



개방성 종골 골절의 수술적 치료 결과

김바롬, 이준영, 차동혁

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

Results in Operative Treatment of Open Calcaneal Fracture

Ba Rom Kim, Jun Young Lee, Donghyuk Cha

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

Purpose: This paper reports the surgical treatment results of open calcaneal fractures performed at the author's clinics focusing on open calcaneal fractures to help understand the appropriate treatment and realistic outcomes.

Materials and Methods: This study was conducted on 22 cases out of 30 patients who visited the hospital from February 2009 to December 2019 and were followed up for more than one year. In open fractures, the fracture was classified using the Gustilo-Anderson classification and was evaluated using the soft tissue status at the time of visit. Intra-articular calcaneal fractures were classified using Sanders classification. The radiological parameters were measured for the Böhler angle, Gissane angle, calcaneal length, height, and width before and after surgery, and at the last follow-up. The clinical outcomes were evaluated using the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) ankle-hindfoot scale and investigated complications. In addition, statistical analysis of the incidence and associated factors of posttraumatic arthritis was conducted.

Results: In all cases, the surgical treatment was performed by minimally invasive surgery. The AOFAS ankle-hindfoot scale conducted for a clinical evaluation of the final follow-up was averaged 72.5 points. In the classification of open fractures, the Gustilo-Anderson classification type IIIA was the most common, and the Sanders type III was the most common. Of the 22 cases after surgery, 15 cases had complications, 11 cases had posttraumatic arthritis, eight cases had an infection, and 4 cases had both complications. Only the Sanders classification showed a statistically significant correlation with the incidence of posttraumatic osteoarthritis (p-value 0.032).

Conclusion: In treating open calcaneal fractures, internal fixation by a minimally invasive approach showed relatively satisfactory results. However, follow-up research will be needed, including the results of a long-term follow-up through a large number of cases and comparative studies with other surgical methods.

Key Words: Calcaneus, Fractures, Open, Surgical procedure

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 고에너지 손상과 연관되어 발생하여 합병증 발생률이 높아지게 된다.^{1,2)}

종골 골절의 가장 흔한 원인으로는 높은 곳에서의 낙상 및 교통사고가 있으며, 고에너지 충격 압박력으로 인해 거골이 종골을 누르는 작용을 하게 되면 거골 및 주변 족근골들의 골절 및 탈구가 발생하게 되고, 특히 종골은 소위 폭발이나 방출로 표현되는 분쇄골절이 발생

Received June 23, 2021 Revised August 5, 2021 Accepted August 9, 2021

Corresponding Author: Jun Young Lee

Department of Orthopaedic Surgery, Chosun University Hospital, 365 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61453, Korea

Tel: 82-62-220-3147, Fax: 82-62-226-3379, E-mail: leejy88@chosun.ac.kr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9764-339X>

This article was published as a dissertation of Ba Rom Kim's master's degree at Chosun University Graduate School.

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright © 2021 Korean Foot and Ankle Society.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하게 된다.³⁾

그러므로 종골 골절은 고에너지 손상인 경우가 흔하며 높은 합병증 발생률로 인해 일상 생활이나 작업으로의 복귀가 늦어져 사회 경제학적인 손실이 크다고 알려져 있다.⁴⁾

개방성 종골 골절은 매우 복잡한 손상으로, 부정 유합, 외상 후 골관절염, 제한된 거골하 관절운동 등의 합병증을 일으킨다고 알려져 있다.⁵⁻⁷⁾ 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 있으나⁸⁾ 개방성 골절에 관련한 많은 논문들 역시 장관골 골절에 대해 다루었으며, 종골 골절에 대한 연구는 많지 않다.⁹⁾

또한 많은 연구들은 비개방성 종골 골절의 치료에 있어 관혈적 정복술 및 내고정술을 선호하고 있으나,^{1,10-13)} 개방성 종골 골절의 경우 수상 당시 손상된 연부조직, 감염 발생 위험 등의 문제로 인하여 고식적인 절개선을 이용한 관혈적 정복술 및 내고정술이 효과적인 치료 방법인지에 대해서는 의문이다.

따라서 본 연구는 개방성 종골 골절에 대한 실제 임상에서 치료 결과 및 치료 결과에 영향을 미치는 인자들에 대한 분석을 시행하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2009년 2월부터 2019년 12월까지 본원을 내원한 개방성 종골 골절 환자 30예 중 1년 이상 추시가 가능하였던 22예를 대상으로 후향적으로 진행하였다. 본 연구는 본원의 기관생명윤리 위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받아 시행하였다(IRB No. 2021-06-018).

2. 분류

개방성 골절의 분류에 있어 Gustilo-Anderson 분류¹⁴⁾에 따라 분류를 시행하였고 수상 당시 연부조직 상태를 기준으로 평가하였다(Table 1).¹⁵⁾ 추가로 창상의 위치에 대해 외측, 내측, 후외측, 후방, 족저부위, 광범위한 경우로 나누어 분류하였다.⁹⁾ 창상이 2군데 이상에 존재할 경우 광범위한 경우로 정의하였다.

술 전 모든 환자들은 컴퓨터 단층촬영을 시행하였다. 모든 관절 내 종골 골절의 경우 Sanders 분류¹⁾를 이용하여 분류하였다. 골절의 위치를 표시하기 위하여 종골의 후방 관절면의 가장 넓은 부위를 세 부분으로 나누고, 후방 관절면의 외측에서부터 내측으로 A, B, C의 가상선을 긋는다. 가상선인 A, B에 의하여 3개의 주로 나누어 후방 관

Table 1. Gustilo-Anderson Classification

Type	Wound	Level of contamination	Soft tissue injury	Bone injury
I	<1 cm long	Clean	Minimal	Simple, minimal comminution
II	>1 cm 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



Figure 1. [A~D] Postoperative radiographs. The definitive fixation using Steinmann pin and 4.0-, 6.5-cannulated screws was performed. Postoperative X-ray [A: Ankle lateral view, B: Calcaneal axial view, C: Brodsky view], Böhler angle, and Gissane angle have recovered. [D] Computed tomography after 6 months of surgery [semicoronal view] shows well reduced articular surface.

절소면을 내측, 중간, 외측의 3개의 골편으로 나누었다. 여기에 추가로 후방 관절소면의 내측면에 골절선 하나를 더 추가하여 4번째 골편인 제2돌기 골절편을 나누었다. 골절선의 개수에 관계없이 모든 비전위골절(2 mm 이하)은 I형 골절로 간주된다. II형 골절은 후방 관절면의 두 부분의 전위 골절이다. 골절선의 위치에 따라 IIA, IIB, IIC로 세분한다. III형 골절은 주로 중앙 함몰을 보이는 삼분 골절이다. 골절선의 위치에 따라 세 종류 IIIAB, IIIAC, IIIBC로 세분한다. IV형 골절은 사분 골절이고, 심한 분쇄골절이면서 종종 4개 이상의 골절편을 가지고 있다.¹⁵⁾ 본 연구에서는 추가로 관절 외 골절의 경우 0형으로 분류하였다.

3. 치료 계획

모든 개방성 종골 골절 환자들은 치료 계획에 따라 내원 즉시 창상 형태 및 노출 환경에 따라 항생제 정주하였고, 파상풍 예방 접종을 시행하였다. 응급실에서 창상 평가 시 생리식염수를 이용하여 세척을 시행하고 생리식염수에 젖은 거즈를 이용하여 드레싱하였다. 창상 평가 이후 수술실에서 창상에 대해 세척 및 변연 절제술을 시행하였으며, 종골 골절에 대해서는 족근동 접근법을 통해 관절면에 대해 정복술을 시행하였다. 창상 상태가 양호한 경우에는 유관나사, K강선, Steinmann 핀 등을 이용하여 최종 고정술(Fig. 1)과 함께 창상 봉합을 시행하였으며, 창상 크기가 커서 봉합이 어렵거나 오염으로 인해 창상 상태가 좋지 못한 경우 골절에 대해서는 K강선 등을 이용하여 임시고정술을 시행하고 연부조직 상태 호전 후 창상에 대한 봉



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. (D) Preoperative computed tomography (semicoronal view) shows joint depressive type. Sander type IIIAB calcaneal fracture.

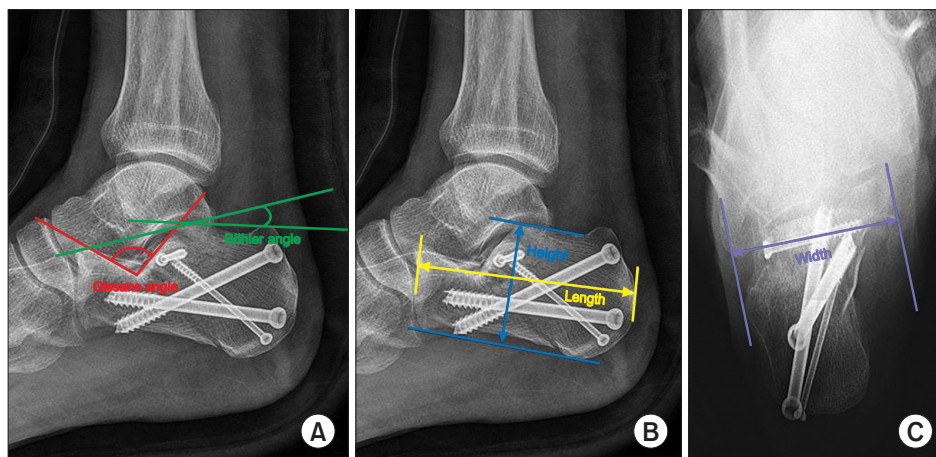


Figure 3. Radiologic assessment. (A) Ankle lateral X-ray. Gissane angle, Böhler angle, and Gissane angle are formed by the downward and upward slopes of the calcaneal superior surface. Böhler angle is composed of a line drawn from the highest point of the anterior process of the calcaneus to the highest 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.

합술과 함께 최종 고정술을 시행하였다. 연부조직 결손으로 인해 봉합이 불가능한 경우에는 피부이식술을 시행하였다.

4. 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, 수술 부위의 연부조직 감염 발생 시 시행한 균 배양 검사의 항생제 감수성 결과에 따라 항생제를 변경해 사용하였다.

5. 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. 1~3). 종골 너비의 경우 재거돌기를 포함한 최장 길이로 확인하였다.

6. 임상적 평가

환자의 기능적인 측면의 평가에 있어 최종 추시 시에 American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) ankle-hindfoot scale을 이용하였다. 수술 후 연부조직 감염, 외상 후 골관절염 발생 등의 합병증 발생 여부에 대해 확인하였다.

7. 통계학적 분석

환자의 일반적 특성과 기초 자료에 대해서는 기술 통계 기법을 이용하여 요약하였다. 수술 전 그리고 최종 추시 시 방사선학적 지표의 측정은 2명의 정형외과 의사에 측정되었고, 이후 측정자 간 신뢰도는 intraclass correlation coefficient (ICC)를 이용하여 평가하였다. 수술 전과 최종 추시 시의 방사선학적 지표는 대응표본 t검정을 이용하여 평가하였다. 환자의 특성(성별, 개방성 골절 분류 형태, Sanders 분류, 술 후 감염, 방향, 흡연, 당뇨 유무 등)과 외상 후 골관절염 발생의 차이를 파악하기 위해 카이 제곱 검정을 실시하였다. 모든 통계 분석은 IBM SPSS (for windows, version 26.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였다.

결 과

1. 연구대상

평균 연령은 38.3세(16~64세)였고 남자는 16예(72.7%), 여자는 6예(27.3%)이었다. 평균 추시 기간은 20.7개월(12~104개월)이었다(Table 2).

2. 수상기전 및 동반 손상

수상 원인으로는 낙상이 16예(72.7%)로 가장 많았고, 교통사고가 6예(27.3%) 있었다(Table 2). 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. 골절의 분류

개방성 골절의 분류에 있어 제 IIIA형이 10예(45.5%)로 가장 많았고, 다음으로는 제 II형이 6예(27.3%)로 많았다. 제 I형이 4예(18.2%), 제 IIIB형과 제 IIIC형이 각각 1예(4.5%)로 뒤를 이었다. 제 IIIC형 1예의 경우 후경골 동맥 및 정맥 손상이 동반되었다.

개방성 창상의 위치로는 내측이 16예(72.7%)로 가장 많았으며,

Table 2. Demographic Data of the Patients

Variable	Value
Cases no. of open calcaneal fracture	22
Age at diagnosis (yr)	36.3 (16~64)
Sex	
Male	16 (72.7)
Female	6 (27.3)
Follow-up duration (mo)	20.7 (12~104)
Cause of trauma	
Fall down	16 (72.7)
Traffic accident	6 (27.3)
Associated trauma*	
Foot fracture	15
Tibia fracture	11
Spine fracture	9
Thoracic trauma	4
Pelvis fracture	4
Fibular fracture	3
Facial bone	3
Head trauma	3
Carpal bone injury	2
Others	4
Types of open fracture	
Type I	4 (18.2)
Type II	6 (27.3)
Type III	12 (54.5)
Sander's classification	
Extra articular type	4 (18.2)
Type I	0 (0)
Type II	4 (18.2)
Type III	11 (50.0)
Type IV	3 (13.6)
Side	
Right side	11 (50.0)
Left side	11 (50.0)
Duration between trauma to 1st operation (hr)	10.1 (4~21)

Values are presented as number only, mean (range), or number (%).

*Permission for repetition.

Table 3. Result of Preoperative and Last Follow-up Radiographic Parameters Analysis

Variable	Preoperative	Last follow-up	p-value
Böhler angle (°)	0.78±31.08	11.84±23.76	<0.001
Gissane angle (°)	113.89±26.56	120.41±25.20	<0.001
Calcaneal length (mm)	70.64±14.92	73.09±15.64	<0.001
Calcaneal height (mm)	37.17±8.82	40.36±9.25	<0.001
Calcaneal width (mm)	46.90±10.33	42.97±9.23	<0.001

Values are presented as mean±standard deviation.

Table 4. Postoperative Complications of Patients

Variable	No. of case (%)
Immediate post-operative infection	
None	14 (63.6)
Infection exist	8 (36.4)
Post-traumatic OA	
None	11 (50.0)
OA	11 (50.0)

OA: osteoarthritis.

외측 2예(9.1%), 후외측 2예(9.1%), 후방 2예(9.1%)가 확인되었다 (Supplementary Table 1).

종골 골절 형태의 분류에 있어 Sanders 분류 제 III형이 11예 (50.0%)로 가장 많았으며, 제 II형과 관절 외 골절인 제 0형이 각각 4예(18.2%)로 뒤를 이었다. 제IV형은 3예(13.6%) 확인되었다(Table 2).

4. 치료

모든 예에서 응급실 내원 후 평균 10.1시간(4~21시간) 이내 수술실에서 창상에 대해 세척 및 변연 절제술을 시행하였으며, 18예 (81.8%)에서는 세척 및 변연 절제술과 더불어 골절에 대해 고정술을 시행하였고, 4예(18.2%)에서는 2단계로 수술적 처치를 시행하였다. 초기 창상 세척 및 변연 절제술 시행 후 골절부위 안정화를 위한 2차 수술까지는 평균 13.7일(5~19일)이 소요되었다.

5. 방사선학적 평가

측정자 간 신뢰도 ICC는 Böhler 각 0.80, Gissane 각 0.78, 종골 높이 0.88, 종골 길이 0.89, 종골 너비 0.86로 Gissane 각에서는 중 등도의 신뢰도를 나머지 항목에서는 높은 신뢰도를 보였다.

Böhler 각의 경우 수술 전 평균 0.78 (−55.87°~43.38°; 표준편차 31.08°)에서 마지막 외래 추시 때 평균 11.84 (−48.45°~39.05°; 표준편차 23.76°)로 유의미하게 회복되었다($p<0.001$). 종골 높이의 경우 수술 전 평균 37.17 mm (27.22~48.69 mm; 표준편차 8.82 mm)에서 마지막 외래 추시 때 평균 40.36 mm (31.01~52.43 mm; 표준편차 9.25 mm)로 유의미하게 회복되었다($p<0.001$). 종골 너비의 경우 수술 전 평균 46.90 mm (40.80~58.97mm 표준편차 10.33 mm)에서 마지막 외래 추시 때 평균 42.97 mm (38.02~55.33 mm; 표준편

Table 5. Analysis of Factors Affecting the Development of Post-traumatic OA

Post-traumatic OA			χ^2 (p)
Variables	None	OA	
Sex			
Male	8 (36.4)	8 (36.4)	0.00 (1.00)
Female	3 (13.6)	3 (13.6)	
Types of open fracture			
Type I	1 (4.5)	3 (13.6)	1.667 (0.435)
Type II	4 (18.2)	2 (9.1)	
Type III	6 (27.3)	6 (27.3)	
Sander's classification			
Extra articular	4 (18.2)	0 (0)	8.818 (0.032)
Type II	3 (13.6)	1 (4.6)	
Type III	4 (18.2)	7 (31.8)	
Type IV	0 (0)	3 (13.6)	
Immediate postoperative infection			
Infection	4 (18.2)	4 (18.2)	0.00 (1.00)
None	7 (31.8)	7 (31.8)	
Side			
Right	7 (31.8)	4 (18.2)	1.636 (0.201)
Left	4 (18.2)	7 (31.8)	
Smoking			
+	3 (13.6)	3 (13.6)	0.00 (1.00)
−	8 (36.4)	8 (36.4)	
DM			
+	1 (4.5)	0 (0)	1.048 (0.306)
−	10 (45.5)	11 (50.0)	

Values are presented as number (%).

OA: osteoarthritis.

차 9.23 mm)로 유의미하게 회복되었다($p<0.001$). 이외에도 다른 방사선학적 지표 또한 통계학적으로 유의미하게 회복되었다(Table 3).

6. 임상적 평가

임상적인 평가를 위해 시행한 AOFAS ankle-hindfoot scale은 평균 72.5점(41.00~88.00점, 표준편차 13.48점)이었다(Supplementary Table 2).

술 후 전체 22예 중 15예(68.2%)에서 합병증이 발생하였으며, 외상 후 골관절염이 11예(50.0%), 술 후 감염이 8예(36.4%), 두 가지 모두 발생한 경우가 4예(18.2%)로 확인되었다(Table 4).

외상 후 골관절염의 발생과의 상관관계에 있어 Sanders 분류만이 통계학적으로 유의하였다($p=0.032$; Table 5).

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 상처 감염, 심부 감염, 골수염 등의 합병증이 쉽게 발생하며¹⁶⁾ 이는 폐쇄성 종골 골절에 비해 2.8배 높다고 알려져 있다.⁵⁾ Acello 등¹⁷⁾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.⁸⁾ Bèzes 등¹⁰⁾은 257예의 폐쇄형 종골 골절환자에서 관혈적 정복술 및 내고정술을 시행한 후 7예의 심부 감염과 26예의 피부괴사를 보고했고, Siebert 등⁷⁾은 36예의 개방성 종골 골절환자에서 연부조직 관련 합병증이 23예에서 발생했음을 보고했다. 이는 9예의 골수염, 5예의 절단술, 1예 부분 종골 절제술, 1예 관절 유합술을 포함하고 있다. Heier 등⁹⁾은 41예의 개방성 종골 골절 환자를 대상으로 한 연구에서 39%까지 합병증이 발생하였고, Gustilo type II 및 type III 손상에서는 50%까지 이르렀다고 보고하였다. 반면에 Franklin 등¹⁸⁾은 38예의 족관절 골절 환자를 대상으로 한 연구에서 감염과 연부조직 손상은 연관이 없다고 보고하였으며, Bray 등¹⁹⁾은 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 결과 간 차이가 크지 않았다고 보고하였다. Heier 등⁹⁾은 골절의 분쇄 정도와 감염률 간에 상관관계가 없다고 보고하였다.

본 연구에서는 36.4%에서 연부조직 감염이 발생하였고 이는 다른 연구에서의 연부조직 감염 발생률과 비슷한 수치이다.

Spierings 등²⁰⁾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 Sanders 등²¹⁾의 연구에서는 type II가 가장 많았으며, Backes 등²²⁾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 골 관절염의 발생에 대한 연구는 많지 않다. 관절 내 종골 골절 108예를 대상으로 진행한 Sanders 등²¹⁾의 장기 추시 연구에 의하면 약 29%에서 거골하 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, 거골하 관절 유합술이 4배 더 많이 요했다고 보고하였다. 본 연구에서는

50.0%에서 외상 후 골관절염이 발생하였으며, Sanders 분류 III형의 골절이 50.0%, Sanders 분류 IV형의 골절이 13.6%, Sanders 분류 II형의 골절이 18.2% 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 확인되었다.

Spierings 등²⁰⁾의 체계적 문헌 고찰에서 총 460예의 개방성 종골 골절 중 355예(76.7%)에서 개방성 창상이 족부 내측에 위치하였다. 본 연구에서도 비슷한 발생률로 72.7%에서 개방성 창상이 내측에 위치하였다. 이는 수상기전과 관련이 있을 것으로 생각된다. 종골 골절이 체중부하 정렬의 외측에 위치하고 있기 때문에 고에너지 충격 부하가 발생했을 때 종골의 외반 붕괴가 발생하기 쉽다. 심각한 종골의 외반 변형은 후족부의 내측에 인장력을 증가시키고 이로 인해 내측 피부에 손상이 발생하게 된다.²³⁾ 따라서 종골의 개방성 골절에서 흔히 후족부 내측 부위에 창상을 동반하게 될 것으로 생각된다.

종골은 종종 4~5개의 주요 조각으로 골절이 발생하게 되며, 종골 절절 조각, 내측의 재거돌기 조각, 후방 관절면 조각, 전방돌기 조각, 전내측 조각을 주로 포함한다.²⁴⁾ 이러한 골편들은 금속판이나 K강선 등을 이용한 고정이 필요하다. 개방성 종골 골절에서 이전의 연구들은 초기 골절의 정복 및 안정화보다는 연부조직을 살리고 감염을 예방하는 데 주로 중점을 두었다.⁷⁾ 그러나 연부조직의 상태를 개선하기 위해서는 골성 구조물들의 조기 안정화 역시 중요하다는 점도 잘 알려져 있다. 창상 치유를 기다리는 동안, 혈종으로 인해 섬유성 유합 및 연부조직 구축이 발생하게 되고 이로 인해 2차 수술 시 골절 정복이 어렵게 된다.²⁵⁾ 또한, 내측의 재거돌기 골편의 돌출은 창상 긴장을 증가시키고, 혈류를 방해하여 창상치유에 악영향을 끼치게 된다.²⁶⁾ 골절에 대한 조기 정복 및 고정은 종골의 변형을 바로 잡고 연부조직의 긴장을 완화시킴으로써 창상 회복에 도움이 된다고 하였다.²⁷⁾

수술적 치료 방법은 창상 합병증을 줄이기 위해 K강선 및 나사 고정 등의 최소 침습적 수술을 제안하고 있으며,²⁸⁾ K강선 등을 이용한 최소 침습적 고정은 약해진 연부조직의 손상을 줄이고 관혈적 정복술에서 발생할 수 있는 심각한 합병증을 줄일 수 있다는 보고도 있다.²⁶⁾ 본 연구에서는 18예(81.8%)에서 1단계 수술적 처치를 시행하였으며 전례에서 K강선, Steinmann 핀, 유관나사 등을 이용하여 고정술을 시행하였다. 최종 추시 시 임상적인 평가를 위해 시행한 AOFAS ankle-hindfoot scale은 평균 72.5점(41.00~88.00점)으로 다른 문헌²⁰⁾에서 보고한 평균 73.7점(59.4~84점)과 큰 차이가 나지 않는다. 하지만 본 연구의 경우 증례수가 부족하며 대조군의 부재로 인해 어느 수술적 방법이 더 우월하다고 말하기 어려워 후속 연구가 필요하다고 생각한다.

개방성 종골 골절의 경우 발생률이 낮아 대부분의 관련 문헌에서도 증례 수가 부족하며 후향적으로 진행되었다. 이는 개방성 종골 골

절 환자들이 일치된 프로토콜에 의하여 치료되지 않았다는 것을 의미한다. 따라서 치료의 방법에서 다소 차이가 있을 수 있어 결과를 비교할 때 주의하여 해석해야 한다.²⁰⁾ 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 증례 수가 부족하고 평균 추시 기간이 20.7개월로 다소 짧은 한계가 있다. 또한, 치료 방법에 있어 대조군이 없다는 점이 본 연구의 제한점으로 생각된다.

결론

종골의 개방성 골절의 치료에서 최소 침습적 접근법을 통한 내고정술은 방사선학적 및 임상적으로 비교적 만족스러운 결과를 보였다. 하지만 더 많은 증례를 통한 장기 추시 결과 및 다른 수술법과의 비교 연구 등 후속 연구가 요할 것으로 생각된다.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

Supplementary materials can be found via <https://doi.org/10.14193/jkfas.2021.25.3.133>

ORCID

Ba Rom Kim, <https://orcid.org/0000-0001-5341-1717>

Donghyuk Cha, <https://orcid.org/0000-0001-8159-1567>

REFERENCES

- 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.
- Park H, Shin SJ, Kim SR, Nam KW, Choi SW, Seo KB, et al. Bilateral open transcaneal fracture with talonavicular dislocation: a case report. *J Korean Fract Soc.* 2011;24:87-91. doi: 10.12671/jkfs.2011.24.1.87.
- 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. doi: 10.1177/107110079301400702.
- 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. doi: 10.12671/jkfs.2007.20.3.227.
- 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. doi: 10.1097/00005131-199906000-00008.
- Heier KA, Infante AF, Walling AK, Sanders RW. The natural history and treatment of open calcaneal fractures. *J Orthop Trauma.* 2000;14:141-2.
- Siebert CH, Hansen M, Wolter D. Follow-up evaluation of open intra-articular fractures of the calcaneus. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1998;117:442-7. doi: 10.1007/s004020050289.
- Aldridge JM 3rd, Easley M, Nunley JA. Open calcaneal fractures: results of operative treatment. *J Orthop Trauma.* 2004;18:7-11. doi: 10.1097/00005131-200401000-00002.
- 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. doi: 10.2106/00004623-200312000-00002.
- 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.
- Letournel E. Open treatment of acute calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(290):60-7.
- 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. doi: 10.2106/00004623-199303000-00005.
- Zwipp H, Tschern 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.
- 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. doi: 10.2106/00004623-197658040-00004.
- Tornetta P 3rd, Ricci WM, Ostrum RF, McQueen MM, McKee MD, Court-Brown CM. Rockwood and Green's fractures in adults. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020.
- 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. doi: 10.12671/jkfs.2004.17.4.323.
- 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. doi: 10.1016/S1067-2516(09)80002-1.
- 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.
- 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.
- 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. doi: 10.1016/j.fas.2018.10.005.
- 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. doi: 10.1097/BOT.000000000000169.
- 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. doi: 10.1007/s00264-013-2181-1.
- Lawrence SJ. Open calcaneal fractures. *Orthopedics.* 2004;27:737-41; quiz 742-3. doi: 10.3928/0147-7447-20040701-14.

24. Miric A, Patterson BM. Pathoanatomy of intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:207-12. doi: 10.2106/00004623-199802000-00007.
25. Rammelt S, Barthel S, Biewener A, Gavlik JM, Zwipp H. [Calcaneus fractures. Open reduction and internal fixation]. *Zentralbl Chir.* 2003;128:517-28. German. doi: 10.1055/s-2003-40627.
26. 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. doi: 10.1111/os.12902.
27. 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. doi: 10.1053/jjfas.2015.07.023.
28. Rammelt S, Amlang M, Barthel S, Gavlik JM, Zwipp H. Percutaneous treatment of less severe intraarticular calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:983-90. doi: 10.1007/s11999-009-0964-x.