

척추 안전성 검증을 위한 T5-T8 유한요소 모델 개발 Development of T5-T8 FE Model for Safety Evaluation of Spine

*이해아¹, 윤정로¹, 박상백¹, #채수원²

*H. A. Lee¹, J. R. Yoon¹, S. B. Park¹, #S. W. Chae(swchae@korea.ac.kr)²

¹고려대학교 기계공학과, ²고려대학교 기계공학부

Key words : Thoracic Spine, Spinal Segment FE Model, Spinal Manipulation, Range of Motion

1. 서론

최근 일상생활 및 업무환경의 변화로 의자에 앉아있는 시간이 늘어나면서 여러 척추 관련 질환들로 어려움을 호소하는 사람들이 날로 증가하고 있다. 척추(spine)는 그 주위로 여러 주요 신경들이 지나가기 때문에 척추 그 자체의 질환도 문제가 되지만 그로부터 파생되는 여러 합병증 예방을 위해서도 안전성이 보장되어야 한다[1]. 근래에는 질환에 따라 그 정도가 심하지 않은 경우, 수술적 방법에 비해 위험성이 적고 재활 가능성이 높은 운동요법이나 카이로프랙틱(chiropractic)과 같은 비 수술적 방법들이 많이 행해지고 있다. 이러한 비 수술적 시술들은 시술 방법의 특성상 시술자가 직접 척추에 힘을 가하거나 상황에 따라 도구를 사용하기도 하는데 이 때 가하는 힘의 크기나 방법 등에 대한 객관적인 기준이 마련되어 있지 않아 환자에 따라서는 과도한 힘이 가해질 경우 심각한 부작용을 초래할 수 있다[2]. 따라서 본 연구에서는 척추의 안전성을 객관적으로 검증할 수 있는 시뮬레이션을 위한 흉추(thoracic spine)의 상세 유한요소모델을 개발하였고, 이를 실제 실험과 비교하여 검증하였다.

2. T5-T8 흉추 분절 모델링

흉추 분절 모델링을 위해 CT 데이터로부터 형상정보를 얻어 척추체(vertebra)와 그 사이의 추간판(disc)을 포함하는 T5-T8 운동 분절(T5-T8 motion segment)의 유한요소모델을 구성하였다. 척추체 피질골(cortical bone)의 두께는 해부학적 자료를 토대로 부분 별로 다르게 적용하였으며, 척추의 주요 인대(ligament)들은 트러스요소를

사용하여 모델링 하였다. 물성치는 기존 연구들을 참고하여 적용하였다[3], [4]. 완성된 모델은 그림 1 과 같다.

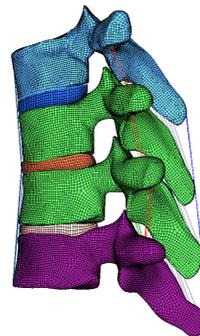


Fig. 1 T5-T8 Spinal Segment FE model

3. 모델 검증

개발된 모델은 실제 사체 척추의 여러 분절을 이용하여 실시한 실험 결과들 중 T5-T8 분절에 해당하는 결과를 모델을 이용한 시뮬레이션 결과와 비교하여 검증하였다[5], [6].

실험과 시뮬레이션 에서는 운동분절이 굴곡 / 신전(flexion/extension), 외측 굽힘 (lateral bending), 축 회전(axial rotation)을 할 때의 운동범위(Range of Motion, ROM)를 측정하였다. 운동범위는 양 끝 척추체에 약 4Nm 의 힘을 가했을 때 중간의 두 척추체가 회전하는 각도로 정의하였다.

그림 2 는 시뮬레이션 결과의 한 예로써 운동분절이 굴곡운동을 하였을 경우를 보여준다. 운동분절이 굴곡 / 신전 운동을 할 때 시간에 따른 척추체의 회전각도는 그림 3 과 같은 결과를 나타낸다.



Fig. 2 Simulation Result
(flexion/extension case, x10 scaled)

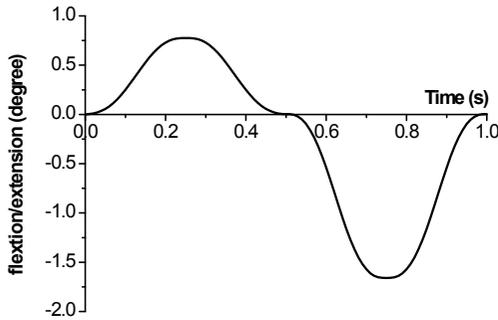


Fig. 3 Range of Motion (flexion/extension case)

이와 같은 방법으로 세 가지 운동에 따른 운동범위를 정리하여 사체실험과 비교한 결과는 다음의 그림 4 와 같고 실험과 시뮬레이션 결과가 비슷한 결과를 보이는 것을 확인하였다.

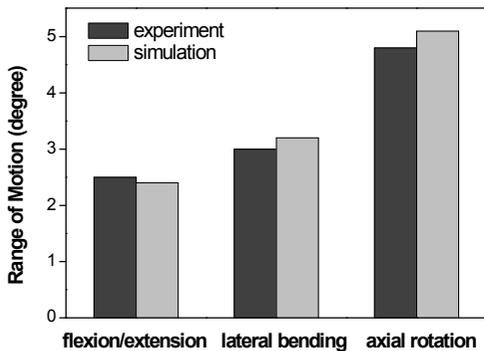


Fig. 4 Results of experiment and simulation

4. 결론

본 연구에서는 다양한 목적을 위한 인체 유한요소모델 개발의 일환으로 척추의 안전성 검증에 위한 상세유한요소모델을 개발하였고, 이를 사체실험과 비교하여 검증하였다. 이러한 모델은 실제 사람을 대상으로 하기 힘든 여러 실험 등에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각되며, 현재 개발되어있는 모델을 중심으로 점차 인체의 전 영역으로 모델링 영역을 넓혀간다면 추후 인체의 안전성 검증이나 인체-제품 간 상호작용과 같은 여러 분야에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012-0000783).

참고문헌

1. 이주강, 박찬후, “카이로프랙틱 인트로덕션”, 대경북스, 2006.
2. E Ernst, “Adverse Effect of Spinal Manipulation: A Systematic Review”, Journal of the Royal Society of Medicine, 100(7), 330-338, 2007.
3. Chen-Sheng, C., Cheng-Kung, C., Chien-Lin, “Stress Analysis of the Disc Adjacent to Interbody fusion in Lumbar Spine”, Medical Engineering & Physics, 23, 483-497, 2001.
4. Hendrik, S., Frank, H., Joerg, D., Zdenek, K., “Application of a Calibration Method Provides more realistic Results for a Finite Element Model of a Lumbar Spinal Segment”, Clinical Biomechanics, 22, 377-384, 2007.
5. Iris, B., Jaap, H., Idsart, K., “Biomechanical characteristics of different regions of the human spine: An In Vitro Study on Multilevel Spinal Segments”, Spine, 34(26), 2858-2864, 2009.
6. Iris, B., Albert, J., Jaap, H., “In Vitro Biomechanical Characteristics of the Spine: A Comparison between Human and Porcine Segments”, Spine, 35(2), 35-42, 2010.