

토끼 천식모델에서 OCT를 이용한 상기도 및 폐포 다이나믹스 가시화

박정은*, 채유경*, 안예찬*, 옥철호**

Visualization of upper airway and alveoli dynamics using Optical Coherence Tomography in asthma model of rabbit

Jung-Eun Park*, Yu Gyeong Chae*, Yeh-Chan Ahn*, Chul Ho Oak**

Abstract : In this study, OCT was proved as a new imaging device to diagnose asthma. Visualization of airway and alveoli dynamics can provide information about the state and progression of asthma. Using endoscopic OCT the upper airway dynamics was captured during the bronchial challenge test. For the bronchial challenge test we used three conditions. At first a rabbit inhaled saline. Second, the rabbit inhaled $2\mu\text{g}/\text{ml}$ of methacholine. Third, the rabbit inhaled $5\mu\text{g}/\text{ml}$ of methacholine. According to the image, we could see the reduced size of the airway and constricted smooth muscle under epithelium of the airway. Inorder to display the dynamics of alveoli SD-OCT was used. After opening window between ribs, the alveoli were imaged during the bronchial challenge test in real-time. As a result, we got the collapsed alveolar image. Thus, we could show that OCT measure see dynamics of airway and alveolus to know a condition of asthma.

1. 서 론

천식은 알레르기성 염증반응에 의해 기도가 좁아지는 호흡기 질환으로 호흡장애를 동반한다. 반복되는 염증반응은 점액과 분비와 함께 기관지 점막을 부풀어 오르게 하고, 점막 아래에 존재하는 평활근을 위축시킨다. 이에 따라 기도 표면의 점성이 커지고 기도가 좁아져서 공기흐름에 장애가 된다. 따라서 호흡량의 변화는 천식 환자를 진단하는 주요 척도로 사용되고 있다.

또한, 좁아진 기도로 인해 줄어든 공기양은 일부 폐포를 무기화 시키는데, 이도 천식의 진행 정도와 주기적 반복되는 염증 반응에 따라 함께 진행된다.

현재까지 제시된 천식 관찰 방법으로는 폐 기능 검사와 기도 과민성 검사(메타콜린 유발시험)와 같이 호흡량 등을 수치적으로 얻는 검사들과 무기폐를 영상으로 얻는 X-ray⁽¹⁾, MRI 검사⁽²⁾ 등이 있다. 그리고 기도 단면 영상을 얻는 초음파 기관지 내시경⁽³⁾이 있다. 이를 영상은 저해상도 영상 장비에서 무기화된 폐포나 수축된 평활근을 보여주지는 못한다.*

따라서 본 연구에서는 고해상도를 가진 실시간 영장 장비인 OCT를 활용하여 좁아진 상기도 및 폐포의 다이나믹스를 가시화하고자 한다.

2. 실험 방법

본 실험에서 평활근의 수축에 의한 기도 수축을 보기위해 기관지 평활근의 수축을 자극하는 물질로 알려진 메타콜린을

사용하였다. 자주 그리고 고농도의 메타콜린에 노출될수록 기관지가 민감해서 보다 극적인 알레르기성 반응이 일어난다. 본 실험은 이러한 사실에 착안하여 3가지 상태로 나누어 진행되었다. 3가지 상태로는 각 1분여간 생리식염수를 흡입한 경우, $2\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우 그리고 $5\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우이다. 메타콜린에 의한 알레르기반응이 일어나는 동안 OCT 내시경을 통해 영상을 얻었다.

같은 3가지 상태에서 폐포의 다이나믹스를 얻기 위해 SD-OCT(공간 해상도 $3\mu\text{m}$, SNR 103dB, roll-off 12dB/mm, 중심 파장 850nm)를 사용하였다. OCT의 피하침투깊이가 짧아서 3번과 4번 갈빗대 사이에 창을 내고 늑막이 드러나게 한 후 영상을 획득하였다.

3. 실험 결과

그림 1에서 분홍색 화살표는 메타콜린 흡입에 의해 기도내에 형성된 부유물을 가르킨다. 세 이미지를 비교해본 결과, 생리식염수를 흡입한 경우 7.1920mm^2 , $2\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우 2.44301mm^2 , $5\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우 3.67733mm^2 로 메타콜린을 흡입한 경우에 그렇지 않은 경우보다 확연히 기도가 수축되었음을 알 수 있었다. 메타콜린을 흡입하여 생기는 부유물과 기도의 수축정도에 따라 기도에서의 저항도를 계산해 본 결과 아무것도 흡입하지 않은 경우 $0.1\text{cmH}_2\text{O s}/\text{ml}$ 일 때, 생리식염수를 흡입했을 때 $0.15\text{cmH}_2\text{O s}/\text{ml}$, $2\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입했을 때 $1.1\text{cmH}_2\text{O s}/\text{ml}$, $5\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입했을 때 $1.5\text{cmH}_2\text{O s}/\text{ml}$ 로 저항도가 증가함을 알 수 있었다.

*부경대학교 의공학과

**고신대학교 의과대학

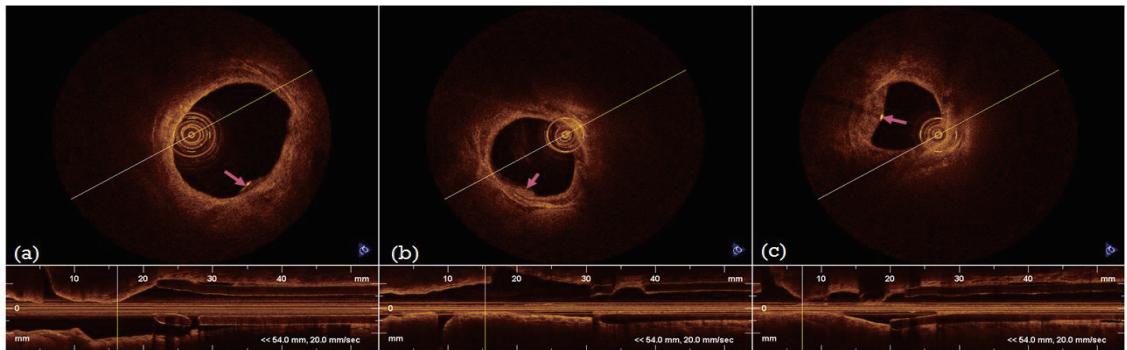


그림 47 (a) 생리식염수를 흡입한 경우 (b) $2 \mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우 (c) $5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우의 기도 OCT 내시경 이미지

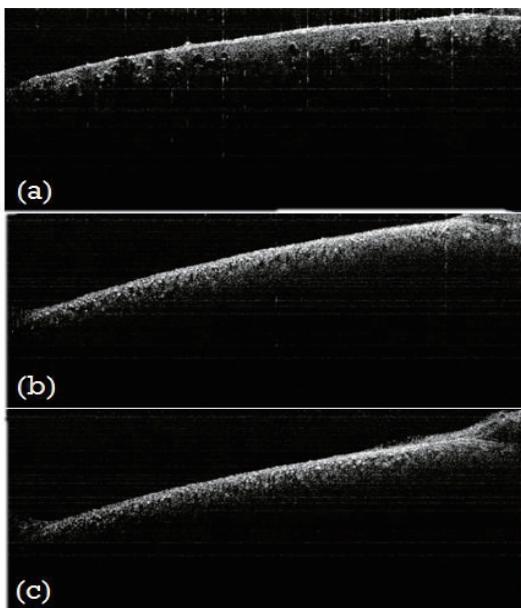


그림 48 (a) 생리식염수를 흡입한 경우 (b) $2 \mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우 (c) $5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우의 폐포 OCT 이미지

또한, 생리식염수를 흡입한 경우 분당 25회였던 호흡수를 메타콜린을 흡입하자 분당 40회 이상으로 증가하였고, 공기흡입이 줄어들 때 따라 흡기에 폐가 부풀어 오르는 정도가 줄어드는 것을 확인했다. 그럼 2번의 OCT 이미지를 보면 폐포의 크기는 생리식염수를 흡입한 경우 0.024443069mm^2 , $2 \mu\text{g}/\text{ml}$ 의 메타콜린을 흡입한 경우 0.004607127mm^2 , $5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 를 흡입한 경우 0.004845569mm^2 로 메타콜린을 흡입했을 때 폐포의 크기가 줄어들음을 확인했다.

이 모든 OCT 영상은 실시간으로 획득하였고, 상태에 따른 기도 및 폐포의 변화 또한 영상을 얻을 때 바로 확인할 수 있었다.

4. 결론

천식반응에서의 상기도 및 폐포의 다이나믹스를 실시간 영상으로 얻어 그 변화를 확인하였다. 이에 따라 OCT가 호흡기 질환에서 기도와 폐포의 구조적 변화를 실시간으로 획득하는데 활용될 수 있다.

후기

본 연구는 한국연구재단과 해양수산기술연구개발사업의 재원으로 수행되었다. (2013R1A1A4A01011631, 2013S1A5 A2A03045562, 2013K1A3A1A09076144, D11501415H480000 180)

참고 문헌

- (1) E. CUTZ, H. LEVISON and D. M. COOPER, 2007, "Ultrastructure of airways in children with asthma", Journal of Histopathology
- (2) Lisa Campana et al., 2009, "Probing airway conditions governing ventilation defects in asthma via hyperpolarized MRI image functional modeling", Journal of Applied Physiology
- (3) Jerzy Soja et al., 2009, "The Use of Endobronchial Ultrasonography in Assessment of Bronchial Wall Remodeling in Patients With Asthma", Chest journal