

자가골 및 수산화인회석을 이용한 최소침습적 경추간공 추체간 유합술에서 골이식의 혼합비율 및 양에 따른 유합률의 차이

유재성 · 민상혁[✉] · 윤성현 · 이준열

단국대학교 의과대학 정형외과학교실

Difference of Fusion Rate in Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion with Autobone and Hydroxyapatite according to Mixture Ratio and Amount of Bone Graft

Jae-Sung Yoo, M.D., Sang-Hyuk Min, M.D.[✉], Sung-Hyun Yoon, M.D., and Jun-Yeul Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Dankook University Medical College, Cheonan, Korea

Purpose: The aim of this study is to analyze the fusion rate according to the mixture ratio and the amount of bone graft in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF).

Materials and Methods: This study included 92 subjects who underwent MI-TLIF. Patients were classified into either group I, in which patients received transplantation with only autogenous bone, group II, in which patients received transplantation with hydroxyapatite mixed with autogenous bone by more than 50%, or group III, in which patients received transplantation with hydroxyapatite mixed with autogenous bone by less than 50%. For analysis of the correlation of amount of bone graft with fusion rate, patients were divided into group A, having less than 12 ml of bone graft, and group B, having more than 12 ml of bone graft. Visual analogue scale and Oswestry disability index were used for clinical assessment, and Burkus' classification method was used for evaluation of bone fusion.

Results: Fusion rates of groups I, II, and III according to the mixture ratio were 90.9%, 86.5%, and 86.2%, respectively. The fusion rate increased as the autobone ratio became higher; however, no significant difference was found ($p=0.16$). The fusion rates were 81.5% and 92.5% in group A and group B, respectively, which were classified according to the volume of bone graft, showing a significant increase in groups with bone graft volume more than 12 ml ($p=0.03$).

Conclusion: A significantly high fusion rate was observed when bone graft volume was more than 12 ml in MI-TLIF. More than 12 ml of bone graft volume is essential for achievement of a satisfactory fusion rate.

Key words: transforaminal lumbar interbody fusion, minimally invasive surgery, bone graft, fusion rate, hydroxyapatite

서론

최근 전통적인 후방 도달법에 의한 추체 유합술의 연부 조직 손상 및 근위축 등의 단점을 보완하기 위해서 최소침습적수술 접근법을 이용한 신경 감압술 및 유합술에 대한 여러 가지 연구들이 보고되고 있다. 척추 전방에 대한 지지가 가능하고 척추체 간의 압박력을 통하여 높은 골유합률을 얻을 수 있는 추체간 유합술이

Received April 2, 2013 Revised August 2, 2013 Accepted August 18, 2013

[✉]Correspondence to: Sang-Hyuk Min, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Dankook University Medical College, 119

Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan 330-714, Korea

TEL: +82-41-550-3950 FAX: +82-41-556-3238 E-mail: osmin71@naver.com

많이 시행되고 있으며, 이 중 최소 침습적 경추간공 요추 추체간 유합술은 연부 조직 손상을 최소화함으로써 수술 후 요통이나 근 위축 등의 합병증 및 출혈량을 감소시킬 수 있는 장점이 있다.¹⁻⁴⁾

추체간 유합술에서 만족스러운 결과를 얻기 위해서는 골유합을 얻는 것이 중요하지만 최소침습적 경추간공 추체간 유합술은 국소골만으로는 충분한 이식골량을 얻기 어려운 단점이 있다. 따라서 추가적인 골이식이 필요하게 되며, 그 중 골형성, 골전도, 골유도의 세 가지 요소를 모두 갖추고 있는 자가 장골 이식술은 가장 이상적인 골이식 방법으로 이용되고 있다. 그러나 공여부 출혈, 혈중, 동통, 보행장애, 이상감각, 절개 부위의 감염, 수술 시간의 연장 및 실혈량 증가의 합병증이 문제점으로 지적되고 있으며, 이에 자가 장골 이식술의 문제점을 극복하고자 이를 대체하기 위한 여러 가지 연구가 진행되고 있다.⁵⁻¹⁰⁾

골대체제 중 수산화인회석(hydroxyapatite, HA)을 이용한 임상적 보고들이 많이 시행되고 있다. Spivak과 Hasharoni¹¹⁾는 추체간 유합술 및 후외측 추체 유합술에서 HA를 이용하여 만족스러운 골유합률을 보고하였으며, Chung 등¹²⁾은 후방 추체간 유합술에서 HA block을 이용한 골유합과 금속이나 PEEK cage를 이용한 골유합술과 비교하여 만족스러운 임상 결과 및 골유합률을 보고한 바 있다. 이와 같이 자가골과 HA 혼합 사용에 대한 비교 연구는 실행된 바 있으나, 실제 임상적으로 시행된 골이식의 혼합 비율과 골이식량에 따른 유합률의 상관관계에 대한 비교 연구는 아직까지 미미한 상태이다.

이에 본 연구에서는 자가골 및 HA의 혼합 사용을 이용한 최소 침습적 경추간공 척추추체간 유합술에서 골이식의 혼합 비율 및 양에 따른 유합률의 차이를 비교 분석하여 그 상관관계에 대해 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 임상시험심사위원회의 승인 후, 2006년 1월부터 2012년 3월까지 본원에서 최소침습적 경추간공 추체간 유합술을 시

행 받고 1년 이상 추시 관찰이 가능하였던 92명을 대상으로 하였으며 평균 추시 기간은 18.6개월(12-48개월)이었다. 단일 분절의 요추부 또는 요천추부의 불안정성으로 인한 요통 및 하지 방사통을 호소하는 환자에서 Grade I/II의 척추전방전위증 및 척추관 협착증 중 추간공 협착증 또는 외측 함요부 협착증이 동반되어 후관절의 50% 이상의 제거가 필요하였던 환자를 대상으로 하였으며, 분절 불안정성은 요천추부 기립상 측방상 굴곡-신전 방사선 사진에서 10° 이상의 추체간 운동각 또는 추체의 4 mm 이상의 전위를 채택 기준으로 설정하였다. 또한 이미 추간판 공간이 소실되어 굴곡-신전 방사선 사진상 움직임이 없는 Grade III/IV의 척추전방전위증, 척추수술의 병력이 있거나 다분절의 감압술 및 유합술이 필요한 경우, 수술적 치료의 대상이 되는 심한 척추 기형 또는 외상, 감염, 병적인 원인에 의한 척추 질환이 있는 경우는 연구대상에서 제외하였다.

골이식의 혼합비율에 따른 유합률의 비교를 위하여 자가골만을 이식한 환자 11명을 I군, 자가골 및 HA를 혼합하여 이식한 환자 중 자가골의 비율이 50% 이상인 환자 52명을 II군, 자가골의 비율이 50% 미만인 환자 29명을 III군으로 분류하였다. 초기에 시행하였던 11명만을 장골이식을 통하여 자가골만을 이식하였으며, 분류상의 다른 기준은 없었다. 각 군의 평균 골이식량은 I군에서 12.9 ml, II군에서 12.5 ml, III군에서 12.8 ml였고 각 군 간의 유의한 차이는 없었다. 그리고 골이식량에 따른 유합률을 비교하기 위하여 골이식량이 12 ml 미만인 38명을 A군, 12 ml 이상인 54명을 B군으로 분류하여 유합률과의 상관 관계를 비교 분석하였다. 본 교실에서 시행한 골이식량을 후향적으로 조사한 결과, 자가국소골의 평균량이 7.4 ml (5.0-10.0 ml), 자가장골 또는 HA를 이용한 추가 골이식량이 평균 5.3 ml (3.0-10.0 ml)로, 골이식량의 총량의 평균이 12.7 ml (8.0-18.5 ml)로 측정되어 두 군의 분류 기준을 12 ml로 설정하였다. 각 군 간의 성별, 나이, 추시기간, 골밀도(bone matrix density) 및 체질량지수(body mass index)를 조사하였으며, 각 군 간의 통계적 차이는 없었다(Table 1).

Table 1. Demographic Characteristics

	Mixture ratio			Volume	
	Group I (Autobone 100%)	Group II (Autobone≥50%)	Group III (Autobone<50%)	Group A (<12 ml)	Group B (≥12 ml)
Patient (n)	11	52	29	38	54
Sex (M:F)	4:7	17:35	14:15	15:23	20:34
Age (yr)	56.7	58.6	55.3	57.4	57.3
Follow-up (mo)	18.4	18.7	18.9	18.1	19.0
BMD	-0.1	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8
BMI	23.9	25.0	24.1	24.8	25.0

M, male; F, female; BMD, bone matrix density; BMI, body mass index.

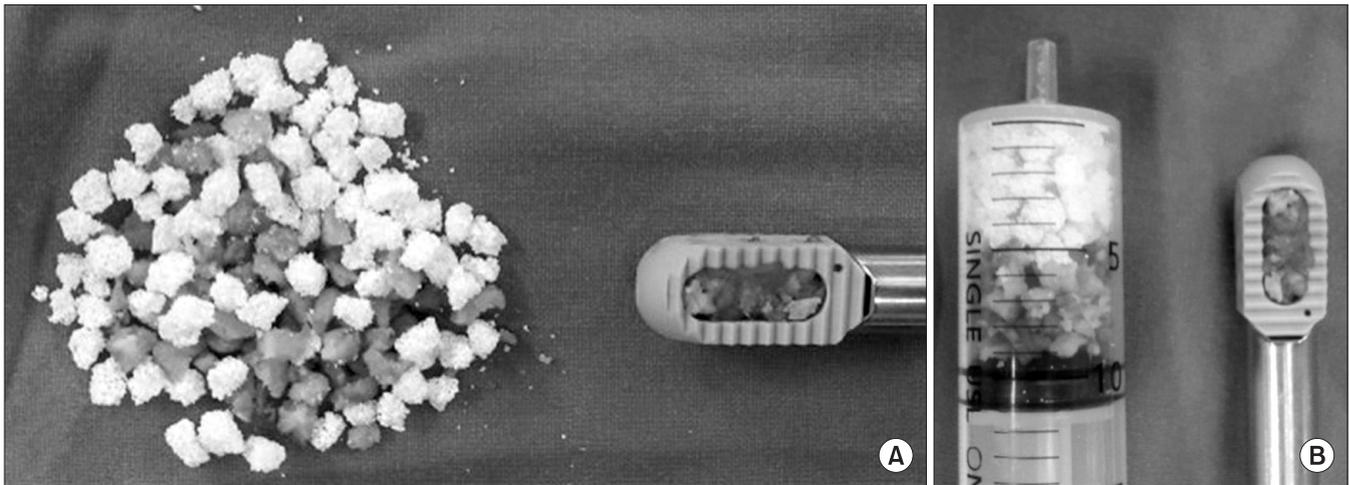


Figure 1. (A) Autogenous local bone and hydroxyapatite (5 ml). (B) First, a cage was filled with autogeneous local bone, and interbody space was filled with the remaining mixture of autogenous local bone and hydroxyapatite.

Table 2. Grades for Assessment of Fusion Status

Grade	No motion on flexion-extension radiographs	Continuous bony incorporation within and/or around cage	New bone formation adjacent to or within the cage and/or fused posterior facet joint
Definitely solid	Yes	Yes	Yes
Possibly solid	Yes	Yes	No
Probably not solid	Yes	No	No
Definitely not solid	No	No	No

2. 수술 방법

최소침습적 경추간공 척추체간 유합술은 중앙에서 약 2.5 cm 떨어진 부위에 2.5 cm 길이의 정중방 피부절개를 가하고, 다열근과 최장근을 분리하여 근육 사이로 접근하여 추궁판과 후관절까지 도달하였으며, 후관절이 노출되면 미세척추견인기를 걸고 수술용 미세현미경하에 아래 관절 돌기 및 위 관절 돌기의 상부 반을 제거하고 황색인대를 제거하여 상부 척추경을 돌아 빠져나가는 신경근과 척추관내 경막을 노출시킨 후 추간판 제거술을 시행하였다. 다음으로 추체간 기구(shaver)를 이용하여 순차적으로 추체 간격을 신연시키고, 유합할 상하 요추 종판을 소파하여 준비하고, 감압술 시 얻은 자가국소골을 이용하여 cage (Capstone; Medtronic, Memphis, TN, USA)를 채웠다. 모든 환자에서 단일 cage를 사용하였고, 자가골만을 이용한 I군의 경우 후방 장골능에서 자가 장골을 추가로 채취하여 사용하였으며, II, III군의 경우 cage를 채우고 남은 자가국소골들을 HA와 혼합하여 추체 사이에 충분히 채워 넣어(Fig. 1), cage 외부에서도 골유합이 이루어질 수 있도록 한 후 cage를 삽입한 뒤, 후방으로 나사못 고정술을 시행하였다.

3. 임상적 방사선학적 평가 및 분석 방법

임상적 평가는 수술 전, 수술 후 2주 및 최종 추시 시 방사선의

시각통증등급(visual analogue scale, VAS) 및 Oswestry 장애지수(Oswestry disability index, ODI)를 이용하여 평가하였으며, 방사선학적 분석은 술 후 1년에 촬영한 요추부 기립상 측방상 굴곡-신전 방사선 사진과 요추부 전산화단층촬영을 이용하여 정형외과 전문의 2인이 각각 2회씩 골유합을 판정하여 평균값을 취하였으며, 판정의 기준은 Burkus 등¹³⁾이 제시한 분류법을 이용하였다(Table 2). 측방상 굴곡-신전 방사선 사진에서 3° 이하의 추체간 운동각 또는 추체의 3 mm 이상의 전위, 전산화단층촬영에서 cage 내부 또는 주변부의 연속적인 골소주의 형성, cage 내부 또는 주변부로 신생골의 형성으로 골유합을 판단하였으며, 골유합의 정도를 4단계로 분류하여 Grade I (definitely solid), II (possibly solid)를 골유합으로, Grade III (probably not solid), IV (definitely not solid)를 불유합으로 판정하였다.

각 군 간의 비교에 있어서 통계적 분석은 SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였고, 각 군의 비교는 Kolmogorov-Smirnov test를 통하여 정규성 검증을 한 후 ANOVA test 및 Student t-test와 chi-square test를 사용하여 $p < 0.05$ 인 경우를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

Table 3. Clinical Results according to Mixture Ratio and Volumes

Clinical results	Mixture ratio			p-value	Volume		p-value	
	Group I (Autobone 100%)	Group II (Autobone ≥50%)	Group III (Autobone <50%)		Group A (<12 ml)	Group B (≥12 ml)		
VAS (back)	Preoperation	5.5	5.9	6.6	0.14	6.7	5.7	0.10
	Postoperation	1.3	1.9	1.8	0.49	2.1	1.6	0.16
	Last follow-up	1.1	0.9	0.7	0.99	0.8	0.9	0.97
VAS (leg)	Preoperation	6.0	6.7	6.1	0.15	6.5	6.1	0.10
	Postoperation	1.8	2.0	2.1	0.47	2.0	2.0	0.36
	Last follow-up	0.7	1.0	1.0	0.51	1.0	1.0	0.39
ODI	Preoperation	23.5	26.4	25.65	0.12	25.1	26.2	0.23
	Postoperation	11.1	12.8	13.0	0.34	11.6	13.0	0.31
	Last follow-up	8.3	9.9	9.1	0.35	9.1	8.4	0.22

VAS, visual analogue scale; ODI, Oswestry disability index.

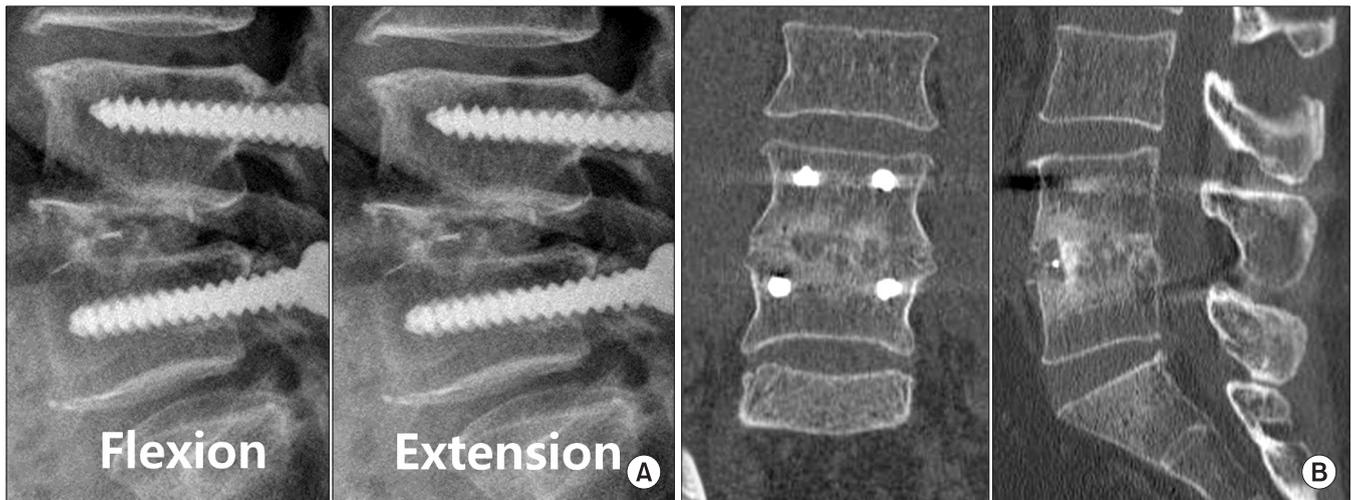


Figure 2. Radiograph and computed tomography of a case of definitely solid fusion (Grade I). (A) No motion on flexion-extension radiographs. (B) Continuous bony incorporation within and around the cage and new bone formation adjacent to the cage.

결 과

1. 임상적 결과 및 평가

술 전, 후 및 최종 추시 시 방사선의 VAS는 술 전 6.5에서 술 후 2.0, 최종 추시 시 1.0으로, 요통의 VAS는 술 전 6.2에서 술 후 2.7, 최종 추시 시 1.7로, ODI는 술 전 25.7에서 술 후 13.0으로, 최종 추시 시 8.6으로 호전되었으며, 각 군 간의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p \geq 0.05$; Table 3).

2. 방사선학적 결과 및 평가

총 92예 중 80예에서 골유합을 보여 87.0%의 유합률을 보였으나 (Fig. 2), 12예에서 불유합이 발생하였다(Fig. 3). 전산화단층촬영

상 불유합으로 판정된 12예 모두에서 단순 방사선 사진에서 불안정성이 관찰되지 않았으며, 삽입물의 붕괴나 전위, 고정기기에 따른 합병증 등이 발생하지 않아 재수술은 시행하지 않았다.

골이식의 혼합비율에 따라 나눈 I, II, III군은 각각 90.9%, 86.5%, 86.2%의 유합률을 보여 자가골의 비율이 높을수록 높은 유합률을 보이는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.16$; Table 4). 그러나 골이식량에 따라 나눈 A, B군은 각각 A군이 81.5%, B군이 92.5%의 유합률을 보여, 골이식량이 12 ml 이상인 군에서 유합률이 통계적으로 유의하게 증가하는 결과를 보였다($p=0.03$; Table 5).

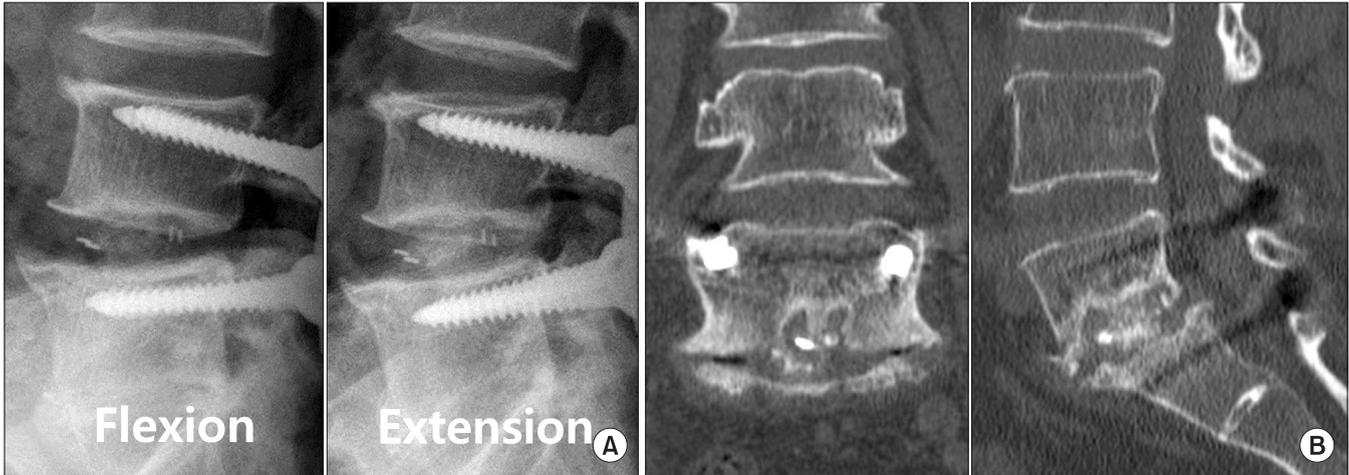


Figure 3. Radiograph and computed tomography of a case that was probably not solid fusion (Grade III). (A) No motion on flexion-extension radiographs. (B) Non continuous bony incorporation within and around the cage and new bone formation adjacent to the cage.

Table 4. Radiographic Fusion Status among Three Subgroups (I, II, III) (Mixture Ratio)

	Group I (Autobone 100%)	Group II (Autobone≥50%)	Group III (Autobone<50%)
Patient (n)	11	52	29
Union (n)	10	45	25
Nonunion (n)	1	7	4
Average of bone graft volume (ml)	12.9	12.5	12.8
Fusion rate (%)	90.9	86.5	86.2

Table 5. Radiographic Fusion status between Two Groups (A, B) (Volumes)

	Group A (<12 ml)	Group B (≥12 ml)
Patient (n)	38	54
Union (n)	31	49
Nonunion (n)	7	5
Fusion rate (%)	81.5	92.5

고 찰

최근 퇴행성 요추 질환의 치료로 척추 전방에 대한 지지가 가능하고 척추체 간의 압박력을 통하여 높은 골유합률을 얻을 수 있는 추체간 유합술이 많이 시행되고 있으며, 그 중 최소침습적 경추간공 추체간 유합술이 술 중 연부 조직 손상, 주변근육 손상 및 실혈을 최소화하며, 재원기간을 단축시키고 진통제의 사용을 줄일 수 있다고 보고되고 있다.^{1-4,14-16)}

추체간 유합술을 시행하는 경우 높은 유합률을 얻기 위해서 생체 친화성이 있고, 세포 독성이 없으며, 골형성, 골전도 및 골유도 능력이 있는 자가 장골 이식이 가장 이상적이지만, 자가골 공급

의 제한성과 다양한 공여부 합병증은 자가골의 사용에 제한을 두게 하였고, 이에 대해 공여부 손상을 줄이고 유합률을 높이기 위한 노력으로 골이식 대체물에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.⁵⁻¹⁰⁾

그 중 HA는 생체 활성 세라믹으로서 골의 주요 무기질 성분으로, 특히 다공 구조를 가진 HA는 치밀한 형태에 비하여 생체 흡수와 골전도가 용이하므로 생체 내에 삽입되면 주위 골조직이 자라나와 점차 골로 치환되는 것을 기대할 수 있다. HA 자체의 재료적인 특징으로는 결손 부위의 모양에 맞게 채워 넣을 수 있으며, 쉽게 흡수되고 골형성을 방해하는 대사산물을 만들지 않으며, 생체 적합성(biocompatibility)이 뛰어나서 이물반응을 거의 일으키지 않는 장점이 있다.^{11,12,14-22)}

최근 여러 논문에서 HA를 이용한 골유합에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. Korovessis 등²³⁾은 후외방 요추 유합술에서 자가 장골 이식술이 척추에서 채취한 골수 및 국소골과 HA를 혼합한 경우보다 우수하다고 보고하였으며, 반면에 Bucholz²⁴⁾는 경골 근위부 골절 환자를 대상으로 수술적 치료를 시행한 뒤 자가골 이식술과 HA 이식술의 비교에서 임상적 및 방사선학적 결과의 차이가 없다고 보고하면서 HA가 자가 해면골을 대신하는 효

과적인 골대체물이라고 하였다. 또한 Boden 등²⁵⁾은 토끼를 이용한 동물 실험에서 장골에서 채취한 자가골에 대한 골이식 확장제로서 HA를 1:1의 비율로 사용, 후외방 유합술을 시행하여 자가골만을 이식한 경우와 비슷한 유합률을 보고하였다. 본 연구에서도 골이식의 혼합 비율에 따른 유합률의 차이에 따라 비교 분석한 결과 자가골의 비율이 높을수록 높은 유합률을 얻었지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

Gocmen-Mas 등²⁶⁾은 22세에서 49세 사이의 건강한 25명을 대상으로 자기공명영상을 이용하여 측정한 추간판 공간의 부피가 요추 3-4번 간에서 남성에서는 평균 21.6 cm³, 여성에서는 평균 18.4 cm³로 측정되었으며, 요추 4-5번 간에서 남성에서는 평균 22.7 cm³, 여성에서는 평균 19.3 cm³로 측정되었음을 보고한 바 있다. 그러나 Pfirrmann 등²⁷⁾은 20세에서 78세까지 70명을 대상으로 자기공명영상을 이용하여 추간판 공간의 부피를 측정한 결과 평균 7.1 cm³라고 보고하면서 연령이 증가할수록 유의하게 추간판 공간의 부피가 감소함을 보고하였다. 따라서 수술적 치료의 대상이 되는 환자의 대부분은 디스크의 변성이 동반된 경우가 대부분으로 추간판 공간의 부피가 감소되어 있는 상태일 것이나, 수술 중 충분한 추체 제거술 및 추체간 신연술이 시행된다면 충분한 양의 골이식이 가능한 공간이 있음을 보여주는 지표라 할 수 있다.

또한 Riouallon 등²⁸⁾은 전방 추체간 유합술에서, Zairi 등²⁹⁾은 경추간공 추체간 유합술에서 2년 이상의 장기 추시 결과 90% 이상의 유합률을 단순 방사선 사진을 이용하여 보고한 바 있으며, Park 등⁴⁾은 최소침습적 경추간공 추체간 유합술의 2년 이상의 장기 추시 결과 전산화단층촬영을 이용한 유합률을 77.3%로 보고하였다. 또한 Thalgot 등¹⁸⁾의 연구에서는 후외방 요추 유합술에서 각각 분절당 15 ml의 HA를 장골에서 채취한 자가골에 추가하여 92.5%의 유합률을 보고하면서 HA는 골유합을 얻기 어려운 환자에 있어서 효과적인 골이식 확장제라고 보고하였다. 본 교실에서도 더 높은 유합률을 얻기 위해 수술 중 충분한 추체 제거술 및 추체간 신연술 후 되도록 많은 양의 골이식을 시행하려고 노력하였으며, 골이식량에 따른 유합률의 차이를 전산화단층촬영을 이용하여 비교 분석한 결과, 12 ml 이상에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 90% 이상의 만족스러운 유합률을 기대하기 위해서는 최소한 12 ml 이상의 골이식량이 필요하였음을 보여주는 결과라 생각된다.

Park 등⁴⁾은 최소침습적 경추간공 추체간 유합술을 시행 받은 66명을 2년간 추시 관찰한 결과 77% (41명)의 골유합률을 보였으며, 불유합된 23% (15명)에서 요통은 유의하게 높은 결과를 보였으나, ODI나 하지 방사통은 유의한 차이를 보이지 않아 재수술은 시행하지 않았음을 보고하였다. 본 연구에서도 불유합된 경우 요통은 유의하게 높았으나 ODI나 하지 방사통은 유의한 차이를 보이지 않았으며, 12명 모두에서 삽입물의 붕괴나 전위, 고정기

Table 6. Clinical Results according to Union

	Union	Nonunion	p-value
Number of patients	80	12	
VAS (back) of last follow-up	0.7	1.7	0.03
VAS (leg) of last follow-up	0.9	0.6	0.28
ODI of last follow-up	8.9	6.9	0.34

VAS, visual analogue scale; ODI, Oswestry disability index.

에 따른 합병증 등이 발생하지 않아 재수술은 시행하지 않았다 (Table 6).

본 연구의 제한점으로는 후향적 연구였다는 점, 추시기간이 평균 18.6개월로 장기 추시가 이루어지지 않은 점, 통계처리에 있어서 각 군이 비교적 적은 모수를 갖고 있는 점 등이 있어 향후 보다 많은 환자군을 대상으로 장기적인 추시 결과가 필요할 것으로 생각하나, 골이식의 혼합 비율 및 양에 따른 유합률에 대한 비교 연구로 그 의미가 있을 것으로 생각한다.

결론

최소침습적 경추간공 추체간 유합술에서 자가골 및 HA를 이용한 골이식의 혼합비율에 따른 유합률은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 골이식량에 따라 비교 분석한 결과, 12 ml 이상의 골이식이 시행된 경우 92.5%의 유합률을 보였다. 따라서 최소침습적 경추간공 추체간 유합술에서 가능한 충분한 양의 골이식이 시행되어야 할 것이며, 만족스러운 골유합률을 기대하기 위해서는 최소한 12 ml 이상의 골이식량이 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Isaacs RE, Podichetty VK, Santiago P, et al. Minimally invasive microendoscopy-assisted transforaminal lumbar interbody fusion with instrumentation. *J Neurosurg Spine*. 2005;3:98-105.
2. Mummaneni PV, Rodts GE Jr. The mini-open transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurgery*. 2005;57:256-61.
3. Park P, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with reduction of spondylolisthesis: technique and outcomes after a minimum of 2 years' follow-up. *Neurosurg Focus*. 2008;25:E16.
4. Park Y, Ha JW, Lee YT, Sung NY. The effect of a radiographic solid fusion on clinical outcomes after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Spine J*. 2011;11:205-

- 12.
5. Aspenberg P, Albrektsson T, Thorngren KG. Local application of growth-factor IGF-1 to healing bone. Experiments with a titanium chamber in rabbits. *Acta Orthop Scand*. 1989;60:607-10.
6. Cook SD, Dalton JE, Tan EH, Whitecloud TS 3rd, Rueger DC. In vivo evaluation of recombinant human osteogenic protein (rhOP-1) implants as a bone graft substitute for spinal fusions. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19:1655-63.
7. Cook SD, Dalton JE, Prewett AB, Whitecloud TS 3rd. In vivo evaluation of demineralized bone matrix as a bone graft substitute for posterior spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20:877-86.
8. Louis-Ugbo J, Murakami H, Kim HS, Minamide A, Boden SD. Evidence of osteoinduction by Grafton demineralized bone matrix in nonhuman primate spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29:360-6.
9. Martin GJ Jr, Boden SD, Titus L, Scarborough NL. New formulations of demineralized bone matrix as a more effective graft alternative in experimental posterolateral lumbar spine arthrodesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24:637-45.
10. Choi DJ, Ahn DK, Lee S, et al. The effect of demineralized bone matrix as a graft enhancer in posterior lumbar interbody fusion using cage and local bone chips. *J Korean Soc Spine Surg*. 2008;15:157-64.
11. Spivak JM, Hasharoni A. Use of hydroxyapatite in spine surgery. *Eur Spine J*. 2001;10 Suppl 2:S197-204.
12. Chung JY, Chang BS, Lee CK, et al. Posterior lumbar interbody fusion using hydroxyapatite block -comparison with metal and PEEK cages-. *J Korean Soc Spine Surg*. 2009;16:243-50.
13. Burkus JK, Foley K, Haid RW, LeHuec JC. Surgical Interbody Research Group--radiographic assessment of interbody fusion devices: fusion criteria for anterior lumbar interbody surgery. *Neurosurg Focus*. 2001;10:E11.
14. Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:S26-35.
15. Schwender JD, Holly LT, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): technical feasibility and initial results. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18 Suppl:S1-6.
16. Isaacs RE, Podichetty VK, Santiago P, et al. Minimally invasive microendoscopy-assisted transforaminal lumbar interbody fusion with instrumentation. *J Neurosurg Spine*. 2005;3:98-105.
17. Hwang C, Bae JY, Koo KH, et al. A comparative experimental study of allograft and porous hydroxyapatite as bone substitutes. *J Korean Orthop Assoc*. 2007;42:545-52.
18. Thalgott JS, Giuffre JM, Fritts K, Timlin M, Klezl Z. Instrumented posterolateral lumbar fusion using coralline hydroxyapatite with or without demineralized bone matrix, as an adjunct to autologous bone. *Spine J*. 2001;11:131-7.
19. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84:454-64.
20. Sartoris DJ, Gershuni DH, Akesson WH, Holmes RE, Resnick D. Coralline hydroxyapatite bone graft substitutes: preliminary report of radiographic evaluation. *Radiology*. 1986;159:133-7.
21. 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.
22. Kang HJ, Kim TK, Kweon SH, Shim DM, Lee SI. The usefulness of hydroxyapatite bone transplantation in treatment of metaphyseal fracture with bone defect. *J Korean Musculoskeletal Transplant Soc*. 2011;11:36-41.
23. Korovessis P, Koureas G, Zacharatos S, Papazisis Z, Lambiris E. Correlative radiological, self-assessment and clinical analysis of evolution in instrumented dorsal and lateral fusion for degenerative lumbar spine disease. Autograft versus coralline hydroxyapatite. *Eur Spine J*. 2005;14:630-8.
24. Bucholz RW. Nonallograft osteoconductive bone graft substitutes. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;395:44-52.
25. Boden SD, Martin GJ Jr, Morone M, Ugbo JL, Titus L, Hutton WC. The use of coralline hydroxyapatite with bone marrow, autogenous bone graft, or osteoinductive bone protein extract for posterolateral lumbar spine fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24:320-7.
26. Gocmen-Mas N, Karabekir H, Ertekin T, Edizer M, Canan Y, Duyar I. Evaluation of lumbar vertebral body and disc: a stereological morphometric study. *Int J Morphol*. 2010;28:841-7.
27. Pfirrmann CW, Metzendorf A, Elfering A, Hodler J, Boos N. Effect of aging and degeneration on disc volume and shape: A quantitative study in asymptomatic volunteers. *J Orthop Res*. 2006;24:1086-94.
28. Riouallon G, Lachaniette CH, Poignard A, Allain J. Outcomes of anterior lumbar interbody fusion in low-grade isthmic spondylolisthesis in adults: a continuous series of 65 cases

- with an average follow-up of 6.6 years. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99:155-61.
29. Zairi F, Arikat A, Allaoui M, Assaker R. Transforaminal lumbar interbody fusion: comparison between open and mini-open approaches with two years follow-up. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg.* 2013;74:131-5.

자가골 및 수산화인회석을 이용한 최소침습적 경추간공 추체간 유합술에서 골이식의 혼합비율 및 양에 따른 유합률의 차이

유재성 · 민상혁[✉] · 윤성현 · 이준열

단국대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 최소침습적 경추간공 추체간 유합술에서 골이식의 혼합비율 및 양에 따른 유합률에 대하여 분석하였다.

대상 및 방법: 최소침습적 경추간공 추체간 유합술을 시행 받은 92명을 대상으로 하였다. 자가골만을 이식한 환자를 I군, 수산화인회석을 혼합하여 이식한 환자 중 자가골의 비율이 50% 이상인 환자를 II군, 50% 미만인 환자를 III군으로 분류하였고, 골이식량이 12 ml 미만인 환자를 A군, 12 ml 이상인 환자를 B군으로 분류하여 유합률과의 상관관계를 분석하였다. 임상적 평가는 시각통증등급 및 Oswestry 장애지수를 이용하였고, 골유합의 평가는 Burkus의 분류법으로 평가하였다.

결과: 혼합 비율에 따른 I, II, III군의 유합률은 90.9%, 86.5%, 86.2%로 자가골 비율이 높을수록 높은 유합률을 보였으나 유의한 차이를 보이지는 않았다($p=0.16$). 골이식량에 따라 나눈 A, B군의 유합률은 81.5%, 92.5%로 골이식량이 12 ml 이상인 군에서 유합률이 유의하게 증가하는 결과를 보였다($p=0.03$).

결론: 최소침습적 경추간공 추체간 유합술에서 12 ml 이상의 골이식을 시행한 경우 유의하게 높은 유합률을 보였으며, 만족스러운 유합률을 기대하기 위해서는 12 ml 이상의 골이식량이 필요한 것으로 생각된다.

색인단어: 경추간공 추체간 유합술, 최소침습수술, 골이식, 유합률, 수산화인회석

접수일 2013년 4월 2일 수정일 2013년 8월 2일 게재확정일 2013년 8월 18일

✉책임저자 민상혁

천안시 동남구 단대로 119, 단국대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 041-550-3950, FAX 041-556-3238, E-mail osmin71@naver.com