



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](#)

2020년 2월

석사학위 논문

신연 골형성술을 이용한  
제4 중족골 단축증의 치료결과

조선대학교 대학원

의학과

강신욱

신연 골형성술을 이용한  
제4 중족골 단축증의 치료결과

Clinical Outcomes of Distraction Osteogenesis  
in Fourth Brachymetatarsia

2020년 2월 25일

조선대학교 대학원

의학과

강신욱

신연 골형성술을 이용한  
제4 중족골 단축증의 치료결과

지도교수 이 준 영

이 논문을 의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2019년 10월

조선대학교 대학원

의학과

강신욱

## 강신욱의 석사학위 논문을 인준함

위원장    조선대학교 교수    이 상 흥 (인)

위    원    조선대학교 교수    이 광 철 (인)

위    원    조선대학교 교수    이 준 영 (인)

2019년 11월

조선대학교 대학원

## 목 차

ABSTRACT	iv
서론	1
대상 및 방법	2
결과	4
고찰	5
결론	9
참고문헌	10

## 표목차

Table 1. American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) score	13
Table 2. Patient data	14

## 도 목 차

<b>Figure 1.</b> Osteotomy was performed in the middle third through 1 cm incision. -----	16
<b>Figure 2.</b> Fluoroscopic image after the complete osteotomy of 4th metatarsal bone. -----	17
<b>Figure 3.</b> (A and B) Clinical photograph showing corrected right 4th brachymetatarsia.-----	18
<b>Figure 4.</b> A,B Nonunion of 4th metatarsal osteotomy site, C,D One stage eleongat ion surgery with autogenous strut bone graft and clinical photo. -----	19
<b>Figure 5.</b> A,B Gradual lengthening with external fixator , C,D Lateral angulation of 4th metatarsal bone and 4th MTP joint subluxation, valgus deformity of 4th toe, E,F Corrective closing wedge osteotomy and clinical resolved of valgus deformity of 4th toe. -----	20



## ABSTRACT

### Clinical Outcomes of Distraction Osteogenesis in Fourth Brachymetatarsia

Kang Sin Wook

Advisor : Prof. Lee Jun Young

Department of Medicine,

Graduate School of Chosun University

**Purpose:** Brachymetatarsia is a relatively rare disease that can be diagnosed when there is a shortening of more than 5 mm from adjacent metatarsal bones. It may cause cosmetic complaints and functional disorders. The purpose of this study was to evaluate radiologic and clinical results after distraction osteogenesis using external fixator for fourth brachymetatarsia.

**Materials and Methods:** From September 2005 to January 2018, 45 cases of brachymetatarsia who underwent distraction osteogenesis using external fixator and followed up for at least 6 months were studied retrospectively. At the final follow-up, the application time of the external fixator was measured and the percentage of lengthening, healing index, complication, and the patients satisfaction was analyzed. The patients satisfaction was evaluated using the American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) scores, which were scored according to the level of stiffness, pain, function, and alignment.

**Results:** The average gain in length and the percentage increase in the fourth metatarsals were 13.7 mm and 129.9%, and the mean follow-up period was 14.2 months after removal of the external fixator. Bony union was obtained in the metatarsal bones of almost cases except 1 case of nonunion. According to the AOFAS score, 39 cases were excellent and 6 cases were good at the final follow-up. The patient showed satisfactory cosmetic and functional results. Complications were pin site infections in 3 cases, all improved by oral antibiotic administration and dressing for about 2 weeks. Decreased sensation of distal phalanx was occurred 1 case and there is a 1 nonunion case and we performed revision with autogenous bone graft. In one case metatarsal joint subluxation occurred due to angular deformity, so corrective osteotomy was performed.

**Conclusion:** Satisfactory results were obtained after distraction osteoplasty using external fixation for the treatment of the fourth brachymetatarsia.

**Key words:** Fourth metatarsal bone, brachymetatarsia, Distraction osteogenesis, External fixation

## 서론

중족골 단축증은 인접 중족골로부터 5 mm 이상 단축이 있거나, 중족골의 정상적인 포물선보다 해당 중족골이 그 근위부에 존재할 때 진단할 수 있다. 그 발병 빈도는 많게는 625명 중 1명, 적게는 4586명 중 1명의 빈도로 발생한다고 보고되고 있다.<sup>1)</sup> 그리고 남녀의 유병률의 차이는 25:1의 비율로 주로 여성에서 많이 발생한다.<sup>2)</sup> 발병 기전은 정확히 알려져 있지 않지만 대부분 선천성이며, 골단판의 미성숙 혹은 조기 폐쇄로 발생한다고 보고되고 있다.<sup>2,3)</sup> 일부 가성부갑상선저하증이나 터너 증후군, 다운 증후군, 아퍼트 증후군, 소아마비 등과 관련하여 발생한다는 보고도 있다.<sup>4)</sup> 그리고 외상이나 수술 후 생긴 합병증, 감염 혹은 종양 등과 같은 후천적인 원인도 있다.<sup>5)</sup>

중족골의 단축은 주로 제4 중족골에서 가장 많이 발생하며, 다음으로 제1,5 중족골에서 많이 발생한다.<sup>6)</sup> 제4중족골 단축증을 가진 환자들 대부분에서 미용상 불만스러워 하며, 일부에서는 짧은 중족골로 인해 전족부 및 족지, 신발착용과 관련된 문제를 증상으로 호소한다.<sup>7,8)</sup> 보존적 치료로는 맞춤형 신발 및 패딩등이 있지만 환자의 미용상 불만을 해소시킬 수 없다. 따라서 중족골 단축증에 대한 다양한 수술적 방법들이 있고, 대표적인 중족골 단축증에 대한 수술적 치료로는 일차적 골이식을 포함한 급속 연장술과 신연 가능한 외고정 장치를 이용한 점진적인 골 연장술로 나눌 수 있다.<sup>8,9)</sup> 본 연구에서는 외고정 장치를 이용한 신연 골형성술을 시행하여 중족골 단축증을 교정하고 임상적, 방사선학적 결과를 평가하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상 및 방법

2005년 1월부터 2018년 12월까지 제4 중족골 단축증에 대해 외고정 장치를 이용하여 신연 골형성술을 시행한 환자는 45명 (60예)으로 양측 족부 모두 수술을 시행한 자는 15명(30예)이었다. 총 45명의 환자는 모두 선천성 중족골 단축증이었고, 이 중에서 20명은 양측성 중족골 단축증 환자였다. 20명의 양측성 중족골 단축증 환자 중 15명은 양측 족부에 대해 동시에 교정수술을 시행받았다. 남자 환자 2명을 제외하고는 모두 여자 환자였고, 환자의 평균 나이는 25(11-46)세였다. 수술 전 환자들은 모두 미용적인 불편감을 호소하였다. 이환된 중족골의 길이를 건축 또는 인접 중족골의 길이와 비교하여 건축에 비해 10% 이상의 단축을 보이거나, 양측성인 경우 인접 제5 중족골의 길이보다 짧은 경우를 중족골 단축증으로 진단하였다. 수술 후 평균 추시 기간은 14(6-50)개월이었다.

### 2. 수술 방법 및 수술 후 처치

연속 방사선 촬영(fluoroscopy) 하에서 두 개의 미니 하프핀(minihalf pin : Orthofix Inc, Richardson, TX, 2 mm diameter, 2.0mm tapered threads)을 원하는 절골부의 양 방향으로 제4 중족골의 장축에 수직이 되도록 삽입하였다. 종축의 피부 절개선을 중족골의 골간부를 따라 약 1-1.5 cm 절개하고, 신전건을 찢힌 다음, 골막을 절개, 중족골을 노출시킨 다음 K 강선을 이용하여 다발성 천공술을 가한 이후 수직으로 절골술을 시행하였다(Fig. 1). 추후 골 이동을 위해 외고정 장치(Penning Fixator : Orthofix Inc, Richardson, TX)의 신연 막대를 중족골과 평행한 방향으로 미니 하프핀과 고정한 후 골막과 피부를 봉합했다(Fig. 2). 수술

후 일주일 이 지나 신연을 시작하였으며, 약 0.25 mm씩 하루에 3회 신연시켰다. 부분적인 체중부하는 환자가 통증을 참을 수 있다면 가능한 빠른 시간 내에 시작했다. 매주 방사선 촬영을 시행하여, 가골의 안정화(consolidation)을 확인하면서 만족할 정도의 신연을 얻을 때까지 지속하였고 보호된 부분 체중 부하를 허용하였다. 이후 가골이 성숙되고 목표 길이에 도달 및 환자의 미용적 만족시 외고정 장치와 핀을 제거했다.

### 3. 치료 결과의 평가 방법

외고정 기간(external fixation time)은 외고정기를 장착한 날부터 제거한 날까지로 계산하였다. 방사선적 평가로 수술 전과 외고정 장치를 제거한 후 전후면 방사선 사진을 체중을 부하하지 않은 상태에서 동일 비율로 촬영하고, 수술 전 후 중족골의 길이 측정 및 연장길이를 측정하였다. 치유 지수(healing index)는 적절한 골유합과 절골부위의 골 성숙을 유지하기 위한 기간을 의미하는 것으로 외고정 기기의 고정 기간 일수를 신연 골형성술로 연장된 길이로 나누어 계산하였다.<sup>1)</sup>

임상적 평가로는 통증, 일상 생활의 기능 및 관절의 운동 범위와 정렬을 파악하여 미국 정형외과 족부학회(American Orthopaedic Foot and Ankle Score, AOFAS)의 중족 족지 관절과 지간 관절의 점수(>85 우수, 71-85 양호, 56-70 보통, <56 불량)를 이용하여 최종 추시상 결과로 나타내었다(Table 1).<sup>10)</sup>

합병증으로는 방사선학적으로 불유합, 부정유합, 재골절, 중족족지관절의 관절염 여부를 평가하였고, 임상적으로는 감염, 관절강직, 불만족 등을 평가하였다.

## 결 과

방사선학적으로 제4 중족골의 평균 연장 길이는 13.7mm (6.4-22.5 mm)였고, 길이의증가 비율은 129.9% (133.3-140.6%)였다. 평균 추시 기간은 외고정 장치 제거 후 14(6-50)개월이었다. 평균 외고정 기간은 21주(8-31주)이었으며, 유합 지표는 61 일/cm이었다. 미국 정형외과 족부학회의 중족 족지 관절과 지간 관절의 점수(AOFAS)에 따른 임상적 평가는 최종 추시상 우수 39예, 양호 6예로 평가되었다(Table 2). 재활기간 이후 보행은 정상이었으며 중족골 변형 및 잔류 통증은 보이지 않았다. 그리고 환자들에서 미용적, 기능적 만족스러운 결과를 보였다(Fig. 3).

합병증으로는 1예에서 불유합 확인되어 골이식 수술을 추가로 시행하였고(Fig. 4), 1예에서는 부정유합으로 각변형으로 인한 중족족지관절의 아탈구가 발생하여 교정절골술을 시행하였다(Fig. 5). 3예에서 핀에 의한 경미한 표재성 감염이 있었고, 모두 약 2주 간의 경구 항생제 투여 및 드레싱으로 호전되었다. 1예에서 수술 시행한 4족지의 원위부로 경미한 감각의 저하 발생하였다. 교정 부위의 재골절, 골 연장부의 단축, 중족 족지 관절증, 신경 혈관 관련 합병증 등은 없었다.

## 고 찰

중족골 단축증의 치료는 일차적 급속 연장술 또는 점진적 신연 골 형성술이 알려져 있으며 치료 방법의 선택에 있어서 환자의 나이, 최초의 골 길이, 목표 신연 길이, 발의 연부조직 및 신경 혈관의 상태 등이 고려해야 한다.<sup>9)</sup>

이러한 중족골 단축증의 변형 교정에 사용되는 여러 수술적 교정술이 보고되고 있고, 주로 사용되는 방법은 골이식을 이용한 일단계 급속 연장술과 신연 골 연장술이 있겠다.<sup>8,9)</sup>

일차적 급속 연장술은 짧은 골유합 기간과 환자의 순응도가 좋다는 장점이 있으나, 골이식 공여부의 손상 및 급속한 연장으로 인한 신경, 혈관의 손상, 주위 연부조직의 긴장으로 인한 저교정 등의 단점이 있겠다.<sup>11,12)</sup> 이 등은 일차적 급속 연장술을 시행한 중족골 단축증 환자 중 약 11.1%의 환자 불만족을 보고하였다.<sup>6)</sup> 일반적으로 약 10mm 이상을 급속 골 연장을 시행할 경우에 신경, 혈관의 합병증이 높아진다고 받아들여진다.<sup>13)</sup> 최근에는 수술 중 천천히 연부조직을 신연시키는 새로운 수술 기법이 Baek 등<sup>14)</sup>에 의해 소개되었으나 아직 장기결과는 보고된 바 없다. 그리고 일차적 급속 연장술의 최대 신연 길이로는 15mm 이상 또는 원래 중족골 길이의 25% 이상은 연장하지 않는 것이 좋다고 권고되고 있다.<sup>1)</sup> 이에 비해 신연 골 연장술을 선택할 경우 원래 중족골 길이의 약 40%까지의 신연이 가능할 것으로 알려져 있다.<sup>15)</sup>

따라서 일차적 급속 연장술에 비해 신연 골 연장술은 목표로 하는 신연 길이가 클 경우에는 좀 더 적합한 술식이다.<sup>16)</sup> 특히 선천적인 중족골 단축증은 신연 골 연장술의 가장 적합한 적응증이다.<sup>17)</sup> 신연 골 연장술의 장점으로는 골이식이 필요 없고, 용이한 인대의 신연, 적은 신경혈관 합병증, 조기 체중부하, 큰 교정 길이

등을 들 수 있다. 이에 반해 단점으로는 종족족지관절의 강직 및 아탈구, 외부 핀에 의한 감염, 더 긴 골유합 기간 등이 있다.<sup>22)</sup>

치료 방법 중 국내외에서 신연 골 연장술을 이용한 종족골 단축증에 대한 치료 경험이 많이 발표되었으며 4번째 종족골 단축증에서도 부작용이 거의 없이 효과적이고 미용 및 기능적 결과 모두 우수하다며 대부분 그 유용성과 장점에 대해 기술하고 있지만,<sup>18)</sup> 많은 증례를 바탕으로 한 체계적인 보고는 많지 않았다.

본원에서도 점진적 신연 골 형성술이 골이식이 필요 없고 급속한 신연에 의한 신경 혈관 또는 주위 연부 조직의 긴장성으로 인한 이차적 합병증의 가능성이 낮아 주된 치료 방법으로 이용하고 있다.<sup>19,20)</sup>

제4 종족골 단축증에 대해 신연 골형성술을 시행한 본 연구결과는 합병증이 비교적 적었고, 미용적 및 기능적 결과가 우수(39명), 양호(6명)으로 환자의 만족감이 높았다. 특히 종족골 연장술은 미용적인 불만에 의해 수술을 고려하는 경우가 많으므로 교정방법에 대한 이해 및 발생가능한 합병증에 대한 충분한 설명이 매우 중요하다.<sup>7,8,21)</sup> 그리고 미용적인 목적에 의해 수술을 시행하더라도, 수술을 고려할 때에는 적절한 전족부의 정렬과 기능에 영향을 줄 수 있음을 이해해야 한다.

많은 환자들이 미용적인 문제에 대해 해결을 원하지만 종족골 단축증에서는 전족부의 비정상적인 압력 분포로 인해 인접 종족골에 과도한 하중과 통증을 유발할 수 있기 때문에 인접 전족부의 정상적인 해부학 구조를 복원하는 것이 중요하다. 신연 골 형성술시 발생 가능한 합병증으로 종족족지관절의 강직 및 아탈구와 각형성, 핀 부위 감염, 지연유합 및 불유합 등이 있다.<sup>6)</sup> 신연 골 형성술시 가장 흔한 합병증은 종족족지관절의 강직 및 아탈구라고 보고되고 있고,<sup>15)</sup> 본 증례에서도 1예의 아탈구가 확인되었다. 관절 강직 및 아탈구는 최초 길이의 40% 이상의 연장<sup>22)</sup> 또는 Choi 등이 주장한 0.5mm/day 보다 빠른 신연



속도로 인해 발생 가능하다고 알려져 있다.<sup>9,23)</sup> 본원 수술 시행 방법 및 결과에서 보인 평균 28% 가량의 길이 증가와 신연속도는 0.75mm/일을 적용하였고, 1예에서 각변형의 부정유합과 함께 중족족지관절의 아탈구가 발생하여 교정절골술을 시행한 케이스가 있었다. 그 원인으로 신연길이 및 신연속도와 관련된 요인이라기 보다는 골성숙정도를 방사선검사로 확인하였으나, 이후 체중 부하 등 외력으로 인한 추가적인 외측 각 변형이 발생한 것이 중족족지관절의 아탈구의 원인인 것으로 생각된다. 그리고 1예에서는 신연부위로 가골형성이 되지 않으면서 수술 후 4주에 자가골 이식 시행하였다. 수술과정에서 불유합과 관련된 요소로 절골시에 전동 톱날을 이용하여 절골할 경우 이에 발생하는 열에 의한 절골부위의 손상 및 주변 연부조직이 손상될 수 있다.<sup>17)</sup> Frierson 등<sup>24)</sup>은 절골을 시행시 다발성 천공술과 전동톱날을 이용한 두 경우 최종적인 골유합은 큰 차이가 없으나, 절골부위의 골 성숙이 전동톱날을 이용한 경우 골유합의 완료가 늦을 수 있음을 보고하였다. 타 연구에서도 절골 전 다발성 천공술이 전동 톱날을 이용한 경우보다 최종 골유합 결과가 양호하였다고 보고하였다.<sup>15)</sup> 본 연구에서는 술자가 톱날에 의한 발열의 최소화 및 절골부위가 하프핀 고정부위로 연장되는 것을 예방하기 위해 K강선을 이용하여 다발성 천공술을 먼저 시행하였다. 치유지수는 중족골의 연장된 길이를 외고정기의 유지 기간으로 나눠서 계산하는 척도로, 적절한 골유합과 절골부위의 골 성숙을 유지하기 위한 최소 기간으로 이해된다.<sup>1)</sup> 따라서 본 저자는 적절한 치유지수를 유지하기 위해 적절한 신연기간과 외고정기의 유지 기간을 환자에게 적용하는 것이 중요하다고 생각한다. 일반적으로 제1중족골 보다 제4 중족골의 단축증에서 신연 골 연장술 시에 치유지수가 더 높은 것으로 받아들여진다.<sup>4)</sup> 치유 지수는 일부에서 60, 64 및 74.6 일/cm로 보고되고 있고 이러한 차이는 절골을 위한 피부절개의 크기, 절골부위의 혈류 보존을 위한 최소한의 절개, 저 에너지를 사용하는 다발성 천공술을 이용한 절골방식 등이

영향을 미치는 것으로 보고된다.<sup>25)</sup> 본 연구에서는 61 일/cm 정도로 비교적 충분한 기간의 외고정기기의 적용기간을 준 정도 불유합 실패가 적은 이유로 생각된다. 본 연구에서는 1예에서 불유합, 1예에서는 중족족지관절의 아탈구가 발생하였다. 일부 저자들은 신연 기간 중에 중족족지관절의 아탈구를 방지하기 위해 K 강선을 골수강내로 임시 고정하는 방법을 이용하기도 한다.<sup>11)</sup> 하지만 중족골두의 연골 손상과 추가적인 강직이 발생할 수 있는 단점이 있겠다.

그 외 합병증으로 핀 부위 감염된 2예가 있었고 약 2주간의 항생제 사용 및 드레싱으로 호전되었다. 이에 연장된 골이 경화될 때까지 상당기간 소요되면서 환자의 불편함이 있었지만 그 외 합병증은 관찰되지 않았다.

## 결 론

제4 중족골 단축증에 대한 외고정 기기를 이용한 신연 골형성술은 합병증이 적고 조기보행, 성공적인 골연장 및 골유합을 얻을 수 있어 환자의 만족도가 높은 유용한 치료 방법으로 생각된다. 충분한 신연 속도 및 외고정기기의 유지 기간 등 정확한 수술 술기와 세심한 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Kim HT, Lee SH, Yoo CI, Kang JH, Suh JT. The management of brachymetatarsia. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85:683-90.
2. Munuera Martinez PV, Lafuente Sotillos G, Dominguez Maldonado G, Salcini Macias JL, Martinez Camuna L. Morphofunctional study of brachymetatarsia of the fourth metatarsal. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004;94:347-52.
3. Urano Y, Kobayashi A. Bone-lengthening for shortness of the fourth toe. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60:91-3.
4. Ferrandez L, Yubero J, Usabiaga J, Ramos L. Congenital brachymetatarsia: three cases. *Foot Ankle.* 1993;14:529-33.
5. Boike AM, Gerber MR, Snyder AJ. Brachymetatarsia. Axial lengthening by using the callus distraction technique. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1993;83:373-8.
6. Lee KB, Yang HK, Chung JY, Moon ES, Jung ST. How to avoid complications of distraction osteogenesis for first brachymetatarsia. *Acta Orthop.* 2009;80:220-5.
7. Scher DM, Blyakher A, Krantzow M. A modified surgical technique for lengthening of a metatarsal using an external fixator. *Hss j.* 2010;6:235-9.
8. Shim JS, Park SJ. Treatment of brachymetatarsia by distraction osteogenesis. *J Pediatr Orthop.* 2006;26:250-4.
9. Choi IH, Chung MS, Baek GH, Cho TJ, Chung CY. Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callotaxis. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:660-4.
10. SooHoo NF, Shuler M, Fleming LL, American Orthopaedic F, Ankle S. Evaluation

of the validity of the AOFAS Clinical Rating Systems by correlation to the SF-36. *Foot Ankle Int.* 2003;24:50-5.

11. Guizar-Cuevas S, Mora-Rios FG, Mejia-Rohenes LC, Lopez-Marmolejo A, Cortes-Gomez J. [Elongation with callotaxis for congenital brachymetatarsia]. *Acta Ortop Mex.* 2010;24:395-9.

12. Hurst JM, Nunley JA, 2nd. Distraction osteogenesis for the shortened metatarsal after hallux valgus surgery. *Foot Ankle Int.* 2007;28:194-8.

13. Lamm BM. Percutaneous distraction osteogenesis for treatment of brachymetatarsia. *J Foot Ankle Surg.* 2010;49:197-204.

14. Baek GH, Chung MS. The treatment of congenital brachymetatarsia by one-stage lengthening. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80:1040-4.

15. Lee WC, Suh JS, Moon JS, Kim JY. Treatment of brachymetatarsia of the first and fourth ray in adults. *Foot Ankle Int.* 2009;30:981-5.

16. Wingenfeld C, Arbab D, Abbara-Czardybon M. Treatment options for brachymetatarsia. *Orthopade.* 2013;42:30-7.

17. Wada A, Bensahel H, Takamura K, Fujii T, Yanagida H, Nakamura T. Metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia. *J Pediatr Orthop B.* 2004;13:206-10.

18. Oh CW, Kim PT, Park BC, Park IH, Kim SJ, Lee SM. Fourth brachymetatarsia treated by distraction osteogenesis. *J Korean Orthop Assoc.* 2002;37:505-10.

19. Kawashima T, Yamada A, Ueda K, Harii K. Treatment of brachymetatarsia by callus distraction (callotaxis). *Ann Plast Surg.* 1994;32:191-9.

20. Kessler I, Baruch A, Hecht O. Experience with distraction lengthening of digital rays in congenital anomalies. *J Hand Surg Am.* 1977;2:394-401.

21. Takakura Y, Tanaka Y, Fujii T, Tamai S. Lengthening of short great toes by callus distraction. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79:955-8.
22. Masada K, Fujita S, Fuji T, Ohno H. Complications following metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:394-7.
23. Claes L, Laule J, Wenger K, Suger G, Liener U, Kinzl L. The influence of stiffness of the fixator on maturation of callus after segmental transport. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82:142-8.
24. Frierson M, Ibrahim K, Boles M, Bote H, Ganey T. Distraction osteogenesis. A comparison of corticotomy techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 1994:19-24.
25. Hosny GA, Ahmed AS. Distraction osteogenesis of fourth brachymetatarsia. *Foot Ankle Surg.* 2016;22:12-6.

**Table1.** American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) score

<b>Lesser Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale (100 Points Total)</b>	
<b>Pain (40 points)</b>	
None	40
Mild, occasional	30
Moderate, daily	20
Severe, almost always present	0
<b>Function (45 points)</b>	
Activity limitations	
No limitations	10
No limitation of daily activities, limitation of recreational activities	7
Limited daily and recreational activities	4
Severe limitation of daily and recreational activities	0
Footwear requirements	
Fashionable, conventional shoes, no insert required	10
Comfort footwear, shoe insert	5
Modified shoes or brace	0
MTP joint motion (dorsiflexion plus plantarflexion)	
Normal or mild restriction ( $\geq 75^\circ$ )	10
Moderate restriction ( $30^\circ - 74^\circ$ )	5
Severe restriction ( $< 30^\circ$ )	0
IP joint motion (plantarflexion)	
No restriction	5
Severe restriction ( $< 10^\circ$ )	0
MTP-IP stability (all directions)	
Stable	5
Definitely unstable or able to dislocate	0
Callus related to lesser MTP-IP	
No callus or asymptomatic callus	5
Callus, symptomatic	0
<b>Alignment (15 points)</b>	
Good, lesser toes well aligned	15
Fair, some degree of lesser toe malalignment observed, no symptoms	8
Poor, severe malalignment, symptoms	0

**Table 2.** Patient data

Case	Side	Length		Healing index (days/cm)	External fixation Time(wks)	AOFAS <sup>†</sup>		Complication.
		mm	%			score	result	
1	B	12.73/11.67	27/24.3	44/48	8/8	88	Excellent	None
2	B	13/7.42	28.9/14.7	42/74	8/8	85	Excellent	None
3	L	9.53	20.7	60	8	93	Excellent	None
4	R	11.8	25.3	48	8	95	Excellent	None
5	L	12.54	26.3	56	10	100	Excellent	None
6	L	10.49	23.4	53	8	100	Excellent	None
7	L	16.3	36.9	36	8	88	Excellent	None
8	L	6.47	13.9	96	9	100	Excellent	None
9	L	13	23.8	49	9	88	Excellent	None
10	B	14.5/13.75	29.2/27.4	44/47	9/9	93	Excellent	None
11	R	9.46	21.5	68	9	90	Excellent	None
12	R	13.48	28.3	48	9	83/83	Good	Infection
13	L	22.54	47.5	28	9	90	Excellent	None
14	B	8/12	17.4/27.3	89/59	10/10	100	Excellent	None
15	L	15.72	34.5	50	11	100/95	Excellent	None
16	R	13.76	30.0	47	9	98	Excellent	None
17	R	6.43	13.8	89	8	83	Good	Nonunion
18	B	10.49/16.87	21.4/36.7	78/49	12/12	93	Excellent	None
19	L	19.14	42.8	43	12	95	Excellent	None
20	B	13.07/14.46	30.5/34.4	56/50	10/10	94	Excellent	None
21	B	20.18/14.26	51.3/37.3	44/62	13/13	100	Excellent	None
22	L	12.86	29.1	70	13	96	Excellent	None
23	R	9.88	19.6	77	11	95	Excellent	None
24	B	20.13/21.29	46.6/47.8	46/43	13/13	96	Excellent	None
25	L	10.82	23.1	85	13	94	Excellent	None



26	R	16.57	32.2	47	11	100/95	Excellent	None
27	B	14.73/15.38	29.7/32.0	53/51	11/11	90/97	Excellent	None
28	L	11.57	25.8	61	10	83	Good	Hypoesthesia
29	L	15.13	32.7	63	14	92	Excellent	None
30	B	12.94/13.79	26.4/29.9	73/61	14/11	90	Excellent	None
31	L	20.27	46.3	49	14	100	Excellent	None
32	L	9.69	19.6	86	12	95	Excellent	None
33	R	12.19	27.0	84	15	98	Excellent	None
34	L	14.28	29.7	84	17	94	Excellent	None
35	B	14.49/14.77	34.7/31.6	35/32	7/7	83	Good	Infection
36	B	16.83/16.83	37.4/37.4	53/59	13/14	90	Excellent	None
37	B	19.78/14.87	47.4/34.6	42/56	12/12	95	Excellent	None
38	L	19.28	43.1	113	31	86	Excellent	None
39	R	11.47	24.8	68	11	85	Excellent	None
40	L	11.12	22.9	60	10	90	Excellent	None
41	L	12.8	26.7	48	9	94	Excellent	None
42	R	20.2	44.7	36	10/10	96/94	Excellent	None
43	B	10/20	17.2/38.5	69/35	10	81	Good	Subluxation
44	R	4.54	8.1	52	10	95	Excellent	None
45	B	14/9.76	31.1/21.2	130/156	18/18	81	Good	Infection
Mean		13.79	29.99%	61.05	11.22		E 39, G 6	



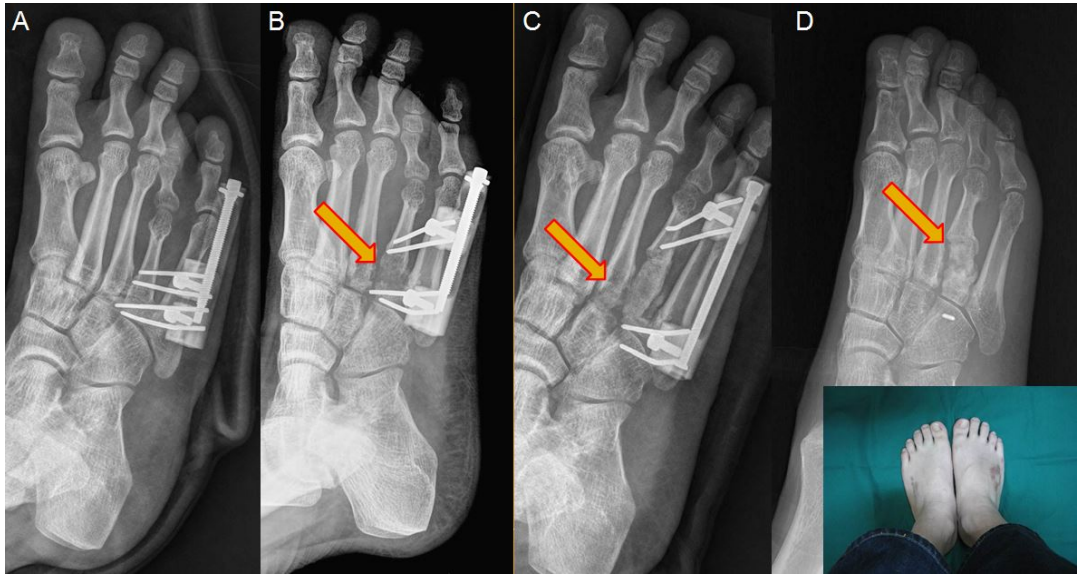
**Figure1.** Osteotomy was performed in the middle third through 1 cm incision.



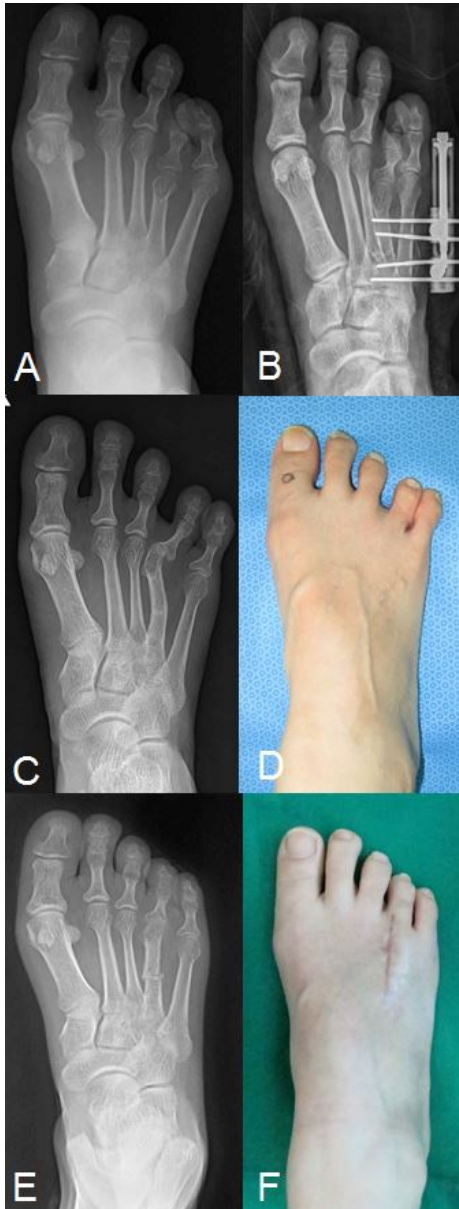
Figure 2. Fluoroscopic image after the complete osteotomy of 4<sup>th</sup> metatarsal bone.



**Figure 3.** (A and B) Clinical photograph showing corrected right 4th brachymetatarsia.



**Figure 4.** A,B Nonunion of 4<sup>th</sup> metatarsal osteotomy site, C,D One stage elongation surgery with autogenous strut bone graft and clinical photo.



**Figure 5.** A,B Gradual lengthening with external fixator , C,D Lateral angulation of 4<sup>th</sup> metatarsal bone and 4<sup>th</sup> MTP joint subluxation, valgus deformity of 4<sup>th</sup> toe, E,F Corrective closing wedge osteotomy and clinical resolved of valgus deformity of 4<sup>th</sup> toe.