

# 엄지발가락외반증 환자의 발바닥압력분포

양 길태, 김 영호, 박 시복\*, 임 송학, 장 윤희, 문 무성  
재활공학연구센터, 한양대학병원 재활의학과\*

## Plantar-Pressure Distributions on Hallux Valgus Patients

G.T Yang, Y.H. Kim, Si-bog Park, S.H. Lim, Y.H. Chang, M.S. Mun  
Korea Orthopaedics and Rehabilitation Engineering Center,  
Hanyang University Hospital, Department of Rehabilitation Medicine\*

### ABSTRACT

23 hallux valgus patients were evaluated with clinical examinations and plantar pressure distribution measurements. A masking method for detailed plantar pressure distribution analyses was suggested. With higher grade of hallux valgus, pressure, contact length & area, and impulse on metatarsus were significantly increased. Localized pressure concentration is very important in foot diseases and appropriate plantar pressure distributions should be considered on any shoe design.

### 서론

엄지발가락외반증은 신발에 의한 변형과, 선천성 요인, 긴 엄지발가락, 제1 중족골 내반, 내회전된 발 등이 인자가 될 수 있다. 또한 류마티스관절염 또는 전신적인 퇴행성 골관절염의 이차적인 변형으로 올 수도 있다 [1-6]. 이는 제1 중족골의 내측 전위와 엄지발가락의 외측전위로 구성되는데 흔히 피하 점액낭의 동통이 동반된다. 엄지발가락외반증은 중족지절관절의 중대와 정적, 동적 안정성의 소실의 결과로서 발생한다 [5,6].

발바닥압력을 검사하기 위해서 예전에는 잉크 또는 먹물을 이용한 족문검사를 통하여 정성적인 압력분포를 조사하여 왔으나 정확한 압력분포를 측정할 수 없었다. 그러나 전자기술 및 컴퓨터 기술의 발달과 센서의 개발 등으로 인하여 발바닥 압력을 실시간에 측정할 수 있는 장비들이 개발되었다.

본 연구는 엄지발가락외반증에 대하여 발바닥압력을 측정하고 이를 체계적으로 분석하는 방법을 모색하고자 한다. 이를 통한 족부변형의 예방과

보존적 치료에의 접근을 꾀하고자 한다.

### 방법

엄지발가락외반증 단일질환 환자 23명을 대상으로 실험을 수행하였으며, 측정된 엄지발가락외반각은, 제1근위지의 종축과 제1중족골의 종축이 만나는 각도를 측정하여 0 단계(정상)  $\leq 15^\circ$ ,  $15^\circ < 1$  단계  $\leq 20^\circ$ ,  $20^\circ < 2$  단계  $\leq 40^\circ$ , 3 단계  $> 40^\circ$ 로 하였다 [1].

발바닥압력측정시스템은 2,736개의 커패시턴스 센서가 내장된 크기 450mm x 250mm의 판으로, 커패시턴스 변화를 이용하여 피검자의 정상자유보행에서 50Hz로 압력을 측정하였다.

각 피검자의 발바닥에 대하여, 그림 1과 같은 발꿈치 내측과 외측, 중족부 내측과 외측, 전족부 내측·중앙·외측, 엄지발가락 등 8개의 mask 영역을 설정한 후, 각 mask 영역에 대해서 접촉면적, 최대압력, 최대힘, 압력-시간 적분, 힘-시간 적분 등을 분석하였다.

### 결과 및 고찰

각 단계별 엄지발가락외반증 피검자 수는 1 단계 6명(26.1%), 2 단계 13명(56.4%), 3 단계 4명(17.4%) 이었다. 연령별로 50대에서 가장 많았으며, 단계별로는 2 단계에서 가장 많은 분포를 보였다 (표 1).

성별분포에서는 여자의 경우가 월등히 많았다. 이것은 발의 질환이 남성보다는 여성에게 많이 발생한다는 것을 시사하고 있으며, 주요한 원인은 여성들의 신발에서 기인함을 의미한다. 여성들의 경우 굽이 높고 앞이 뾰족한 구두를 착용함으로써 엄지발가락외반증의 증상을 더욱 가속화시키고 있다 [5].

그림 1과 그림 2는 발바닥압력분포시스템을 이용하여 정상보행에서 측정된 정상인과 엄지발가락외반증환자의 3차원 동적 압력분포를, 발뒤축접지기, 발바닥접지기, 중간입각기, push-off, 발가락들림기에서 도시한 것이다. 입각기의 초반에서는 정상인과 엄지발가락외반증환자의 압력분포에 큰 차이가 없으나 입각기의 중반 이후에는 엄지발가락외반증환자의 제 2,3 중족골과 둘째 발가락에서 과도한 압력이 집중되고 오히려 엄지발가락에는 적은 압력이 작용하고 있음을 알 수 있다.

그림 3의 mask별 접촉면적을 살펴보면, 1 단계 환자의 경우 중족골 부위에서 많은 접촉을 보이고 있으나, 3 단계의 경우 엄지발가락의 접촉면적이 작아지는 한편 중족골 부위의 접촉이 증가하고 있다.

정상인은 보행시에 제 2 중족골, 발뒤축 및 엄지발가락에서 큰 압력이 작용한다. 이는 발뒤축 접지 후 발바닥 전체가 지면에 접촉할 때와 push-off 시기에 수직지면반발력이 가장 크기 때문이다.

그림 4에 나타난 바와 같이, 엄지발가락외반증이 심해질수록 엄지발가락에 걸리는 압력이 작아지는 대신 압력이 중족골 쪽으로 전이되고 있음을 알 수 있다. 1 단계의 경우는 큰 압력이 발꿈치, 중족골, 엄지발가락 부위에 골고루 압력이 분산되어 있으나, 3 단계의 경우는 대부분의 압력이 중족골 쪽에 집중됨을 알 수 있다. 이는 엄지발가락외반증이 심해지면서 중족골 부위의 접촉이 증가하고 그 부위에 과도한 압력이 작용하여 발바닥에 각질이 생기고, 심한 경우 엄지발가락이 둘째 발가락 밑으로 들어가서 엄지발가락에서 받아야 할 압력을 담당하지 못하기 때문이다. 엄지발가락에 작용하는 최대힘(그림 5)도 질환이 심해질수록 현저하게 감소하는 반면, 외측 중족골부위에서는 증가하였다.

제 2 중족골두부의 최대압력은 1 단계에 비해 2, 3 단계에서 현저하게 증가하였는데, 이는 엄지발가락외반증이 심해지면서 제 1 중족골의 내측진위로 인해 중족골아치가 무너지기 때문이고 결국 발의 통증이 심해지게 된다 [6].

발바닥의 단위면적에 작용하는 충격량(그림 6) 역시 발바닥이 받는 최대압력과 비슷한 양상을 보였으며 최대압력이 작용하는 부위에서 최대충격량 또한 최대가 됨을 알 수 있다. 이것은 최대압력이 작용하는 부위가 발의 질환에서는 가장 우선적으로 고려하여야 할 요소임을 시사한다. 증상이 심해짐에 따라 엄지발가락에 걸리는 압력이 작아져서 이 부위에서의 충격량 역시 작아짐을 알 수 있다.

결 론

본 연구에서는 발바닥압력측정시스템을 이용하여 발의 질환에 관한 data 해석방법과 protocol을

제시하였다.

엄지발가락외반증은 현재 그 정도 및 빈도가 증가하는 추세이다. 엄지발가락외반증이 심해질수록, 중족골 부위에 접촉면적 및 시간이 길어지고 압력과 충격량이 과도하게 작용하고 있으며 엄지발가락에서는 현저하게 감소됨을 알 수 있었다. 엄지발가락외반증에 있어서 중년여성들이 절대적으로 많은 빈도를 차지하고 있으며, 이는 여성의 뾰족한 신발에 의한 원인이 큰 것으로 사료된다. 따라서 후천적 족부질환을 방지하기 위해 신체에 합당한 압력분포를 유도하는 신발의 개발이 절실히 요구된다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. P.R. Cavanagh, Rodgers, and A. Liboshi, "Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing", *Foot and Ankle*, 7:262-276, 1987.
2. C.C. Free, "Osteoarthritis and static deformity of the forefoot" In *Foot and ankle manual* edited by G.J. Sammarco, 1st ed. Philadelphia: Lea & Febiger, pp.136-44, 1991.
3. J.A. Groiso, "Juvenile hallux valgus", *J Bone Joint Surg* 74-A:1367-74, 1992.
4. E.G. Richardson, "Disorders of the hallux" In *Campbell's operative orthopaedics*, edited by A.H. Crenshaw, 8th ed. St. Louis, Mosby Year Book, pp.2615-19, 1992.
5. 김 태경, 박 시복, 이 강목, "족문검사에 의한 발바닥 내측 종아치의 평가에 관한 연구", *대한재활의학회지*, 19(1):49-54, 1995.
6. 김 태경, 김 민호, 권 순호, 박 시복, 이 강목, "류마티스 관절염 환자의 무지외반증에 관한 연구", *대한재활의학회지*, 18(3): 584-90, 1994.

표 1. 연령별 엄지발가락외반증 분포

(단위 : 명/%)

| 단계 | 나이(세)   |        |         |          |         | 계        |
|----|---------|--------|---------|----------|---------|----------|
|    | -29     | 30-39  | 40-49   | 50-59    | 60-     |          |
| 0  | 0(0)    | 0(0)   | 0(0)    | 0(0)     | 0(0)    | 0(0)     |
| 1  | 0(0)    | 1(4.3) | 0(0)    | 4(17.4)  | 1(4.3)  | 6(26.1)  |
| 2  | 2(8.6)  | 1(4.3) | 4(17.4) | 5(21.7)  | 1(4.3)  | 13(56.5) |
| 3  | 1(4.3)  | 0(0)   | 1(4.3)  | 1(4.3)   | 1(4.3)  | 4(17.4)  |
| 계  | 3(13.0) | 2(8.6) | 5(21.7) | 10(43.5) | 3(13.0) | 23(100)  |

엄지발가락외반증 환자의 발바닥압력분포

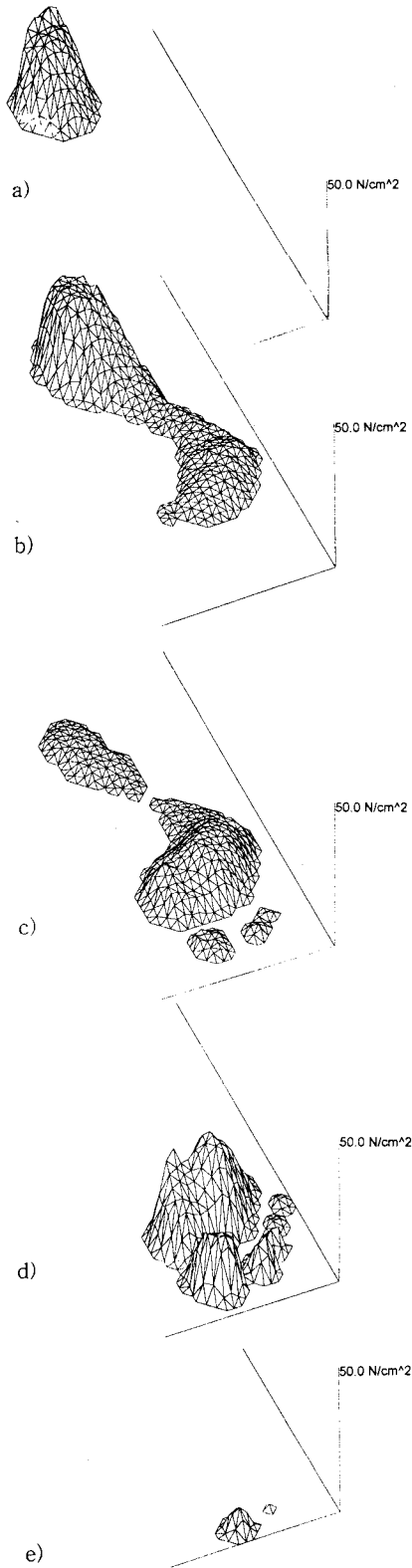


그림 1. 자유보행에서의 정상인에 대한 동적 발바닥압력분포.  
 a) 발뒤축접지기 b) 발바닥접지기  
 c) 중간입각기 d) push-off e) 발가락들림기

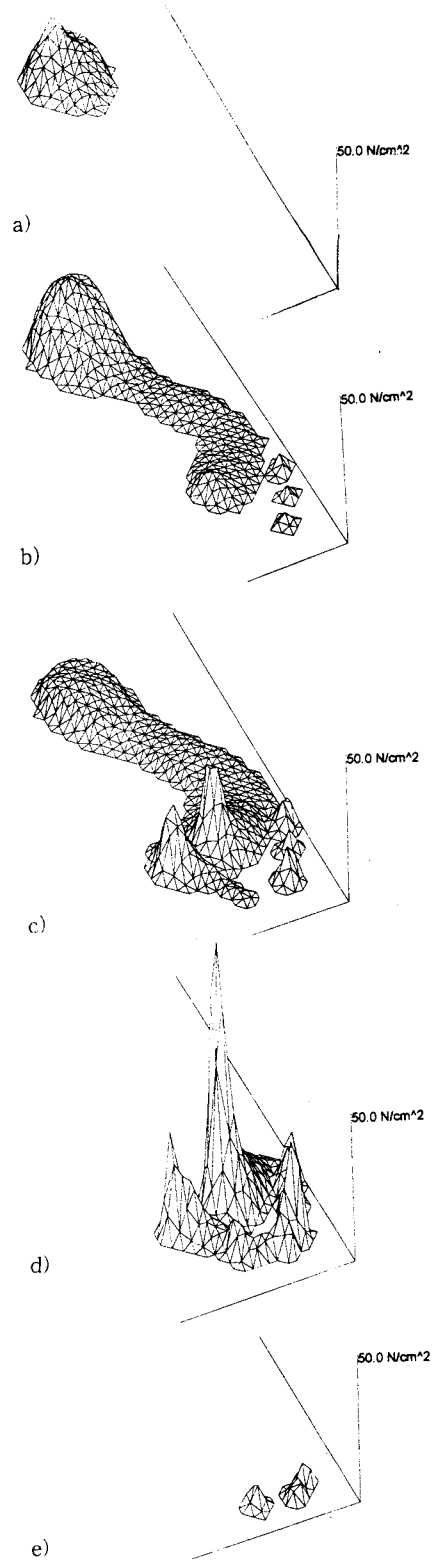


그림 2. 자유보행에서의 엄지발가락외반증환자에 대한 동적 발바닥압력분포.  
 a) 발뒤축접지기 b) 발바닥접지기  
 c) 중간입각기 d) push-off e) 발가락들림기

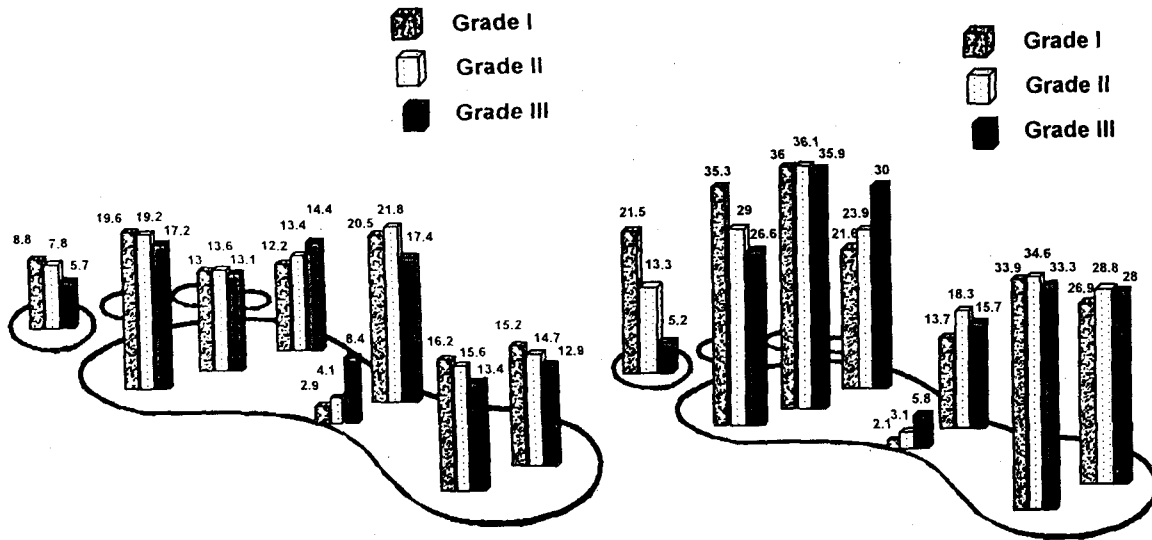


그림 3. Mask별 접촉면적 (단위 : cm<sup>2</sup>)

그림 5. Mask별 최대힘 (단위 : % B.W.)

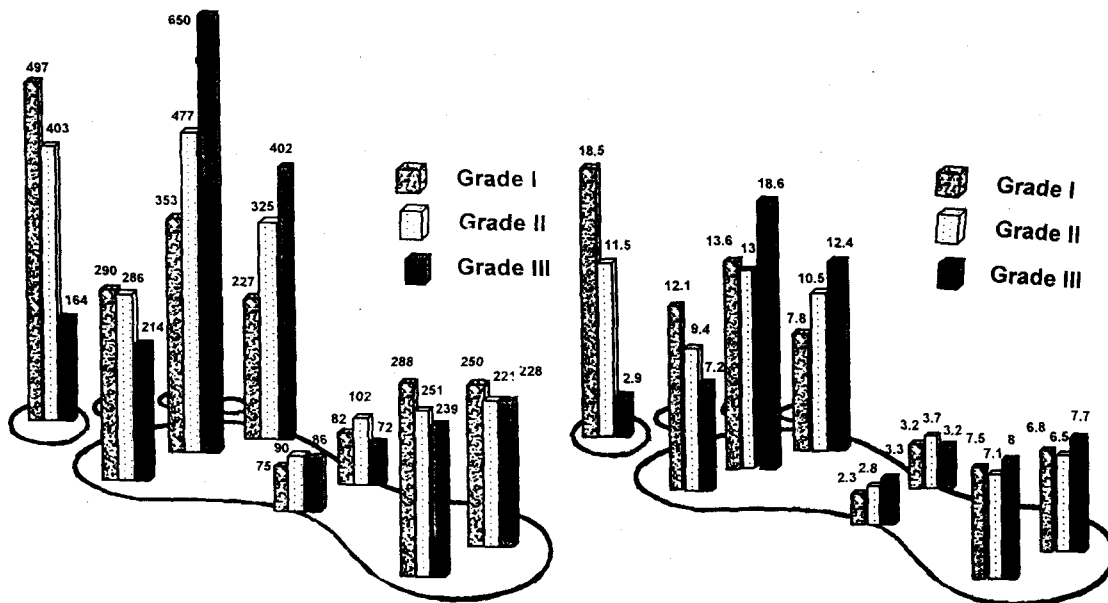


그림 4. Mask별 최대압력 (단위 : kPa)

그림 6. Mask별 압력-시간 적분 (단위 : N-s/cm<sup>2</sup>)