

관절함몰형 종골 골절에 대한 다공성 하이드록시 아파타이트를 이용한 수술적 치료

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

최의성 · 김용민 · 김동수 · 손현철 · 박경진 · 조병기 · 박지강 · 유준일

The Operative Treatment using Porous Hydroxyapatite for Intraarticular Calcaneal Fractures of Joint Depression Type

Eui-Sung Choi, M.D., Yong-Min Kim, M.D., Dong-Soo Kim, M.D., Hyun-Chul Shon, M.D.,
Kyoung-Jin Park, M.D., Byung-Ki Cho, M.D., Ji-Kang Park, M.D., Jun-il Yoo, M.D.

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

=Abstract=

Purpose: This study was performed to evaluate the clinical outcomes of operative treatment using porous hydroxyapatite for intraarticular calcaneal fracture of joint depression type.

Materials and Methods: Twenty patients with intraarticular calcaneal fracture were followed up for more than 1 year. The period to union was calculated to evaluate the osteoconductivity of porous hydroxyapatite used as bone graft substitute. The measurement of Böhler angle, Gissane angle and the degree of articular surface depression was performed through preoperative and postoperative radiographs. The clinical evaluation was performed according to hindfoot score of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) and scale of the Creighton-Nebraska health foundation (CNHF).

Results: Böhler angle and Gissane angle had improved significantly from preoperative average 10.4°, 117.8° to average 22.6°, 113.5° immediately postoperatively, and had maintained to average 21.2° and 114.4° at the last follow-up. The degree of articular surface depression had improved significantly from preoperative average 4.8 mm to 1.5 mm at the last follow-up. All cases achieved bone union, and the interval to union was average 12.8 weeks. AOFAS score was average 85.2 points at last follow-up. There were 7 excellent, 10 good, and 3 fair results according to the CNHF scale. Therefore, 17 cases (85%) achieved satisfactory results.

Conclusion: Plate fixation using porous hydroxyapatite seems to be one of effective treatment methods for intraarticular calcaneal fracture of joint depression type, because of supporting the reduction of subtalar articulation by augmenting bony defect and facilitating bone formation. Further evaluation about long-term radiological changes and histological analysis on hydroxyapatite implantation site should be required.

Key Words: Calcaneal fracture, Joint depression type, Operative treatment, Porous hydroxyapatite

Received April 17, 2010 Accepted May 13, 2010

• Byung-Ki Cho, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chungbuk National University
Hospital, 62 Gaesin-dong, Heungdeok-gu, Cheongju, 361-711, Korea
Tel: +82-43-269-6077 Fax: +82-43-274-8719

E-mail: titanick25@yahoo.co.kr

* 본 논문의 요지는 2009년도 대한골절학회 추계학술대회에서 발표되었음.

서론

종골 골절은 주로 추락손상과 같은 수직 압박력에 의해 발생하며 그에 따라 관절내 분쇄골절이 흔하게 관찰된다. 거골하 관절의 후방 관절면을 정확히 정복하는 것이 예후

에 가장 중요한 인자로 알려져 있으며, 이를 위해 관혈적 정복 및 금속판을 이용한 내고정술이 널리 사용되고 있다. 수술적 치료 시 흔히 관찰되는 골절부의 큰 골결손은 정복된 관절면의 붕괴와 금속 고정력의 약화를 초래할 수 있어 이에 대한 여러가지 해결책들이 연구되고 있다. 그중 하나의 방법으로 골이식 대체제를 이용한 골결손부 보강술이 제시되었으며 현재까지 동종골, 이종골, 탈무기물 골기질(demineralized bone matrix, DBM), 황산 칼슘(calcium sulfate), 인산 칼슘(calcium phosphate), 수산화인회석(hydroxyapatite) 같은 물질들이 사용되어 왔다. 이중 하이드록시 아파타이트는 인체 골조직의 60~70% 정도를 차지하는 무기질 성분으로 해면골과 유사한 미세 다공성 구조를 가지고 있으며, 우수한 생체적합성(biocompatibility) 및 골전도(osteoconduction) 능력이 입증되어 골절이나 골종양 환자의 치료에 활발히 이용되고 있다¹⁻⁵⁾. 종골 골절에서도 최근 골이식 대체제를 이용한 수술적 치료에 관한 연구들이 시행되고 있으나, 그 임상 결과에 대해서 다양한 보고가 부족한 실정이다.

저자들은 관절함몰형 종골 골절 환자에서 다공성 하이드록시 아파타이트를 이용한 수술적 치료 후의 임상적 및 방사선학적 결과를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

본원에서 관절함몰형 종골 골절 진단하에 다공성 하이드록시 아파타이트를 이용한 보강술(augmentation) 및 금속판 내고정술을 시행받은 환자들 중 최소 1년 이상 추시가 가능하였던 18명(20예)을 대상으로 하였다. 모든 수술은 동일한 술자에 의해 이루어졌으며 수술 시 환자들의 평균 연령은 43.6세(범위: 23~62세), 평균 추시 기간은 16.2개월(범위: 12~23개월)이었다. 수상 원인은 추락손상이 17예, 교통사고가 2예, 실족 사고가 1예였으며, 환자들의 성별은 남자 17예, 여자 3예였다. 골절 부위는 우측 손상이 11예, 좌측 손상이 9예였으며 이중 양측성 손상이 2명이었다. 모든 환자에서 수술 전 전산화단층촬영이 시행되었으며, Sanders의 분류 방법⁶⁾에 의한 골절 분류상 IIA형 5예, IIB형 3예, IIIAB형 8예, IIIAC형 3예, IV형 1예였다. 다공성 하이드록시 아파타이트를 이용한 보강술 유무는 수술 중에 결정되었으며, 보강술의 적용 기준은 함몰된 거골하 관절 후방 관절면의 정복 후 골결손부를 깊이측정기(depth gauge)를 이용해 측정하여 2 cm³ 이상의 골결손을 보이는 경우로 하였다.

2. 방사선학적 및 임상적 평가 방법

방사선학적 평가로 수술 전과 수술 직후, 최종 추시 시에 단순방사선 사진상의 Böhler 각, Gissane의 십자각을 측정하였다. 또한 수술 전과 술 후 최종 추시 시에 전산화단층촬영상의 거골하 후방 관절면 함몰 정도를 측정하였다. 후방 관절면 함몰 정도는 반관상면(semi-coronal)상 정상 후방 관절면부터 최대로 함몰된 관절면까지의 거리를 측정하였다(Fig. 1). 모든 계측치는 두 명의 정형외과 전문의에 의해 3회 반복 측정된 뒤 평균치를 구하였다. 골이식 대체물로 사용된 다공성 하이드록시 아파타이트의 골유합능을 평가하기 위해 술 후 골유합까지의 기간을 측정하였다.

임상적 결과의 평가는 미국족부정형외과학회(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)의 족관절-후족부 수치 및 Creighton-Nebraska health foundation (CNHF)의 종골 골절 평가표⁷⁾를 이용하였다. AOFAS 점수는 술 후 최종 추시 시에 측정되어 증상과 기능의 향상 정도를 확인하였으며, 90~100점은 우수, 80~89점은 양호, 65~79점은 보통, 64점 이하는 불량으로 분류하여 양호 이상(80점 이상)을 만족스러운 결과로 평가하였다. CNHF의 종골 골절 평가표에 따라 술 후 최종 추시 시 동통, 관절운동 범위, 활동성, 직업 복귀 여부, 신발크기의 변화, 부종의 정도를 점수로 환산하여 우수, 양호, 보통, 불량의 4등급으로 분류하였으며 양호 이상을 만족스러운 결과로 평가하였다. 수술 전과 수술 후 최종 추시 사이의 방사선학적 결과의

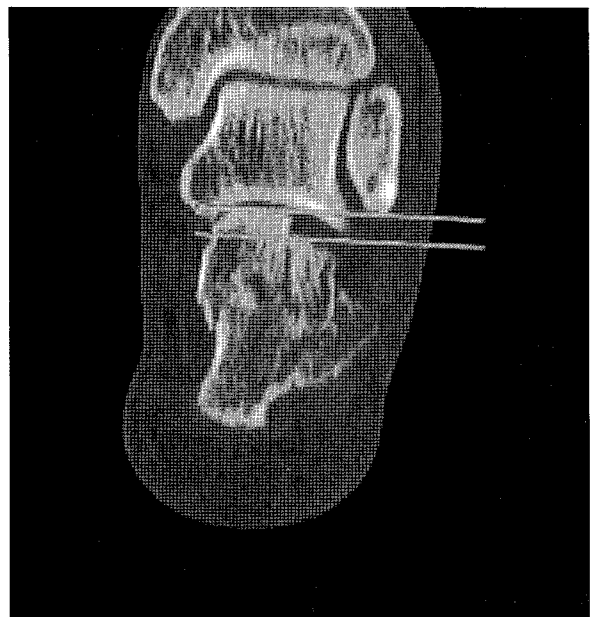


Figure 1. Preoperative CT semi-coronal image showing the radiological assessment of the joint depression.

통계학적 비교는 비모수 통계검정인 Mann-Whitney test (SPSS version 12.0)를 통해 이루어졌으며, p (유의수준) 수치가 0.05 이하일 때 통계학적 차이가 있는 것으로 평가하였다.

3. 수술 방법 및 술 후 재활 방법

환자를 측와위로 눕힌 뒤 족근관절 외과의 하방 및 비골 후방 경계를 따라 L자형의 피부 절개를 가하는 광범위 외측 도달법을 이용하였다. 비복 신경의 손상에 유의하면서 연부조직을 하나의 피판으로 박리한 후, 종비 인대 (calcaneofibular ligament)를 이분하고 비골건을 상방으로 견인하여 거골하 관절면을 노출시켰다. 종골체의 외벽 (lateral wall) 골편을 조심스럽게 견인하여 후방 관절면의 함몰 정도와 분쇄 골편의 수를 파악한 뒤, 관절면의 높이를 정복하고 이를 1~2개의 직경 4 mm 유관 나사(cannulated screw)를 이용해 고정하였다. 정복된 관절면 하방의 골결손 정도를 깊이측정기를 이용해 측정하여 2 cm³ 이상인 경우, 칩(chip) 형태의 다공성 하이드록시 아파타이트(BoneMedik™, Meta-Biomed, Korea)를 충전하여 골결손부를 보강하였다 (Fig. 2). 이후 전위된 외벽 골편을 정복시키고 그 위에 골절 양상에 따라 H자 금속판, 잠금나사 금속판(LCP) 또는 재건(reconstruction) 금속판을 이용해 견고한 내고정을 시행하였다(Fig. 3). 다공성 하이드록시 아파타이트 보강술 시 C-arm (fluoroscope)을 이용해 골결손부를 정확히 충전

시켰으며, 정복된 관절면을 지탱할 정도의 충분한 양이 이식되었는지를 점검하였다(Fig. 4).

수술 후 4주간 단하지 석고 부목 고정 및 비체중 부하 목발 보행을 하였고, 이후 발목보호대(elastic ankle bandage)를 착용한 상태로 관절운동 및 부분체중 부하 목발 보행을 시작하였다. 술 후 8주 이후부터 전체 중 부하 보행을 허용하였고, 술 후 20주경부터 가벼운 달리기를 시작하였다.

결 과

방사선 검사상 Böhler 각은 술 전 평균 10.4도(범위: 1.5~14.8도)에서 수술 직후 평균 22.6도(범위: 8.5~31.2도), 최종 추시 시 평균 21.2도(범위: 8.2~30.5도)였고, Gissane의 십자각은 술 전 평균 117.8도(범위: 94.3~139.6도)에서 수술 직후 평균 113.5도(범위: 102.1~133.2도), 최종 추시 시 평균 114.4도(범위: 100.8~132.5도)였다. Böhler 각과 Gissane의 십자각 모두 술 전에 비해 수술 직후 유의한 호전을 보였으며($p=0.028, 0.041$), 최종 추시 시 수술 직후에 비해 Böhler 각은 평균 1.4도(범위: 0.5~4.2도), Gissane의 십자각은 평균 0.9도(범위: 0.5~2.2도)의 차이를 보였으나 통계적 유의성은 없었다($p>0.05$) (Table 1).

전산화단층촬영검사상 거골하 후방 관절면의 함몰 정도는 술 전 평균 4.8 mm(범위: 2.5~16.8 mm)에서 술 후 최종 추시 시 평균 1.5 mm(범위: 0.2~3.4 mm)로 유의하게 호전되었다($p=0.028$). Sanders 골절 분류에 따른 차이로 II형

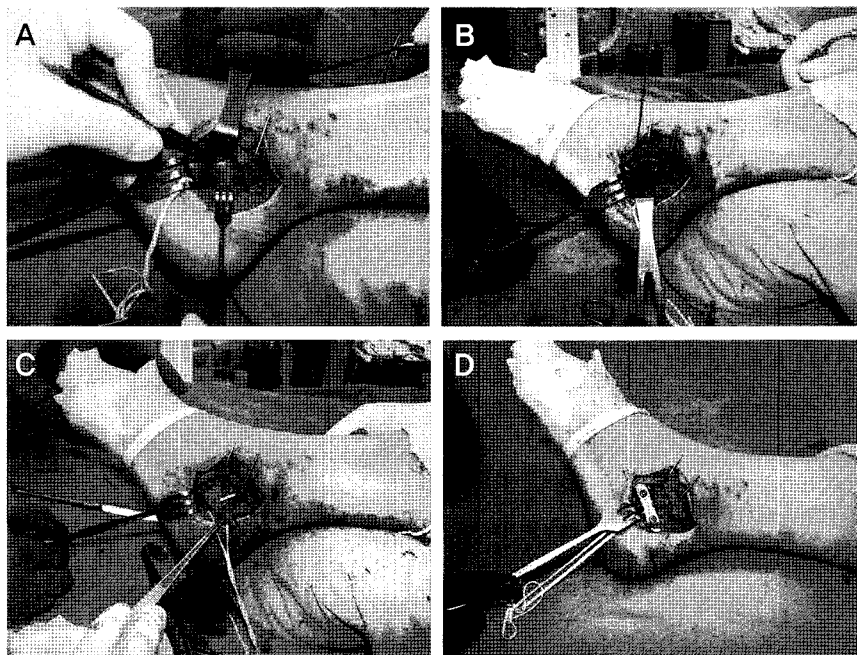


Figure 2. (A) Intraoperative photograph showing depression of posterior facet of the subtalar joint. (B) The large bone defect of calcaneal body after anatomical reduction of posterior articular facet with the cannulated screw. (C) The augmentation using porous hydroxyapatite (BoneMedik™). (D) The rigid fixation with plate after reduction of lateral wall fragments.

8예에서는 후방 관절면의 함몰 정도가 술 전 평균 3.5 mm에서 술 후 최종 추시 시 평균 0.7 mm로, III형 11예에서는 술 전 평균 4.6 mm에서 술 후 평균 1.6 mm로, IV형 1예에서는 술 전 16.8 mm에서 술 후 3.4 mm로 회복되었다.

수술 후 골유합까지의 기간은 평균 12.8주(범위: 11~16주)였으며, 모든 예에서 골유합이 이루어졌다.

AOFAS 점수는 술 후 최종 추시 시 평균 85.2점(범위: 58~96점)으로 우수가 6예, 양호가 10예, 보통이 3예, 불량 1예로 나타나 16예(80%)에서 만족스러운 결과를 보였다(Table 2).

Creighton-Nebraska health foundation의 종골 골절 평가점수는 술 후 최종 추시 시 평균 87.1점(범위: 65~95점)으로 우수가 7예, 양호가 10예, 보통이 3예로 나타나 17예(85%)에서 만족스러운 결과를 보였다(Table 3).

수술 후의 합병증으로 국소 창상감염이 2예, 피부 괴사가 1예, 비복 신경 손상이 1예 있었으며 항생제 투여 및 상처 관리 등의 보존적 치료를 통해 창상 회복을 얻을 수 있

었고, 비복 신경 손상도 약 8개월 정도 경과하여 회복되었다. 그 외에 술 후 지속적인 보행 시의 발목 통증을 호소하였던 1예는 9개월째 촬영한 전산화단층촬영 검사상 거골하 관절염이 확인되어 거골하 관절유합술을 통해 증상 호전을 얻을 수 있었다.

고 찰

족근골 골절 중 가장 흔히 발생하는 종골 골절은 전체 골절 중 약 1~2%의 빈도만을 차지하나, 이중 약 75%가 거골하 관절을 침범하는 관절내 골절로 치료 후 장기적인 기능 장애와 통증, 합병증을 동반하는 경우가 많다. 관절내 종골 골절의 치료 시 특히 전위된 거골하 관절면의 해부학적 정복이 중요하며, 최근 전산화단층촬영 및 수술 수기의 발전에 의해 관절면의 정확한 정복과 견고한 고정이 가능하게 되었다^{7,8)}. 그러나 주로 축성 압박력에 의해 발생하는 손상 기전 및 얇은 골피질과 해면골로 이루어진 구조적 특성상

Table 1. Comparison between Preoperative and Postoperative Böhler angle, Gissane angle (Mann-Whitney test)

	Preoperative	Postoperative	Final follow-up	p-value 1*	p-value 2 [†]
Böhler angle (°)	10.4±8.2	22.6±5.8	21.2±5.6	0.028	0.821
Gissane angle (°)	117.8±10.5	113.5±6.4	114.4±6.1	0.041	0.476

*p-value 1, comparison between preoperative and postoperative; [†]p-value 2, comparison between postoperative and final follow-up.

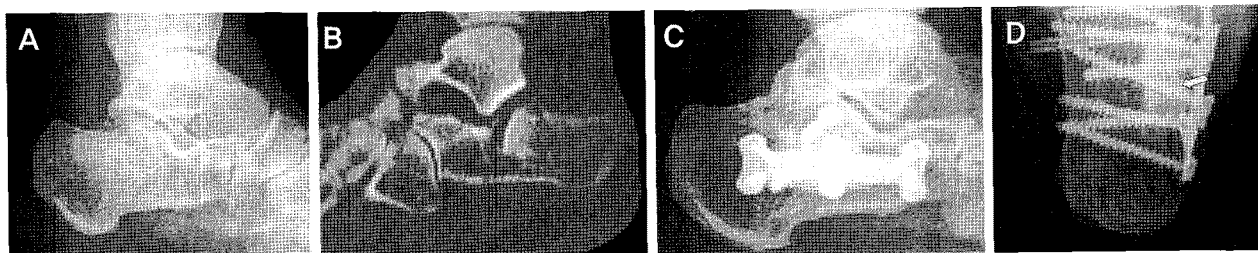


Figure 3. A 45 year-old man fell from 4 m height. (A) Preoperative photograph showing intraarticular calcaneal fracture of joint depression type. (B) Preoperative CT image showing the depression of posterior facet of subtalar joint. (C) Postoperative photograph showing internal fixation using H-plate and cannulated screw. (D) The augmentation using porous hydroxyapatite(arrow).

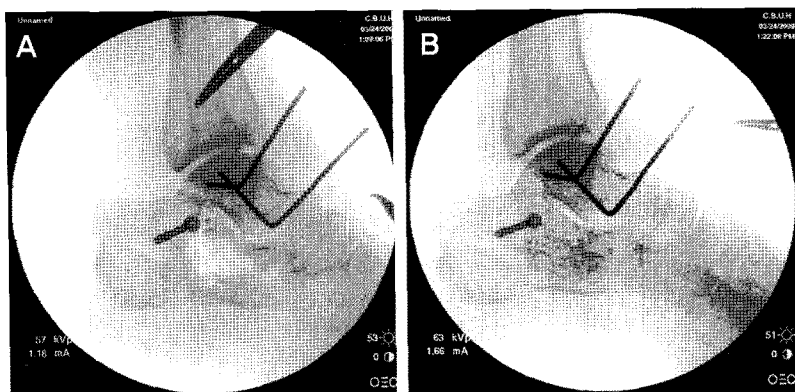


Figure 4. (A-B) Intraoperative fluoroscopes show the size of bone defect and proper placement of bone graft substitute in calcaneus.

Table 2. Clinical assessment using AOFAS ankle-hindfoot score

Grade	Score	Case
Excellent	90-100	6
Good	80-89	10
Fair	65-79	3
Poor	≤64	1

Table 3. Clinical assessment using Creighton-Nebraska health foundation scale

Grade	Score	Case
Excellent	90-100	7
Good	80-89	10
Fair	65-79	3
Poor	≤ 64	0

심한 분쇄와 큰 골결손을 동반하는 경우가 흔하며⁹⁾, 이로 인해 회복되었던 후방 관절면의 높이가 시간에 따라 감소하거나 수술 시 견고한 금속판 내고정이 어려운 경우가 많다. 이에 대한 여러가지 해결책들 중 하나의 방법으로 골이식을 통한 골결손부 보강술이 제시되었으며, 자가골 이식이 대표적인 술식으로 이용되어 왔다. 자가골 이식은 골유도(osteoinduction) 및 골전도(osteoconduction) 효과를 모두 가지고 있는 가장 이상적인 방법으로 우수한 골형성 결과들이 보고되고 있으나, 채취량이 한정되어 있고 감염, 장기간의 동통, 감각이상, 출혈 등 공여부에 발생하는 여러 문제점, 수술시간의 연장 같은 단점을 가지고 있다^{1,2,4)}.

자가골 이식술의 이와 같은 문제점을 극복하기 위해 골이식 대체제를 이용한 골결손부 보강술이 제시되었으며 현재까지 동종골, 이종골, 탈무기물 골기질(DBM), 황산칼슘, 인산칼슘, 수산화인회석 같은 물질들이 사용되어 왔다. 본 연구에서 사용된 다공성 하이드록시 아파타이트는 인체 골조직의 60~70% 정도를 차지하는 무기질 성분으로 해면골과 유사한 미세 다공성 구조를 가지고 있으며, 우수한 생체 적합성 및 골전도 능력이 입증되어 골절이나 골종양 환자의 치료에 활발히 이용되고 있다¹⁻⁵⁾. 골결손 부위에 이식 시 골에 빠르게 생착하며 골아세포를 자극하여 신생골 및 신생혈관 형성을 촉진시키고, 새로운 뼈의 형성을 위한 골격으로 작용한 뒤 서서히 생체 흡수되면서 골 내성장(bone ingrowth)을 통해 그 부위가 신생골로 채워지게 된다¹⁰⁾.

관절내 종골 골절에서 관절면 정복 및 종골의 높이가 회복 후 발생하는 큰 골결손부에 대한 골이식의 필요성에 대해서는 아직도 다양한 이견이 존재하고 있으며^{9,11)}, 표준화된 원칙이 정해지지 않은 상태이다. 골이식을 통해 정복된 관절면을 안정적으로 유지시키고, 골유도 및 골전도

효과를 통해 골유합을 촉진시킬 수 있다는 보고들이 있으며^{6,8,12-16)}, 이에 반해 골이식에 따른 공여부의 합병증과 수술시간의 연장, 종골의 골 구조상 빠른 해면골 형성이 이루어지며, 골이식 없이도 우수한 임상적, 방사선학적 결과를 얻었다는 보고들이 있다¹⁷⁻²²⁾. 또한 후방 관절면 골편의 지연 나사(lag screw) 고정만으로도 관절면의 정복을 유지하는 데 충분하기 때문에 골이식이 꼭 필요한 것은 아니라는 보고도 있다²³⁾.

관절내 종골 골절의 수술적 치료 시 골이식의 명확한 적응증이 정해져 있지는 않으나 골결손이 심해 금속판 고정이 용이하지 않은 경우, 정복된 후방 관절면의 재전위의 가능성이 큰 경우 등이 일반적인 적응증으로 받아들여지고 있다. 골이식의 시행 유무는 골결손의 정도 및 골절 고정의 안정성, 술자의 경험 등을 고려하여 Sanders 등⁹⁾의 주장과 같이 선택적 골이식을 시행하는 것이 옳다고 생각되며, 최근 활발히 사용되고 있는 다양한 골이식 대체제가 선택의 폭을 넓혀 줄 것으로 생각된다. 향후 골결손의 크기에 따른 장기 추시 임상결과 및 거골하 관절면의 이차적 함몰 유무에 관한 추가 연구를 통해 좀 더 명확한 적응증이 제시되어야 할 것으로 생각한다.

최근 다양한 골이식 대체제를 종골 골절의 수술적 치료에 이용한 연구들이 보고되고 있다. 안 등²⁴⁾은 골결손이 큰 전위성 종골 골절에서 주사형 황산칼슘(MIIGTM)을 이용한 보강술을 보고하였으며, 관절면 정복부의 초기 안정화와 금속판 고정에 도움을 준다고 하였다. 유 등²⁵⁾은 이종골(LubocTM)을 이용한 보강술을 통해 최소한의 내고정물 사용으로도 충분히 후관절면의 안정성을 유지할 수 있다고 하였다. Schildhauer 등²⁶⁾은 주사형 인산칼슘(SRSTM bone cement)을 이용한 골결손부 보강술을 통해 우수한 임상결과를 보고하였고, Thordarson 등²⁷⁾은 사체연구를 통해 인산칼슘 시멘트 보강술이 골절부의 압박 저항력을 유의하게 향상시킨다고 하였다.

본 연구에서 사용된 다공성 하이드록시 아파타이트(Bone-MedikTM, Meta-Biomed, Korea)는 산호에서 가공된 면역반응이 없는 생체활성 세라믹으로서 기공률(porosity)은 60~80%, 연결 기공의 크기는 약 400 μm이며, 다음과 같은 여러가지 장점을 가지고 있다. 첫째, 해면골과 유사한 미세 다공성 구조를 가지고 있는 공간 충전물로서 작용하여 연부조직의 골 내부로의 감입을 막고, 골모세포와 혈관의 내성장을 돕는 우수한 골전도체로 작용한다는 점이다. 둘째, 해면골보다 더 높은 강성을 가지고 있어 정복된 거골하 관절면을 유지시키는 내고정물로서의 상당한 강도를 가지며, 상대적으로 조기 체중 부하 보행이 가능하다는 점이다. 셋

째, 고체 상태의 블록(block) 또는 칩(chip) 형태를 가지고 있으며 0.5~30 mm까지의 다양한 크기를 선택할 수 있어 골결손부의 크기와 모양에 맞추어 사용할 수 있고, 골시멘트나 주사형 황산칼슘(MIIG™)에서와 같은 별도의 준비과정 없이 빠른 적용이 가능하여 골이식의 단점인 수술시간의 연장을 최소화할 수 있다는 점이다. 넷째, 방사선 비투과성 물질이므로 보강술 시 C-arm (fluoroscope)을 이용해 골결손부를 정확히 충전시키고, 정복된 관절면을 지탱할 정도의 충분한 양이 이식되었는지도 점검할 수 있다는 점이다. 송 등²²⁾은 골이식 시행 시 이식해야 할 골의 양을 측정하기 어렵고, 과도한 골이식이 해부학적 정복을 방해하는 요소가 될 수 있다고 하였으나, 저자들은 골이식 대체제 보강술 시 C-arm 영상(Fig. 4)을 참고로 이식할 양을 결정함으로써 이와 같은 단점을 보완할 수 있었다. 또한 여타의 골시멘트와는 달리 사용과정에서 발열반응이 전혀 없어 열에 의한 조직손상의 위험성이 낮고, 골이식에 따른 공여부의 합병증이 없다는 점, 질병 전파의 위험성이 없다는 점도 장점이라고 생각된다.

관절내 종골 골절에 대한 수술적 치료 후의 재활은 골절의 양상 및 고정상태에 따라 달라지나, 대부분의 저자들이 술 후 6~8주 이후에 부분 체중 부하 보행을 허용하는 것으로 보고되어 있다^{20,24,25,28)}. 송 등²²⁾은 전위성 종골 골절에서 골이식 없이 관혈적 정복술을 시행한 후 골유합 시까지 수술 직후의 관절면 정복 상태가 유지되어 골이식술이 꼭 필요한 술식은 아니라고 보고하였으며, 문헌조사를 통해 골이식을 시행한 경우의 술 후 체중 부하 시기가 평균 8.36±3.78주로, 골이식을 시행하지 않은 경우의 보편적인 술 후 체중 부하 시기와 비교할 때 약 3~4주 정도의 차이만을 보

인다고 하였다. 본 연구에서는 술 후 4주간 단하지 석고 부목 고정 및 비체중 부하 목발 보행을 하였고, 이후 발목보호대를 착용한 상태로 관절운동 및 부분체중 부하 목발 보행을 시작하였다. 후방 관절면의 시상부 골편과 조면 골편 사이의 고정상태가 불안정하였던 2예를 제외한 모든 환자에서 같은 재활 프로그램을 적용하였으며 특별한 보조기기 없이 술 후 8주경부터 전체중 부하 보행이 가능하였다. 골이식 없이도 우수한 방사선학적, 임상적 결과들을 보고한 다른 연구들¹⁹⁻²²⁾에서 부분 체중부하 보행을 시작하는 시기가 8~10주 이후라는 점과 비교해 다공성 하이드록시 아파타이트를 이용한 보강술이 장점을 가진다고 생각된다. 또한 현재까지 골이식 대체제가 가장 많이 사용되고 있는 원위 요골부 골절 같은 상지의 골간단부 골절과 비교해, 종골은 술 후 체중부하가 필요한 부위이므로 완전한 골유합이 이루어지기 전까지는 가급적 높은 강도를 가지는 골이식 대체제의 선택이 재활을 진행하는 데 더 유리할 것으로 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 비슷한 조건하에서 자가 골 이식을 받은 경우와의 비교연구가 이루어지지 않은 점, 자가골 이식 또는 골이식 대체제 없이 수술받은 경우와의 비교연구가 이루어지지 않은 점이다. Longino와 Buckley²⁹⁾는 관절내 종골 골절의 수술적 치료에 관한 비교연구에서 골이식 여부에 따른 임상적 및 방사선학적 결과에 유의한 차이가 없다고 보고하였고, Tufescu와 Buckley³⁰⁾도 유사한 연구결과를 보고하였다. 그러나 전향적인 무작위 비교연구가 아닌 유사한 골절 양상과 성별, 연령 등을 대응시켜 그 임상결과를 후향적으로 비교한 연구이므로 골이식 여부의 우열을 정확히 비교하기에는 한계가 있다고 생각한다. 본

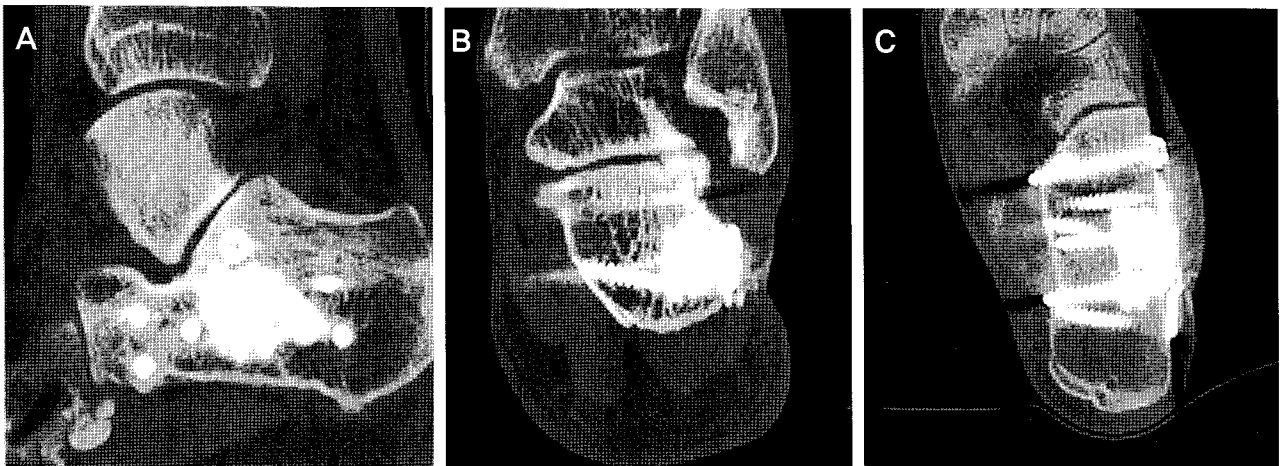


Figure 5. (A-C) CT images at postoperatively 6 months show the maintenance of height of subtalar joint and the resorption of bone graft substitute.

연구에서 골이식 대체제 보강술의 적용 기준으로 정한 후방 관절면 정복 후 2 cm³ 이상의 골결손을 보이는 경우를 대조군(골이식 대체제 보강술을 시행하지 않은 군)에 동일하게 적용하는 전향적 무작위 비교연구가 꼭 필요할 것으로 사료되며, 그 적용기준을 몇 cm³ 이상의 골결손으로 할 때 임상적, 방사선학적 결과에 차이가 생기는데 대한 분석도 필요할 것으로 생각한다. 둘째, 다공성 하이드록시 아파타이트의 골유합능을 단순히 방사선 검사로만 평가한 점이다. 하이드록시 아파타이트의 낮은 방사선 투과성으로 인해 골유합 시기를 판정하기가 쉽지 않았으나, 방사선 측면, 사면 및 축상면 영상을 통해 이식부의 가장자리가 부드럽게 연결되면서 골유합이 완료되는 것을 관찰할 수 있었다. Elsner 등¹²⁾은 주사형 인산칼슘을 이용한 관절내 종골 골절의 수술적 치료 후 이식부의 주기적인 골밀도(osteodensitometry) 측정을 통해 골이식 대체제의 점진적인 생체 흡수 및 골형성 정도를 평가하였고, 내고정물 제거 시 골이식부의 조직학적 분석을 통해 골이식 대체제의 변연부에서부터 재형성 과정을 통한 섬유성 골형성이 이루어진다고 보고하였다. 정상 한국인 종골에서의 골밀도 표준치를 조사한 뒤, 이를 참고치로 하여 술 후 골밀도 추시를 하는 것도 골형성 정도를 파악하는 좋은 방법이라고 생각한다. 이밖에도 본 연구의 몇몇 환자들에서 골유합 및 완전 체중부하 시기의 정확한 판단을 위해 전산화단층촬영 검사를 실시한 결과 이식부와 정상 해면골 사이의 경계가 비교적 명확하게 구분되었으며, 정복된 관절면이 잘 유지되는지, 단순방사선 검사상의 골이식 대체제 흡수영역이 실제로 해면골로 대체되는지 또는 단순한 흡수 후 빈 공간으로 존재하는지도 더 정확하게 판단할 수 있었다(Fig. 5). 향후 다공성 하이드록시 아파타이트 보강술 후의 골유합 시기 및 완전한 생체흡수 시기 등을 더 정확하게 분석하기 위해서는 주기적인 전산화단층촬영 검사 추시가 필요할 것으로 생각한다.

결 론

다공성 하이드록시 아파타이트를 이용한 금속판 내고정술은 관절함몰형 종골 골절에서 골결손 부위를 채워 정복된 거골하 관절면을 유지시키고 골유합을 돕는 효과적인 치료 방법 중의 하나라고 생각된다. 향후 다공성 하이드록시 아파타이트 충전 부위의 방사선학적 변화에 대한 장기적 추시 및 조직학적 분석이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Jung ST, Song EK, Lee JJ, Seon JK, Park YC. The use of hydroxyapatite in the treatment of benign bone lesions. *J Korean Musculo Tissue Trans Soc.* 2003;3:8-14.
5. Huber FX, Hillmeier J, McArthur N, Kock HJ, Meeder PJ. The use of nanocrystalline hydroxyapatite for the reconstruction of calcaneal fractures: preliminary results. *J Foot Ankle Surg.* 2006;45:322-8.
6. Sanders R, Fortin P, Dipasquale T, Walling A. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop.* 1993;290:87-95.
7. Crosby LA, Fitzgibbons T. Computerized tomography scanning of acute intra-articular fractures of the calcaneus. A new classification system. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:852-9.
8. Leung KS, Yuen KM, Chan WS. Operative treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneum. Medium-term results. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75:196-201.
9. Barei DP, Bellabarba C, Sangeorzan BJ, Benirschke SK. Fracture of the calcaneus. *Orthop Clin North Am.* 2002;33:263-85.
10. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:454-64.
11. Sanders R, Gregory P. Operative treatment of intraarticular fractures of the calcaneus. *Orthop Clin North Am.* 1995;26:203-14.
12. Elsner A, Jubel A, Prokop A, Koebke J, Rehm KE, Andermahr J. Augmentation of intraarticular calcaneal fractures with injectable calcium phosphate cement: densitometry, histology, and functional outcome of 18 patients. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44:390-5.
13. Fernandez DL, Koella C. Combined percutaneous and "minimal" internal fixation for displaced articular fractures of the calcaneus. *Clin Orthop.* 1993;290:108-16.
14. Hutchinson F, Huebner M. Treatment of os calcis fractures by open reduction and internal fixation. *Foot Ankle Int.* 1994;15:225-32.
15. Leung KS, Chan WS, Shen WY, Pak PP, So WS, Leung PC. Operative treatment of intraarticular fractures of the os

- calcis-the role of rigid internal fixation and primary bone grafting: preliminary results. J Orthop Trauma. 1989;3: 232-40.*
16. **Stephenson JR.** *Surgical treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. A combined lateral and medial approach. Clin Orthop. 1993;290:68-75.*
 17. **Abidi NA, Dhawan S, Gruen GS, Vogt MT, Conti SF.** *Wound-healing risk factors after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. Foot Ankle Int. 1998;19: 856-61.*
 18. **Huang PJ, Huang HT, Chen TB, et al.** *Open reduction and internal fixation of displaced intra-articular fractures of the calcaneus. J Trauma. 2002;52:946-50.*
 19. **Kerr PS, Pape M, Jackson M, Atkins RM.** *Early experiences with the AO calcaneal fracture plate. Injury. 1996;27:39-41.*
 20. **Kim ST, Youn TH, Park JB, Lee JY.** *Surgical outcomes of intra-articular fractures of calcaneus using AO calcaneal plate. J Korean Foot Ankle Soc. 2009;13:75-9.*
 21. **Soeur R, Remy R.** *Fractures of the calcaneus with displacement of the thalamic portion. J Bone Joint Surg Br. 1975;57: 413 -21.*
 22. **Song KS, Jeon SY, Chun JH.** *The Radiologic evaluation of treatment outcome in intraarticular calcaneal fracture by open reduction without bone graft. J Korean Fracture Soc. 2002;15:226-33.*
 23. **Letournel E.** *Open treatment of the intra-articular calcaneal fracture. Clin Orthop. 1993;290:60-7.*
 24. **Ahn SJ, Kim BH, Song MH, Yoo SH, Seo SH.** *The operative treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture with injectable calcium sulfate (MIIG™). J Korean Foot Ankle Soc. 2007;11:221-5.*
 25. **Yoo MJ, Lyu SJ, Lee SC, et al.** *Operative treatment with open reduction and heterogenous bone graft to the acute displaced intra-articular calcaneus fractures. J Korean Fracture Soc. 1998;11:611-6.*
 26. **Schildhauer TA, Bauer TW, Josten C, Muhr G.** *Open reduction and augmentation of internal fixation with an injectable skeletal cement for the treatment of complex calcaneal fractures. J Orthop Trauma. 2000;14:309-17.*
 27. **Thordarson DB, Hedman TP, Yetkinler DN, Eskander E, Lawrence TN, Poser RD.** *Superior compressive strength of a calcaneal fracture construct augmented with remodelable cancellous bone cement. J Bone Joint Surg Am. 1999;81: 239-46.*
 28. **Chung HJ, Ahn JK, Bae SY, Jung H.** *Operative treatment of intraarticular calcaneal fractures using extensile lateral approach. J Korean Foot Ankle Soc. 2009;13:60-7.*
 29. **Longino D, Buckley RE.** *Bone graft in the operative treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures: is it helpful? J Orthop Trauma. 2001;15:280-6.*
 30. **Tufescu TV, Buckley R.** *Age, gender, work capability, and worker's compensation in patients with displaced intra-articular calcaneal fractures. J Orthop Trauma. 2001;15: 275-9.*