

## 이환된 열 수에 따른 선천성 중족골 단축증의 수술적 치료

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

정문상·백구현·공현식·오주한·이영호·윤필환·김지형

### Surgical Treatment of Congenital Brachymetatarsia According to the Number of Affected Rays

Moon Sang Chung, M.D., Goo Hyun Baek, M.D., Hyun Sik Gong, M.D., Joo Han Oh, M.D.,  
Young Ho Lee, M.D., Pil Whan Yoon, M.D., Ji Hyeung Kim, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea*

#### =Abstract=

**Purpose:** To present our treatment protocol and surgical outcome for patients with congenital brachymetatarsia in which treatment was decided according to the number of affected rays.

**Materials and Methods:** Sixty-nine metatarsals in 44 patients with single or multiple congenital brachymetatarsia were included in the study. When a single ray was affected in a foot, we performed a one-stage lengthening using an intercalary autogenous iliac bone graft. We overcame excessively short rays by the double level lengthening at the metatarsal and proximal phalanx as one stage. When multiple rays were affected in one foot, we performed a one-stage combined shortening and lengthening procedure without an iliac bone graft.

**Results:** All patients were satisfied with the cosmetic and functional results. The average length gain by one-stage lengthening in 56 metatarsals of 38 patients was 14 (6-21) mm. Six patients with a combined shortening and lengthening procedure regained a nearly normal parabola of the involved foot. Neurovascular complication was not identified.

**Conclusion:** Satisfactory results were achieved for the treatment of patients with congenital brachymetatarsia, by individualizing the surgical options according to the number of affected rays and general foot appearance.

**Key Words:** Congenital brachymetatarsia, Number of affected rays

## 서 론

• Address for correspondence

**Hyun Sik Gong, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University  
Bundang Hospital  
300, Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do,  
463-707, Korea

Tel: +82-31-787-7198 Fax: +82-31-787-4056

E-mail: hsgong@snu.ac.kr

선천성 중족골 단축증은 골단의 조기 폐쇄로 인해 중족골의 단축을 초래하는 비교적 드문 질환이다. 제4 중족골의 이환이 가장 흔하지만 다른 족지에서도 발생할 수 있고 다발성으로 이환되는 경우도 있으며, 문헌상 남녀 성비가 98:4로 여성에서 호발하는 경향이 있다<sup>19)</sup>. 정상적인 발의 중족골 두 끝을 연결하면 포물선(parabola)이 그려지는데,

중족골 단축증은 이환된 중족골 두의 끝이 포물선보다 5 mm 이상 근위부에 있을 경우 진단할 수 있다<sup>3)</sup>. 대개 증상이 없는 경우가 많고 수술적 교정을 원하는 환자들의 대부분이 미용적인 측면 때문이지만, 정도가 심할 경우 주변 중족골의 통증을 야기시킬 수 있고, 짧은 발가락의 축이 변형되거나 갈퀴 족지 변형이 생기면서 보행이 힘들어질 수 있다<sup>11)</sup>.

선천성 중족골 단축증이 있는 환자들의 평가에 있어서 이환된 열의 수와 부위, 연장하고자 하는 길이, 골의 연장과 고정 방법 등 많은 변수들을 고려해야 한다<sup>9)</sup>. 1969년 종골에서 채취한 자가 골 이식을 통한 골연장술<sup>16)</sup>이 소개된 이후로 중족골 단축증에 관한 다양한 수술 방법이 문헌에 소개되었으며, 그 중 자가 골 이식을 사용한 연장술<sup>1,2,12,15,16,18,19)</sup>과 가골 견인을 이용한 점차적인 연장술<sup>4,5,8,13,14,20)</sup>이 현재 가장 널리 사용되고 있다. 이들 방법과 함께 중족골의 정상 포물선을 회복하기 위해 인접 중족골의 단축 절골술을 시행하는 방법도 보고되었다<sup>6-8,10,12)</sup>. 저자들은 이러한 수술법들 중, 이환된 열의 수에 따라 치료 방법을 달리하는 원칙을 적용하여, 즉 단일 열의 단축일 경우에는 한번에 골 이식을 통해 연장하고, 동일 발의 다발성 단축일 경우 긴 열을 단축하고 여기서 나오는 골을 이용해 짧은 열을 연장하는 방법을 사용하여, 최소의 골 이식과 고정 기간을 통해 정상적인 발의 포물선을 얻고자 하였다. 이 연구의 목적은 선천성 중족골 단축증에 대해 이환된 열의 수에 따라 수술 방법을 달리한 저자들의 치료 원칙을 소개하고, 그에 따라 수술 받은 환자들의 임상 결과를 보고하고자 하는 것이다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상, 치료 원칙 및 평가 방법

1989년부터 2002년까지 저자들의 원칙에 따라 수술적 치료를 받은 44명, 69예를 대상으로 하였다. 모두 여성이었으며 평균 나이는 16세(8~36세)였다. 모든 환자들에서 주소는 미적으로 만족스럽지 못한 짧은 족지였고, 두 명은 족저에 피부 경결이 있었다. 네 명에서 중수골 단축증이 양측성으로 동반되었다.

저자들은 먼저 선천성 중족골 단축증이 있는 환자들을 한 개 또는 여러 개의 열에 발생했는지에 따라 구분하였다. 한 발 내에 단일 열에만 단축증이 있는 경우에 저자들은 장골을 이용한 자가 골 이식으로 한번에 골을 연장하였다. 중족골의 연장만으로 발끝 포물선을 맞추기 어려운 경우에는 근위 지골에서도 골연장을 시행하였다. 한 발 내에 다발성으로 단축증이 발생한 경우에는, 전체적으로 족지가 짧아진

다는 것에 환자가 동의하면, 장골 이식 없이 골 단축과 골 연장술을 병행하여 한번에 교정하였다. 만일 환자가 정상 열을 단축시키는 것에 동의하지 않을 경우에는, 저자들은 이환된 모든 열에 대해 가골 견인을 이용한 연장술을 시행하여 점차적으로 연장하거나 한번에 골연장을 시행하는 방법을 사용하고자 하였으나, 본 연구의 모든 다발성 단축증 환자는 단축과 연장의 병합술에 동의하였다.

평가는 방사선적인 평가로, 골신연의 정도와 견고한 골유합이 생길 때까지의 시간에 해당되는 골 치유지수(healing index)를 구하였고, 임상적인 평가로는, 술전 환자의 주된 증상이 미용적인 면이었고 기능상의 지장은 거의 없었으므로 주로 환자의 주관적 만족도와 합병증의 종류와 빈도 등을 알아보았다.

### 2. 단일 열에 발생한 중족골 단축증의 치료

38명의 환자들을 대상으로 56예(중족골 단축증 56개, 동반된 근위 지골 단축증 12개)에서, 한 개의 열에 발생한 선천성 중족골 단축증을 치료하기 위해 자가 골 이식을 통해 한번에 골연장을 시행하였다. 20명의 환자는 일측성이었고 18명은 양측성이었다. 제4 중족골이 가장 많이 이환되었고, 그 다음으로 제1 중족골에 호발하였다. 계획한 연장 길이를 얻기 위해 12예에서 같은 열의 중족골과 함께 근위 지골의 연장을 동시에 시행하였다.

#### 한 번에 골연장을 시행하는 수술법

Baek과 Chung 등<sup>1)</sup>에 의해 소개된 방법에 따라 수술하였다. 이환된 중족골의 배부에 종으로 피부 절개를 시행한 후 신전건을 전위시키고 중족골 간부를 노출시켜 골간 근들을 골막하로 예리하게 박리하여 떼어내고 이환된 중족골 간부 중간 부위에서 횡으로 절골을 시행하였다. 그리고 0.045 inch K-강선을 절골 부위에서 원위부쪽으로 근위, 중위와 원위 지골을 향하게 삽입하여 그 끝이 절골부 표면에 위치할 때까지 후행시켰다. 이 방법으로 수술 중에 견인을 시행하는 동안 중족골과 지간 관절의 아탈구를 방지시킬 수 있었다. 절골부 사이에 Inge 골 스프레더(spreader)를 넣고 약 20분에서 30분에 걸쳐 서서히 신연시켰는데, 골 스프레더를 사용하면 처음에 7 mm 내지 8 mm 정도는 쉽게 신연시킬 수 있었다. 매회 클릭소리가 날 때마다 약 1.5 mm의 길이가 연장되었고, 크립 현상을 위해 매회마다 연장 후 3 분 동안을 유지하였다. 연장된 길이가 충분하지 않을 경우에는 주변의 심부 횡 중족 인대를 절단하였는데, 이를 통해 몇 밀리미터는 쉽게 더 늘릴 수 있었다. 장골에서 이피질 이



**Figure 1.** A 22-year-old woman with brachymetatarsia of the left fourth toe before (A) and one year after operation (B). The radiographs show an anteroposterior view before operation (C), after one-stage lengthening with an intercalary autogenous iliac bone graft (D), and one year after operation (E).

식골(bicortical bone graft)을 채취하여 모양을 다듬고 난 후, K-강선이 통과할 수 있도록 미리 천공기로 구멍을 뚫었다. 이피질 이식골을 신연시킨 골편 사이에 끼워 넣은 후 K-강선을 원위 족지에서부터 중족골 기저부나 족근골까지 종 방향으로 삽입하여 고정하였다. 수술 후에는 단하지 보행 석고 고정을 하고 부분적인 체중 부하를 허용하였다. 수술 후 8주에서 10주 사이에 석고 고정과 K-강선을 제거하였고, 수술 후 12주에 방사선 사진 상 골유합이 확인되면 완전한 체중부하를 허용하였다(Fig. 1).

### 3. 여러 개의 열에 발생한 중족골 단축증의 치료

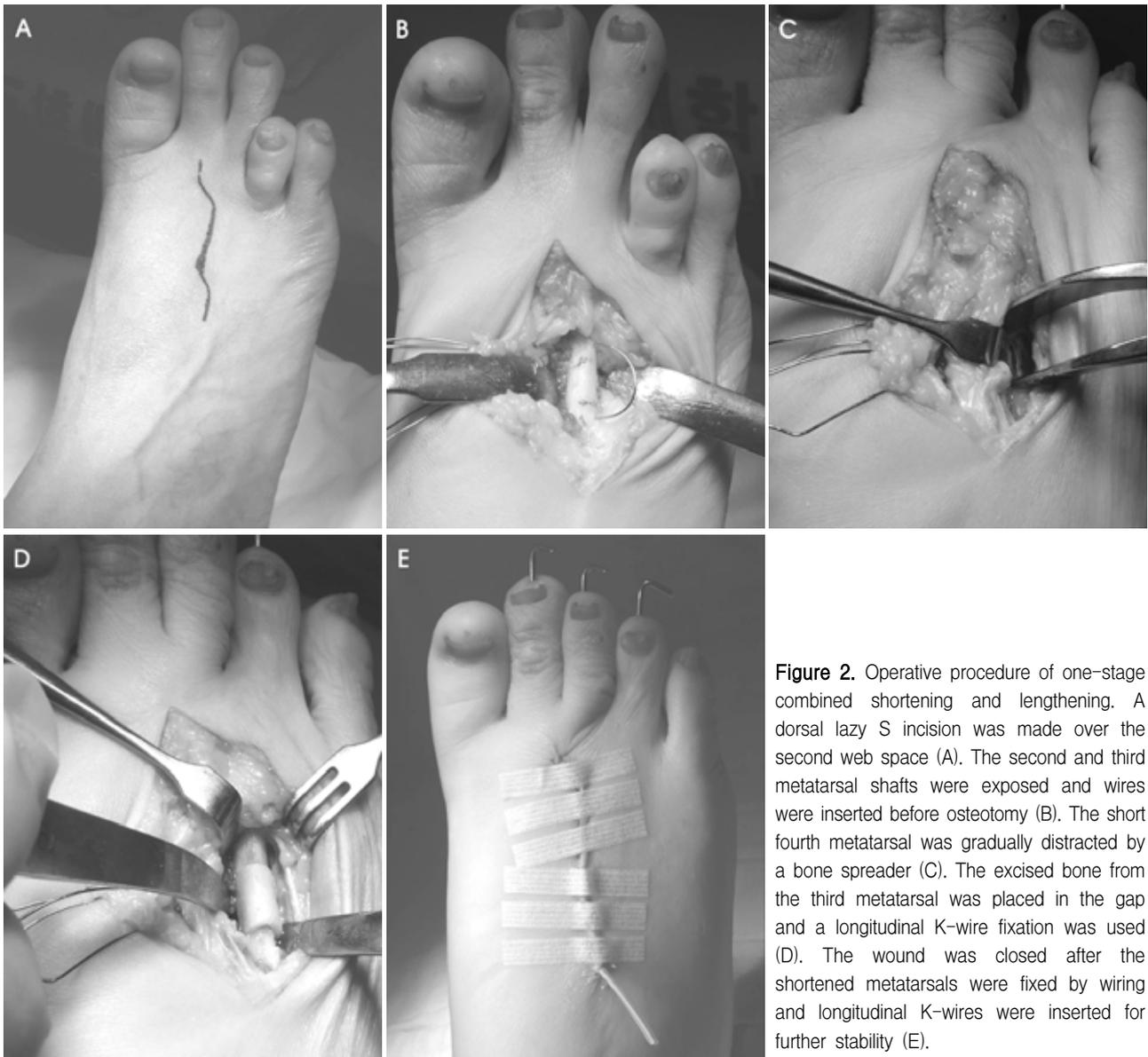
제1 중족골과 한 개 또는 두 개의 다른 중족골에 발생한 선천성 중족골 단축증 환자 6명을, 인접한 정상 중족골을 단축시켜 얻은 자가 이식 골편을 사용하여 한번에 연장시키는 방법으로 치료하였다. 모든 환자에서 다발성 중족골 단축증은 양측성으로 발생하였고, 다섯 명은 제1 및 제4 중족골에, 한 명은 제1, 제4, 제5 중족골에 이환되었다. 모든 수술은 양측 발에 동시에 시행하였다.

#### 단축과 연장을 병행한 수술법

Kim 등<sup>10)</sup>이 소개한 수술법에 따라 수술하였다. 수술 전에 정상 발의 포물선을 회복하기 위해 필요한 절골 길이를 방사선 사진에서 측정하였다. 가장 흔한 제1 및 제4 중족골

단축증일 경우, 두 번째 물갈퀴 공간 배부에 긴 S자로 피부 절개를 가하고 신전건을 젖힌 후 제2, 제3 중족골 간부를 노출시켰다. 골간 근은 중족골의 양측에서 예리하게 박리하여 떼어냈다. 미리 표시해 놓은 절골 부위의 근위부와 원위부 끝에 각각 철사 고정을 위한 두 개의 구멍을 천공기로 만들었고, 제2, 제3 중족골을 수술 전에 계획한 길이만큼 절골하여 단축시켰다. 단축시킨 중족골의 근위부와 원위부는 K-강선을 종으로 삽입하고 강선 고정법으로 고정하여 안정성을 강화시켰다. 이환된 제4 중족골은 절골시킨 후에 한번에 골연장을 시키는 방법에서 기술한 것과 동일한 술기로 신연하였다. 인접한 중족골을 단축시킴으로써 이환 중족골의 목표 길이가 줄어들기 때문에 대개 스프레더 없이 쉽게

계획한 만큼 골을 연장시킬 수 있었다. 제2, 제3 중족골에서 떼어낸 골편을 신연시킨 절골부위 사이의 간격에 끼워 넣을 수 있도록 알맞게 형태를 만든 후 K-강선이 쉽게 통과할 수 있게 미리 천공기로 구멍을 만들고, 골편을 신연시킨 절골부위 사이에 위치시킨 후 종으로 K-강선을 삽입하여 고정하였다(Fig. 2). 만약 중족골을 한번에 충분히 늘일 수가 없거나, 중족골 두의 포물선에 맞게 늘여도 동반된 근위지골의 단축증으로 발끝 포물선을 맞추지 못할 경우에는 근위지골에서의 연장술이 필요하였다. 이때는 먼저 근위지골을 앞서 설명한 한번에 골연장을 하는 방법에 따라 종으로 삽입한 K-강선으로 고정한 후에, 다시 K-강선을 하나 더 종으로 삽입하여 중족골을 고정하였다(Fig. 3). 수술 후 처



**Figure 2.** Operative procedure of one-stage combined shortening and lengthening. A dorsal lazy S incision was made over the second web space (A). The second and third metatarsal shafts were exposed and wires were inserted before osteotomy (B). The short fourth metatarsal was gradually distracted by a bone spreader (C). The excised bone from the third metatarsal was placed in the gap and a longitudinal K-wire fixation was used (D). The wound was closed after the shortened metatarsals were fixed by wiring and longitudinal K-wires were inserted for further stability (E).

치는 한번에 골연장을 시키는 방법과 마찬가지로 시행하였다.

## 결 과

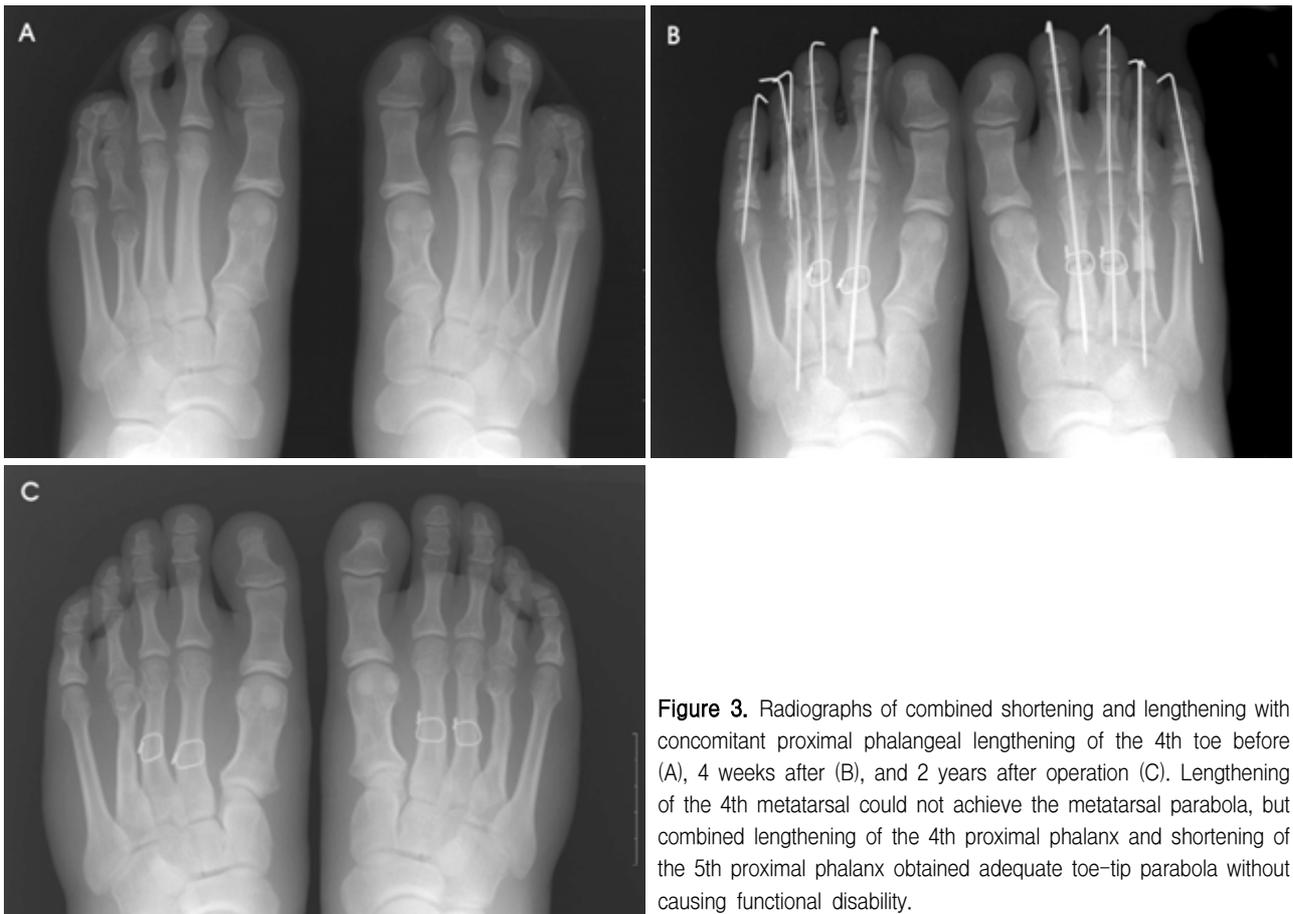
평균 추시 기간은 6.4년(1.5-16년)이었다.

단일 열 증족골 단축증 환자 38명에서 한 열에 대한 연장술의 경우, 56개의 증족골과 12개의 근위 지골로 이루어진 총 68개 골의 평균 연장 길이는 13 mm (최저 5 mm, 최고 21 mm)였고, 이에 상응하는 연장률(percentage increase)은 33%(최저 11%, 최고 65%)였다. 56개의 증족골을 연장시켰을 때, 평균 증족골 연장 길이는 14 mm (최저 6 mm, 최고 21 mm)였고 연장률은 32%(최저 11%, 최고 51%)였다. 12개의 근위 지골의 경우 골연장 길이와 연장률은 각각 8 mm (최저 5 mm, 최고 11 mm)와 54%(최저 47%, 최고 65%)였다.

여러 개의 열에 증족골 단축증이 있는 6명의 환자는 모두 양측의 제2, 3 증족골을 단축했다. 6명 중 4명은 양측의 제4 증족골을 늘렸고, 이 중 1명은 제4 근위지골까지 늘렸고

제5 근위지골은 단축하였다(Fig. 3). 나머지 2명 중 1명은 한 쪽은 제4 증족골을, 다른 한쪽은 제4 근위지골을 늘렸으며, 1명은 양측의 제1 및 제4 증족골을 늘렸다. 따라서 도합 13개의 증족골과 3개의 근위 지골에 생긴 단축증에 대하여, 평균 연장률은 29%(최저 19%, 최고 57%)였다. 골 치유지수는 전체 환자에서 평균 1.8 months/cm (1.0-3.8 months/cm)이었다.

총 44명의 환자 중 열 두 명의 환자에서 합병증이 발생하였다. 증족 족지 관절의 수동적 운동 범위가 수술하지 않은 족지 관절의 반 이하일 경우를 강직으로 정의하였을 때, 6예에서 강직이 남았다. 두 환자에서 발생한 골절은 수술 후 3.5개월과 4개월에 각각 발생하였는데, 비전위 골절이었기 때문에 4주간의 단하지 석고 고정으로 치료하였다. 고정실패, 지연유합, 불유합, 편 삼입부 표재성 감염이 각각 1예씩 있었는데, 고정 실패의 경우 재수술을 요하였고, 지연 유합이 있었던 1예의 경우 6개월 간의 추가 고정 후 유합을 확인할 수 있었다. 불유합은 근위 지골에서 발생하였는데 이로 인한 환자의 증상은 없었으므로 관찰하였다. 증족 족지 관절이 안정 상태에서 10도 이상의 측방 또는 굴신 변위가 생긴



**Figure 3.** Radiographs of combined shortening and lengthening with concomitant proximal phalangeal lengthening of the 4th toe before (A), 4 weeks after (B), and 2 years after operation (C). Lengthening of the 4th metatarsal could not achieve the metatarsal parabola, but combined lengthening of the 4th proximal phalanx and shortening of the 5th proximal phalanx obtained adequate toe-tip parabola without causing functional disability.

경우를 관절의 편위가 생겼다고 정의하였을 때, 관절 편위나 아탈구가 생긴 경우는 없었다. 한 번에 늘이면서 신경혈관 손상과 관련된 합병증은 한 예에서도 발생하지 않았다.

모든 환자들은 수술 후 발의 외형에 미적으로 만족하였으며 수술 전에 비해 기능의 장애를 호소하는 환자는 없었다. 두 명의 환자가 조깅 시 전족부에 약간의 통증을 호소하였지만, 일상 생활에 아무런 제한을 받지 않았다.

## 고 찰

중족골 단축증이 있는 환자의 경우 일부에서는 신발의 자극 증상과 동통성 피부 경결 및 인접 중족골의 동통을 호소하여 교정을 요구하기도 하지만, 일반적인 주소는 족부의 미용적인 측면이다. 따라서 치료의 주된 목표를 중족골의 기능적인 포물선을 회복하는 것과 함께 미적으로 만족스러운 발의 모양을 만드는 것에 두어야 한다. 환자들은 평가할 때 저자들은 먼저 이환된 열의 수를 파악하고 연장하고자 하는 길이를 고려하였다. 한 개의 열이 이환된 경우에는 항상 중족골을 정상 길이를 회복하려고 노력하였다. 인접하는 중족골을 단축시켜 목표 연장 길이를 줄임으로써 안전하게 한번에 골연장을 시행할 수도 있겠지만<sup>9)</sup>, 본 연구에서는 한 개의 열에만 단축증이 있는 경우에는 모든 환자에서 주위 중족골의 단축 없이 한번에 중족골을 연장시켰고, 부족한 경우 근위 지골을 연장시켜 정상 열의 길이를 회복할 수 있었다. 저자들은 한 개의 열에만 단축증이 있을 때는, 수술에 따른 부작용의 가능성을 고려하여 굳이 주위 정상 중족골을 단축시킬 필요까지는 없다고 생각하였다.

수술중에 사용한 저자들의 점차적인 신연 방법은 20분에서 30분에 걸쳐 크립(creep)과 응력이완(stress relaxation)의 원리를 이용한 것이다. 이 방법을 사용하여 저자들은 신전건의 Z 성형술이나 피부의 V-Y 성형술 없이 이환된 골을 21 mm까지 연장시킬 수 있었다. 가골 견인에 의한 점차적인 연장술은 수술 중에 점차적인 신연을 시행하는 것보다 많은 크립과 응력이완이 작용하지만, 중족골 단축증의 치료에는 수술 중 신연으로도 충분한 길이의 연장을 시행할 수 있다. 경험에 의해 20분 내지 30분간의 지속적인 신연이면 절골한 골과 주변 연부 조직을 연장시키기 위해 충분하였다<sup>1)</sup>. Choi 등<sup>3)</sup>은 가골 견인에 의한 연장술과 한번에 연장하는 방법 간의 비교 연구에서 연장된 길이, 합병증, 미용적인 측면과 환자의 만족도에서 두 방법이 방사선학적으로나 임상적으로 유사한 결과를 갖는다고 보고하였고, 이때 통계학적으로 의미가 있는 차이는 단지 골유합이 생기기까지의 기간이었으며, 한 번에 연장을 시행한 경우에 더 짧은 기간이 소

되었다고 하였다. 따라서 여러 개의 골을 연장해야 하거나 보다 긴 골 연장이 필요한 경우가 아니라면 자가 골 이식을 통해 한번에 골 연장을 시행하는 것이 더 나은 치료 방법이라고 사료된다.

여러 개의 열에 단축증이 있는 경우에 장골 자가 골 이식으로 한번에 골 연장으로 정상 포물선을 회복하기 위해서는 많은 양의 이식 골이 필요하기 때문에, 공여부의 문제와 반흔 조직이 더 많이 생길 수 있고, 연부 조직의 장력의 증가로 인한 신경혈관 손상이 생길 위험이 높아진다. 여러 열에 대한 가골 견인은 더 많은 시간과 비용이 소요되며 여러 개의 외 고정기를 사용해야 하고, 골 연장의 기간도 길어진다. 그러나 단축과 연장술을 병행한 방법을 사용하면 여러 열의 단축증에 대해 한 개의 피부 절개만 사용하여 반흔을 줄이면서 장골 자가 골 이식을 피할 수 있는 장점이 있다. 또한 다발성일 경우 양측성으로 발생하는 빈도가 문헌상 72%까지 보고될 정도로 높고<sup>19)</sup>, 본 연구의 대상이 되었던 다발성 중족골 단축증 환자들 역시 모두 양측성으로 발생하여 양측 발을 동시에 수술했기 때문에, 환자들은 전체적으로 발의 크기가 작아졌지만 대칭적인 모양에 만족하였다. 특히 제 1 열의 단축이 있는 경우는 보통 다른 열의 단축을 동반하는 경우가 많고, 제 1열에 대한 연장은 술후 기능 장애를 초래하는 많은 합병증이 보고되고 있으므로<sup>17)</sup> 되도록이면 다른 열을 단축하는 것이 더 낫지 않을까 사료된다.

한번에 단축과 연장술을 병행한 방법을 사용한 경우 장골 자가 골 이식은 필요하지 않았고, 인접 중족골에서 떼어낸 골편을 사용하여 목표 길이까지 충분히 연장시킬 수 있었으며, 골유합은 피질 해면골인 장골 이식과 비교할 때 지연되지 않았다. 한 개의 중족골을 연장시키기 위해 장골 이식골을 사용할 때 생기는 장골의 결손부위는 Lubbock<sup>□</sup>과 같은 인공 골편을 삽입하여 장골 능선의 모양을 효과적으로 유지시킬 수 있었다.

선천성 중족골 단축증의 치료는 종종 기술적으로 어렵고 수술 중이나 수술 후에 많은 합병증이 발생할 수 있다. 하지만 환자 발의 전반적인 모양과 치료에 대한 기대를 고려하여 수술적 치료 방법을 주의 깊게 선택한다면, 선천성 중족골 단축증에 대한 치료에 있어 만족스러운 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

## 결 론

저자들은 선천성 중족골 단축증의 치료에 있어서 이환된 열의 수에 따라, 한 쪽 발에 단일 열에만 단축증이 있는 경우에는 장골을 이용한 자가 골 이식으로, 여러 열에 다발성

으로 단축증이 발생한 경우에는 장골 이식 없이 단축과 연장술을 병행하여 교정하는 방법으로 만족스러운 결과를 얻었다.

## REFERENCES

1. **Baek GH and Chung MS:** *The treatment of congenital brachymetatarsia by one-stage lengthening.* *J Bone Joint Surg*, 80-B: 1040-1044, 1998.
2. **Bartolomei FJ:** *Surgical correction of brachymetatarsia.* *J Am Podiatr Med Assoc*, 80: 76-82, 1990.
3. **Choi IH, Chung MS, Baek GH, Cho TJ and Chung CY:** *Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callostasis.* *J Pediatr Orthop*, 19: 660-664, 1999.
4. **Ferrandez L, Yubero J, Usabiaga J and Ramos L:** *Congenital brachymetatarsia: three cases.* *Foot Ankle*, 14: 529-533, 1993.
5. **Fox IM:** *Treatment of brachymetatarsia by the callus distraction method.* *J Foot Ankle Surg*, 37: 391-395, 1998.
6. **Goforth WP and Overbeek TD:** *Brachymetatarsia of the third and fourth metatarsals.* *J Am Podiatr Med Assoc*, 91: 373-378, 2001.
7. **Handelman RB, Perlman MD and Coleman WB:** *Brachymetatarsia. A review of literature and case report.* *J Am Podiatr Med Assoc*, 76: 413-416, 1986.
8. **Kawashima T, Yamada A, Ueda K and Harii K:** *Treatment of brachymetatarsia by callus distraction (Callotaxis).* *Ann Plast Surg*, 32: 191-199, 1994.
9. **Kim HT, Lee SH, Yoo CI, Kang JH and Suh JT:** *The management of brachymetatarsia.* *J Bone Joint Surg*, 85-B: 683-690, 2003.
10. **Kim JS, Baek GH, Chung MS and Yoon PW:** *Multiple congenital brachymetatarsia. A one stage combined shortening and lengthening procedure without iliac bone graft.* *J Bone Joint Surg*, 86-B: 1013-1015, 2004.
11. **Magnan B, Bragantini A, Regis D and Bartolozzi P:** *Metatarsal lengthening by callotaxis during the growth phase.* *J Bone Joint Surg*, 77-B: 602-607, 1995.
12. **Marcinko D, Rappaport M and Gordon S:** *Post-traumatic brachymetatarsia.* *J Foot Surg*, 23: 451-453, 1984.
13. **Masada K, Fujita S, Fuji T and Ohno H:** *Complications following metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia.* *J Pediatr Orthop*, 19: 394-397, 1999.
14. **Masuda T, Matoh N, Nakajima T, Tomi M and Ohba K:** *Treatment of brachymetatarsia using a semicircular lengthener. 1-3 years results in 6 patients.* *Acta Orthop Scand*, 66: 43-46, 1995.
15. **McGlamry ED, Banks AS and Downey MS:** *Comprehensive Textbook of Foot Surgery. Vol. 2, 2nd ed.* Baltimore: Williams and Wilkins, 1211-1231, 1992.
16. **McGlamry ED and Cooper CT:** *Brachymetatarsia: a surgical treatment.* *J Am Podiatry Assoc*, 59: 259-264, 1969.
17. **Oh CW, Satish BR, Lee ST and Song HR:** *Complications of distraction osteogenesis in short first metatarsals.* *J Pediatr Orthop*, 24: 706-711, 2003.
18. **Takakura Y, Tanaka T, Fujii T and Tamai S:** *Lengthening of short great toes by callus distraction.* *J Bone Joint Surg*, 79-B: 955-958, 1997.
19. **Urano Y and Kobayashi A:** *Bone-lengthening for shortness of the fourth toe.* *J Bone Joint Surg*, 60-A: 91-93, 1978.
20. **Wada A, Bensahel H, Takamura K, Fujii T, Yanagida H and Nakamura T:** *Metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia.* *J Pediatr Orthop*, 13-B: 206-210, 2004.