

심한 후족부 변형 및 경거종골관 관절염에서 골수강내 금속정을 이용한 경거종골관 관절 유합술의 가치

박재구* · 정형진[✉] · 배서영 · 이정환 · 김휘영 · 이준석

인제대학교 상계백병원 정형외과, *대림성모병원 정형외과

Value of Tibiotalocalcaneal Arthrodesis Using Retrograde Intramedullary Nailing in Severe Hindfoot Deformity and Arthritis

Jae-Gu Park, M.D.*, Hyung-Jin Chung, M.D., Ph.D.[✉], Su-Young Bae, M.D., Ph.D., Jung-Hwan Lee, M.D., Hwi-Young Kim, M.D., and Jun Seok Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Inje University Sanggye Paik Hospital,
*Department of Orthopaedic Surgery, Daerim St. Mary's Hospital, Seoul, Korea

Purpose: This study examined the radiological and clinical outcomes of tibiotalocalcaneal arthrodesis using retrograde intramedullary nailing in a severe hindfoot deformity and ankle/subtalar arthritis.

Materials and Methods: A total of 22 patients (22 cases) with a severe hindfoot deformity and arthritis underwent tibiotalocalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nails. The average age was 57.4 years (22–82 years) and the mean follow-up was 29.6 months (12–74 months). The radiological outcomes included an assessment of the preoperative and postoperative coronal ankle alignment, hindfoot alignment, sagittal alignment, and postoperative union time. The clinical outcomes were evaluated using the visual analogue scale (VAS), American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) score, and postoperative complications. The results were analyzed statistically by dividing the patients into two groups based on a 10° angle of deformity.

Results: Regarding the preoperative coronal ankle alignment, 14 patients had a mean varus deformity of 17.8°±14.5° and six had a mean valgus deformity of 8.1°±6.6°. Postoperatively, a satisfactory postoperative coronal ankle alignment of less than 5° was obtained in all patients. Regarding the preoperative hindfoot alignment, 12 patients showed a mean varus deformity of 15.2°±10.5° and six had a mean valgus deformity of 8.1°±4.2°. In total, 94.4% (17 patients) had satisfactory postoperative hindfoot alignment of less than 5°. Radiological union was achieved in 90.9% at an average of 19.2 weeks (12–32 weeks) and there were 2 cases of nonunion. The clinical outcomes showed improvement in the mean VAS and AOFAS scores ($p < 0.001$, $p < 0.001$, respectively). Even a preoperative severe deformity more than 10° showed a significant deformity correction of coronal ankle alignment and hindfoot alignment, postoperatively ($p < 0.001$, $p < 0.001$, respectively). No significant differences were found between the patients with a preoperative coronal ankle deformity more than 10° and those less than 10° regarding the mean postoperative coronal ankle alignment ($p=0.162$).

Conclusion: Tibiotalocalcaneal arthrodesis using retrograde intramedullary nailing is an acceptable technique for achieving satisfactory deformity correction, high union rate with minimal complications, and improvement of the clinical outcomes. In addition, tibiotalocalcaneal arthrodesis using retrograde intramedullary nailing is considered an effective treatment option, particularly in severe ankle and hindfoot deformities.

Key words: deformity, arthritis, tibiotalocalcaneal arthrodesis, intramedullary nailing

서론

Received February 1, 2018 Revised April 3, 2018 Accepted April 29, 2018

[✉]Correspondence to: Hyung-Jin Chung, M.D., Ph.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Inje University Sanggye Paik Hospital, 1342 Donggil-ro, Nowon-gu, Seoul 01757, Korea

TEL: +82-2-950-1399 FAX: +82-2-950-1397 E-mail: orthoman@paik.ac.kr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7745-7194>

경거종골관 관절 유합술은 심각한 족관절 및 거골하 관절염, 거골의 무혈성 괴사, 샤르코 관절병증(Charcot arthropathy), 이전의 족관절 유합술의 실패, 이전의 족관절 인공 관절 치환술의 실패 등

에서 사용할 수 있는 수술법이다. 수술의 목적은 보행 시 통증 없는 안정된 척행족(plantigrade foot)을 얻기 위한 것이다.¹⁾ 경거종골 관절 유합술에서 나사못, 스테이플, 핀, 외고정, 골수강내 금속정 등과 같은 많은 고정 기법들이 소개되고 있다. 외고정, 압박 나사못과 금속판은 보통 술 후 장기간의 비체중 부하 또는 부분 체중 부하를 요하며, 낮은 골유합률과 관련이 있다고 알려져 있다.^{2,3)} 반면 골수강내 고정은 다른 고정법과 비교하여 안정성과 압박력이 우수하여 골유합률을 향상시키며, 특히 골질이 좋지 않은 환자에서도 좋은 결과를 보이고 있다.⁴⁾ 유합술 후의 적절한 정렬 상태는 좋은 결과와 높은 환자 만족도를 위해 중요하다.

따라서 본 저자들은 심각한 후족부 변형 및 족관절과 거골하 관절염 환자에서 역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술을 시행하여 방사선적 결과와 임상적 결과를 분석해보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2011년도 11월부터 2016년 5월까지 인제대학교 상계백병원에서 역행성 골수강내 금속정을 이용하여 경거종골 관절 유합술을 시행 받은 환자 22명(22예)을 대상으로 후향적으로 연구하였다. 심각한 족관절 및 후족부 변형, 진행된 족관절 및 거골하 관절염, 골 지주판(bone stock)이 불충분하거나 불안정한 고정이 예상되는 거골의 무혈성 괴사나 샤르코 관절병증, 심한 급성 골절 등이 있는 경우 수술의 적응증으로 하였다. 환자의 평균 연령은 57.4세(22-82세)였으며, 남자는 12명, 여자는 10명이었다. 평균 추시 기간은 29.6개월(12-74개월)이었다(Table 1). 본 연구는 인제대학교 상계백병원 임상연구윤리위원회(institutional review board)의 승인을 받았다(2017-06-021-003).

2. 수술 방법

척추 마취 또는 전신 마취를 시행한 후 환자를 앙와위로 눕힌 상태에서 수술을 시행하였다. 모든 예에서 병변 대퇴부에 지혈대를 사용하였다. 주로 경비골 접근법(transfibular approach)을 사용하였고, 전방 접근법을 사용하였던 수술 병력이 있었던 3예에서는 이전의 전방 접근법을 이용하였으며, 이때에는 거골하 관절에 대해서 경비골 접근법을 추가하였다. 경비골 접근법의 경우 족관절 및 거골하 관절의 후방 관절면을 노출한 후 연골을 제거하고, 해면골을 노출시켰으며, K-강선을 이용하여 연골하 골에 다발성 천공을 시행하여 유합될 부위를 전치치하였다. 정렬과 해면골의 노출이 관절 유합술에서 가장 중요한 부분이기 때문에 금속정 삽입 전에 투시 검사 장치를 이용하여 정렬 상태와 관절면의 상합성을 확인하였다. 금속정이 삽입될 뒤꿈치 패드의 바로 앞에 종적 피부 절개를 하였고, 박리를 조심스럽게 하여 종골에 접근

하였다. 족관절이 시상면에서 중립위, 5° 외회전, 5° 외반 상태를 유지한 후 족저면을 통하여 역행적으로 골수강내 금속정(Dyna Locking Ankle Nail™; U&I Corporation, Seoul, Korea)을 삽입하였다. 이후 경골 잠금 나사와 거골 잠금 나사를 차례대로 삽입한 뒤, 종골 후면에서 전방으로 종골 잠금 나사를 삽입하였다. 골 결손 부위에 제거된 비골을 전부 또는 내측 일부를 이용하여 자가 골 이식을 시행하였으며, 골 결손 정도에 따라 자가 장골 이식 또는 동결 동종골 이식 등의 추가적인 골이식을 시행하였다. 술 후 8주간 단하지 석고 붕대 고정을 포함하여 체중 부하를 금하였으며, 관절 유합의 진행 상태에 따라 체중 부하의 시기가 조정될 수 있으나 문제점이 없으면 술 후 8주경부터 부분 체중 부하를 시작하였다.

3. 방사선적 평가

방사선적 평가로 수술 전후 체중 부하 족관절 전후면 및 측면 영상, 후족부 정렬 영상(hindfoot alignment view)을 촬영하여 관상면상 족관절 정렬각(coronal ankle alignment)과 후족부 정렬각(hindfoot alignment), 시상면상 정렬각(sagittal alignment), 골유합

Table 1. Demographic Characteristics of the Study Population

Parameter	Value
Number of patients	22
Age at surgery (yr)	57.4 (22-82)
Sex (male/female)	12/10
Follow-up periods (mo)	29.6 (12-74)
Operated side (left/right)	12/10
Diagnosis*	Additional procedure
Severe ankle and hindfoot deformity (n=6)	Distal tibia corrective osteotomy (n=2)
Nonunion/malunion with OA (n=4)	Osteosynthesis with plate (n=2)
Equinovarus deformity (n=2)	Dorsal close wedge osteotomy of 1st metatarsal (n=1)
Advanced ankle & subtalar OA (n=11)	Plantar fascia release (n=1)
Primary OA (n=3)	Achilles tendon lengthening (n=2)
Traumatic OA (n=5)	Talo-navicular arthrodesis (n=1)
Rheumatoid arthritis (n=3)	
Charcot arthropathy (n=2)	
Avascular necrosis of talus (n=3)	

Values are presented as number only or median (range). *Additional procedure. OA, osteoarthritis.

시기를 평가하였다. 후족부 정렬 영상은 기존의 Saltzman의 방법으로 촬영하였는데, 체중 부하 상태에서 방사선이 경골 후방에서 전방을 향하고 지면에서 20° 경사가 되도록 투사하였다. 관상면상 족관절 정렬각은 체중 부하 족관절 전후면 영상에서 경골의 해부학적 축과 거골체의 관절면에 수직인 선이 이루는 각도로 정의하였으며,^{5,6)} 후족부 정렬각은 후족부 정렬 영상에서 경골의 해부학적 축과 종골의 종축이 이루는 각도로 정의하였다.⁷⁾ 시상면상 정렬각은 체중 부하 족관절 측면 영상에서 경골의 해부학적 축과 거골의 후방 결절(posterior tubercle)의 하부와 거골 경부의 하연을 이은 선이 이루는 각도로 측정하였다(Fig. 1).⁸⁾ 내반, 외반 변형에 따른 변형 정도의 해석 오류를 피하기 위해 술 전 변형각을 절대값으로 측정하여 분석하였다. 즉 변형각을 측정하였을 때 내반은 양의 값, 외반은 음의 값으로 측정하였는데, 술 전 변형의 정도의 크기를 평가하기 위해 절대값을 적용하였다. 술 후 체중 부하 족관절 전후면 및 측면 영상에서 족관절과 거골하 관절면의 50% 이상에서 골소주의 연결이 보일 때를 유합이라고 정의하였고,⁹⁾ 술 후 12개월 이후에도 상기 소견이 관찰되지 않을 경우 불유합으로 정의하였다(Fig. 2).¹⁰⁾

4. 임상적 평가

임상적 평가로 수술 전 및 최종 추시 시 visual analogue scale (VAS) 과 American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) 점수를 조사하였다. 또한 수술 후 발생한 합병증을 분석하였다.

5. 통계

통계적 방법을 이용하여 결과값을 분석하였다. 전체 환자 및 각 군의 연속 변수의 정규분포 여부를 Kolmogorov-Smirnov test를 이용하여 검정하였으며, 모두 정규분포를 보이고 있었다. 수술 전과 후의 방사선적 또는 임상적 결과를 분석하기 위해 paired T-test를 시행하였으며, 두 군 간의 비교는 independent t-test를 시행하여 통계 처리하였다. p-value가 0.05 미만인 경우 통계적으로

유의하다고 판단하였다.

결 과

역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술을 시행 받은 22명(22예) 환자의 진단명과 추가적으로 시행한 수술은 다음과 같다(Table 1).

방사선적 결과에서 전체 환자의 평균 관상면상 족관절 정렬각은 술 전 변형각 $14.9^{\circ} \pm 13.3^{\circ}$ 에서 술 후 외반 $0.2^{\circ} \pm 1.9^{\circ}$ 로 의미있게 교정되었으며($p < 0.001$), 평균 후족부 정렬각은 술 전 변형각 $12.9^{\circ} \pm 9.4^{\circ}$ 에서 술 후 외반 $1.7^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$ 로 의미있게 교정되었다($p < 0.001$) (Table 2). 전체 환자의 평균 시상면상 정렬각은 술 전 $106.1^{\circ} \pm 17.0^{\circ}$ 에서 술 후 $107.2^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$ 로 측정되었다. 전체 환자에



Figure 2. Both anteroposterior and lateral radiographs show the successful fusion trabeculae crossing the fusion site.

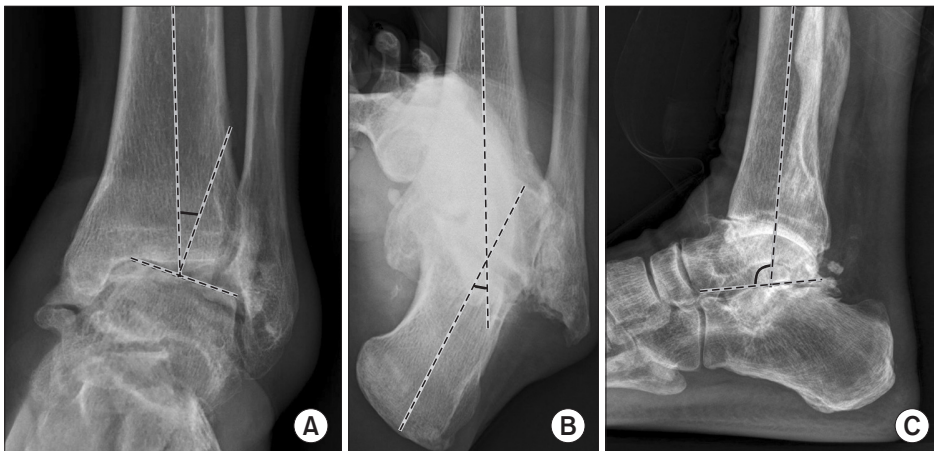


Figure 1. (A) Coronal ankle alignment is defined as the angle between the anatomical axis of the tibia and a line drawn perpendicular to the talar dome in a standing anteroposterior radiograph. (B) Hindfoot alignment is defined as the angle between the anatomical axis of the tibia and the longitudinal axis of the calcaneus in the hindfoot alignment view. (C) Sagittal alignment is defined as the angle between the anatomical axis of the tibia and a line connecting the inferior aspect of the posterior tubercle of the talus to the inferior talar neck in a standing lateral radiograph.

서 술 전 관상면상 족관절 정렬각의 내반 변형을 보인 환자는 14명이었으며, 평균 내반각은 $17.8^{\circ} \pm 14.5^{\circ}$ 였고, 술 후 내반 $0.2^{\circ} \pm 2.0^{\circ}$ 로 교정되었다. 술 전 외반 변형을 보인 환자는 6명이었으며, 평

Table 2. Total Preoperative and Postoperative Radiological and Clinical Outcomes***

Variable	Preoperative (absolute)	Postoperative
Coronal ankle alignment ($^{\circ}$)	14.9 ± 13.3	0.2 ± 1.9 (valgus)
Hindfoot alignment ($^{\circ}$)	12.9 ± 9.4	1.7 ± 3.5 (valgus)
Visual analogue scale	7.6	2.9
AOFAS score	35.4	70.6

Values are presented as mean \pm standard deviation or mean only.
*** $p < 0.001$. AOFAS, American Orthopaedic Foot and Ankle Society.

균 외반각은 $8.1^{\circ} \pm 6.6^{\circ}$ 였고, 술 후 외반 $1.3^{\circ} \pm 1.2^{\circ}$ 로 교정되었다. 술 후 모든 예에서 관상면상 족관절 정렬각은 5° 미만으로 만족스럽게 교정되었으며, 평균 교정각은 $14.3^{\circ} \pm 13.1^{\circ}$ 였다. 12명의 환자에서 술 전 10° 이상의 심한 관상면상 족관절 정렬각을 보이고 있었으며, 술 후 평균 내반 $0.2^{\circ} \pm 2.3^{\circ}$ 로 만족스럽게 교정되었다 ($p < 0.001$). 또한 술 전 족관절 정렬각이 10° 이상인 군과 10° 미만인 군 사이에 술 후 평균 족관절 정렬각을 비교해 보았을 때 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p = 0.162$) (Table 3). 전체 환자에서 술 전 후측부 정렬각의 내반 변형을 보인 환자는 12명이었으며, 평균 내반각은 $15.2^{\circ} \pm 10.5^{\circ}$ 였고, 술 후 외반 $1.0^{\circ} \pm 4.1^{\circ}$ 로 교정되었다. 술 전 외반 변형을 보인 환자는 6명이었으며, 평균 외반각은 $8.1^{\circ} \pm 4.2^{\circ}$ 였고, 술 후 외반 $3.2^{\circ} \pm 0.7^{\circ}$ 로 교정되었다. 술 후 94.4% (17명)에서 후측부 정렬각은 5° 미만으로 만족스럽게 교

Table 3. Radiological Outcomes according to the Degree of Deformity

Deformity degree	Preoperative (absolute) ($^{\circ}$)	Postoperative ($^{\circ}$)	p-value (paired)
Coronal ankle alignment (n=20)			
$\geq 10^{\circ}$ (n=12)	23.2 ± 10.6	0.2 ± 2.3 (varus)	< 0.001
$< 10^{\circ}$ (n=8)	2.4 ± 1.9	0.9 ± 0.8 (valgus)	0.002
p-value (independent)	< 0.001	0.162	
Hindfoot alignment (n=18)			
$\geq 10^{\circ}$ (n=10)	18.9 ± 8.4	1.1 ± 4.1 (valgus)	< 0.001
$< 10^{\circ}$ (n=8)	5.3 ± 2.3	2.5 ± 2.5 (valgus)	< 0.001
p-value (independent)	< 0.001	0.410	

Values are presented as mean \pm standard deviation.

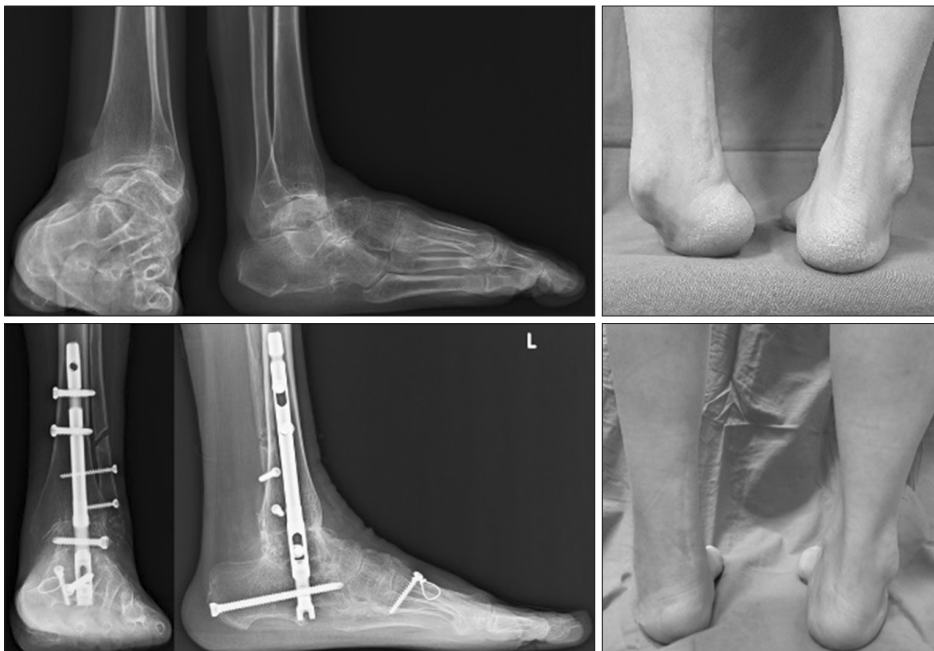


Figure 3. Standing radiographs and photograph of a 54-year-old female with equinovarus deformity demonstrates a correction of the deformity and osseous union after tibiototalcalcaneal arthrodesis with intramedullary nail.

정되었고, 평균 교정각은 $10.2^\circ \pm 9.9^\circ$ 였다. 술 전 10° 이상의 심한 후족부 변형을 보이고 있는 환자 10명에서 술 후 평균 외반 $1.1^\circ \pm 4.1^\circ$ 로 만족스럽게 교정되었으나($p < 0.001$), 1명의 요내반족 변형(equinocavovarus deformity) 환자에서 술 후 후족부 내반 7.5° 로 불충분한 교정을 보였다. 술 전 후족부 변형이 10° 이상인 군과 10° 미만인 군 사이에 술 후 평균 후족부 정렬각은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.410$) (Table 3, Fig. 3).

술 전 관상면상 족관절 정렬각이 10° 이상인 군과 10° 미만인 군 사이에 술 전 나이, 성별, 추시 기간, 진단명의 유의한 차이는 없었다. 방사선적 골유합은 90.9%에서 평균 19.2주(12–32주)에 이루어졌다. 수술 중 제거된 비골을 부분적으로 또는 전부 사용하는 것 이외에 추가 골이식이 필요한 경우 5예에서 자가 장골 이식, 4예에서 동결 동종골 이식을 시행하였다. 족관절 정렬각이 10° 이상인 군과 10° 미만인 군에서 골유합 시기는 각각 18.6 ± 3.7 주, 20.6 ± 6.7 주로 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.418$). 3예의 거골의 무혈성 괴사에서 골유합 시기는 평균 24.0 ± 4.0 주였으며, 2예의 샤르코 관절병증에서 골유합 시기는 평균 28.0 ± 5.7 주였다. 전체 환자에서 2예의 불유합이 발생하였으며, 1예에서 방사선 검사에서 거골하 관절 불유합을 보였으나, 임상적 증상이 경미하여 경과 관찰하다 술 후 2년째 내고정물 제거술 및 골이식술을 계획하였고, 수술 시 내고정물 제거 후 거골하 관절의 불안정성이 관찰되지 않아 추가적인 골이식술은 시행하지 않았다. 1예에서 경거골 간의 골소주 연결이 부족하였으나 증상이 경미하여 경과 관찰하였다.

임상적 결과에서 VAS는 술 전 7.6에서 술 후 2.9로 감소되었고($p < 0.001$), 평균 AOFAS 점수는 술 전 35.4에서 술 후 70.6으로 증가되었다($p < 0.001$) (Table 2). 관상면상 족관절 정렬각이 10° 이상인 군과 10° 미만인 군 사이에 술 후 VAS, AOFAS 점수는 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.192$, $p=0.101$) (Table 4).

술 후 합병증으로 2예의 불유합, 1예의 종골 잠금 나사못 이완,

1예의 골수정 후방 부위의 부분 파손이 있었다. 모든 예에서 수술 부위 감염이나 창상 문제는 발생하지 않았다.

고 찰

경거종골 관절 유합술은 족관절과 거골하 관절에 영향을 미치는 심각한 후족부 질환에 시행되는 구제술이다. 고정 방법으로 외고정, 나사못 고정, 금속판 고정, 역행성 골수강내 금속정 고정이 사용되고 있다. 외고정은 오랜 고정 기간으로 인해 환자에게 불편감을 주며, 높은 불유합과 감염률이 보고되었고,¹¹⁾ 나사못 고정은 금속물 이완과 낮은 유합률과 관련이 있다.¹²⁾ 금속판 고정은 스트레스 골절 발생률이 높으며, 광범위한 연부조직 박리를 요하는 단점이 있다.¹³⁾ 역행성 골수강내 금속정은 부하 전달(load-sharing) 효과를 얻을 수 있고, 상대적으로 작은 절개를 통해 연부조직을 보존하는 장점이 있어 많은 인기를 얻고 있다.

유합술 후의 적절한 정렬 상태는 좋은 결과와 높은 환자 만족도를 위해 중요하다. 따라서 본 연구의 목적은 심각한 후족부 변형, 진행된 족관절 및 거골하 관절염에서 역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술을 시행하여 방사선적 결과와 임상적 결과를 분석해 보고자 하였고, 특히 심각한 족관절 및 후족부 변형을 가지고 있는 환자에서 변형 교정에 있어서의 가치를 분석해 보고자 하였다. 이전에 시행된 대부분의 연구에서 변형 교정에 대한 결과가 없거나 연구가 시행된 경우에도 술 전 변형의 정도가 정량화되어 있지 않았고, 오직 일부 연구에서 변형 교정에 대한 정량화된 결과가 보고되었다. Brodsky 등¹⁴⁾은 심한 각 변형을 동반한 환자 29명(30예)에서 역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술을 시행하였으며, 수술 후 76%에서 관상면상 변형각이 5° 미만임을 보고하였다. 또한 Fang 등⁴⁾은 22명의 환자에서 외반 곡선형(valgus-curved) 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술을 시행하였고, 수술 후 모든 환자에서 후족부 정렬각 5° 미만의 만족스러운 교정을 얻었음을 보고하였다.

본 연구에서 전체 환자에서 평균 관상면상 족관절 정렬각 및 후족부 정렬각은 술 후 만족스럽게 교정되었으며, 또한 술 전 10° 이상의 심한 변형을 보이고 있는 경우에도 수술 후 의미 있는 변형 교정을 보였다. 한편 본 연구에서 시상면상 정렬각은 술 전 $106.1^\circ \pm 17.0^\circ$ 에서 술 후 $107.2^\circ \pm 5.5^\circ$ 로 측정되었으며, 표준편차 값을 보면 술 후 시상면상 정렬각이 술 전에 비해 평균값에 근접하여 일관되게 교정되었음을 알 수 있었다. 또한 저자들의 연구에서 측정된 술 후 시상면상 정렬각은 평균 107.2° 로 Buck 등⁹⁾이 시행한 연구에서 시상면상 중립으로 고려하였던 각도인 106° 와 비슷하게 측정되었다.

역행성 골수강내 금속정을 이용한 수술법의 유합률은 여러 저자들에 의하여 76%에서 100%의 높은 유합률을 보고하고 있으며, 유합 기간은 대략 16주이다.^{15–19)} 저자들의 경우에도 90.9%의 골유

Table 4. Clinical Outcomes according to the Degree of Deformity

Variable	Coronal ankle alignment		p-value (independent)
	≥10° (n=12)	<10° (n=8)	
Visual analogue scale			
Preoperative	7.5±0.7	7.8±0.9	0.482
Postoperative	2.8±0.8	3.3±0.9	0.192
p-value (paired)	<0.001	<0.01	
AOFAS score			
Preoperative	35.5±6.1	36.9±8.0	0.668
Postoperative	72.0±1.9	69.0±4.4	0.101
p-value (paired)	<0.001	<0.01	

Values are presented as mean \pm standard deviation. AOFAS, American Orthopaedic Foot and Ankle Society.

합물을 보였으며, 19.2주(12-32주)의 평균 유합 기간을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 2예의 불유합이 있었으며, 1예에서 수술 전 족관절 외반 변형 10° 이상의 심한 변형을 동반한 원위 경골부 불유합 환자, 1예에서 변형이 경미하였지만 골질이 좋지 않은 류마티스 관절염 환자에서 발생하였다. 골유합률은 환자의 기저 질환, 수술 전 골질, 수술 중 해면골이 노출될 때까지 관절 연골의 완전한 제거와 적절한 정렬, 내고정 시 사용하는 기구의 생역학적 특성, 수술 후 환자의 순응도 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 수술 전 변형의 정도에 따라 골유합률의 차이를 나타내지 않았지만 골유합이 여러 요인에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 추후 이러한 요인들을 충분히 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 3예의 거골의 무혈성 괴사에서 골유합 시기는 평균 24주였으며, 2예의 샤르코 관절병증에서 골유합 시기는 평균 28.0주로 상대적으로 골유합 시기가 지연되는 것을 확인하였지만 그 증례의 수가 적어 통계적 분석에 제한점이 있었다. 하지만 골질이 불충분하거나 불안정한 고정이 예상되는 경우 골유합을 도모하기 위해 추가적인 고정 기구의 사용 또는 골이식 등을 고려할 수 있겠다.

역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술 후 기존의 연구에서 평균 AOFAS 점수는 54점에서 80점으로 보고되고 있으며,¹⁾ 본 연구에서는 술 전 평균 AOFAS 점수 35.4에서 술 후 70.6으로 증가를 보였다. 한편 평균 VAS 점수는 술 전 평균 7.6에서 술 후 2.9로의 감소를 보였다.

본 연구에서 수술 시 접근법은 주로 경비골 접근법을 사용하였고, 전방 접근법을 사용하였던 수술 병력이 있던 2예에서 이를 이용하였다. 전방 접근법을 사용하였던 경우 중 1예에서 비골 전절제술을 시행하였으며, 이를 이용하여 골 결손 부위에 이식하였다. 전체 환자에서 비골 전절제술을 시행한 경우는 10예였으며, 비골 부분절제술을 시행한 경우는 8예였다. 본 연구에서는 수술 후 비골 절제술과 관련된 합병증은 보이지 않았다.

역행성 골수강내 금속정의 형태로 곡선형 또는 직선형 금속정이 있고, 술자의 선호도 따라 적절한 금속정을 선택하게 된다. 종골이 경골의 해부학적 축에 대해 외측으로 치우쳐 있는 관계로 직선형 금속정을 사용할 때 종골의 내측화(medialization) 없이 중앙 부위로 금속정을 삽입할 경우 너무 외측으로 경골을 통과하게 되며, 경골의 협부(isthmus)를 지날 때 후족부 내반이 발생할 수 있으며, 경골의 스트레스 골절 발생 위험이 있다.^{20,21)} 이러한 합병증을 피하기 위해 외반 굴곡된 금속정이 개발되었으며, 외측 삽입구로 인해 신경혈관 구조물에 대한 손상 가능성을 줄일 수도 있다. 하지만 심하거나 불안정한 변형 교정이 필요한 경우 외반 굴곡된 금속정의 삽입은 금속정 삽입을 위한 관절 확공으로 인해 교정의 소실을 일으킬 수 있다.²²⁾

저자들은 직선형의 금속정을 사용하여 경골의 해부학적 축에 가능한 일치하도록 종골 삽입 부위를 내측으로 위치시켰으며, 수

술 중 투시 검사 장치를 사용하여 족관절 정렬 및 후족부 정렬 상태의 적절성을 확인하였다. 수술 중 체중 부하 영상을 촬영할 수 없는 제한점이 있기 때문에 본 연구에서는 경골의 축을 중립으로 위치시킨 상태에서 족부를 족배 굴곡하여 방사선이 후족부 중앙을 향하게 40° 정도 머리 방향(cranially)으로 경사가 되도록 투사하는 종골 축상 영상을 이용하여 경골에 대한 후족부 정렬 상태의 적절성을 확인하였다. 기존의 금속정 삽입 지점에서 신경혈관 손상은 알려진 합병증이지만²³⁾ 저자들의 경우에 조심스러운 박리와 적절한 견인을 통해 신경혈관 손상 발생에 주의하였고, 술 후 족부의 발바닥 감각 이상이나 통증을 경험하지는 않았다.

역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술의 수술 후 합병증은 20%에서 50% 보고되고 있으며,^{19,24,25)} 창상 회복 지연, 감염, 종골 골절, 금속 자극 증상, 고정 실패, 스트레스 골절, 절단 등의 합병증이 있다. 저자들은 2예의 불유합, 1예의 종골 잠금 나사못 이완, 1예의 골수정 후방 부위의 부분 파손을 경험하였다. 경골 스트레스 반응과 골절은 금속정 근위부에서 증가된 굽힘력으로 인해 발생할 수 있지만,¹⁵⁾ 본 연구에서 경골 스트레스 골절은 발생하지 않았다. 수술 부위 감염은 10% 이내로 보고되고 있으며,²⁶⁻²⁸⁾ 저자들의 경우 수술 부위 감염이나 창상 문제는 발생하지 않았다.

본 연구의 제한점으로는 후향적 연구이며, 상대적으로 연구 대상의 수가 부족한 점을 들 수 있다. 연구에 포함된 환자들이 동일한 질환이 아닌 다양한 질환군의 환자를 대상으로 유합술을 시행하였으므로 연구의 결과를 일반화하기에는 제한이 있다. 또한 수술 전 후 관상면상 족관절 정렬각, 후족부 정렬각, 시상면상 정렬각을 측정하였지만 관절 유합술 후 발생할 수 있는 인접 관절 관절염 발생 등 장기 추시 결과를 조사하지 못했기 때문에 향후 이와 관련한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

결론

역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골 관절 유합술은 만족스러운 변형 교정력, 높은 골유합률과 낮은 합병증을 보였으며, 임상적 결과의 향상을 보였기에 유용한 수술 방법 중의 하나라고 생각된다. 특히 심각한 족관절 및 후족부 변형을 동반한 환자에서도 효과적인 치료 방법으로 고려될 수 있다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Rammelt S, Pyrc J, Agren PH, et al. Tibiototalcaneal fusion using the hindfoot arthrodesis nail: a multicenter study. Foot

- Ankle Int. 2013;34:1245-55.
2. Hanson TW, Cracchiolo A 3rd. The use of a 95 degree blade plate and a posterior approach to achieve tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2002;23:704-10.
3. Mückley T, Ullm S, Petrovitch A, et al. Comparison of two intramedullary nails for tibiototalcalcaneal fusion: anatomic and radiographic considerations. *Foot Ankle Int.* 2007;28:605-13.
4. Fang Z, Claaßen L, Windhagen H, Daniilidis K, Stukenborg-Colsman C, Waizy H. Tibiototalcalcaneal arthrodesis using a retrograde intramedullary nail with a valgus curve. *Orthop Surg.* 2015;7:125-31.
5. Doets HC, Brand R, Nelissen RG. Total ankle arthroplasty in inflammatory joint disease with use of two mobile-bearing designs. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1272-84.
6. Larsen A, Dale K, Eek M. Radiographic evaluation of rheumatoid arthritis and related conditions by standard reference films. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 1977;18:481-91.
7. Neri T, Barthelemy R, Tourné Y. Radiologic analysis of hindfoot alignment: comparison of Méary, long axial, and hindfoot alignment views. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103:1211-6.
8. Buck P, Morrey BF, Chao EY. The optimum position of arthrodesis of the ankle. A gait study of the knee and ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69:1052-62.
9. Holt ES, Hansen ST, Mayo KA, Sangeorzan BJ. Ankle arthrodesis using internal screw fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;268:21-8.
10. Morgan CD, Henke JA, Bailey RW, Kaufer H. Long-term results of tibiotalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:546-50.
11. Kitaoka HB, Anderson PJ, Morrey BF. Revision of ankle arthrodesis with external fixation for non-union. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:1191-200.
12. Morrey BF, Wiedeman GP Jr. Complications and long-term results of ankle arthrodeses following trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:777-84.
13. Boer R, Mader K, Pennig D, Verheyen CC. Tibiototalcalcaneal arthrodesis using a reamed retrograde locking nail. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;463:151-6.
14. Brodsky JW, Verschae G, Tenenbaum S. Surgical correction of severe deformity of the ankle and hindfoot by arthrodesis using a compressing retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Int.* 2014;35:360-7.
15. Pelton K, Hofer JK, Thordarson DB. Tibiototalcalcaneal arthrodesis using a dynamically locked retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Int.* 2006;27:759-63.
16. Hammett R, Hepple S, Forster B, Winson I. Tibiototalcalcaneal (hindfoot) arthrodesis by retrograde intramedullary nailing using a curved locking nail. The results of 52 procedures. *Foot Ankle Int.* 2005;26:810-5.
17. Mader K, Pennig D, Gausepohl T, Patsalis T. Calcaneotalotibial arthrodesis with a retrograde posterior-to-anterior locked nail as a salvage procedure for severe ankle pathology. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85 Suppl 4:123-8.
18. Millett PJ, O'Malley MJ, Tolo ET, Gallina J, Fealy S, Helfet DL. Tibiototalcalcaneal fusion with a retrograde intramedullary nail: clinical and functional outcomes. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2002;31:531-6.
19. Niinimäki TT, Klemola TM, Leppilähti JI. Tibiototalcalcaneal arthrodesis with a compressive retrograde intramedullary nail: a report of 34 consecutive patients. *Foot Ankle Int.* 2007;28:431-4.
20. McGarvey WC, Trevino SG, Baxter DE, Noble PC, Schon LC. Tibiototalcalcaneal arthrodesis: anatomic and technical considerations. *Foot Ankle Int.* 1998;19:363-9.
21. Thordarson DB, Chang D. Stress fractures and tibial cortical hypertrophy after tibiototalcalcaneal arthrodesis with an intramedullary nail. *Foot Ankle Int.* 1999;20:497-500.
22. Thomas RL, Sathe V, Habib SI. The use of intramedullary nails in tibiototalcalcaneal arthrodesis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012;20:1-7.
23. Anderson T, Linder L, Rydholm U, Montgomery F, Besjakov J, Carlsson A. Tibio-talocalcaneal arthrodesis as a primary procedure using a retrograde intramedullary nail: a retrospective study of 26 patients with rheumatoid arthritis. *Acta Orthop.* 2005;76:580-7.
24. Goebel M, Gerdesmeyer L, Mückley T, et al. Retrograde intramedullary nailing in tibiototalcalcaneal arthrodesis: a short-term, prospective study. *J Foot Ankle Surg.* 2006;45:98-106.
25. Haaker R, Kohja EY, Wojciechowski M, Gruber G. Tibio-talocalcaneal arthrodesis by a retrograde intramedullary nail. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2010;12:245-9.
26. Chou LB, Mann RA, Yaszay B, et al. Tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2000;21:804-8.
27. Kitaoka HB, Patzer GL. Arthrodesis for the treatment of arthrosis of the ankle and osteonecrosis of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:370-9.
28. Moore TJ, Prince R, Pochatko D, Smith JW, Fleming S. Retrograde intramedullary nailing for ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 1995;16:433-6.

심한 후족부 변형 및 경거종골관 관절염에서 골수강내 금속정을 이용한 경거종골관 관절 유합술의 가치

박재구* · 정형진[✉] · 배서영 · 이정환 · 김휘영 · 이준석

인제대학교 상계백병원 정형외과, *대림성모병원 정형외과

목적: 심한 후족부 변형 및 족관절 및 거골하 관절염에서 역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골관 관절 유합술을 시행하여 방사선적 결과와 임상적 결과를 분석해보고자 하였다.

대상 및 방법: 심한 후족부 변형이나 진행된 관절염으로 역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골관 관절 유합술을 시행 받은 22명(22예)을 대상으로 하였다. 연구 대상의 평균 연령은 57.4세(22-82세), 평균 추시 기간은 29.6개월(12-74개월)이었다. 방사선적 평가로 수술 전후 관상면상 족관절 정렬각, 후족부 정렬각, 시상면상 정렬각을 측정하였으며, 술 후 골유합 시기를 평가하였다. 임상적 평가로 visual analogue scale (VAS), American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) 점수 및 합병증을 분석하였다. 또한 변형각 10°를 기준으로 두 군으로 나누어 결과를 통계적으로 분석하였다.

결과: 전체 환자에서 평균 관상면상 족관절 정렬각은 술 전 내반 변형을 보인 환자 14명에서 17.8° ± 14.5° 였으며, 외반 변형을 보인 환자 6명에서 8.1° ± 6.6° 였다. 술 후 모든 예에서 관상면상 족관절 정렬각은 5° 미만으로 만족스럽게 교정되었다. 평균 후족부 정렬각은 술 전 내반 변형을 보인 환자 12명에서 15.2° ± 10.5° 였으며, 외반 변형을 보인 환자 6명에서 8.1° ± 4.2° 였다. 술 후 94.4% (17명)에서 후족부 정렬각은 5° 미만으로 만족스럽게 교정되었다. 방사선적 골유합은 90.9%에서 평균 19.2주(12-32주)에 이루어졌으며, 2예의 불유합이 있었다. 임상적 결과에서 술 후 평균 VAS 및 AOFAS 점수는 유의하게 향상되었다($p < 0.001$, $p < 0.001$). 술 전 변형각 10° 이상의 심한 변형을 보인 경우에도 술 후 관상면상 족관절 정렬각과 후족부 정렬각은 의미있게 교정되었다($p < 0.001$, $p < 0.001$). 또한 관상면상 족관절 정렬각이 10° 이상인 군과 10° 미만인 군 사이에 술 후 평균 관상면상 족관절 정렬각은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.162$).

결론: 역행성 골수강내 금속정을 이용한 경거종골관 관절 유합술은 만족스러운 변형 교정력, 높은 골유합률과 낮은 합병증을 보였으며, 임상적 결과의 향상을 보였기에 유용한 수술 방법 중의 하나라고 생각된다. 특히 심각한 족관절 및 후족부 변형을 동반한 환자에서도 효과적인 치료 방법으로 고려될 수 있다.

색인단어: 변형, 관절염, 경거종골관 관절 유합술, 골수강내 금속정

접수일 2018년 2월 1일 수정일 2018년 4월 3일 게재확정일 2018년 4월 29일

[✉]책임저자 정형진

01757, 서울시 노원구 동일로 1342, 인제대학교 상계백병원 정형외과

TEL 02-950-1399, FAX 02-950-1397, E-mail orthoman@paik.ac.kr, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7745-7194>