

## FEM을 이용한 Cage 삽입 시 안정성에 관한 연구

박기훈<sup>†</sup>·박정호<sup>\*</sup>·조우석<sup>\*\*</sup>·김현수<sup>\*\*\*</sup>

### A study on the placing cage stability using FEM

Ki-hoon Park, Woo-seok Cho, Jeong-ho Park and Hyun-soo Kim

Key Words: Spinal interbody arthrodesis(후방 요추 체간 유합술), Cage(케이지), FEM(유한요소법)

#### Abstract

These days, spinal interbody arthrodesis using fusion cage is very popular. The cage used for the spinal interbody arthrodesis is mainly inserted from the posterior of the spine. Accordingly, there could possibly occur damages at posterior and results in instability of structure. Moreover, one or two cages are inserted depending on the patients.

In this study, it is attempted to evaluate the stability quantitatively by comparing two cases where one and two cages are inserted. For this purpose, a very fine 3-dimensional finite element model of vertebra is generated from the MRI data. From this vertebra model, two models are made: one with one cage and the other with two cages. Finally, finite element analysis is performed for these two models and both of the mechanical behaviors are examined. In addition, the effect on the stability is evaluated and compared quantitatively.

#### 1. 서론

오늘날 척추의 골절 및 퇴행성 질환, 변형 등에 의하여 요통을 호소하는 환자의 수는 계속해서 증가하고 있다. 이에 대한 수술적 치료 방법으로 후방 요추 체간 유합술이 척추경 나사 고정술과 병행하여 널리 시술되고 있다.<sup>(1)</sup>

후방 요추체간 유합술은 Cloward가 요추간 유합과 신경 감압을 위해 처음으로 시술하였다.<sup>(2)</sup>  
<sup>(3)</sup> 한 번의 절개로 전후방 유합 및 신경 감압술

을 시행할 수 있는 장점도 있지만 자가 피질망상골 이식 또는 이인자형골 이식은 기계적 강도가 약하여 때로는 함몰과 변형, 나아가 삽입위치에서 이식골이 튀어나오는 단점이 후방 척추경 나사 고정술만을 사용했을 때의 단점으로 지적되었다. 이러한 문제로 인하여 Cage의 개발이 이루어졌다. Cage의 개발이 유합율의 향상, 추체간 안정성의 즉각적인 회복 및 지속적 안정에 기여하였으며, 장골익편등의 이식골을 사용하고 않고, 신경근 감압을 위해 제거된 후방 신경궁의 골편을 이용하여 골이식 및 유합을 할 수 있어 술 후 장골능 이식 부위의 동통 등의 문제점을 개선하게 되었다.

그중 상자형 Cage는 가장 오랜 역사를 가지고 있으며 상자형 Cage는 후방에서 양쪽으로 삽입되므로 후방 구조물이 많이 손상됨으로 인한 불안정성으로 척추경 나사못 삽입과 함께 시행하는

† 동아대학교 기계공학과 대학원

E-mail : marahoorn@hanmail.net

TEL : (051)200-6988 FAX : (051)200-7656

\* 동아대학교 기계공학과 대학원

\*\* (주) 디엔디이

\*\*\* 동아대학교 산업시스템 공학부

경우가 많다. 최근에는 Cage만을 삽입하기 위한 디자인들이 개발되고 있으며, 후방 한쪽의 삽입구에서 양쪽으로 Cage를 삽입하는 경우도 있다.<sup>(4)</sup> 하지만 Cage만을 이용한 단독적인 수술법은 장기 추시 결과의 미흡함으로 안정성의 문제가 해결되어야 할 과제이다.

본 연구에서는 L4, L5를 Intervertebra disc를 제외한 단위분절 모델을 제작하였다. 또 제작한 모델에 상자형 Cage를 요추 체간 4-5번 사이에 Cage만을 삽입한 경우 안정성을 유한요소해석을 통하여 살펴 보고자 하였다. 이때 Cage를 한 개 삽입한 경우와 양쪽으로 Cage를 삽입하는 경우를 비교 분석하였다.

## 2. 유한요소모델

### 2.1 Lumbar Body and Cage

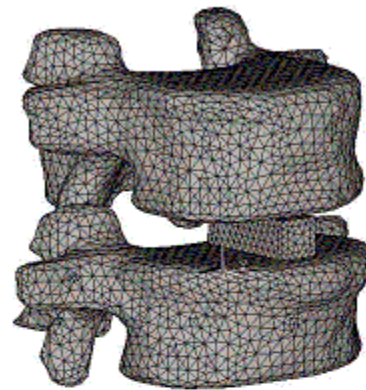
모델 제작을 위해서는 먼저 M.R.I. dicom. 데이터를 축방향으로 2 mm 간격으로 얻었다. 그리고 이 자료를 기반으로 국내 상용프로그램인 CANTIBIO 사의 Bionix Bodybuilder 를 이용하여 뼈의 형상을 세밀하게 나타내었다. 실제 인체의 뼈 형상을 거의 그대로 살렸고 간략화된 부분이 국내에 보고되는 단위 분절의 형상에 비해 매우 적고, 우수하다고 할 수 있다.

그리고 제작된 모델의 크기를 기존의 학회에 보고 되는 치수와 비교하였을 때 추골 상하 끝단의 면적과 후관절 간격, 추간격 등이 잘 일치하였다.<sup>(5),(6)</sup>

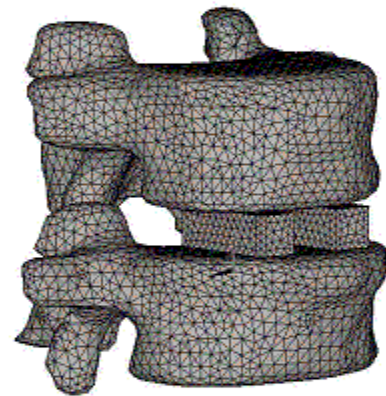
피질골은 두께가 1 mm 인 9488개의 shell 요소로 나타내었고, 해면골은 37763개의 solid 요소로 나타내었다. 후관절에 접촉하는 인대는 8개의 link 요소로 간략화 해서 나타내었다.

추체간 후방 유합술에 사용되는 Cage는 일반적으로 원통형과 상자형이 있다.

원통형 Cage의 경우 삽입이 간편하지만 충분한 양의 추간판 물질을 제거할수 없고, 이식골과의 접촉 면적이 적으므로 불유합의 가능성과 요추 전만을 완전히 회복 시킬 수 없다는 점에 논란이



a. Placing one cage



b. Placing two cages

Fig. 1 FEM Models

되고 있다. 상자형 Cage는 이식골의 접촉면적이 원통형 Cage 보다 넓고, 요추의 전만을 재건하는데 유리한 장점이 있다. 그러나 삽입시 후방 구조물의 손상으로 불안정성도 존재한다.

본 연구에서는 상자형 Cage를 사용한 유합술을 살펴보고자 한다. 하지만 척추경 나사못의 성능은 배제하기 위해 척추 후관절을 제거하지 않고 후관절을 통한 하중의 지지 상태를 그대로 살렸다.

상자형 Cage의 형상은 단순 사각 박스로 단순화시켜 모델링 하고 요추 4/5 level에 삽입하였다. Cage는 각 환자의 증세와 특성에 맞는 크기를 사용하는데 본 연구에서는 모델의 추간 간격에 맞게 9×9×25 mm 의 상자형 Cage를 사용하였다.

Table.1 Material properties

Part	Material properties	Young's Modulus (Mpa)	Poisson Ratio
Cortical bone		12000	0.3
Cancellous bone		500	0.3
Titanium Cage		110000	0.3
ligaments		10	0.3

2.3 Boundary condition

하중조건으로는 인체의 상태에 따라서 크게 표준의 굴곡위(flexible posture) 신전위(extend posture)의 세가지 상태가 존재하지만 본 논문에서는 표준위(Erect posture) 상태로 가정하여 Cage가 한 개 삽입된 경우와 두 개 삽입한 경우 모두 400 N의 동일한 수직 압축하중을 적용하였다.<sup>(8)</sup> 또한 Cage와 요추 접촉면 간의 마찰계수는 0.4로 하였다. 그리고 제 5 요추의 하부 종판은 완전고정지지 하였다.

3. 해석결과

응력해석 결과 두 모델 모두 요추 제 5 상부 종판에서 가장 큰 결과 값을 나타내었다. Cage가 한 개일 경우와 두 개일 경우 각각 최대상당 응력 값이 28.561 Mpa, 13.19 Mpa로 나타났다. 그리고 최대 변위는 요추 제 4 의 하부 종판, 후방쪽에서 작용하였고 그 결과는 Cage가 한 개 일 때 0.768 mm, 두 개일 때가 0.606 mm으로 나타났다. Table.2, Fig2 에 응력과 변위의 결과 값을 나타내었다.

그리고 이를 Cage 두 개를 삽입하였을 때의 결과 값을 기준으로 정리하면 최대응력에서는 Cage를 한 개 삽입한 경우가 46%, 변위에서는 78%에 성능을 보인다고 할 수 있다. Fig. 3 은 이것을

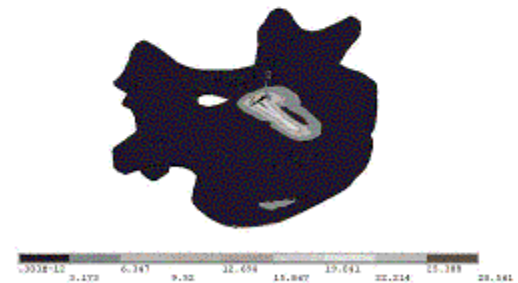
Table.2 MaximumVon-mises stress and displacement

	Kinds of bone	maxstress (Mpa)	max, disp.(mm)
one cage placing	L4	cortical	15,429
		cancellous	0,79
	L5	cortical	28,561
		cancellous	1,328
two cage placing	L4	cortical	9,539
		cancellous	0,66
	L5	cortical	13,19
		cancellous	0,728

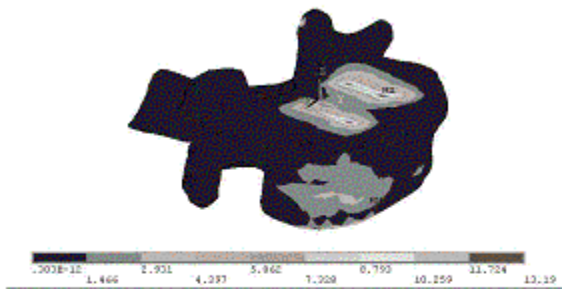
비교한 것이다.

응력값은 기존의 연구 결과와 흡사하다. 변위량은 Titanium보다 young's module 가 낮은 Intervertebra disc가 삽입된 실제 인체를 고려할 때 두 모델에서 발생하는 변위량이 더 낮게 나타났다고할 수 있다.<sup>(7)</sup>

또 Intervertebra disc 한개가 하루에 연신하는 양이 1-2 mm으로 보고되고 있는 것을 감안 하면 두 모델 모두 Cage 삽입시에 추체간의 고정성과 감압측면에서는 만족하다고 할 수 있다.



a.Maximum Von-mises stress of one cage placing



b.Maximum Von-mises stress of two cages placing  
Fig. 2 Maximum Von-mises stresses

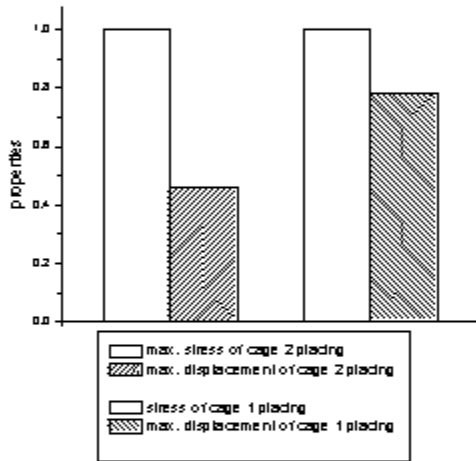


Fig. 3 Relative stress and displacement value of one cage and two cages placing

#### 4. 결 론

본 연구에서는 요추 제 4번과 5번을 유한요소 모델로 제작하였다. 또 추간내에 Cage를 삽입할 때 Cage 한 개일 때와 두 개일 때 그 안정성을 수치로 얻을 수 있었다. 그 결과 Cage를 양쪽으로 두 개 삽입한 경우가 Cage 한 개를 삽입한 경우보다 응력면에서 53.8%, 변위적인 면에서 21.8%로 뛰어났다.

그리고 두 모델 다 추체간의 고정성과 감압측 면에서는 안정성을 보이지만 이는 추체 후방의 구조물의 제거를 고려하지 않았기에 타당성을 증명하기에는 향후 연구가 계속되어야 하겠다. 그

리고 후방 구조물 제거 후 척추경 나사못을 포함하는 모델의 연구에 기초자료로 본 연구가 쓰일 수 있겠다.

#### 후 기

동아의료원 진단방사선과 MRI 담당 선생님들께 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) Weiner BK and Fraser RD, 1998. "Spine update lumbar interbody cages" Spine Journal, 23 pp. 634-740.
- (2) Cloward RB 1953. "The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral bony fusion" I. Indications, operative technique, after care. J Neurosurg, pp.154-166.
- (3) Cloward RB 1945. "New treatment of ruptures intervertebral disc" Presented at the annual meeting of Hawaii Territorial Medical Association, Honolulu, Hawaii, Sept 12,
- (4) Harms J 1999. "Cage interbody fusion with pedicle screw system" personal communication.
- (5) Panjabi MM, Goel V, Oxland T, Takata K, Duranceau J, Krag M, Price M, 1992 "Human lumbar vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy" Spine Journal, Vol.17, pp. 299-306.
- (6) Panjabi MM, Oxland T, Takata K, Goel V, Duranceau J, Krag M. 1993, "Articular facets of the human spine. Quantitative three-dimensional anatomy", Spine Journal, Vol.18, pp.1298-1310.
- (7) Osamu Shirado, Kiyoshi Kanda, Shigeru Tadano, Hiromasa Ishikawa, Paul C. Mc Caffee and Karen E. Warden, 1992, "Influence of Disc Degeneration on Mechanism of Thoracolumbar Burst Fractures", Spine journal Vol.17 number3.
- (8) T. Zander, A. Rohmann, J. Calisse, G. Bergmann, 2001, "Estimation of muscle forces in the lumbar spine during upper-body inclination", Clinical Biomechanics 16 Supplement No. 1, S73-S80