

인접 분절 퇴행성 변화에 대한 단독 케이지의 생체역학적 효과 Biomechanical Efficacies of a Stand-alone Lumbar Interbody Cage with Intergrated Screws at the Adjacent Level

*김영현¹, #이성재¹, 최경철², 류경식³, 박춘근³

*Y. H. Kim¹, #S. J. Lee(sjl@bme.inje.ac.kr)¹, K.C.Choi², K.S.Ryu³, C.K.Park³

¹인제대학교 의용공학, ²가톨릭대학교 신경외과, ³서울성모병원 신경외과

Key words : Anterior lumbar interbody fusions, Stand-alone cage, Adjacent disc disease

1. 서론

추간체 유합 보형재 (cage)를 이용한 요추체간 전방 유합술 (ALIF)은 추간체의 높이 유지와 척추 분절의 불안정성 회복을 목적으로 임상에서 널리 사용되고 있으며 시술 분절의 유합률을 높이고자 후방 척추경 나사못 (posterior pedicle screw fixation) 과 병행되어 사용되고 있다^[1,2]. 그러나 전 후방 유합으로 인한 시술 분절의 운동성 제한 및 인접 분절의 운동성 증가, 비정상적인 전 후방 하중 분담 비율은 인접 분절의 추가적인 퇴행을 야기시키는 것으로 보고되고 있다^[3]. 최근 이러한 문제점을 보완하고자 나사못 (screw)을 이용하여 고정력을 높인 단독 케이지 (stand-alone cage)가 소개되고 있으나 생체역학적 효과에 대한 연구가 부족한 실정이다^[2]. 따라서 본 연구에서는 유한요소법 (finite element method)을 이용하여 단독 케이지 시술 및 전 후방 유합술에 따른 요추의 운동성 (range of motion) 및 전 후방 하중 분담 비율을 분석함으로써 단독 케이지의 생체역학적 효과를 확인하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 유한요소 시술 모델 구축

본 연구에서는 이전 연구에서 검증된 3차원 유한요소 정상 요추 모델이 사용되었다^[4]. 각 시술 기기는 요추 3-4번에 삽입 하였으며 본 연구에 사용된 모델은 다음과 같다 (Fig. 1). : (1) 정상요추 모델; (2) Type 1, SynCage-LR[®] (PEEK, E=3.6GPa, v=0.3, Synthes Bettlach., Switzerland); (3) Type 2, SynFix-LR[®] (PEEK body frame with integrated metal plate (Ti6Al7Nb, E=114GPa, v=0.3) and four screws (Ti6Al7Nb), Synthes Bettlach., Switzerland); (4)

Type 3, SynCage-LR[®] plus posterior pedicle screw (Ti6Al4V, E=114GPa, v=0.3, Φ=5.5mm). 케이지의 내부는 해면골(cancellous bone, E=100MPa, v=0.3)의 골이식편 (bone graft)이 채워진 것으로 가정하였다.

2.2. 하중 및 경계 조건

골(bone)과 나사못(screw)의 접촉면(contact surface)은 완전한 골유합을 구현하기 위하여 'tie' contact 조건을 적용하였으며 추간체 유합 보형재와 하중판(endplate) 간의 접촉면은 0.8의 마찰계수를 사용하였다^[5]. 400N의 compressive follower load와 굴곡/신전 (flexion/extension) (10Nm), 회전 (axial rotation) (10Nm), 굽힘 (lateral bending) (5Nm)에 대한 순수 모멘트 (pure moment)를 요추 2번 상중판에 인가하였으며 요추 5번 하중판의 모든 절점을 구속하였다^[5,6].

2.3. 결과 분석

Hybrid protocol을 사용하여 시술 및 인접 분절에서의 운동성을 분석 하였으며 400N의 compressive follower load 하에 각 시술 모델의 전 후방 하중 분담률 및 facet load를 확인하였다. 본 연구에서는 상용 유한요소해석 소프트웨어인 ABAQUS / Standard V 6.10 (Simulia Corp., Providence, RI, USA)를 이용하여 해석을 수행하였다.

3. 결과

시술 분절의 운동성은 모든 운동에 대하여 Type 3에서 가장 크게 감소 (29~69%)하였으며 Type 2 (22~61%), Type 1 (10~22%) 순으로 감소하였다 (Fig. 2). Type 2는 Type 1에 비하여 Type 3에 근접한 운동성을 보였다. 또한 인접 분절의 운동성은 Type

3에서 가장 크게 증가하였으며 Type 2, Type 1 순으로 증가하였다. 정상 모델의 전 후방 하중 분담 비율은 89 : 11인 반면, 시술 후 시술 분절에서의 하중 분담 비율은 Type 1과 Type 2에서 94 : 6, 95 : 5로 전방으로 하중이 이동하였으며 Type 3에서는 후방 척추경 나사못에 높은 하중이 집중됨에 따라 75 : 25로 후방으로 하중이 이동하였다. 시술 분절의 facet load는 Type 3 (71%)에서 가장 크게 감소하였으며 Type 2, Type 1에서 각각 31%, 23% 감소하였다 (Fig. 3). 인접 분절의 facet load는 Type 3, Type 2, Type 1 순으로 증가하였다. 이는 단독 케이지가 척추의 후방으로 전달되는 하중을 전방으로 이동시킴으로써 인접 분절의 후관절에 가해지는 하중을 완화시키는 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구에서 나사못을 포함하는 단독 케이지는 전 후방 유합술의 시술 모델과 유사한 시술 분절에서의 운동성 제한 효과를 보이는 동시에 상대적으로 인접 분절에서의 운동성 증가를 감소시키는 것으로 확인하였다. 또한 후방 척추경 나사못 삽입으로 인하여 척추의 후방으로 전달되는 하중을 전방으로 이동시킴으로써 인접 분절의 후관절에 가해지는 하중을 완화시키는 효과를 보였다. 따라서 단독 케이지의 시술은 시술 분절의 안정성을 효과적으로 제공하는 동시에 인접 분절의 퇴행성 변화를 줄이는데 기여할 것으로 사료된다.

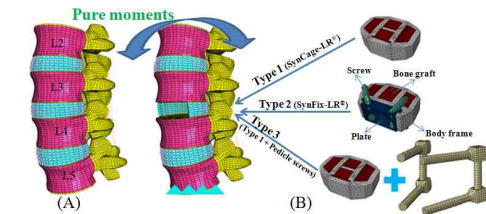


Fig. 1 Finite element models of (A) a normal spine (L2-5) and (B) post-operated FE models

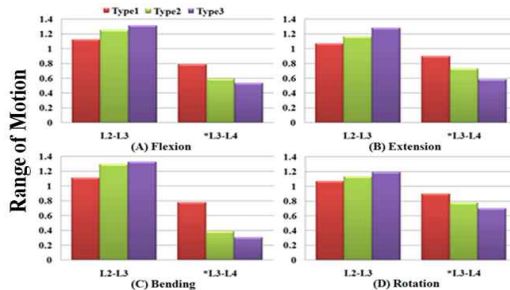


Fig. 2 Normalized range of motion in (A) Flexion (B) Extension (C) Bending (D) Rotation

Fig. 3 Normalized facet load at the operated and adjacent levels under a compressive follower load of 400N

참고문헌

- Gerber, M., Crawford, NR., Chamberlain, RH., "Biomechanical assessment of anterior lumbar interbody fusion with an anterior lumbosacral fixation screw-plate: comparison to stand-alone anterior lumbar interbody fusion and anterior lumbar interbody fusion with pedicle screw in an unstable human cadaver model", Spine, 31, 762-768, 2006
- Oxland, TR., Lund, T., "Biomechanics of stand-alone cages and cages in combination with posterior fixation: a literature review", Eur Spine J, 9, 95-101, 2000
- Cain, CM., Schleicher, P., Gerlach, R., "A new stand-alone anterior lumbar interbody fusion device: biomechanical comparison with established fixation techniques", Spine, 30, 2631-2636, 2005
- Chen, WM., Park, CK., Lee, KY., Lee, SJ., "In situ contact analysis of the prosthesis components of Prodisc-L in lumbar spine following total disc replacement", Spine, 34, 716-723, 2009
- Polikeit, A., Ferguson, FJ., Nolte, LP., "Factors influencing stresses in the lumbar spine after the insertion of intervertebral cages: finite element analysis", Eur Spine, 12, 413-420, 2003
- Panjabi, MM., "Hybrid multidirectional test method to evaluate spinal adjacent-level effects", Clinical Biomechanics, 22, 257-265, 2007