

# 전위된 관절내 종골 골절에 대한 금속판 내고정술에서 일시적 K-강선 고정의 효과

양기원, 김진수, 문진선

을지대학교 의과대학 을지병원 족부족관절정형외과

## The Effect of Temporary K-wire Fixation in the Plate Fixation for Displaced Intra-articular Calcaneal Fracture

Kiwon Young, Jin Su Kim, Jinseon Moon

Surgery of Foot and Ankle, Eulji General Hospital, Eulji University College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** This study was designed to evaluate the clinical efficacy of temporary K-wire fixation in F-plate fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures.

**Materials and Methods:** Two groups (group 1 with F-plate fixation only and group 2 with temporary K-wire fixation and F-plate fixation) of patients were included in this study. The temporary K-wire was removed six weeks after the operation. Each group consisted of 33 cases. Rotational axis angles were measured radiographically and the foot and ankle outcome score (FAOS) was used for clinical assessment.

**Results:** In group 1, the mean rotational axis angle was reduced from 27° preoperatively to 5.59° postoperatively and the angle at last follow-up was 9.94°. There was an increase in angle of 4.35° between postoperative and the last follow-up measurement. In group 2, the mean rotational axis angle was reduced from 21.2° preoperatively to 4.39° postoperatively and the angle at last follow-up was 5.91°. There was an increase in angle of 1.52° between postoperative and the last follow-up measurement. Significant difference in the changes of rotational axis angle was observed between the two groups. However, no significant difference in FAOS was observed between the two groups.

**Conclusion:** Temporary K-wire fixation can prevent reduction loss when treating displaced intra-articular calcaneal fractures with an F-plate.

**Key Words:** Calcaneus, Intra-articular fracture, Temporary K-wire fixation, F-plate fixation

### 서 론

종골 골절은 전체 골절 중 약 1%~2% 정도를 차지하며 족부 골절의 60%를 차지하는 가장 흔한 족근골 골절로, 이 중 약 75%가 관절내 골절이다.<sup>1)</sup> 이 중 전위성 관절내 종골 골절의 치료는 종골 골

절의 복잡한 해부학적 양상에 따른 후방 관절의 불일치(incongruity) 및 부정유합, 불유합, 얇은 연부조직의 감염 등의 합병증으로 인하여 여러 수술법이 제시되고 있는데 도수 정복 등의 '비수술적 치료 방법', 최소 절개 후 경피적 유관 나사를 이용한 내고정술 등의 '최소 침습적 수술'에서부터 삼중 관절 유합술, 일차적 거골하 관절 유합술, 그리고 현재 보편화된 광범위 외측 접근법을 통한 관혈적 정복 및 내고정술 등의 '수술적 치료'에 이르기까지 다양하다.<sup>2)</sup>

종골 골절의 관절내 골절 중 관절 함몰형은 후외측 관절 골편(superolateral fragment)의 심한 분쇄 골절과 골편 전면의 함몰이

Received March 30, 2014 Revised August 5, 2014 Accepted August 5, 2014

Corresponding Author: Jinseon Moon

Surgery of Foot and Ankle, Eulji General Hospital, 68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu, Seoul 139-711, Korea

Tel: 82-2-970-8260, Fax: 82-2-972-0068, E-mail: doctorjs@eulji.ac.kr

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright ©2014 Korean Foot and Ankle Society. All rights reserved.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

발생하고 종골 결절부에 힘이 가해질 경우 Essex-Lopresti의 관절 함몰형-설상형 종골 골절이 생길 수 있다.<sup>2)</sup> 이런 경우 유동성(free floating) 후외측 관절 골편이 생겨 시상면을 따라 전하방으로의 회전 전위(rotational displacement)가 일어나고, 이로 인해 후방 관절면의 불일치가 발생할 수 있다.<sup>2,3)</sup> 따라서 관절내 종골 골절의 치료에 있어 함몰된 후방 관절 골편의 해부학적 정복을 통해 거골하 관절(subtalar joint)의 움직임을 복원하는 것이 중요하다. 전위된 후방 관절 골편의 해부학적 정복 및 정복 상태를 유지하기 위해서는 골절편에 적어도 2개의 나사를 이용해 고정을 해야 정복 소실 및 회전 전위를 방지할 수 있다. 또한 종골 결절부 골절편은 아킬레스건에 의해 근위부로 이동하게 되는데 이 골절편을 원위부로 내려야 정상적인 거골 경사각(talar declination angle)으로 복원 및 정복 상태를 유지하여 정상적인 발목 관절의 움직임을 얻을 수 있다. 종골 결절부 골절편이 근위부로 이동하는 것을 막으려면 아킬레스건의 견인력을 이겨내는 견고한 고정이 필요하다.

지금까지 나온 많은 수술적 고정 방법 중 후방 관절 골절편과 종골 결절부 골절편을 정복하고 유지하는 데 있어 만족스러운 수술 방법이 없었던 가운데, 본원에서 F형 금속판을 이용한 내고정술을 시행 받은 환자들을 최소 6개월 이상 추시한 결과에서는 족부 측면 단순방사선영상에서 후방 관절면의 회전 전위 증가 및 후방 관절면의 정복 소실이 관찰되었다. 이에 저자들은 전위성 종골 골절의 관혈적 정복 후 경피적으로 1~2개의 일시적 K-강선을 이용하여 종골 결절부-후방 관절면-거골체를 고정하였고 이후 추가적으로 F형 금속판을 이용한 내고정술을 통해 위 두 골절편의 정복을 유지하도록 하였다.

본 연구에서 저자들은 일시적 K-강선을 이용한 종골 결절부-후방 관절면-거골체의 경피적 핀 삽입 고정술이 F형 금속판만을 이용하여 치료한 군과 비교할 때 임상적 및 방사선학적으로 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보고자 후향적 분석을 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2003년 12월부터 2012년 11월까지 최소 6개월 이상

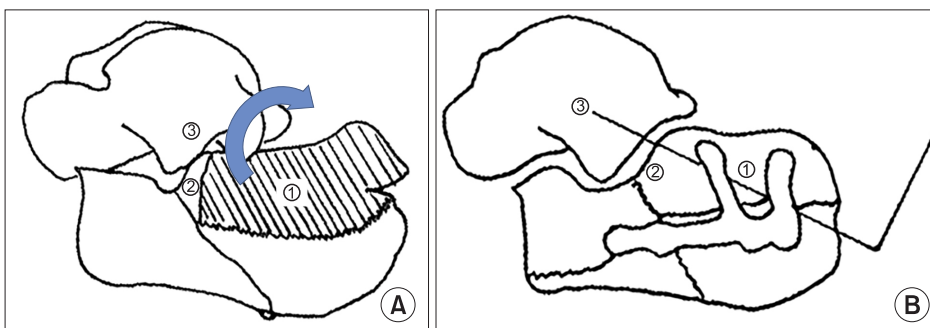
경과 관찰이 가능하였던 전위성 관절내 종골 골절 환자를 대상으로 하였으며, K-강선 고정을 시행하지 않고 F형 금속판(Solco Biomedical, Pyeongtaek, Korea)을 이용해 고정된 33명의 환자(1군)와 F형 금속판과 K-강선 고정을 함께 시행한 33명의 환자(2군)에 대한 후향적 비교 연구를 시행하였다. 환자의 수상 당시의 평균 나이는 45.1세(범위, 21~62세)였고 성별분포는 남자가 54명, 여자가 12명이었으며 골절 위치는 우측이 32예, 좌측이 34예였다. 평균 추시 관찰 기간은 17개월(범위, 6~30개월)이었으며 수상 기전은 추락사고(falling injury)가 56예(85%)로 대부분이었고, 실족사고(misstep injury)가 6예(9%), 교통사고 등의 직접 외상이 4예(6%)로 고에너지 손상이 가장 많았다.

본 연구는 을지병원 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board)로부터 승인을 받았다.

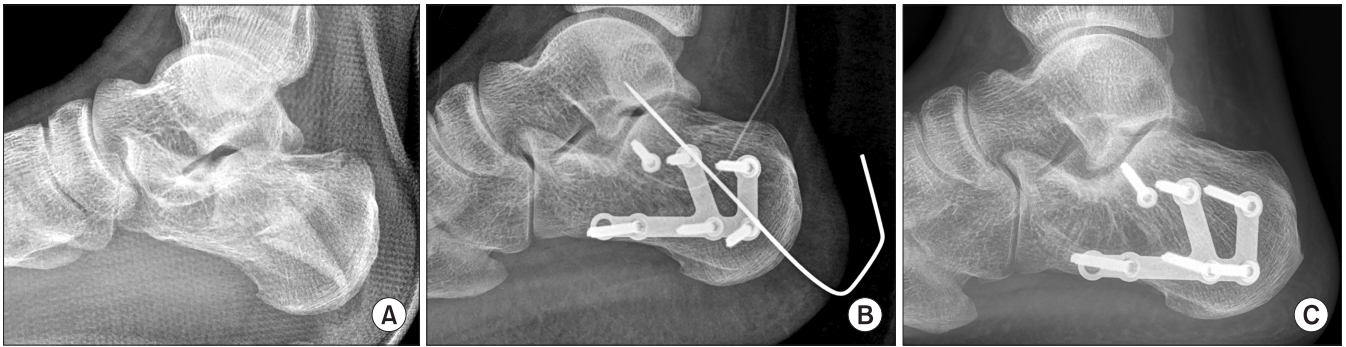
### 2. 수술 방법

수술적 방법은 광범위 외측 접근법을 이용하였는데, 피부 절개는 아킬레스건과 족관절 외과의 중간 지점에서 시작해 'L'자 형태로 족부의 외측과 족저부 피부 경계면을 따라 진행하여 종입방 관절부까지 시행한다. 비복 신경이 손상되지 않도록 주의하여 비골 지지대와 중비 인대를 가르고 전체층 피판을 골막하에서 박리한 뒤 잦은 조작에 의한 피판 괴사 방지 및 가시성을 유지하기 위해 2개의 1.6 mm K-강선을 비골 외과부 및 거골의 경부에 삽입한 후 피판을 전외측으로 짓혀주었다. 종골의 후방 관절면과 외측벽, 전방 관절면을 노출시킨 후, 종골 결절부에 Steinmann pin을 이용한 후하방 견인을 시행한 상태에서 종골 외측벽의 골절편을 통하여 골막 분리기(periosteum elevator)를 이용해 후방 관절면의 함몰된 골절편을 들어올려 정복한다.

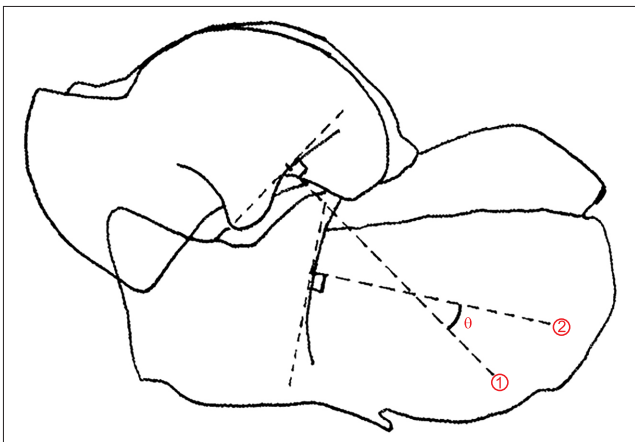
이후 영상 증폭기(image intensifier)를 보면서 일시적 K-강선을 이용하여 종골 결절부-거골하 관절-거골체를 관통하는 경피적 핀 삽입 고정술을 시행하였으며 핀 삽입부의 위치, 후방 관절면의 정복 및 유지 상태를 확인한 다음 종골 외측벽의 골절편을 덮은 후 F형 금속판을 이용하여 내고정술을 시행하였다. 이후에 영상 증폭기를 이용하여 후방 관절 정복 상태를 재확인하였고 경피적 K-강선은 절단 후 피부 밖에 두었다(Fig. 1). 술 후에는 단하지 석고 부



**Figure 1.** (A) This is a schematic diagram of the classic Essex-Lopresti 'tongue-type' fracture. Postero-inferior traction and rotation force are necessary for reduction of posterior facet and calcaneal tuberosity fragments. (B) This is a schematic diagram of the temporary K-wire fixation followed by F-plate fixation. ①: calcaneal tuberosity, ②: subtalar joint, ③: talar body.



**Figure 2.** These are lateral radiographs of the right calcaneus. (A) This is a preoperative radiograph of 32-year-old male patient's calcaneus, showing the classic Essex-Lopresti 'joint depression type' and 'tongue type' fracture. (B) This is a postoperative radiograph showing open reduction with temporary percutaneous K-wire fixation from calcaneal tuberosity through subtalar joint to talar body, followed by F-plate fixation. (C) This is a follow-up radiograph, 2 years after the operation, showing a good reduction state of posterior calcaneal facet.



**Figure 3.** This is a schematic diagram of 'rotational axis angle ( $\theta$ )' of calcaneus in lateral radiograph. Rotational axis angle is the angle between two tangent lines, ① and ②. ①: tangent line of center in talar posterior articular facet, ②: tangent line of center in calcaneal posterior articular facet, rotated and displaced anteriorly and inferiorly.

목 고정을 시행하였다. 수술 부위는 매일 소독하면서 상처의 감염이나 색 변화를 관찰하였으며 경피적 K-강선에 의해 발 뒤꿈치의 피부가 눌리는 것을 방지하기 위해 충분히 거즈를 대었다. 술 후 2주 때 전체 봉합사를 제거하였고 경피적 K-강선을 유지한 채 눌러지 않도록 충분히 거즈 붕대를 댄 뒤 4주간 단하지 석고 붕대를 이용해 고정하였다. 술 후 6주 전까지는 수술 부위를 딛지 않도록 하는 목발 보행을 허용하였고 술 후 6주 때 석고 붕대 고정을 제거하면서 경피적 K-강선은 제거한 뒤 서서히 체중부하를 허용하였다 (Fig. 2).

**3. 평가 방법**

임상적 평가는 술 후 최소 6개월 이상 경과된 시점에서 the foot and ankle outcome score (FAOS)<sup>9)</sup>를 이용하여 평가하였다. 방사선학적으로는 술 전, 술 후, 경피적 K-강선 제거 후와 술 후 6개월 이상 경과된 족부 측면 단순방사선영상에서 회전 전위각을 측정하

였다. 회전 전위각은 Bae 등<sup>3)</sup>이 후방 관절 골편의 시상면 회전 전위각을 측정한 것과 동일한 방법으로 후방 관절 골편의 전하방 회전 전위에 대한 평가를 실시하였다(Fig. 3). 또한 수술 방법에 따른 회전 전위각의 변화 정도를 Mann-Whitney U test 및 Pearson 상관관계 분석으로 통계적 유의성 여부를 평가하였으며 통계 분석은 SPSS 12.0.1 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

**4. 금속 K-강선을 이용한 경피적 핀 삽입 고정술의 합병증에 대한 평가**

이 술식의 합병증으로는 금속 K-강선에 의한 경미한 홍반성 반응, 신경 손상에 따른 감각 이상 및 혈관 손상, 2차 감염에 의한 핀 관 감염, 골수염, 화농성 관절염 등이 있을 수 있다. 본 연구에서는 그 발생 여부를 확인하여 F형 금속판과 K-강선 고정을 함께 시행한 군에서 K-강선 고정을 시행하지 않은 군과 비교해 합병증 발생률의 증가 여부를 조사하여 술식의 안전성을 평가하였다.

**결 과**

**1. 후방 관절 골편의 시상면 회전 전위각의 크기 비교**

1군에서의 회전 전위각은 술 전 평균 27도에서 술 후 5.59도로 감소되었고 6개월 이상 경과 시에는 9.94도로 관찰되었다. 2군에서의 회전 전위각은 술 전 평균 21.2도에서 술 후 4.39도로 감소되었고 술 후 6주 시 일시적 K-강선을 제거한 후에는 5.12도, 6개월 이상 경과 시에는 5.91도로 관찰되었다(Table 1). 최종적으로 술 후와 술 후 6개월 이상 추시 간의 회전 전위각 변화값은 1군이 4.35도, 2군이 1.52도로 관찰되어, 두 군 간 평균 회전 전위각 변화값에 대해 Mann-Whitney U test를 이용한 통계적 검증 결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ).

**2. 임상적 평가**

FAOS의 5개 항목인 통증, 증상, 일상생활 기능, 스포츠 활동, 삶



**Table 1.** Perioperative Changes of Rotational Axis

Rotational axis (°)	Group 1	Group 2
Preoperative	27	21.2
Postoperative	5.59	4.39
Postoperative 6 mo	9.94	5.91

Values are presented as mean.

Group 1: F-plate fixation only, Group 2: temporary K-wire fixation and F-plate fixation.

의 질 순으로 임상적 평가를 시행하였다. 1군의 FAOS 결과는 통증 88, 증상 83, 일상생활 기능 89, 스포츠 활동 67, 삶의 질 66이며 2군의 FAOS 결과는 통증 84, 증상 82, 일상생활 기능 93, 스포츠 활동 75, 삶의 질 56으로 나왔다. 두 군의 각 항목별 점수 차이에 대해 Mann-Whitney U test를 이용한 통계적 검증 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p>0.05$ ; Table 2).

### 3. 결과에 영향을 미치는 인자 및 합병증

술 전 후방 관절면의 회전 전위가 심할수록 후방 관절면의 정복 및 유지가 어려울 것이고 술 후 후방 관절면의 정복이 좋을수록 시간에 따른 정복 소실도 줄어들 것이라 예상하였다. 이에 대해 Pearson 상관관계분석을 이용하여 검증한 결과 Pearson 상관계수는 각각 0.278, 0.044로 나왔다.

한편, 환자들에서 창상 치유 지연, 핀 주위 감염, 골수염, 화농성 관절염, 신경 및 혈관 손상 등의 합병증은 관찰되지 않았다.

## 고 찰

현재 종골 골절에 대해 보다 적극적인 수술적 치료가 이루어지고 있는 가운데 술 전 후방 관절면의 불일치에 대한 정확한 평가가 필요하며 단순방사선촬영 영상만으로 한계가 있다. 종골 골절의 손상 정도를 평가하는 데 있어 족부 측면 단순방사선영상에서 측정된 Böhler각과 Gissane각이 사용되어 왔으나 이러한 측각은 종골 골절의 손상 정도를 이해하는 데 도움은 되나 골절의 양상을 이해하는 데 불충분하며 기능적 예후와의 연관성을 확인할 수 없다는 연구가 있다.<sup>2)</sup> Crosby와 Fitzgibbons<sup>5)</sup>는 임상적 결과를 예측하는 데 있어 Böhler각과 Gissane각보다 후방 관절면의 해부학적 정복이 중요함을 강조하였고 McLaughlin<sup>6)</sup>은 Böhler각이 관절내 및 관절외 종골 골절에서 모두 감소하므로 Böhler각의 제한된 유용성에 대해 언급한 바 있다.

최근 전산화단층촬영이 발달 및 보급되면서 Crosby-Fitzgibbons 분류법이나 Sanders 분류법 등을 인용한 다수의 논문 보고에서는 전산화단층촬영을 이용한 후방 관절면의 손상 정도가 다면적 회귀 분석 방법을 통해 통계적으로 의미 있는 예후적 가치를 가지는 것으로 밝혀졌다.<sup>2)</sup> 그러나 Bae 등<sup>3)</sup>은 기존의 Crosby-Fitzgibbons 분

**Table 2.** Foot and Ankle Outcome Score

	Pain	Symptom	ADL	Sports/recreation	QOL
Group 1	88	83	89	67	66
Group 2	84	82	93	75	56
p-value*	0.710	0.902	0.902	0.535	0.318

Values are presented as mean.

Group 1: F-plate fixation only, Group 2: temporary K-wire fixation and F-plate fixation.

ADL: activities of daily living, QOL: foot and ankle-related quality of life.

\*Mann-Whitney U test.

류법이나 Sanders 분류법 등이 함몰형 전위성 종골 골절의 분류 및 골절 양상을 확인하는 데 있어 후방 관절면의 참된 불일치를 표현하기 어렵고 그 대안으로 축성면 단층촬영에서 종골 체부의 해면골 음영 내에 피질골의 음영을 관찰하여 그 개수를 세는 방법을 제시하였고, 이를 족부 측면 단순방사선영상에서 회전 전위각을 측정하여 Crosby-Fitzgibbons 분류법, Sanders 분류법과 비교하였다. 그 결과 회전 전위각과 해면골 내 피질골의 개수를 세는 방법의 Spearman 상관계수가 0.891로 나왔다. 기존의 Crosby-Fitzgibbons 분류법이나 Sanders 분류법들은 각각 0.643, 0.611로 나와 Bae 등<sup>3)</sup>은 연구에서 제시한 분류법이 후방 관절면의 불일치를 더욱 잘 반영하는 것이라고 보고하였다.

전위성 관절내 종골 골절에 있어 후방 관절면의 손상 정도에 대한 정확한 평가와 더불어 치료에 있어서도 후방 관절면의 해부학적 정복은 중요하며 Crosby와 Fitzgibbons,<sup>5)</sup> Paley와 Hall<sup>7)</sup>은 종골의 관절내 골절에서 치료의 예후를 예측함에 있어 가장 중요한 요인은 종골의 후방 관절면의 손상 정도라고 하였다. Buckley 등<sup>8)</sup>은 후방 관절면의 해부학적 정복 혹은 2 mm 미만의 관절면의 불일치가 임상적으로 좋은 예후를 가진다고 보고하고 있으나 Mulcahy 등<sup>9)</sup>에 따르면 1 mm 이상으로 후방 관절면의 정복이 불량할 경우 거골하 관절의 부하 배분에 상당한 변화가 생겨 이로 인해 관절의 손상 및 외상 후 관절염이 발생할 수 있다고 하여 후방 관절면의 해부학적 정복은 상당히 중요한 의미를 가진다.

현재 종골 골절에 대해 다양한 수술적 방법이 제시되고 있으나 그 중 광범위 외측 접근법을 통해 F형 금속판을 이용한 내고정술은 기존의 여러 형태의 금속판과 비교하여 축성 압박 부하에 대해서 시상부 골편을 고정하여 후방 관절의 축성 압박으로 인한 전위를 통계적으로 의미 있게 감소시킬 수 있는 것으로 알려졌다.<sup>10)</sup> 본 연구에서는 F형 금속판과 K-강선 고정을 함께한 군이 K-강선 고정을 시행하지 않은 군보다 술 후 및 추시 중에 발생하는 회전 전위각의 변화가 줄어든 것이 방사선학적으로 관찰되었다. 이는 후방 관절 골편을 F형 금속판에서의 측면 나사 고정과 더불어 일시적 K-강선이 종골 결절부-후방 관절면-거골체를 지나가면서 직교 고정(orthogonal fixation)을 하였으며 아킬레스 건에 의한 종골 결절

부의 견인을 방지하는 역할을 하기 때문인 것으로 생각된다. 일시적 K-강선을 이용한 경피적 핀 삽입 고정술로 인해 방사선학적으로 회전 전위각의 변화가 적었으며 이는 후방 관절면의 정복 상태가 유지되고 있음을 의미하므로 임상적 측면에서 더 좋은 결과가 나타날 것으로 가정하였으나, FAOS를 토대로 임상적 예후를 비교한 결과 실제 두 군 간 통계적 유의성은 없었다. 이러한 결과를 보이는 데는 먼저 유사한 수술 방법으로 인해 임상적 결과의 차이가 유의하게 나타나지 않았을 가능성이 있다. 또한 후방 관절면이 완벽하게 해부학적으로 정복이 이루어지지 않았거나 축성 압박에 의해 다시 경미한 회전 전위가 발생하게 되고 이는 체중부하의 재분배로 인한 관절면의 편심부하(eccentric loading) 작용과 함께 수술 당시의 고에너지 손상으로 인한 잠재적 연골 손상 등의 복합적 요소로 인해 후방 관절면의 관절염 및 주변 관절염의 발생을 유발하여 결국 임상적 결과에는 큰 차이가 없었을 것으로 생각한다.<sup>11)</sup>

본 연구의 한계점은 수술 전 골절의 양상에 대한 평가를 위해 모든 환자에서 전산화단층촬영을 시행하였으나 추시 중에는 족부 측면 단순방사선영상으로만 평가를 했다는 것이다. 이로 인해 후방 관절면의 정복 및 유지 상태를 족부 측면 단순방사선영상에서 측정된 회전 전위각에 의존할 수밖에 없었다. 실제로 회전 전위각이 감소할수록 후방 관절면이 일치(congruency)할 가능성은 높을 것이라 생각되나 회전 전위각과 관절내 층형성(step-off)의 관계에 대한 연구가 없는 상태이며, 단순방사선영상 역시 수술 전후 촬영한 영상은 비체중부하 상태에서, 최소 6개월 이상 추시에 촬영한 영상은 체중부하 상태에서 촬영하였으므로 체중부하라는 동일한 독립 변수에서의 회전 전위각을 측정하지 못하였다. 또한 장기 추시 족부 측면 단순방사선영상에서 관절 간격의 감소나 연골하 경화 및 낭종과 같은 외상성 관절염의 소견이 있을 경우 회전 전위각의 측정이 용이하지 않아 이 과정에서 오차 발생 가능성을 완전히 배제할 수 없다. 후방 관절면의 불일치 여부에 대한 정확한 평가를 위해 추시 전산화단층촬영 검사가 반드시 필요할 것으로 생각된다.

한편, 본 연구의 1군 및 2군에 포함된 환자들은 종골 골절에 대해 수술적 치료를 한 환자들 중 족부 측면 단순방사선영상에서 후방 관절면의 회전 전위가 명확하게 보이는 환자들을 선정하여 수술 방법에 따라 분류하였기에 1군과 2군의 환자들에서 위에 언급한 합병증이 발생하지 않았다고 하여 술식의 안전성을 평가하기에는 제한점이 따른다. 따라서 향후 이러한 합병증에 대한 장기적 추시 관찰을 통해 술식의 안정성에 대한 연구 및 보완이 필요할 것으로 생각된다.

## 결론

전위성 관절내 종골 골절의 치료에 F형 금속판을 이용하는 경우, 후방 관절면의 정복 상태를 보다 견고하게 유지하기 위해 일시적 K-강선을 경피적으로 삽입하는 것이 재건된 회전 전위각을 유지하는데 유용하였다.

## REFERENCES

1. Tomesen T, Biert J, Frölke JP. Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with closed reduction and percutaneous screw fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:920-8.
2. Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:225-50.
3. Bae SY, Shin YK, Kim JO, Lee JH, Lee CW, Shin JH. Evaluation of rotational displacement of the posterior facet on the sagittal plane in computed tomographic images of calcaneal fractures. *J Korean Fract Soc.* 2005;18:165-9.
4. Roos EM, Brandsson S, Karlsson J. Validation of the foot and ankle outcome score for ankle ligament reconstruction. *Foot Ankle Int.* 2001;22:788-94.
5. 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.
6. McLaughlin HL. Treatment of late complications after os calcis fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1963;30:111-5.
7. Paley D, Hall H. Intra-articular fractures of the calcaneus. A critical analysis of results and prognostic factors. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75:342-54.
8. Buckley R, Tough S, McCormack R, Pate G, Leighton R, Petrie D, et al. Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:1733-44.
9. Mulcahy DM, McCormack DM, Stephens MM. Intra-articular calcaneal fractures: effect of open reduction and internal fixation on the contact characteristics of the subtalar joint. *Foot Ankle Int.* 1998;19:842-8.
10. Yang KH, Park YH, Won JH, Kim DY. Mechanical properties of f plate in intraarticular calcaneal fractures. *J Korean Fract Soc.* 2004;17:167-72.
11. Ball ST, Jadin K, Allen RT, Schwartz AK, Sah RL, Brage ME. Chondrocyte viability after intra-articular calcaneal fractures in humans. *Foot Ankle Int.* 2007;28:665-8.