

동결 동종골의 구조적 삽입을 이용한 거골하 신연 유합술

가천의과학대학교 길병원 정형외과

최장석 · 박지훈 · 전성수 · 박흥기

Subtalar Distraction Arthrodesis Using Frozen Allobone Graft by Interpositional Structural

Jang-Seok Choi, M.D., Ji-Hoon Kwak, M.D., Sung-Soo Jun, M.D., Hong-Gi Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Gil Hospital, Gacheon University of Medicine and Science, Incheon, Korea

=Abstract=

Purpose: Subtalar distraction arthrodesis is useful treatment option for restore hindfoot alignment. but, using structural autograft have high risk of donor site morbidity. Recently, by replacing the structural allograft has been reported satisfactory clinical results. Therefore, the authors reviewed the results of subtalar distraction arthrodesis using a structural allograft, retrospectively.

Materials and Methods: From January 2008 to May 2010, 12 patients (12 feet; 9 male, 3 female) underwent subtalar distraction arthrodesis using frozen structural allograft. 9 cases were calcaneal malunion, 2 were nonunion or malunion after subtalar arthrodesis, 1 was other cause. Mean age was 38.9 (12~66) years old and follow up period was 16.5 (12~36) months. Surgical was performed with posterolateral approach and tricortical allobone block of frozen femoral neck was used. Analysis was done with retorspective manner to evaluate preoperative, postoperative, and final follow up radiologic measurement and AOFAS ankle-hindfoot scale.

Results: There was statistically significant increase ($p<0.05$) of ankle-hindfoot scale from preoperative 27.5 points to postoperative 72.5 points, talocalcaneal height by 6.62 mm, calcaneal pitch angle by 5.73 degrees, lateral talocalcaneal angle by 6.38 degrees and significant decrease ($p<0.05$) of tali-1st metatarsal angle by 5.23 degrees. 11 feet (91.7%) acquired bony union and it takes average 5.1 months. Final post-operative result revealed talocalcaneal height changed by 2.57 mm, calcaneal pitch angle, lateral talocalcaneal angle, talar-1st metatarsal angle were changed by 2.63 degrees, 1.62 degrees, 1.18 degrees, respectively ($p<0.05$). 3 cases of partial osteonecrosis of posterior facet of calcaneus were observed in operation field, 4 cases of complication were developed (1 case of nonunion, 1 collapse of allobone graft, 1 screw loosening, 1 superficial skin necrosis).

Conclusion: Subtalar distraction arthrodesis using frozen structural allobone graft is useful alternative treatment method of arthrodesis with structural autobone graft.

Key Words: Subtalar distraction arthrodesis, Structural allograft, Frozen graft, Calcaneal fracture

Received: October 11, 2011 Revised: November 7, 2011
Accepted: November 15, 2011

• **Hong-Gi Park, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Gil Hospital, Gacheon University of Medicine and Science, 1198 Guwol-dong Namdong-Ku, Incheon 405-760, Korea
Tel: 017-332-8729 Fax: 032-468-5437
E-mail: phk@gilhospital.com

서 론

종골 골절 후에 흔히 발생하는 거골하 관절염, 실패한 거골하 골유합술, 종골 또는 거골의 골괴사, 만곡족의 만기 후 유증은 종골체의 높이 감소, 중비골 받침대 및 종아치의 편평화, 전방 경거비 충돌, 족관절 배굴 제한 등을 초래하며

이 들의 치료법으로 거골하 신연 유합술은 단순 유합술과 달리 후족부 해부학적 구조를 복원하여 기능회복, 통증 경감이 가능한 유용한 수술방법이다.^{1,2)}

신연 유합술에서 거골하 관절내 구조적 골 삽입은 수술 과정에서 종골 외측벽을 골절제하여 사용 가능하다고 하나²⁾ 골의 질적 상태와 채취할 수 있는 골 크기를 고려할 때 부적합하여 일반적으로 장골능에서 채취한 자가 삼면 피질 골편이 보편적으로 사용되지만 공여부의 감염, 창상 문제, 잔여동통, 감각소실 등 합병증 발현가능성이 높다.³⁾ 그리고 대체재로 동종골은 자가골에 비해 저조한 유합률, 골 붕괴 가능성, 감염 전파 등 여러 부작용으로 사용이 자제되었으나 최근에 신선 동결 대퇴 골두를 이용하여 만족스러운 치료결과를 보고하고 있다.^{4,5)}

이에 저자는 거골하 관절에 동결 동종골을 구조적 삽입하여 치료 결과를 후향적으로 분석하여 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상 및 방법

2008년 1월부터 2010년 5월까지 중앙 길병원 족부외과에서 종골 골절 및 심한 거골하 관절통, 종아치의 소실, 종골의 높이 감소, 족관절 배굴 감소, 족관절 전방 충돌 증후군 등의 증상을 호소한 환자 중 종골 골절 후 수술을 시행하지 않은 부정유합 9예, 거골하 관절 유합술을 시행하였으나 부정유합 또는 불유합이 발생한 2예, 후족부 기형으로 거종골 유합술을 시행하였으나 실패한 1예에서 구조적 동종골을 삽입하여 신연 유합술을 시행하였던 총 12예 환자를 대상으로 후향적 연구를 시행하였으며 평균 추시 기간은 평균 16.5개월(12-36개월)이었다.

인적 구성에서 남자 9예, 여자 3예, 평균 나이는 38.9세(14-62세)였으며 우측 4예 좌측 8예였다. 스테로이드를 사용한 병력은 없었으며, 당뇨병 1예, 흡연 4예, 습관성 알콜 섭취 2예였다. 최초 수상후 거골하 신연 유합술까지의 기간은 평균 27.7개월(3-96개월)이었다.

거골 및 종골의 골괴사 유무는 수술 시야에서 지혈대를 풀고 연골하골에서 출혈 유무로 판단하였다.⁶⁾ 동결 대퇴 골두는 DIZG (German Institute for Cell and Tissue Replacement) 사 제품을 사용하였다. 그리고 골형성 촉진제(bone morphogenic protein, BMP; platelet rich plasma, PRP)는 사용하지 않았다.

모든 환자는 임상적 결과를 판별하고자 AOFAS ankle-hindfoot scoring system을 사용하였으며,^{7,8)} 술후 최고

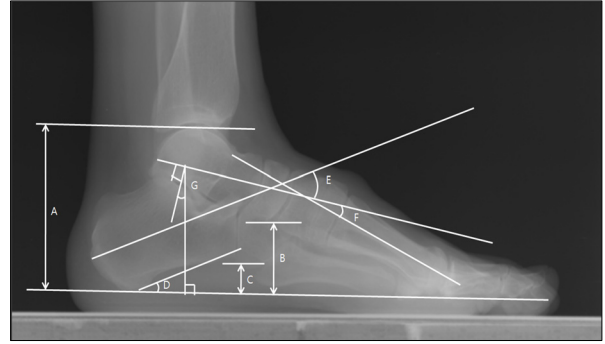


Figure. 1. Radiologic demonstrating the objective radiographic measurements. (A) talocalcaneal height, (B) naviclat-to-floor distance, (C) cuboid-to-floor distance, (D) calcaneal pitch angle, (E) lateral talocalcaneal angle, (F) talar-1st metatarsal angle, (G) talar declination angle.

점수는 거골하 관절 유합으로 운동제한을 초래하므로 94점으로 하였고, 운동영역은 측각도계로 측정하고, 족관절 및 후족부의 정렬은 체중부하상태에서 후방 촬영으로 판단하였으며,⁸⁾ 감각의 변화를 확인하였다.

방사선적 분석(Fig. 1)은 체중부하 상태에서 족부 측면촬영으로 거-종골 높이(talocalcaneal height, A), 거-종골각(lateral talocalcaneal angle, E), 거골 경사각(talar declination angle, G), 거-중족골각(talar-1st metatarsal angle, F)를 측정하여 시상면에서 정렬상태를 확인하였다.⁸⁾ 술전 및 술후 체중부하 이전 그리고 최종 추시 단순 방사선 사진에서 의료영상저장전송시스템 (PACS)를 이용하여 계측 비교하였다. 거-종골 높이는 종골의 기저부에서 거골체까지의 거리, 거-종골각은 거골의 장축과 종골의 장축이 이루는 각, 거골 경사각은 지면에 수직인선과 거골의 중심선에 수직인선이 이루는 각, 거-1중족골각은 거골의 장축과 제1 중족골의 중간선(midline)사이 각으로 하였다. 골유합까지 기간은 임상적으로 후족부의 부종 및 발열 소실,⁴⁾ 방사선적으로 거골과 종골 그리고 동종골 사이에 망상 가교 형성⁹⁾이 나타나는 시기로 하였다.

통계학적 분석은 비모수 검정(Wilcoxon 검정)을 이용하였으며 SPSS software v12.0을 이용하였다.

2. 수술 방법

환자는 압박성 지혈대를 착용하며 측외위 자세를 취하고 금속판 제거를 시행하였으며 수술적 도달법은 후외측 도달법¹⁰⁾으로 피부의 종결개는 상부는 아킬레스건의 전방에서 시작하여 금속 내고정물이 없는 경우 비복신경의 후방을 따라 진행하며 절개 원위부에서는 전방으로 향하여 거골하

관절의 접근이 용이하도록 하였다. 비복신경은 피하층에서 분리하여 절개면 전방으로 이동시켜 손상을 예방하였다. 그리고 종골의 후관절면의 외측에 돌출된 골극을 제거, 비골하와를 회복하여 비골건의 압박을 방지하였다. 영상 증폭 장치를 이용 거골하 관절면을 확인후 절골도를 이용 거골하 관절내로 삽입하여 공간을 확보한 후 lamina spreader를 견인장치로 이용, 족근동에 삽입, 관절면을 견인하여, 여러 기구를 이용 관절의 내측면을 충분히 유리시켰다. 거골하 관절의 남겨진 연골 및 경화성, 무혈성 골을 제거한 후 지혈대를 풀어 연골하 출혈을 확인하여 건강한 연골하골이 노출되었는지 확인하였다. 사골 제거에 따른 종골의 골 결손부위는 종골 외측부에서 제거한 골로 채웠다. 그리고 toothed lamina spreader를 거골하 관절의 내측면에 삽입하여 과전인한 상태로 15분 정도 유지하여 거골하 관절의 조작이 용이하도록 하였으며, 거골하 관절은 가능한 관상면상 중립 또는 경도의 외반 상태로 유지하였다. 이는 수술 중 방사선 투사기를 이용하여 측면상과 40도 Brodens view로 축상 거종골간 정렬¹¹⁾로 확인하였다.

동중 대퇴 경부의 후 내측부에서 계측된 크기의 내측 및 후측이 좀 더 길게 한 사다리꼴 형을 얻어 이를 거골하 관

절면에 삽입 한 후 영상 증폭 장치를 이용하여 후측부 높이 및 정렬을 재차 확인하고, 6.5 mm 부분 나사형 종골 나사 못 유관나사를 종골 후외측과 전경골건 전내측에서 각각 삽입하였다. 후 관절면의 족근동에 종골 외측부에서 얻은 골의 일부를 삽입하였다(Fig. 2). 그리고 피부봉합과 배액관을 유지하였다. 술후 단하지 부목을 유지하며 부종이 감소하면 단하지 석고로 교체하여, 평균 12주를 유지하였고 그 후 부분 체중 부하는 허용하였으며 전 체중부하 시기는 거골하 관절 유합이 완료될 때까지 보류하였다. 이후 환자의 수술의 부작용을 확인하였다.

결 과

본 연구에서는 1년 이상의 추시가 가능하였던 12명(남성 8명, 여성 4명)의 환자를 대상으로 시행하였으며 평균 추시기간은 16.5개월(12-36개월)이었다. 전체 12예 중 3예에서 수술시야의 골괴사가 관찰되었으며 11예(91.7%)에서 평균 22.1주(9~51주)에 임상적 및 방사선학적 골유합을 관찰할 수 있었다. 평균 AOFAS hindfoot score (최고 94점)는 술전 27.5점(9~60점)에서 최종추시 72.5점(64~91점)으

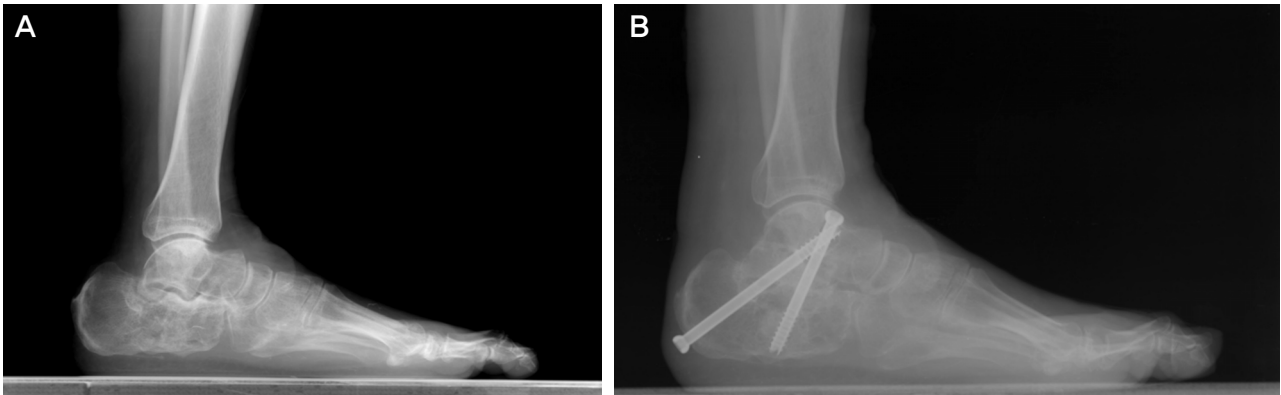


Figure 2. 37 years old female, she was taken subtalar distraction arthrodesis for malunion of Lt. calcaneus fracture. (A) Preoperative lateral radiograph of ankle, (B) postoperative lateral radiograph of ankle.

Table 1. Radiologic Result

	Talocalcaneal height	Navicular-to-floor distance	Cuboid-to-floor distance	Calcaneal pitch angle	Lateral talocalcaneal angle	Talar-1st metatarsal angle	Talar declination angle	AOFAS
Preop	68.2±8.2 (56.1~80.6)	29.6±7.1 (19.0~40.9)	9.6±4.9 (3.2~17.7)	17.2±5.9 (9.7~29.0)	23.2±11.9 (-0.2~37.6)	17.8±8.7 (6.2~34.0)	5.6±5.5 (-1.8~16.1)	27.5±19.6 (3~60)
Postop	74.8±7.6 (62.7~87.1)	35.4±4.9 (27.5~43.0)	12.6±6.5 (2.8~21.2)	23.0±6.2 (15.0~36.4)	29.6±9.8 (13.1~40.8)	12.6±8.3 (2.5~21.7)	10.8±6.5 (3.2~22.2)	N/A
Final follow up	72.3±7.5 (61.5~84.5)	34.3±5.2 (27.0~43.6)	11.7±5.8 (2.7~19.9)	21.2±6.4 (15.0~35.6)	27.9±9.2 (10.3~38.3)	13.8±7.9 (3.0~30.0)	9.2±5.8 (0.5~19.5)	72.5±8.4 (64~91)

AOFAS, american orthopaedic foot and ankle society.

로 유의하게 증가하였다. 평균 거-종골 높이는 술전 68.2 mm (56~81 mm)에서 술후 74.8 mm (63~81 mm), 최종추시 72.3 mm (62~85 mm)로 증가하였으며, 평균 거-종골각은 술전 23.2도(10~29도)에서 술후 29.6도(13~41도), 최종추시 27.2도(10~38도)로 증가하였다. 평균 거골 경사각은 술전 5.6도(-1.8~16도)에서 술후 10.8도(3~22도), 최종추시 9.0도(1~18도)로 증가하였다. 통계학적 분석 결과 측정항 모든 값에 대하여 통계학적으로 유의성이 있었다(Table 1).

합병증으로는 불유합이 1예에서 관찰되어 술후 13개월째 자가골(장골)을 이용한 골이식술을 시행하여 유합을 얻었으며 방사선학적 및 임상적으로 좋은 결과를 나타내었다. 또한 동종골 봉괴가 1예에서 관찰되었으나 임상적 증상 호전되어 추가적인 수술을 시행하지 않았으며, 1예에서는 수술 후 2개월에 4 mm의 고정나사못의 후외측 돌출이 관찰되었으나 유지하였다가 3.5개월 후 골유합을 얻은 후에 제거하였다. 술후 비복신경의 손상은 관찰되지 않았으나 당뇨환자 1예에서 절개부 피부 부분 괴사가 관찰되었으나 보존적 치료로 호전되었다.

고 찰

거골하 신연 유합술의 적응증으로 후족부의 높이 감소를 포함한 종골 부정유합에 의한 외상성 거골하 관절염, 실패한 거골하 관절 유합술, 잔여 내반척추변형 등이며 구조적 골편을 거골하 관절에 삽입하여 후족부의 높이 및 거종골각, 거골 경사각등을 회복하여 만족스러운 후족부의 정렬을 얻을 수 있다.^{1,2,12} 그리고 후족부 뒤꿈치 높이의 복원은 후족부의 압력을 감소시켜 정상적 압력전이패턴으로 복귀, 임상증상이 호전된다.¹³ 그러나 거골하 신연 유합술은 술기의 어려움 및 창상감염, 신경통, 금속고정물의 돌출, 내반 정렬등을 유발할 수 있으며,^{14,15} 장골능에서 자가 삼면 피질골 채취는 공여부의 감염, 잔존 통증, 감각 제한, 수술 시간의 연장, 미용적 불만족 등의 문제점^{3,13,15}을 야기한다. 이러한 자가골 공여부 이환의 해결책으로 최근에 신선 동결 대퇴경부를 이용한 삽입형 구조적 이식술이 점차 보고되고 있다.^{4,5,8}

일반적으로 동종골은 골조직의 외형 및 기질을 공급하지만 살아있는 세포를 이식할 수 없고 골유합도 늦고, 면역반응 등을 유발하여 골유도기가 자가골에 비해 지연되고 구조적으로 혈관재형성 동안 취약하며, 감염 전파의 문제점이 보고되고 있다.¹⁶

자가골에 의한 신연 유합술에서의 유합률은 일반적으로 87%에서 100%까지 보고하고 있는데,^{8,14,17,18} 동종골에 의

한 신연 유합술에서 Zsacki¹⁹는 3예(3/10) 불유합, Myerson 등⁴은 28예에서 1예 불유합, 6예 지연유합, Garras 등²⁰은 2예(2/21)에서 불유합을 Trnka 등⁸은 불유합 5예 중 4예에서 동종골에 의한 불유합을 보고하여 비록 제한된 예지만 불유합의 빈도가 높다. 이러한 이유는 동종골 자체 문제점 이외에 위험요인으로 흡연, 당뇨, 스테로이드 사용, 재수술 등,^{21,22} 그리고 거종골의 골괴사와 수술 과정상 건강한 연골하골의 노출의 실패가 제시되고 있다. 골괴사는 술전 방사선 검사 또는 수술 시야에서 확인 가능하고⁶ 빈도는 Myerson⁴은 5례(5/28), Trnka 등⁸은 5예(5/41)를 보고하고 있으며 유합을 방해하는 주원인이다. 만일 골괴사가 존재하거나, 연골하골의 출혈이 불충분하면 외부 골 자극기, BMP, PRP 등을 병용하며, 견고한 고정을 유지하고 체중부하시기를 관절 유합 시까지 연기할 것을 권유하였다.²³ 특히 동종골을 이용하는 경우 유합율을 높이기 위해 수술과정에서 철저히 경화된 골 및 사골을 제거하여 건강한 연골하골의 노출이 전제되어야 한다.⁸ 이때 생존 가능한 숙주세포의 손상을 예방하고자 고속바, 골약사는 사용하지 않아야 한다.²³ 이러한 적극적 치료로 최근 보고에는 방사선적 거골하 관절 유합 기간이 평균 15.5주로^{4,20} 자가골에 의한 경우 평균 14.5주와⁸ 큰 차이가 없었다고 보고하고 있다.^{4,24} 저자는 수술 시야에서 거골측 유합면의 연골하골의 출혈 정도는 전 예에서 양호하였으나 종골측 후관절 유합면은 3예에서 부분적으로 연골하골의 출혈이 안 되었으며, 사골 제거 시 종골하부의 골절에 의한 골결손 부위와 연결되어 있었다. 그리고 대부분 2개의 유합면 중 종골면의 관절 유합기간이 길고 골 연결정도가 저조한 이유는 대부분 예에서 종골의 후관절면의 분쇄정도가 심하여 연골하골의 상태가 불량하고 사골을 포함하며, 사골에 대한 불안정한 처리, 동종골의 신선도의 부족, 골형성 촉진제 등을 삽입하지 못한점, 내과적인 만성 소모성 질환이나, 흡연 등이 관련이 있다고 생각한다. 본 연구에서 관절의 유합기간은 평균 22주로 다른 연구의 평균 11~19주에 비해 길었다.²⁰

그리고 동종골의 취약함에 대하여 Neufeld 등²³에 의하면 피질골이나 피질해면골의 구조적 이식골은 이식 직후 상태에서는 단단하나 유합과정에서 불가피하게 약해져 수개월 또는 수년 후에는 피로골절이 발생할 수 있다고 하였으나 Myerson 등⁴은 75예의 신선 동종골을 이용한 족부 수술에서 3.5년의 추시기간 동안 이식골 흡수 또는 침강은 없어 붕괴 가능성이 적다고 보고하였고, 또한 Garras 등²⁰은 동종골에 의한 신연 유합술에서 술후 직후 및 최종 추시 방사선 결과의 비교에서 후족부 정렬 소실의 정도가 자가골의 결과와 비교하여 크지 않다고 하였다. 일반적으로 자

가골의 경우, 삼면 피질골편이 1개 또는 2개에 따라 체중부 하과정에서 거골하 관절 내에서 고정되어 1~4 mm 정도의 후측부 높이 감소를 보고하였다.^{8,18)} 본 예에서는 수술 후 거-종골 높이의 회복이 평균 6.6 mm, 종골경사각이 평균 5.8 mm 증가하였으나 최종 추시시의 거-종골 높이 소실 정도가 평균 2.5 mm, 종골 경사각의 높이 소실 정도가 평균 1.8 mm로 신선 동결 구조적 동종골 이식술의 1.5 mm 및 1.4 mm 감소²⁰⁾보다 크게 나타났으며, 1예에서 동종골의 붕괴를 경험하였다.

거골하 관절면의 골유합에서 슬후 임상적 만족도와 슬후 족부 변형은 높은 상관관계가 있어 부정유합은 지연유합에 비해 잠재적으로 위험하다.²⁵⁾ 거골하 유합술의 부작용으로 증상이 있는 내반 및 외반 정렬은 심각한 문제를 야기하며 빈도는 6%까지 보고되고 있으며²⁶⁾ 신연 유합술에서 주로 외반 변형이 발생할 수 있으므로 수술과정에서 예방하여야 한다. 내반 변형이 발생하는 경우 내측부에 편측 편 견인기를 이용하여 교정하도록 권유하고 있다.⁸⁾ 저자는 수술 과정에서 거골하 관절의 내측부를 충분히 유리하였고, 거골하 관절의 내측부를 좀 더 골제거를 하였고, 삽입골의 디자인 과정에서 내측 및 후측을 높게 하였고, 동종골 삽입당시 tooth lamina spreader를 후관절면의 내측에 위치시켜 내반을 예방하고자 노력하였다.

동종골에 의한 질별 전파에 대하여 혈행 전파 원인균의 전파 가능성은 없다고 할 수 있으며²⁷⁾ 족부의 구조적 동종골에 의한 감염에서 심부 감염률은 2.5~5% 정도이다.^{26,28)} Myerson 등⁴⁾은 73예 중 2예(2.7%)에서 심부 감염이 발생하였으나 동종골과 무관하였다고 하였으며 Garras 등,²⁰⁾ Maenpaa 등,²⁵⁾ UCLA Medical Center²⁹⁾의 연구에서는 발생하지 않았다. 본 예에서는 당뇨 환자 1예에서 절개부위 부분적 피부 괴사가 발생하였으나 보존적 치료로 호전되어 2개월 후 봉합사를 제거하여 치료하였다.

구조적 삽입골의 공여부는 일반적으로 장골능이지만, 종골 외측부에서 외측 절골술로 얻어진 골도 가능하나 구조적 형태의 재건이 어렵다.²⁾ 따라서 Myerson 등은 삼피질해면골을 채취하기 위한 동종골 부위로 대퇴를 권유하였다.^{4,20)} 저자도 대퇴 경부를 이용하였으며 골의 신선도 정도는 다양하여 가능하면 제조일을 미리 확인하여 사용 여부를 결정하여야 한다.

수술적 도달법은 후측방 도달법,¹⁰⁾ 광범위한 외측 도달법, 후방 도달법²⁵⁾이 제시되고 있다. 후측방 도달법은 장점으로 거-종골 높이 및 외측 거-종골각의 교정이 용이하나, 종입방 관절에 접근이 어렵고, 수술도중에 내반 변형을 유발할 가능성이 있다.¹⁵⁾ 광범위한 외측 도달법은 외측의 노

출이 용이하고 후측부 부정정렬을 교정하기 쉬운 반면 신연으로 창상의 괴사, 봉합의 어려움 등의 문제점이 있다.³⁰⁾ 후방 도달법은 이전 절개선을 피하여 아킬레스건을 이분하여 거골하 관절에 접근할 수 있다. 저자는 전 예에서 후외측 도달법을 사용하였으며 거골하 관절면의 후관절면의 접근이 용이하도록 비복신경의 후방을 따라 절개하였다.

저자들의 경우 동결 동종골의 구조적 삽입을 이용한 거골하 신연 유합술을 시행하여 만족할만한 결과를 나타내었으나, 더 많은 증례와 장기간의 추시 관찰이 필요할 것으로 생각한다.

결 론

동종골의 구조적 삽입을 이용한 거골하 신연 유합술은 자가골을 이용한 신연 유합술에 비해 유합기간이 길거나 이식골의 붕괴의 가능성 있으나, 자가골 채취부의 이환율을 감소시키고 만족할만한 교정을 얻을 수 있는 장점이 있어 자가골의 구조적 삽입을 이용한 거골하 신연 유합술을 대체할 수 있는 치료의 한 방법이다.

REFERENCES

1. **Chen YJ, Huang TJ, Hsu KY, Hsu RW, Chen CW.** Subtalar distraction realignment arthrodesis with wedge bone grafting and lateral decompression for calcaneal malunion. *J Trauma.* 1998;45:729-37.
2. **Clare MP, Lee WE 3rd, Sanders RW.** Intermediate to long-term results of a treatment protocol for calcaneal fracture malunions. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:963-73.
3. **Silber JS, Anderson DG, Daffner SD, et al.** Donor site morbidity after anterior iliac crest bone harvest for single-level anterior cervical discectomy and fusion. *Spine.* 2003;28:134-9.
4. **Myerson MS, Neufeld SK, Uribe J.** Fresh-frozen structural allografts in the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:113-20.
5. **Neufeld SK, Uribe J, Myerson MS.** Use of structural allograft to compensate for bone loss in arthrodesis of the foot and ankle. *Foot Ankle Clin.* 2002;7:1-17.
6. **Easley ME, Tmka HJ, Schon LC, Myerson MS.** Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:613-24.
7. **Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M.** Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15:349-53.
8. **Tmka HJ, Easley ME, Lam PW, Anderson CD, Schon LC, Myerson MS.** Subtalar distraction bone block arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83:849-54.
9. **Buch BD, Myerson MS, Miller SD.** Primary subtalar arthro-

- desis* for the treatment of comminuted calcaneal fractures. *Foot Ankle Int.* 1996;17:61-70.
10. **Johansson JE, Harrison J, Greenwood FA.** Subtalar arthrodesis for adult traumatic arthritis. *Foot Ankle.* 1982;2:294-8.
 11. **Zwipp H.** *Chirurgie des Fußes.* New York: Springer-Verlag. 1994. 171-216.
 12. **Myerson MS.** Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted fractures of the calcaneus. *Orthop Clin North Am.* 1995;26:215-27.
 13. **Banwart JC, Asher MA, Hassanein RS.** Iliac crest bone graft harvest donor site morbidity. A statistical evaluation. *Spine.* 1995;20:1055-60.
 14. **Myerson M, Quill GE Jr.** Late complications of fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75:331-41.
 15. **Ahlmann E, Patzakis M, Roidis N, Shepherd L, Holtom P.** Comparison of anterior and posterior iliac crest bone grafts in terms of harvest-site morbidity and functional outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A:716-20.
 16. **Burwell RG, Friedlaender GE, Mankin HJ.** Current perspectives and future directions: the 1983 Invitational Conference on Osteochondral Allografts. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;(197):141-57.
 17. **Rammelt S, Grass R, Zawadski T, Biewener A, Zwipp H.** Foot function after subtalar distraction bone-block arthrodesis. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86:659-68.
 18. **Chan SC, Alexander IJ.** Subtalar arthrodesis with interposition tricortical iliac crest graft for late pain and deformity after calcaneus fracture. *Foot Ankle Int.* 1997;18:613-5.
 19. **Zasacki W.** The efficacy of application of lyophilized, radiation-sterilized bone graft in orthopedic surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(272):82-7.
 20. **Garras DN, Santangelo JR, Wang DW, Easley ME.** Subtalar distraction arthrodesis using interpositional frozen structural allograft. *Foot Ankle Int.* 2008;29:561-7.
 21. **Glassman SD, Anagnost SC, Parker A, Burke D, Johnson JR, Dimar JR.** The effect of cigarette smoking and smoking cessation on spinal fusion. *Spine.* 2000;25:2608-15.
 22. **Pertman MH, Thordarson DB.** Ankle fusion in a high risk population: an assessment of nonunion risk factors. *Foot Ankle Int.* 1999;20:491-6.
 23. **Neufeld SK, Uribe J, Myerson MS.** Use of structural allograft to compensate for bone loss in arthrodesis of the foot and ankle. *Foot Ankle Clin.* 2002;7:1-17.
 24. **Chapman MW, Rodrigo JJ.** Bone grafting, bone graft substitutes, and growth factors. In: Chapman MW, ed. *Chapman's orthopaedic surgery.* 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Williams & Wilkins; 2001. 181.
 25. **Maenpaa H, Lehto MU, Belt EA.** What went wrong in triple arthrodesis? An analysis of failures in 21 patients. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;391:218-23.
 26. **Flemister Jr AS, Infante AF, Sanders RW, Walling AK.** Subtalar arthrodesis for complication of intra-articular calcaneal fractures. *Foot Ankle Int.* 2000;21:392-9.
 27. **Dziedzic-Goclawska A, Kaminski A, Uhrynowska-Tyszkiewicz I, Stachowicz W.** Irradiation as a safety procedure in tissue banking. *Cell Tissue Bank.* 2005;6:201-19.
 28. **Thermann H, Hufner T, Schratz E, Held C, von Glinski S, Tscheme H.** Long-term results of subtalar fusions after operative versus nonoperative treatment of os calcis fractures. *Foot Ankle Int.* 1999;20:408-16.
 29. **Baravarian B.** Block distraction arthrodesis for the treatment of failed calcaneal fractures. *Clin Podiatr Med Surg.* 2004;21:241-50.
 30. **Chung HJ, Bae SY, Lee HS.** Subtalar distraction two bone-block arthrodesis for calcaneal malunion. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2009;13:68-74.