



# 종골 길이와 너비의 상관관계를 이용한 종골 너비 추정에 관한 연구

천동일, 황수강, 조재호\*, 최성우, 김용범, 원성훈

순천향대학교 서울병원 정형외과, \*한림대학교춘천성심병원 정형외과

## A Study on the Estimation of Calcaneal Width Using a Correlation of Calcaneal Length and Width

Dong-il Chun, Shu Chiang Hwang, Jae-ho Cho\*, Sung-Woo Choi, Yong Beom Kim, Sung Hun Won

Department of Orthopaedic Surgery, Soonchunhyang University Seoul Hospital, Seoul,

\*Department of Orthopaedic Surgery, Hallym University Chuncheon Sacred Heart Hospital, Chuncheon, Korea

**Purpose:** The purpose of this study was to determine the correlation and ratio between the calcaneal length and width for predicting the width of calcaneus.

**Materials and Methods:** A total of 190 feet (190 patients) were included based on computed tomography scans. The length of calcaneus (CL) was measured on the line connecting the center of a circle tangent to the cortical margin in the anterior and posterior parts of the calcaneus in a sagittal plane (W1, W2). The width of the calcaneus was defined as the horizontal line of each part (W1, W2, W3) on the same axial plane. The relationship between the measurement was determined through a correlation analysis. The reliability was assessed based on intraclass correlation coefficients.

**Results:** The CL and widths of calcaneus (W1, W2, W3) had a good positive correlation ( $r=0.848$  [W1/CL],  $r=0.738$  [W2/CL],  $r=0.769$  [W3/CL];  $p<0.001$ ). The mean CL and widths ratios were 0.33 (W1/CL), 0.37 (W2/CL), and 0.37 (W3/CL). Using these ratios to estimate the widths by multiplying each ratio by the measured calcaneal length, we found a difference between the estimated calcaneal widths and the actual measured calcaneal widths values was 0.25 mm, 0.43 mm, and 0.16 mm. All measurements showed good-to-excellent inter- and intraobserver reliability.

**Conclusion:** This study analyzed the correlation and ratio between the length and width of the calcaneus. The results will help orthopedic surgeons fixate screws in a stable manner to prevent iatrogenic injuries to the medial neurovascular structures of the calcaneus.

**Key Words:** Calcaneus, Imaging, Three-dimensional, Correlation

### 서 론

종골의 골절은 일반적으로 높은 곳에서의 낙상이나 고에너지 손상에 의해서 발생한다.<sup>1)</sup> 게다가 약 75% 정도는 관절을 포함하는 골절로 종골 골절에서 정상적인 해부학적 정복은 발의 기능과 보

행에 매우 중요하다.<sup>1,2)</sup> 또한 정복이 부족할 경우, 종골의 높이 소실 혹은 단축을 유발하여 부정유합을 일으킬 수 있다.<sup>3)</sup> 따라서 정형외과 의사에게 종골 골절은 다루기 어려운 분야 중 하나이다.

이러한 이유로 종골 골절 시 관혈적 정복술 및 내고정(open reduction and internal fixation, ORIF)이 필요한 경우가 많으며, 일반적으로 측와위 자세에서 외측 확장 접근법(lateral extensile approach)으로 시행한다.<sup>4,6)</sup> 이 도달법으로 시행하게 되면 내측의 구조물들은 직접 볼 수 없어 드릴 팁(drill tip)이나 나사의 팁(screw tip)으로 인한 내측의 신경혈관 구조물의 손상을 야기할 수 있다(Fig. 1).<sup>2,6)</sup> 물론 수술 시에 C-arm으로 적절한 길이를 확인할 수 있으나 측와위 자세에서는 정확한 영상을 얻기가 어려우며, 또한 여

Received April 19, 2017 Revised May 26, 2017 Accepted May 29, 2017

Corresponding Author: Sung Hun Won

Department of Orthopaedic Surgery, Soonchunhyang University Seoul Hospital, 59 Daesagwan-ro, Yongsan-gu, Seoul 04401, Korea  
Tel: 82-2-709-9250, Fax: 82-2-710-3191, E-mail: orthowon@gmail.com

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright ©2017 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/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

러 번의 C-arm의 조작으로 인한 오염(contamination)의 가능성과 수술 시간이 연장될 수 있다.<sup>7,8)</sup> 본 저자들은 ORIF 수술 전에 종골의 너비의 예측이 가능할 경우, 수술 시 내측 구조물의 의인성 손상과 수술 시간의 증가 및 오염 가능성 등을 낮출 수 있을 것이라 생각하였다. 이에 저자들은 수술 전 시행한 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)을 이용하여 종골의 길이(length of calcaneus, CL)와 너비(width of calcaneus, W)의 상관 관계를 분석해 보고자 하였고, 또한 종골의 길이에 대한 너비의 비율을 구해 보고자 하였다.



**Figure 1.** Postoperative radiograph shows fixated screws of lateral to medial direction, and shows (asterisk) penetrates medial cortex of calcaneus.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

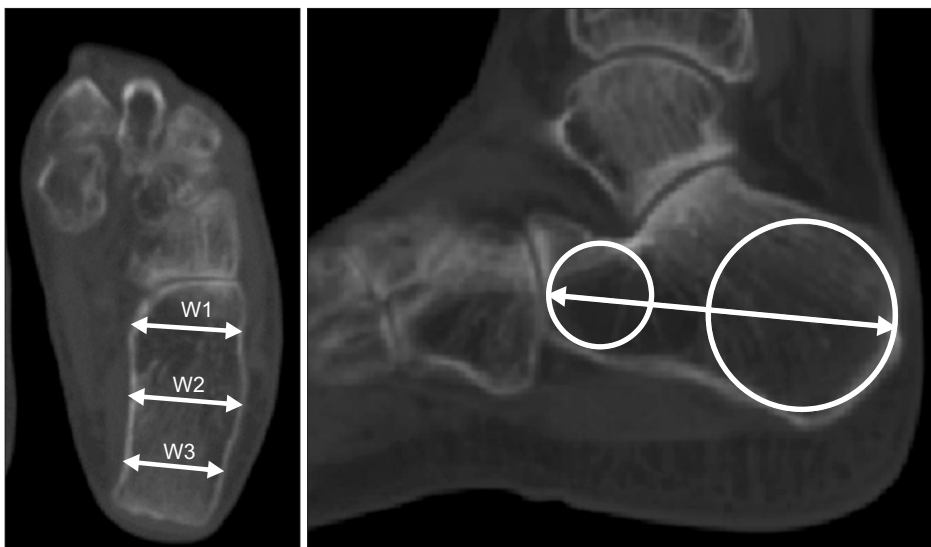
본 연구는 후향적 연구로 순천향대학교 서울병원의 생명윤리 위원회로부터 연구 승인을 받았다. 저자들은 종골의 길이와 너비의 비율을 알아보고자 건측 종골의 CT 영상을 PACS (picture archiving communication system)를 이용하여 측정하였다. 순천향대학교 서울병원 정형외과에서는 하지의 골절이 있는 환자에서 비교를 위하여 건측의 CT도 같이 시행하며, 정형외과와 영상의학과와의 합의하에 추가적인 비용의 지불이 없이 시행하고 있다.

본 연구의 대상으로는 1) 성인 환자(20세 이상)들을 대상으로 하였고, 2) 2009년 1월부터 2016년 12월까지 순천향대학교 서울병원 정형외과에서 양 하지의 CT가 있는 환자를 포함하였으며, 과거의 종골의 골절 경험이나 변형 등이 있는 환자, 불완전한 CT 영상이 있는 환자들을 제외한 190명의 환자(남자 113명, 여자 77명)를 대상으로 하였다.

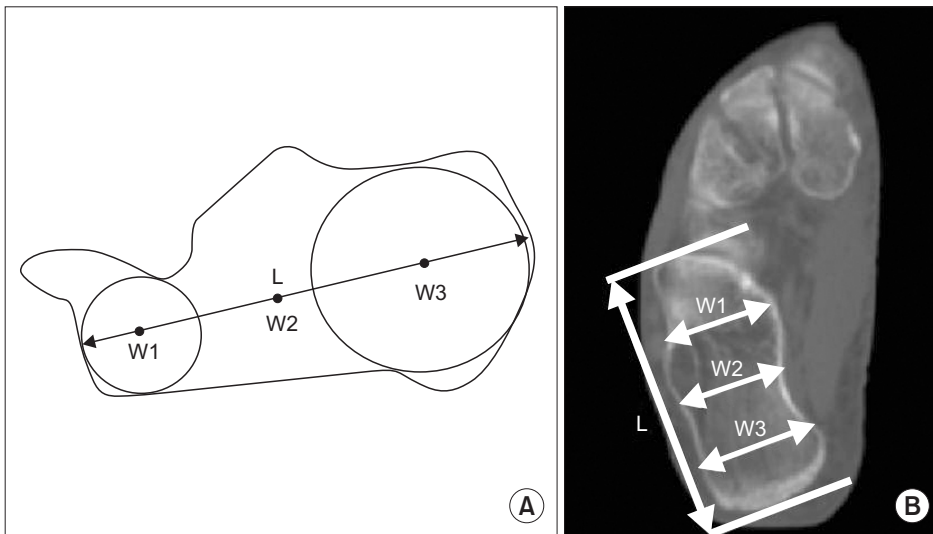
### 2. 연구 방법

종골의 길이는 CT의 시상면(sagittal plane), 너비는 축상면(axial plane)상의 영상을 이용하였다. 전, 후방 원의 중심(W1, W3)은 각각 전, 후방부의 피질골 경계 부위에 접하는 원을 그리고 그 중심을 정한 것으로 시상면에서 각 위치의 위 아래 피질골면의 중간점에 위치하게 되므로 대상이 되는 환자에서 이 두 중간 점을 연결한 평면으로 축상면상에서 절단(cutting)을 해 줄 것을 영상의학과에 요구하여 절단면(cut plane)을 정하였다(Fig. 2).

종골의 길이는 시상면에서 종골 전방, 후방부의 피질골 경계 부위에 접하는 원을 그린 후 각 원의 중심(W1, W3)을 연결한 선상에서 종골-입방 관절(calcaneocuboidal joint)의 종골 면에서부터 종골 결절 부위까지의 길이로 정의하였다(Fig. 3A). 같은 종골의 너



**Figure 2.** Axial cutting level was decided depend on sagittal plane level involving a line connecting the center of a circle tangent to the cortical margin in the anterior (W1) and posterior (W3) parts of the calcaneus in the sagittal plane.



**Figure 3.** (A) The length of calcaneus (CL) measured on the line connecting the center of a circle tangent to the cortical margin in the anterior (W1) and posterior (W3) parts of the calcaneus in the sagittal plane. (B) The width of the calcaneus is defined as horizontal line of each part (W1, W2, W3) on same axial plane. L: length.

**Table 1.** Correlation between CL and Each Widths of Calcaneus

	W1	W2	W3
CL	0.848 (p<0.001)	0.738 (p<0.001)	0.769 (p<0.001)

CL: length of calcaneus, W1: width of anterior calcaneus, W2: width of middle calcaneus, W3: width of posterior calcaneus.

**Table 2.** Ratios of CL and Each Widths and Difference between Each Measured and Predicted Widths of Calcaneus

	W1/CL	W2/CL	W3/CL
Ratio	0.33±0.04	0.37±0.05	0.37±0.04
Difference (mm)	0.25±3.1	0.43±4.3	0.16±3.1
IQR (Q1~Q3)	-1.4~1.9	-1.4~1.5	-2.1~1.4

Values are presented as mean±standard deviation or interquartile range (IQR).

CL: length of calcaneus, W1: width of anterior calcaneus, W2: width of middle calcaneus, W3: width of posterior calcaneus.

비는 전, 후방 원의 중심(W1, W3)을 연결한 선의 중간지점에서 W2를 지정하여 각 지점의 축상면상 길이로 정의하였다(Fig. 3B).

관찰자간 신뢰도(interobserver reliability)를 측정하기 위하여 신뢰도의 유의하게 의미 있는 값을 0.8 이상으로 삼았고, 측정자를 3명을 기준으로 하여 표본수를 계산하여 41명의 표본수가 산출되었다. 이에 3명의 다른 정형외과 의사가 41명의 서로 다른 환자에 대하여 측정을 시행하였다. 관찰자내 신뢰도(intraobserver reliability)를 측정하기 위하여 4주 후에 한 번씩 더 측정하였다.

### 3. 통계 방법

통계 처리는 PASW Statistics 18.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였다. 종골의 길이와 각각의 너비의 비율은 Pearson correlation coefficient를 사용하여 분석하였다. 관찰자간-관찰자내 신뢰도는 급내 상관계수(intraclass correlation coef-

**Table 3.** Interobserver and Intraobserver Reliability of Radiologic Measurements

Radiographic measurement	Interobserver		Intraobserver	
	ICC	95% CI	ICC	95% CI
CL	0.919	0.882~0.941	0.915	0.897~0.927
W1	0.855	0.826~0.885	0.913	0.892~0.927
W2	0.863	0.823~0.874	0.897	0.865~0.910
W3	0.837	0.795~0.875	0.875	0.862~0.901

ICC: intraclass correlation coefficient, CI: confidence interval, CL: length of calcaneus, W1: width of anterior calcaneus, W2: width of middle calcaneus, W3: width of posterior calcaneus.

ficients)를 사용하였다.

## 결 과

190명의 환자 중 남자 환자는 113명(59.5%)이었으며 여자 환자는 77명(40.5%)이었다. 환자의 평균 나이는 43.7±16.3세였다. 종골의 길이는 평균 74.21±6.12 mm (남자: 75.22 mm, 여자: 72.26 mm), W1 24.89±6.48 mm (남자: 25.72 mm, 여자: 23.76 mm), W2 27.9±5.79 mm (남자: 27.97 mm, 여자: 26.9 mm), W3 27.30±4.59 mm (남자: 27.89 mm, 여자: 27.1 mm)였다. 종골의 길이와 각각의 너비(W1, W2, W3)는 좋은 양의 상관관계를 나타내고 있었다(r=0.848 [W1/CL], 0.738 [W2/CL], 0.769 [W3/CL]; p<0.001) (Table 1).

종골의 길이와 각각 너비의 비율의 평균은 0.33±0.04 (W1/CL), 0.37±0.05 (W2/CL) 및 0.37±0.04 (W3/CL)를 나타내었다. 이를 바탕으로 종골의 길이에 이 비율을 곱하여 구한 각각의 너비의 예측 값과 실제 너비 값의 차이는 0.25±3.1 mm, 0.43±4.3 mm 및 0.16±3.1 mm를 나타내고 있었다(Table 2). 또한 각각의 측정치들은 0.8 이상의 높은 관찰자간-관찰자내 신뢰도를 나타내고 있었다

(Table 3).

## 고 찰

종골의 골절에 있어서 ORIF가 널리 사용되고 좋은 결과를 얻고 있지만, 여전히 종골 골절은 정형외과 의사에게 까다로운 수술로 남아 있다.<sup>1,5,9)</sup> 종골은 불규칙한 해부학 구조를 가지며 인접 뼈와의 관절면이 복잡하여 3차원적으로 구조로 시각화하는 데 어려움이 있다.<sup>10)</sup> 또한 수술 시 제한된 환자의 자세로 인하여 적절한 C-arm의 영상을 얻는 것이 까다롭기 때문에, 술자는 수술 중 종골의 너비를 측정하기 어려운 것이 현실이다.

이에 본 연구에서는 종골의 CT 영상을 이용하여 종골의 길이와 너비의 비율을 알아보고자 하였고 좋은 양의 상관관계가 있음을 확인하였다.

일반적으로 종골의 주 골절선(primary fracture line)은 후방 관절을 가로질러 진행하여 전 내측 및 후 외측 골편을 형성한다.<sup>10)</sup> 이는 편심성 수직축 외력과 종골과 거골의 종방향 축이 형성되기 때문이다. 이러한 골절의 안정적인 정복을 위해서는 수술 시 대부분 나사를 이용한다. 그러나 나사의 길이가 너무 짧은 경우 안정적인 고정기 이루어질 수 없고, 긴 길이의 나사를 사용하게 되면 내측의 주요 신경 및 혈관의 손상을 줄 수 있으므로, 성공적인 수술을 위해 적절한 나사의 길이를 선택하는 것은 중요하다.

대부분에서 적절한 길이 측정을 위해서는 수술 시 C-arm 영상과 길이 가늠자(depth gage)에 의지할 수밖에 없는 형편이다. 따라서 최적의 이미지를 얻는 것이 매우 중요하다. 하지만 C-arm 이미지는 종종 실제 구조와 비교해서 부적절한 경우가 있으며, C-arm 자체의 움직임 제한 때문에 측외위 자세에서 적절한 관상면상(coronal image)을 얻기 힘든 경우가 있다.<sup>7)</sup> 또한 C-arm의 위치를 자주 변경할 경우, 수술 시 오염(contamination)의 기회를 증가되고 수술 시간이 길어지게 된다.<sup>11)</sup> 이러한 이유로 본 연구는 술자에게 수술 전 대략적인 종골의 너비에 대한 정보를 줄 수 있으며, 이는 특히 초보 술자들에게 수술 중에 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

이전의 여러 연구에서는 종골 골절의 정확한 해부학적 정복을 위해서 반대측 발의 여러 각도 등과 비교도 해보고, 3차원 CT를 이용하여 적절한 나사의 위치를 알아보고자 하였다.<sup>3,5)</sup> 또한 David 등<sup>12)</sup>은 거골의 길이와 종골의 길이의 비율을 구하여 적절한 종골의 길이를 예측할 수 있는 연구를 시행하였다. 이처럼 종골 골절의 적절한 해부학적 정복을 위한 ORIF 시에 나사의 길이 및 위치에 대한 것은 아직까지도 많은 정형외과 의사들에게 연구해야 할 과제로 남아있다. 본 연구도 적절한 나사 길이 측정에 도움이 되고자 하였고, 단순하지만 술자에게 도움이 되는 결과를 도출하였다고 생각된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가진다. 첫째로 후향적 연구 디자인으로 시행된 점으로, 추후 전향적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

또한 본 연구에서 밝혀진 결과를 바탕으로 이를 임상에 이용하기 위해서는 추가적으로 직접적인 나사의 길이를 예측하는 연구도 필요할 것으로 생각된다. 둘째로 본 연구는 영상의학적으로 측정된 수치를 기준으로 하여 분석을 한 연구로, 물론 좋은 관찰자간-관찰자내 신뢰를 나타내기에는 했지만 측정의 부정확성에 대한 오류를 완전히 배제할 수는 없을 것으로 생각된다. 셋째로 환자의 키, 몸무게 등 뼈의 길이에 영향을 줄 수 있는 변수들에 대한 통제 없이 CT상에서의 종골의 길이와 너비에 대한 단순 비교를 통하여 얻은 결론으로, 추후 종골의 길이와 너비에 대해 영향을 끼칠 수 있는 모든 변수들을 고려하여 연구를 진행해 봐야 할 것으로 생각된다.

## 결 론

종골 골절의 적절한 해부학적 정복을 위한 여러 가지 원칙이 있으나 적절한 길이의 나사를 선택하는 것 또한 중요하다. 이에 본 연구는 정형외과 의사들에게 종골 골절의 수술 시에 종골의 길이를 이용하여 너비를 예측할 수 있게 하였고, 이는 종골 수술 시 적절한 길이의 나사를 선택할 수 있게 해주는 가이드라인이 될 것으로 생각된다.

## REFERENCES

1. Biggi F, Di Fabio S, D'Antimo C, Isoni F, Salfi C, Trevisani S. Percutaneous calcaneoplasty in displaced intraarticular calcaneal fractures. *J Orthop Traumatol.* 2013;14:307-10.
2. Labronici PJ, Reder VR, de Araujo Marins Filho GF, Pires RE, Fernandes HJ, Mercadante MT. Risk of injury to vascular-nerve bundle after calcaneal fracture: comparison among three techniques. *Rev Bras Ortop.* 2016;51:208-13.
3. Kwon JY, Zurakowski D, Ellington JK. Influence of contralateral radiographs on accuracy of anatomic reduction in surgically treated calcaneus fractures. *Foot Ankle Int.* 2015;36:75-82.
4. Basile A. Operative versus nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures in elderly patients. *J Foot Ankle Surg.* 2010;49:25-32.
5. Qiang M, Chen Y, Zhang K, Li H, Dai H. Effect of sustentaculum screw placement on outcomes of intra-articular calcaneal fracture osteosynthesis: a prospective cohort study using 3D CT. *Int J Surg.* 2015;19:72-7.
6. Santi MD, Botte MJ. External fixation of the calcaneus and talus: an anatomical study for safe pin insertion. *J Orthop Trauma.* 1996;10:487-91.
7. Kendoff D, Citak M, Gardner M, Kfuri M Jr, Thumes B, Krettek C, et al. Three-dimensional fluoroscopy for evaluation of articular reduction and screw placement in calcaneal fractures. *Foot Ankle Int.* 2007;28:1165-71.
8. Swanson SA, Clare MP, Sanders RW. Management of intra-articular fractures of the calcaneus. *Foot Ankle Clin.* 2008;13:659-78.

9. Ene R, Popescu D, Panaitescu C, Circota G, Cirstoiu M, Cirstoiu C. Low complications after minimally invasive fixation of calcaneus fracture. *J Med Life*. 2013;6:80-3.
10. Rammelt S, Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury*. 2004;35:443-61.
11. Abousayed MM, Toussaint RJ, Kwon JY. The use of dual C-arms during fixation of calcaneal fractures: a technique tip. *Foot Ankle Spec*. 2014;7:208-10.
12. David V, Stephens TJ, Kindl R, Ang A, Tay WH, Asaid R, et al. Calcaneotalar ratio: a new concept in the estimation of the length of the calcaneus. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54:370-2.