

# 외측주 연장술을 시행받은 편평외반족 환자에서 병인에 따른 결과 평가: 방사선적 검사 및 족저압 검사에 따라

이원균 • 정성택<sup>✉</sup>

전남대학교 의과대학 정형외과학교실

## Evaluation of the Outcomes according to Etiology in the Pediatric Pes Planovalgus after Lateral Column Lengthening: By Radiologic and Pedobarographic Measurements

Won Gyun Lee, M.D. and Sung Taek Jung, M.D., Ph.D.<sup>✉</sup>

Department of Orthopaedic Surgery, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

**Purpose:** Pes planovalgus is one of the most common foot deformities among pediatric orthopedic diseases and is divided into idiopathic and neuromuscular planovalgus according to its etiology. This study evaluated the radiologic and pedobarographic outcomes of the treatment for pes planovalgus in children treated with lateral column lengthening, compared the outcomes according to the etiology, and investigated the correlation between the radiologic and pedobarographic findings.

**Materials and Methods:** Sixty-three patients (97 feet), who underwent lateral column lengthening, were divided into groups of 30 patients (47 feet) with neuromuscular disease and 33 patients (50 feet) with idiopathic etiology. The preoperative, immediately postoperative, 1 year, and 3 year follow-up radiographic measurements on the plain radiograph antero-posterior (AP) and lateral view were compared. In pedobarography, the foot pressures were subdivided into 4 areas to measure the contact time, contact area, peak pressure, and maximum force. The pre- and postoperative pedobarographic measurements were compared and the correlations between the radiographic and pedobarographic measurements were evaluated.

**Results:** The radiographic index at the 1st postoperative year and 3rd postoperative follow-up did not show significant differences according to the etiology. In pedobarography, idiopathic planovalgus showed a significant increase in the maximum force in the hindfoot and forefoot. The correlation between the radiologic findings and pedobarographic findings was statistically significant between the tibio-calcaneal angle in the lateral view and the maximum force, and the contact area of hindfoot on pedobarography, between tibio-calcaneal angle in the lateral view and the contact area of the toes in idiopathic planovalgus. In neuromuscular planovalgus, the peak pressure in the hindfoot had a strong negative correlation with talonavicular coverage angle in the AP view and talo-1st metatarsal angle, and the talohorizontal angle in the lateral view.

**Conclusion:** Lateral column lengthening is an effective surgical procedure for flatfoot patients. On the other hand, the radiographic examination has limitations for accurate assessments of the postoperative results and prognosis. Qualitative and quantitative evaluations are available by pedobarography and it is a useful instrument for an evaluation of planovalgus when used in conjunction with radiography.

**Key words:** flexible flatfoot, lateral column lengthening, pedobarography

Received April 6, 2017 Revised August 27, 2017 Accepted November 21, 2017

✉Correspondence to: Sung Taek Jung, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chonnam National University Hospital, 42 Jebong-ro, Dong-gu, Gwangju 61469, Korea

TEL: +82-62-227-1640 FAX: +82-62-225-7794 E-mail: stjung@chonnam.ac.kr ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1255-9568>

## 서 론

소아정형외과 영역에서 가장 흔한 족부의 변형 중 하나인 편평외반족은 내측 종아치가 소실됨으로써 후족부의 외반 및 전족부의 외전을 특징으로 하는 질환이며 그 병인에 따라 특발성 및 신경근육성으로 나뉜다. 소아의 편평외반족은 대부분 무증상이며 성장하면서 사라지는 경우가 흔하여 특별한 치료를 시행하지 않는 경우가 많지만 체중 부하 시 통증이 발생하고 굳은 살의 발생, 피부 궤양, 지렛대(lever arm) 병 등의 증상을 유발하는 경우에는 수술적 치료를 필요로 한다.<sup>1-3)</sup> 수술적 치료는 연부조직 조작술, 절골술, 관절 고정술, 관절 제동술 등이 있으며 그 중 외측주 연장술은 족부의 다른 관절을 손상시키지 않은 채 종골의 외측주를 연장시킴으로써 후족부 외반, 전족부 외반을 동시에 교정하고 자유로운 움직임에 필수적인 족부의 관절들, 즉 족관절, 거골하 관절, 거주상 관절의 기능을 보존하는 방법으로서 편평외반족의 치료에 널리 쓰이고 있다.<sup>4,5)</sup>

편평외반족의 치료 평가는 임상증상, 체중 부하에 따른 내측 세로궁 모양의 비교, 보행 양상, 방사선적 검사 등을 통해 이루어지며 이 중 객관적으로 수치화된 지표로서 주로 쓰이는 것이 방사선적 검사이다. 그러나 소아의 발은 연부조직이 풍부하고 골이 미성숙한 상태이며 특히 신경근육성 질환을 가진 환아는 근육의 경직에 의해 체중 부하에 제한이 있으므로 방사선적 지표들의 정확한 측정에 제한점이 있고 각 지표들이 과소 평가되는 경우가 많아<sup>6)</sup> 족저압 검사 등의 보완적 조치가 필요하다.

따라서 본 연구는 편평외반족 환아에서 외측주 연장술 시행 전 후 및 추시 시 방사선적 소견의 변화를 살펴보고 수술 전 후의 족저압 검사 수치 변화 양상을 환아의 병인에 따라 비교하고 그 원인에 대해 고찰해보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

2002년 2월부터 2014년 5월 사이에 편평외반족에 대하여 수술을 시행받은 83명의 환자, 109예의 족부 중 외측주 연장술을 시행받은 환자로서 최소 1년 이상 추시가 가능했던 63명의 환자, 97예의 족부를 대상으로 후향적으로 결과를 분석하였다. 수술 당시 연령은 평균 10.3세(2.8-24세)였고, 수술 후 평균 추시 기간은 42개월(17-108개월)이었다. 질환의 원인에 따라 뇌성마비 등 근육의 경직성을 보이는 신경근육성 질환을 가진 환자 33명 50예, 특발성으로 발생한 환자 30명 47예로 환자군을 나누어 비교하였다. 수술 전 족저압 검사를 시행받은 환자는 특발성 14명 19예, 신경근육성 6명 11예였으며 이 중 수술 후 족저압 검사가 추시된 환아는 6명 8예, 신경근육성 4명 7예였다.

### 2. 수술의 적응증 및 수술 방법

수술은 비수술적 요법에도 불구하고 정상 활동에 지장을 줄 정도로 심한 동통이나 피로감을 호소하거나 또는 족부에 심한 변형이 있는 환아를 주로 대상으로 하였다.

종골의 외측주 연장술은 Evans<sup>4)</sup> 술식을 변형한 Mosca<sup>5)</sup>의 술식을 사용하였다. 종골의 외측으로 피부를 절개한 후 단 비골근 유리술을 실시하였다. 그 후 종-입방 관절의 약 1.5 cm 근위부에서 거골하 관절의 전방 소관절면과 중간 소관절면 사이로 절골술을 시행하고 종-입방 관절의 아탈구 및 과교정에 주의하여 종골 절골부를 벌리면서 거주상골 관절과 거골하 관절의 해부학적 정복 및 전족부 교정이 되는 이식골의 크기를 결정하였다. 자가 이식골 또는 동종 이식골을 능형 모양으로 만들어 절골부에 이식하였고 K-강선 또는 Steinmann 핀으로 종-입방 관절을 고정하여 안정적인 유합이 되도록 하였다.

수술 후 모든 환자에서 약 8주간의 단 하지 석고 고정을 하였고 방사선 촬영을 통해 골 유합을 확인한 다음 고정된 K-강선 또는 Steinmann 핀을 제거하였으며 이후 보조기 및 재활치료를 시행하였다.

### 3. 연구 방법

#### 1) 단순 방사선 검사(plain radiography)

수술 전과 수술 직후, 수술 후 1년 및 3년째 추시 때 방사선 촬영을 시행하였고 체중 부하 상태에서 족부의 전후면 및 측면 사진을 촬영하여 비교하였다. 족부의 전후방 사진에서는 거골-제1 중족각(talo-1st metatarsal angle), 거종각(talocalcaneal angle), 거주상골 피복각(talonavicular coverage angle), 측면 사진에서는 거골-제1 중족각, 종골 경사각(calcaneal pitch), 거종각, 거골-수평각(talo-horizontal angle), 경골-종골각(tibio-calcaneal angle)을 측정하였다(Fig. 1).

#### 2) 족저압 검사(pedobarography)

본원에서 사용중인 EMED-at 25/D system (Novel GMBH Inc., Munich, Germany)을 이용하여 술 전 및 술 후의 족저압(peak pressure)을 측정하였다. EMED-at 25/D system은 발판에 약 1,400 개의 센서(360×190 mm<sup>2</sup>)가 있는 장치로서 충분한 설명이 선행된 후 맨발로 보행하는 동적인 상태에서 발판을 밟는 순간 25 Hz로 족저압, 접촉 면적(contact area), 접촉 시간(contact time), 최대 힘(maximum force)을 측정하였다. 양측 족부를 전족부, 중족부, 후족부, 족지부의 4구역으로 나눈 후 위 항목들을 측정하였으며 총 3회 반복 시행하여 각각의 평균값을 측정하였다.

#### 3) 통계적 방법

단순 방사선 검사 및 족저압 검사의 수술 전 및 수술 직후, 술 후

1년 및 3년째 추시의 비교는 윈도우용 PASW Statistics ver. 18.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 시행하였다. Repeated measures ANOVA를 시행하여 수술 직후, 수술 후 1년째 및 3년째 추시의 방사선 검사 지표의 변화를 비교하였다. Mann-Whitney U-test를 이용하여 수술 전 족저압 검사의 결과를 분석하였고 Wilcoxon signed-rank test로 수술 전후의 족저압 검사 값의 변화를 비교하였다. 또한, 단순 방사선 검사의 각각의 방사선적 지표와 족저압 검사의 각각의 지표의 상관관계를 분석하기 위하여 Pearson 상관관계 분석을 시행하였다. 통계적으로 의미있는 결과는 p값이 0.05 이하인 경우로 결정하였다.

## 결 과

특발성 환아 중 12명 18예, 신경근육성 환아 중 25명 37예에서 장요근이나 슬개건, 또는 아킬레스건 연장술을 단독 혹은 동시에 함께 시행하였고 특발성 환아 중 17명 26예에서 동종 장골 이식, 11명 18예에서 자가 장골 이식, 1예에서 동종 슬개골 이식을, 신경근육성 환아 중 9명 14예에서 동종 장골 이식, 3명 5예에서 자가 장골 이식, 1예에서 동종 슬개골 이식을 시행하였다.

수술 이후의 연속적인 추시 시의, 즉 수술 후 1년째 및 수술 후 3년째 시행한 족부 방사선 사진상 방사선적 지표는 특발성과 신경근육성 편평외반족의 병인에 따른 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 1).

수술 전 족저압 검사 소견을 편평외반족의 병인에 따라 분석한 결과 족저압(peak Pressure, kPa)은 후족부에서 특발성( $296.4 \pm 76.9$  kPa)이 신경근육성( $139.5 \pm 89.1$  kPa)에 비해 유의하게 높았고 최대 힘(maximum force, N)과 접촉 면적(contact area,  $\text{cm}^2$ ) 또한 특발성 편평외반족이 후족부와 전족부에서 유의하게 높았다. 접촉 시간(contact time, percentage of roll over process)은 후족부에서

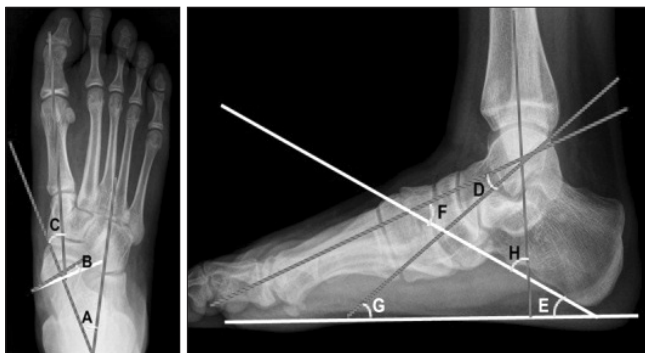


Figure 1. Radiographic parameters for an evaluation of pes planovalgus. A, talocalcaneal angle; B, talonavicular coverage angle; C, talo-1st metatarsal angle (antero-posterior view); D, talo-1st metatarsal angle (lateral view); E, calcaneal pitch; F, talocalcaneal angle; G, talo-horizontal angle; H, tibio-calcaneal angle.

Table 1. Radiology Results

Variable	Immediate-POD			POD 1 year		POD 3 years		Group comparison
	Idiopathic	Neuro-muscular		Idiopathic	Neuro-muscular	Idiopathic	Neuro-muscular	p-value (idiopathic/neuromuscular)
Antero-posterior	Talo-1st metatarsal angle (°)*	8.9±6.5	8.9±5.5	8.8±5.6	9.3±7.4	7.1±5.4	6.3±7.0	0.714
	Talocalcaneal angle (°)*	28.7±9.1	21.7±11.1	29.9±6.3	29.6±9.4	32.3±7.8	26.3±7.3	0.122
	Talonavicular coverage angle (°)	9.0±7.5	9.2±5.6	11.9±8.6	10.2±8.9	11.3±8.0	8.2±8.3	0.125
	Talo-1st metatarsal angle (°)	5.2±5.4	6.5±4.8	7.4±6.6	9.0±6.9	5.3±4.1	6.6±4.9	0.181
Lateral	Calcaneal pitch (°)	22.2±5.5	21.5±5.7	16.0±4.9	18.6±7.5	17.4±4.4	19.4±7.9	0.206
	Talocalcaneal angle (°)*	32.8±10.1	40.0±8.4	41.5±7.4	43.6±7.7	42.2±5.0	42.2±8.4	0.920
	Talohorizontal angle (°)	17.7±5.6	20.1±5.7	25.5±6.1	25.1±6.9	24.9±4.4	23.1±5.5	0.142
	Tibio-calcaneal angle (°)	78.9±10.5	77.2±10.3	71.5±4.8	69.7±10.8	70.9±6.5	70.2±8.8	0.956

Values are presented as mean±standard deviation. Statistical significance test was done by repeated measures ANOVA (\*p<0.05), POD, postoperative day.

특발성이 신경근육성에 비해 유의하게 길었으나 전족부와 족저부에서는 신경근육성이 특발성에 비해 유의하게 길었다(Table 2).

수술 전 후 모두 족저압 검사를 시행한 환자를 대상으로 하여 검사 소견을 비교한 결과 특발성 편평외반족에서 최대 힘이 후족부에서  $304.2 \pm 99.8$  N에서  $372.8 \pm 159.3$  N으로 증가( $p=0.036$ )하였으며 전족부에서  $317.3 \pm 64.6$  N에서  $463.7 \pm 178.6$  N으로 증가( $p=0.025$ )하는 소견을 보였고 통계적으로 유의하였다(Table 3).

수술 전 단순 방사선 검사의 각각의 방사선적 지표와 족저압 검사의 지표들의 상관관계를 분석한 결과 측면 방사선 사진상에서의 거종각과 족저압 검사상 후족부에서의 족저압, 최대 힘 및 접촉 면적 간의 상관계수가 각각 -0.537, -0.525, -0.514로 통계적으로 유의미하면서 비교적 높은 부적 상관을 가졌다. 측면 방사선 사진상의 거골-수평각 또한 거종각과 동일하게 족저압 검사상 후족부에서의 족저압, 최대 힘 및 접촉 면적과 통계적으로 유의미한 상관관계를 가졌으며 상관의 정도 또한 각각 -0.511, -0.532, -0.540으로 비슷한 정도로 비교적 높은 부적 상관을 가졌다(Table

4). 같은 방법으로 특발성 및 신경근육성 편평외반족 각각의 환자군에서 세분하여 상관관계를 분석하였으며 특발성에서는 측면 방사선 사진상 경골-종골각이 족저압 검사상 후족부의 최대 힘, 접촉 면적 및 족저부의 접촉 면적과 유의미한 부적 상관관계를 가졌다(Table 5). 신경근육성 편평외반족에서는 족저압 검사상 후족부의 족저압이 전후방 사진상 거주상골 피복각, 측면 사진상의 거골-제 1 중족각 및 거골-수평각과 통계적 유의성 및 높은 부적 상관(각각 -0.745, -0.75, -0.681)을 가졌다. 또한 전후방 사진상 거골-제 1 중족각이 족저압 검사상 중족부의 족저압과 비교적 높은 정적 상관(0.685)을, 족저부의 족저압 및 접촉 면적과는 비교적 높은 부적 상관(각각 -0.649, -0.727)을 가졌다(Table 6).

## 고 찰

소아의 편평족은 2세 무렵 약 97%의 소아에서 관찰할 수 있으며 10세에는 약 4% 정도로 감소하는 흔한 질환이다. 무증상이고 유연성이 있는 경우가 많아 대부분의 경우에 치료가 필요하지 않지만 심한 경우에는 통증 및 보행의 장애를 초래하여 수술적 치료가 필요하다.<sup>1)</sup> 편평족의 수술적 치료에 대해서는 여러 가지 수술 방법이 제안되어 왔으며 단계적으로 연부조직만을 조작하는 방법, 절골술, 관절 운동 제한술, 관절외 관절 고정술, 삼중 관절 고정술이 있다. 수술적 치료가 필요할 정도로 중등도 이상의 편평족에서는 연부조직 조작술은 그 효과가 미미하여 단독으로는 시행하지 않으며, 관절운동 제한술 및 관절 고정술은 거골하 관절 운동을 제한함으로써 보행 기능에 제한을 주어 여러 보고에서 높은 불만족 결과를 보인다. 성장이 남아 있는 소아에서의 삼중 관절 고정술은 다른 모든 치료가 불가능할 때 선택할 수 있는 최후의 방법이다.

Evans<sup>4)</sup>가 발표한 후족부 외반 교정술은 편평족에서 족부의 내측주(medial column)가 외측주(lateral column)에 비해 상대적으로 긴 것에 초점을 맞추어 종골의 외측주를 연장시킴으로써 족부의 모양을 교정하였다. 종골의 외측주 연장술은 거골하 관절의 기능을 회복시키고 종골의 성장 가능성을 보존할 수 있으며 관절 고정술을 피할 수 있다는 장점으로 많은 연구자들에 의해 그 효과가 보고되어 왔고 현재까지 소아의 유연성 편평족의 치료에서 가장 효과적인 술식으로 생각된다.<sup>2,5,7)</sup>

Frances와 Feldman<sup>8)</sup>은 편평외반족 환자에서 신경근육성 질환이 존재할 경우 치료 원칙은 변형의 심각한 정도, 즉 후경골근의 경직도, 보행 상태 등에 따라 바뀌어야 한다고 하였다. 이와 관련하여 수술 후 추시 시에도 병인이 신경근육성 질환일 경우 특발성과 비교하여 족부의 변형에 영향을 미치는 다른 요인들이 존재하여 예후에 영향을 미칠 것을 기대하였으나 본 연구에서는 방사선 검사상 병인에 따른 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

수술 전 족저압 검사의 소견을 분석하였을 때, 신경근육성 환

Table 2. Pedobarographic Results of Preoperative Planovalgus Patients

Variable	Group	
	Idiopathic	Neuro-muscular
Peak pressure (kPa)		
Hindfoot*	296.4±76.9	139.5±89.1
Midfoot	118.6±41.3	181.3±164.4
Forefoot	302.9±120.6	288.9±135.1
Toes	395.0±195.8	326.5±142.8
Maximum force (N)		
Hindfoot*	308.4±120.9	130.1±99.7
Midfoot	159.4±87.9	168.6±56.3
Forefoot*	340.7±125.8	215.9±117.8
Toes	129.1±72.4	99.4±63.5
Contact area (cm <sup>2</sup> )		
Hindfoot*	27.5±7.4	19.7±6.8
Midfoot	34.2±33.3	33.1±13.4
Forefoot*	44.0±11.6	33.1±13.4
Toes	16.5±14.5	14.5±6.3
Contact time (%ROP)		
Hindfoot*	64.1±7.6	45.2±18.1
Midfoot	64.6±7.4	67.9±10.4
Forefoot*	80.7±89.1	89.1±12.9
Toes*	69.4±78.9	78.9±20.2

Values are presented as mean±standard deviation. Statistical significance test was done by Mann-Whitney U-test (\* $p<0.05$ ). %ROP, percentage of roll over process.

Table 3. Pedobarographic Measurements at Pre- and Postoperative according to Etiology

Variable	Hindfoot	Midfoot	Forefoot	Toes
Peak pressure (kPa)				
Preoperative, idiopathic	300.0±52.6	112.7±31.4	272.7±91.8	368.5±155.9
Preoperative, neuromuscular	182.4±70.8	205.7±173.8	337.4±120.1	269.5±180.9
Postoperative, idiopathic	357.7±42.9	129.8±58.4	314.2±66.8	346.9±262.4
Postoperative, neuromuscular	243.9±173.8	177.7±154.5	268.6±169.3	243.5±137.5
Maximum force (N)				
Preoperative, idiopathic	304.2±99.8*	170.7±70.8	317.3±64.6*	128.7±68.1
Preoperative, neuromuscular	170.1±86.9	176.5±67.8	215.7±142.3	83.8±80.5
Postoperative, idiopathic	372.8±159.3*	173.3±103.7	463.7±178.6*	138.4±129.3
Postoperative, neuromuscular	216.2±144.4	164.9±94.2	247.3±174.9	76.4±60.3
Contact area (cm <sup>2</sup> )				
Preoperative, idiopathic	27.9±7.2	36.6±14.1	44.2±8.1	17.3±7.6
Preoperative, neuromuscular	24.1±3.9	35.6±10.2	35.7±14.3	11.7±7.8
Postoperative, idiopathic	29.2±7.1	32.4±17.7	47.1±11.4	16.5±7.6
Postoperative, neuromuscular	25.9±5.8	29.2±13.3	35.4±16.1	13.8±5.3
Contact time (%ROP)				
Preoperative, idiopathic	63.3±10.6	63.9±8.6	75.6±9.7	70.3±15.6
Preoperative, neuromuscular	59.9±12.2	73.0±10.7	94.1±3.5	71.7±33.4
Postoperative, idiopathic	64.8±6.9	63.3±10.9	82.4±4.7	64.4±12.3
Postoperative, neuromuscular	64.3±12.7	71.7±16.7	90.9±5.6	80.6±17.9

Values are presented as mean±standard deviation. Statistical significance test was done by Wilcoxon signed-rank test (\*p<0.05). %ROP, percentage of roll over process.

Table 4. Correlation between the Radiographic Parameters and Pedobarographic Measurements

Lateral		Hindfoot			
		Peak pressure (kPa)	Maximum force (N)	Contact area (cm <sup>2</sup> )	Contact time (%ROP)
Talo-1st metatarsal angle	Correlation	-0.538	-0.498	-0.481	-0.303
	p-value	0.002*	0.005*	0.007*	0.103
Talocalcaneal angle	Correlation	-0.537	-0.525	-0.514	-0.307
	p-value	0.002*	0.003*	0.00*	0.099
Talo-horizontal angle	Correlation	-0.511	-0.532	-0.540	-0.338
	p-value	0.002*	0.003*	0.002*	0.067

\*p<0.05. %ROP, percentage of roll over process.

아에서 족저압과 최대 힘은 중족부를 제외한 모든 부분, 즉 후족부, 전족부, 족지부에서 특발성 환아에 비해 낮은 소견을 보였다. 이는 특발성에 비해 신경근육성에서 족저압과 최대 힘이 중족부에서 차지하는 비율이 더 높다는 것을 보여주며 편평족의 중증도가 더 심하다는 것을 반영한다. 후족부에서는 족저압 검사에서 측정할 수 있는 모든 척도, 즉 족저압, 최대 힘, 접촉 시간 및 접촉

면적이 신경근육성 환아에서 더 낮은 소견을 보였는데 이는 신경근육성 환아의 근육의 수축 및 경직성을 반영하는 현상으로 보여진다. 이와 같이 족저압 검사는 임상 증상을 객관적으로 수치화함으로써 편평외반족의 정성적, 정량적인 평가를 가능하게 해주는 검사라 볼 수 있다.

Richter와 Zech<sup>9)</sup>은 112예의 장족지굴건 이전술을 동반한 외측



Table 5. Correlation between the Radiographic Parameters and Pedobarographic Measurements in Idiopathic Planovalgus

Variable		Hindfoot			Midfoot			Forefoot			Toe		
		Maximum force (N)	Contact area (cm <sup>2</sup> )		Maximum force (N)	Contact area (cm <sup>2</sup> )		Maximum force (N)	Contact area (cm <sup>2</sup> )		Maximum force (N)	Contact area (cm <sup>2</sup> )	Contact time (%ROP)
Antero-posterior	Talonavicular angle	-0.477	-	Correlation	-	-		-0.584	-		-	-	-
	p-value	0.039*	-		-	-		0.009*	-		-	-	-
Lateral	Calcaneal pitch	-	-	Correlation	-0.483	-		-	-		-	-	0.517
	p-value	-	-		0.036*	-		-	-		-	-	0.023*
Talocalcaneal angle	Correlation	-	-		-	-		-	-		-	-	-
	p-value	-	-		-	-		-	-		-	-	-
Tibiocalcaneal angle	Correlation	-0.538	-0.65		-	-		-	-		-0.464	-0.605	-0.466
	p-value	0.017*	0.003*		-	-		-	-		0.045*	0.006*	0.044*

\*p&lt;0.05. %ROP, percentage of roll over process.

Table 6. Correlation between the Radiographic Parameters and Pedobarographic Measurements in Neuromuscular Planovalgus

Variable		Hindfoot			Midfoot			Toe		
		Peak pressure (kPa)	Maximum force (N)	Contact area (cm <sup>2</sup> )	Peak pressure (kPa)	Contact area (cm <sup>2</sup> )		Peak pressure (kPa)	Contact area (cm <sup>2</sup> )	
Antero-posterior	Talonavicular angle	Correlation	-0.745	-	-	-		-	-	
	p-value		0.013*	-	-	-		-	-	
Talo-1st metatarsal angle	Correlation	-	-	-	0.685	-		-0.649	-0.727	
	p-value	-	-	-	0.029*	-		0.042*	0.017	
Lateral	Talo-1st metatarsal angle	Correlation	-0.75	-	-	-		-	-	
	p-value		0.013*	-	-	-		-	-	
Talocalcaneal angle	Correlation	-	-	-	-0.657	-		-	-	
	p-value	-	-	-	0.039*	-		-	-	
Talo-horizontal angle	Correlation	-0.681	-	-	-	-		-	-	
	p-value	0.03*	-	-	-	-		-	-	

\*p&lt;0.05.

주 연장술 시행 전후의 족저압 검사 소견을 비교하였을 때 중족부에서 접촉 면적은 66%에서 24%로, 힘은 61%에서 18%로 변화하는 등 유의하게 개선됨을 보고하였다. 본 연구에서는 비록 특발성 환아의 후족부에서의 최대 힘만이 통계적으로 유의하게 증가하는 소견을 보였으나 환자 수가 적다는 제한점이 있었으며 추후 더 많은 환자의 족저압 검사의 추시가 필요할 것으로 생각된다.

편평족 환아의 방사선 검사는 기립상태에서 체중을 부하한 상태에서 시행하므로 환자의 정적인 상태만을 보여주며 보행 시의 발의 상태를 반영하는 데에 제한점이 있으므로 환자의 보행 시 족저압의 분산을 동적으로 측정할 수 있는 족저압 검사가 유용한 검사 방법으로 알려져 왔다.<sup>10,11)</sup> 또한 족저압 검사는 방사선 조사의 위험성이 없으므로 여러 번 반복하여 측정이 가능하며 보행 시 족부의 내반 및 외반 변형을 예측할 수 있는 등 여러 장점이 있어 소아 편평족 진단 분야에서는 이를 정량화하여 질환의 병리를 알아내는 데에 유용하게 사용하고 있다. 그러나 족저압 검사만으로 환자의 상태를 평가하는 데에도 역시 제한점이 있으므로 임상적 상태 및 방사선 검사 결과와 종합하는 것이 중요하며 그들의 연관성에 대한 연구 또한 필요하다.<sup>12)</sup> 본 교실에서는 소아의 편평족 진단에 족저압 검사와 방사선 검사가 여러 결과 값들에서 연관성이 있음을 보고한 적이 있으나 당시 병인에 따른 구분은 시행되지 않았다.<sup>13)</sup> 이번 연구에서는 특발성 및 신경근육성 편평외반족 환아에서 수술 전 족저압 검사와 방사선 검사의 연관성을 각각 비교해보았으며 특발성 편평외반족에서는 경골-종골각이 족저압 검사상 후족부와 족지부에서의 총 5개 척도와 비교적 높은 부적 상관을 보였고 신경근육성 편평외반족에서는 5개의 방사선 검사상 척도가 주로 후족부 및 족지부에서 높은 부적 상관관계를 가졌으며 그 중 전후방 사진상 거골-제1 중족각이 총 3개의 척도에서 통계적 유의성 및 높은 상관관계를 가졌다. 방사선 검사 및 족저압 검사의 척도들이 편평외반족 환아의 상태를 반영하는 것은 사실이나 각각이 질환의 심각도를 반영하는 정도에는 차이가 있으며 이들을 상호 보완적으로 사용하여야 더 정확한 평가가 가능함을 알 수 있었다.

## 결론

소아의 편평외반족에서 종골의 외측 주 연장술은 후족부의 외반 및 전족부의 외전을 교정시켜 내측 종아치를 복원시켜 주는 효과적인 술식이다. 수술의 결과 및 예후는 방사선적 검사만으로 평가하기에는 그 편차와 변화가 커 정확한 평가가 힘든 경우가 많으며 병인에 따른 차이를 찾아보기도 힘들다. 족저압 검사는 환자의 보행 상태를 잘 반영하는 동적인 검사이며 방사선 검사와 상호 보완적으로 사용하여 보다 정확한 정성적, 정량적인 평가가 가능하다.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

## REFERENCES

1. Ananthakrisnan D, Ching R, Tencer A, Hansen ST Jr, Sangeorzan BJ. Subluxation of the talocalcaneal joint in adults who have symptomatic flatfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81:1147-54.
2. Andreacchio A, Orellana CA, Miller F, Bowen TR. Lateral column lengthening as treatment for planovalgus foot deformity in ambulatory children with spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2000;20:501-5.
3. Barry RJ, Scranton PE Jr. Flat feet in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;181:68-75.
4. Evans D. Calcaneo-valgus deformity. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57:270-8.
5. Mosca VS. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hindfoot. Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:500-12.
6. Sullivan JA. The child's foot. In: Morrissy RT, Weinstein SL, eds. *Lovell and winter's pediatric orthopaedics.* 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996. 1077-136.
7. Phillips GE. A review of elongation of os calcis for flat feet. *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65:15-8.
8. Frances JM, Feldman DS. Management of idiopathic and nonidiopathic flatfoot. *Instr Course Lect.* 2015;64:429-40.
9. Richter M, Zech S. Lengthening osteotomy of the calcaneus and flexor digitorum longus tendon transfer in flexible flatfoot deformity improves talo-1st metatarsal-index, clinical outcome and pedographic parameter. *Foot Ankle Surg.* 2013;19:56-61.
10. Park ES, Kim HW, Park CI, Rha DW, Park CW. Dynamic foot pressure measurements for assessing foot deformity in persons with spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:703-9.
11. Alvarez C, De Vera M, Chhina H, Black A. Normative data for the dynamic pedobarographic profiles of children. *Gait Posture.* 2008;28:309-15.
12. Han SH, Jung M, Lee JW. Pedobarographic analysis in functional foot orthosis. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2006;10:125-32.
13. Seol YJ, Jung ST, Yang HK, et al. Diagnostic availability of pedobarography and correlation of radiographic and pedobarographic measurements in pediatric flexible flatfoot. *J Korean Orthop Assoc.* 2014;49:366-73.

# 외측주 연장술을 시행받은 편평외반족 환아에서 병인에 따른 결과 평가: 방사선적 검사 및 족저압 검사에 따라

이원균 • 정성택<sup>✉</sup>

전남대학교 의과대학 정형외과학교실

**목적:** 편평외반족은 소아정형외과에서 가장 흔한 변형 중 하나로서 병인에 따라 특발성 및 신경근육성으로 나뉜다. 본 연구에서는 편평외반족 환아에서 외측주 연장술 시행 전후 및 단기 추시 시 방사선적 소견 및 족저압 수치 변화 양상을 병인에 따라 비교하고, 방사선 검사와 족저압 검사의 상관관계에 대해 알아보고자 한다.

**대상 및 방법:** 외측주 연장술을 시행받은 63명의 환아, 97예의 족부를 대상으로 분석하였고 원인에 따라 신경근육성 질환을 가진 환자 30명 47예, 특발성으로 발생한 환자 33명 50예로 환자군을 나누었다. 수술 전, 직후, 술 후 1년 및 3년째 추시 시의 전후면, 측면상 방사선 사진을 비교하였고 족지부, 전족부, 중족부, 후족부에서 각각의 최대 압력, 최대 하중, 접촉 시간, 접촉 면적을 측정하였다. 술 전 족저압 검사를 시행한 환자들 중 수술 후 검사를 추시한 환자(특발성 6명 8예, 신경근육성 4명 7예)의 측정값을 비교하였고 술 전 족저압 검사를 시행받은 환자(특발성 14명 19예, 신경근육성 6명 11예)를 대상으로 방사선 검사와 족저압 검사의 상관관계를 분석하였다.

**결과:** 수술 후 1년째, 3년째 추시 시의 방사선적 지표는 병인에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 수술 전후의 족저압 검사를 비교한 결과 특발성 편평외반족의 후족부와 전족부에서의 최대 힘만이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 수술 전 족저압 검사를 시행받은 환아의 방사선 검사와 족저압 검사의 상관관계를 병인에 따라 분석한 결과 특발성 편평외반족에서는 측면 사진상 경골-종골각이 족저압 검사상 후족부의 최대 힘, 접촉 면적 및 족지부의 접촉 면적과 유의미한 부적 상관관계를, 신경근육성 편평외반족에서는 전후방 사진상 거주상골 피복각과 측면 사진 상의 거골-제1 중족각 및 거골-수평각이 후족부의 족저압과 유의미한 부적 상관관계를 가졌다. 전후방 사진상 거골-제1 중족각은 중족부의 족저압과 높은 정적 상관을, 족지부의 족저압 및 접촉 면적과 높은 부적 상관을 가졌다.

**결론:** 외측주 연장술은 편평족에서 효과적인 수술 방법이지만 수술 후 결과 및 예후를 정확하게 평가하는 데에 방사선 검사만으로는 제한이 있으며 족부 변형 및 압력 중심의 편향 정도를 분석하는 정량적, 정성적으로 유용한 검사인 족저압 검사는 방사선 검사와 상호 보완적으로 사용하여 편평외반족의 진단 및 치료 효과 평가에 유용한 도구가 될 것으로 생각된다.

**색인단어:** 편평 외반족, 외측주 연장술, 족저압 검사

접수일 2017년 4월 6일 수정일 2017년 8월 27일 게재확정일 2017년 11월 21일

<sup>✉</sup>책임저자 정성택

61469, 광주시 동구 제봉로 42, 전남대학교병원 정형외과

TEL 062-227-1640, FAX 062-225-7794, E-mail [sljung@chonnam.ac.kr](mailto:sljung@chonnam.ac.kr), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1255-9568>