

## 요추부 척추관 협착증 치료를 위한 요추부 극돌기 삽입술의 추간판 내 압력 분포 변화에 관한 생체역학적 분석

권순영 · 전성철\* · 문수정\* · 탁계래<sup>†</sup> · 이성재\* · 신규철<sup>‡</sup>

한국보건산업진흥원, 인제대학교 의생명공학대학 의공학과의\*, 건국대학교 의과대학 의공학과의<sup>†</sup>, 제일정형외과병원<sup>‡</sup>

### A Biomechanical Analysis on Disc Pressure Distribution Changes with Interspinous Spinal Spacer Insertion for Lumbar Spinal Stenosis

Soon-Yong Kwon, Sung-Chul Jun\*, Soo-Jung Moon\*, Gye-Rae Tack<sup>†</sup>,  
Sung-Jae Lee\*, and Kyu-Cheol Shin, M.D., Ph.D.<sup>‡</sup>

Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Department of Biomedical Engineering, Inje University\*, Gimhae, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University<sup>†</sup>, Seoul, Department of Orthopedic Surgery, Cheil Orthopedic Hospital<sup>‡</sup>, Seoul, Korea

**Purpose:** To assess the biomechanical effects and effectiveness of an interspinous spinal spacer (ISS) on the intradiscal pressure using in vitro biomechanical tests.

**Materials and Methods:** Six calf spine specimens (less than 2 weeks of age, L1-L5) were divided to two groups the intact and the surgery groups (n=3 each). For the surgery group, an ISS made from PMMA (Greek pi=12-mm) were inserted into the space between the spinous processes of L3-L4. The intradiscal pressures at the various regions of the annulus (anterior, posterior, and posterolateral locations) and the nucleus pulposus were measured using the four pressure transducers under pure compression (700 N) and extension loads (700 N+7.5 Nm).

**Results:** An increase in pressure was observed from neutral to extension at the posterior and posterolateral annulus. After inserting the ISS, the changes in pressure at the adjacent disc levels (L2-L3, L4-L5) were negligible regardless of the loading conditions ( $p>0.05$ ). However, at the implanted level (L3-L4) statistically significant changes in the pressure were found under extension loading at the nucleus pulposus, posterior and posterolateral regions of the annulus with a pressure drop from 1.48 MPa, 1.42 MPa, 1.71 MPa to 1.11 MPa, 0.961 MPa, 1.08 MPa, at the respective locations ( $p<0.05$ ). The relative percentage decrease were 25%, 31.7%, and 36.8%.

**Conclusion:** On the implanted level, these results showed that the insertion of the ISS with PMMA can effectively reduce the intradiscal pressures by at least 25% quite uniformly over the intravertebral disc during extension. More effective reduction was observed at the posterolateral location. The pressure changes at the adjacent levels were negligible in contrast to the abnormal pressure changes that are frequently reported after conventional rigid fusion. This suggests that the likelihood of adjacent level degeneration after surgery can be minimized using the ISS insertion.

**Key Words:** Biomechanical test, ISS (interspinous spinal spacer), Intradiscal pressure

### 서 론

척추관 협착증의 치료로 최근 개발된 극돌기간 신연기구(Interspinous Process Distraction Device)는 디스

크 팽윤과 황색인대의 비후로 유발된 척추관 협착증에서 극돌기 간격을 넓혀주고 해당 분절을 약간 굴곡시키고 신전을 제한함과 동시에 극돌기간 간격을 넓혀주어 척추관

통신저자 : 신 규 철  
서울시 강남구 역삼동 708-4번지  
제일정형외과병원  
TEL: 02-6202-6868 · FAX: 02-501-6898  
E-mail: shinkcos@nate.com

Address reprint requests to  
Kyu-Cheol Shin, M.D., Ph.D.  
Department of Orthopedic Surgery, Cheil Orthopedic Hospital,  
708-4, Yeoksam-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-919, Korea  
Tel: +82-2-6202-6868, Fax: +82-2-501-6898  
E-mail: shinkcos@nate.com

\*본 논문은 2004년 인제대학교 학술연구조성비의 지원을 받아 이루어졌음.

내의 압박을 감소시켜 신경학적 파행증상을 치료하기 위해 개발되었다<sup>6)</sup>. 비교적 간단한 술기로 시행할 수 있고 임상적으로 비교적 우수한 치료결과를 보고하였지만 아직까지 spacer삽입에 다른 생체역학적 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

척추관 협착증은 연령이 높고 이로 인한 성인성 질환과 동반되어 있어 전신마취가 필요한 수술인 경우에는 수술의 부담이 많다. 극돌기간 신연기구는 비교적 간단한 술기와 부분 마취 혹은 부위마취 만으로도 수술이 가능하며 주위의 해부학적 구조의 손상이 적어 많은 장점을 갖고 있으며, 최근 임상학적 결과발표에서도 비교적 우수한 효과를 보이고 있지만 아직까지는 spacer 삽입에 따른 생체 역학적인 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다<sup>11)</sup>.

따라서 본 연구는 송아지 요추 시편을 이용하여 정상군과 ISS삽입 군에서 추간판내 압력 변화를 분석하여 spacer의 생체역학적 효과를 분석하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 시편 준비

본 연구에서 요추부 척추관 협착증 치료를 위한 spacer 삽입술의 효과를 분석하기 위하여, 동물 시편을 이용한 실험을 통하여 시술 전 후의 추간판내의 압력 변화를 살펴보고자 하였다. “태신 목장”에서 시편은 2주 미만의 형

태 및 크기가 비슷한 송아지의 요추 1번에서 5번의 다분절 요추체 6개(L1-L5 multi-level calf spine)를 확보하였고, 보존을 위하여, 각각의 다분절 송아지 요추체를 비닐 포장지를 이용하여 수분 건조를 방지하였다. 수분 결정으로 인한 디스크와 조직 손상을 막기 위해  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 냉동고에서 냉동 보관하였다<sup>4)</sup>. 실험 전 12시간 동안 실온에서 서서히 해동시켜, 근육 조직을 제외한 요추부의 골 조직 및 연부 조직인 각종 척추 인대를 보존하였고, spacer의 삽입 효과를 살펴보기 위하여, 총 6개의 다분절 시편을 3개씩 정상 다분절 군(intact multi-level spine group)과 요추 간격을 고려하여 골시멘트(CMW3 GENTAMICIN BONE CEMENT, DePuy) 12 mm 원형 spacer를 요추 3-4번사이의 극돌기 사이에 삽입한 시술 다분절 군(surgical multi-level spine group)으로 구분하였다.

### 2. Pressure transducer 삽입 및 strain scanner 설치

spacer의 삽입에 따른 추간판 내에서의 압력 변화를 살펴보기 위하여, 온도 보상을 높이기 위하여 “three wire”의 형태로 되어 있는 지름 1.5 mm, 두께 0.3 mm의 초소형 strain gage type의 pressure transducer (Model 060s, Precision Measurement Co. U.S.A.) 4개를 이용하였다(Fig. 1A). 요추 2-3번, 3-4번, 4-5번 사이의 추간판내 관심 영역을 중앙 전방 섬유륜, 수핵,

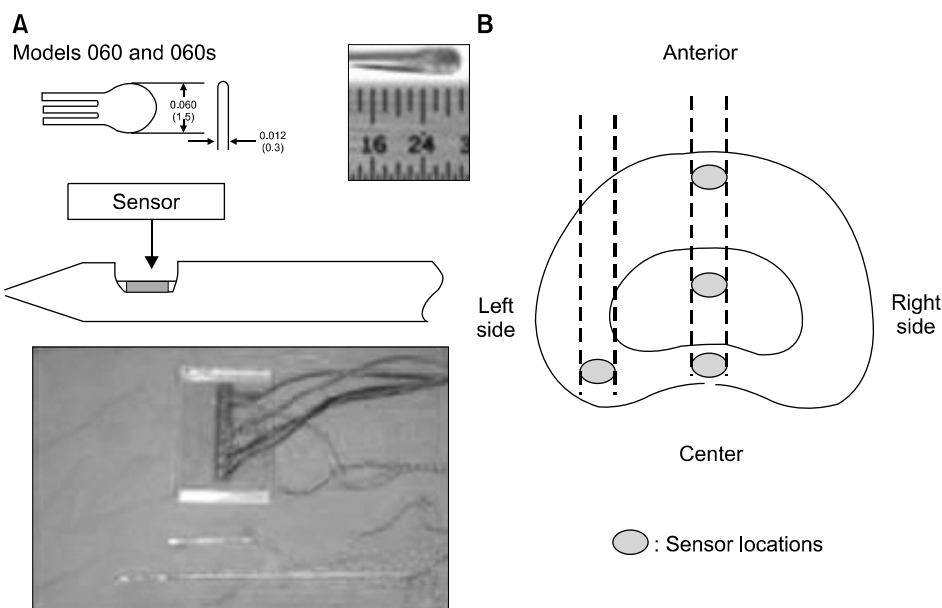


Fig. 1. Pressure transducers (A) the size and attachment of the pressure transducers, (B) Insertion location of the pressure transducers in a disc.

후 중앙 섬유륜 및 후 측방 섬유륜으로 4곳을 설정하여 (Fig. 1B), 추간판내의 전반적인 부위에서의 압력을 측정하고자 하였다. 추간판내에 pressure transducer의 삽입을 용이하게 하기 위하여, 3개의 pressure transducer를 2.3 mm stainless steel 316 L 봉에 부착하여, 추간판의 중심부에 위치한 전방 섬유륜과, 수핵, 후 중앙 섬유륜에 삽입하였으며, 후 측방 섬유륜의 경우 별도의 봉 하나에 pressure transducer를 부착하여 삽입하였다. 삽입 시, transducer의 측정 면은 압축 하중을 받는 방향을 향하도록 삽입하였다. 그리고 압력 측정을 위하여 pressure transducer를 strain scanner (AI1600 Strain Measurement System, CAS Co. Korea)에 연결한 후 strain scanner software를 이용하여, gage factor 값( $G.F=2.0$ )과 내부 저항값( $350 \Omega$ )을 설정하고 wheatston bridge를 형성하였다. sampling rate를 5 Hz로 설정하여 외부 하중에 의하여 bridge회로의 비 평형으로 인한 strain 출력값을 이용하여 추간판 내의 압력 값을 계산하였다.

### 3. 하중 조건

spacer의 삽입 효과를 분석하기 위하여 압축 하중 및 신전 하중에서 생체 역학적인 분석을 수행하였다(Fig. 2A). MTS 858 Bionix test system (MTS System Corp., Minneapolis, MN, USA)을 이용하여, 시편의 요추 1번을 압축 하중 및 신전 하중의 인가가 가능한 상부 Zig에 고정하였고, 요추 5번을 하부 Zig에 고정하였

다. 앉은 자세의 경우 요추에 걸리는 하중으로 알려진 700 N의 압축 하중을 20 N/sec로 천천히 압축 하중을 인가하였고<sup>1)</sup>, 신전 하중의 경우 압축 하중 하에서 기존 생체 역학 실험에서 사용된 신전 하중의 중간 값인 7.5 Nm로 설정하였으며<sup>10)</sup>, 신전하중은 moment arm (210 mm)과 3.643 kg의 무게 추를 이용하여 인가하였다(Fig. 2B, C).

### 4. 내부 압력 측정 및 결과 분석

#### 1) 정상 시편 및 시술 시편에서의 추간판내의 압력 측정

정상 송아지 시편과 시술 시편내의 추간판에서의 압력 변화를 측정하기 위하여, 요추 4-5번, 요추 3-4번, 요추 2-3번 사이의 추간판 순으로 미리 설정된 4곳의 관심영역에 pressure transducer를 삽입 후, 최대 압축 하중 하에서 strain값을 측정하였다. 그리고 압축 하중이 인가된 상태에서 무게 추를 이용하여 7.5 Nm의 신전 하중을 인가하고, 이때의 strain 결과 값을 측정하였다. 그리고 완전히 하중을 제거하고 난 후 다시 한번 더 반복 측정을 하여 각 시편 당 2회씩 실험을 하여 결과를 측정하였다. 측정된 strain의 결과 값을 이용하여 각 pressure transducer의 특성을 이용하여 추간판 내의 관심영역에서의 압력값(MPa)을 계산하였다.

#### 2) Spacer 삽입술의 추간판에서의 압력 변화 효과 분석

측정된 정상 시편과 시술 시편에서 측정된 압력값을 이용하여 시술 부위인 요추 3-4번 사이의 추간판 내에서의

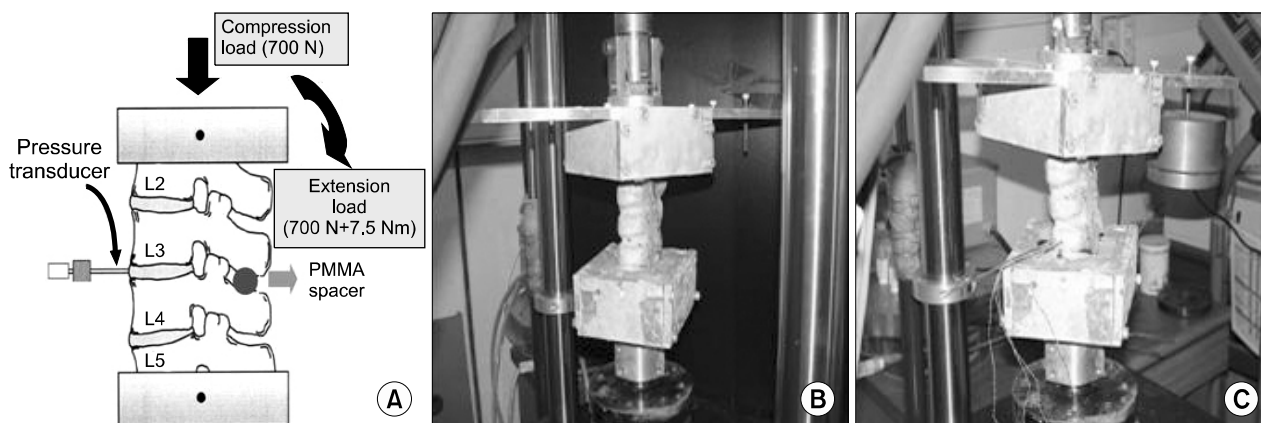


Fig. 2. Biomechanical tests under compression and the extension loads. (A) Schematic diagram of the set-up, (B) specimen under pure compression loading condition (C) under extension.

압력 변화 및 인접한 요추 2-3번, 요추 4-5번 사이에서의 압력변화를 분석하고, spacer 삽입에 따른 추간판 내의 압력 변화 효과를 범용 통계 프로그램인 SPSS (version 11.0, SPSS Inc., U.S.A.)를 이용하여 유의 수준 0.05하에서 분산 분석(T-test and one-way ANOVA test)을 통하여 극돌기 사이에 spacer의 삽입 효과를 분석하였다.

## 결 과

### 1. 정상 시편 및 시술 시편에서의 추간판 내 압력측정

압축 하중 및 신전 하중에서의 정상 시편 및 시술 시편의 요추 2-3번, 3-4번, 4-5번 사이의 추간판 내 4곳의 관심 영역에서 압력을 측정하였다(Fig. 3, 4). 정상 시편의 경우 압축 하중(700 N)에 비해 신전 하중 시(700 N+7.5 Nm) 후방 부위 섬유륜의 압력이 증가하는 양상을 나타내었다. Spacer를 삽입한 후, 압축 하중 및 신전 하중에서 인접한 추간판(L2-L3, L4-L5)의 압력 변화는 극히 작게 나타났다. 하지만 신전 하중 하에서 시술 부위인 요추 3-4번 사이의 수핵 압력은 정상시편의 수핵 압력  $1.48 \pm 0.27$  MPa ( $\pm$ : Standard Deviation)에 비해  $1.11 \pm 0.18$  MPa로 감소하였고, 정 후방 섬유륜에서는  $1.42 \pm 0.21$  MPa에서  $0.96 \pm 0.31$  MPa로 감소하였으며, 측 후방 역시  $1.71 \pm 0.56$  MPa에서  $1.08 \pm 0.14$  MPa로 감소하였다.

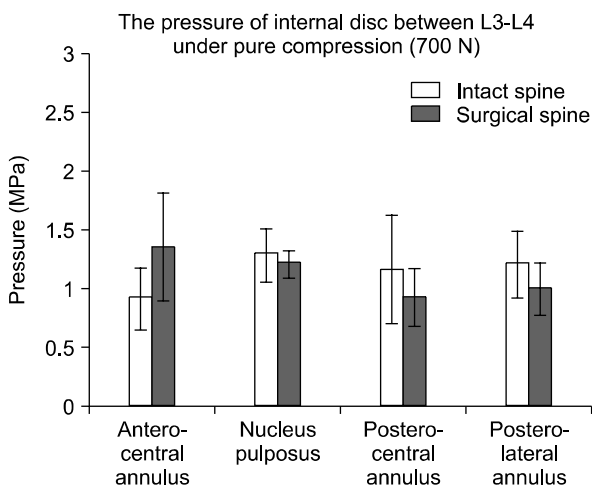


Fig. 3. Pressures of the internal disc between L3-L4 under pure compression (700 N) Antero-central annulus, Nucleus pulposus, Postero-central annulus, Postero-lateral annulus Pressure (MPa) in Intact spine and Surgical spine.

### 2. Spacer 삽입술에 따른 추간판에서의 압력 변화 효과 분석

spacer 삽입 유무와 상관없이 압축하중과 신전 하중 하에서 인접한 추간판(L2-3번, L4-5번사이)에서의 압력 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며, 또한 압축하중 하에서 시술 부위 추간판(L3-L4번 사이)에서의 압력 차이 역시 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). 그러나 신전 하중 하에서 수핵, 후 중앙 섬유륜 그리고 후 측방 섬유륜에서의 두 group 내의 압력 사이에는 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

## 고 찰

최근 요추부 극돌기 사이에 골시멘트(PMMA) 및 티타늄(Ti-alloy)을 이용한 여러 형태의 spacer (inter-spinous spinal spacer: ISS) 삽입을 통한 요추부 척추관 협착증 치료를 위한 시술법이 소개 되었다. 하지만 spacer의 삽입으로 인한 요추부 척추관 협착증 치료 효과에 관한 생체 역학적 연구는 거의 이루어지지 않는 실정이다. 또한 국내 실험환경 여건상 실제 병적 모델을 구현하거나, 질환을 가지고 있는 사체표본을 확보하기가 어려운 관계로 사람의 weight-bearing과 유사하고 척추 연구에 많이 사용되는 사지동물 중에서 송아지를 이용하여 실험을 하였다. 따라서 본 연구에서는 송아지 척추 시편을 이용하여, 골시멘트로 만들어진 spacer의 삽입

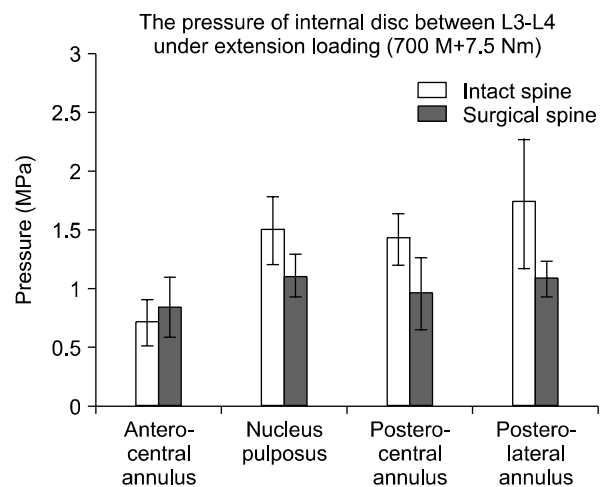


Fig. 4. Pressures of the internal disc between L3-L4 under extension loading (700 N+7.5 Nm) Antero-central annulus, Nucleus pulposus, Postero-central annulus, Postero-lateral annulus Pressure (MPa) in Intact spine and Surgical spine.

시, 시술 부위 및 인접한 부위의 추간판내 압력변화 분석을 통하여 spacer의 생체역학적 효과를 평가하고자 하였다.

시술 된 요추 3-4번 사이의 추간판 내의 압력은 신전 하중 하에서 수핵, 후방 섬유륜 및 측 후방 섬유륜에서 통계학적으로 유의하게 감소하였다( $p < 0.05$ ). 이러한 신전 하중 하에서의 압력의 감소 결과는 생체역학적으로 추간판의 팽윤을 감소시킬 것으로 사료된다. 비록 요추부 척추관 협착증 질환을 가진 모델이 아닌 정상 송아지 시편을 이용한 생체역학적 실험결과를 토대로 ISS삽입술의 임상적 치료 효과에 대하여 직접적으로 언급하기는 어려우나, ISS의 삽입은 요추부의 신전을 유발하는 자세에 따라 증상이 나타나는 요추부 척추관 협착증의 원인으로 알려진 추간판 후방부위의 팽윤을 감소시킬 것으로 사료된다.

척추체의 생체역학적 역할을 분석하기 위하여 추간판의 하중 전달 역할 및 pressure transducer, strain gauge를 이용하여 추간판 내의 압력을 측정하기 위하여 많은 연구가 진행되었다. Steffen 등<sup>11)</sup>과 Edwards 등<sup>3)</sup>은 사람의 요추를 이용하여 needle에 pressure transducer를 부착하여, 압축하중 하에서 전방과 좌, 우측 후방 부분에서의 섬유륜과 수핵의 내부 압력을 측정하였고, 수핵 보다 후방 섬유륜의 내부 압력이 크고, 특히 후측방 섬유륜에서 가장 큰 압력이 나타남을 관찰하였고, Lu 등<sup>7)</sup>은 역시 후 측방이 전방 섬유륜보다 높은 압력을 나타낸다고 보고하였다. Cripton 등<sup>2)</sup>은 수핵 중앙에 pressure transducer를 삽입하여 압축 하중과 내부 압력의 선형적인 관계를 관찰하였다. 본 연구 결과의 경우, 기존 문헌의 연구 결과와 달리 압축 하중 하에서 수핵 및 후방 섬유륜의 압력이 비슷한 수준을 나타내었다<sup>2,3,7,8,10)</sup>. 그리고 압축 하중 하에서 spacer의 효과가 미미하게 나타났다. 이와 같이 기존 문헌 실험 결과와 본 실험 결과의 차이와 압축 하중 하에서 spacer 효과의 미미함은, 전만을 가지는 사람 요추와는 달리 2주 미만의 송아지 시편은 후만을 가지고 있었고, 사람과 동물 요추부의 curvature 차이에 의한 것으로 사료된다.

기존 내고정 장치는 요추부 척추관 협착증, 척추 전위증 및 척추 골절등 치료를 위하여 다양하게 사용되고 있다. 이런 질환에 의한 척추부의 불안정성에 치료 효과를 가지는 내고정 장치의 경우, 많은 장점에도 불구하고 시술 부위의 너무 강한 융합은 시술 부위의 생체 역학적 역

할의 변화를 야기하며, 인접한 추간판의 퇴행화를 가속화하여 척추관 협착증, 후관절의 퇴행화, 척추 전만증 등을 유발 할 수 있다고 보고되었다<sup>5,8,9)</sup>. Nagata 등<sup>9)</sup>은 척추 질환부의 융합에 따라 인접한 요소에 응력이 증가되며, 특히 후관절에서의 응력 전달이 증가함을 보고하였고, Kanhanovitz 등<sup>5)</sup>은 내고정 장치 융합술에 따른 인접한 후관절에서의 퇴행화 및 생리학적인 변화를 보고하였다. Shono 등<sup>10)</sup>은 송아지 시편을 이용하여 내고정 장치의 융합에 따른 인접한 부위에서 운동이 증가함을 보고하였다. 하지만 본 연구 결과에서는 시술 후 인접한 추간판 내의 압력의 경우 정상군의 결과와 유사함을 나타내었다. 후방 요소 및 후관절을 그대로 보존하면서 극돌기 사이에 spacer의 삽입하는 시술법의 경우, 인접한 추간판 및 후관절의 생체 역학적 역할의 변화 및 퇴행화의 가능성이 낮을 것으로 사료되며, 시술 부위의 후관절 및 각종 척추 인대와 후방요소 보존으로 척추 분절의 안정성을 유지할 것으로 사료된다.

## 결론

최근 소개된 요추부 척추관 협착증 치료를 위한 척추 극돌기 spacer 삽입에 따른 추간판에서의 압력 변화를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ISS삽입은 신전 하중 인가 시 시슬레벨(L3-L4)에서의 추간판 수핵, 후방 및 측 후방 섬유륜의 압력을 통계학적으로 유의하게 감소시키는 효과를 나타내었고, 이런 압력 감소 효과는 생체역학적으로 추간판의 후방 팽윤을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.
2. 인접한 추간판 및 후관절의 생체 역학적 변화가 적은 것으로 나타나 ISS삽입에 따라 주위 조직의 생체 역학적 역할 변화가 없을 것으로 사료되며 특히 생체 역학적 변화로 야기되는 인접한 추간판 및 후관절의 퇴행화의 가능성이 적을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구에 사용된 송아지 시편을 제공해주신 태신목장의 김영배 사장님께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Adams MA: Mechanical testing of the spine. An appraisal of methodology, result, and conclusion. *Spine*, 20: 2151-2156,

- 1995.
2. **Cripton PA, Dumas GA, Nolte LP:** A minimally disruptive technique for measuring intervertebral disc pressure in vitro: application to the cervical spine. *J Biomech*, 34: 545-549, 2001.
  3. **Edwards WT, Ordway NR, Zheng Y, McCullen G, Han Z, Yuan HA:** Peak stress observed in the posterior lateral annulus. *Spine*, 26: 1753-1759, 2001.
  4. **Gu WY, Mao XG, Rawlins BA, et al:** Streaming potential of human lumbar annulus fibrosus is anisotropic and affected by disc degeneration. *J Biomech*, 32: 1177-1182, 1999.
  5. **Kahanovitz N, Arnoczky SP, Levine DB, Otis JP:** The effects of internal fixation on the articular cartilage of unfused canine facet joint cartilage. *Spine*, 9: 268-272, 1984.
  7. **Lindsey DP, Swanson KE, Fuchs P, Hsu KY, Zucherman JF, Yerby SA:** The effects of an interspinous implant on the kinematics of the instrumented and adjacent levels in the lumbar spine. *Spine*, 28: 2192-2197, 2003.
  8. **Lu YM, Hutton WC, Gharpuray VM:** Can variations in intervertebral disc height affect the mechanical function of the disc? *Spine*, 21: 2208-2216, 1996.
  9. **Nagata H, Schendel MJ, Transfeldt EE, Lewis JL:** The effects of immobilization of long segments of the spine on the adjacent and distal facet force and lumbosacral motion. *Spine*, 18: 2471-2479, 1993.
  10. **Shono Y, Kaneda K, Abumi K, McAfee PC, Cunningham BW:** Stability of posterior spinal instrumentation and its effects on adjacent motion segments in the lumbosacral spine. *Spine*, 23: 1550-1558, 1998.
  11. **Steffen T, Baramki HG, Rubin R, Antoniou J, Aebi M:** Lumbar intradiscal pressure measured in the anterior and posterolateral annular regions during asymmetrical loading. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 13: 495-505, 1998.

#### = 국문초록 =

**목 적:** 요추부 척추관 협착증 치료를 위한 여러 형태의 요추부 극돌기 spacer 중 가장 초기 형태인 골시멘트 spacer 삽입에 따른 추간판의 생체역학적 압력 변화를 분석하고자 하였다.

**대상 및 방법:** 시편으로는 생후 2주일 미만의 송아지 요추 다분절 (L1-L5) 6개를 이용하였다. 각각 3개의 시편을 정상군과 요추 3-4번 극돌기 사이에 골시멘트 12 mm 원형 spacer를 삽입한 시술군으로 구분하였다. 압축 하중 (700 N) 및 신전 하중 (700 N+7.5 Nm) 하에서 압력센서를 이용하여 정상군과 시술군의 요추 2-3번, 3-4번, 4-5번 사이의 전방 섬유륜, 수핵, 후방 섬유륜, 후측방 섬유륜에서의 압력을 측정하였다.

**결 과:** 정상 시편의 경우 압축 하중에 비해 신전 하중 시 후방 부위 섬유륜내의 압력이 증가하는 양상을 나타내었다. 그리고 spacer를 삽입한 후 압축 하중 및 신전 하중에서 인접한 추간판(L2-L3, L4-L5)의 압력 변화는 정상군과의 비교 시 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). 하지만 신전 하중 하에서, 정상군의 요추 3-4번 사이의 수핵, 정 후방 섬유륜, 후 측방 섬유륜에서의 압력이  $1.48 \pm 0.27$  MPa,  $1.42 \pm 0.21$  MPa,  $1.71 \pm 0.56$  MPa로 나타난 것에 비해, 시술 후 압력이  $1.11 \pm 0.18$  MPa,  $0.96 \pm 0.31$  MPa,  $1.08 \pm 0.14$  MPa로, 수핵의 경우 25%, 정 후방 섬유륜에서는 31.7%, 후 측방 섬유륜에서는 36.8%의 감소율을 보였고, 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

**결 론:** 신전 하중 하에서의 압력의 감소 효과는, 요추부의 신전을 유발하는 자세에 따라 증상이 나타나는 요추부 척추관 협착증의 원인으로 알려진 추간판의 팽윤의 감소를 유발할 것으로 사료된다. 또한 기존 내고정 장치를 이용한 시술 부위의 너무 강한 융합은 인접한 추간판에서의 퇴행화를 가속화 시킨다고 보고 되었다. 또한 시술 후 인접한 추간판내 압력의 경우 정상군의 결과와 유의한 차이가 없었으며, 이는 spacer의 삽입술이 인접한 추간판의 생체 역학적 역할에 변화를 유발하지 않을 것으로 사료된다.

**색인 단어:** 생체역학적 실험, ISS (interspinous spinal spacer) 삽입술, 추간판의 압력