

관절 연골조직에 대한 테라헤르츠 펄스 이미징

Terahertz Pulse Imaging of Articular Cartilage Tissues

정은아, 박홍규, 김정희, 한해욱

포항공과대학교 전자전기공학과 나노 테라 포토닉스 연구실

e-mail: hhan@postech.ac.kr

테라헤르츠 대역은 마이크로파와 광파의 중간에 위치한 주파수 대역으로 일반적으로 0.1 - 10 THz 정도의 주파수를 가진 전자기파를 일컫는다. 그 동안 기술적인 한계로 인해 미개척의 연구 분야로 남아 있던 테라헤르츠 기술은 최근 테라헤르츠파의 광원 및 측정 기술의 획기적인 발전으로 전자, 재료, 생명, 의공학, 우주기술 등 다양한 분야에 응용될 기술로 주목 받고 있다. 특히, 테라헤르츠파를 이용하여 DNA의 결합 상태를 직접적으로 측정하고 단백질을 포함한 여러 가지 생화학 분자들을 검출하는 연구 사례들은 바이오칩 및 신약개발 분야는 물론 피부암과 유방암 같은 질병의 조기진단을 위한 의료 영상 분야에 테라헤르츠 기술이 효과적으로 기여할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.⁽¹⁻³⁾ 본 논문은 테라헤르츠파를 의료 영상 진단에 응용하기 위한 첫 단계로 퇴행성 질환을 보이는 관절 연골조직에 대해 수행한 테라헤르츠 펄스 이미징 실험 결과이다.

고등생물의 관절 연골조직은 그림 1의 모식도에 나타난 바와 같이 일반적으로 superficial zone, transitional zone, deep zone, calcified zone의 4개의 층으로 구별된다. 연골 조직의 각 층은 상이한 생화학적 구성성분과 물리적 배열을 나타내고 있고 이것은 연골조직의 특수한 기능을 반영한다. 연골세포(chondrocyte), 콜라겐(collagen), 프로테오글라이칸(proteoglycan)은 연골조직을 구성하는 중요한 성분으로 각각의 함량과 배열 형태는 연골조직의 4개 층을 구분하는 중요한 지표로서 작용한다.⁽⁴⁾

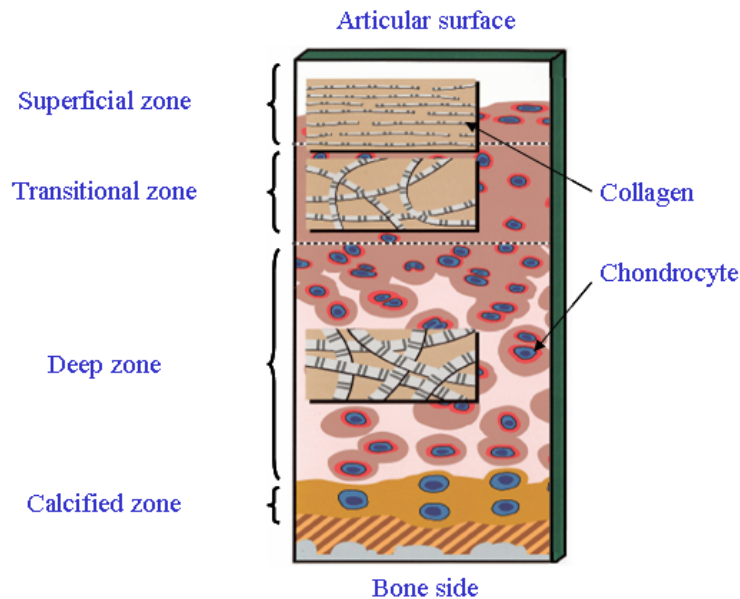


그림 1. 관절 연골 조직의 모식도⁽⁴⁾

이러한 관절 연골조직은 관절부위의 외상 및 관절조직의 과도한 부하로 인해 점진적으로 퇴화하게 되고 퇴화된 연골조직은 퇴화되지 않은 조직과 달리 연골조직 내의 생화학적 물질의 분포와 함량이 변화하는 양상을 보인다.

실험에 사용할 시료 준비를 위해 퇴행성 관절염이 많이 진행된 사람의 연골조직(비정상조직)과 상대적으로 덜 진행된 연골조직(정상조직)을 아주대학교 의과대학에 의뢰하였다. 본 연구실에서는 테라헤르츠 시영역 분광법(THz time-domain spectroscopy)을 이용한 테라헤르츠 펄스 이미징 시스템을 구현하고, 준비한 시료를 건조하기 전과 후에 대해 투과 실험을 실시하여 이미지를 얻고 비교 분석하였다. 이때, 투과 실험에 사용한 시료의 두께는 0.5 mm 이하이다. 건조시킨 연골조직에 대해 실험한 후 얻은 THz 이미지를 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 광학이미지와 달리 THz 이미지의 각 연골조직은 3개의 층으로 구분되었고, 정상조직과 비정상조직의 컬러지도 값의 차이를 보였다.

관절 연골 조직에 대해 THz 펄스 이미징 실험을 수행하여 THz 이미지를 얻고 분석하였다. THz 이미지를 통해 각 연골조직의 층을 뚜렷이 관찰할 수 있으며 조직의 퇴화 정도에 따라 차이를 나타내는 것을 확인하였다. 아직 초보적인 단계에 머물고 있지만, 이는 THz 기술의 새로운 의료 진단 도구로서의 가능성을 충분히 보여준다.

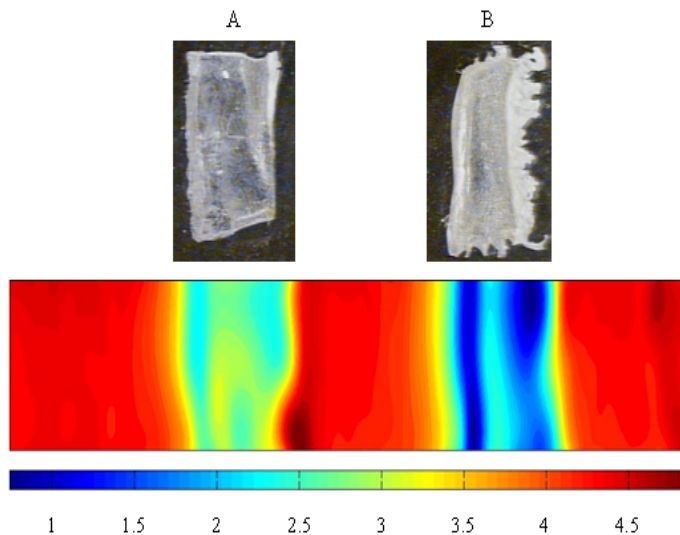


그림 2. 건조된 사람 연골조직의 광학이미지와 THz 이미지 A: 비정상조직, B: 정상조직

참고 문헌

1. M. Nagel, P. H. Bolivar, M. Brucherseifer, and H. Kurz, Appl. Phys. Lett., 80, 154 (2002)
2. A. Markelz, S. Whitmore, J. Hillebrecht, and R. Birge, Phys. Med. Biol., 47, 3797 (2002)
3. R. M. Woodward, V. P. Wallace, R. J. Pye, B. E. Cole, D. D. Arnone, E. H. Linfield and M. Pepper, J. Investigative Dermatol., 120, 72 (2003).
4. A. R. Poole, T. Kojima, T. Yasuda, F. Mwale, M. Kobayashi, and S. Laverty, Clinical Orthopaedics and Related Res., 391S, S26 (2001)