운동프로그램을 통해 호흡곤란 정도 및 객담배출능력, 호흡근 근력, 폐기능, 유산소 운동능력, 삶의 질을 포함한 다양한 결과를 도출하여 임상적으로 의미가 있지만 크게 3가지 제한점이 있다. 첫 번째, 호흡곤란으로 인해 신체적 활동이 제한되어 2차적으로 근위축이 발생할 수 있기 때문에 상지(악력)와 하지(넙다리내갈래근)의 근력을 추가적으로 측정하였다면 근력운동의 효과를 직접적으로 입증할 수 있을 것이다. 두 번째, 36개월 동안 정기적으로 자주 결과를 측정하였다면 환자의 재활효과의 자세한 경향을 알 수 있으며, 그 경향을 통해 어느 변수가 가장 효과가 있는지 파악할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구는 단일사례연구이기 때문에 향후 더 많은 대상자에게 포괄적인 운동프로그램을 적용함으로써 연구에 대한 결과를 일반화할 수 있을 것이다.

## V. 결론

본 연구에서 유산소 운동과 근력운동, 호흡근 훈련과 호흡패턴의 재교육을 포함한 포괄적인 운동프로그램은 호흡곤란과 객담배출능력을 개선시키고, 폐활량 및 최고산소섭취량, 6분 보행 검사의 이동거리를 증가시켜 폐기능과 유산소 운동능력의 향상을 보였다. 이러한 호흡곤란이나 폐기능, 유산소 운동능력이 개선됨에 따라 호흡곤란에 따른 일상생활의 제한이 감소되어 삶의 질이 향상되었다. 또한 운동으로 인해 호흡근 약화나 FEV<sub>1</sub>의 현저한 감소를 억제하여 환자의 급작스런 건강악화를 방지할 것이다. 그러므로 호흡재활 중 포괄적인 운동프로그램은 다양한 목적의 치료접근 방식으로 인해 심호흡계 및 근골격계 기능 등과 같은 신체적 기능을 향상시키고, 삶의 질의 개선에 따른 심리적 기능에도 영향을 미칠 뿐만 아니라 COPD의 특성상 급성악화와 회복이 반복될 수 있기 때문에 건강상태가 악화되는 것을 지연시킬 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 김현국, 이상도. 만성폐쇄성폐질환의 병태생리. *Tuberc Respir Dis*, 59(1);1-13,2005.
- 안태준, 윤형규. 만성폐쇄성폐질환의 유병률 및 사회 경제적 부

- 담. 대한의사협회지, 61(9);533-538, 2018.
- American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3);687-708, 2009.
- Barreiro E, Gea J. Molecular and biological pathways of skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis*, 13(3);297-311, 2016.
- Berry MJ, Shields KL, Adair NE, et al. Comparison of Effects of Endurance and Strength Training Programs in Patients with COPD. *COPD*, 15(2);192-199, 2018.
- Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, et al. Chest wall kinematics and breathlessness during pursed-lip breathing in patients with COPD. *Chest*, 125(2); 459-465, 2004.
- Cahalin LP, Braga M, Matsuo Y, et al. Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with chronic obstructive pulmonary disease: a review of the literature. *J Cardiopulm Rehabil*, 22(1);7-21, 2002.
- Calverley PM, Koulouris NG. Flow limitation and dynamic hyperinflation: key concepts in modern respiratory physiology. *Eur Respir J*, 25(1);186-199, 2005.
- Chen R, Chen R, Chen X, et al. Effect of endurance training on expiratory flow limitation and dynamic hyperinflation in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Intern Med J*, 44(8); 791-800, 2014.
- Choi JK, Paek DM, Lee JO. Normal predictive of spirometry in Korean population. *Tuberc Respir Dis*, 58(3);230-242, 2005.
- Crapo, RO, Casaburi, R, Coates, AL, et al. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*, 166;111-17, 2002.
- David S, Meir R, Isaac S. Three years of pulmonary rehabilitation: inhibit the decline in airflow obstruction, improves exercise endurance time, and body-mass index, in chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulm Med*, 9(1);26, 2009.
- Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 164(5);770-777, 2001.
- Elkhateeb NB, Elhadidi AA, Masood HH. Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Egypt J Chest Dis Tuberc*, 64;359-369, 2015.
- Gimeno-Santos E, Rodriguez DA, Barberan-Garcia A, et al. Endurance exercise training improves heart rate recovery in patients with COPD. *COPD*, 11(2);190-196, 2014.
- Gosselink R. Breathing techniques in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Chron Respir Dis*, 1(3);163-172, 2004.
- Gosselink R, De Vos J, van den Heuvel SP, et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *Eur Respir J*, 37(2);416-425, 2011.
- Horowitz MB, Littenberg B, Mahler DA. Dyspnea ratings for prescribing exercise intensity in patients with COPD. *Chest*, 109(5);1169-1175, 1996.
- Iepsen UW, Munch GD, Rugbjerg M, et al. Effect of endurance versus resistance training on quadriceps muscle dysfunction in COPD: a pilot study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 11;2659-2669, 2016.
- Jones AY, Dean E, Chow CC. Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther*, 83(5);424-431, 2003.
- Kessler R, Partridge MR, Miravittles M, et al. Symptom variability in patients with severe COPD: a pan-European cross-sectional study. *Eur Respir J*, 37(2);264-272, 2011.
- Kon SS, Canavan JL, Jones SE, et al. Minimum clinically important difference for the COPD Assessment Test: a prospective analysis. *Lancet Resp Med*, 2(3);195-203, 2014.
- Laveneziana P, Palange P. Physical activity, nutritional status and systemic inflammation in COPD. *Eur Respir J*, 40(3);522-529, 2012.
- Leung RW, Alison JA, McKeough ZJ, et al. Ground walk training improves functional exercise capacity more than cycle training in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a randomised trial. *J Physiother*, 56(2);105-112, 2010.
- Mador MJ, Bozkanat E, Aggarwal A, et al. Endurance and strength training in patients with COPD. *Chest*, 125(6);2036-2045, 2004.
- McNamara RJ, McKeough ZJ, Mo LR, et al. Community-

- based exercise training for people with chronic respiratory and chronic cardiac disease: a mixed-methods evaluation. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 16(11);2839-2850, 2016.
- Nalbant O, Nur H, Ogus C, et al. Effects of long-term aerobic exercise program in chronic obstructive pulmonary disease. *Turk J Phys Med Rehabil*, 57(1);8-13, 2011.
- Neves LF, Reis MH, Plentz RD. Expiratory and Inspiratory Plus Inspiratory Muscle Training Improves Respiratory Muscle Strength in Subjects With COPD: Systematic Review. *Respir Care*, 59(9); 1381-1388, 2014.
- Oliveira A, Machado A, Marques A. Minimal important and detectable differences of respiratory measures in AECOPD. *COPD*, 15;479-488, 2018.
- O'Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Progressive resistance exercise improves muscle strength and may improve elements of performance of daily activities for people with COPD: a systematic review. *Chest*, 136(5);1269-1283, 2009.
- Paoli A, Gentil P, Moro T, et al. Resistance training with single vs. multi-joint exercises at equal total load volume: effects on body composition, cardiorespiratory fitness, and muscle strength. *Front Physiol*, 8;1105, 2017.
- Petrovic M, Reiter M, Zipko H, et al. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 7;797-805, 2012.
- Puhan MA, Gimeno-Santos E, Scharplatz M, et al. Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*, 12(12);CD005305, 2016.
- Soler-Cataluna JJ, Sanchez-Sanchez L, Martinez-Garcia MA, et al. Mid-arm muscle area is a better predictor of mortality than body mass index in COPD. *Chest*, 128(4);2108-2115, 2005.
- Spruit MA, Augustin IM, Vanfleteren LE, et al. Differential response to pulmonary rehabilitation in COPD: multidimensional profiling. *Eur Respir J*, 46(6);1625-1635, 2015.
- Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*, 188(8);e13-e64, 2013.
- Vestbo J, Hurd SS, Rodriguez-Roisin R. The 2011 revision of the global strategy for the diagnosis, management and prevention of COPD (GOLD): why and what? *Clin Respir J*, 6(4);208-214, 2012.
- Vonbank K, Strasser B, Mondrzyk J, et al. Strength training increases maximum working capacity in patients with COPD - randomized clinical trial comparing three training modalities. *Respir Med*, 106(4);557-563, 2012.
- Wada J, Borges-Santos E, Porras D, et al. Effects of aerobic training combined with respiratory muscle stretching on the functional exercise capacity and thoracoabdominal kinematics in patients with COPD: a randomized and controlled trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 11;2691-2700, 2016.
- Wenhui Xu, Rui Li, Xin Chen. Combination of inspiratory and expiratory muscle training in same respiratory cycle versus different cycles in COPD patients: a randomized trial. *Respir Res*, 19(1);225, 2018.