



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의학석사 학위논문

만성폐쇄성 폐질환 환자에서 시행한 심폐운  
동부하검사 지표들과 주관적인 증상 간의 상  
관관계에 대한 연구

Correlation between parameters of cardiopulmonary  
exercise testing and symptoms of patients with chronic  
obstructive pulmonary disease

울 산 대 학 교 대 학 원

의 학 과

이 보 라

만성폐쇄성 폐질환 환자에서 시행한 심폐운  
동부하검사 지표들과 주관적인 증상 간의 상  
관관계에 대한 연구

지도교수 이재승

이 논문을 의학석사 학위 논문으로 제출함

2022 년 7 월

울산대학교 대학원

의학과

이보라

이보라의 의학석사학위 논문을 인준함

심사위원      조 경 욱      인

심사위원      이 재 승      인

심사위원      김 호 철      인

울 산 대 학 교 대 학 원

2022 년 7 월

## 요약

목적 : 만성폐쇄성 폐질환 환자의 치료에 있어 폐기능 및 운동기능에 대한 객관적인 평가 못지 않게 증상의 적절한 평가 또한 중요하다. 최근 만성폐쇄성 폐질환 환자의 평가에 있어 심폐운동부하검사가 많이 사용되고 있는데, 이 검사의 지표들과 환자 증상을 평가하는 지표 간의 상관관계에 관한 연구가 부족하다. 이에 본 연구에서는 modified Medical Research Council Dyspnea Scale (mMRC) 및 COPD Assessment Test (CAT) 와 심폐운동부하검사 지표들 간의 연관성에 대해 알아보았다.

방법 : 2020년 1월부터 2021년 5월까지 서울아산병원에서 심폐운동부하검사를 시행한 383명의 환자들 중에서 최종적으로 51명의 만성폐쇄성 폐질환 환자들을 대상으로 후향적 분석하였다. 최대 운동을 한 경우에만 포함하였고 심폐운동부하검사는 자전거운동력 측정계 (cycle ergometer)를 사용하여 부하를 증가시키는 프로토콜 하에 시행하였다.

결과 : mMRC는  $VO_2$  max,  $O_2$  pulse, anaerobic threshold (AT),  $V_E$  max,  $V_D/V_T$  peak과 연관성이 있었고, CAT는  $VO_2$  max,  $O_2$  pulse, AT, breathing reserve,  $ETCO_2$ ,  $V_E$  max,  $V_D/V_T$  peak과 연관성이 있었다. 그 중 특히 CAT는  $VO_2$  max ( $r=-0.486$ ,  $p<0.001$ ) 와  $V_D/V_T$  peak ( $r=0.648$ ,  $p<0.001$ ) 과 비교적 강한 상관관계가 있었다.

결론 : mMRC와 CAT가 심폐운동부하검사의 지표들 중  $VO_2$  max와  $V_D/V_T$  peak과 강한 상관관계가 있음을 확인하였다.

중심단어: 심폐운동부하검사; 만성폐쇄성 폐질환; 호흡곤란

# 차 례

요약 .....	i
표 차례 .....	iv
그림 차례 .....	v
서론 .....	1
방법 .....	4
1. 연구 대상 .....	4
2. 심폐운동부하검사 .....	4
3. 증상의 평가 .....	6
4. 통계적 분석 .....	6
결과 .....	8
고찰 .....	23
결론 .....	26
참고문헌 .....	27
영문요약 .....	30

## 그림 차례

그림 1. 연구 모식도 .....	9
그림 2. $VO_2$ max 와 mMRC 간의 상관관계.....	17
그림 3. $V_D/V_T$ peak 와 mMRC 간의 상관관계 .....	18
그림 4. Breathing reserve 와 CAT 간의 상관관계.....	19
그림 5. $V_D/V_T$ peak 와 CAT 간의 상관관계 .....	20
그림 6. $VO_2$ max 와 CAT 간의 상관관계 .....	21



## 표 차례

표 1. 환자들의 기저 특성 및 폐기능검사 결과값.....	11
표 2. 환자들의 CPET 지표 결과값.....	14
표 3. mMRC, CAT 와 CPET 지표들 간의 상관관계.....	16
표 4. FEV1 과 VO <sub>2</sub> max 와의 상관관계.....	22

## 서론

만성폐쇄성 폐질환은 소기도와 폐 실질의 만성적인 염증 및 파괴로 인해 비가역적인 기류제한이 발생하는 질환으로, 이와 동시에 호흡곤란, 기침, 객담 등의 여러 만성 호흡기 증상들이 동반된다.(1) 질병이 진행함에 따라 대부분 이러한 증상들도 함께 악화되는 경우가 많으며 이로 인해 여러 기능적 제약이 생기고 삶의 질이 저하된다.(2) 따라서 만성폐쇄성 폐질환 치료를 위해 환자를 평가할 때 객관적 검사들의 결과만큼 환자의 주관적 요소들에 대한 적절한 평가도 중요하다. 만성폐쇄성 폐질환 환자의 증상 평가에는 여러 가지 방법들이 사용되고 있는데, 호흡곤란의 정도의 평가를 위해서는 주로 modified Medical Research Council Dyspnea Scale (mMRC) 이 사용된다. mMRC 는 환자의 건강 상태를 평가하는 다른 방법들과 연관성이 높음이 알려져 있고,(3) 사망률을 예측하는데 도움이 된다.(4) 이와 함께 흔히 쓰이는 평가 방법은 COPD Assessment Test (CAT) 이다. CAT는 평가 항목에 호흡 곤란 만이 아니라 다른 호흡기 증상들과 일상 생활의 수행 정도를 함께 포함하여 삶의 질을 평가하는데 쓰인다. 이 두 가지 평가 방법은 비교적 간편한 방법으로 실제 진료에서 많이 쓰이고 있다. 이에 비해 만성폐쇄성 폐질환을 객관적으로 평가하는 검사 방법들도 있는데 대표적으로 폐활량측정법, 6분도보검사, 심폐운동부하검사 (Cardiopulmonary exercise testing, CPET) 등이 있다. 이 중 심폐운동부하검사는 최대 운동을 하면서 시행되는 검사로 환자의 실제 운동 능력에 대한 평가가 가능하고, 최대 운동 시 신체에서 일어나는 여러 변화들을 측정하여

원인 질환에 대한 진단에 도움을 주고 있어 특히 심폐질환에 평가에 있어 최근 가장 중요한 검사들 중 하나로 여겨지고 있다.(5)

심폐운동부하검사는 여러 심폐질환의 진단 및 기능적 평가에 있어 임상적으로 유용하게 사용되고 있는 검사이다. 여러 지표들을 통해 운동시 여러 생리학적 반응들이 적절하게 일어나는지 평가를 하며, 운동시 상대적으로 제한이 있을 때 그 요인이 무엇인지 파악하는데 도움을 줄 수 있게 된다.(6) 상기 요인들에는 심폐질환 뿐만 아니라 근골격계, 신경계, 대사성, 심리적 요인 등이 다양하게 있을 수 있고 여러 요인들이 복합적으로 작용하고 있는 경우도 많다. 특히 만성폐쇄성 폐질환 환자의 운동 불내성은 그 원인에 여러 요인들이 같이 기여하고 있는 경우가 많기 때문에,(5) 기관지 확장제 등의 약물 치료만으로는 이러한 제한을 개선시키는데 어려운 경우들이 있다. 특히 이러한 점에서 심폐운동부하검사를 통한 평가는 만성폐쇄성 폐질환의 진단과 함께 추후 치료를 이어 가는 데 있어 중요한 방향을 제시해줄 수 있다.

하지만 만성폐쇄성 폐질환 환자들에 있어서 이러한 심폐운동부하검사 검사의 여러 지표들과 환자의 주관적인 증상들 간의 연관성에 대해서는 현재 연구된 바가 많지는 않다. 한 연구에서는 291 명의 만성폐쇄성 폐질환 환자를 대상으로 FEV1과 VO<sub>2</sub> max를 같이 보았을 때 환자의 신체 기능과 삶의 질을 상관관계가 있음을 제시하고 있다.(7) 또 다른 연구에서는 SGRQ (St George's Respiratory Questionnaire), BODE (Body mass index, degree of airflow Obstruction, Dyspnea and Exercise capacity) index와 심폐운동부하검사의 여러 지표들 간의 상관관계를 분석하였는데

VO<sub>2</sub> max와는 연관성이 없었고 breathing reserve 및 VO<sub>2</sub>/WR와는 약한 연관성이 있었다.(8) 본 연구에서는 실제 만성폐쇄성 폐질환 진료에서 흔히 쓰이고 있는 mMRC grade, CAT score 와 심폐운동부하검사 여러 주요 지표들과 상관 관계에 대해 분석하여 환자의 주관적인 증상 평가 및 심폐운동부하검사가 임상적으로 보다 더 유용하게 사용할 수 있도록 하고자 한다.

## 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2020년 1월부터 2021년 5월까지 서울아산병원에서 심폐운동부하검사를 시행한 383명의 환자들을 대상으로 후향적 분석하였다. 383명의 환자들 중 51명의 만성폐쇄성 폐질환 환자들을 최종적으로 포함하였다. 만성폐쇄성 폐질환 군의 포함 기준은 i) 임상적으로 호흡 곤란, 기침, 객담 등의 증상이 있고 폐기능검사에서 FEV1/FEVC <0.7 이 확인된 경우, ii) 심폐운동부하검사에서 최대 운동을 시행한 경우로 하였다. 또한 환자들의 의무 기록을 통해 나이, 성별, 몸무게, 키, BMI, 기저 질환을 확인하였다.

### 2. 심폐운동부하검사

심폐운동부하검사는 American Thoracic Society/American College of Chest Physicians' statement의 권고에 근거하여 증상을 확인하며 점진적으로 부하를 증가시키는 방식을 사용하였고 전자적으로 제동이 되는 VIAsprint 150p의 자전거운동력 측정계 (Carefusion Corp., San Diego, CA, USA)를 통해 수행되었다.

또한 날숨 공기는 매 호흡마다 따로 분석하는 방식으로 하였다.(6) 심폐운동부하검사를 하기 전에 모든 환자들은 폐기능검사를 시행하였다. 환자들은 개인화된 속도로 운동 부하를 증가시키는 방식으로 운동을 수행하였는데, 검사는 총 4단계로 구분하였다. 첫 2분은 휴식 단계로 이 시간동안 환자는 운동 시작 전에 충분한 휴식을 취하게 된다. 이 시간동안 환자는 페달을 밟지 않고 자전거운동력 측정계에 앉아 있게 되며 검사자는 환자의 기초 정보들을 확인한다. 이후 준비 운동 단계로 넘어가게 되는데 환자는 1분 30초 동안 부하 없이 자전거 페달을 밟게 되며 이 때 자전거 페달을 밟는 속도는 30 - 40 RPM 정도가 된다. 그 다음은 운동 단계로 최대 운동을 하게 되는 시기이며 환자의 폐기능검사 결과에 따라 개별화된다. 만약 검사 전 시행한 폐기능검사가 정상이었다면 환자는 페달을 밟는 속도를 60 RPM으로 시작하여 20 Watt/분의 속도로 최대 운동에 도달할 때까지 점진적으로 작업부하를 증가시켜 최소 10분 이상의 운동을 하게 된다. 만약 폐기능이 저하된 환자라면 시작할 때는 동일한 속도인 60 RPM으로 페달을 굴리기 시작하나 점진적으로 10 Watt/분의 속도로 작업부하를 증가시켜 최대 운동에 도달하게 하였다. 10분 이상 운동하였고 최대 운동에 도달하였다면 운동 단계를 종료하고 다음 단계로 넘어가게 된다. 하지만 최대 운동에 도달하지 못했더라도 환자가 검사를 끝내기를 요구하거나 의학적 감시에서 이상 소견을 보이는 경우 검사를 즉시 중지하였다. 회복 단계에서는 2분간 30 - 40 RPM의 속도로 부하 없이 페달을 밟도록 하였고 환자의 심박수가 안정될 때까지 활력 징후를 비롯한 데이터를 얻는 과정을 진행하였다.

### 3. 증상의 평가

먼저, 만성폐쇄성 폐질환 환자의 호흡곤란 정도를 측정하기 위해 mMRC (Modified British Medical Research Council) dyspnea scale을 사용하였다. mMRC는 0 단계 부터 4 단계 까지 증상의 정도에 따라 다섯개의 군으로 분류된다. 환자의 삶의 질 평가를 위해서는 COPD assessment test (CAT) 을 사용하였는데, CAT는 호흡곤란 뿐만 기침, 가슴 답답함 등의 호흡기 증상, 일상생활에서의 기능 정도, 수면 등의 항목이 포함되어 있다. 각 항목당 0점에서 5점까지로 평가하고 점수가 높을수록 좋지 않은 것을 의미한다. 총 8개 항목으로 구성되어 있어 40점이 가장 상태가 좋지 않은 점수이다.(9) CAT 점수는 SGRQ (St George's Respiratory Questionnaire) 와도 매우 밀접한 관계를 보임이 이전 연구들에서 확인되었다.(1)

### 4. 통계적 분석

모든 연속형 변수들은 평균  $\pm$  표준편차로 표기하였고 모든 범주형 변수들은 수와 비율로 표기하였다. 데이터의 정규성 검정은 Kolmogorov-Smirnov test를 사용하였다. 증상 관련 점수와 심폐운동부하검사 지표들 간의 상관관계를 분석하기 위해 연속 변수 간에는 Pearson correlation coefficient를 사용하였고 비연속 변수의 경우 Spearman's rank-order correlation을 사용하였다. 모든 통계 분석에서  $p < 0.05$

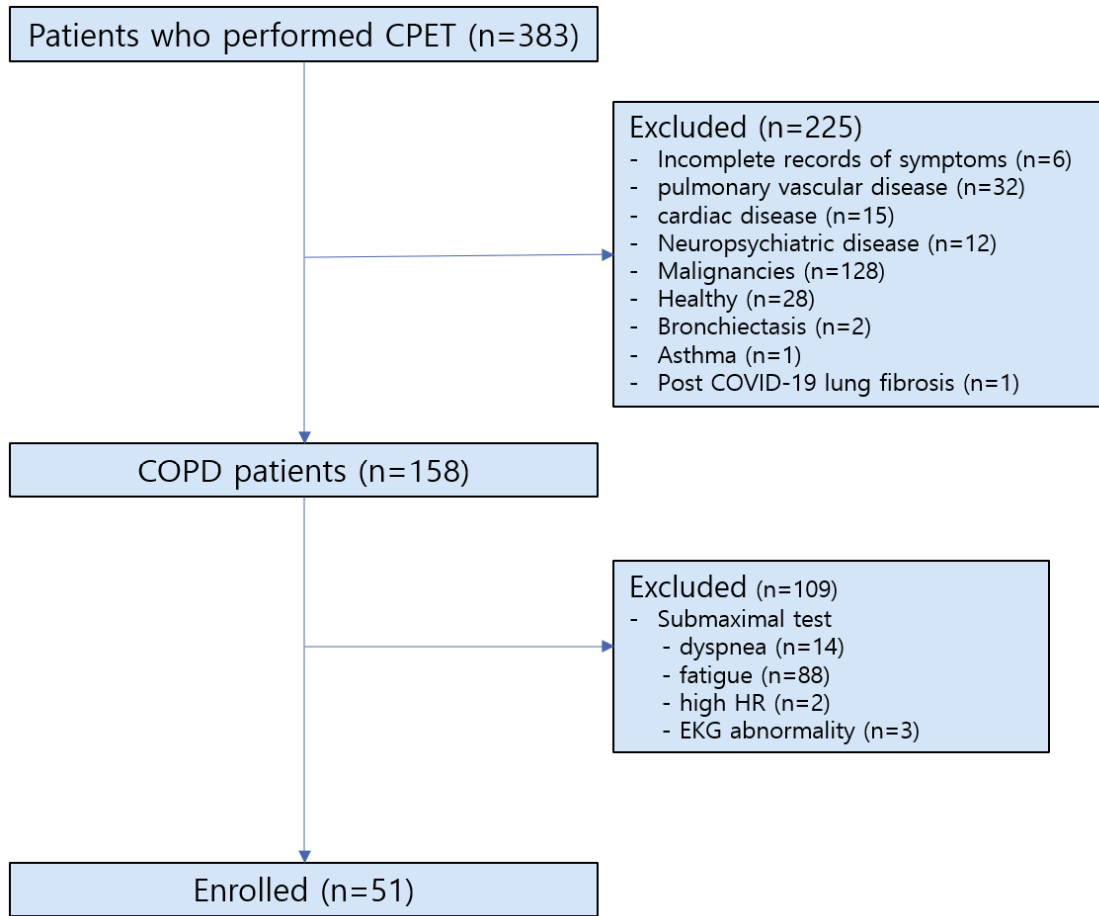
및 95% 신뢰 구간을 통계적으로 유의하다고 해석하였다. 자료 분석은 IBM Statistical Package for Social Science (SPSS Inc., Chicago, IL, USA; version 24.0)을 사용하였다.



## 결과

2020년 1월부터 2021년 5월까지 총 383명의 환자들이 서울아산병원에서 심폐운동부하검사를 수행하였다. 이들 중 만성폐쇄성 폐질환 환자가 아니거나 증상에 대한 기록이 불완전했던 225명을 제외하고 158명의 만성폐쇄성 폐질환 환자가 포함되었다. 158명의 환자 중에서 호흡 곤란, 피로 등의 이유로 최대 운동을 수행하지 못한 109명을 제외한 후 최종적으로 51명의 환자를 대상으로 분석을 시행하였다. (그림1)

그림 1. 연구 모식도



환자들의 평균 연령은  $66.6 \pm 7.2$ 세였고, FEV1은  $1.88 \pm 0.54$  L였다. FEV1의 정상예측지 %에 따라 분류한 GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) 기준에 따르면 GOLD 1은 2명 (3.9%), GOLD 2는 39명 (76.5%), GOLD 3는 9명 (17.6 %), GOLD 4는 1명 (2.0%) 였다. mMRC 로는 grade 0이 28명 (54.9%), grade 1이 14명 (27.5%), grade 2 가 5명 (9.8%), grade 3가 3명 (5.9%), grade 4가 1명 (2.0%) 였다. CAT 의 평균은  $9.3 \pm 4.7$  점이었다. 환자들의 기본적인 특성은 표 1에 기술하였다.

표 1. 환자들의 기저 특성 및 폐기능검사 결과값

Baseline characteristics	COPD
No.	51
Age, years	66.6 ± 7.2
BMI, kg/m <sup>2</sup>	24.2 ± 3.4
Height, cm	165.7 ± 6.9
Weight, kg	66.5 ± 10.2
Sex	
Male (%)	47 (92.2)
Female (%)	4 (7.8)
FEV1, L	1.88 ± 0.54
FEV1, % predicted	61.86 ± 14.25
GOLD 1 (%)	2 (3.9)
GOLD 2 (%)	39 (76.5)
GOLD 3 (%)	9 (17.6)
GOLD 4 (%)	1 (2.0)
FEV1/FVC, %	54.3 ± 11.8
VC, L	3.73 ± 0.88
DLco, % predicted	72.6 ± 21.7
mMRC scale	
Grade 0 (%)	28 (54.9)
Grade 1 (%)	14 (27.5)

Grade 2 (%)	5 (9.8)
Grade 3 (%)	3 (5.9)
Grade 4 (%)	1 (2.0)
CAT score	9.3 ± 4.7
1-5 (%)	11 (21.6)
6-10 (%)	23 (45.1)
11-15 (%)	10 (19.6)
16-21 (%)	7 (13.7)

결과값 중 연속형 변수는 평균 ± 표준편차로 표기하였고 범주형 변수들은 수와 분율로 표기하였다. BMI: body mass index; FEV1: forced expiratory volume in one second; GOLD: global Initiative for chronic obstructive lung disease; FVC: forced vital capacity; VC: vital capacity; DL<sub>CO</sub>: diffusing capacity of lung for carbon monoxide; mMRC: modified medical research council dyspnea scale; CAT: COPD assessment test.

환자들의  $VO_2$  max는 평균  $1.21 \pm 0.38$  L/min,  $18.11 \pm 4.82$  ml/kg/min 이었고 Yaoshan식을 이용한 예측치의 평균은  $93.73 \pm 25.51\%$  였다.(10)  $VO_2$  max는 여러 정상예측식이 있으나 Jeong *et al.* (11)에서 한국인에서 가장 적합한 것으로 검증된 Yaoshan식을 사용하였다. Anaerobic threshold (AT)의 평균은  $0.68 \pm 0.22$  L/min 이었고, 환기에비량 (breathing reserve) 의 경우 평균  $30.12 \pm 18.41\%$  였다. 심폐운동부하검사의 여러 결과 값들은 표 2에 기술하였다.

표 2. 환자들의 CPET 지표 결과값

Variables	Values of COPD patients
VO <sub>2</sub> max, L/min	1.21 ± 0.38
VO <sub>2</sub> max, ml/kg/min	18.11 ± 4.82
VO <sub>2</sub> max, % predicted (Yaoshan)	93.73 ± 25.51
AT, L/min	0.68 ± 0.22
AT, % predicted VO <sub>2</sub> max	39.49 ± 11.58
WR max, Watts	95.82 ± 27.96
HR max, beats/min	143.18 ± 19.88
HRR, beats/min	18.08 ± 18.49
O <sub>2</sub> pulse max, mL/beat	8.90 ± 2.77
O <sub>2</sub> pulse max, % predicted	81.41 ± 25.95
Systolic BP max, mmHg	207.82 ± 34.78
SpO <sub>2</sub> at VO <sub>2</sub> max, %	92.35 ± 4.67
V <sub>E</sub> max, L/min	53.79 ± 16.28
MVV, L/min	81.96 ± 31.60
Peak P <sub>ETCO<sub>2</sub></sub> , mmHg	37.47 ± 6.42
Breathing reserve, %	30.12 ± 18.41
V <sub>D</sub> /V <sub>T</sub> (at rest)	0.36 ± 0.07
V <sub>D</sub> /V <sub>T</sub> max	0.23 ± 0.04

VO<sub>2</sub> max: maximum oxygen uptake; AT: anaerobic threshold; WR: work rate; HR: heart rate; HRR: heart rate reserve; BP: blood pressure; SpO<sub>2</sub>: saturation of percutaneous oxygen; V<sub>E</sub>: minute ventilation; MVV: maximal voluntary ventilation; P<sub>ETCO<sub>2</sub></sub>: end-tidal P<sub>CO<sub>2</sub></sub>; V<sub>D</sub>: dead space; V<sub>T</sub>: tidal volume.

mMRC 및 CAT와 심폐운동부하검사 지표들 간의 상관관계는 표 3 에 기술하였다. mMRC grade는 심폐운동부하검사의 여러 가지 지표들과 음의 상관관계를 보여주었는데,  $VO_2$  max (L/min) ( $\rho=-0.498$ ,  $p\text{-value}<0.001$ ),  $O_2$  pulse ( $\rho=-0.411$ ,  $p\text{-value}=0.003$ ), AT ( $\rho=-0.320$ ,  $p\text{-value}=0.025$ ),  $V_E$  max ( $\rho=-0.385$ ,  $p\text{-value}=0.005$ ) 의 연관성을 보였다.(그림 2, 그림 3) 또한  $V_D/V_T$  peak ( $\rho=0.426$ ,  $p\text{-value}=0.002$ ) 와는 양의 상관관계를 보였고, breathing reserve ( $\rho=-0.226$ ,  $p\text{-value}=0.111$ ) 와는 유의미한 상관관계를 보여주지 못했다. CAT 는  $VO_2$  max (L/min) ( $\rho=-0.440$ ,  $p\text{-value}=0.001$ ),  $O_2$  pulse ( $\rho=-0.347$ ,  $p\text{-value}=0.013$ ), AT ( $\rho=-0.374$ ,  $p\text{-value}=0.008$ ),  $ETCO_2$  ( $\rho=-0.331$ ,  $p\text{-value}=0.018$ ),  $V_E$  max ( $\rho=-0.328$ ,  $p\text{-value}=0.019$ )와 음의 상관관계를 보였고, breathing reserve ( $\rho=-0.295$ ,  $p\text{-value}=0.036$ ),  $V_D/V_T$  peak ( $\rho=0.582$ ,  $p\text{-value}<0.001$ ) 와는 양의 상관관계를 보였다. (그림 4, 그림 5, 그림 6)



표 3. mMRC, CAT 과 CPET 지표들 간의 상관관계

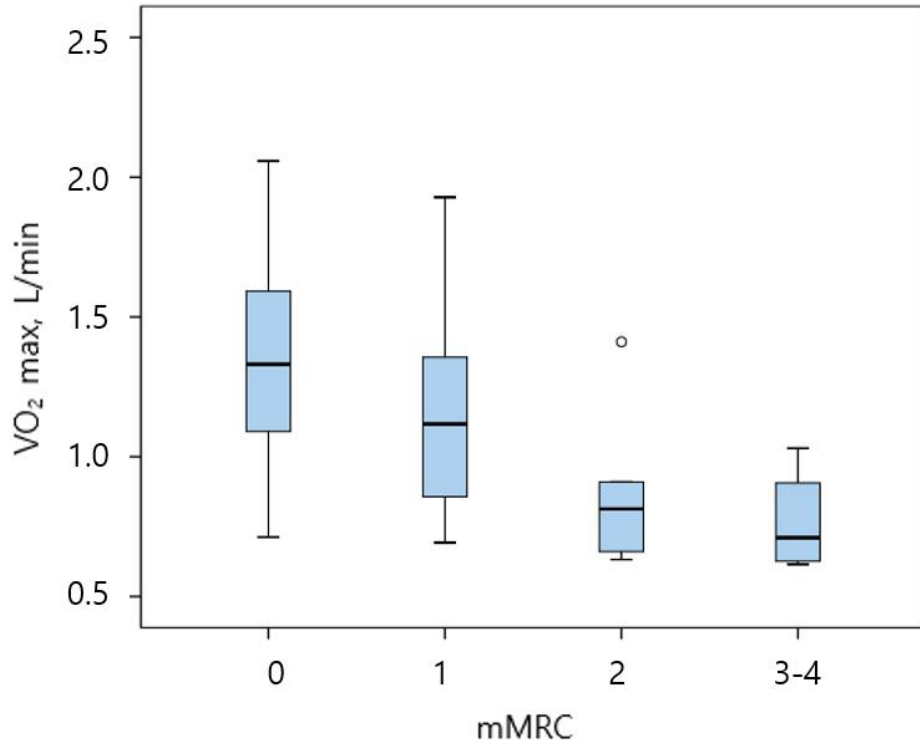
Variables	VO <sub>2</sub> max, L/min	Yaoshan	VO <sub>2</sub> max, ml/kg/min
mMRC			
ρ	-0.498	-0.397	-0.400
p-value	<0.001	0.004	0.004
CAT			
r	-0.486	-0.454	-0.390
p-value	p<0.001	0.001	0.005

VO<sub>2</sub> max: maximum oxygen uptake; mMRC: modified medical research council dyspnea scale; CAT: COPD assessment test.

Variables	O <sub>2</sub> pulse	AT	BR	ETCO <sub>2</sub>	V <sub>E</sub> max	V <sub>D</sub> /V <sub>T</sub> peak
mMRC						
ρ	-0.411	-0.320	-0.226	-0.268	-0.385	0.426
p-value	0.003	0.025	0.111	0.057	0.005	0.002
CAT						
r	-0.390	-0.409	-0.34	-0.276	-0.366	0.648
p-value	0.005	0.003	0.015	0.05	0.008	<0.001

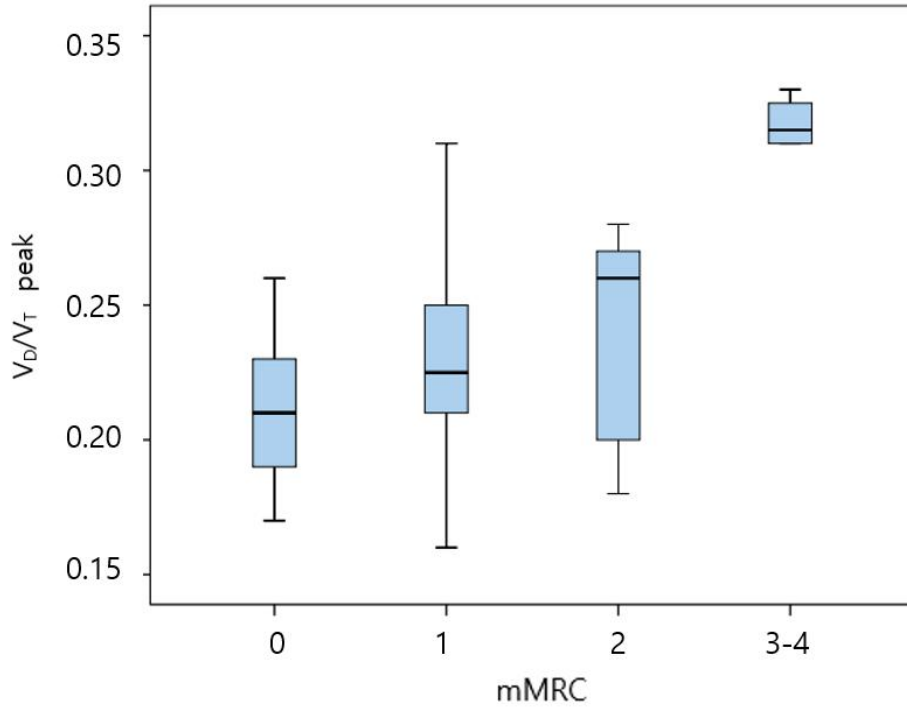
AT: anaerobic threshold; BR: breathing reserve; V<sub>E</sub>: minute ventilation; V<sub>D</sub>: dead space; V<sub>T</sub>: tidal volume; mMRC: modified medical research council dyspnea scale; CAT: COPD assessment test.

그림 2. VO<sub>2</sub> max와 mMRC 간의 상관관계



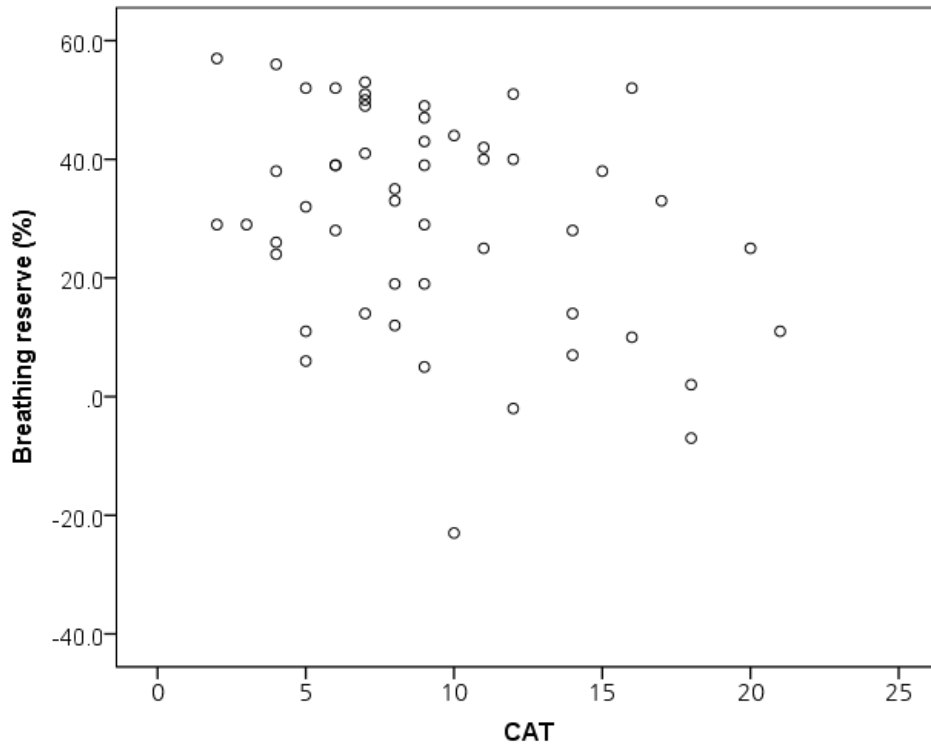
VO<sub>2</sub> max: maximum oxygen uptake; mMRC: modified medical research council dyspnea scale.

그림 3.  $V_D/V_T$  peak와 mMRC 간의 상관관계



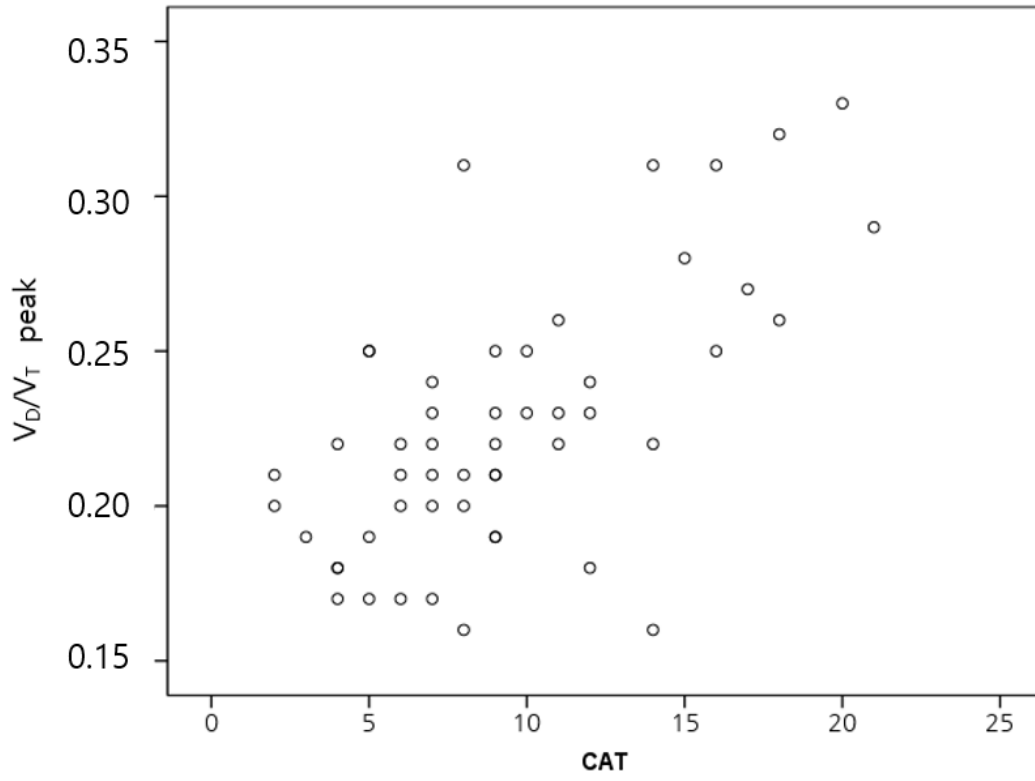
$V_D$ : dead space;  $V_T$ : tidal volume; mMRC: modified medical research council dyspnea scale.

그림 4. Breathing reserve와 CAT간의 상관관계



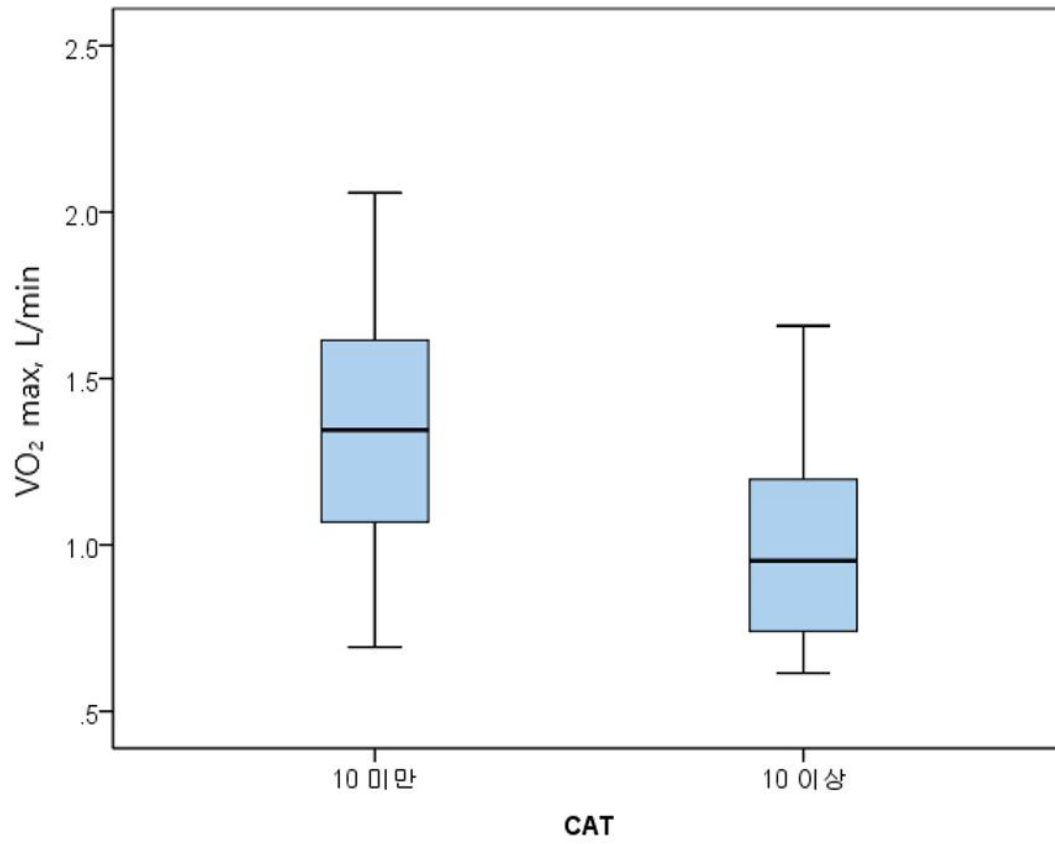
CAT: COPD assessment test.

그림 5.  $V_D/V_T$  peak와 CAT 간의 상관관계



CAT: COPD assessment test.

그림 6. VO<sub>2</sub> max와 CAT 간의 상관관계



CAT를 10점 미만 군과 10점 이상 군으로 나누어 VO<sub>2</sub> max와 비교하였다.

폐기능검사의 FEV1과 심폐운동부하검사의 VO<sub>2</sub> max와의 상관관계에 대해서도 분석하였는데, FEV1 과 VO<sub>2</sub> max, L/min과는 양의 상관관계가 있었다. (r=0.372, p-value=0.007) (표 4)

표 4. FEV1과 VO<sub>2</sub> max 와의 상관관계

Variables	VO <sub>2</sub> max, L/min	Yaoshan	VO <sub>2</sub> max, ml/kg/min
r	0.372	0.25	0.358
p-value	0.007	0.076	0.01

VO<sub>2</sub> max: maximum oxygen uptake.

## 고찰

mMRC 와 CAT 점수는 GOLD 가이드라인에서 만성폐쇄성 폐질환의 치료의 정도를 결정하는 기준 중 하나인 만큼 실제 만성폐쇄성 폐질환 환자의 진료에서 가장 많이 쓰이고 있는 평가 도구들이다. 이전 연구에서는 SGRQ, BODE index, NIAF (Nijmegen Integral Assessment Framework), CRQ (Chronic Respiratory Disease Questionnaire) 등의 주관적 평가 도구들과 심폐운동부하검사 지표들 간의 상관관계를 분석하였는데,(7, 8, 12) 본 연구는 mMRC 와 CAT 점수를 통해 환자의 증상을 평가하였고 이와 심폐운동부하검사의 여러 지표들 간의 상관관계 분석을 하였다. 그 결과  $VO_2$  max를 비롯한 심폐운동부하검사의 여러 지표들 간의 상관관계가 있음을 확인할 수 있었는데 특히  $VO_2$  max (L/min)와  $V_D/V_T$  peak이 mMRC 와 CAT 점수 둘 다 비교적 강한 상관관계를 보여주었다.

$VO_2$  max는 일반적으로 심폐운동부하검사 지표들 중 가장 중요하게 여겨지는 지표로, 호흡을 통해 산소를 외부로부터 받은 후 이를 조직으로 운반하여 실제 조직이 산소를 어느 정도 사용하게 되는지에 관한 능력을 의미한다.(13) 따라서 이 과정에는 신체의 다양한 요소들이 관여하게 되는데, 대표적으로 동맥혈 산소 분압, 헤모글로빈 혈중 농도, 심박출량, 조직내의 관류 등이 있다.(6) 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 호흡곤란 및 운동 능력 저하는 단순히 호흡기계 원인에 국한되지 않은 경우가 많기 때문에  $VO_2$  max는 이러한 의미에서 또한 중요하게 여겨질 수 있다.(5) Berry *et al.*(7)는 총 20개의 질문으로 구성되어 있는 CRQ를 통해 증상 평가를



하였고 이와  $VO_2$  max와의 상관관계를 분석하였는데 CRQ의 4개 항목 중 fatigue 하위 항목과  $VO_2$  max와 약한 상관관계가 있었고 ( $r=0.314$ ,  $p<0.0035$ ) 이외 부분에는 상관관계를 입증하지 못하였다. Mirdamadi et al.(8)는 SGRQ와  $VO_2$  max간의 상관분석을 하였는데 유의미한 관계를 입증하지 못하였다. ( $r=-0.27$ ,  $p=0.10$ ) Verhage et al.(12)에서는 만성폐쇄성 폐질환환자의 증상을 NIAF로 평가를 하였는데  $VO_2$  max와 약한 상관관계를 입증하였다. (highest  $r=0.361$ ,  $p<0.001$ ) 본 연구에서 사용한 CAT는  $VO_2$  max와 이전 연구보다는 비교적 강한 상관관계가 있었고 mMRC grade 또한 유의한 상관관계가 있음을 확인하였는데, 이는 만성폐쇄성 폐질환 환자에 있어 다른 평가 도구보다 CAT와 mMRC 가 실제 운동 능력과 더 관련성이 높을 수 있음을 시사한다. 또한, 만성폐쇄성 폐질환 진단 후 오랜 기간이 지나면 환자가 본인의 운동 능력에 적응하게 되어 실제 질병이 진행하게 됨에도 불구하고 주관적인 증상은 크게 변하지 않을 수 있다. 이러한 경우 CAT와 mMRC grade가 심폐운동부하검사의  $VO_2$  max와 상관관계가 높다는 점을 고려한다면, 주기적으로  $VO_2$  max의 측정은 실제 운동 능력의 변화를 조금 더 민감하게 확인하여 조기 개입 및 치료에 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 FEV1 등으로 예상되는 증상보다 환자의 주관적인 증상이 심한 경우에는 실제 그 만큼의 운동 능력의 저하를 의미하는 것일 수 있어 호흡기계 이외의 다른 질환의 동반 가능성에 대해 확인해보는 것이 필요할 수 있을 것이다.

본 연구에서 또 한 가지 주목할 점은 CAT, mMRC grade와  $V_D/V_T$  peak 과의 상관관계가 심폐운동부하검사의 다른 지표들에 비해 높았다는 점이다. 만성폐쇄성 폐질환은 기류 제한이 특징적인 질환인데, 운동을 하게 되면 이러한 기류 제한으로

인해 공기 가둠이 악화되고 폐가 평소에 비해 과팽창 하게 된다.(14) 폐의 비교적 갑작스런 과팽창은 운동 중 심한 호흡곤란을 느끼게 하는 요소 중 하나이다.(15) 운동 시 기류 제한 및 이로 인한 공기 가둠이 악화되면 폐 내 사강의 용적이 기류제한이 없는 폐에 비해 증가하게 되어 결론적으로 정상에 비해  $V_D/V_T$  peak이 증가하게 된다.  $V_D/V_T$  peak이 mMRC grade 및 CAT와 유의미한 상관관계가 있다는 것은 환자들이 느끼는 호흡곤란이나 삶의 질 저하의 원인이 운동시 생리학적 사강의 증가로 인해 발생하는 운동 제한이 큰 역할을 하고 있음을 시사할 수 있음을 의미한다.

이번 연구는 단일 기관에서 시행된 후향적 연구로 바이어스가 존재할 수 있다는 한계점이 있다. 또한 대상 환자의 수가 많지 않았는데, 특히 mMRC grade 3 이상의 환자들 수가 상대적으로 특히 적었다. 이들 군은 실제 심폐운동부하검사를 수행할 수 있는 환자들이 많지 않으며, 시행하더라도 호흡 곤란으로 인해 최대 운동을 수행하지 못하여 대상에서 제외된 경우도 많았다. 더 많은 환자들을 대상으로 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 결론

결론적으로 본 연구에서는 환자의 주관적인 증상을 평가하는 방법들 중 mMRC grade와 CAT가 심폐운동부하검사의 여러 지표들과 유의미한 상관관계가 있음을 확인하였다. 그 중에서도 VO<sub>2</sub> max와 VD/VT peak 값이 비교적 강한 상관관계가 있었다. 따라서 mMRC grade와 CAT 점수가 환자의 실제 운동 능력과 비교적 잘 반영하는 것을 확인할 수 있었고, 환자의 기류 제한 및 폐의 과팽창이 심해질수록 주관적인 증상이 악화되고 삶의 질 저하에 주요한 원인이 된다는 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. 2022 report.
2. Ahmed MS, Neyaz A, Aslami AN. Health-related quality of life of chronic obstructive pulmonary disease patients: Results from a community based cross-sectional study in Aligarh, Uttar Pradesh, India. *Lung India*. 2016;33(2):148-53.
3. Bestall JC, Paul EA, Garrod R, Garnham R, Jones PW, Wedzicha JA. Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scale as a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 1999;54(7):581-6.
4. Nishimura K, Izumi T, Tsukino M, Oga T. Dyspnea is a better predictor of 5-year survival than airway obstruction in patients with COPD. *Chest*. 2002;121(5):1434-40.
5. Palange P, Ward SA, Carlsen K-H, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselink R, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *European Respiratory Journal*. 2007;29(1):185-209.
6. American Thoracic S, American College of Chest P. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(2):211-77.

7. Berry MJ, Adair NE, Rejeski WJ. Use of peak oxygen consumption in predicting physical function and quality of life in COPD patients. *Chest*. 2006;129(6):1516-22.
8. Mirdamadi M, Rahimi B, Safavi E, Abtahi H, Peiman S. Correlation of cardiopulmonary exercise testing parameters with quality of life in stable COPD patients. *J Thorac Dis*. 2016;8(8):2138-45.
9. Jones PW, Harding G, Berry P, Wiklund I, Chen WH, Kline Leidy N. Development and first validation of the COPD Assessment Test. *Eur Respir J*. 2009;34(3):648-54.
10. Dun Y, Olson TP, Li C, Qiu L, Fu S, Cao Z, et al. Characteristics and reference values for cardiopulmonary exercise testing in the adult Chinese population - The Xiangya hospital exercise testing project (the X-ET project). *Int J Cardiol*. 2021;332:15-21.
11. Jeong D, Oh YM, Lee SW, Lee SD, Lee JS. Comparison of Predicted Exercise Capacity Equations in Adult Korean Subjects. *J Korean Med Sci*. 2022;37(14):e113.
12. Verhage TL, Vercoulen JH, van Helvoort HA, Peters JB, Molema J, Dekhuijzen PN, et al. Maximal exercise capacity in chronic obstructive pulmonary disease: a limited indicator of the health status. *Respiration*. 2010;80(6):453-62.
13. Albouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright DJ. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Heart*. 2007;93(10):1285-92.

14. Díaz O, Villafranca C, Ghezzi H, Borzone G, Leiva A, Milic-Emili J, et al. Breathing pattern and gas exchange at peak exercise in COPD patients with and without tidal flow limitation at rest. *Eur Respir J.* 2001;17(6):1120-7.
15. O'Donnell DE, D'Arsigny C, Fitzpatrick M, Webb KA. Exercise hypercapnia in advanced chronic obstructive pulmonary disease: the role of lung hyperinflation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(5):663-8.

## **English Abstract**

### **Introduction**

The appropriate assessment of symptoms, as well as the objective measurement of lung function and exercise capacity is important in the treatment of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). This study examines the correlation between cardiopulmonary exercise testing (CPET) parameters and the symptoms of patients as CPET has recently become widely used in the evaluation of COPD patients. However, there are insufficient studies on the correlation between the parameters of CPET and symptoms of patients.

### **Methods**

We eventually included 51 COPD patients with maximal exercise during their CPET among the 383 patients who performed CPET at Asan Medical Center between January 2020 and May 2021. Cycle ergometer CPET was performed with an incremental protocol. Modified Medical Research Council Dyspnea Scale (mMRC) and COPD Assessment Test (CAT) was administered to assess the patients' symptoms.

### **Results**

There was noteworthy correlation of mMRC to  $VO_2$  max, L/min ( $\rho = -0.498$ ,  $p < 0.001$ ),

O<sub>2</sub> pulse ( $\rho = -0.411$ ,  $p = 0.003$ ), and V<sub>D</sub>/V<sub>T</sub> peak ( $\rho = 0.426$ ,  $p = 0.002$ ). CAT was significantly correlated with VO<sub>2</sub> max, L/min ( $r = -0.486$ ,  $p < 0.001$ ), anaerobic threshold (AT) ( $r = -0.409$ ,  $p = 0.003$ ), and V<sub>D</sub>/V<sub>T</sub> peak ( $r = 0.648$ ,  $p < 0.001$ ).

## **Conclusion**

VO<sub>2</sub> max and V<sub>D</sub>/V<sub>T</sub> peak had a strong correlation with mMRC and CAT between the CPET parameters.