

## 척추 파열 골절 치료를 위한 전·후방 척추고정술의 생체역학적 안정성 평가

박원만\*(경희대학교 테크노공학대학), 김윤혁(경희대학교 테크노공학대학),  
박예수(한양대학교 의과대학 정형외과학교실), 오택열(경희대학교 테크노공학대학)

### Biomechanical Stability Evaluation of Anterior/Posterior Spinal Fusion for Burst Fracture

W. M. Park(School of Adv. Tech., KHU), Y. H. Kim(School of Adv. Tech., KHU),  
Y. S. Park(Orthop. Surgery Dept., HYU) and T. Y. Oh(School of Adv. Tech., KHU)

#### ABSTRACT

A 3-D finite element model of human thoracolumbar spine (T12-L2) was reconstructed from CT images. Various anterior and posterior instrumentation techniques were performed with long cage after corpectomy. Six loading cases were applied up to 10 Nm, respectively. The rotations of T12 with respect to L2 were measured and the stiffnesses were calculated as the applied forces divided by the segmental rotations. The posterior fixation technique increased the stiffness of the spine the most. The addition of anterior rod from 1 to 2 increased the stiffness significantly without posterior fixation, but no effect was found with posterior fixation. We found that different fixation techniques changed the stiffness of the spine.

**Key Words** : Spinal stability(척추안정성), Burst fracture(파열 골절), Spinal fusion(척추고정술), Finite element analysis(유한요소해석)

#### 1. 서론

척추는 인체의 중심 골격을 이루는 요소로, 다른 신체의 어떤 부위에서보다 안정성이 중요시 된다. 척추 안정성이란 척추에 하중이 가해졌을 때, 척추 또는 척추신경을 보호하고 척추의 구조 변화에 따른 통증 발생을 방지하기 위하여 지나친 척추의 변형을 일정 범위내로 제한하려는 척추의 기능을 나타내는 용어이다[1, 2]. 아울러 척추의 안정성 회복은 척추 환자의 치료 목적이기도 하다[3].

척추의 안정성을 높이기 위한 대표적인 수술방법 중 하나인 척추 고정술은 수술 후 불유합 발생가능성이 비교적 낮고 운동 가능한 추체를 보호하는 장점이 있다[1]. 이에 따라 다양한 척추 고정술이 척추 수술에 사용되고 있지만, 추체 고정에 따른 수술 부위의 높은 안정성은 오히려 인접 상하부의 추간판의 손상을 초래하는 것으로 보고된 바 있다[4].

따라서, 환자에게 적합한 수술 방법의 선택을 위하여 다양한 척추 고정술에 대한 생체역학적 분석이 필요하다. 뿐만 아니라, 보다 나은 임플란트의 개발 및 새로운 수술법의 개발을 위하여 기존의 수술 방법들에 대한 생체역학적 안정성 분석은 선행되어야 한다. 이에 본 연구에서는 유한요소 해석적 방법을 이용하여 다양한 척추 고정술에서의 안정성을 비교 분석하였다.

#### 2. 재료 및 방법

흉요추부인 T12-L2 부분에 대하여, 1 Level과 2 Level의 정상 모델(Intact-1L, Intact-2L)과 열 개의 척추 고정술이 시술된 모델을 개발하였다. 척추에 병변이 없는 신장 175cm, 나이 21세의 남성 사체를 컴퓨터 단층촬영(CT)하였으며, 상용 3차원 그래픽 모델 구성프로그램인 3D-doctor(Able software Corp., U.S.A) 를 이용하여 촬영된 CT 이미지를 3차원 그래픽 모델로 개발하였다. 이때, 추체 모델은 정중 시상면(midsagittal plane)을 중심으로 대칭이 되도록 개발되었다. 개발된 그래픽 모델은 기존의 연구 결과에서 제시한 척추에 대한 유한요소 모델 제작 방법을 이용하였다[4]. 각각의 추체는 기존의 연구 결과에 의하여 L2와 L1은 2.45도, T12와 L1은 0.8도의 각도를 가지도록 정렬되었다[5].

1 개의 금속봉을 이용한 전방 고정술이 수행된 모델(1R-M-NP), 2개의 금속봉을 이용한 전방 고정술이 수행된 모델(2R-M-NP), 1 개의 금속봉을 이용한 전방 고정술과 척추경 나사못을 이용한 후방 고정술이 함께 수행된 모델(1R-M-P), 2 개의 금속봉을 이용한 전방 고정술과 후방 고정술이 함께 수행된 모델(2R-M-P), 그리고 후방 고정술만이 수행된 모델(0R-M-P)을 각각 개발하였다. 또한 각각의 모델에서 L1 추체의 후면을 제거한 모델(1R-NM-NP, 2R-NM-NP, 1R-NM-P, 2R-NM-P, 0R-NM-P)을 개발하였다(Fig. 1).

굽힘, 인장, 좌우 측면 굽힘, 비틀림에 대하여 10Nm의 우력을 가하였으며, 이때 가장 아래쪽의 추체인 L2의 바닥면을 지면에 고정하였다. L2 바닥면에 대한 T12 상판의 회전 각도를 우력으로 나눈 값을 강성이라 정의하였으며, 척추 안정성이 강성과 비례한다고 가정하였다. 본 연구에서는 유한요소 해석용 모델링 프로그램인 FEMap V 8.2 (Electronic Data Systems Corp., USA)과, 유한요소 해석 소프트웨어인 ABAQUS version 6.5(ABAQUS Inc., USA)를 이용하여 척추의 강성에 대한 해석을 수행하였다.

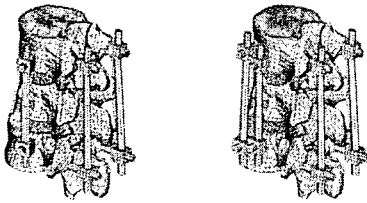


Fig. 1 One rod anterior-posterior(1R-M-P) and two rod anterior-posterior(2R-M-P) fixation model

### 3. 결과

개발한 정상 척추 모델의 타당성을 검증하기 위하여 수직압축하중 및 여러 가지 우력(굽힘, 인장, 측면 굽힘, 비틀림)에 대한 해석결과를 기존 사체를 이용한 실험적 방법의 연구 결과들과 비교하였다 (Fig. 2). 또한, 개발한 10가지 척추 고정술 모델에 대하여 정상 척추 모델의 타당성 검증을 위한 모의실험과 동일한 모의실험을 수행하고, 타당성이 검증된 Intact-2L과 비교하였다(Fig.3). 아울러 각각의 척추 고정술 모델 상호간의 안정성을 비교하여 각각의 고정술이 추체의 안정성에 미치는 영향을 분석하였다.

대부분의 하중 조건에서 척추 고정술을 수행한 모델이 정상 모델에 비해 안정성이 높은 것으로 나타났다지만, 비틀림에서 1R-NM-NP, 2R-NM-NP, 0R-NM-P과 1R-M-NP, 0R-M-P 모델의 안정성이 정상 모델에 비하여 낮게 나타났다. 전체적인 추체 안정성의 증가는 많은 나사못이 삽입될수록 높은 안정성을 보이고 있다.

전방 고정술에서 나사못의 수의 증가는 굽힘, 펴, 좌우 측면 굽힘 및 비틀림에서 안정성의 증가를 가져오지만, 후방 고정술이 추가되면 그 영향이 감소한다. 전체적으로 후방 고정술은 전방 고정술보다 안정성을 높이는데 크게 기여한 것으로 나타났다.

### 4. 결론

일부의 경우 비틀림에 있어서 정상의 척추 모델보다 낮은 안정성이 나타났지만, 굽힘과 펴, 좌우 굽힘 및 비틀림 하중에 있어 척추 고정술이 시술된 모델은 정상 척추 모델에 비하여 높은 안정성을 보였다. 지나치게 높은 척추 안정성은 수술이 수행되지 않은 인접의 추간판의 손상을 야기한다. 따라서 지

나치게 높은 척추 안정성으로 인한 정상적인 추간판의 손상을 막기 위해 전방 고정술과 후방고정술의 동시 사용에는 주의가 필요함을 알 수 있었다. 또한, 본 연구의 결과를 이용하여 최소한의 안정성 확보와 적절한 운동성 확보를 위한 척추 고정술의 최적 수술 방법 및 임플란트를 선택할 수 있을 것이라 생각된다.

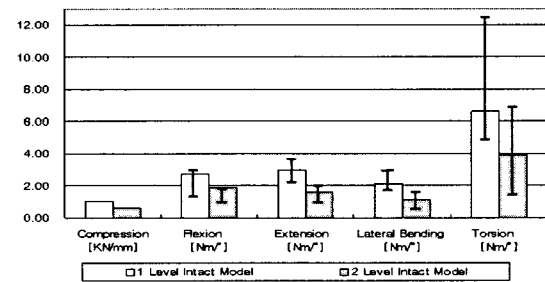


Fig. 2 The validation of one and two level intact model

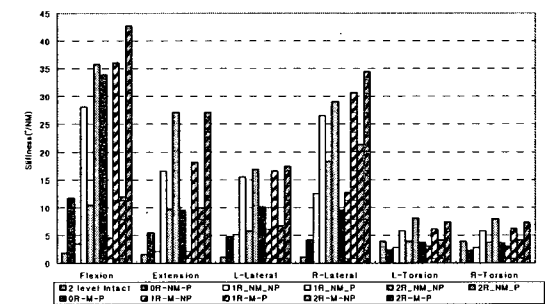


Fig. 3 The stiffness of ten different spinal fusion models

### 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프 라구축지원사업으로 수행된 논문입니다

### 참고문헌

- White AA, Panjabi MM, Clinical Biomechanics of the Spine, 2nd ed., Philadelphia, Lippincott, 1990.
- Benzel EC, Biomechanics of Spine Stabilization, Illinois, AANS, 2001.
- 김정환, 황재광, 최영준, 김경환, 송정석, 강정호. Load-sharing 분류에 따른 흉요추부 방출성 골절의 치료, 대한 골절학회지, 제18권, 제1호, 2005.
- Goto K, Tajima N, Chosa E, Totoribe K, Kubo S, Kuroki H, and Arai T: Effects of lumbar spinal fusion on the other lumbar intervertebral levels, J Orthop Sci, 8권, 577-584, 2003.
- Campbell-Kyureghyan N, Jorgensen M, Burr D, and Marras W: The prediction of lumbar spine geometry : method development and validation, Clinical Biomechanics, 455-464, 2005.