후방유합술용 척추극돌기간 삽입체의 생체역학적 유용성 분석

Biomechanical Feasibility of Interspinous Spacer for the posterior fusion of the lumbar spine: A Comparative Finite Element Study

*임권묵 [1], 장종욱 [2], 우수헌 [2], #이성재 [1]

*Kwun-Mook Lim[1], Jong-Wuk Jang[2], Su-Heon Woo[2], #Sung-Jae Lee(sjl@bme.inje.ac.kr)[1]

[1]인제대학교 의용공학과, [2](주)메디쎄이 기술연구소

Key words : Interspinous spacer, Pedicle screw, Posterior lumbar fusion, Finite element method

1. 서론

퇴행성 척추 질환으로 발생되는 요통 및 척추 불안정성을 치료 하는데 있어, 추간체 고정재(pedicle screw system)를 이용한 유합술이 치료의 기본으로 인식되고 있다.[1] 그러나 이러한 치료 방법은 과도한 추궁(lamina)과 후관절(facet joints), 추간공 (intervertebral foramen)의 절제로 척추가 구조적 변형이 발생할수 있고 추간체 고정재 시술시 과도한 후방 구조 파괴 및 피부절개로 인해 환자에게 많은 부담을 주게 된다.[2] 이에 따라 비교적 작은 피부 절개만으로 척추를 고정 할수 있는 최소 침습 수술법(minimal invasive surgery, MIS)이 가능한 형태인 척추 극돌기간 삽입체 (interspinous spacer)들이 개발 되어지고 있다. 그러나 이러한 기기는 감압 수술 후 발생할 수 있는 척추의 불안정성을 보완하거나, 인접 분절의 부하를 감소시키기 위한 목적으로 사용하는 후방 유동적 추간체 고정재(dynamic stabilization)의 개념으로 고안된 기기이다.[3] 그러나 유합 수술의 개념으로 사용되는 이번 기기의 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 각각의 시술상황을 유한요소모델(finite element model)로 구현하여 척추 극돌기간 삽입체의 움직임 제한 여부 및 인접분절의 영향을 추간체 고정재와 비교 분석 하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 유한요소 시술 모델 구축

본 연구팀에 의해 이미 검증된 [4] 요추부 유한요소 모델 (L2-S1)을 기본으로 하였다. 각 시술 기기는 모두 L4-L5 에 삽입 하였으며 본 연구에 사용된 모델은 다음과 같다. (Fig.1) : (1) 정상 요추 모델 ; (2) type I, 척추극돌기간 삽입체 (SOL Fixation System, Ti6Al4v-ELI, E=114GPa, v=0.3, H=10mm, Medyssey, Korea) ; (3) type II, 척추극돌기간 삽입체(SOL Fixation System) + 추간체 유합 보형재(LP-Cage, PEEK, E=3.6Gpa, v=0.3, H=10mm, L=30mm, Medyssey, Korea) ; (4) type III, 추간체 고정재(ILIAD System, Ti6Al4v-ELI, rod=Φ6.0mm, E=114GPa, v=0.3, Medyssey, Korea) ; (5) type IV, 추간체 고정재(ILIAD System) + 추간체 유합 보형재(LP-Cage).

추간체 유합 보형재(interbody fusion cage)가 삽입된 모든 모델은 일부 후궁절제술 (laminectomy)과 일부 후관절 절제술 (facetomy)후 single curvilinear 방법으로 기기를 삽입했다. [5]

2.2 하중 및 경계 조건

골(bone)과 모든 시술기기의 접촉면(contact surface)은 완전한 골유합을 구현하기 위하여 tied-contact 조건을 적용하였다.

S1 하종판(inferior endplate)은 모든 방향에 구속하고, L2 상종판(superior endplate)에 굴곡(flextion) 8Nm, 신전(Extension) 6Nm, 회전(axial rotation) 4Nm, 측굴(lateral bending) 6Nm 의 순수 모멘트 (Pure Moment)와 400N Compressive follower pre-load 를 인가 하였다.

2.3 결과 분석

유한요소해석 소프트웨어인 ABAQUS /

Standard V6.12 (Simulia Corp., Providence, RI, USA)를 이용하여 해석을 수행 하였으며, 시술 분절 및 인접분절에서의 굴곡 /신전 / 굽힘 /회전의 운동성(Range of motion, ROM)을 분석 하였다.

3. 결과

시술 분절 (L4-L5)에서 정상 요추모델에 비해 모두 운동성이 크게 감소 하였다. 특히 평균적으로 type II 에서 가장 크게 감소 하였고 굴곡/실전 운동에서는 type IV 에서 가장 크게 감소 (68%/74%) 했고 굽힘/회전 운동에서는 type II 에서 가장 크게 감소(58%/60%) 하였다. 그리고 후방고정기기만 단독으로 사용했을때 보다 추간체유합보형재를 동시에 사용했을 경우 운동성이 더욱 감소 됐다.

인접 분절의 운동성은 모두 굽힘운동에서 최대 type I 에서 11%, type II 에서 15% , type III 에서 19%, type IV 에서 18.6%가 증가 했다. 그러나 다른 운동에서는 모두 11%미만으로 증가 했으며 척추 극돌기간 삽입체를 사용한 그룹 (type I, II)이 추간체고정재를 사용한 그룹 (type III, IV)보다 인접 분절의 운동 증가가 작게 나타 났다.

4. 결론

본 연구의 결과에 의하면 불안정한 척추를 고정할수 있는 후방 고정 장치로써 척추 극돌기간 삽입체 시술 분절에서 운동성 제한 효과를 보여 후방의 움직임을 충분히 제한 할수 있는 것을 확인하였다. 비록 추간체 유합 고정재 보다 신전/굴곡 운동의 움직임 제한이 다소 작기는 하지만 차이는 크지 않았고, 굽힘/회전 운동의 제한은 더욱 뛰어났다. 그러고 인접분절의 운동성 역시 추간체 고정재 보다 영향이 덜한것으로 확인됐다. 따라서 척추 극돌기간 삽입체를 이용한 척추 유합술은 기존 추간체유합 고정재의 단점을 덜수 있는 미세침습방법이 가능한 안전한 수술방법의 하나의 대안이 될수 있을것으로 사료 된다.

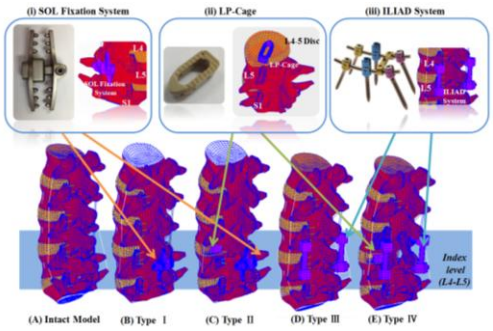

Fig.1 Implated device and finite element models

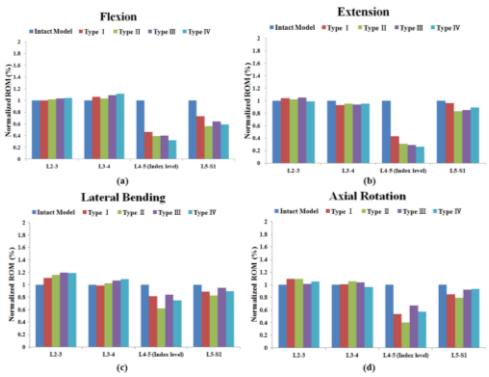

Fig. 2 Normalized range of motion

참고문헌

1. Liljenqvist U., Haclcenberg L, Link T., Halm H., "Pullout strength of pedicle screws versus pedicle and laminar hooks in the thoracic spine." Acta Orthop Belg, 67,157-163,2001
2. Strömqvist B., "Postlaminectomy problemswith reference to spinal fusion." Acta OrthopScand, 64, 87-9,1993
3. Senegas J., "Mechanical supplementation by non-rigid fixation in degenerative intervertebral lumbar segments." The Wallis system. Eur Spine J, 11,164-169,2002
4. 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
5. Zhang HY., "Surgical Atlas of Spine," Korean Spinal Neurosurgery Society, Koonja,373-376, 2010.