

# 요추부 후방 추체간 유합술에서 케이지 충전형 실리콘 함유 다공성 하이드록시 아파타이트의 방사선학적 결과: 예비보고

최승명 · 김용민<sup>✉</sup> · 이형준 · 이종혁

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

## The Radiologic Result of Silicon-Containing Porous Hydroxyapatite Packed within a Cage in Posterior Lumbar Interbody Fusion of Lumbar Spine: Preliminary Study

Seung-Myung Choi, M.D., Yong-Min Kim, M.D.<sup>✉</sup>, Hyeong-Jun Lee, M.D., and Jong-Hyuk Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chungbuk National University College of Medicine, Cheongju, Korea

**Purpose:** The objective of this study is to analyze the radiologic fusion rate in posterior lumbar interbody fusion (PLIF) using silicon-containing porous hydroxyapatite (Si-HA) chips packed within a cage.

**Materials and Methods:** Twelve patients who underwent PLIF using Si-HA (BoneMedik-S™; Meta-Biomed, Cheongju, Korea) blocks packed within a cage were enrolled. PLIF was performed in the same manner in all patients. A cage filled with Si-HA was inserted into disc space. Serial X-rays and 3-dimensional computed tomography (3D-CT) were performed for evaluation of the fusion status.

**Results:** At postoperative 12 months, 11 cases showed grade IV and one case showed grade III on X-rays. At postoperative 24 months, all cases showed grade IV (complete fusion). Assessment of fusion by 3D-CT also showed grade I in all cases at postoperative 12 months.

**Conclusion:** Considering the above results, Si-HA packed in a cage appears to be an effective bone graft material for use in PLIF.

**Key words:** lumbar vertebrae, posterior lumbar interbody fusion, silicon-containing porous hydroxyapatite

### 서 론

후방 추체간 유합술은 추체간 유합에 사용되는 이식물에 따라서 자가 장골을 이용하는 방법, 동종골을 이용하는 방법, cage와 같

은 인공 구조물을 이용하는 방법 등 다양하게 구별된다.<sup>1)</sup> 척추 유합술을 위해 종래에는 자가 장골을 채취하였으나 여러 단점들이 보고되었다. 골 유합술 시에는 골 이식이 필요한데, 현재 사용하고 있는 이식골은 자가골, 동종골, 이종골 외에도 여러 가지 골 대체물이 사용되고 있으며, 이 중 골 형성과 골 유도성, 골 전도성을 모두 가지는 자가골 이식술 후의 결과가 가장 우수하지만 자가골은 채취량이 한정되어 있고, 공여부의 통증 및 신경 손상, 미용상의 문제 등이 단점으로 지적되어 새로운 골 대체물질에 대한 연구가 계속적으로 이루어져 왔다.<sup>2,3)</sup> 실리콘 함유 다공성 하이드록시 아파타이트(silicon-containing porous hydroxyapatite, Si-HA)는 해면골과 유사한 미세 다공성 구조를 가지고 있으며, 우수한 생체적합성(biocompatibility) 및 생체안정성(biostability), 골 전도

Received November 2, 2014 Revised March 24, 2015

Accepted May 7, 2015

<sup>✉</sup>Correspondence to: Yong-Min Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chungbuk National University Hospital, 776 1sunhwan-ro, Seowon-gu, Cheongju 28644, Korea

TEL: +82-43-269-6077 FAX: +82-43-274-8719 E-mail: ymkim@chungbuk.ac.kr

\*This work was supported by research grant of Chungbuk National University in 2014.

능력을 가진 것으로 알려져 골 이식 대체물로 활발히 사용되고 있다.<sup>4-6)</sup> 또한 Si-HA는 산호로 가공한 HA에 실리콘 용액을 일정 시간 및 온도에서 반응시켜 0.8% 가량의 실리콘을 함유시킨 것으로, 골모세포의 대사율과 생체적합성을 향상시켜 기존의 HA보다 골 형성과 석회화가 촉진되고 정상 주위골과의 융합이 빠르게 이루어지는 것으로 알려져 있다.<sup>7,8)</sup>

저자들은 poly-ether-ether-ketone cage (PEEK cage) 안에 블록 형태의 Si-HA를 충전하여 PEEK cage가 가지는 물리적 안정성과 Si-HA이 가지는 골유합능을 동시에 도모하여 posterior lumbar interbody fusion (PLIF)에서의 방사선적 결과를 평가하였고 전체 예에서 3차원 컴퓨터 단층촬영(3-dimensional computed tomography, 3D-CT) 검사를 시행하여 골 유합 정도를 평가하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상 및 수술 방법

2007년 8월부터 2009년 1월까지 충북대학교병원 정형외과에서 요추부(척추관 협착증 9예, 척추 전방 전위증 3예)에 Si-HA (BoneMedik-S™; Meta-Biomed, Cheongju, Korea)를 PEEK cage (Stryker, Kalamazoo, MI, USA)에 충전한 뒤 자가골과 함께 추체간 유합술(1 level)을 시행한 환자들 중 최소 2년 이상 추시가 가능하였던 12명을 대상으로 하였다. 수술 시 환자들의 평균 연령은 56.5세(24-80세), 성별은 남자 3명, 여자 9명이었으며, 평균 추시 기간은 28개월(24-44개월)이었다.

추간관 및 상하 종판 제거술을 실시한 후 추체간 공간에 먼저 4-5개의 자가 골편을 밀어 넣어 다진 뒤 자가골의 부족분에 대하여서는 Si-HA를 채운 cage를 삽입하였다. 추궁판 제거술 시 얻어진 자가 골은 약 8 mm 정도의 크기로 나누어 4-5개를 지주형태(strut bone)로 이용하였으며, 블록 형태의 Si-HA를 cage 크기에 맞게 채운 뒤에 사용하였다(Fig. 1).

### 2. 방사선적 평가 방법

척추 전후방 및 측방 단순 방사선 영상을 술 전 및 술 후에 시행하고 본원에서 사용하고 있는 picture archiving communication system를 이용하여 유합 정도를 평가하였다. 술 후 3, 6, 12, 24개월의 수술 부위 추체 간의 유합능을 분석하였다. 단순 방사선 사진상의 골 유합 정도는 Park 등<sup>9)</sup>의 척추 유합술 후 유합 결과 분류법을 이용하였으며(Table 1), 주변골과 동일한 골 밀도를 보이거나 주변 골과 완전한 골성 소주의 연결을 보일 때 방사선적 골 유합으로 평가하였다. 또한 대상 환자들의 요추 시상각 소실을 측정하기 위하여 수술 직후와 술 후 24개월째 시행한 요추 측면 방사선 사진에서 고정분절에 Cobb의 방법을 이용하여 각각의 측면 분절각(lateral segmental sagittal angle)을 측정하였고, 증례 별로 시상각 소실은 측면 분절각의 차이가 4도 이상인 경우를 의미 있다고 보았다.<sup>10)</sup> 또한 골 이식부 추체간 함몰을 측정하기 위하여 전방 추체간 간격과 후방 추체간 간격의 평균값(mean disc space height)을 이용하여 수술 직후와 술 후 12개월째 촬영된 요추 측방상 단순 방사선 촬영에서 변화를 비교하였다.<sup>11)</sup>

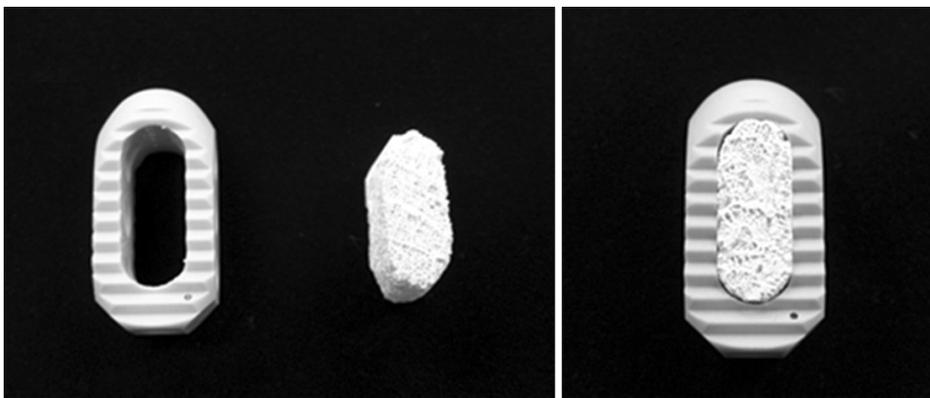


Figure 1. Photos of cage and block shaped hydroxyapatite (BoneMedik-S™; Meta-Biomed, Cheongju, Korea).

Table 1. Classification of Fusion Results (Plain X-Ray)

Grade	Description
I	The fusion mass density is slightly denser compared with that of the adjacent vertebrae.
II	The fusion mass becomes denser than stage I and the fusion mass particles can be seen more prominently.
III	The particles begin to disappear, the density decreases, and the gap among bone chips decreases.
IV	The fusion mass appears as a connected bone bridge with a density similar to that of the adjacent vertebrae.

Data from the article of Park et al. (J Korean Neurosurg Soc 2011;49:267-72).<sup>9)</sup>

## 결 과

또한 술 후 평균 12.2개월(8-28개월)에 척추 3D-CT 검사를 시행하고 척추 유합술 후 3D-CT 검사를 통해 유합 정도를 평가한 Tan 등<sup>12)</sup>의 분류법을 이용하여 수술 부위 추체 간의 골 유합 정도를 grade I에서 IV까지 분류하여 Si-HA의 변화와 주변 골과의 유합 정도를 관찰하였다(Table 2). 모든 계측치는 2명의 정형외과 전문의가 독립적으로 2주의 간격을 두고 반복 측정하여 재현성 및 관찰자간, 관찰자내 신뢰도를 검증하였다. 결과의 통계적 처리는 PASW ver. 18.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 Wilcoxon signed rank test, Fisher's exact test를 시행하였으며, 계측치의 일치도는 weighted kappa test를 이용하였고 Landis and Koch의 기준을 참고하였다.

임상적 결과는 특이 사항이 관찰되지 않았으며 본 연구에서는 방사선적 결과만 대상으로 하였다.

### 1. 단순 방사선 추시 결과

추체간 공간에 지주형태(strut bone)의 자가골을 4-5개 채워 넣고 남은 공간에 Si-HA를 충전한 cage를 삽입하여 유합 정도를 확인한 결과, 12개월의 추시 기간중 12명 중 11명이 grade IV를 보였고 1명은 grade III를 보였다. 술 후 24개월의 추시에서는 모두 grade IV를 보였다(Fig. 2).

전방 추체간 간격과 후방 추체간 간격의 변화를 평균값으로 추정해 본 이식 부위의 추체간 함몰은 수술 직후와 24개월 추시 결과와의 비교에서 평균 14.9 mm (12.3-32.4 mm)의 소실을 보였으며, 수술 직후와 술 후 12개월의 측정치로 비교한 요추의 전만각 소실은 평균 3.8도(0.2-13.1도)로 측정되었으나 통계적 유의성은 없었다(Wilcoxon signed rank test,  $p > 0.05$ ) (Table 3).

Table 2. Computed Tomography-Based Classification of Spinal Fusion

Grade	Description
I	Cortical union of the allograft at bone cranial and caudal ends and continuity of trabecular pattern between the allograft within the medullary canal of the allograft and adjacent cranial and caudal vertebral bodies (complete fusion).
II	Cortical union of the allograft to endplates at each end however with partial or absent trabecular continuity between the medullary autograft and the adjacent vertebral body bone at one or either end (partial fusion).
III	Cranial or caudal cortical non-union of the allograft with associated central trabecular discontinuity (unipolar pseudoarthrosis).
IV	Both superior and inferior cortical non-union with a complete lack of central trabecular continuity (bipolar pseudoarthrosis).

Data from the article of Tan et al. (Eur Spine J 2007;16:1875-81).<sup>12)</sup>

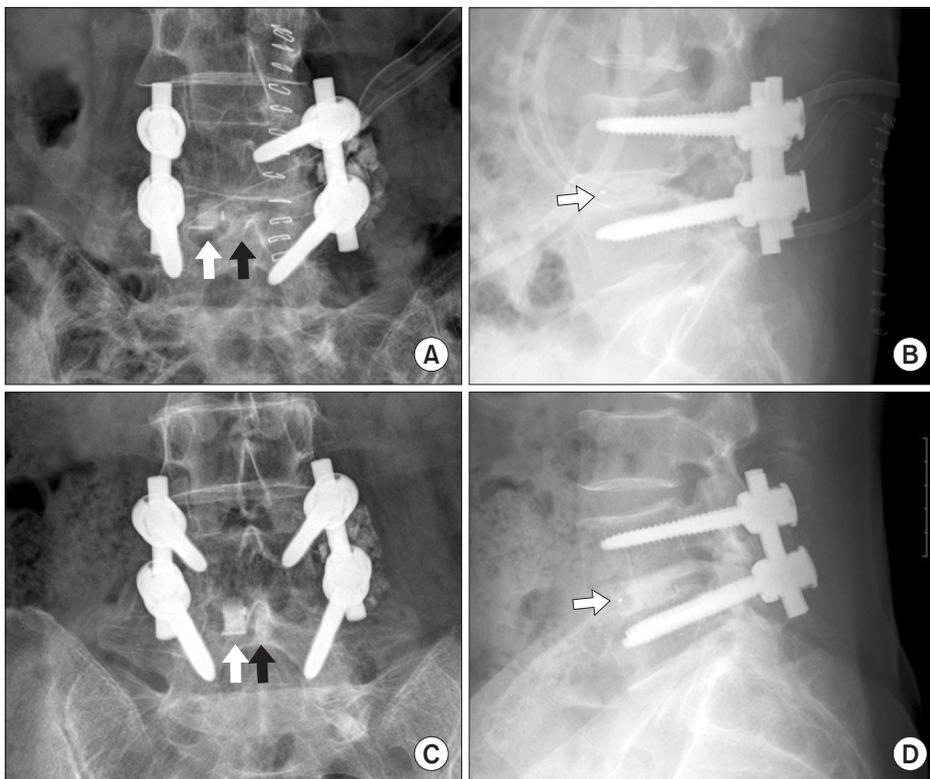


Figure 2. (A, B) Immediate postoperative radiograph shows interbody fusion with cage using a hydroxyapatite graft on the right (white arrows) and a strut autograft on the left (black arrow). (C, D) Postoperative radiograph (24 months later) shows complete bony fusion with trabeculation between L4 and L5 body on the right (white arrows) and comparable to autograft on the left (black arrow).

## 2. 수술 후 1년 3차원 컴퓨터 단층촬영 검사 결과

수술 후 평균 12.2개월(8-28개월)에 시행한 3D-CT 전체 예에서 grade I을 기록하였다(Fig. 3). Weighted kappa test를 이용하여 검정한 단순 방사선 촬영과 3D-CT 계측치의 재현성 및 신뢰도는 각각 fair와 good을 보였다. 감염이나 생체 부작용, 불안정성에 의한 재수술 필요성 등의 임상적인 합병증은 발생되지 않았다.

## 고 찰

후방 추체간 유합술은 추체간 유합에 사용되는 이식물에 따라 자가 장골을 이용하는 방법, 동종골을 이용하는 방법, cage와 같은 인공 구조물을 이용하는 방법 등 다양하게 구별된다.<sup>1)</sup>

본 연구에서 사용된 실리콘 함유 Si-HA는 산호에서 가공된 면역 반응이 없는 생체활성 세라믹으로 기공률(porosity)은 정상 해면골과 유사한 60%-80%이다. 기공의 크기는 약 400  $\mu\text{m}$ 로 압축 강도의 증가 및 골전도 양상에 대한 실험을 통하여 최적 기공의 크기라고 알려진 300  $\mu\text{m}$ 와 유사하다.<sup>13)</sup> 해면골과 유사한 미세 다공성 구조를 가지고 있어 치밀한 형태에 비해서 골모세포와 혈관의 내성장을 돕는 우수한 골 전도체로 작용하고, 블록과 칩의 두 형태로 되어 있어 사용 부위 및 목적에 따라 다양하게 선택이 가능하며, 골 시멘트나 주사형 황산 칼슘 제제와는 달리 별도의 준비 과정 없이 빠른 적용이 가능하다. 또한 골 시멘트와 같은 물질과 달리 발열 반응에 의한 조직 손상이 없으며 우수한 생체적합

성 및 생체안정성을 가진 것으로 알려져 있다. 특히  $\text{SiO}_2$ 를 함유하고 있는 실리콘은 골 석회화 초기단계에 관여하며 골 대사과정에 있어서도 중요한 역할을 한다고 알려져 있어, 이를 HA에 함유시킨 Si-HA는 HA보다 생체적합성이 높으며 골 형성능이 뛰어나다는 것이 보고되고 있다.<sup>14)</sup> 본 연구는 PEEK cage 안에 Si-HA를 충전하여 PEEK cage가 가지는 물리적 안정성과 Si-HA가 가지는 골유합능을 동시에 도모하여 PLIF에서의 방사선적 결과를 평가하였고 전체 예에서 3D-CT를 시행하여 골 유합을 평가하고자 하였다.

12개월 추시 단순 방사선 촬영상, 12예 중 11예에서 완전 유합을 보였으며 최종 추시에서 모두 완전 유합을 보였고, 척추 3D-CT 검사에서도 Tan 등<sup>12)</sup>의 분류법상 전체 예에서 완전 유합을 보여 PEEK cage 안에 블록 형태의 Si-HA를 충전하여 PLIF을 시행한 본 술식이 자가골만을 이식한 후방 추체간 유합술의 방사선학적 결과와 비견할 만함을 확인할 수 있었다. 또한 기존 연구에서 보고된 HA의 단점으로 지적되었던 취성에 의한 골 이식부 추체간 함몰에 대해서, 본 연구에서는 PEEK cage를 이용하여 안정성을 더해 주었으며, 단순 방사선 추시에서 이식부위 추체간 함몰 및 요추 전만각 추이를 측정해 본 결과 추체간 함몰과 요추의 전만각 소실이 있었으나 통계적으로 유의성이 없는 것으로 볼 때 안정성에도 우수한 결과를 확인할 수 있었다.<sup>9)</sup> 그러나 연구 대상 수가 적고, 임상적 평가가 배제되었다는 점을 고려할 때 대상을 늘린 추가 조사를 통해 결론을 내릴 수 있으리라 생각되며 본 연구는 예비 연구로의 가능성을 시사하였다.

본 연구의 제한점으로는 비교적 적은 연구 대상 및 추시 기간, 임상 결과가 포함되지 않았다는 점이 지적될 수 있겠다. 또한 동일한 추체 간에 Si-HA와 자가골을 동시에 삽입하여 두 부분의 교호 작용이 존재하여 Si-HA가 단독적으로 추체간 골 유합에 얼마나 기여하였는지를 확인할 수는 없었다. 그러나 PEEK cage 안에 HA를 충전하여 기계적인 견고성과 골 유합을 동시에 도모하여 HA의 단점 중 하나인 취성 및 합병증이 발생하지 않았다는 점

Table 3. Comparison between Postoperative MIH and LSSA (Wilcoxon Signed Rank Test)\*

Variable	Immediate postoperative	Postoperative (12 mo)
MIH (mm)	12.22 (5.48-18.41)	10.75 (5.34-16.20)
LSSA (°)	12.80 (5.30-21.40)	8.08 (1.00-17.08)

Values are presented as mean (range). \* $p > 0.05$ . MIH, middle intervertebral height; LSSA, lateral segmental sagittal angle.



Figure 3. Postoperative 3-dimensional computed tomography image (24 months later) in interbody fusion with a cage using hydroxyapatite graft on the right and strut autobone graft on the left shows complete bony fusion (A) with trabeculation on cage filled with hydroxyapatite only (B) as well as autobone graft side (C).

과 본 술식의 골 유합의 방사선적 결과가 자가골의 그것과 비견할 만함을 확인하였다는 점에 본 연구의 의미가 있다고 생각된다. 추가로 더 많은 연구 대상 수를 기반으로 통계적 검정이 반영된 연구가 필요할 것으로 보이며 Si-HA를 단독 혹은 다양한 비율로 혼합하여 골 유합능력을 분석해보고 요추부분만 아니라 경추부 등 척추의 다른 부위에도 Si-HA를 적용한 연구 및 생검 분석과 같은 정확한 유합 능력의 평가가 충분한 기간 동안의 추시를 통해 확인되어야 할 것이다.

## 결론

본 연구에서 국소 자가골과 블록 형태의 Si-HA를 충전한 PEEK cage를 함께 사용한 PLIF 술식은 양호한 방사선적 골 유합 결과를 보였고 취성 및 생체 부적합이나 감염 등의 합병증도 관찰되지 않았다. Si-HA가 자가골 및 동종골 이식의 문제점을 보완하고 이를 대체하기 위해서는 본 연구를 토대로 더 많은 연구 및 지속적인 추시가 필요할 것으로 보인다.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

## REFERENCES

1. Chung JY, Chang BS, Lee CK, et al. Posterior lumbar interbody fusion using new hydroxyapatite block: comparison with metal and PEEK cages. *J Korean Soc Spine Surg.* 2009; 16:243-50.
2. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:454-64.
3. Lane JM, Bostrom MP. Bone grafting and new composite biosynthetic graft materials. *Instr Course Lect.* 1998;47:525-34.
4. Huber FX, Hillmeier J, Herzog L, McArthur N, Kock HJ, Meeder PJ. Open reduction and palmar plate-osteosynthesis in combination with a nanocrystalline hydroxyapatite spacer in the treatment of comminuted fractures of the distal radius. *J Hand Surg Br.* 2006;31:298-303.
5. Cho SH, Kim DH, Jeong ST, Cha MS. The effect of hydroxyapatite-tricalcium phosphate compound with mixed bone marrow as a bone graft substitute. *J Korean Musculo Tissue Trans Soc.* 2007;7:57-64.
6. Cheong US, Kim DY, Cho JL, Kim YH, Park YS. Comparison of the effect of hydroxyapatite and allogeneous bone as an adjunct to autogenous iliac bone grafting in posterolateral spinal fusion. *J Korean Orthop Assoc.* 2008;43:347-52.
7. Ransford AO, Morley T, Edgar MA, et al. Synthetic porous ceramic compared with autograft in scoliosis surgery. A prospective, randomized study of 341 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80:13-8.
8. Suetsuna F, Yokoyama T, Kenuka E, Harata S. Anterior cervical fusion using porous hydroxyapatite ceramics for cervical disc herniation. A two-year follow-up. *Spine J.* 2001;1:348-57.
9. Park JH, Choi CG, Jeon SR, Rhim SC, Kim CJ, Roh SW. Radiographic analysis of instrumented posterolateral fusion mass using mixture of local autologous bone and b-TCP (PolyBone®) in a lumbar spinal fusion surgery. *J Korean Neurosurg Soc.* 2011;49:267-72.
10. Kim EH, Woo BC, Cho DY. The change of lumbar lordosis after pedicular screw fixation of the degenerative lumbar spine. *J Korean Soc Spine Surg.* 1997;4:114-21.
11. Kim JH, Kim SS, Kim JH, Kim BJ. Comparison of monosegment instrumented posterior lumbar interbody fusion with and without a metal cage in degenerative spine. *J Korean Orthop Assoc.* 2008;43:143-51.
12. Tan GH, Goss BG, Thorpe PJ, Williams RP. CT-based classification of long spinal allograft fusion. *Eur Spine J.* 2007;16:1875-81.
13. Bruneau M, Nisolle JE, Gilliard C, Gustin T. Anterior cervical interbody fusion with hydroxyapatite graft and plate system. *Neurosurg Focus.* 2001;10:E8.
14. Patel N, Best SM, Bonfield W, et al. A comparative study on the in vivo behavior of hydroxyapatite and silicon substituted hydroxyapatite granules. *J Mater Sci Mater Med.* 2002;13:1199-206.

# 요추부 후방 추체간 유합술에서 케이지 충전형 실리콘 함유 다공성 하이드록시 아파타이트의 방사선학적 결과: 예비보고

최승명 · 김용민<sup>✉</sup> · 이형준 · 이종혁

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

**목적:** 실리콘 함유 다공성 하이드록시 아파타이트(silicon-containing porous hydroxyapatite, Si-HA)를 케이지 내에 삽입하여 자가 골편과 함께 요추부 후방 추체간 유합술(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)에 사용한 후 방사선적 결과를 통해 유합 능력을 분석해 보고자 하였다.

**대상 및 방법:** PLIF를 시행받은 환자들 중 Si-HA를 케이지에 충전하여 수술한 12명을 대상으로 하였다. 요추부 추체간 공간에 블록 형태의 Si-HA를 cage에 충전하여 방사선 검사 및 3차원 컴퓨터 단층촬영 검사 추시를 통해 유합능력을 분석하였다.

**결과:** 술 후 12개월 단순 방사선 추시상 12명 중 11명이 grade IV(완전 유합)를 보였고 1명은 grade III를 보였다. 술 후 24개월의 추시에서는 모두 grade IV를 보였다. 술 후 12개월 3차원 컴퓨터 단층촬영 검사상 전체 예에서 grade I(완전 유합)을 기록하였다.

**결론:** Si-HA는 PLIF에서 자가골, 동종골과 함께 효과적인 유합 매개체 중 하나라고 생각되었다.

**색인단어:** 요추, 후방 요추 추체간 유합술, 실리콘 함유 다공성 하이드록시 아파타이트

접수일 2014년 11월 2일 수정일 2015년 3월 24일 게재확정일 2015년 5월 7일

<sup>✉</sup>책임저자 김용민

28644, 청주시 서원구 1순환로 776, 충북대학교병원 정형외과

TEL 043-269-6077, FAX 043-274-8719, E-mail ymkim@chungbuk.ac.kr

\*이 논문은 2014학년도 충북대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.