

# Quantitative CT Assessment in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients: Comparison of the Patients with and without Consistent Clinical Symptoms and Pulmonary Function Results

## 만성폐쇄성폐질환 환자에서 정량적 CT 분석: 임상 증상과 폐기능 검사 소견이 일치하는 환자군과 일치하지 않는 환자군의 비교 연구

Boda Nam, MD<sup>1</sup>, Jung Hwa Hwang, MD<sup>1\*</sup>, Young Mok Lee, MD<sup>2</sup>, Jai Soung Park, MD<sup>3</sup>, Sung Shick Jou, MD<sup>4</sup>, Youngbae Kim, MD<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Bangbae GF Allergy Clinic, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Department of Radiology, Soonchunhyang University Bucheon Hospital, Bucheon, Korea

<sup>4</sup>Department of Radiology, Soonchunhyang University Cheonan Hospital, Cheonan, Korea

<sup>5</sup>Department of Preventive Medicine, Soonchunhyang University College of Medicine, Cheonan, Korea

**Purpose:** We compared the clinical and quantitative CT measurement parameters between chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients with and without consistent clinical symptoms and pulmonary function results.

**Materials and Methods:** This study included 60 patients having a clinical diagnosis of COPD, who underwent chest CT scan and pulmonary function tests. These 60 patients were classified into typical and atypical groups, which were further sub-classified into 4 groups, based on their dyspnea score and the result of pulmonary function tests [typical 1: mild dyspnea and pulmonary function impairment (PFI); typical 2: severe dyspnea and PFI; atypical 1: mild dyspnea and severe PFI; atypical 2: severe dyspnea and mild PFI]. Quantitative measurements of the CT data for emphysema, bronchial wall thickness and air-trapping were performed using software analysis. Comparative statistical analysis was performed between the groups.

**Results:** The CT emphysema index correlated well with the results of the pulmonary functional test (typical 1 vs. atypical 1,  $p = 0.032$ ), and the bronchial wall area ratio correlated with the dyspnea score (typical 1 vs. atypical 2,  $p = 0.033$ ). CT air-trapping index also correlated with the results of the pulmonary function test (typical 1 vs. atypical 1,  $p = 0.012$ ) and dyspnea score (typical 1 vs. atypical 2,  $p = 0.000$ ), and was found to be the most significant parameter between the typical and atypical groups.

**Conclusion:** Quantitative CT measurements for emphysema and airways correlated well with the dyspnea score and pulmonary function results in patients with COPD. Air-trapping was the most significant parameter between the typical vs. atypical group of COPD patients.

### Index terms

Chronic Obstructive Pulmonary Disease  
Emphysema  
Air-Trapping  
CT Quantification

Received April 3, 2015

Revised May 3, 2015

Accepted July 5, 2015

\*Corresponding author: Jung Hwa Hwang, MD  
Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital, 59 Daesagwan-ro, Yongsan-gu, Seoul 04401, Korea.  
Tel. 82-2-709-9396 Fax. 82-2-709-9066  
E-mail: jhwang@schmc.ac.kr

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.

## 서론

만성폐쇄성폐질환(chronic obstructive pulmonary disease; 이하 COPD)은 이환율과 사망률의 증가를 보이는 중요한 호흡기 질환으로 경우에 따라 예방과 치료가 가능하다(1, 2). COPD는 주로 진행성의 비가역적 기류 제한(persistent airflow limi-

tation)을 특징으로 하며 공기 중의 유해 입자와 가스에 대한 기도 및 폐의 만성 염증 반응이 항진된 소견을 보인다(1, 2). COPD 환자에서 보이는 비가역적 기류 제한은 주로 세기관지의 만성 폐쇄성 염증(obstructive bronchiolitis) 및 동반된 폐 실질의 파괴로 인한 폐기종(emphysema)에 기인한다(1, 2).

COPD의 진단과 치료 및 예후를 예측하기 위해 환자의 병력,

폐기능 검사와 영상 진단이 이용된다. 폐기능 검사는 환자의 진단과 치료효과 판정 및 예후를 평가하는 데 있어 필수적인 검사이다. 특히 1초간 노력성호기량(forced expiratory volume in one second; 이하 FEV<sub>1</sub>)의 감소는 폐쇄성 기도 질환의 특징으로 COPD의 중증도를 나누는 지표가 되며, COPD 환자의 사망률과 가장 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(1). 임상 증상 중 호흡곤란은 COPD 환자에서 의미 있는 생존율 예측 인자로 알려져 있으며, 환자의 진단과 치료 및 질환에 대한 예후 판정에 중요한 임상 지표로 사용되고 있다(1-3). 하지만 폐기능 검사나 임상 증상은 COPD 환자의 초기 평가에 민감도가 떨어지며 서로 일치되지 않는 결과를 보이는 경우가 많다. 반면 영상 검사는 기도 및 폐 실질의 변화를 좀 더 민감하게 반영할 수 있을 것으로 보이며 반복적이고 객관적인 평가가 가능하므로 이를 통한 질환의 평가 및 정량화에 대한 연구가 활발하게 시행되고 있다.

흉부 전산화단층촬영(computed tomography; 이하 CT)은 공간 해상도와 대조도가 높아 흉곽내의 해부학적 구조물과 병변을 평가하는 데 중요하고 자주 시행되는 영상진단 방법이다. 최근 CT 기술 및 소프트웨어의 발달로 폐의 전체 체적 데이터(volumetric data)의 획득과 함께 폐기종의 빠르고 정확한 정량적 분석이 가능하게 되었으며, 이전 연구들에서 폐기능 검사 소견과 CT 폐기종 지수(CT emphysema index)와의 높은 일치도를 보고하였다(4-6). CT를 이용하여 기도 질환에 대한 정량적 분석 또한 가능해졌으며, 곡선 다면상 재구성법(multi-planar reconstruction)을 통해 기도 변화에 대한 객관적인 평가와 측정이 가능해졌다(7, 8).

COPD 환자의 진단과 치료에 있어 대부분 호흡곤란과 같은 전형적인 임상 증상과 폐기능 검사 및 CT 소견들이 비교적 잘 일치하지만, 일부 환자에서 이러한 주요 지표들이 잘 일치하지 않는 경우를 종종 볼 수 있다. 따라서 이러한 환자들에서 COPD의 정확한 진단 및 적절한 치료 계획 수립에 어려움이 있을 수 있으며, 이들 환자 중 일부는 기관지 천식과 같은 다른 기도질환과 중첩된 양상을 보일 가능성도 생각해 볼 수 있다(9). 하지만 아직까지 전형적인 COPD 환자군과 비전형적인 COPD 환자군에 대한 비교 연구는 많이 보고된 바가 없다.

따라서, 이번 연구의 목적은 COPD 환자에서 임상 증상 및 폐기능 검사소견이 비교적 일치하는 전형군과 일치하지 않는 비전형군에 있어 CT를 이용하여 측정 가능한 주요지표들을 비교 분석함으로써 두 환자군들 사이에 의미 있는 차이가 있는지 여부를 알아보려고 하며, 또한 두 환자군들 간에 의미 있는 차이가 있다면 그 의미를 고찰하고자 한다.

## 대상과 방법

### 대상 환자

이번 연구에 대하여 본원의 제도 윤리 위원회(Institutional Review Board)에서 후향적 연구 방법을 승인하였고, 고지에 입각한 동의의 요건을 면제하였다.

2011년 1월부터 2014년 4월까지 본원에서 임상적으로 COPD로 진단된 환자 중 CT와 폐기능 검사를 모두 시행한 환자는 총 283명이었다. 이들 283명의 환자 중 임상 기록이 불충분한 환자 151명을 제외하였고, CT 검사 시행 당시 폐질환 및 기타 전신 질환이 동반되어 CT 소견의 정확한 평가 및 분석에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각되는 72명을 제외하였다. 따라서 최종적으로 60명의 환자가 이번 연구에 포함되었다. COPD의 진단은 흡연력과 함께 호흡곤란, 기침, 가래 등의 임상증상이 있는 환자에서 폐기능 검사를 시행하여 이루어졌다. 이번 연구에 포함된 60명의 환자 모두 폐기능 검사에서 노력성 폐활량에 대한 1초간 노력성호기량(FEV<sub>1</sub>/forced vital capacity; 이하 FEV<sub>1</sub>/FVC) 값이 0.7 미만으로 전형적인 기류 제한의 소견을 보였다. 모든 환자에서 흉부 전산화단층촬영과 폐기능 검사 사이의 간격은 4개월 이하였다. 이 중 여자는 4명, 남자는 56명이었으며 평균 연령은 71.3세(52~87세)였다.

이번 연구에 포함된 총 60명의 대상군을 환자의 주관적 호흡곤란 정도와 폐기능(FEV<sub>1</sub>) 감소 정도가 비교적 일치하는 전형적 그룹과 호흡곤란 정도와 폐기능(FEV<sub>1</sub>) 감소 정도가 일치하지 않는 비전형적 그룹으로 나누었다. 이와 같은 환자군의 분류에 있어 호흡곤란의 기준으로는 호흡곤란 지수(modified medical research council (이하 mMRC) dyspnea scale)를 사용하였으며, 주관적 호흡곤란의 정도가 경미한 그룹은 mMRC scale 0~2, 호흡곤란이 심한 그룹은 3~4로 분류하였다. 폐기능 검사의 기준은 global initiative for chronic obstructive lung disease (이하 GOLD) 분류 기준의 중간 값에 해당하는 FEV<sub>1</sub> 60%로 하였다. 그리고 이들 두 환자군을 다시 세분화하여 다음 네 개의 환자군으로 분류하였다; 1) 호흡곤란이 심하지 않고 폐기능 감소가 경미한 전형군 1(mMRC scale 0~2, FEV<sub>1</sub> ≥ 60%)(29명), 2) 호흡곤란이 심하고 폐기능이 중등도 이상으로 감소한 전형군 2(mMRC scale 3~4, FEV<sub>1</sub> < 60%)(11명), 3) 호흡곤란은 심

**Table 1. Classification According to Dyspnea Severity and FEV<sub>1</sub>**

	mMRC (0-2)	mMRC (3-4)
FEV <sub>1</sub> ≥ 60%	Typical 1 (n = 29)	Atypical 2 (n = 4)
FEV <sub>1</sub> < 60%	Atypical 1 (n = 16)	Typical 2 (n = 11)

FEV<sub>1</sub> = forced expiratory volume in one second, mMRC = modified medical research council scale for dyspnea

하지 않으나 폐기능이 중등도 이상 감소한 비전형군 1(mMRC scale 0~2, FEV<sub>1</sub> < 60%)(16명), 4) 호흡곤란은 심하나 폐기능 감소가 경미한 비전형군 2(mMRC scale 3~4, FEV<sub>1</sub> ≥ 60%)(4명)의 4개의 환자군으로 분류하였다(Table 1).

### 폐기능 검사(Pulmonary Function Tests)

폐기능 검사는 CT 시행과의 간격이 4개월 이하에 해당하는 결과만을 분석하였으며, 미국흉부학회(American Thoracic Society)에서 1994년 수립한 기준에 따라 14~20년 경력의 숙련된 검사자가 수행하였다. 폐기능 검사 기기는 Vmax 2130 (Sensor Medics, Yorba Linda, CA, USA)과 Vmax Encore 22D (Viasys Healthcare, CareFusion, Yorba Linda, CA, USA)를 이용하여 시행하였고, 1초간 노력성호기량(FEV<sub>1</sub>), 노력성 폐활량에 대한 1초간 노력성호기량(FEV<sub>1</sub>/FVC), 일산화탄소 폐확산능(diffusion capacity for carbon monoxide; 이하 DLco)에 대한 결과를 분석하였다.

### 호흡곤란 지수(Dyspnea Score)

호흡곤란 지수는 환자의 임상기록을 검토하였으며 CT 검사를 시행한 당시 기록된 환자의 호흡곤란 증상 및 정도를 분석하였다. mMRC dyspnea scale을 이용하여 0부터 4까지 각 환자의 주관적 호흡곤란 증증도를 분류하였다.

### 흉부 전산화단층촬영 기법(Chest CT Examination Techniques)

흉부 CT는 Sensation 64 multi-detector scanner (Siemens Medical System, Erlangen, Germany)와 Discovery 750 128 multi-detector scanner (GE Healthcare, Waukesha, WI, USA) 2개의 CT 기종을 이용하였으며, 최대 흡기 상태에서 CT 스캔을 시행하였다. CT는 양와위(supine)에서 종축방향(cranio-caudally)으로 시행되었으며, 정맥 조영제는 투여한 경우와(48명) 투여하지 않은 경우(12명)가 모두 포함되었다. CT 촬영 범위는 폐 첨부에서 기저부까지이며, 각각 120 kVp, 100~340 mA, 1 mm table feed/rotation, 0.625~1 mm collimation, Kernel B40f, 0.7 mm interval의 지표를 이용하였으며 이후 흉부 알고리즘(thoracic algorithm)을 이용하여 2.5 mm 또는 3.0 mm 절편 두께로 재구성 하였다.

### CT 데이터의 정량 분석(Quantitative Analysis of CT Data)

#### 폐기종(Analysis of Pulmonary Emphysema)

CT 데이터의 정량 분석은 상용화된 소프트웨어(Thoracic

VCAR, GE Healthcare, Waukesha, WI, USA)를 이용하였으며 2.5 mm 또는 3 mm 절편두께로 재구성된 데이터에 대하여 분석하였다. 소프트웨어를 이용하여 자동으로 CT 감쇄도(attenuation) 차이에 따라 전체 폐 영역을 인지하고 추출(segmentation)한 후 미리 설정해 놓은 일정 감쇄도 역치값에 해당하는 폐 영역을 계산하여 나타낼 수 있다. 폐기종으로 생각되는 낮은 감쇄도를 보이는 폐 실질 영역에 대해 -950 Hounsfield units (이하 HU)의 역치값을 적용하였다(Fig. 1)(4, 10, 11).

#### 기도질환(Analysis of Airway Diseases)

##### 기도(Evaluation for Bronchi)

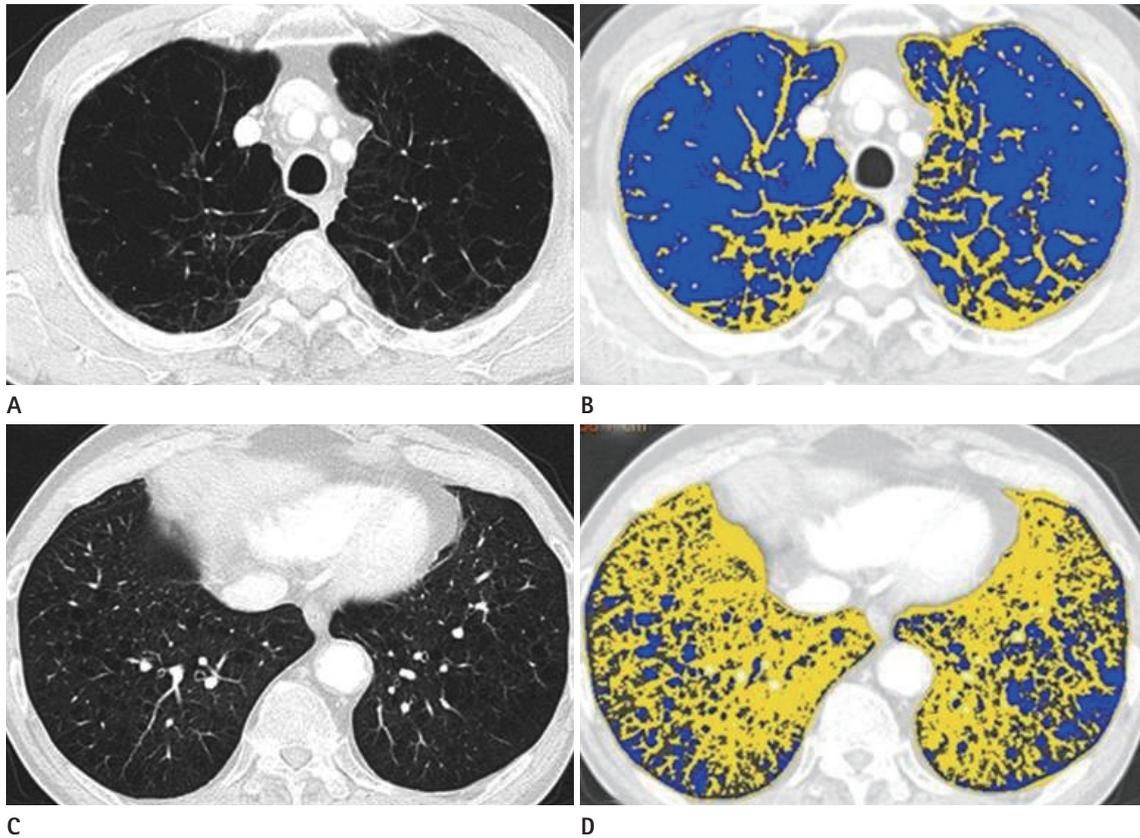
기도에 대한 평가를 위하여 반높이 너비 법칙(full width at half-maximum principle)을 이용하여 반정량적(semi-quantitative) 방법으로 기관지 벽 두께(airway wall thickness)를 측정할 수 있다. 소프트웨어를 이용하여 자동으로 기도 골격을 추출하고, 원위부에 해당하는 세기관지 수준의 영역은 직접 기도 내강을 추적하여, 벽 두께 등을 측정할 수 있다. 이번 연구에서는 우상엽 첨분절(apical segmental bronchus of right upper lobe; 이하 RB1)과 우하엽 전저분절(anterior basal segmental bronchus of right lower lobe; 이하 RB8) 기관지에서 각각의 기관지 외벽 면적(airway wall area; 이하 Ao), 기관지 내강 면적(airway luminal area; 이하 Ai), 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비(wall area ratio; 이하 WA%)를 구하였다(Fig. 2)(7).

##### 공기결림(Evaluation for Air-Trapping)

본 연구는 후향적으로 시행되었고 연구에 포함된 모든 환자가 흡기시 CT만을 시행하였다. 따라서 저자는 이전 연구들에서 제시된 흡기 및 호기 CT에서 보이는 폐 실질 음영 차이를 참고로 하여, -900 HU에서부터 -950 HU까지의 범위를 공기결림에 해당하는 영역으로 간주하고 이를 정량적으로 분석하였다(12-15).

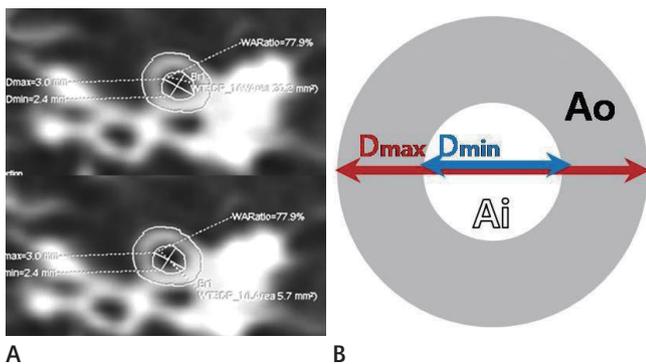
#### 통 계

통계 분석은 SPSS for Windows version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 필요한 통계 처리와 분석을 실시하였다. 기술적 통계분석은 연구 변수의 분포를 파악한 후 평균, 표준편차, 범위를 산출하였다. 각 소그룹 사이에 CT 지표 평균의 차이는 독립된 표본의 평균차이분석(Student's *t*-test)과 분산분석(analysis of variance)을 이용하여 알아보고, 분산분석 후 각 그룹 사이에 유의한 차이가 있는 경우 사후 분석을 시행하였다. 연령, 성별, 체질량지수, 흡연 습관 등의 혼



**Fig. 1.** Findings of emphysema and color maps.

Axial CT images (**A, C**) show diffuse centriacinar emphysema with low attenuation areas in both lungs. Color map images (**B, D**) show blue colored areas corresponding to emphysema lung (below -950 HU) and yellow colored areas corresponding to normal lung (above -900 HU). HU = Hounsfield units



**Fig. 2.** Measurement of airway and schematic diagram.

**A.** Short-axis image of the bronchus obtained from the curved multiplanar reformation is precisely perpendicular to the long-axis of the airway.

**B.** The schematic diagram of short-axis image of the bronchus shows the airway wall area (Ao), airway luminal area (Ai), outer diameter (Dmax), and inner diameter (Dmin).

란변수의 영향을 통제한 상태에서 소그룹이 연구 변수들에 미치는 영향을 독립적으로 파악하고자 다중선형회귀분석(multiple linear regression)을 시행하였다. 통계적 유의성은 유의확

률(*p*-value)이 0.05 미만인 경우 유의하다고 판정하였다.

## 결과

전체 환자들의 폐기능 검사 결과 FEV<sub>1</sub>은 평균 66.27 ± 24.62%(17~124%), FEV<sub>1</sub>/FVC는 평균 52.00 ± 14.99%(25~68%), DLco는 평균 10.94 ± 4.39%(2.9~20.2%)였다 (Table 2). 호흡곤란지수를 이용하여 분류한 환자들의 호흡곤란 증증도는 각각 증증도 0이 30명, 증증도 1이 2명, 증증도 2가 13명, 증증도 3이 9명, 증증도 4가 6명이었다.

삼차원 CT 영상기법을 이용하여 폐기종 지수를 구하였을 때 평균값은 우측폐에서 11.53%(0.35~54.97%), 좌측폐에서 10.90%(0.14~45.34%), 양폐에서 11.24%(0.36~47.56%)이며 폐기종의 전체 평균 용적은 0.65 L(0.01~2.83 L)로 측정되었다. 기도의 정량적 분석 결과 기관지 외벽 면적(Ao)의 평균값은 우상엽 침분절(RB1)에서 20.93 mm<sup>2</sup>(11~38.1 mm<sup>2</sup>), 우하엽 전저분절(RB8)에서 24.28 mm<sup>2</sup>(10.5~38.1 mm<sup>2</sup>)였으며, 기관지 내강 면적(Ai)은 각각 7.50 mm<sup>2</sup>(3.2~17.6 mm<sup>2</sup>),

Table 2. Demography and Spirometry in Study Subjects

	Mean $\pm$ SD	Range
Demographic characteristics		
Age, years	71.33 $\pm$ 9.07	52-87
Height	163.79 $\pm$ 5.96	145.0-176.0
Weight	57.74 $\pm$ 8.97	39.1-78.0
BMI	21.46 $\pm$ 3.05	14.8-28.5
Pack-years* smoking	42.24 $\pm$ 25.00	0.5-100
Dyspnea score <sup>†</sup>	1.32 $\pm$ 1.47	0-4
Pulmonary function tests		
FEV <sub>1</sub> /FVC <sup>‡</sup> , %	52 $\pm$ 14.99 <sup>§</sup>	25-93
FEV <sub>1</sub> , %predicted	66.27 $\pm$ 24.62 <sup>§</sup>	17-124
FEV <sub>1</sub> , L	1.57 $\pm$ 0.67 <sup>§</sup>	0.41-3.49
DLco, %predicted	10.94 $\pm$ 4.39 <sup>¶</sup>	2.9-20.2

\*Defined by the American Thoracic Society as the number of packs of cigarettes smoked every day multiplied by the total number of smoking years.

<sup>†</sup>Modified medical research council scale for dyspnea.

<sup>‡</sup>FEV<sub>1</sub> is the amount of air that can be forcibly exhaled from the lungs in the first second of a forced exhalation. FVC is the amount of air that can be forcibly exhaled from the lungs after taking the deepest breath possible. The FEV<sub>1</sub>/FVC ratio is the percentage of the total amount of air exhaled from the lungs during the first second of forced exhalation.

<sup>§</sup>Total n = 60.

<sup>¶</sup>Total n = 18.

BMI = body mass index, DLco = diffusion capacity of lung for carbon monoxide, FEV<sub>1</sub> = forced expiratory volume in 1 second, FVC = forced vital capacity, SD = standard deviation

10.21 mm<sup>2</sup>(4.3~20.3 mm<sup>2</sup>)였다. 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비(WA%)는 우상엽 첨분절에서 73.85%(57.5~84.5%), 우하엽 전저분절에서 70.89%(58.8~81.2%)였다. 공기결림에 대한 정량적 측정에서 평균값은 우측폐에서 19.89%(3.11~16.21%), 좌측폐에서 20.63%(2.58~50.85%), 양폐에서 20.25%(2.89~48.20%)이며 공기결림의 평균 용적은 1.30 L(0.12~10.23 L)였다.

단변량 분석에서 전형적 그룹과 비전형적 그룹 간의 CT 검사 지표들을 비교하였을 때, 통계학적으로 유의한 차이를 보인 경우는 전체 폐의 폐기종 지수, RB8의 WA%, 전체 폐의 공기결림지수(% , L)였다(Table 3). 다중선형회귀분석 결과에서 전형군 1과 전형군 2 사이에 전체(우측폐, 좌측폐, 양폐) 폐기종 지수, 좌측폐의 공기결림, 양폐의 공기결림 용적(L)과 비율(% )이 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 또한 전형군 1에 비하여 비전형군 1에서 양폐의 공기결림 정도(% )가 유의하게 큰 값을 보였으며( $p = 0.012$ ), 전형군 1에 비하여 비전형군 2에서 양폐의 공기결림 용적(L)이 더 크게 나타났다( $p = 0.000$ )(Table 4).

환자들의 주요 임상 지표[나이, 성별, 키, 몸무게, 체질량 지수(body mass index; 이하 BMI)], 호흡곤란의 임상증상 및 폐 기능 검사 결과를 모두 포함한 단변량 분석 결과, CT 폐기종 지

수는 폐기능 결과와 잘 일치하는 소견을 보였고, BMI와는 음의 상관관계(negative correlation)를 나타냈다. 또한 전형군 1과 전형군 2 및 전형군 1과 비전형군 1을 비교하였을 때 각각 전체 폐기종 지수가 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. CT를 이용한 기도 분석 결과에서도 RB1과 RB8의 WA%가 환자의 호흡곤란 정도와 잘 일치하는 것으로 나타났고, 이는 특히 전형군 1과 전형군 2 사이에 유의한 차이가 있었다. 공기결림의 CT 측정 결과에서는 우측폐, 좌측폐 및 양폐의 공기결림 용적 비율(% )이 폐기능 결과와 비교적 잘 일치하였고, BMI와는 음의 상관관계(negative correlation)를 나타냈다. 이는 또한 전형군 1과 비전형군 1 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편 공기결림 용적(L)의 경우 전형군 1과 비전형군 2 사이에 의미 있는 차이를 보였고, 환자의 나이와 음의 상관관계(negative correlation)가 있었다(Table 4).

## 고찰

만성폐쇄성폐질환(COPD)은 다양하고 복잡한 병태생리학적 기전을 갖는 질환이다. 두 가지 중요한 형태학적 표현형(morphologic phenotypes)인 기도 질환(airway-predominant phenotype)과 폐기종(emphysema-predominant phenotype)이 만성적 기류제한의 중요한 원인으로 잘 알려져 있으며, 이러한 사실을 기반으로 이환된 환자들의 치료와 예후에 대한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 COPD 환자들의 진단, 질환의 진행 및 치료 반응 평가에 있어 호흡곤란과 같은 중요 임상 양상과 폐기능 검사 소견이 주된 비중을 차지하고 있다. 하지만 이러한 임상 지표들은 COPD의 초기 변화를 잘 반영하지 못하며, 환자의 주관적 증상에 대한 평가 또한 비교적 민감도가 떨어지는 것으로 알려져 있다(11, 16). 그 동안 많은 연구들에서 CT를 이용한 폐기종의 중증도 평가 및 폐기능 검사와 병리학적 폐기종 소견과의 상관관계를 보고하였으며(8), COPD의 표현형(phenotype)을 구분하는 방법의 하나로서 관련된 CT 지표들(parameters)의 정량 분석에 대한 연구가 활발히 시행되고 있다.

본 연구에서도 CT 검사 및 데이터 재구성을 통하여 폐 실질의 낮은 감쇄도에 해당하는 폐 용적 및 기도 질환과 관련된 지표에 대한 정량적 분석을 시행하였으며, 상용화된 소프트웨어를 이용함으로써 반복적이고 객관적 평가가 가능하였고 전체 분석에 걸리는 시간을 매우 단축할 수 있었다. 이번 연구에서 CT를 이용하여 측정된 우측폐, 좌측폐, 양폐의 폐기종 지수, 즉 비율(% )과 용적(L) 모두 폐기능 검사 소견과 잘 일치되는 소견을 보였다. 이는 COPD 환자에서 CT를 이용하여 -950 HU부터 -970 HU에 이르는 일정 역치값을 기준으로 측정된 폐기종의 범위와

**Table 3. Univariate Analysis of Quantitative CT Measurements in Subgroups**

	Typical 1	Typical 2	Atypical 1	Atypical 2	p-Values
Emphysema quantification					
Low attenuation volume, % ( $\leq -950$ HU)					
Left lung*	5.40 $\pm$ 6.61	20.60 $\pm$ 14.69	13.33 $\pm$ 10.98	14.41 $\pm$ 13.48	0.001
Right lung*	6.06 $\pm$ 8.14	21.11 $\pm$ 17.38	13.48 $\pm$ 10.65	17.00 $\pm$ 16.10	0.003
Total lung*	5.78 $\pm$ 6.69	20.84 $\pm$ 15.63	13.37 $\pm$ 10.18	15.92 $\pm$ 14.91	0.001
Airway measurements					
Airway wall area (mm <sup>2</sup> )					
RB1	20.98 $\pm$ 6.43	20.01 $\pm$ 4.22	20.88 $\pm$ 4.72	23.35 $\pm$ 4.24	0.785
RB8	23.40 $\pm$ 6.21	24.27 $\pm$ 6.21	25.09 $\pm$ 6.62	27.40 $\pm$ 9.05	0.640
Airway luminal area (mm <sup>2</sup> )					
RB1	8.00 $\pm$ 3.25	6.44 $\pm$ 1.81	7.11 $\pm$ 3.33	8.38 $\pm$ 2.02	0.432
RB8	10.80 $\pm$ 4.12	8.95 $\pm$ 3.64	10.19 $\pm$ 3.06	9.50 $\pm$ 4.63	0.568
Wall area ratio, %					
RB1	72.38 $\pm$ 5.85	75.81 $\pm$ 3.35	75.23 $\pm$ 5.93	73.60 $\pm$ 5.03	0.223
RB8*	69.16 $\pm$ 5.44	73.72 $\pm$ 4.46	70.98 $\pm$ 5.00	75.25 $\pm$ 3.59	0.029
Air-trapping					
Low attenuation volume ( $> -950$ HU, $\leq -900$ HU)					
Left lung (%)*	16.43 $\pm$ 12.98	15.30 $\pm$ 9.05	24.86 $\pm$ 10.44	27.52 $\pm$ 7.84	0.017
Right lung (%)*	16.11 $\pm$ 11.76	15.92 $\pm$ 6.56	25.25 $\pm$ 9.50	23.52 $\pm$ 8.07	0.025
Total lung (%)*	16.28 $\pm$ 12.23	15.66 $\pm$ 7.85	25.10 $\pm$ 9.35	25.33 $\pm$ 7.29	0.019
Total lung (L)*	0.86 $\pm$ 0.80	1.47 $\pm$ 0.48	1.49 $\pm$ 0.76	3.28 $\pm$ 4.63	0.007

Data are means  $\pm$  standard deviations (range). Statistical comparison was performed using the Student *t* test and *p* values derived from the ANOVA test.

\*Statistically significant results ( $p < 0.05$ ).

HU = Hounsfield units, RB1 = apical segmental bronchus of right upper lobe, RB8 = anterior basal segmental bronchus of right lower lobe

이들 환자의 폐기능 검사 소견이 좋은 상관관계를 보인다는 이전 연구들과 잘 일치하는 결과이다(10, 11, 17, 18). 또한 호흡곤란의 증상이 경미하고, 폐기능 감소가 경미한 전형군 1과 호흡곤란의 증상은 경미하나 폐기능 감소가 심한 비전형군 1에서 통계학적으로 유의한 차이를 보여, 폐기종 지수는 폐기능 검사 소견, 특히 FEV<sub>1</sub>과 밀접한 상관성을 보임을 알 수 있었다.

우상엽 첨분절(RB1)과 우하엽 전저분절(RB8)에서 기관지 외벽 면적(Ao), 기관지 내강 면적(Ai), 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비(WA%)를 측정하였을 때, 특히 각각 RB1과 RB8에서 측정된 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비(WA%)가 COPD 환자의 호흡곤란지수 및 폐기능 검사 소견과 의미 있는 상관관계를 보였다. COPD 환자에서 보이는 폐쇄성 소기도 질환은 기도 재형성(airway remodeling)에 의한 기도 벽의 비후뿐만 아니라 염증세포와 삼출물(exudate)이 기도 내강 내로 축적되어 보이게 된다(19). 최근 연구들에서 원위부 기도의 내강 면적(Ai)이 근위부 기도의 내강 면적보다 COPD 환자에서 보이는 기류 제한의 중증도와 밀접한 상관성이 있음이 보고된 바 있다(7, 19). Hasegawa 등(7)은 COPD 환자를 대상으로 이번 연구에서 저자들이 측정된 것과 같은 위치에서 기도 변화를 평가하였는데, 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비(WA%)와 기관지

내강 면적(Ai)이 폐기능 검사 중 FEV<sub>1</sub>과 유의한 상관관계를 보인다고 하였으며 특히 세 번째부터 여섯 번째 기관지 분지로 갈수록 더 큰 상관관계를 보였다. Nakano 등(20)은 RB1에서 측정된 기도 벽 두께(bronchial wall thickness)가 FEV<sub>1</sub>과 통계학적으로 의미 있는 상관성을 보인다고 하였다. 이러한 연구 결과는 COPD 환자들의 임상 증상과 폐기능 검사 소견이 CT에서 보이는 기도 변화의 정량적 분석결과와 유의한 상관성을 보인다는 점에서 본 연구와 잘 상응하는 결과라고 할 수 있다.

공기결림(air-trapping)은 병태생리학적으로 기도 폐쇄 원위부에 비정상적으로 공기가 잔류되는 것으로, 주로 흡기말 CT에서 정상적으로 보이게 되는 폐 실질의 전반적인 음영증가 및 폐 용적 감소가 저하된 부위로 보인다. 이러한 소견은 소기도 폐쇄성 질환(small airway obstruction)의 지표로 잘 알려져 있고, 이전 다수의 연구에서 호기시 촬영한 흉부 CT에서 보이는 공기결림과 폐기능 검사의 상관성에 대하여 기술하였다(21, 22). CT를 이용한 공기결림의 정량 분석에 자주 이용되는 방법으로 흡기와 호기시 전체 폐의 평균 감쇄도 차이 비(expiration/inspiration ratio of mean lung density)와 호기시  $-856$  HU 이하를 보이는 폐 영역의 화소(voxel)의 비율(percentage) 등이 있다. 이전 연구에서 평균 폐 감쇄도(mean lung density)가 폐의 기

Table 4. Multiple Linear Regression Analysis of Quantitative CT Measurements

Dependent Variables	$\beta$	Std. Error	<i>p</i> -Value
Emphysema, total lung (%)			
Typical 1 (reference)			
Typical 2*	12.687	3.738	0.001
Atypical 1	6.316	3.173	0.052
Atypical 2	8.969	5.374	0.101
Emphysema, total lung (L)			
Typical 1 (reference)			
Typical 2*	0.773	0.243	0.002
Atypical 1*	0.453	0.206	0.032
Atypical 2	0.444	0.349	0.151
Airway measurement (WA%), RB1			
Typical 1 (reference)			
Typical 2*	4.546	2.066	0.032
Atypical 1	2.971	1.754	0.096
Atypical 2	1.392	2.970	0.641
Airway measurement (WA%), RB8			
Typical 1 (reference)			
Typical 2*	4.558	1.901	0.020
Atypical 1	1.473	1.614	0.365
Atypical 2*	5.994	2.732	0.033
Air-trapping, total lung (%)			
Typical 1 (reference)			
Typical 2	6.556	3.811	0.091
Atypical 1*	8.428	3.235	0.012
Atypical 2	-1.136	5.478	0.836
Air-trapping, total lung (L)			
Typical 1 (reference)			
Typical 2	0.582	0.472	0.223
Atypical 1	0.776	0.401	0.059
Atypical 2*	2.534	0.679	0.000

\*Significant result between groups showing  $p < 0.05$ .

$\beta$  = unstandardized regression coefficient adjusted by age and body mass index, Std. Error = standardized error, RB1 = apical segmental bronchus of the right upper lobe, RB8 = anterior basal segmental bronchus of the right lower lobe, WA% = wall area ratio

능적 손상을 반영하는 좋은 지표라고 하였으며 특히 흡기와 호기시 전체 폐의 평균 감쇄도의 차이의 비가 기도폐쇄에 따른 공기결림을 잘 반영한다고 하였다(10, 23, 24). 하지만 CT를 이용한 소기도 폐쇄에 대한 최적의 정량적 측정 방법은 아직 객관적 합의를 이루지 못하고 있다. 따라서 Bommart 등(18)은 단일 호흡 질소 실험(single breath nitrogen test)을 이용한 CT에서 소프트웨어를 통하여 공기결림의 정량적 측정에 대한 유용성을 증명하고자 하였으며 이 연구에서 특히 흡기와 호기시 전체 폐의 평균 감쇄도의 차이의 비가 경미한 소기도 폐쇄가 있는 무증상 환자에서 가장 의미 있는 지표임을 알 수 있었다. Galbán 등(25)은 CT 데이터의 양적 분석을 통한 parametric response map을 이용하여 COPD의 대표적인 형태학적 표현형

인 폐기종과 기능적 소기도 질환(functional small airways disease)을 구별할 수 있다고 하였다. 이와 같이 소기도 질환의 평가에 대한 영상 진단과 관련하여 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이번 저자들의 연구는 후향적으로 시행되었으며 연구에 포함된 환자들에서 따로 호기시 CT 촬영이 검사 프로토콜에 포함되지 않았다. 따라서 저자는 공기결림의 CT 측정에 관한 이전 연구들에서 제시된 폐 실질 음영차이를 참고하여 흡기시 CT에서 -900 HU에서부터 -950 HU 사이의 범위를 공기결림에 해당하는 영역으로 간주하고 이를 정량적으로 분석하였다(12-15). 이러한 방법으로 도출된 공기결림의 정량적 분석 결과값은 해당 환자들의 폐기능 검사 소견과 잘 일치하는 결과를 보임으

로써 이전 연구들과 상응하는 결과를 보였다.

특히 이번 연구에서 CT의 삼차원 재구성을 이용하여 측정한 공기결림 용적(L)은 호흡곤란 및 폐기능 감소가 경미한 전형군 1과 환자의 주관적 호흡곤란은 심하지만 폐기능 감소가 경미한 비전형군 2에서 의미 있는 차이를 보였다. 즉, COPD 환자에서 CT를 이용하여 측정한 공기결림 용적(L)의 경우 폐기능 소견보다 환자의 주관적 호흡곤란과 더 큰 상관관계를 보이는 것으로 생각해 볼 수 있다. 한편, 공기결림 비율(%)의 경우 호흡곤란 및 폐기능 감소가 경미한 전형군 1과 호흡곤란은 심하지 않으나 폐기능 감소가 심한 비전형군 1에서 의미있는 차이를 보이므로 CT를 통해 측정된 공기결림 지수는 COPD 환자의 주관적 호흡곤란뿐만 아니라 폐기능 소견과도 상관성이 있을 것으로 보인다.

이러한 이번 연구의 결과에 대하여 다양하게 고찰해 볼 수 있으며, 첫 번째로, 호흡곤란의 증상만 있으면서 폐기능의 저하가 없거나 심하지 않은 초기 단계의 COPD 환자에서 공기결림이 질환의 초기 변화를 시사하는 지표가 될 수 있다고 가정해 볼 수 있다. 이번 연구에서 공기결림 용적(L)이 환자의 나이와 음의 상관관계(negative correlation)를 보인 점을 고려해 보았을 때에도 역시 COPD의 초기 변화로서 공기결림을 의미 있는 인자로 생각해 볼 수 있으며 CT를 이용한 공기결림의 객관적 측정이 이러한 변화를 잘 보여줄 수 있음을 예상할 수 있다. 최근 Schroeder 등(26)의 연구에 따르면 정상 폐기능 검사 결과를 보이는 COPD 환자에서 호기시 흉부 CT에서 -856 HU를 역치값으로 하여 폐 실질 감쇄도에 대한 정량적 측정을 하였을 때 상엽과 하엽이 가장 큰 차이를 나타내었던 경우는 GOLD stage가 낮은 초기 COPD 환자군이었다. 이를 통해 저자들은 초기의 COPD는 소기도 질환으로 발현되며, 특히 상엽에 공기결림이 주된 분포를 보인다고 보고하였다. 한편 본 연구에 포함된 환자들에서는 호기시 CT에서 우측폐와 좌측폐의 폐기종 및 공기결림 지수만을 비교하였으며, 이들 사이에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 앞으로 흡기 및 호기시 CT를 이용하여 폐 영역의 각기 다른 부위에서 중요 CT 지표들의 정량적 측정 및 흡기와 호기시 CT에 적용할 수 있는 보다 적절한 역치값을 찾기 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 COPD 환자들을 각각 다른 진행 정도를 보이는 환자군으로 보다 객관적으로 세분화하여 비교 분석해 보는 등의 연구가 필요하다. 그리고 COPD 환자에서 보이는 기류제한에 영향을 주는 소기도의 폐쇄성 질환에 대한 적극적인 항염증치료가 CT에서 보이는 공기결림을 호전시키거나 궁극적으로 COPD의 진행을 지연시킬 수 있을지 여부 또한 추후 연구가 가능할 것으로 생각된다.

두 번째로, 임상양상과 폐기능 검사소견이 비교적 잘 일치하

는 전형군과 일치하지 않는 비전형군 사이에 차이를 보이는 주요 인자가 공기결림이라는 가정이다. 하지만 CT를 이용한 공기결림의 정량적 측정 방법이 아직 객관적 합의를 이루지 못하고 있어, 향후 이에 대한 고찰 및 연구가 진행되어야 할 것으로 생각되며 또한 COPD 환자에서 보이는 다른 임상 증상 및 소견과의 상관성에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

세 번째로, 공기결림을 주된 특징으로 보이며 환자의 임상양상과 폐기능 검사 소견이 잘 일치하지 않는 환자들 중 천식(asthma)과 COPD와의 중첩의 가능성을 고려해 볼 수 있겠다. 최근 치료에 잘 반응하지 않으며 전형적인 임상양상을 보이지 않는 COPD 환자들에서 폐쇄성 기도 질환의 하나인 천식(asthma)과 COPD와의 중첩(asthma-COPD overlap syndrome; 이하 ACOS)에 대한 보고들이 있다. 공기결림은 이미 기관지천식 환자에서 임상 소견 및 폐기능 검사 소견과 상관성을 보이는 중요한 지표로 잘 알려져 있으며(13, 15), 이번 연구에서는 비전형군에 속한 환자들에서 보다 의미있는 지표로 나타났기 때문이다. ACOS의 범주에 속하는 환자들은 일반적인 COPD의 치료에 대한 반응 효과가 떨어지며, 임상적으로 진단 자체에 혼란을 줄 수 있기 때문에 중요한 의미를 가진다. 나아가 이 질환군의 발현과 상관된 병태생리학적 기전을 파악함으로써 COPD로의 발전을 야기하는 위험요인에 대한 규명 및 질환의 진행을 예방하고자 하는 데 있어 최근 중요성이 대두되고 있다. 현재까지 알려진 COPD 발전과 관련된 위험인자로는 고령, 흡연, 기도 과민성(bronchial hyper-responsiveness), 급성악화(acute exacerbation) 등이 있다(9).

Lee 등(10)은 COPD 환자들에서 CT를 이용한 지표들(폐기종 지수, 공기결림 지수, 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비)과 중요 임상 지표들(BMI, 호흡곤란지수, six-minute-walk distance)이 밀접한 상관관계가 있음을 밝혔다. 특히 폐기종 지수와 BMI 사이에는 음의 상관관계(negative correlation)가 있다고 보고하였으며 이 외의 다른 연구들에서도 같은 결과가 보고되었다(28). 저자들의 이번 연구에서도 CT를 이용하여 측정된 폐기종지수 및 공기결림 지수가 BMI와 매우 유의한 상관관계(negative correlation)가 있음을 볼 수 있었으며, 이와 같은 CT 지표들과 BMI와의 상관성을 토대로 CT의 중요 지표들이 실제 COPD 환자에서 질환의 중증도를 잘 반영한다고 생각해 볼 수 있다.

이번 연구의 가장 큰 제한점은 후향적 연구방법으로 인해 환자들이 시행한 CT 기종(검출기 수, 제조 회사 등) 및 기법이 모두 정확히 일치하지 않았으며, 조영제를 사용하여 검사한 경우가 일부 포함되어 있고, 호기시 CT를 시행하지 않았다는 점이다. 이로 인해 기존 연구들에서 제시된 CT에서 유용한 역치값

의 적용 및 이번 연구에서 적절한 기준을 제시하는 데 있어 제한이 있었다. 하지만 실제적으로 임상에서 호흡곤란을 주소로 내원한 환자에서 초기 영상 검사를 시행함에 있어 조영제를 사용하거나 최대 흡기시 CT만을 시행하는 프로토콜을 이용하는 경우가 매우 일반적이기 때문에 본 연구의 결과가 좀 더 실제 임상적 상황을 잘 반영한 연구라고 할 수 있을 것으로 생각된다. 두 번째로, CT 검사의 시행 시점과 폐기능 검사 사이 간격이 최대 4개월까지 해당하는 환자들이 일부 포함되어 있어, 영상 검사와 폐기능 검사 사이의 정확한 일치도에 제한이 있을 수 있다. 세 번째로, 이번 연구에서 분류한 각 그룹 내 환자군의 수적인 제한이 있었으며, 전형적 그룹과 비전형적 그룹을 분류함에 있어 비교적 단편적인 기준(호흡곤란 지수와 FEV<sub>1</sub>)을 적용함으로써 보다 객관적이고 구체적으로 환자군을 세분화하지 못하였다. 네 번째로, 이번 연구의 기도분석에 우상엽 침분절(RB1)과 우하엽 전저분절(RB8) 기관지를 평가하였으며 이와 같은 일부 기도에 대한 평가가 COPD 환자에서 보이는 기도 변화를 대표할 수 있을지 여부에 대하여 향후 연구가 필요할 것으로 생각된다. 다섯 번째로, 소프트웨어를 이용한 기도의 정량 분석에 있어서 1 mm 두께의 데이터(raw data)를 이용하는 데 제한이 있었고 2.5 mm 또는 3 mm 두께의 재구성 데이터를 이용하였다는 점이다. 하지만 반정량적 방법으로 모든 환자에서 동일한 위치의 정확한 기도 추출 및 기도 변화를 평가하고자 주의를 기울였으므로 이러한 제한점이 이번 연구 결과에 큰 영향을 미치지 않았을 것이라 생각된다.

결론적으로, COPD 환자에서 CT 데이터의 삼차원 재구성을 이용한 폐기종과 기도 변화의 정량적 분석은 환자의 폐기능 검사 소견 및 호흡곤란 지수 등의 주요 임상 지표와 의미 있는 상관성을 보였다. 특히 여러 CT 지표 중 폐기종 지수와 기관지 외벽 면적과 내강 면적의 비(WA%)는 매우 밀접한 상관관계를 보였다. 이번 연구에서 임상 증상 및 폐기능 검사 소견이 잘 일치하는 전형적 COPD 환자군과 일치하지 않는 비전형적 COPD 환자군 사이의 주된 차이는 공기결림(air-trapping)으로 생각되며, 이는 소기도의 폐쇄성 질환을 반영하는 중요한 지표로 COPD 환자에서 보이는 초기 변화로 해석해 볼 수 있다. 따라서 앞으로 COPD 환자에서 CT를 이용한 공기결림의 평가 및 정량적 분석에 관한 합의 및 기준을 제시할 수 있는 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

1. 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;121:1434-1440
2. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152(5 Pt 2):S77-S121
3. Vestbo J, Hurd SS, Agustí AG, Jones PW, Vogelmeier C, Anzueto A, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:347-365
4. Park KJ, Bergin CJ, Clausen JL. Quantitation of emphysema with three-dimensional CT densitometry: comparison with two-dimensional analysis, visual emphysema scores, and pulmonary function test results. *Radiology* 1999;211:541-547
5. Zaporozhan J, Ley S, Eberhardt R, Weinheimer O, Iliyushenko S, Herth F, et al. Paired inspiratory/expiratory volumetric thin-slice CT scan for emphysema analysis: comparison of different quantitative evaluations and pulmonary function test. *Chest* 2005;128:3212-3220
6. Mohamed Hoessein FA, de Jong PA, Lammers JW, Mali WP, Mets OM, Schmidt M, et al. Contribution of CT quantified emphysema, air trapping and airway wall thickness on pulmonary function in male smokers with and without COPD. *COPD* 2014;11:503-509
7. Hasegawa M, Nasuhara Y, Onodera Y, Makita H, Nagai K, Fuke S, et al. Airflow limitation and airway dimensions in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173:1309-1315
8. Matsuoka S, Yamashiro T, Washko GR, Kurihara Y, Nakajima Y, Hatabu H. Quantitative CT assessment of chronic obstructive pulmonary disease. *Radiographics* 2010;30:55-66
9. Gibson PG, Simpson JL. The overlap syndrome of asthma and COPD: what are its features and how important is it? *Thorax* 2009;64:728-735
10. Lee YK, Oh YM, Lee JH, Kim EK, Lee JH, Kim N, et al. Quantitative assessment of emphysema, air trapping, and airway thickening on computed tomography. *Lung* 2008;186:157-165
11. Park HJ, Hwang JH. Quantification of emphysema with a three-dimensional chest CT scan: correlation with the visual emphysema scoring on chest CT, pulmonary function tests

- and dyspnea severity. *J Korean Soc Radiol* 2011;65:247-256
12. Tanaka N, Matsumoto T, Miura G, Emoto T, Matsunaga N, Ueda K, et al. Air trapping at CT: high prevalence in asymptomatic subjects with normal pulmonary function. *Radiology* 2003;227:776-785
  13. Busacker A, Newell JD Jr, Keefe T, Hoffman EA, Granroth JC, Castro M, et al. A multivariate analysis of risk factors for the air-trapping asthmatic phenotype as measured by quantitative CT analysis. *Chest* 2009;135:48-56
  14. Mets OM, van Hulst RA, Jacobs C, van Ginneken B, de Jong PA. Normal range of emphysema and air trapping on CT in young men. *AJR Am J Roentgenol* 2012;199:336-340
  15. Newman KB, Lynch DA, Newman LS, Ellegood D, Newell JD Jr. Quantitative computed tomography detects air trapping due to asthma. *Chest* 1994;106:105-109
  16. Van Tho N, Wada H, Ogawa E, Nakano Y. Recent findings in chronic obstructive pulmonary disease by using quantitative computed tomography. *Respir Investig* 2012;50:78-87
  17. Madani A, Zanen J, de Maertelaer V, Gevenois PA. Pulmonary emphysema: objective quantification at multi-detector row CT--comparison with macroscopic and microscopic morphometry. *Radiology* 2006;238:1036-1043
  18. Bommart S, Marin G, Bourdin A, Molinari N, Klein F, Hayot M, et al. Relationship between CT air trapping criteria and lung function in small airway impairment quantification. *BMC Pulm Med* 2014;14:29
  19. Hogg JC, Chu F, Utokaparch S, Woods R, Elliott WM, Buzatu L, et al. The nature of small-airway obstruction in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2004;350:2645-2653
  20. Nakano Y, Muro S, Sakai H, Hirai T, Chin K, Tsukino M, et al. Computed tomographic measurements of airway dimensions and emphysema in smokers. Correlation with lung function. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162(3 Pt 1):1102-1108
  21. Lucidarme O, Coche E, Cluzel P, Mourey-Gerosa I, Howarth N, Grenier P. Expiratory CT scans for chronic airway disease: correlation with pulmonary function test results. *AJR Am J Roentgenol* 1998;170:301-307
  22. Eda S, Kubo K, Fujimoto K, Matsuzawa Y, Sekiguchi M, Sakai F. The relations between expiratory chest CT using helical CT and pulmonary function tests in emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1290-1294
  23. Kauczor HU, Hast J, Heussel CP, Schlegel J, Mildenerberger P, Thelen M. CT attenuation of paired HRCT scans obtained at full inspiratory/expiratory position: comparison with pulmonary function tests. *Eur Radiol* 2002;12:2757-2763
  24. Akira M, Toyokawa K, Inoue Y, Arai T. Quantitative CT in chronic obstructive pulmonary disease: inspiratory and expiratory assessment. *AJR Am J Roentgenol* 2009;192:267-272
  25. Galbán CJ, Han MK, Boes JL, Chughtai KA, Meyer CR, Johnson TD, et al. Computed tomography-based biomarker provides unique signature for diagnosis of COPD phenotypes and disease progression. *Nat Med* 2012;18:1711-1715
  26. Schroeder JD, McKenzie AS, Zach JA, Wilson CG, Curran-Everett D, Stinson DS, et al. Relationships between airflow obstruction and quantitative CT measurements of emphysema, air trapping, and airways in subjects with and without chronic obstructive pulmonary disease. *AJR Am J Roentgenol* 2013;201:W460-W470

## 만성폐쇄성폐질환 환자에서 정량적 CT 분석: 임상 증상과 폐기능 검사 소견이 일치하는 환자군과 일치하지 않는 환자군의 비교 연구

남보다<sup>1</sup> · 황정화<sup>1\*</sup> · 이영목<sup>2</sup> · 박재성<sup>3</sup> · 조성식<sup>4</sup> · 김용배<sup>5</sup>

**목적:** 만성폐쇄성폐질환 환자에서 임상 증상과 폐기능 검사소견이 일치하는 전형적 환자군과 일치하지 않는 비전형적 환자군을 대상으로 흉부 전산화단층촬영에서 보이는 주요 지표들을 비교 분석함으로써 두 환자군의 차이 및 의의를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 2011년 1월부터 2014년 4월까지 본원에서 만성폐쇄성폐질환으로 확진된 60명의 환자들을 호흡곤란 지수 및 폐기능 검사소견을 토대로 전형군과 비전형군으로 분류하고 이를 세분화 하였다(전형군 1, 호흡곤란 및 폐기능 감소 경미; 전형군 2, 호흡곤란 및 폐기능 감소 심함; 비전형군 1, 호흡곤란 경미, 폐기능 감소 심함; 비전형군 2, 호흡곤란 심함, 폐기능 감소 경미). CT 데이터를 바탕으로 소프트웨어를 이용하여 폐기종 지수, 기도질환, 공기결림지수에 대한 정량 분석을 시행하였고, 각 소그룹 간에 CT 지표들의 차이를 비교 분석하였다.

**결과:** 흉부 전산화단층촬영에서 보이는 폐기종 지수는 만성폐쇄성폐질환 환자의 폐기능 검사 결과와 잘 일치하였으며(전형군 1 vs. 비전형군 1,  $p = 0.032$ ), 기관지 외벽과 내강 면적의 비는 주관적 호흡곤란과 잘 일치하였다(전형군 1 vs. 비전형군 2,  $p = 0.033$ ). 공기결림지수는 폐기능 검사 결과(전형군 1 vs. 비전형군 1,  $p = 0.012$ ) 및 주관적 호흡곤란과 일치하였고(전형군 1 vs. 비전형군 2,  $p = 0.000$ ), 전형군과 비전형군 사이에 유의한 차이를 보였다.

**결론:** 만성폐쇄성폐질환 환자에서 CT를 이용한 폐기종과 기도질환의 정량 분석은 환자의 폐기능 검사 소견 및 주관적 호흡곤란과 유의한 상관관계를 보였으며, 전형군과 비전형군의 주된 차이는 공기결림이었다.

<sup>1</sup>순천향대학교병원 영상의학과, <sup>2</sup>방배지에프내과, <sup>3</sup>순천향대학교 부천병원 영상의학과, <sup>4</sup>순천향대학교 천안병원 영상의학과, <sup>5</sup>순천향대학교 의과대학 예방의학교실