

OCT를 이용한 치열교정장치의 힘에 따른

치주인대 변화의 관찰

Observation of Periodontal Ligament Change

under Orthodontic Forces with OCT

나지훈, 백재호*, 최은서**, 이병하

광주과학기술원 정보통신공학과, 울산대학교 병원 치과 교정과*, 조선대학교 물리학과**

jhna@gist.ac.kr

치열 교정 과정에서 발생하는 조직의 변화, 악교정 수술 후의 조직의 재생과정, 그리고 악관절 장애 진단 등에 필요한 정밀한 측정 기법은 치과 교정학에 있어서 그 활용도가 매우 넓다 [1][2]. 치과 질환 진단을 위해 주로 사용되고 있는 방사선 진단장비는 전체적인 치열을 보는 데는 유용하나 정밀 측정을 하기에는 해상도와 이미징 시간에 있어서 한계를 보이고 있으며 또한 임신부와 같이 절대적 안정이 보장되어야 하는 환자에게 적용하는 데는 적지 않은 제한이 따르는 것이 현실이다.

Optical coherence tomography (OCT)는 광을 이용한 생체단층영상기술로서 생체 내부조직의 단면에 대한 구조 정보를 절개 없이 고분해능으로 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다 [3]. OCT는 또한 실시간 동적 이미징이 가능하며 유속이나 편광특성의 분석이 가능한 다양한 기능적 영상을 제공할 수 있다.

본 논문에서는 최근 많은 기술적 발전을 이루고 있는 광학 영상진단 기술 중 OCT를 이용하여 치아 교정 장치의 힘에 따라 변화하는 치주인대의 구조를 영상화함으로써 기존 진단장비의 한계를 극복하고자 하는 시도를 하였다. 즉 치주인대 조직 내의 미세 변화량을 측정함으로써 치열교정 시술시 정교함을 향상시키는 등 치과 진료 영역에의 OCT 응용 가능성을 살펴보았다. 실험에서는 실험용 쥐의 치아에 치열교정 장치를 장착한 후, 각각 다른 정도의 힘을 적용하면서 발생하는 치주인대의 형태 변화를 광섬유 기반의 OCT 시스템을 이용하여 관찰하였다.

치주인대(Periodontal Ligament)는 치아와 치조골 사이에 위치하며 두께가 약 0.2 mm 되는 고도로 분화된 결합조직으로서, 이의 주 기능은 치아를 악골에 연결하고 상당한 저작력을 견딜 수 있게 한다. 교정 장치를 통해서 치아에 가해지는 힘에 의한 치주인대의 구조적 변화를 관찰하기 위하여 4마리의 실험용 쥐들을 이용하였고, 각 샘플들의 치주인대를 포함한 하악골을 이미징 하였다. 실험에 이용한 OCT 시스템은 그림 1과 같다. 광원으로는 1310 nm의 중심파장과 40 nm의 반치폭을 갖는 SLD를 사용하였으며 광 정렬이 용이한 광섬유 커플러를 이용하여 광섬유 마이켈슨 간섭계의 형태로 구성하였다. 실험적으로 얻은 깊이 방향과 횡축 방향 해상도는 각각 14 μm 와 10 μm 로 측정되었다. OCT 이미지를 얻기 위해서는 광원으로부터 나온

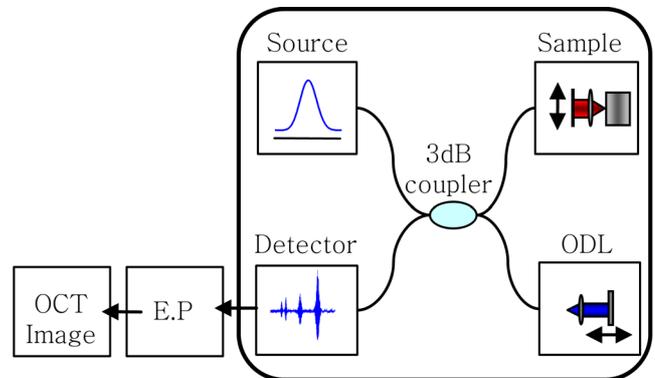


그림 1. OCT 시스템 구성도

빛이 광섬유 커플러를 지난 후 샘플과 광 지연선로 반사체에서 각각 반사된 뒤 다시 커플러에서 결합되어 광경로차에 의존하여 광간섭을 일으키게 된다. 간섭된 빛은 광 검출기에서 전기적 신호로 변환되고 특별히 제작된 전자회로를 이용하여 이 간섭 신호의 포락선만을 추출한다. 이 신호는 컴퓨터에서 A/D 변환 후 이미지 처리과정을 거쳐서 수도칼라(pseudo color) 이미지로 표현된다.

실험을 위해서 특별히 제작된 교정 장치를 각기 다른 쥐에 각각 0 gm, 5 gm, 10 gm의 힘을 가해주도록 설치한 후, 5일 동안 격리시켜 기른 뒤, 그 하악골을 채취하여 치주인대의 변화를 OCT를 이용하여 각각 이미징 하였다. 그림 2는 힘이 가해지지 않은 상태에서의 하악골에 대한 광학 이미지 (그림2a), X-ray 이미지 (그림2b), 그리고 OCT 이미지(그림2c)이다. 그림 2c의 OCT 이미지는 두 개의 치아 사이에 하악골(bone)이 위치해 있고 치아와 bone 사이에 치주인대가 존재함을 보여준다. 해상도의 한계로 인해서 보통의 X-ray 이미지로는 가해진 힘에 의한 치주인대 부분의 변화를 관찰하기가 매우 어렵다. 그림 3은 작용한 힘에 따른 치주인대 변화의 차이를 나타내고 있는데 10 gm 힘에서 치주인대가 벌어짐을, 30gm의 힘으로는 치주인대가 파열되었음을 보여준다. OCT 그림의 크기는 각각 1.5 mm × 2 mm이다.

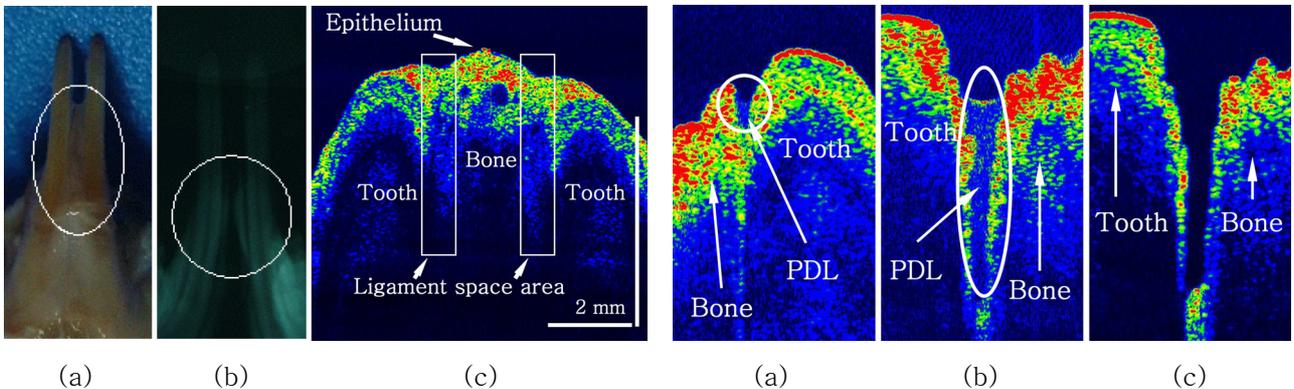


그림 2. 실험용 쥐 하악골의 (a) 실제 이미지, (b) X-ray 이미지, (c) OCT 이미지
 그림 3. 교정 장치 힘에 따른 치주인대 변화, (a) 0 gm 힘, (b) 10 gm 힘, (c) 30 gm 힘

본 연구에서는 광섬유 기반의 OCT 시스템을 이용하여 기존의 방사선 장비로 확인하기 힘들었던 치열 교정장치의 힘에 따른 치주인대의 구조적 변화를 처음으로 이미징 하였다. 쥐의 경우 10 gm의 힘이 치아에 가해졌을 때 치주인대 영역의 구조적 변화를 뚜렷이 확인할 수 있었고 30 gm의 힘에서는 파열됨을 관찰할 수 있었다. 쥐에서의 실험 결과를 인간에 그대로 적용할 수는 없겠지만 본 실험을 통하여 얻은 OCT 이미지들로부터 치열 교정시 무리한 힘이 가해진다면 치주인대가 파열될 수 있는 위험이 있음을 확인할 수 있었다. 이는 임상에서 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 인간의 구강 구조에 적합한 샘플단 프로브의 개발을 통하여 그 활용 범위를 넓히고자 한다.

본 연구는 한중 국제 공동 연구사업, 고등광기술연구소(APRI)에서 수행 중인 극초단 광양자 기술 이용기술 개발 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

1. J. L.Wennstrom and et al., "Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys," J. Clin Periodontol 14, 121-129 (1987)
2. J. Lindhe, "Textbook of clinical periodontology," Munksgaard, 117-120 (1989)
3. D. Huang and et al., "Optical coherence tomography," Science 254, 1178-1181 (1991)