

정량적 CT 영상 변수 기반 천식 발작 중 나타나는 기능적인 변화

박준우* · 김수정** · 임재광** · 조현빈* · 진광남***

양민석*** · 채금주**** · 진공용**** · 이창현***** · 김태범***** · 최상헌†

Quantitative CT-based functional changes during asthma attacks

Joon Woo Park*, Sujeong Kim**, Jae-Kwang Lim**, Hyunbin Cho*, Kwang Nam Jin***, Min Suk Yang***, Kum Ju Chae****, Gong Yong Jin****, Chang Hyun Lee*****, Tae-Bum Kim*****, and Sanghun Choi†

Abstract : Asthma is a pulmonary disease that exacerbates lung function by airflow obstruction during asthma attack. This study aims to investigate structural and functional changes during asthma attacks. We obtained fourteen subjects among which each subject had inspiratory and expiratory computed tomography (CT) images, respectively. We obtained lung functional variables such as air fraction, and its coefficient of variation (CV_{airf}). As a result, the CV_{airf} obtained at the inspiratory CT was significantly increased during asthma attack relative to lung function recovery, although their inspiratory lung volume was not changed during asthma attack. This variable is potentially used for an imaging-based biomarker to identify functional heterogeneity during asthma attack.

1. 서 론

천식은 기도가 축소되고 공기 순환을 방해해 폐 기능을 저하시키는 질병이다. 널리 알려진 천식의 특징으로 기도 축소, 염증 발생, 공기 순환 방해, 그리고 과민 반응 등이 있다. 대부분의 기존 연구⁽¹⁾는 메타콜린 천식 가역 반응을 통한 기관지의 변화 혹은 폐 기능의 변화에 대한 연구가 수행되어 왔으나, 천식 발작 중 CT 영상을 획득하여 폐 구조와 기능적인 변이에 대한 연구결과는 전무하다. 이번 연구에서 우리는 천식 발

작이 왔을 때 기관지 구조와 폐 기능의 변이를 정량적 영상 변수들을 이용해 비교 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 자료 수집

경북대학교병원과 서울대학교병원으로부터 14명의 천식환자에 대한 CT영상을 획득했다. 각 환자의 영상에는 천식 발작 중 흡기와 호기 영상, 그리고 회복 후 흡기와 호기 영상, 총 4장의 영상이 포함된다. 폐기능 검사에서 측정된 FEV_1/FVC 에 따르면 환자들은 모두 천식 발작 중 폐기능이 악화되었다 (Table 1).

* 경북대학교 기계공학부
** 경북대학교병원 알레르기감염내과
*** 서울대학교병원 영상의학과
**** 전북대학교병원 임상의학 연구소 방사선과
***** 서울대학교병원 신경외과
***** 서울아산병원 알레르기내과
† 교신저자

Table 1 Demographic and PFT information of fourteen subjects

Age (years)	45.1(15.9)
Gender (male/female)	5/9
Height (cm)	161.1 (8.5)
Weight (kg)	67.0 (18.8)
BMI (kg/m ²)	25.8 (5.4)
FEV ₁ /FVC*100 (Visit 1)	65 (13.1)
FEV ₁ /FVC*100 (Visit 2)	72.4 (10.5)

* Values are presented as mean (standard deviation).
* Visit 1 and Visit 2 indicate the first visit during asthma attack, and the second visit after lung function recovery.

2.2. 영상 변수 획득

Apollo software에서 제공하는 영상 분할 기법을 이용해 전체 기도의 hydraulic diameter (D_h), wall thickness (WT) 등의 구조적인 변수들을 추출했다. Insight ToolKit (ITK) 기반 연구실 자체 제작 코드로 공기 분율 (β_{air})을 구했고, 질량 보존 영상 정합 기법⁽²⁾을 이용해 체적 변화 등의 기능적인 변수들을 추출했다. 공기 분율은 CT영상의 각 위치별 Hounsfield unit (HU) 값을 얻은 후 알려진 공기 및 조직의 HU 값 (-1000, 55)을 이용해 해당 위치의 공기의 비율을 구한 값이며 아래와 같이 계산하였다.

$$\beta_{air} = \frac{HU_{tissue} - I(x)}{HU_{tissue} - HU_{air}} \quad (1)$$

위에서 구한 공기 분율을 이용해 지역적인 공기분포의 Heterogeneity를 평가하고자, 폐엽 별 coefficient of variation (CV_{airf})을 구했다. CV_{airf} 는 공기 분율의 표준편차를 공기 분율의 평균으로 나누어 아래와 같이 계산하였다.

$$CV_{airf} = \frac{SD \text{ of } \beta_{air}}{Mean \text{ of } \beta_{air}} \quad (2)$$

3. 결 론

표2는 폐 전지역의 CV_{airf} 값을 나타낸다. 공기 분율의 CV_{airf} 가 대부분의 지역에서 천식 발작 중 뚜렷하게 증가하는 것을 확인할 수 있다($P < 0.05$). 하지만, 흡

Table 2 CV_{airf} in five lobes and a whole lung

Lobes and Whole lung	Visit 1	Visit 2
LUL	0.123(0.03)	0.110(0.008)
LLL	0.133(0.04)	0.115(0.01)
RUL	0.122(0.03)	0.108(0.01)
RML	0.130(0.05)	0.107(0.009)
RLL	0.127(0.04)	0.110(0.01)
Whole lung	0.127(0.04)	0.110(0.009)

* Values are presented as mean (standard deviation).
* Visit 1 and Visit 2 indicate the first visit during asthma attack, and the second visit after lung function recovery.

기 시 공기 분율의 평균은 큰 변화가 없는 것으로 확인 ($P > 0.9$)되며 이는 전체 폐용적의 차이가 없는 것을 의미한다. 즉, 천식 발작 중 흡기 폐 용적은 유지되나, CV_{airf} 가 증가하는 이유는 기관지 막힘으로 인해 감소한 공기량을 보상하기 위해 다른 부위에서 폐용적을 증가시키는 노력으로 예측한다. 이번 연구에서 개발된 영상 지표는 천식 발작 중 기능적 이질성을 나타내는 데 중요한 지표로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 환경부[RE201806039]와 한국연구재단[NRF-2017R1D1A1B03034157]의 지원을 받아 연구되었다.

참고 문헌

- (1) Park S, Lee C, et. al., 2012, "Quantitative analysis of dynamic airway changes after methacholine and salbutamol inhalation on xenon-enhanced chest CT", European Radiology, pp. 2441~2450.
- (2) Choi S, Hoffman EA, et. al., 2013, "Registration-based assessment of regional lung function via volumetric CT images of normal subjects vs. severe asthmatics", Journal of Applied Physiology, pp. 730~742.