

요 지

척추 디스크 환자의 통증을 덜어주기 위한 척추 임플란트는 크게 인공척추 디스크(Artificial Intervertebral Disc: AID)와 후방 평형 장치(Posterior Stabilization Device: PSD)로 구분되며, 비교적 간단한 구조와 인체 시술시 편의성 등의 장점으로 인하여 PSD가 보편적으로 사용되고 있고 연구도 활발히 진행되고 있다. 그러나, 다양한 종류의 척추 임플란트가 사용되고 개발중임에도 불구하고 임플란트의 인체 삽입 후 척추 거동을 예측하는 것은 쉽지 않다. 대표적 예측 방법인 시체 및 생체 실험은 극히 제한되어 있으며, 임상 실험 또한 많은 시간과 비용이 요구되는 등 여러 제약조건으로 연구에 어려움이 있다. 이를 극복하기 위한 하나의 방안으로 척추 유한요소모델(Finite Element Model)을 활용한 척추용 임플란트에 관한 연구의 필요성이 꾸준히 증대되어 왔다.

본 논문에서는 비선형 해석을 수행하여 인체의 척추와 동일한 거동을 나타내는 척추 유한요소모델을 생성하고, 임플란트를 삽입한 유한요소 모델을 생성하여 임플란트의 삽입효과를 예측하는 것을 그 목적으로 한다. 이를 위하여 우선 CT이미지를 기반으로 생성한 요추(L2~L5)의 CAD 모델을 바탕으로 육면체 요소(Hexahedron element)의 척추 유한요소모델을 생성하였다. 또한, 상용 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS를 사용하여 실제 시체실험과 동일한 전방 굽힘, 후방 굽힘, 좌우 굽힘, 회전 등 각각의 하중/경계조건으로

비선형 유한요소 해석을 수행한 후 실제 시체 실험 데이터로 검증된 척추 유한요소모델을 생성하였다. 또한, 퇴행성 척추 유한요소모델을 생성하여 동일 조건에 대해 정상상태 척추 모델과 비교하여 발생할 수 있는 문제점을 고찰하기 위하여 속질핵(nucleus pulposus)이 기능을 하지 못하고 섬유륜(annulus fibrosus)을 뚫고 흘러나와 충격흡수 불능 및 내부 응력 불균형 등을 발생시키는 퇴행성 척추를 모델링하였다. 그리고 생성된 퇴행성 척추 모델에 실제 인체에 시술되고 있는 척추 임플란트인 PSD를 삽입한 척추 유한요소모델을 생성하고 해석결과를 정상상태 척추 모델과 비교함으로써 척추 임플란트 삽입에 의해 개선될 수 있는 삽입 효과 및 성능을 예측하였다.

37구의 시체실험 결과로 검증된 척추 유한요소모델은 척추뼈간 상대회전각(ROM)이 모두 시체실험 결과의 표준 편차 이내에 있도록 하였으며, 퇴행성 척추 유한요소모델은 속질핵이 본래 기능을 잃은 상태를 묘사한 속질핵을 제거한 유한요소모델을 생성한 후 정상상태의 척추 모델과 비교, 고찰하였다.

또한, 퇴행성 척추 유한요소모델에 PSD를 삽입한 유한요소모델을 생성하고 비선형 해석을 수행하여 ROM은 전방 굽힘이 83.1%, 후방 굽힘이 60.9%, 척추 디스크 압력은 66.1% 각각 감소한 결과를 확인할 수 있었으며, 척추의 활동성을 다소 제약하는 비교적 삽입효과가 큰 척추 임플란트임을 예측하였다. 이와 같이, 본 연구를 통해 생성된 척추 유한요소모델은 척추 임플란트의 삽입효과를 예측하는데 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 척추와 관련된 생체역학의 다른 주제에 대해서도 활용될 수 있어 그 효용가치는 클 것으로 기대된다.

주요용어 : 척추, 요추, 척추 임플란트, 척추 유한요소모델