

## F형 종골 금속판의 역학적 특성

양규현 · 박영희 · 원정훈 · 김대야

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

**목 적:** 관절내 종골 골절에 대하여 새로 개발된 F형 금속판의 역학적 특성을 기존의 Y형 금속판과 비교하였다.

**대상 및 방법:** 인공 종골뼈 12개를 이용하여 생체에서 발생하는 관절 함몰형 종골 골절과 유사하게 절골한 후, Y형 금속판과 F형 종골 금속판을 각각 6개씩 이용하여 골편을 고정하고, 두 군에 Instron 6022를 사용하여 일정한 강도 (0~500 N, total 30 cycles, head down velocity 30 mm/min)의 축성 압박 부하를 가한 후, Böhler 각의 변화 및 고정된 시상부 골편의 최대 전위 거리를 측정하고 비교 분석하였다.

**결 과:** 역학적 검사상, 첫째, Böhler 각의 변화는 Y형 금속판의 경우에 평균 32.0°에서 평균 24.0°로 평균 8.0° 감소하였으며, F형 금속판에서는 평균 31.3°에서 평균 28.7°로 평균 2.6° 감소하여, F형 금속판이 Y형 금속판보다 Böhler각을 의미 있게 유지할 수 있었다 (P-value=0.003). 둘째, 시상부 골편의 전위는 Y형 금속판의 경우에는 평균 1.72 mm였으나, F형 금속판의 경우에는 평균 0.73 mm로 통계학적으로 유의한 차이를 보여, F형 금속판이 Y형 금속판보다 시상부 골편의 전위를 의미 있게 감소시켰다 (P-value=0.01).

**결 론:** 시상부 골편을 형성하는 관절 함몰형 종골 골절의 관혈적 정복술시에 현재까지 주로 사용되는 Y형 금속판보다는 F형 금속판이 Böhler 각을 유지하고 시상부 골편의 전위를 최소화시켜 더 우수한 고정을 유지할 것으로 사료된다.

**색인 단어:** 종골, 관절내 골절, F형 금속판

## Mechanical Properties of F Plate in Intraarticular Calcaneal Fractures

Kyu-Hyun Yang, M.D., Young-Hee Park, M.D., Jung-Hoon Won, M.D., Dae-Ya Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University of College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** We evaluated the mechanical properties of F plate fixation comparing with Y plate and a screw fixation for the intraarticular calcaneal fractures using synthetic bones.

**Materials and Methods:** Using 12 synthetic calcaneal bones, newly designed F plate was compared with the Y-plate, most commonly used, regarding the change of Böhler angle and the displacement of the thalamic fragments of the calcaneus after axial compressive loading by Instron 6022.

**Results:** Y plate fixation lost 8° of Böhler angle in average after axial compressive load and 2.6° in F plate fixation. Thalamic fragments were displaced 1.72 mm in average in Y plate fixation group and 0.73 mm in F plate fixation group.

**Conclusion:** F plate offered more firm fixation than Y plate in the intraarticular calcaneal fracture in the aspect of maintaining the Böhler angle and preventing displacement of the thalamic fragments of calcaneus against axial compressive loading.

**Key Words:** Calcaneus, Intraarticular fracture, F-plate

## 서 론

종골 골절은 대부분 낙상 시 발뒤꿈치로 접지할 때 생기는 축성 압박 부하가 종골에 흡수됨으로써 발생한다. 이때, 거

골의 외측돌기가 종골의 상관절면의 중간에서 췌기로 작용하며, 환자의 체중과 나이, 무기질 함유량, 낙상의 높이에 따라서 다양한 골절의 양상을 나타내게 된다.

종골 골절은 크게 관절의 골절과 관절내 골절로 분류하는데, 관절의 골절에서는 대개 예후가 양호하므로 치료 방법에

통신저자: 양 규 현

서울특별시 강남구 도곡동 146-92  
영동세브란스병원 정형외과학교실  
Tel : 02-3497-3414 · Fax : 02-573-5393  
E-mail : kyang@yumc.yonsei.ac.kr

Address reprint requests to : Kyu-Hyun Yang, M.D.

Orthopedic dept. Yongdong Severance Hosp. Dogok-dong, Kangnam-gu, Seoul  
Tel : 82-2-3497-3414 · Fax : 82-2-573-5393  
E-mail : kyang@yumc.yonsei.ac.kr

\*본 논문의 요지는 2003년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

대한 논란이 별로 없다. 관절내 골절이 종골 골절의 약 75%를 차지하며 수술적 치료가 요구되는 경우가 있다. 관절내 골절은 종골 골절시 발생하는 2차 골절선의 양상에 따라 실상형과 관절 함몰형의 두 가지로 구분된다.

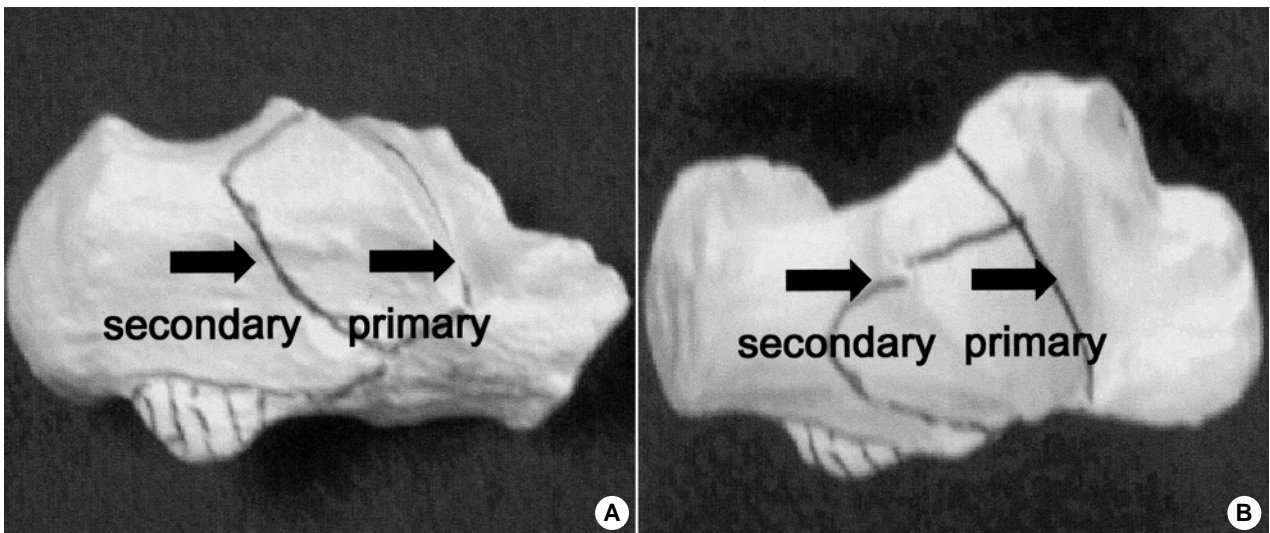
관절내 골절의 수술적 고정에 사용하는 금속판은 얇고 쉽게 변형될 수 있는 것이 좋으며, 얇고 빠와 밀착되어야 수술 후에 피하조직이나 비골건의 자극을 일으킬 가능성이 적다. 조면 골절편과 후방 관절면을 포함하는 골절 편을 모두 고정하기 위해서 현재 다양한 종류의 금속판과 금속나사 및 강선 고정법이 사용되고 있으나, 시상부 골편과 조면 골편을 견고하게 고정하면서 연결할 수 있는 방법은 많지 않는 실정이다.

따라서 본 저자는 시상부 골편을 정확히 정복하고 견고히

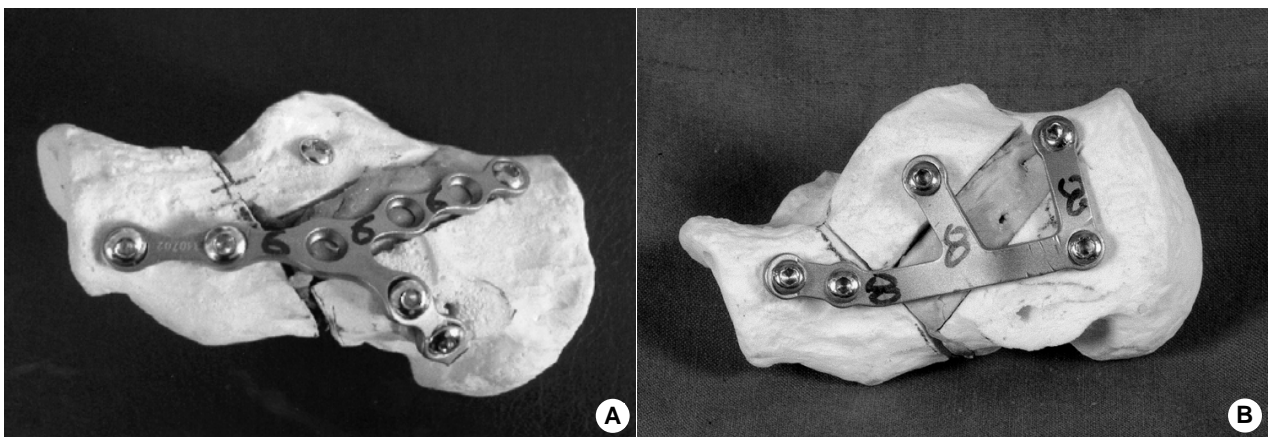
내고정하여 재활기간 동안에 체중 부하시에도 정복을 유지하는게 수술적 치료의 핵심이라고 생각하지만, 현재까지 국내에서 사용되는 금속판으로는 시상부 골편과 종골 몸체와의 적절한 견고한 고정이 어렵다는 것을 인식하게 되었다. 이에 시상부 골편의 견고한 고정을 위하여 F형 종골 금속판을 개발하였으며, 기존의 Y형 금속판과 고정력을 비교하기 위하여 역학적 검사를 실시하였다.

### 대상 및 방법

인공 종골뼈 (Saw bone #1123-3, Pacific Research Laboratories, Vashon, USA) 12개를 이용하여 생체에서 발생하는 관



**Fig. 1.** (A, B) Primary and secondary fracture lines. (A) Lateral view, (B) Superior view.



**Fig. 2.** (A, B) Plate fixation for calcaneus fracture. (A) Y-plate, (B) F-plate.

절 함몰형 종골 골절과 유사하게 절골한 후, Y형 금속판 (솔고, 대한민국)과 F형 종골 금속판 (솔고, 대한민국)을 각각 6개씩을 이용하여 골편을 고정하고, 이를 축성 압박 부하 시험에 사용했다. F형 금속판의 3개의 돌출부는 각각 전방 돌기 (anterior process), 시상부 골편 (thalamic fragment), 그리고 종골 조면 (calcaneal tuberosity)을 고정하도록 고안되었다.

관절 함몰형 종골 골절을 만들기 위해서 진동톱 (oscillating saw)을 이용하여 일차 골절선과 이차 골절선을 만들어 시상부 골편 (thalamic fragment)이 불안정하게 만들었다 (Fig. 1). 진동톱을 이용하여 일차 골절선을 십자각을 중심으로 종골 후관절면에 수직으로 만들어 종골의 전방과 후방이 분리되도록 하였다. 다시 십자각의 내외측 중심부에서 후방 관절면의 좌우 골절편을 분리시키도록 하였으며 외측면을 지나는 이차 골절선을 추가하여 시상부 골편을 만들었다. 세 개의

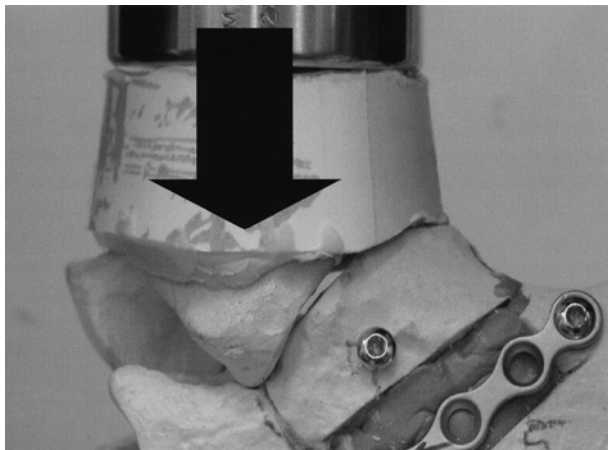


Fig. 3. Axial compressive loading by Instron 6022.

골편으로 분리된 인공 종골뼈의 내부는 생체 해면골과 비슷하게 구성되어 있는데, 이 부분은 수술 기구를 사용하여 깨끗이 제거했다. 종골의 외측면은 시상부 골편이 축성 압박 부하 실험시에 하방으로 전이 될 수 있도록 하기 위하여 시상부 골편의 하방에 약 12 mm의 간격 (gap)을 만들었다.

인공적으로 일차 및 이차 골절선을 조작하면서 발생한 종골의 전방과 후방 골편 및 시상부 골편을 제조립 후, 축성 압박 부하 시험에 사용될 Y형 및 F형 종골 금속판을 고정하기 위해서 고무 찰흙을 분리된 종골뼈 내부 빈 공간에 채워 넣었다. 고무 찰흙에 의해 골절편들이 고정된 후 금속판을 고정하였는데, 이때 일차 및 이차 골절선의 간격이 최소화될 수 있도록 나사못을 고정했다 (Fig. 2). 나사못 고정 후, 12개 인공 종골뼈의 골절선의 간격은 모두 1 mm 이하였으며, 후관절면에서 골편간에 높이 차이 (step-off)가 발생하지 않도록 줄 (bone file)을 이용하여 균일화하였다. Y형 금속판으로 고정한 경우, 시상부 골절편은 Y형 금속판과는 연결되지 않고, 한 개의 금속나사를 이용하여 시상부 골편과 종골 내측면의 제거 돌기 하방으로 삽입 고정하였다. F형 금속판으로 고정한 경우, 금속판의 구조상 F자의 중간 다리 끝부분에 시상부 골편이 고정될 수 있도록 고안되어 시상부 골편이 종골 몸체와 연결될 뿐 아니라, 버팀 목 역할까지 할 수 있도록 고정되었다.

12개의 시편에 균일한 과정을 거쳐 절골술과 내고정술을 실시한 후, 두 군으로 분류하였다.

A군; Y형 금속판과 금속나사로 내고정한 군

B군; F형 금속판과 금속나사로 내고정한 군

상기한 각 군에 Instron 6022 (Instron Ltd, High Wycombe, England)을 사용하여, 일정한 강도 (0~500 N, total 30 cycles,

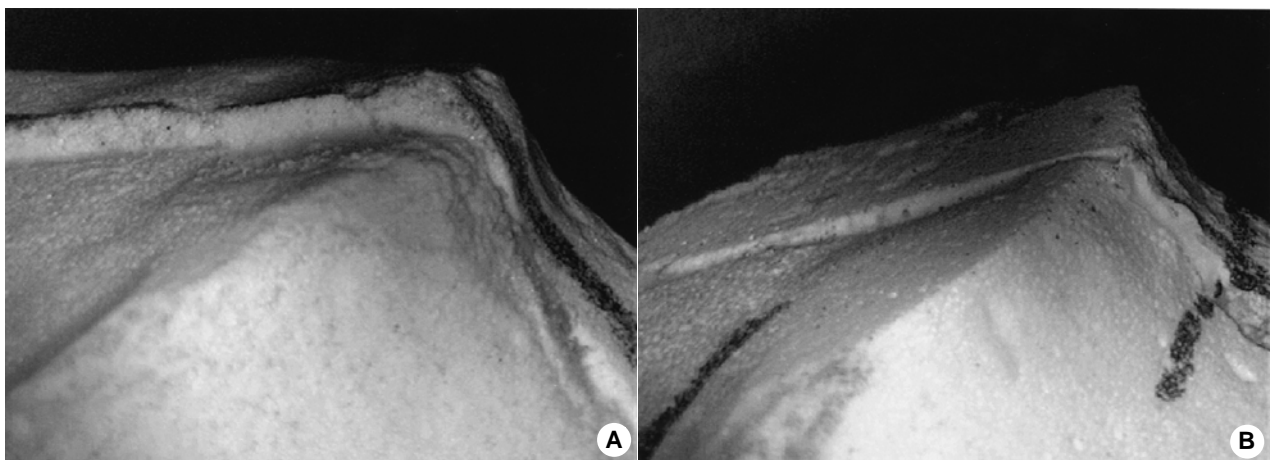


Fig. 4. (A, B) Displacement of thalamic fragments in Y and F plates. (A) Y-plate, (B) F-plate.

head down velocity 30 mm/min)의 축성 압박 부하를 가한 후 (Fig. 3), 각각의 금속판에 고정된 시상부 골편의 수직 전위 정도를 영상 분석기 (image analyzer, Image Proplus, Media Cybernetics, Inc, Silver Spring, MD., USA)를 이용하여 후방 관절면의 시상 골절편이 최대로 전위된 거리를 측정하고 (Fig. 4), 압박 부하 시험 전후의 Böhler 각을 측정 비교 분석했다.

압박 부하 실험 전의 Böhler 각은 Y형 금속판의 경우에는 평균 32.0°였고, F형 금속판의 경우에는 평균 31.3°였다. 통계학적 검증은 Mann-Whitney test로 시행하였다.

## 결 과

### 1. 압박 부하 실험 후 Böhler 각의 변화

Y형 금속판의 경우 축성 압박 부하에 대하여 Böhler 각

이 평균 32.0°에서 평균 24.0°로 평균 8.0° (표준편차: 1.79°) 감소하였으나, F형 금속판의 경우에는 평균 31.3°에서 평균 28.7°로 평균 2.6° (표준편차: 1.03°) 감소하여 통계학적으로 유의한 차이를 보여 (P-value=0.003), F형 금속판이 Y형 금속판 보다 Böhler 각을 의미 있게 유지할 수 있었다.

실험 후에 발생하는 Böhler 각의 변화는 압박에 의한 시상부 골편과 일차 골절선의 전위 때문인 것으로 사료된다 (Table 1).

### 2. 압박 부하 실험 후 시상부 골편의 전위

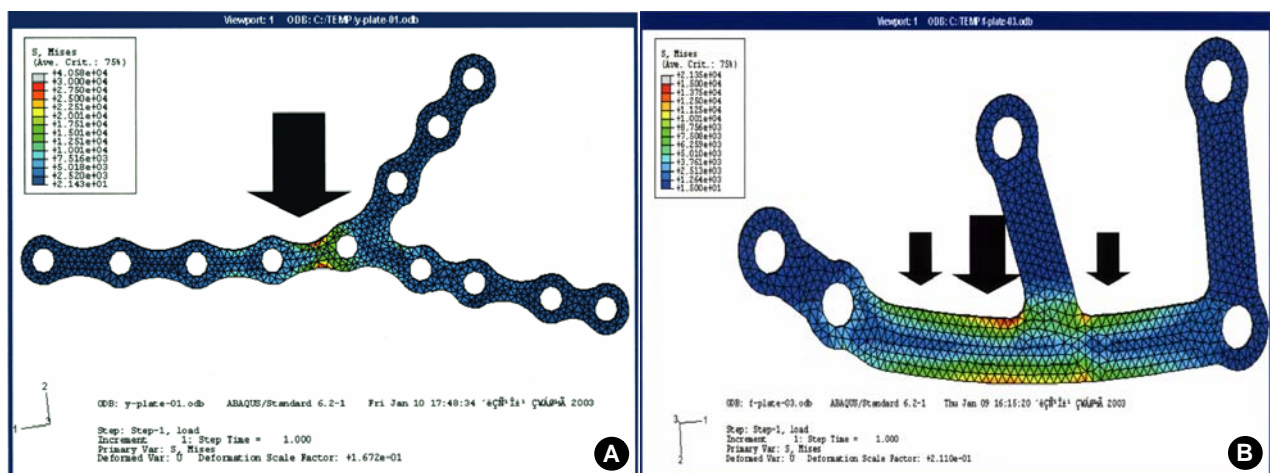
Y형 금속판의 경우에는 축성 압박 부하에 대해서 시상부 골편의 전위가 평균 1.72 mm (표준편차: 0.53 mm)였으나, F형 금속판의 경우에는 평균 0.73 mm (표준편차: 0.48 mm)로 통계학적으로 유의한 차이를 보여 (P-value=0.01), F형 금속판이 Y형 금속판보다 시상부 골편의 전위를 의미 있게 감소시켰다 (Table 2).

**Table 1.** The Change of Böhler angles before and after axial compressive loading

	Y-plate		F-plate	
	Before	After	Before	After
1	36.0°	26.0°	34.0°	30.0°
2	34.0°	26.0°	28.0°	26.0°
3	28.0°	22.0°	28.0°	26.0°
4	30.0°	20.0°	34.0°	32.0°
5	30.0°	24.0°	32.0°	30.0°
6	34.0°	26.0°	32.0°	28.0°
Mean	32.0°	24.0°	31.3°	28.7°

**Table 2.** Displacement of thalamic fragment of calcaneus fracture after axial compressive loading

	Y-plate	F-plate
1	1.26 mm	0 mm
2	1.49 mm	0.88 mm
3	1.48 mm	0.62 mm
4	2.45 mm	1.03 mm
5	1.29 mm	0.49 mm
6	2.34 mm	1.38 mm
Mean	1.72 mm	0.73 mm



**Fig. 5.** (A, B) Finite element study.  
(A) Y plate, (B) F plate

## 고 찰

Cave<sup>®</sup>에 의하면 종골 골절은 족부 골절 중 약 60%를 차지한다고 하였다. 종골 골절은 정확한 분류가 어렵고, 그 치료 방법이 확실히 정립되지 않으며, 치료 결과 또한 다양한 것으로 보고되어 있다. 전위성 관절내 종골 골절에서는 수술적 치료가 보존적 치료보다 좋은 결과를 가져온다는 통계적 근거로 다양한 수술 방법이 제시되고 있다<sup>1,7,9,10,12,14,15,17</sup>. 전산화단층촬영이 점차 진단에 널리 사용되면서 골절의 모양새를 이해하고 수술 기법이 개선되어 수술적인 치료가 주류를 이루고 있다. 분쇄가 심한 골절이라도 수술적인 치료를 통하여 전체적인 윤곽을 정복하면 거골하 관절의 관절염에 의한 증세뿐만 아니라, 이 외의 문제들도 발생 가능성을 낮춰 주며, 추후에 거골하 관절 유합술과 같은 구제술을 시행하기도 용이하므로 일단 정복을 하는 것이 좋다는 주장이 점차 설득력을 얻어가고 있다<sup>2-5,8,11,13,16,18,19</sup>.

골절의 정복 및 내고정의 방법이 무엇이든 종골 골절의 치료에 있어서는, 첫째로 종골의 높이와 길이 그리고 너비를 회복하고, 둘째로 모든 관절면을 해부학적으로 정복하고, 셋째로 관절 운동의 제한이 없는 안정된 골유합이 치료의 목표라 할 것이다. 이것은 다른 체중 부하 관절의 골절의 치료와 마찬가지로 관절적 정복을 통한 관절면의 해부학적 정복 및 견고한 내고정이 관절내 종골 골절의 치료에도 적용됨을 시사한다.

종골 골절의 관절내 골절 중 관절 함몰형은 시상부 골편을 형성하게 되며, 특히 이 골편이 전위되고 정복되더라도 불안정한 상태가 된다. 그래서 관절 함몰형에서는 도수정복으로 거골하 관절을 정상화시키지 못하므로 관절적 정복을 시행하게 된다.

현재 주로 사용되는 종골 골절의 고정 방법으로는 거골하 관절면의 해부학적 정복 및 견고한 내고정을 위해 확대 외측 도달법을 통해 금속판 내고정술을 시행하며, 금속판은 종골 외측벽의 해부학적 구조에 잘 맞추기 위해 여러 방향으로 구부릴 수 있는 재구성 금속판 (reconstruction plate)이 사용되고 있다. 하지만 재구성 금속판으로는 관절 함몰형 골절의 경우 종골의 전후방 및 시상부 골편을 모두 연결하여 고정할 수가 없다. 결국 시상부 골편을 고정하기 위해서 금속나사 또는 금속 강선을 추가 고정하게 되므로 재구성 금속판과는 실질적으로 연결이 되지 못한다.

재구성 금속판 이외에도 사용되는 금속 내고정물은 1/3 관상형 금속판, Y형, H형 금속판과 금속나사가 이용되어 왔지만, 관절 함몰형에서 가장 중요하게 생각되는 시상부 골편과 종골 전후방의 연결해 주지 못한다고 생각하게 되어 새로운 금속판이 개발되었다. F형 금속판은 상기한 금속판들이 충분

한 버팀목 역할을 하지 못한 시상부 골편과 종골 전후방을 고정해 주면서 시상부 골편을 축성 압박에 견딜 수 있도록 충분한 고정력을 제공하도록 고안되었다.

본 연구에서는 현재까지 많이 사용되는 Y형 금속판이 시상부 골편을 직접적으로 지지하지 못하고, 강선이나 금속나사를 추가 고정함으로써 정복을 유지하는 것만으로는 보행시 종골의 관절면에 가해지는 반복되는 하중을 충분히 지지해 주지 못한다는 가설하에 F형 금속판을 개발하여 비교 실험하였다. 결과적으로, F형 금속판이 Y형 금속판보다 Böhler 각을 의미있게 유지하고 시상부 골편의 전위를 의미 있게 감소시켰다. 이러한 결과를 뒷받침하기 위하여, 몸무게 70 kg 인 사람이 한 쪽 다리로부터 서 있을 때 자기 몸무게의 약 3배가 금속판에 가해진다고 가정된 후, Y 및 F금속판에 부하되는 하중의 응력 분포를 비교하였다 (Fig. 5). 직관적으로 예상할 수 있는 바와 같이 골절 부위를 지지하고 있는 금속판의 중간 부위에서 최대 응력이 발생하는 것으로 나타났고, Y금속판의 최대 응력이 F금속판의 최대 응력보다 2배 이상의 크기를 나타냈다는 것을 알 수 있었다. 각각 동일한 재질과 두께를 가진 두 가지 금속판을 이용한 생역학적 실험에서 F금속판이 Y금속판 보다 Böhler 각의 변화 및 시상부 골편의 전이를 최소화 시킬 수 있었던 것은, F금속판이 2배 이상의 강도를 가졌다는 사실과 F금속판이 시상부 골편을 지지할 수 있는 버팀목 구조가 주된 요인이라 생각되며, 일차 골절선에서의 전위를 감소시킴으로써 가능했던 것으로 사료된다.

## 결 론

본 연구는 12개의 인공 종골뼈에 인위적으로 관절 함몰형 골절을 만든 후, 여기에 Y형 및 F형 금속판을 각각 6개씩 고정하여 Instron 6022로 축성 압박 부하를 가하여 시상부 골편의 전위 정도와 Böhler 각의 변화를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Y형 금속판의 경우에 축성 압박 부하에 대하여 Böhler 각이 평균 32.0°에서 평균 24.0°로 평균 8.0° 감소하였다. F형 금속판의 경우에는 평균 31.3°에서 평균 28.7°로 평균 2.6° 감소를 하여 통계학적으로 유의한 차이를 보여 (P-value=0.003), F형 금속판이 Y형 금속판 보다 Böhler 각을 의미 있게 유지할 수 있었다.

2) Y형 금속판의 경우에는 축성 압박 부하에 대해서 시상부 골편의 전위가 평균 1.72 mm였으나, F형 금속판의 경우에는 평균 0.73 mm로 통계학적으로 유의한 차이를 보여 (P-value=0.01), F형 금속판이 Y형 금속판보다 시상부 골편의 전위를 의미 있게 감소시켰다.

결론적으로, 시상부 골편을 형성하는 관절 함몰형 종골 골절의 개방적 정복술시에 현재까지 주로 사용되는 Y형 금속

관보다는 F형 금속판이 Böhler 각을 유지하고, 시상부 골편의 전위를 최소화하는데 유용할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1) **Allan JH**: The open reduction of fractures of the os calcis. *Ann Surg*, **141**: 890-900, 1955.
- 2) **Benirschke SK and Sangeorzan BJ**: Extensive intraarticular fractures of the foot surgical management of calcaneal fractures. *Clin Orthop*, **292**: 128-134, 1993.
- 3) **Buckley RE and Meek RN**: Comparison of open versus closed reduction of intraarticular calcaneal fractures: A matched cohort in workmen. *J Orthop Trauma*, **6**: 216-222, 1992.
- 4) **Burdeaux BD**: Reduction of calcaneal fractures by the McReynolds medial approach technique and its experimental basis. *Clin Orthop*, **177**: 87-103, 1983.
- 5) **Carr JB**: Surgical treatment of the intraarticular calcaneus fracture. *Orthop Clin North Am*, **25**: 665-675, 1994.
- 6) **Cave EF**: Fractures of the Os Calcis. The Problem in General. *Clin Orthop*, **30**: 64-66, 1963.
- 7) **Choi CU, Shin BJ and Park JS**: Axial fixation on calcaneal fracture. *J Korean Orthop Assoc*, **25**: 54-60, 1990.
- 8) **Eastwood DM, Langkamer VG and Atkins RM**: Intraarticular fractures of the calcaneum. Part II: Open reduction and internal fixation by the extended lateral transcalcaneal approach. *J Bone Joint Surg*, **75-B**: 189-195, 1993.
- 9) **Essex-Lopresti P**: The mechanism, reduction technique and results of os calcis. *Brit J Surg*, **39**: 394-419, 1951.
- 10) **Hong KS, Jung ES and Chee SK**: CT Classification and Surgical treatment of intra-articular fracture of the calcaneus. *J Korean Fracture Soc*, **10**: 91-98, 1997.
- 11) **Houghton GR**: Weight relieving cast for comminuted os calcis fractures. A preliminary report. *Injury*, **16**: 63-64, 1984.
- 12) **Hwang JS, Jung PH, Kang S, et al**: Intra-Articular Fractures of the calcaneus: Open reduction and internal fixation via extended lateral transcalcaneal approach. *J Korean Fracture Soc*, **93**: 733-741, 1996.
- 13) **Leung KS, Yuen KM and Chan WS**: Operative treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneum. Medium-term results. *J Bone Joint Surg*, **75-B**: 196-201, 1993.
- 14) **Maxfield JE and McDermott FJ**: Experiences with the Palmer open reduction of fracture of the calcaneus. *J Bone Joint Surg*, **37-A**: 99-106, 1955.
- 15) **McReynolds IS**: The Case for Operative Treatment of Fractures of the Os calcis. In: Leach RE. et al (eds). *Controversies in Orthop. Surgery*. Chap. 8. Philadelphia, WV Saunders, 1982.
- 16) **Paley D and Hall H**: Calcaneal fractures controversies: can we put Humpty Dumpty together again?. *Orthop Clin North Am*, **20**: 665-667, 1989.
- 17) **Palmar I**: The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg*, **30**: 2-8, 1948.
- 18) **Sanders R, Fortin P and Dipasquale T**: Operative treatment in 120 displaced calcaneal fractures: Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop*, **290**: 87-95, 1993.
- 19) **Zwipp H, Tschern H and Thermann H**: Osteosynthesis of Displaced intra-articular Fractures of the Calcaneus. *Clin Orthop*, **290**: 76-86, 1993.