



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2021년 8월
석사학위 논문

개방성 종골 골절의 수술적 치료 결과

조선대학교 대학원

의학과

김바롬

개방성 종골 골절의 수술적 치료 결과

Results in Operative Treatment of Calcaneal Open Fracture

2021년 8월 27일

조선대학교 대학원

의학과

김바롬

개방성 종골 골절의 수술적 치료 결과

지도교수 이 준 영

이 논문을 의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2021년 4월

조선대학교 대학원

의 학 과

김 바 롬

김바롬의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 이상홍 (인)

위원 조선대학교 조교수 조용진 (인)

위원 조선대학교 교수 이준영 (인)

2021년 5월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	v
서론	1
대상 및 방법	3
결과	7
고찰	9
결론	13
참고문헌	14

표목차

Table 1. Gustilo-Anderson Classification	19
Table 2. Demographic Data of the Patients	20
Table 3. Results Data of the Patients	22
Table 4. Chi-square Test	24
Table 5. Repeated Measured ANOVA Test	25
Table 6. AOFAS Ankle Hindfoot Scale	26

도 목 차

Figure 1. Sanders classification based on CT images in the semi-coronal plane. Type I fractures are all non-displaced articular fractures (less than 2 mm), Type II fractures are two-part fractures of the posterior facet. Three types—IIA, IIB, and IIC—existed, based on the location of the primary fracture line. Type III fractures were three-part fractures that usually featured a centrally depressed fragment. Types included IIIAB, IIIAC, and IIIBC, and again were based on the location of the primary fracture line. Type IV fractures were highly comminuted and often had more than four articular fragments.

----- 28

Figure 2. Preoperative radiographs.

Preoperative X-ray (A : ankle lateral view, B : calcaneal axial view C : Brodens view), It is joint depressive calcaneal fracture, the posterior joint surface is depressive and lateral wall is bulging on calcaneal axial view. Preoperative CT (D : semicoronal view) show joint depressive type, Sander type IIIAB calcaneal fracture. ----- 29

Figure 3. Postoperative radiographs.

The definitive fixation using Steinmann pin & 4.0, 6.5 cannulated screws was performed(A-D), Postoperative X-ray (A : ankle lateral view, B : Calcaneal axial view, C : Brodens view), Böhler angle and Gissane angle have recovered, CT after 6months of surgery (D : Semicoronal view.) show well reduced articular surface. ----- 30

Figure 4. Radiologic Assessment.

A: ankle lateral x-ray, Gissane angle, Böhler angle, Gissane angle is formed by the downward and upward slopes of the calcaneal superior surface. Böhler angle is composed of a line drawn from the highest point of the anterior process of the calcaneus to the highest point of the posterior facet and a line drawn tangential to the superior edge of the tuberosity. B: ankle lateral x-ray, Calcaneal height, Calcaneal length, The calcaneal height and calcaneal length were measured at the highest and lowest length and the longest length from anterior to posterior in the lateral x-ray. C: calcaneal axial view, calcaneal width Calcaneal width measures the widest width including sustentaculum tali on calcaneal axial view. ----- 31

ABSTRACT

Results in Operative Treatment of Calcaneal Open Fracture

Ba Rom Kim

Advisor : Prof. Lee Jun Young

Department of School of Medicine,

Graduate School of Chosun University

Purpose: By reporting the operative treatment results of the calcaneal open fracture performed by our clinics, we would like to pay more attention to the calcaneal open fracture, contribute to continuous data collection, and help us understand appropriate treatment and realistic outcomes.

Materials and Methods: Study was conducted retrospectively for 22 cases out of 30 patients who visited the our hospital from February 2009 to December 2019, which were followed up for more than 1year. In the classification of open fractures, the classification was carried out in accordance with Gustilo-Anderson classification and was evaluated with the soft tissue status at the time of patient' s visit. In all intra-articular calcaneal fractures, the fracture was classified using Sanders classification. Radiological parameters were measured for Böhler angle, Gissane angle, calcaneal length, height and width at before and after surgery, last follow-up. Clinical outcomes were evaluated by AOFAS

ankle-hindfoot scale and investigated complications.

Results: In the classification of open fractures, type IIIA was the most common with 10 cases(45%) and Sanders type III was the most common with 11 cases(50%). Of the total 22 cases after operation, 15 cases(68%) had complications, 11 cases(55%) had post-traumatic arthritis, 8 cases(36%) had infection, and 4 cases(18%) had both cases. Only Sanders classification was statistically significant in correlation with the incidence of posttraumatic osteoarthritis (P-value 0.004). In addition, for Sanders classification, the risk of developing posttraumatic osteoarthritis increased by a factor of 4.57 as the type of fracture became more severe in classification (P-value 0.035), which was statistically significant. In 18 cases(82%), the first stage of surgical treatment was performed, and minimally invasive surgery was performed using K-wires, Steinmann pins, and cannulated screws. The AOFAS ankle-hindfoot scale conducted for clinical evaluation on the final follow-up was averaged 72.5 points (41-88).

Conclusion: In the treatment of open calcaneal fractures, internal fixation by minimally invasive approach showed relatively radiologically and clinically satisfactory results. However, follow-up research is expected to be required, including the results of long-term follow-up through large number of cases and comparative studies with other surgical methods.

Key words: Calcaneal open fracture, Infection, Post-traumatic arthritis

서론

종골 골절은 족근골 골절 중 가장 흔하게 발생하며, 모든 골절의 약 2%를 차지한다. 종골 골절의 약 10%에서 척추골절, 약 26%에서 다른 하지의 골절을 동반한다. 이 중 종골의 개방성 골절은 약 2% 정도로 보고되고 있으며, 주로 고 에너지 손상과 연관되어 발생하여 합병증 발생률이 높아지게 된다.¹⁻³⁾

종골 골절의 가장 흔한 원인으로는 높은 곳에서의 낙상, 교통사고가 있으며, 고 에너지 축성 압박력으로 인해 거골이 종골을 누르는 작용을 하게 되면 거골 및 주변 족근골들의 골절 및 탈구가 발생하게 되며, 특히 종골은 소위 폭발이나 방출로 표현되는 분쇄골절이 발생하게 된다.⁴⁾

그러므로 종골 골절은 고 에너지 손상인 경우가 흔하고, 높은 합병증으로 일상 생활이나 작업으로의 복귀가 늦어져 사회 경제학적인 손실이 크다고 알려져 있다.^{5,6)}

개방성 종골 골절은 매우 복잡한 손상으로, 부정 유합, 외상 후 골관절염, 제한된 거골 하 관절운동 등의 합병증을 일으킨다고 알려져 있다.⁷⁻⁹⁾ 하지만 이러한 중증의 손상과 심각한 합병증의 위험성에도 불구하고 개방성 종골의 치료와 그 결과에 대한 문헌은 많지 않다. 비개방성 종골 골절의 분류 및 치료에 관해서는 많은 보고들이 이루어지고 있으나,¹⁰⁾ 개방성 골절에 관련한 많은 논문들 역시 장골 골절에 대해 다루었으며, 종골 골절에 대한 연구는 많지 않다.¹¹⁻¹⁶⁾

또한 많은 연구들은 비개방성 종골 골절의 치료에 있어 관혈적 정복술 및 내고정술을 선호하고 있으나^{2,17-20)}, 개방성 종골 골절의 경우 관혈적 정복술 및 내고정술을 이용하여 치료해야 하는지에 대해서는 불확실하다.

더구나 개방성 종골 골절의 경우 드문 손상으로, 적절한 수의 연구 대상자를 모

집하기 어렵다.

이에 본 저자는 본원에서 시행한 개방성 종골 골절의 수술적 치료 결과를 보고 함으로써 개방성 종골 골절에 더 많은 주의를 기울이는 한편 지속적인 데이터 수집에 기여하며, 적절한 치료와 현실적인 결과를 이해하는데 도움이 되고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2009년 02월부터 2019년 12월까지 본원을 내원한 개방성 종골 골절 환자 30예 중 1년 이상 추시 가능하였던 22예를 대상으로 후향적으로 진행하였다. 평균 연령은 38.3세(16-64)였고 남자는 16예(73%), 여자는 6예(27%)이었다. 평균 추시 기간은 20.7개월(12-104) 이었다(Table 1).

2. 원인 및 동반 손상

수상 원인으로서는 낙상이 16예(73%)로 가장 많았고, 교통사고가 6예(27%) 있었다. (Table 1). 21예에서 동반 손상을 보였으며, 족부 골절이 15예로 가장 많았으며, 경골 골절 11예, 척추골절 9예, 흉부 외상 4예, 골반 손상 4예, 비골 골절 3예, 안면부 골절 3예, 두부 외상 3예, 수근부 골절 2예, 복부 손상 1예, 상완골 골절 1예, 전완부 골절 1예, 대퇴 골절 1예로 그 뒤를 이었다.

3. 분류

개방성 골절의 분류에 있어 Gustilo-Anderson 분류²¹⁾에 따라 분류를 시행하였고, 수상 당시 연부조직 상태를 기준으로 평가하였다. 제I형 개방성 골절은 개방창의 크기가 1cm이하로서 저 에너지 외력으로 발생하며 창상은 주로 골편이 내부에서 외부로 꿰뚫어 발생하게 되므로 주변 근육이나 연부조직의 압괴손상은 드물다. 제II형 개방성 골절은 개방창의 크기가 1cm에서 10cm사이로 중등도의 주변 연부조직의 손상과 분쇄 골절을 보이거나 골막의 손상은 없다. 제III형 개방성 골절은 개방창의 크기가 10cm 이상으로 고에너지 외력에 의해 발생되며 주변 연부조직의 심한 손상이 동반되고, 골절은 심한 전위를 보이거나 분쇄를 보인다. 또한 고 에너지

총상, 분절 골절, 농장에서 손상 등 오염이 심한 환경에서의 골절도 제III형으로 분류한다. 제III형의 개방성 골절은 다시 그 정도에 따라 A, B, C 세 가지 소분류로 나누어지는데 제IIIA형은 골막이 벗겨지지 않았고 피판수술 등의 재건 수술 없이 노출된 뼈를 덮을 수 있는 상태이다. 제IIIB형은 골막이 벗겨지고 노출된 뼈를 덮기 위해 성형 재건 수술이 필요한 상태이며, 제IIIC형은 다친 팔이나 다리를 살리기 위해서는 혈관 복원이 필요한 중요 혈관 손상이 동반된 개방성 골절이다 (Table 1).²²⁾ 추가로 창상의 위치에 대해 외측, 내측, 후외측, 후방, 족저부위, 광범위한 경우로 나누어 분류하였다.¹⁵⁾ 창상이 2군데 이상에 존재할 경우 광범위한 경우로 정의하였다.

술 전 모든 환자들은 컴퓨터전산단층화 촬영을 시행하였고, 모든 관절 내 종골 골절의 경우 Sanders 분류²⁾를 이용하여 분류하였다(Fig. 1). 골절의 위치를 표시하기 위하여 종골의 후방관절면의 가장 넓은 부위를 세 부분으로 나누고, 후방관절면의 외측에서부터 내측으로 A, B, C의 가상선을 긋는다. 가상선인 A, B에 의하여 3개의 주로 나누어 후방관절소면을 내측, 중간, 외측의 3개의 골편으로 나누었다. 여기에 추가로 후방관절소면의 내측연에 골절선 하나를 더 추가하여 4번째 골편인 제거돌기 골절편을 나누었다. 골절선의 개수에 관계없이 모든 비전위골절(2mm이하)은 I형 골절로 간주된다. II형 골절은 후방 관절면의 두 부분의 전위 골절이다. 골절선의 위치에 따라 IIA, IIB, IIC로 세분한다. III형 골절은 주로 중앙향을 보이는 삼분 골절이다. 골절선의 위치에 따라 세 종류 IIIAB, IIIAC, IIIBC로 세분한다. IV형 골절은 사분 골절이고, 심한 분쇄골절이면서 종종 4개 이상의 골절편을 가지고 있다.²²⁾ 본 연구에서는 추가로 관절 외 골절의 경우 0형으로 분류하였다.

4. 치료 계획

모든 개방성 종골 골절 환자들은 치료 계획에 따라 내원 즉시 창상 형태 및 노출환경에 따라 항생제 정주하였고, 파상풍 예방 접종을 시행하였다. 응급실에서 창상 평가시 생리식염수를 이용하여 세척을 시행하고 생리식염수에 젖은 거즈를 이용하여 드레싱 하였다. 창상 평가 이후 수술실에서 창상에 대해 세척 및 변연절제술을 시행하였으며, 종골 골절에 대해서는 1단계 혹은 2단계로 수술적 처치 시행하였다. 골절 부위 안정화를 위한 고정 방법으로는 유관나사와 K강선, Steinmann 핀 등을 이용하였다(Fig. 3).

5. 수술 후 관리

각 환자들의 골절 및 연부조직 상태가 다르기에 술 후 치료 방법에서는 차이가 있었으나 치료의 목표는 창상의 안정화 및 골절부의 안정화이다. 술 후 2-3일 동안 개방성 골절에 대한 Gustilo-Anderson 분류에 따라 예방적 항생제를 사용하였으며, 수술부위의 연부조직 감염 발생시 시행한 균 배양 검사의 항생제 감수성 결과에 따라 항생제를 변경 사용하였다.

6. 방사선학적 평가

방사선학적 평가에 있어 족관절 전후방, 측면, 격자 사진을 촬영하였고, 추가적으로 종골의 측상면, 그리고 Brodens 상을 촬영하였다. 방사선학적 지표로 Böhler 각, Gissane 각, 종골 높이 및 너비를 측정하여 수술 전 후 및 최종 추시 시 측정하여 비교하였다(Fig. 2,3,4). 종골 너비의 경우 재거 돌기를 포함한 최장 길이로 확인하였다.

7. 임상적 평가

환자의 기능적인 측면의 평가에 있어 최종 추시시에 미국 족부 정형외과 족관절 및 후족부 평가표 AOFAS(America Orthopaedic Foot and Ankle Society) Hindfoot Scale을 이용하였다. 수술 후 연부조직 감염, 외상 후 골관절염 발생 등의 합병증 발생 여부에 대해 확인하였다.

8. 통계학적 분석

환자의 일반적 특성과 기초 자료에 대해서는 기술 통계 기법을 이용하여 요약하였다. 수술 전/후 그리고 최종 추시 시 방사선학적 지표의 측정은 2명의 정형외과 의사에 의해 측정된 후 측정자간 신뢰도는 ICC (Intraclass Correlation Coefficient)를 이용하여 확인하였으며, 반복측정분산분석을 이용하여 평가되었다. 외상후성 골관절염 발생과 관련된 인자에 대하여 교차 분석과 로지스틱 회귀 분석을 이용하여 검정하였다. 모든 통계 분석은 SPSS (for windows, version 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하였다.

결 과

개방성 골절의 분류에 있어 제IIIA형이 10예 (45%)로 가장 많았고, 다음으로 제II형이 6예(27%)로 많았다. 제I형이 4예(18%), 제IIIB형과 제IIIC형이 각각 1예(4.5%)로 뒤를 이었다. 제IIIC형 1예의 경우 후경골 동맥 및 정맥 손상이 동반되었다.

개방성 창상의 위치로는 내측이 16예(73%)로 가장 많았으며, 외측 2예(9%), 후외측 2예(9%), 후방 2예(9%) 확인되었다.

종골 골절 형태의 분류에 있어 Sanders 분류 제III형이 11예(50%)로 가장 많았으며, 제II형과 관절 외 골절인 제0형이 각각 4예(18%)로 뒤를 이었다. 제IV형은 3예(14%) 확인되었다(Table 2).

모든 예에서 응급실 내원 후 평균 10.1(4-21)시간 이내 수술실에서 창상에 대해 세척 및 변연절제술을 시행하였으며, 18예(72%)에서는 세척 및 변연절제술과 더불어 골절에 대해 고정술을 시행하였고, 4예(18%)에서는 2단계로 수술적 처치 시행하였다. 초기 창상 세척 및 변연 절제술 시행 후 골절부위 안정화를 위한 2차 수술까지는 평균 13.7(5-19)일이 소요되었다.

Böhler 각의 경우 수술 전 평균 $-1.24^{\circ}(-55.87^{\circ}\sim 43.38^{\circ})$, 표준편차 29.29)에서 수술 직후 평균 $16.43^{\circ}(-49.99^{\circ}\sim 51.9^{\circ})$, 표준편차 20.58)로 회복되었으며 마지막 외래 추시 때 평균 $12.97^{\circ}(-48.45^{\circ}\sim 39.05^{\circ})$, 표준편차 21.73)로 유의미한 변화 없이 유지되었다(P-value 0.009). Gissane 각의 경우 수술 전 평균 $117.48^{\circ}(69.22^{\circ}\sim 140.62^{\circ})$, 표준편차 18.65)에서 수술 직후 평균 $121.33^{\circ}(88.33^{\circ}\sim 142.51^{\circ})$, 표준편차 10.70)로 증가하였으며 마지막 외래 추시 때 평균 $125.21^{\circ}(92.79^{\circ}\sim 157.13^{\circ})$, 표준편차 12.89)로 유의미한 변화 없이 유지되었다(P-value 0.089). 종골 길이의 경우 수술 전 평균 72.58mm (54.95mm~92.64mm, 표준편차 8.42)에서 수술 직후 평균

73.38mm(51.90mm~88.44mm, 표준편차 8.96)로 큰 변화 없었으며 마지막 외래 추시 때 평균 72.22mm(56.48mm~90.70mm, 표준편차 9.12)였다(P-value 0.027). 종골 높이의 경우 수술 전 평균 38.48mm(27.22mm~48.69mm, 표준편차 6.77)에서 수술 후 평균 43.57mm (37.48mm~49.48mm, 표준편차 3.81)로 회복되었으며, 마지막 외래 추시 때 평균 42.40mm(31.01mm~52.43mm, 표준편차 5.83)였다(P-value 0.002). 종골 너비의 경우 수술 전 평균 48.95mm(40.80mm~58.97mm, 표준편차 4.98)에서 수술 후 평균 42.53mm(35.90mm~58.63mm, 표준편차 5.85)로 감소하였고, 마지막 외래 추시 때 평균 44.46mm(38.02mm~55.33mm, 표준편차 4.59)였다(P-value 0.000)(Table 5).

측정자간 신뢰도 ICC(Intraclass Correlation Coefficient)는 Böhler 각 0.80, Gissane 각 0.78, 종골 높이 0.88, 종골 길이 0.89, 종골 너비 0.86로 Gissane 각에서는 중등도의 신뢰도를 나머지 항목에서는 높은 신뢰도를 보였다.

임상적인 평가를 위해 시행한 AOFAS ankle-hindfoot scale은 평균 72.5점(41.00~88.00, 표준편차 13.48)이었다.

술 후 전체 22예 중 15예(68%)에서 합병증이 발생하였으며, 외상 후 골관절염이 11예(55%), 술 후 감염이 8예(36%), 두 가지 모두 발생한 경우가 4예(18%)로 확인되었다(Table 2).

외상 후 골관절염의 발생과의 상관관계에 있어 Sanders 분류만이 통계학적으로 유의하였다(P-value 0.004). 또한 Sanders 분류의 경우 분류상 골절의 형태가 1단계 심해질수록 외상 후 골관절염 발생의 위험도가 4.57배 증가하였고, 이는 통계학적으로 유의하였다(P-value 0.035).

고 찰

종골 골절은 정형외과 의사에게 가장 어려운 골절 중 하나이며 개방성 종골 골절의 경우 응급수술의 대상이 되고, 폐쇄형 골절에 비해 심부 감염이나 골수염을 포함한 합병증 발병률이 높다. 개방성 종골 골절의 경우 주변 연부조직이 충분하지 않아 상처감염, 심부감염, 골수염 등의 합병증이 쉽게 발생하고,²³⁾ 이는 폐쇄성 종골 골절에 비해 2.8배 높다고 알려져 있다.⁷⁾ Acellio 등²⁴⁾은 족부의 개방성 골절 관리에서 감염을 피하는 것이 주요 목표 중 하나라고 언급하였다. 종골의 개방성 및 폐쇄형 골절 상이의 연부조직 합병증 및 감염 발생률을 비교하는 연구는 거의 없다. 그러나 종골의 개방성 골절에서 연부조직의 합병증 비율이 높은 것은 분명하다.¹⁰⁾ Bezes 등¹⁷⁾은 257예의 폐쇄형 종골 골절환자에서 관혈적 정복술 및 내고정술 시행 후 7예의 심부 감염과 26예의 피부괴사를 보고했고, Siebert 등⁹⁾은 36예의 개방성 종골 골절환자에서 연부조직 관련 합병증이 23예에서 발생하였다. 9예의 골수염, 5예의 절단술, 1예 부분 종골절제술, 1예 관절유합술을 포함하고 있다. Heier 등⁸⁾은 41예의 개방성 종골 골절 환자를 대상으로 한 연구에서 39%까지 합병증이 발생하였고, Gustilo type II 및 type III 손상에서는 50%까지 이르렀다고 보고 하였다. 반면에 Franklin 등²⁵⁾은 38예의 족관절 골절 환자를 대상으로 한 연구에서 감염과 연부조직 손상과는 연관이 없다고 보고 하였으며, Bray 등은 관혈적 정복술과 비관혈적 정복술 사이에 감염 발생률이 각각 6.6%, 6.3%로 큰 차이가 없으며, 해당 연구에서는 Type III 형태의 개방성 골절과 Type I 형태의 개방성 골절의 결과간 차이가 크지 않았다고 보고 하였다.²⁶⁾ Heier 등¹⁵⁾은 골절의 분쇄 정도와 감염률 간에 상관관계가 없다고 보고하였다.

본 연구에서는 36%에서 연부조직 감염이 발생하였고 이는 다른 연구에서의 연부조직 감염 발생률과 비슷한 수치이다.

Kimberley 등²⁷⁾의 개방성 종골 골절에 대한 연구에서도 본 연구처럼 Sanders Type III 형태의 종골 골절이 전체 54.8%로 가장 많았다. 본 연구에서도 비슷한 수치로 Type III 형태의 골절이 전체 50%로 가장 많았다. 하지만 폐쇄형 종골 골절에 대한 Sanders²⁸⁾ 등의 연구에서는 Type II가 가장 많았으며, Backes 등²⁹⁾의 연구에서도 동일한 결과를 보였다. 이러한 차이는 개방성 골절의 경우 더 큰 고에너지 손상으로 발생하고 이로 인해 분류 자체가 높은 경향이 있는 것으로 생각된다.

개방성 종골 골절과 외상 후 골관절염의 발생에 대한 연구는 많지 않다. Sanders 등²⁸⁾의 관절내 종골 골절 108예를 대상으로 진행한 장기 추시 연구에 의하면 약 29%에서 거골 하 관절의 관절염이 발생하였는데, 70예(65%)는 Sanders 분류 II형, 38예(35%)는 Sanders 분류 III형 골절이 확인되었고, Type III 형태의 골절이 Type II 형태의 골절보다 외상 후 골관절염의 발생 위험이 6.5배 더 높고, 거골 하 관절 유합술이 4배 더 많이 요했다고 보고하였다. 본 연구에서는 55%에서 외상 후 골관절염이 발생하였으며, Sanders 분류 III형의 골절이 50%, Sanders 분류 IV형의 골절이 14%, Sanders 분류 II형의 골절이 18% 확인되었다. 앞서 말했듯이 개방성 종골 골절의 경우 폐쇄형 종골 골절에 비해 더 큰 고 에너지 손상에 의해 발하므로 이러한 결과가 나타났을 것으로 생각된다. 또한 본 연구 결과 Sanders 분류만이 외상 후 골관절염과 유의미한 관련인자로 확인되었고, Sanders 분류 상 골절의 형태가 1단계 심해질수록 외상 후 골관절염 발생의 위험도가 4.57배 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Sanders 등의 연구결과²⁸⁾와 비교하였을 때, 수치 상 다소 차이는 있으나 골절의 형태가 심할수록 외상 후 골관절염이 더 많이 발생한다는 점에서는 맥락을 같이하고 있다.

Kimberley 등²⁷⁾의 체계적 문헌 고찰에서 총 460예의 개방성 종골 골절 중 355예(76.7%)에서 개방성 창상이 족부 내측에 위치하였다. 본 연구에서도 비슷한 발생률로 73%에서 개방성 창상이 내측에 위치하였다. 이는 수상기전과 관련이 있을

것으로 생각된다. 종골 결절이 체중 부하 정렬의 외측에 위치하고 있기 때문에 고 에너지 축성 부하가 발생했을 때 종골의 외반붕괴가 발생하기 쉽다. 심각한 종골의 외반 변형은 후족부의 내측에 인장력을 증가시키고 이로 인해 내측 피부가 손상이 발생하게 된다.³⁰⁾ 따라서 종골의 개방성 골절에서 흔히 후족부 내측부위에 창상을 동반하게 될 것으로 생각된다

종골은 종종 4-5개의 주요 조각으로 골절이 발생하게 되며, 종골 결절 조각, 내측의 재거돌기 조각, 후방 관절면 조각, 전방돌기 조각, 전내측 조각을 주로 포함한다.^{31,32)} 이러한 골편들은 금속판이나 K강선 등을 이용한 고정이 필요하다. 개방성 종골 골절에서 이전의 연구들은 초기 골절의 정복 및 안정화보다는 연부조직을 살리고 감염을 예방하는데 주로 중점을 두었다.⁹⁾ 그러나 연부조직의 상태를 개선시키기 위해서는 골성 구조물들의 조기 안정화 역시 중요하다는 점도 잘 알려져 있다.³³⁾ 창상 치유를 기다리는 동안, 혈종으로 인해 섬유성 유합 및 연부조직 구축이 발생하게 되고 이로 인해 2차 수술시 골절 정복이 어렵게 된다.^{34,35)} 또한, 내측의 재거돌기 골편의 돌출은 창상 긴장을 증가시키고, 혈류를 방해하여 창상치유에 악영향을 끼치게 된다.³⁶⁾ 골절에 대한 조기 정복 및 고정은 종골의 변형을 바로잡고 연부조직의 긴장을 완화 시킴으로써 창상 회복에 도움이 된다고 하였다.³⁷⁾

수술적 치료 방법은 창상 합병증을 줄이기 위해 K강선 및 나사 고정 등의 최소 침습적수술을 제안하고 있으며,³⁸⁻⁴⁰⁾ K강선 등을 이용한 최소침습적 고정은 약해진 연부조직의 손상을 줄이고, 관혈적 정복술에서 발생할 수 있는 심각한 합병증을 줄일 수 있다는 보고도 있다.³⁶⁾ 본 연구에서는 18예(82%)에서 1단계 수술적 처치를 시행하였으며, 전례에서 K강선, Steinmann 핀, 유관나사 등을 이용하여 고정술을 시행하였다. 최종 추시시 임상적인 평가를 위해 시행한 AOFAS ankle-hindfoot scale은 평균 72.5점(41-88) 으로 다른 문헌²⁷⁾에서 보고한 평균 73.7점(59.4-84)

과 큰 차이가 나지 않는다. 하지만 본 연구의 경우 증례수가 부족하며 대조군의 부재로 인해 어느 수술적 방법이 더 우월하다고 말하기 어려워 후속연구가 필요하다고 생각한다.

개방성 종골 골절의 경우 발생률이 낮아 대부분의 관련 문헌에서도 증례수가 부족하며 후향적으로 진행되었다. 이는 개방성 종골 골절 환자들이 일치된 프로토콜에 의하여 치료되지 않았다는 것을 의미한다. 따라서 치료의 방법에서 다소 차이가 있을 수 있으며, 결과에 있어 비교할 때 주의하여 해석해야 한다.²⁷⁾ 이에 추후 개방성 종골 골절에 대한 다기관 연구를 통한 치료계획에 대한 합의와 일치를 통하여 장기 추시 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구 역시 후향적으로 진행되었으며, 증례수가 부족하고 평균 추시 기간이 20.7개월로 다소 짧은 한계가 있다. 또한, 치료방법에 있어 대조군이 없다는 점이 본 연구의 제한점으로 생각된다.

결론

종골의 개방성 골절의 치료에서 최소침습적 접근법을 통한 내고정술은 방사선학적 및 임상적으로 비교적 만족스러운 결과를 보였다. 하지만 더 많은 증례를 통한 장기추시 결과 및 다른 수술법과의 비교 연구 등 후속연구가 요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Ricci WM, Bellabarba C, Sanders R. Transcalcaneal talonavicular dislocation. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:557-61.
2. Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, Walling A. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;290:87-95.
3. Park H, Shin SJ, Kim SR, et al. Bilateral open transcalcaneal fracture with talonavicular dislocation: A case report. *J Korean Fract Soc.* 2011;24:87-91.
4. Ebraheim NA, Savolaine ER, Paley K, Jackson WT. Comminuted fracture of the calcaneus associated with subluxation of the talus. *Foot Ankle.* 1993;14:380-4.
5. Hildebrand KA, Buckley RE, Mohtadi NG, Faris P. Functional outcome measures after displaced intra-articular calcaneal fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78:119-23.
6. Sohn HM, Lee JY, Ha SH, Jo SH. The comparison of radiographic parameters and clinical results after operative treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures. *J Korean Fract Soc.* 2007;20:227-32.
7. Folk JW, Starr AJ, Early JS. Early wound complications of operative treatment of calcaneus fractures: analysis of 190 fractures. *J Orthop Trauma.* 1999;13:369-72.
8. Heier KA, Infante AF, Walling AK, Sanders RW. The natural history and treatment of open calcaneal fractures. *J Orthop Trauma.* 2000;14:141-2.
9. Siebert C, Hansen M, Wolter D. Follow-up evaluation of open intra-articular fractures of the calcaneus. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1998;117:442-7.

10. Aldridge JM, 3rd, Easley M, Nunley JA. Open calcaneal fractures: results of operative treatment. *J Orthop Trauma*. 2004;18:7-11.
11. Gustilo RB. Current concepts in the management of open fractures. *Instr Course Lect*. 1987;36:359-66.
12. Chapman MW, Mahoney M. The role of early internal fixation in the management of open fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;138:120-31.
13. Dellinger EP, Miller SD, Wertz MJ, Grypma M, Droppert B, Anderson PAJAos. Risk of infection after open fracture of the arm or leg. *Arch Surg*. 1988;123:1320-7.
14. Rittmann W, Schibli M, Matter P, Allgower M. Open fractures. Long-term results in 200 consecutive cases. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;138:132-40.
15. Heier KA, Infante AF, Walling AK, Sanders RW. Open fractures of the calcaneus: soft-tissue injury determines outcome. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:2276-82.
16. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:453-8.
17. Bèzes H, Massart P, Delvaux D, Fourquet JP, Tazi F. The operative treatment of intraarticular calcaneal fractures. Indications, technique, and results in 257 cases. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;290:55-9.
18. Letournel E. Open treatment of acute calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;290:60-7.
19. 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.
20. Zwipp H, Tscherne H, Thermann H, Weber T. Osteosynthesis of displaced

intraarticular fractures of the calcaneus. Results in 123 cases. Clin Orthop Relat Res. 1993;290:76-86.

21. Spread H. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. J Bone Joint Surg Am. 1976;58:453-8.

22. Tornetta P, III, Ricci WM, Ostrum RF, McQueen MM, McKee MD, Charles MC-B. Rockwood and Green's fractures in adults. Ninth ed. Philadelphia, Wolters Kluwer: 2020.

23. Byun YS, Cho YH, Park JW, Lee JS, Kim JH. Early postoperative complications of calcaneal fractures following operative treatment by a lateral extensile approach. J Korean Fract Soc. 2004;17:323-7.

24. Acello AN, Wallace GF, Pachuda NM. Treatment of open fractures of the foot and ankle: a preliminary report. J Foot Ankle Surg. 1995;34:329-46.

25. Franklin JL, Johnson KD, Hansen ST, Jr. Immediate internal fixation of open ankle fractures. Report of thirty-eight cases treated with a standard protocol. J Bone Joint Surg Am. 1984;66:1349-56.

26. Bray TJ, Endicott M, Capra SE. Treatment of open ankle fractures. Immediate internal fixation versus closed immobilization and delayed fixation. Clin Orthop Relat Res. 1989;240:47-52.

27. Spierings KE, Min M, Nooijen LE, Swords MP, Schepers T. Managing the open calcaneal fracture: A systematic review. Foot Ankle Surg. 2019;25:707-13.

28. Sanders R, Vaupel ZM, Erdogan M, Downes K. Operative treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures: long-term (10-20 years) results in 108 fractures using a prognostic CT classification. J Orthop Trauma. 2014;28:551-63.

29. Backes M, Schepers T, Beerekamp MS, Luitse JS, Goslings JC, Schep NW. Wound

infections following open reduction and internal fixation of calcaneal fractures with an extended lateral approach. *Int Orthop.* 2014;38:767-73.

30. Lawrence SJ. Open calcaneal fractures. *Orthopedics.* 2004;27:737-41; quiz 42-3.

31. Miric A, Patterson BM. Pathoanatomy of intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:207-12.

32. Langdon I, Kerr P, Atkins R. Fractures of the calcaneum: the anterolateral fragment. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76:303-5.

33. Tahir M, Chaudhry EA, Zimri FK, et al. Negative pressure wound therapy versus conventional dressing for open fractures in lower extremity trauma: a multicentre randomized controlled trial. *Bone Joint J.* 2020;102:912-7.

34. Tennent T, Calder P, Salisbury R, Allen P, Eastwood D. The operative management of displaced intra-articular fractures of the calcaneum: a two-centre study using a defined protocol. *Injury.* 2001;32:491-6.

35. Rammelt S, Barthel S, Biewener A, Gavlik J, Zwipp H. Calcaneus fractures. Open reduction and internal fixation. *Zentralbl Chir.* 2003;128:517-28.

36. Gao X, Fan Hy, Huang R, Sui Yq, Li F, Yin Hl. Management of open calcaneal fractures with medial wounds by one-stage sequential reduction and frame structure fixation using percutaneous Kirschner wires. *Orthop Surg.* 2021;13:225-36.

37. Zhang T, Yan Y, Xie X, Mu W. Minimally invasive sinus tarsi approach with cannulated screw fixation combined with vacuum-assisted closure for treatment of severe open calcaneal fractures with medial wounds. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55:112-6.

38. Schepers T, Schipper IB, Vogels LM, et al. Percutaneous treatment of displaced

intra-articular calcaneal fractures. J Orthop Sci. 2007;12:22-7.

39. DeWall M, Henderson CE, McKinley TO, Phelps T, Dolan L, Marsh JL. Percutaneous reduction and fixation of displaced intra-articular calcaneus fractures. J Orthop Trauma. 2010;24:466-72.

40. Rammelt S, Amlang M, Barthel S, Gavlik J-M, Zwipp H. Percutaneous treatment of less severe intraarticular calcaneal fractures. Clin Orthop Relat Res. 2010;468:983-90.

Table 1. Gustilo–Anderson Classification

Type	Wound	Level of Contamination	Soft Tissue injury	Bone Injury
I	<1cm long	Clean	Minimal	Simple, minimal comminution
II	>1cm long	Moderate	Moderate; some muscle damage	Moderate comminution
IIIA	Usually >10 cm	High	Severe with crushing	Usually comminuted: soft tissue coverage of bone possible
IIIB	Usually >10 cm	High	Very severe loss of cover	Bone cover poor: usually requires soft tissue reconstructive surgery
IIIC	Usually >10 cm	High	Very severe loss of cover and vascular injury requiring repair	Bone cover poor: usually requires soft tissue reconstructive surgery

Table 2. Demographic Data of the Patients

Variable	Value	
Cases Number of open calcaneal fracture	22 cases	
Age at Diagnosis (years)	36.3 years (16 ~ 64)	
Sex		
Male	16 cases	72.7 %
Female	6 cases	27.3 %
Follow Up Duration	20.7 months (3 ~104)	
Cause of Trauma		
Fall down	16 cases	72.7 %
Traffic Accident	6 cases	27.3 %
Associated Trauma [†]		
Foot fracture	15 cases	
Tibia fracture	11 cases	
Spine fracture	9 cases	
Thoracic trauma	4 cases	
Pelvis fracture	4 cases	
Fibular fracture	3 cases	
Facial bone	3 cases	
Head trauma	3 cases	
Carpal bone injury	2 cases	
Others	4 cases	
Types of Open fracture		
Type I	4 cases	18.2 %
Type II	6 cases	27.3 %
Type III	12 cases	54.5 %
Sander' s Classification		
Extra articular type	4 cases	18.2 %
Type I	0 cases	0 %
Type II	7 cases	31.8 %
Type III	8 cases	36.4 %
Type IV	3 cases	13.6 %
AOFAS at last follow up	72.5 points (41 ~ 88)	
Immediate Post-operative infection		
None	14 cases	63.6 %

Infection exist	8 cases	36.4 %
Post-traumatic osteoarthritis		
None	11 cases	50.0 %
OA	11 cases	50.0 %
Side		
Right side	11 cases	50.0 %
Left side	11 cases	50.0 %
Duration between trauma to 1 st operation	10.1 hours (4 ~ 21)	

†: permission for repetition

Table 3. Results Data of the Patients

Case No.	Guttilo-Anderson	Wound location	Sander type	Operative procedure	Time to Operation Hrs//Days	Soft tissue Complications	Wound culture
1	IIIA	lateral	IV	Steinmann pin	9	Op site infection	MRSA
2	I	lateral	IIIAB	Steinmann pin & cannulated screw	9	-	
3	II	Medial	IIA	5.0 cannulated screw & 4.0 cannulated screw	8	-	
4	IIIA	Medial	IIIAB	I & D / 6.5 cannulated screw, 3.2 Steinmann pin	16//19	Op site infection	MRSE
5	IIIA	Posterolateral	0	I & D // Steinmann pin	4//17	Op site infection	GPB
6	II	Posterior	IIIAB	I & D // Steinman pin	13//5	-	
7	I	Medial	IIB	6.5 cannulated screw, 5.0 cannulated screw, 4.0 cannulated screw	21	-	
8	II	Medial	IIIAB	I & D//4.0 cannulated screw & 6.5 cannulated screw	9//11	-	
9	I	Medial	IV	6.5 cannulated screw & 4.0 cannulated screw, K-wire	11	Op site infection	MRSA
10	IIIA	Medial	IIIAB	Steinmann pin, K-wire	15	-	
11	IIIA	Medial	IIA	Steinmann pin	4	-	
12	IIIA	Medial	IIB	Steinmann pin	5	-	
13	II	Medial	0	Conservative	5	-	
14	II	Medial	0	5.0 cannulated screw	4	Op site infection	MRSA
15	I	Posterior	IIIAB	6.5 cannulated screw	14	-	

16	II	Medial	IIIAB	K-wire	20	Op site infection	S.epidermidis
17	IIIA	Posterolateral	0	4.0 cannulated screw	4	-	
18	IIIA	Medial	IIIAB	6.5 cannulated screw, 4.0 cannulated screw	15	Op site infection	Aeromonas hydrophilia
19	IIIC	Medial	IV	Steinmann pin, K-wire	12	-	
20	IIIA	Medial	IIIAB	MIS c Steinmann pin, K-wire, 4.0 cannulated screw	12	-	
21	IIIB	Medial	IIIAB	4.0 cannulated screw, K-wire, Steinmann pin allogenuous B/G (15cc)	5	Op site infection	Pseudomonas putida
22	IIIA	Medial	IIIAB	Steinmann pin	6	-	

Table 4. Chi-square Test

Post-traumatic Osteoarthritis			χ^2 (p)	OR (CI)
Variables	None n(%)	OA n(%)		
Sex				
Male	8 (36.4)	8 (36.4)	0.00	1.000
Female	3 (13.6)	3 (13.6)	(1.00)	(0.153~6.531)
Types of Open fracture				
Type I	1 (4.5)	3 (13.6)	-0.118	
Type II	4 (18.2)	2 (9.1)	(0.601)	
Type III	6 (27.3)	6 (27.3)		
Sander's Classification				
Extra articular	4 (18.2)	0	0.582	
Type II	4 (18.2)	3 (13.6)	(0.004)	
Type III	3 (13.6)	5 (22.8)		
Type IV	0	3 (13.6)		
Immediate Post-operative infection				
Infection	4 (18.2)	4 (18.2)	0.00	1.000
None	7 (31.8)	7 (31.8)	(1.00)	(0.176~5.682)
Side				
Right	7 (31.8)	4 (18.2)	0.273	3.063
Left	4 (18.2)	7 (31.8)	(0.219)	(0.539~17.401)

Table 5. Repeated Measured ANOVA Test

Variables	Mean ± SD	Degree of Freedom	F	p
Böhler Angle				
Preoperative	-1.24 ± 29.29	1.195	7.448	0.009 [†]
Postoperative	16.43 ± 20.58			
Last Follow-up	12.97 ± 21.73			
Gissane Angle				
Preoperative	117.48 ± 18.65	1.479	2.834	0.089 [†]
Postoperative	121.33 ± 10.70			
Last Follow-up	125.21 ± 12.89			
Calcaneal Length				
Preoperative	72.58 ± 8.42	2	3.970	0.027
Postoperative	73.38 ± 8.96			
Last Follow-up	72.22 ± 9.12			
Calcaneal Height				
Preoperative	38.48 ± 6.77	1.314	9.708	0.002 [†]
Postoperative	43.57 ± 3.81			
Last Follow-up	42.40 ± 5.83			
Calcaneal Width				
Preoperative	48.95 ± 4.98	1.514	12.143	0.000 [†]
Postoperative	42.53 ± 5.85			
Last Follow-up	44.61 ± 4.59			

[†]: Greenhouse-Geisser p value

Table 6. AOFAS Ankle Hindfoot Scale

Ankle hindfoot scale (100 Points Total)	
Pain (40 points)	
None	40
Mild, Occasional	30
Moderate, Daily	20
Severe, almost always present	10
Function (50 points)	
Activity limitations, support requirement	
No limitations, no support	10
No limitation of daily activities, limitation of recreational activities, no support	7
Limited daily and recreational activities, cane	4
Severe limitations of daily and recreational activities, walker, crutches, wheel chair, brace	0
Maximum walking distance, blocks	
Greater than 6	5
4-6	4
1-3	2
Less than 1	0
Walking surfaces	
No difficulty on any surfac	5
Some difficulty on uneven terrain, stairs, inclines, ladders	3
Severe difficulty on uneven terrain, stairs, inclines, ladders	0
Gait abnormality	
None, slight	8
Obvious	4
Marked	0
Sagittal motion (flexion plus extension)	
Normal or mild restriction (30° or more)	8
Moderate restriction (15° - 29°)	4
Severe restriction (less than 15°)	0
Hindfoot motion (inversion plus eversion)	
Normal or mild restriction (75%-100% normal)	6
Moderate restriction (25%-74% normal)	3
Severe restriction (less than 25% normal)	0
Ankle-hindfoot stability	
Stable	8
Definitely unstable	0

Alignment (10 points)	
Good, plantigrade foot, midfoot well aligned	15
Fair, plantigrade foot, some degree of midfoot malalignment observed, no symptoms	8
Poor, nonplantigrade foot, severe malalignment, symptoms	0
Total =	100

This clinical rating system combines subjective scores of pain and function provided by the patient and objective scores based on the physician's physical examination (ie, gait, sagittal motion, hindfoot motion, ankle-hindfoot stability and alignment of the ankle-hindfoot). The questionnaire includes nine items that can be divided into three subscales (pain, function and alignment). Each of the nine items is scored, accumulating to a total score ranging from 0 points (indicating severe pain and impairment) to 100 points (no symptoms or impairment)

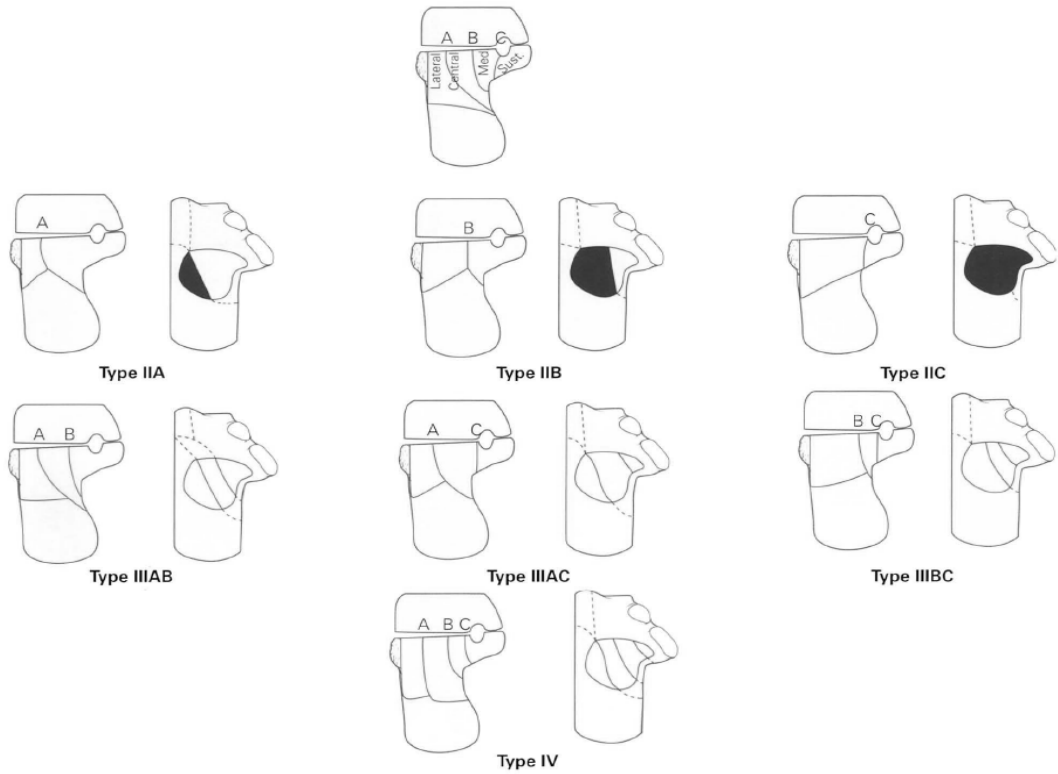


Figure 1. Sanders classification based on CT images in the coronal plane.

Type I fracture is all non-displaced articular fractures (less than 2 mm), Type II fractures are two-part fractures of the posterior facet. Three types—IIA, IIB, and IIC—existed, based on the location of the primary fracture line. Type III fractures were three-part fractures that usually featured a centrally depressed fragment. Types included IIIAB, IIIAC, and IIIBC, and again were based on the location of the primary fracture line. Type IV fractures were highly comminuted and often had more than four articular fragments.



Figure 2. Preoperative radiographs.

Preoperative X-ray (A : ankle lateral view, B : calcaneal axial view, C : Brodsky view), It is joint depressive calcaneal fracture, the posterior joint surface is depressive and lateral wall is bulging on calcaneal axial view. Preoperative CT (D : semicoronal view) show joint depressive type, Sanders type IIIAB calcaneal fracture.

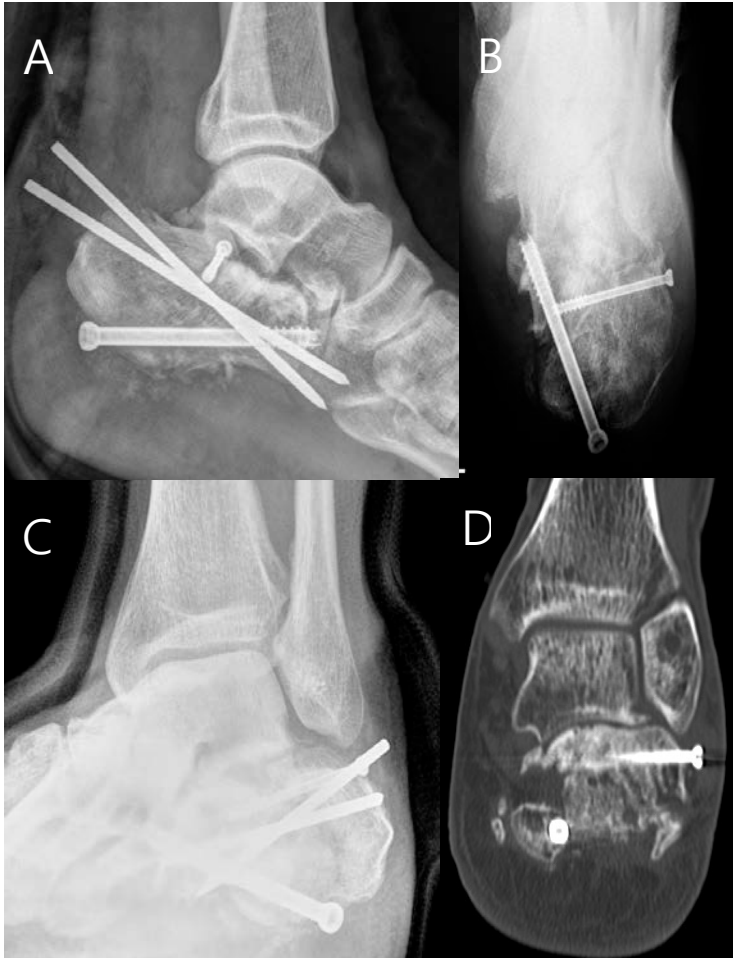


Figure 3. Postoperative radiographs.

The definitive fixation using Steinmann pin & 4.0, 6.5 cannulated screws was performed(A-D), Postoperative X-ray (A : Ankle lateral view, B : Calcaneal axial view, C : Brodsky view), Böhler angle and Gissane angle have recovered, CT after 6months of surgery (D : Semicoronal view.) show well reduced articular surface.

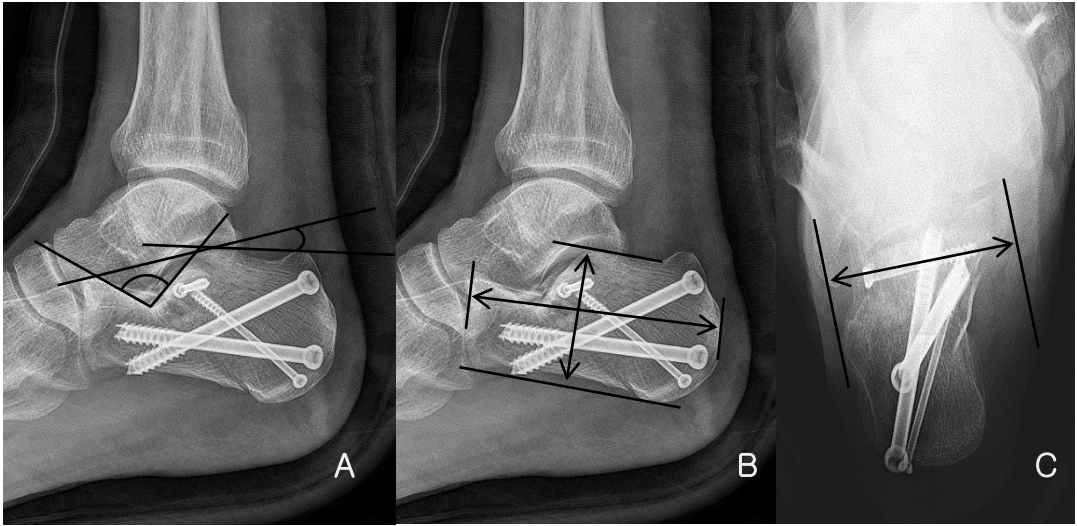


Figure 4. Radiologic Assessment.

A: ankle lateral x-ray, Gissane angle, Böhler angle, Gissane angle is formed by the downward and upward slopes of the calcaneal superior surface. Böhler angle is composed of a line drawn from the highest point of the anterior process of the calcaneus to the highest point of the posterior facet and a line drawn tangential to the superior edge of the tuberosity. B: ankle lateral x-ray, Calcaneal height, Calcaneal length, The calcaneal height and calcaneal length were measured at the highest and lowest length and the longest length from anterior to posterior in the lateral x-ray. C: calcaneal axial view, calcaneal width Calcaneal width measures the widest width including sustentaculum tali on calcaneal axial view.