

다발성 유관나사를 이용한 경골-거골-종골간 관절 유합술

건국대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, 단국대학교 의과대학 정형외과학교실*

정흥근 · 박신형 · 유현열* · 유문집*

Tibio-talo-calcaneal Arthrodesis with Multiple Cannulated Screw Fixation

Hong-Geun Jung, M.D., Ph.D., Shin-Hyung Park, M.D., Hyun-Yul Yoo, M.D.*, Moon-Jib Yoo, M.D., Ph.D.*

*Department of Orthopedic Surgery, Konkuk University School of Medicine, Seoul, Korea,
Department of Orthopedic Surgery, Dankook University College of Medicine, Cheonan, Korea**

=Abstract=

Purpose: To report the clinical results of tibio-talo-calcaneal arthrodesis fixed with multiple cannulated screws for the cases of painful ankle and hindfoot arthropathy regardless of any deformity or instability.

Materials and Methods: A retrospective analysis was performed upon 10 patients that underwent tibio-talo-calcaneal arthrodesis from October 1999 to May 2006. There were 4 males and 6 females, with an average age of 63 years (43-70). The etiology of arthrodesis included 5 osteoarthritis, 2 Charcot joints, 1 rheumatoid arthritis, 1 Tbc arthritis and 1 residual poliomyelitis. Chief complaints were pain in 9 cases and instability in 1 case. Three patients had combined severe varus deformity. Tibio-talo-calcaneal arthrodesis using multiple cannulated screws was performed by transfibular approach for all cases and short leg cast was applied for 12 weeks postoperatively.

Results: The average follow-up period was 16.5 months (12-26 months). VAS pain score was average 8.2 (7-10) and modified AOFAS score was average 25 (8-40, total 86) preoperatively. At final follow-up, VAS score was average 1.0 (0-3) and AOFAS score improved to average 66 (58-75). There were 4 complications: 2 nonunion, 1 tibia stress fracture and 1 malunion. Seven of 8 patients were satisfied with the results at final follow-up.

Conclusion: Fixation with multiple cannulated screws for tibio-talo-calcaneal arthrodesis through transfibular approach is a recommendable surgical option.

Key Words: Tibio-talo-calcaneal joint, Arthrodesis, Multiple cannulated screw fixation

서 론

• Address for correspondence

Hong-Geun, Jung, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic of Surgery, Konkuk University School of Medicine, 4-12 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul, 143-729, Korea

Tel: +82-2-2030-7609 Fax: +82-2-2030-7369

E-mail: jungfoot@hanmail.net, jungfoot@kuh.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2007년 대한 족부족관절학회 추계학술대회에서 구연되었음.

1882년 Albert²⁾에 의해 처음 족관절 고정술이 보고된 이래 족관절 및 후족부의 관절염 또는 마비성 질환에 의해 통증, 변형이나 불안정성 등이 발생하는 경우 관절 고정술이 시행되고 있다. 족관절과 후족부에 심한 관절염과 함께 심한 변형이 있는 경우에는 절단술의 유일한 대안으로 경골-거골-종골간 관절 유합술이 시행되고 있다. 이는 족관절 및

후족부 변형을 교정하고 안정화시키며 통증을 줄여 보행이 가능하도록 하는데 목적이 있다. 관절 고정 방법으로는 크게 대량의 골 절제 후 외고정 장치를 이용하는 방법^{3,9,29)}과 골이식과 내고정을 이용하는 방법^{5,7,12,15,21,23)} 등이 있다. 이제까지 알려진 내고정 수단으로는 금속강선²⁵⁾, 금속나사^{4,6)}, 금속정^{8,14,31)} 등이 이용되어 왔으나, 유관 압박 나사^{10,17,33)}를 이용한 내고정술은 좁은 면적의 관절을 여러 개의 나사로써 가장 적절한 위치에서 견고하게 고정할 수 있는 장점이 있다^{4,5,15)}. 현재 족관절과 거골하 관절 유합술에 대한 유관 압박 나사를 이용한 관절 유합술의 결과는 많이 보고되었으나^{10,18)} 유관 압박 나사를 이용한 경골-거골-종골간 관절 유합술에 대한 결과 보고는 거의 없는 상태이다. 본 저자들은 유관 압박 나사를 이용한 경골-거골-종골간 관절 유합술을 시행하여 만족할 만한 결과를 얻었기에 이에 대해 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 1999년 10월부터 2006년 5월까지 족관절 및 후족부의 통증을 동반한 심한 관절염, 내외반 변형이나 관절 불안정성 등의 이유로 본원에 내원한 환자 중 인대 재건술이나 단일 족관절이나 거골하 관절 고정술로 교정이 불가능하여 경골-거골-종골간 관절 고정술을 시행한 총 11예 중 다발성 유관나사를 이용하여 고정한 10예를 대상으로 하였다. 모든 예에서 평균 추시 기간은 16.5개월(12-26개월)이었으며 수술 시 평균 나이는 63세(43-70세), 성별은 남, 여가 각각 4, 6명이었다. 좌우측 모두 5예로 좌, 우의 발생빈도의 차이는 보이지 않았다. 원인 질환으로는 골관절염이 5예로 가장 많았고, 샤코씨 관절증이 2예, 류마티스 관절염, 결핵성 관절염과 소아마비가 각각 1예씩이었다. 골관절염 환자는 모두 외상과 관련된 관절염이었다. 내원 당시 환자의 주소는 통증이 9예, 불안정증이 1예이었고, 심한 후족부 내반 변형과 마비성 후족부 외반 변형이 각각 3예 및 1예에서 동반되었다(Table 1).

2. 수술 방법 및 술 후 처치

환자를 전신 마취나 척추 마취 후 측와위에 두고 족관절 외과를 중심으로 근위부로 약 10 cm, 원위부는 족근동을 향해 약 5 cm의 피부 절개를 가한 후 전층 피부판을 견인하여 족관절 외과를 포함한 원위 비골 약 7 cm를 노출시

켰다(Fig. 1). 노출된 원위 비골은 관절 고정 후 이식 골편으로 사용하기 위해 비구 확공기를 사용하여 비골 원위 골편 일부를 분쇄하였다. 원위 비골은 말단으로부터 약 7 cm 근위부에서 사선형 절골술을 시행 제거하여 족관절, 거골하 관절을 노출시켰다. 족관절 고정술 시 변형이 심하지 않은 경우에는 원위 경골과 거골체의 관절 연골을 절골도(osteotome)를 사용하여 제거한 후 고정토록 하고, 변형이 심한 경우에는 원위 경골과 거골체에 절골도를 사용하여 절골한 후 절골면을 고정하였다. 또한 거골하 관절에 대해서도 같은 방법으로 관절 연골을 절골도를 이용하여 제거하였다. 경골-거골-종골간 관절을 5.0 mm, 6.5 mm 또는 7.0 mm 크기의 유관 나사를 3-5개 이용하여 고정하였으며, 비골에서 채취한 자가 골편을 관절 주변 및 관절 내에 이식하였다.

경골-거골-종골간 관절 고정 술 후 약 12주간 단하지 석고 붕대를 이용한 고정을 시행하였고 첫 6주간은 비체중 부하를 시행하였으며 다음 6주간은 부분적 체중부하를 허용하였다. 또한 추시 관찰 중 골유합 소견 관찰 시에는 전 체중 부하 보행을 허용하였으며 족관절 관절범위 운동을 시행하였다. 그러나 샤코씨 관절증 경우에는 수술 후 석고 붕대 고정 및 체중 부하 기간을 두 배로 길게 시행하였다.

3. 평가 방법

환자의 전반적인 기능적 평가에는 미국정형외과족부족관절학회 족관절-후족부 기능평가기준(American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Functional Scale, AOFAS), 시각 상사 척도 동통 점수(Visual Analogue Scale Pain Score), 술 후 직장 복귀 여부와 시기,



Figure 1. Intraoperative photograph of the transfibular lateral approach exposing the ankle and subtalar joint.

Table 1. Summary of Tibio-talo-calcaneal Arthrodesis Patients

No*	Sex (M/F [†])	Age	Diagnosis	Rt/Lt [‡]	Chief complaint	Fixation method	No of used screw	Follow-up period (months)	AOFAS [§]					VAS ^{**}		Complication	Satisfaction
									Preop		Postop [¶]			Preop	Final followup		
									Total	Total	Pain	Function	Alignment				
1	M	60	Ankle-subtalar osteoarthritis	Rt	Pain	Multiple cannulated screw	4	14	12	40	20	15	5	9	5	Infection	Poor
2	M	53	Charcot joint with ankle fracture-dislocation	Rt	Pain	Multiple cannulated screw	4	20	32	64	30	24	10	10	3	Nonunion	Good
3	M	64	Ankle-subtalar osteoarthritis	Rt	Pain	Multiple cannulated screw	3	23	39	73	40	23	10	7	0		Excellent
4	F	62	Charcot joint with ankle fracture and dislocation	Lt	Pain	Multiple cannulated screw	5	7	15	76	40	26	10	8	0	Tibia stress Fracture	Excellent
5	M	70	Rheumatoid arthritis	Lt	Pain	Multiple cannulated screw	4	6	25	68	30	28	10	7	0		Good
6	F	49	Tuberculous arthritis	Rt	Pain	Multiple cannulated screw	4	25	32	75	40	25	10	8	0		Good
7	F	69	Ankle-subtalar osteoarthritis	Lt	Pain + varus deformity	Multiple cannulated screw	4	19	24	66	30	26	10	9	1	Nonunion	Good
8	F	44	Ankle osteoarthritis cavovarus deformity	Rt	Pain + varus deformity	Multiple cannulated screw	5	13	40	73	40	23	10	9	0		Excellent
9	F	57	Ankle-subtalar osteoarthritis	Lt	Pain + varus deformity	Multiple cannulated screw	3	26	8	58	30	23	5	10	1	Valgus	Excellent
10	F	43	Residual poliomyelitis with cavo-valgus deformity	Lt	Instability	Multiple cannulated screw	4	12	23	67	30	27	10	7	0	Malunion	Excellent

*No, Number; [†]M/F, Male/Female; [‡]Rt/Lt, Right/Left; [§] AOFAS, American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot functional Scale; ^{||} Preop, Preoperative; [¶] Postop, Postoperative; ^{**}VAS, Visual Analogue Scale.



Figure 2. (A) Preoperative radiographs of the 57 year-old female showed ankle and subtalar osteoarthritis with severe varus deformity. (B) Postoperative 27 months radiographs, it was well realigned with relief of pain after tibio-talo-calcaneal arthrodesis internally fixed with multiple cannulated screws.

환자의 만족도 등을 분석하였다. 미국정형외과족부족관절학회 기능 평가기준은 통증 영역에 40점, 기능 영역에 50점, 족관절-후족부의 정렬에 10점 등 총 100점으로 구성되어 있으나, 본 연구대상 등은 모두 거골하 관절 및 족관절을 유합함에 따라 굴곡, 신전 및 내외반 관절 운동범위는 소실됨으로 변형된 미국정형외과족부족관절학회 평가표의 만점은 86점으로 하였다. 즉, 미국정형외과족부족관절학회 기능 평가 점수 중 통증 영역은 40점, 보행기능은 36점, 족관절-후족부 정렬 영역은 10점이었다. 또한, 환자의 수술에 대한 만족도의 분석은 매우 만족(very satisfied), 만족(satisfied with minor reservation), 보통(satisfied with major reservation), 불만족(dissatisfied) 등 4가지로 나누어 평가하였다.

미국정형외과족부족관절학회 기능 평가점수의 각 영역의 영향 평가를 위해서는 선회귀분석을 이용하여 통계학적

으로 처리하였으며, $p < 0.01$ 를 유의한 수준으로 하여 평가하였다.

결 과

평균 추시 기간은 16.5개월(12-26개월)이었다. 관절 유합의 판정은 임상적으로 체중 부하 시 족관절 및 거골하 관절의 동통이 소실되고, 술 후 최종 촬영한 단순 방사선 검사상 관절면의 80% 이상이 골로 연속성을 보이는 경우로 정의하였다. 최종추시 시 총 10명 중 8명(80%)에서 견고한 관절 유합 소견을 보였다(Fig. 2). 술 전 시각 상사 척도 동통 점수는 평균 8.2점(7-10점)에서 최종추시 시 평균 1점(0-3점)으로 향상되었다. 또한 술 전 미국정형외과족부족관절학회 기능 평가점수는 평균 25점(8-40점)에서 최종추시 시 평균 66점(58-75점)으로 향상되었으며 미국정형외과족부

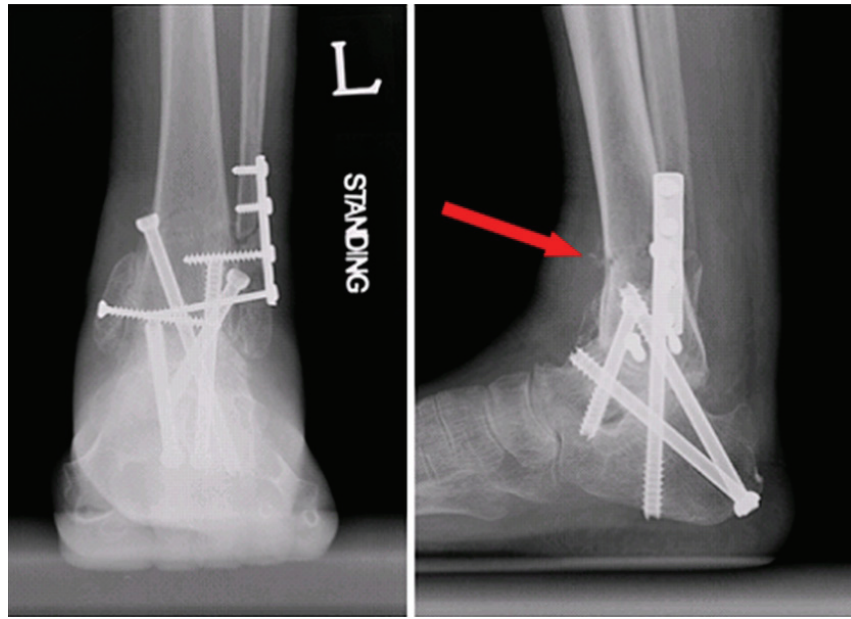


Figure 3. Sixty-two year old female with Charcot joint arthropathy developed distal tibia stress fracture 6 months after TTC joint fusion.

족관절학회 기능 평가점수 중 통증 영역은 평균 33점, 기능 영역은 평균 24점, 족관절-후족부 정렬 영역은 평균 9점이었으며, 100점 만점으로 환산한 경우는 각각 82.5점, 66.7점, 90점으로 기능 영역이 가장 저조하였다(Table 1). 그리고 각 영역이 전체 미국정형외과족부족관절학회 기능 평가에 미치는 영향을 분석하였는데, 각각의 영역 중 통증 영역이 다른 두 영역에 비하여 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며, 이는 통계학적으로 의미가 있었다($p < 0.01$)(Table 2). 환자의 만족도는 매우 만족이 5예(50%), 만족이 3예(30%), 보통과 불만족이 각각 1예(10%)로서 80%에서 만족 이상의 결과를 얻었다.

술 후 합병증으로는 불유합이 2예에서 관찰되었으며, 외반 부정 유합, 수술 부위 감염 및 경골의 피로 골절이 각각 1예에서 발생하였다. 불유합 2예 중 1예는 샤코씨 관절증에서 발생하였으며, 다른 한 예는 골관절염 환자(증례 7)에서 거골하 관절 유합은 얻었으나 족관절은 나사의 적절한 압박 고정 실패에 따른 불유합으로 관절 재고정술 및 자가골 이식술을 통해 관절 유합을 얻었다. 경골 원위부의 피로 골

절은 증례 4의 샤코씨 관절증에서 발생하였는데, 술 후 4개월에 골유합을 얻은 후 보행 중 관절유합에 따른 유연성 소실로 인해 족관절 상부 경골에 피로 골절이 발생하였으며 이에 대해 단하지 석고붕대 고정을 2달간 시행하여 골유합을 얻었다(Fig. 3).

고 찰

족관절 또는 경골-거골-종골간 관절고정술은 류마티스 관절염, 일차 혹은 이차성 관절염, 거골의 무혈성 괴사, 마비성 족부질환, 만곡족의 후유증, 관절 유합술의 실패, 인공관절 전치환술의 실패, 신경 관절병증 등의 여러 원인에 따른 족관절과 후족부 기능장애에 따른 심한 통증과 변형 또는 불안정증을 해결할 수 있는 유용한 수술 방법으로 알려져 있다^{27,28,30}. 그러나 거골하 관절이 잘 보존되어 있는 경우, 심각한 말초성 혈관 질환이 있는 경우, 족관절과 족부의 활동성 감염이 있는 경우, 원위부 경골의 심각한 각변형이 있는 경우, 심한 뒤꿈치 족저 지방패드의 위축이 있는

Table 2. Statistical Comparison among the Three Fields in the AOFAS* Score

	Coefficient of determination (R^2)	Significant probability (p -value)
Pain	.826	.000
Function	.592	.009
Alignment	.703	.002

*AOFAS, American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Functional Scale.

경우 등에는 경골-거골-종골간 유합술은 금기로 알려져 있다.^{27,28)}

1882년 Albert²⁾에 의해 전방 접근법을 통한 족관절 고정술이 처음 보고된 이래 다양한 접근 방법들이 소개되었다. 외측을 통한 접근법은 1908년 Goldthwait¹⁶⁾가 경골-종골간 관절고정술에서 처음 시도하였고, 그 후 Horwitz¹⁹⁾가 1942년 족관절 고정술에서 시도하여 지속적으로 보고되고 있으며^{1,34)}, 근간에는 족관절 내과와 외과를 동시에 절골하여 수술 시야를 확보한다는 보고도 있었다^{3,35)}. 이 중에서 비골 횡단 접근법^{1,19,34)}은 비복신경과 전비골 신경의 외측 분지 사이를 통한 절개와 비골 외과의 골 절개로 넓은 수술 시야를 확보하여 수술 시간을 줄일 수 있고, 미용학적 개선과 기능적 개선을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

또한 고정술의 방법으로 전통적으로 대량의 골 절제 후 외고정 장치를 이용하거나^{3,9)}, 또는 골 이식과 내고정 장치를 이용하는 방법이 알려져 있다.^{5,7,12,15,21,23)} Russotti 등³⁰⁾에 의해 경골-거골-종골간 유합술이 처음 기술되었으며 당시 외고정 장치나 다수의 나사 고정술 및 자가 골 이식술이 시행되었다. 외고정 장치를 이용한 고정술은 고정하고자 하는 관절에 압박을 가해 관절 유합을 촉진하는 것으로 알려져 있으나^{9,29)} Scranton 등³²⁾, Morrey와 Weideman²⁴⁾, Ratliff²⁹⁾는 Charnley clamp를 이용한 족관절 고정을 시도한 결과 관절 유합률이 겨우 70-80%에 이르는 것으로 보고하고 있다. 한편 1968년 Johnson과 Boseker²⁰⁾는 외고정 기구를 이용할 때 발생하는 합병증이 60%에 이르는 것으로 보고하였으며 불유합, 지연 유합, 삽입 핀의 감염, 후경골 신경 손상 등의 다양한 합병증을 보고하였다. 외고정 장치에 의한 관절 고정 결과 보여주는 유합률을 개선하고 합병증을 줄이기 위해 다양한 내고정 방법^{5,7,12,15,21,23,25)}이 개발되어져 왔다. Kile 등²²⁾은 고정의 안정성을 높이기 위해 골수강 내 고정 기구를 고안하여 사용하였으며 추시 결과 87%의 유합률을 보고하였다. 골수강 내 금속정을 이용한 다른 연구들에서도 경골-거골-종골간 유합술의 유합률을 74-93%로 보고하였다^{22,26,27)}. 또한, 1992년 Thordarson 등³³⁾에 의한 Calcandruccio 삼각형 압박 외고정 기구와 금속 나사를 이용한 생역학적 비교실험에서 금속 나사를 이용해 관절 고정을 하였을 때가 외고정 장치를 이용했을 때보다 회전력과 굴신력에 대해 더욱 강한 저항을 보였고, 1980년 Scranton 등³²⁾에 의해 Charnley clamp와 T-형 금속정을 이용한 생역학적 비교실험 연구 결과에 의하면 T-형 금속정을 이용해 관절 고정을 하였을 때가 Charnley clamp를 이용했을 때보다 염전력에 대해 더욱 강한 저항을 보였다. 한편 1989년 Chieppa 등¹⁰⁾에 의하면 후족부 관절

고정술시 유관 나사의 사용이 다른 내고정 기구를 사용했을 때보다 기술적으로 쉽고 수술 시간을 줄일 수 있다고 하였으며, 1994년 Hewchuck 등¹⁷⁾은 후족부 관절 고정술시 유관 나사의 사용이 다른 내고정 기구를 사용했을 때보다 더욱 견고한 고정을 얻을 수 있었다고 보고하였다. 1997년 정 등¹³⁾은 유관 압박나사를 사용한 경골-거골-종골간 고정술에서 총 4예 중 3예 75%의 유합률을 보고한바 있으며 평균 관절 유합기간은 17.3주였다. 또한 유관 압박나사 사용시 대량의 골 절제 없이 연골하 골만을 제거하기에 하퇴부나 족부의 단축이 발생하지 않아 미용적으로 만족스러우며, 동시에 관절 주위를 지나는 근건 조직들의 정상적 위치와 기능이 유지된다. 또한 연부조직의 광범위한 박리 없이 족관절 또는 후족부 관절을 해부학적 위치 하에 견고하게 압박시켜 관절 유합률이 높으며 관절 유합 후 삽입된 금속나사를 제거할 필요가 없다는 장점을 보고하였다. 이 뿐만 아니라 유관 압박나사는 경우에 따라서 다양한 위치에서 여러 개의 나사 고정이 가능하며 한국인을 비롯한 비교적 후족부의 골격 크기가 작은 동양인들에 있어 상대적으로 적용하기 더 적합한 장점이 있다.

본 연구에서는 유관나사를 이용한 경골-거골-종골간 관절 유합술을 시행하였으며 80%에서 유합을 얻었으며, 이는 다른 기구를 이용한 유합률과 비슷하거나 다소 낮은 수치였으나 이는 적은 연구대상 수와 짧은 추시 기간이 영향을 주었을 것으로 생각된다. 따라서 지속적인 경과 추시 및 추가적인 연구 대상의 분석이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 평균 관절 유합 기간(19.3주), 시각 상사 척도 동통 점수(최종 추시 시 평균 1점), 미국정형외과족부족관절학회 기능 평가 점수(최종 추시 시 평균 66점), 만족도(보통 이상 87.5%)는 타 문헌에서 보고된 다른 고정 방법을 사용한 경우와 유사한 결과를 보였다¹¹⁾.

술 후 합병증으로 경골의 피로 골절이 1예에서 발생하였다. 샤코씨 관절증 환자로 수술 후 4개월째 단하지 석고 고정 제거 후 전 체중 부하 보행하던 중 경골의 피로 골절이 발생하였으며 전위가 심하지 않아 단하지 석고고정을 3개월 시행하여 골유합을 유도하였다. 불유합을 보인 경우가 2예 있었는데 이중 1예는 감염이 원인이었다. 53세 남자 환자의 경우 수술 후 1년 3개월째 감염 소견과 불유합 소견 동반되어 내고정물 제거술 및 시멘트 염주 삽입술과 외고정 시행 후 2개월 뒤 시멘트 제거 후 자가 골 이식과 내고정을 통해 골유합을 유도하였다. 부정유합이 1예에서 발생하였는데 소아마비 후유증으로 인한 후족부의 마비성 외반 변형이 동반된 요측으로 고정술 후 20도의 후족부 외반 소견이 남았으나 환자는 큰 불편감을 호소하지 않았다. 이는 기존

의 보고된 내고정 장치를 이용한 경골-거골-종골간 유합술의 합병증에서 벗어나지 않았으며 모두 경미한 합병증이였다. 본 연구에서는 합병증 발생률은 40%로(10명 중 4명) Adams¹⁾가 보고한 골수강 내 고정을 이용한 유합술의 합병증 60%에 비해 낮았으며 골수강 내 고정 시 발생할 수 있는 3대 주 합병증인 치명적인 폐색전증, 심장마비, 뇌혈관질환의 발생은 한 예도 없었다.

결 론

본 연구를 통해 다발성 유관 나사 고정을 이용한 경골-거골-종골간 관절 유합술은 족관절-후족부의 심한 변형을 동반하는 다발성 관절염에 대한 유용한 수술적 치료법 중 하나임을 확인 할 수 있었다. 그러나 향후 보다 많은 증례에 대해 장기 추시를 통한 임상적 분석이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Adams JC: Arthrodesis of the ankle joint: Experiences with the transfibular approach. *J Bone Joint Surg*, 30-B: 506-511, 1948.
2. Albert E: Einige fälle kunstlicher ankylosen. bildung an paralytischen gliedmassen. *Wien Med Rresse*, 23: 726-728, 1882.
3. Anderson R: Concentric arthrodesis of the ankle joint. A transmalleolar approach. *J Bone Joint Surg*, 27-A: 37-48, 1945.
4. Bednarz PA, Beals TC and Manoli A: Subtalar distraction bone block fusion: an assessment of outcome. *Foot Ankle Int*, 18: 785-791, 1997.
5. Bingold AC: Ankle and subtalar fusion by a transarticular graft. *J Bone Joint Surg*, 38-B: 862-870, 1956.
6. Burton DC, Olney BW and Horton GA: Late results of subtalar distraction fusion. *Foot Ankle Int*, 19: 197-202, 1998.
7. Campbell CJ, Rinehard WT and Kalenak A: Arthrodesis of the ankle: deep autogenous inlay grafts with maximum cancellous bone apposition. *J Bone Joint Surg*, 56-A: 63-70, 1974.
8. Chan SC and Alexander IJ: Subtalar arthrodesis with interposition tricortical iliac crest graft fot late pain and deformity after calcaneus fracture. *Foot Ankle Int*, 18: 613-615, 1997.
9. Chamley J: Compression arthrodesis of the ankle and shoulder. *J Bone Joint Surg*, 33-B: 180-191, 1951.
10. Chieppa WA, Sydnor KH and Walter JHJr: Use of the cannulated bone screw in rearfoot surgery. *J Foot Surg*, 28: 333-334, 1989.
11. Chou LB, Mann RA, Yaszay B, et al: Tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 21: 804-808, 2000.
12. Chuinard E and Peterson R: Distraction-compression bone-graft arthrodesis of the ankle: A method especially applicable in children. *J Bone Joint Surg*, 45-A: 481-490, 1963.
13. Chung YK, Yoo JH, Park YW and Lee JD: Cannulated screw fixation for ankle and hindfoot arthrodesis. *J Korean Orthop Assoc*, 32: 944-951, 1997.
14. Flemister AS, Infante AF, Sanders RW and Walling AK: Subtalar arthrodesis for complications of intraarticular calcaneal fractures. *Foot Ankle Int*, 21: 392-399, 2000.
15. Gallie WE: Arthrodesis of the ankle joint. *J Bone Joint Surg*, 30-B: 619-621, 1948.
16. Goldthwait JE: An operation for the stiffening of the ankle joint in infantile paralysis. *Am J Orthop Surg*, 5: 271-275, 1908.
17. Hewchuck A, Goldman F and Wargon C: The Herbert cannulated bone screw in rearfoot arthrodesis. *J Foot Ankle Surg*, 33: 266-270, 1994.
18. Holt ES, Hansen ST, Mayo KA and Sangeorzan BJ: Ankle arthrodesis using internal screw fixation. *Clin Orthop*. 268: 21-28, 1991.
19. Horwitz T: The use of the transfibular approach in arthrodesis of the ankle joint. *Am J Surg*, 55: 550-552, 1942.
20. Johnson EW and Boseker EH: Arthrodesis of the ankle. *Arch Surg*, 97: 766-773, 1968.
21. Kennedy JC: Arthrodesis of the ankle with particular reference to the Gallie procedure. *J Bone Joint Surg*, 42-A: 1308-1316, 1960.
22. Kile TA, Donnelly RE, Gehrke JC, Wener ME and Johnson KA: Tibiotalocalcaneal arthrodesis with an intramedullary device. *Foot Ankle Int*, 15: 349-353, 1994.
23. Marcus RE, Balourdas GE and Heiple KG: Ankle arthrodesis by chevron fusion with internal fixation and bone grafting. *J Bone Joint Surg*, 65-A: 833-838, 1983.
24. Morrey BF and Weideman GP Jr: Complications and long-term results of ankle arthrodesis following trauma. *J Bone Joint Surg*, 62-A: 777-784, 1980.
25. Papa JA and Myerson MS: Pantalar and tibiotalocalcaneal arthrodesis for post-traumatic osteoarthritis of the ankle and hindfoot. *J Bone Joint Surg*, 74-A: 1042-1044, 1992.
26. Pinzur MS and Kelikian A: Charcot ankle fusion with a retrograde locked intramedullary nail. *Foot Ankle Int*, 18: 699-704, 1997.
27. Quill GE: Tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Tech Orthop*, 11: 269-273, 1996.
28. Quill GE: Tibiotalocalcaneal and pantalar arthrodesis. *Foot Ankle Clin*, 1: 199-209, 1996.
29. Radliff AHC: Compression arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg*, 41-B: 524-534, 1959.
30. Russotti GM, Johnson KA and Cass JR: Tibiotalocalcaneal arthrodesis for arthritis and deformity of the hind part of

- the foot. J Bone Joint Surg, 70-A: 1304-1307, 1988.*
31. **Scranton PE:** *Results of arthrodesis of the tarsus: talocalcaneal, midtarsal, and subtalar joints. Foot Ankle, 12: 156-164, 1991.*
 32. **Scranton PE Jr, Fu FH and Brown TD:** *Ankle arthrodesis: a comparative clinical and biomechanical evaluation. Clin Orthop, 151: 234-243, 1980.*
 33. **Thordarson DB, Markolf K and Cracchiolo A:** *Stability of an ankle arthrodesis fixed by cancellous-bone screws compared with that fixed by an external fixator. J Bone Joint Surg, 74-A: 1050-1055, 1992.*
 34. **Verhelst MP, Mulier JC, Hoogmartens MJ and Spaas F:** *Arthrodesis of the ankle joint with complete removal of the distal part of the fibula: Experience with the transfibular approach and three different types of fixation. Clin Orthop, 118: 93-99, 1976.*
 35. **Wilson HJ Jr:** *Arthrodesis of the ankle: A technique using bilateral hemimalleolar onlay grafts with screw fixation. J Bone Joint Surg, 51-A: 775-777, 1969.*