

엄지 발가락외반증환자의 발바닥 압력분포 특성

김영호·박시복*·양길태·임송학·이강목*·문무성

= Abstract =

Plantar Pressure Distribution Characteristics of Hallux Valgus

Y.H. Kim, S.B. Park*, G.T. Yang, S.H. Lim, K.M. Lee* and M.S. Mun

We undertook this study to determine the plantar pressure distribution characteristics of hallux valgus, major increasing foot disease. Twenty three hallux valgus patients were evaluated with clinical examinations, radiologic studies and dynamic plantar pressure distribution measurements. The present study also suggested a masking method for detailed analyses on plantar pressure distribution measurements. With higher grade of hallux valgus, pressure, contact area, and impulse on metatarsus are significantly increased. Pressure concentration is very important in foot diseases and an approximate plantar pressure distribution should be considered on any shoe design.

Key words : Hallux valgus, Dynamic plantar pressure distribution, Masking method

서론

엄지발가락외반증은 신발에 의한 변형과, 선천성 요인, 긴 엄지발가락, 제 1 중족골의 내반, 내회전된 발 등이 인자가 될 수 있다. 또한 류마티스 관절염 또는 전신적인 퇴행성 골관절염의 이차적인 변형으로 올 수도 있다 [1-3]. 이는 제 1 중족골의 내측전위와 엄지발가락의 외측전위로 구성되는데 흔히 피하 점액낭의 동통이 동반된다. 엄지발가락외반증은 중족지절관절의 종대와 정적, 동적 안정성의 소실의 결과로서 생기는데, 엄지발가락이 외반됨에 따라 장무지신근 역시 외측으로 전위되어 신근으로보다는 내전근으로 작용하게 된다[1-5].

엄지발가락은 회내전하게 되어 엄지발가락의 내하측에 위치하던 엄지발가락 외전근은 굴근으로 작용이 변화되어 더욱 엄지발가락을 외반시키고, 내측 피막 인대의 신장이 초래된다. 종자골은 외측으로 탈구되고, 중족골두는 종자골로부터 내측으로 전위된다. 변형이 점차 진행됨에 따라, 엄지발가락의 외반 이외에 모든 발가락이 중족골에 대해 외측으로 밀려 나간다. 따라서 엄지발가락이 둘째발

가락 위 또는 아래쪽으로 전위되고 둘째발가락에서는 망치발가락의 변형을 자주 초래하게 되며, 엄지발가락의 중족골 골두의 내측에는 신발과 지속적인 접촉에 의하여 피부가 두터워지고, 피부와 골 사이의 점액낭에는 염증, 죽전막류가 생기게 된다[3-5].

이러한 질환의 치료에는 보존적 치료와 외과적 치료가 있으며, 보존적 치료는 일반적으로 변형이 심하지 않은 경우 시행하는데, 적절한 신발의 선택은 필수적이다. 발바닥에 과다한 압력집중을 줄여 마찰을 방지하기 위해서 체중을 고르게 분산시킬 수 있는 종아치 및 횡아치를 받쳐주는 신발 깔창을 사용하고 신발의 앞부리는 둥글고 높이가 높은 신발을 선택한다. 또한 엄지발가락의 외반을 막기 위해서 발가락 분리대(toe separator), 주간용 밴드 보조기 및 야간용 플라스틱 보조기 등을 사용하고 있다.

종전에는 잉크 또는 먹물을 이용한 족문검사를 통하여 정성적인 발바닥압력분포를 조사하여 왔으나 정확한 압력분포를 측정할 수 없었다. 그러나 전자 및 컴퓨터 기술의 발달과 센서의 개발 등으로 인하여 요즘에는 발바닥압력을 실시간에 측정할 수 있게 되었으며 성인 및 어린이들

재활공학연구센터

Korea Orthopedic and Rehabilitation Engineering Center

*한양대학병원 재활의학과

*Department of Rehabilitation Medicine, Hanyang University Hospital

통신저자 : 김영호, (403-120) 인천광역시 부평구 구산동 47-3 재활공학연구센터 인체공학팀, Tel. (032)500-0584, Fax. (032) 512-9794

표 1. 피검자의 수, 성별, 나이, 체중, 엄지발가락외반각
Table 1. Subject's number, sex, age, weight and hallux valgus angle

	평균(범위)
피검자수(명)	23
성별(남/여)	2 / 21
나이(세)	46.6(17.1 - 67.2)
체중(kg)	55.1(43 - 77)
엄지발가락외반각(deg)	30.6(15 - 60)

에 대한 정적 또는 동적 발바닥압력분포를 측정할 여러 연구사례가 있었다[6-8]. 최근에 들어 당뇨병 발을 비롯한 각종 발 관련질환의 연구에도 적용되고 있으며 족부 보조기의 역학적 평가수단으로도 사용되고 있다[9-14].

본 연구의 목적은 엄지발가락외반증 환자들의 발바닥압력을 측정하고 이를 체계적으로 분석할 수 있는 해부학적으로 타당한 표준영역분할방법을 제시하고 엄지발가락외반증의 단계별 발바닥압력분포특성을 파악하는데 적용하고자 함에 있으며, 개발된 영역분할방법을 다른 발 질환의 경우에도 적용할 수 있도록 해서 발 변형의 예방과 보존적 치료에의 접근을 꾀하고자 한다.

방 법

1. 피검자 선정 및 발 측정 방법

피검자는 1995년 중반기부터 족부변형클리닉에 엄지발가락외반증 단일질환으로 내원한 환자 중 발바닥압력측정시스템(Emed SF-4, Novel GmbH[15], 독일)으로 검사한 환자 23명을 대상으로 하였다(표 1). 피검자들은 발 질환의 과거력에 대한 조사와 증상의 유무, 발의 진찰, 정적 및 동적 발바닥압력 측정검사가 시행되었다.

모든 피검자에 대해서 엄지발가락외반각(hallux valgus angle)과 발목관절외반각(calcaneal angle)을 측정하였다. 그림 1에 표시된 바와 같이, 제 1 근위지의 종축과 제 1 중족골의 종축이 만나는 엄지발가락외반각에 따라 0 단계(정상) $\leq 15^\circ$, 1 단계 $15^\circ < 1 \text{ 단계} \leq 20^\circ$, 2 단계 $20^\circ < 2 \text{ 단계} \leq 40^\circ$, 3 단계로 하였다[1].

본 연구에 사용된 센서는 압력에 의한 커패시턴스의 변화를 측정하는 것으로, 총 2,736개의 커패시턴스센서가 450mm x 250mm의 판에 1cm² 당 4개 위치되어 있으며, 8m의 보도에 설치되어 있다. 이 센서는 공압을 이용하여 여러 압력을 모든 센서에 균등하게 적용해서 보정하므로 보정 및 측정결과의 정확도가 우수하고, 지속적인 일정한 압력에 대해서 creep 현상이 작아서 데이터의 신뢰성이 매우 좋은 것으로 보고된 바 있다[16-19]. 피검자의 자유로운 보행을 유도하기 위하여 보도 위에서 충분한 보행

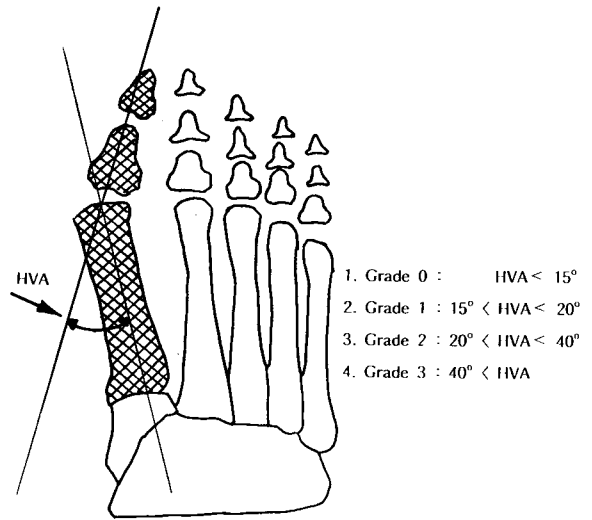


그림 1. 엄지발가락외반각 (C. C. Frey[1])
Fig. 1. Hallux valgus angle (C. C. Frey[1])

연습을 시킨 후 50Hz의 sampling rate로 각 발에 대하여 최소 3번의 동적 발바닥 압력분포를 측정하였다.

2. 발바닥의 표준영역분할 및 분석방법

해부학적으로 타당한 발바닥 각 부위에 대한 면밀한 데이터 분석을 위해서 각각의 동적 압력분포데이터에 대해서 영역분할작업을 하였다. 보행의 입각기동안 각 센서(총 2,736개)에 작용된 최대압력분포를 관찰하면 피검자의 발바닥형상을 알 수 있으므로, 그림 2에 도시된 바와 같이, 발꿈치 내측(M1)과 외측(M2), 아치의 내측(M3)과 외측(M4), 전족부의 내측(M5)·중양(M6)·외측(M7), 엄지발가락(M8), 둘째발가락(M9), 나머지발가락(M10) 등 10개의 영역을 설정하였으며, 그 방법은 다음과 같다.

1. 발꿈치(A)의 중심과 둘째발가락(B)의 중심선(-c-)을 긋는다.
2. 발의 외곽선 밖으로 약 0.5cm 정도 떨어지게 내측(-m-) 및 외측(-l-) 경계선을 긋는다.
3. 발의 외곽선 밖으로 약 0.5cm 정도 떨어져 중심선(-c-)과 수직으로 후면(-p-) 경계선을 긋는다.
4. 중심선(-c-)과 발바닥 경계선과의 교점을 각각 D, E라 정의하고 D, E사이를 3등분하여 중심선과 수직으로 중족부(-r-), 전족부(-f-)를 긋는다.
5. 전족부 경계선 -f-를 내측에서 외측으로 30%(F), 25%(G), 45%로 나눈다.
6. 전족부의 경계를 나누기 위하여 -f-에 수직하게 F, G에서 중족골 쪽으로 -ms1-, -ms2-를 긋는다.
7. 전족부의 발가락을 분리하기 위하여 전족부 경계면 위에서 중심선 -c-에 수직하게 선을 그어 H, I를 정

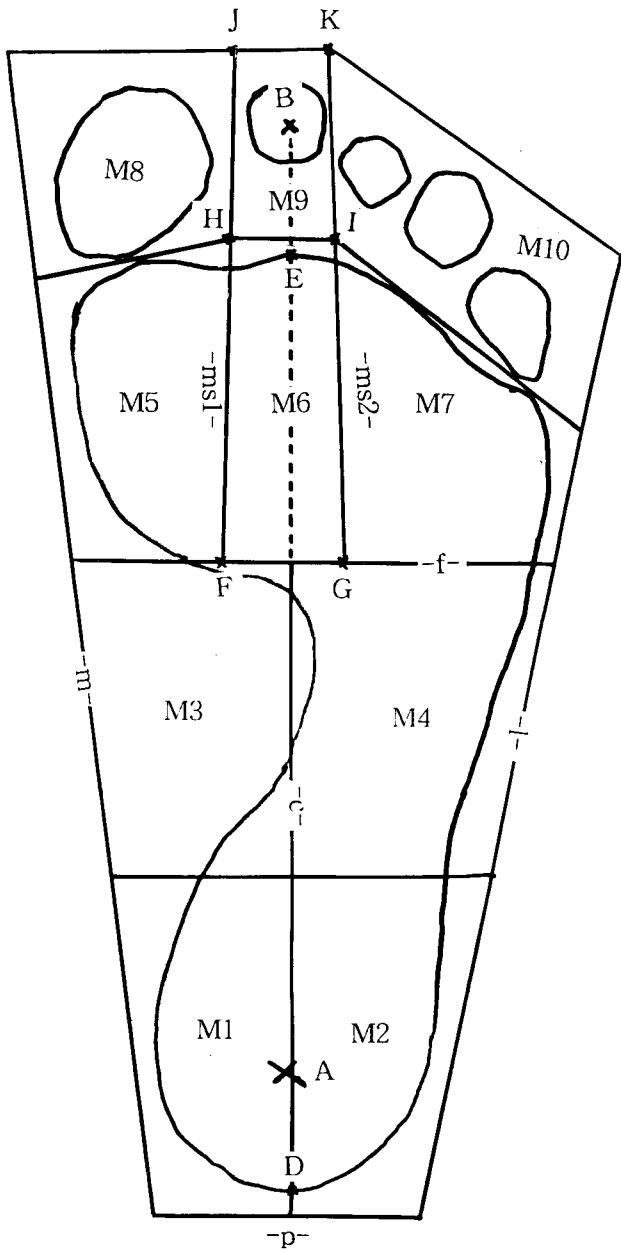


그림 2. 발바닥압력분포에 관한 표준영역분할방법
 Fig. 2. A standard masking method for plantar pressure distribution

의한다.

8. 전족부와 엄지발가락을 분리하기 위하여 H와 -m-을 연결한다.
9. 전족부와 외측 3개의 발가락을 분리하기 위하여 I와 -u-을 연결한다.
10. H와 I점에서 엄지발가락과 둘째발가락을 분리하기 위하여 -ms1-과 -ms2-를 연장한다.
11. 발가락의 경계부에서 약 0.5cm정도 떨어지게 -m-과 J점을 연결하고, -u-과 K점을 연결한다.

12. J와 K를 연결한다.

대부분 엄지발가락외반증환자들의 엄지발가락이 둘째 발가락 위 또는 아래쪽으로 전위되기 때문에, 각 영역별 발바닥압력분포의 특성을 상세히 조사하기 위해서 둘째 발가락(M9)과 그 외 나머지 발가락(M10)을 제외하고 보행 전 과정에 걸쳐서 발바닥압력분포인자들을 관찰하였다. 보행의 입각기동안 각 센서마다 동적인 압력 뿐만 아니라 접촉시간을 컴퓨터에 저장해서 M1부터 M8까지의 8개의 영역에 대하여 접촉면적, 최대압력, 최대힘, 압력-시간 적분, 힘-시간 적분 등을 분석하였다.

결과 및 고찰

일반적으로 보행주기 중 입각기는 발뒤축접지기, 발바닥접지기, 중간입각기, 발뒤축들림기, 발가락들림기 등으로 구분된다. 본 연구에서 제시한 영역분할방법은 다음과 같이 정당성을 부여할 수 있다. 발뒤축접지기는 발의 일부분(일반적으로 발뒤축)이 지면에 닿기 시작하여 전체 보행주기의 약 2%에서 완료되며 이 기간동안 발뒤축 내, 외측의 압력분포를 비교하기 위하여 발뒤축에서 둘째 발가락을 이은 발의 중심선을 기준으로 하여 내측(M1)과 외측(M2)으로 구분하였다. 정상인에 있어서 발바닥접지기는 전체 보행주기에서 약 10%까지의 시간을 일컬으며 체중을 입각기의 발에 수용하는 기간이다. 이 기간이 완료되는 순간 압력중심이 발의 중족부와 후족부의 경계선 "r" 근방에 위치함을 근거로 하여 M3과 M4의 영역을 설정하였다. 중간입각기는 전체보행주기에서 10-30%를 차지하며 전방으로의 이동을 위해서 족관절 기전을 형성하고 단하지지지기(single limb support)의 앞쪽 반에 해당된다. 보행에 있어서 중족골의 중요성을 고려하여 중족부와 전족부의 경계인 "f"를 설정하였다. 중간입각기가 완료되는 순간, 정상인의 압력중심은 일반적으로 중족부에 해당하는 M3, M4의 앞쪽 경계선인 "f" 부근에 있다. 발뒤축들림기동안 체중은 전족부의 앞쪽에 위치하게 되고 이 기간이 시작하는 순간 대개 압력중심은 전족부의 중앙(M6 부근)에 위치하게 된다. 엄지발가락외반증의 심도에 따라 중족골부근의 압력분포가 다르게 나타나므로 중족골부근을 M5, M6, M7의 3영역으로 분할하였다.

엄지발가락외반증이 심화됨에 따라 엄지발가락과 둘째 발가락이 겹쳐지게 되고 엄지발가락이 외반된 경우에는 표준설정영역에서 엄지발가락(M8)에 해당되는 부분이 좁아지게 된다. 또한 엄지발가락(M8)의 위치를 피검자의 발가락 위치에 맞추어 이동시켜서 영역을 분할하게 되면 엄지 또는 둘째발가락 위치에서의 압력이 불확실하게 될 뿐 아니라 질환의 심도에 따른 일정한 영역분할을 할 수

표 2. 본 연구에 참여한 피검자들의 엄지발가락외반증 단계
Table 2. Hallux valgus grade of all subjects in the present study

단위 : 명 (%)

단 계	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)

없게 된다. 따라서 본 연구를 통해서 제시된 표준영역분할법은 해부학적으로 적절하며 정상인 뿐 아니라 다른 족부질환의 경우에도 같이 적용할 수 있도록 엄지발가락(M8)의 영역을 질환에 따라 이동시키지 않았다.

엄지발가락외반증의 각 단계별 피검자의 수는 1 단계 6명(26.1%), 2 단계 13명(56.4%), 3 단계 4명(17.4%)이었다. 연령별 분포를 보면 50대에서 가장 많은 분포를 보였으며, 단계별 분포에서는 2 단계에서 가장 많은 분포를 보였다 (표 2).

또한 성별 분포에서도 여자의 경우가 남자의 경우에 비하여 월등히 많았다. 이것은 발의 질환이 남성보다는 여성에게 많이 발생한다는 것을 간접적으로 보여주고 있으며, 직접적인 원인 중의 하나인 여성들의 신발에 문제가 있다고 생각된다. 여성들의 경우 굽이 높고 앞이 뾰족한 구두를 착용함으로써 엄지발가락외반증을 더욱 가속화시키고 있으나, 남성들의 경우 신발 선택시 발이 편하고 간편한 것을 택함으로써 엄지발가락외반증을 미연에 방지하고 있으며 엄지발가락외반증 증세가 크게 악화되지 않는 것으로 나타났다.

그림 3은 발바닥압력분포시스템을 이용하여 측정된 엄지발가락외반증 단일환자에 대한 정상보행에서의 대표적인 최대압력분포로, 중족골에서의 압력이 과다하게 집중되고 있는 것을 알 수 있다. 그림 4는 자유보행에서 측정된 엄지발가락외반증환자의 3차원 동적 압력분포를, 발뒤축접지기, 발바닥접지기, 중간입각기, push-off, 발가락들림기 등의 순간에서 도식한 것이다. 입각기 중반 이후에서 제 2,3 중족골과 둘째발가락에서 과다한 압력이 집중되는 반면 엄지발가락에는 정상인에 비하여 작은 압력이 작용하고 있음을 알 수 있다.

피검자의 data를 분석하여 통계처리한 결과, 1 단계와 2 단계에서는 영역별 발바닥압력분포 주요인자들이 현저한 차이를 보이지 않았으나, 1 단계와 3 단계에서는 다음과 같은 현저한 차이가 발견되었다.

1. 영역별 접촉면적(그림 5)

엄지발가락외반증 환자들의 단계별 분포를 보면 1 단계의 경우 전반적으로 중족골 부위에서 많은 접촉을 보이고 있고, 3 단계의 경우 엄지발가락의 접촉면적이 감소하는 반면 중족골 부위의 접촉면적이 증가하고 있다(1단계 : M5(18.1%), M6(11.9%), M7(11.3%), M8(8.1%), 3단계 : M5(16.8%), M6(12.8%), M7(14.0%), M8(5.6%)). 질환의 단계가 높아질수록 아치 내측(M3)에서의 접촉면적이 증가하는 것은 증상이 심해질수록 발의 종아치가 무너져 내리기 때문으로 생각된다[4].

2. 영역별 최대압력(그림 6)

정상인에 있어서 일반적으로 제 2 중족골 부위에서 가장 큰 압력이 작용되며, 발뒤축 및 엄지발가락에 작용하는 압력도 그 외 다른 부위에 비하여 매우 큰 편이다. 이는 발뒤축이 지면에 접촉된 후 발바닥 전체가 지면에 접촉할 때와 push-off 시기에 수직지면반발력이 가장 크기 때문이다.

그러나 엄지발가락외반증이 심해질수록 엄지발가락에 걸리는 압력이 작아지고 중족골 부위의 압력이 증가하는 양상을 볼 수 있다. 1 단계의 경우는 압력이 발꿈치, 중족골, 엄지발가락 부위에 골고루 분산되어 있으나, 3 단계의 경우는 대부분의 압력이 중족골 쪽에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이는 엄지발가락외반증이 심화되면서 중족골 부위의 접촉면적이 커지고 그 부위에서 과다한 압력이 작용하여 발바닥에 각질이 생기고 엄지발가락이 둘째 발가락 쪽으로 전위됨으로 인하여 엄지발가락에서 받아야 할 압력을 담당하지 못하며 제 1 중족골의 내측전위로 인해 중족골아치가 무너져서 제 2,3 중족골 두부의 압력이 증가되기 때문으로 사료된다. 압력중심은, 엄지발가락외반증이 심한 경우, 중간입각기 이후에 중족골 부위에서 정상인에 비해 외측으로 전위되며 발가락들림기에는 둘째 발가락의 외측으로 빠져나가게 된다 (그림 3).

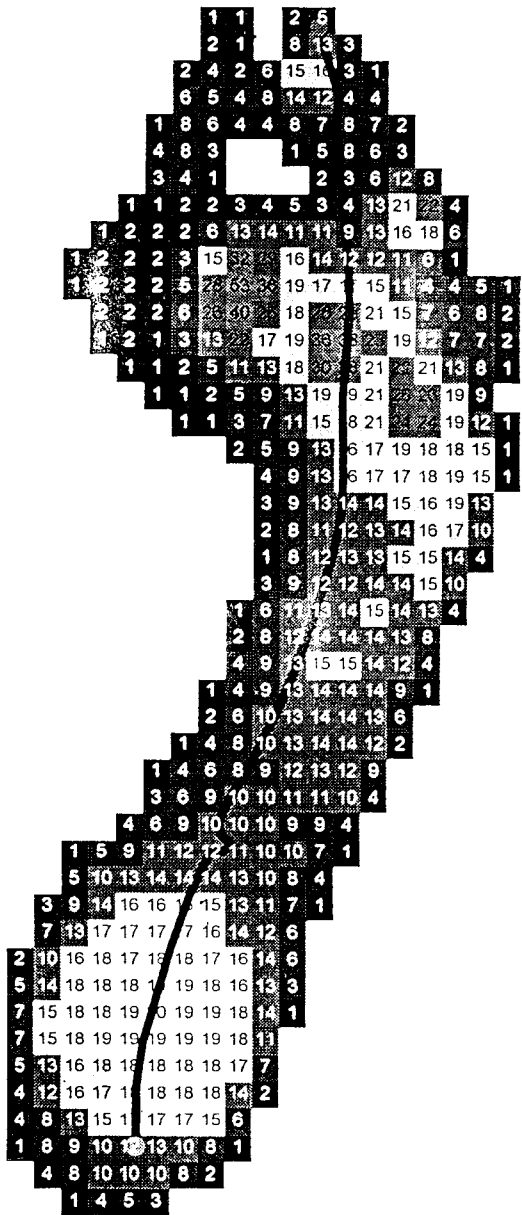


그림 3. 그림 3. 엄지발가락외반증 단일환자에 대한 자유보행에서의 대표적인 최대압력분포도

비고 : 1) Box 안의 수는 압력(kPa)을 의미함
2) 발뒤측에서 발가락으로 연결된 곡선은 압력중심의 궤적임

Fig. 3. A typical maximum pressure plot for a simple hallux valgus patient at free walking

Note: 1) The number in the box represents pressure (kPa)

2) The line from heel to toe is the trace of the center of pressure

3. 영역별 최대힘(그림 7)

엄지발가락외반증의 단계가 높아질 수록 비정상적인 힘

의 분포를 보이고 있는데 최대힘 역시 같은 양상을 띠고 있다. 1 단계의 경우 발꿈치, 중족골, 엄지발가락 부분에서 발생한 최대힘은 크기와 분포가 유사하여 세 부분에서 어느 정도 균등하게 배분되어 있어 발바닥에 무리한 힘이 작용하지 않지만, 3 단계의 경우는 발꿈치와 제 2, 3, 4, 5 중족골 두부에서만 최대 힘이 나타나 발가락에서 부담해야 할 힘까지도 중족골두가 담당하게 되어 그 부위에 무리한 하중이 가해지고 있다. 이로 인하여 중족골두 부위에 각질이 발생하며, 통증이 심해진다.

4. 영역별 압력-시간 적분(그림 8)

발바닥의 단위면적에 작용하는 충격량 역시 발바닥이 받는 최대압력과 비슷한 양상을 보였으며 최대압력이 작용하는 부위에서 최대 충격량이 최대가 됨을 알 수 있다. 이것은 최대압력이 나타나는 부위의 관찰이 발의 질환에서는 가장 우선적으로 고려하여야 할 요소라는 것을 보여주고 있다. 증상이 심해짐에 따라 엄지발가락에 작용하는 압력이 감소하여 단위면적 당 충격량 역시 감소함을 알 수 있다.

5. 영역별 힘-시간 적분(그림 9)

발바닥에서 받는 부위별 충격량은 그 부위에서 발생한 최대 힘과 유사한 분포를 보이고 있으며, 이 역시 단계가 진행될수록 엄지발가락에 걸리는 충격량이 현격히 감소하고 있는 것으로 나타나고 있다. 즉 이와 같은 상황이 계속되면 중족골 부위에서 비정상적으로 많은 압력을 받게 되고 결국 중족골아치가 소실되고 발의 통증이 심화되어 간다.

결 론

엄지발가락외반증은 연령, 관절병의 이환기간, 발바닥 증상의 기간 및 편평족의 단계에 따라 장기간에 걸쳐 그 정도 및 빈도가 증가하는 추세이다. 본 연구를 통해서 발바닥압력측정시스템을 이용하여 발의 질환에 관한 데이터의 분석을 위한 영역분할방법을 제시하였고 엄지발가락외반증의 단계에 따른 발바닥압력분포특성을 정량적으로 규명하고 질환에 따른 기전을 이해할 수 있었다.

엄지발가락외반증이 심해질수록 중족골 부위에 접촉면적이 증가하고 이 부위에서 과다한 압력과 충격량이 작용하고 있으며 엄지발가락에서는 현저하게 감소됨을 알 수 있었다. 엄지발가락외반증에 있어서 한국 중년여성들이 절대적으로 많은 빈도를 차지하고 있는데 이는 여성의 뾰족한 신발에 의한 원인이 큰 것으로 사료된다. 따라서 발 질환을 방지하기 위해서 족부질환의 생체역학적 연구가 계속 진행되어야 하며 신체에 합당한 압력분포를 유도할

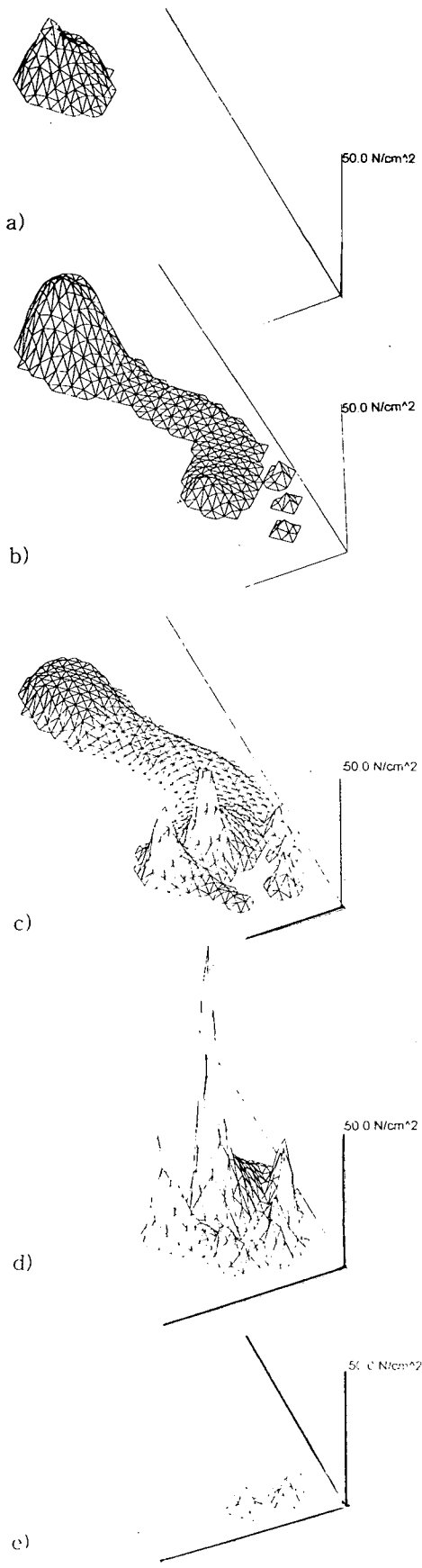


그림 4. 자유보행에서의 엄지발가락외반증환자에 대한 발바닥 압력분포.

a) 발뒤축접지기 b) 발바닥접지기 c) 중간입각기 d) push-off e) 발가락들림기

Fig. 4. Plantar pressure distribution for the hallux valgus patient at free walking

a) heel contact b) foot-flat c) mid-stance d) push-off e) toe-off

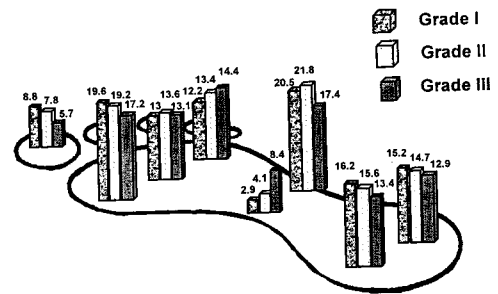


그림 5. 영역별 접촉면적 (단위 : cm²)

Fig. 5. Contact area in masks (unit : cm²)

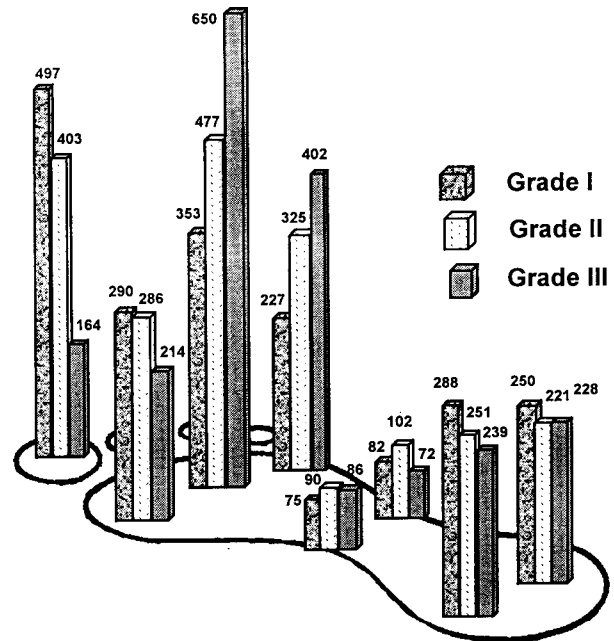


그림 6. 영역별 최대압력 (단위 : kPa)

Fig. 6. Peak pressure in masks (unit : kPa)

수 있는 신발의 개발이 절실히 요구된다고 할 수 있다. 또한 본 연구를 통해서 제시된 표준영역분할방법은 다른 발 질환들의 경우에도 똑같이 적용할 수 있으므로 발 질환을 이해하고 치료하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

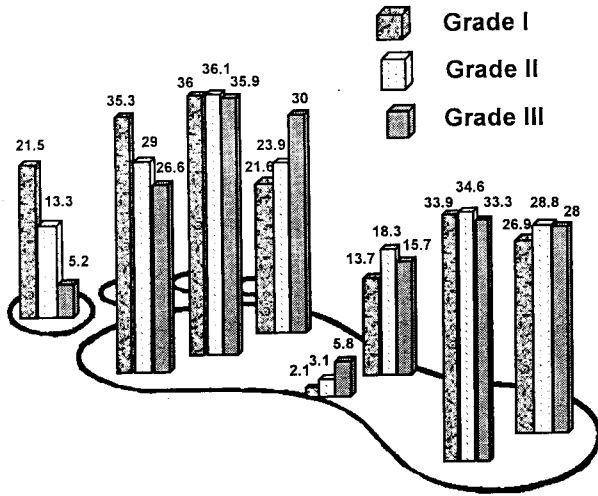


그림 7. 영역별 최대힘 (단위 : %BW)
Fig. 7. Maximum force in masks (unit : %BW)

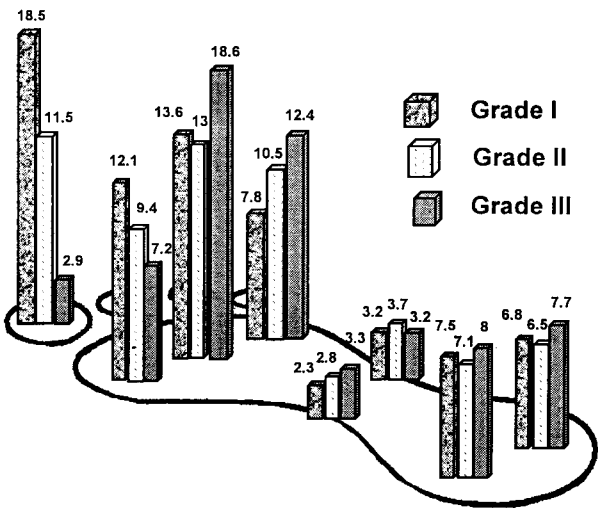


그림 8. 영역별 압력-시간 적분 (단위 : N-s/cm²)
Fig. 8. Pressure time integrals in masks (unit : N-s/cm²)

참 고 문 헌

1. C. C. Frey, *Osteoarthritis and static deformity of the forefoot*, In *Foot and ankle manual* edited by G. J. Sammarco, 1st ed. Philadelphia : Lea & Feibiger, pp.136-144, 1991.
2. J. A. Groiso, "Juvenile hallux valgus", *J. Bone Joint Surg.* vol. 74A, pp.1367-1374, 1992.
3. E. G. Richardson, *Disorders of the hallux*, In *Campbell's operative orthopaedics*, edited by A. H. Crenshaw, 8th ed, St. Louis, Mosby Year Book,

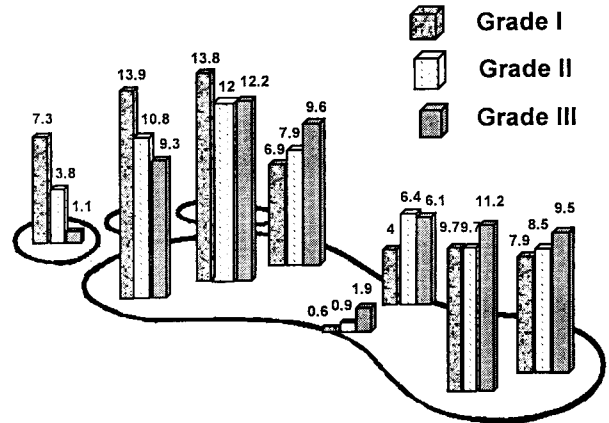


그림 9. 영역별 힘-시간 적분 (단위 : %BW-s)
Fig. 9. Force time integrals in masks (unit : %BW-s)

pp.2615-2619, 1992.

4. 김 태경, 박 시복, 이 강목, "족문 검사에 의한 발바닥 내측 종아치의 평가에 관한 연구", 대한 재활의학회지, 19권, 1호, pp.49-54, 1995.
5. 김 태경, 김 민호, 권 순호, 박 시복, 이 강목, "류마티스 관절염 환자의 무지외반증에 관한 연구", 대한 재활의학회지, 18권, 3호, pp.584-590, 1994.
6. P. R. Cavanagh, M. M. Rodgers, and A. Liboshi, "Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing", *Foot Ankle*, Vol.7. no. 5, pp.262-276, 1987.
7. E. M. Hennig, A. Staats and D. Rosenbaum, "Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults", *Foot Ankle*, vol. 11. no. 5, pp.306-311, 1991.
8. E. M. Hennig, A. Staats and D. Rosenbaum, "Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults", *Foot Ankle*, vol. 15. no. 1, pp.35-40, 1994.
9. H. P. Becker, D. Rosenbaum, T. Kriese, H. Gerngros and L. Claes, "Gait asymmetry following successful surgical treatment of ankle fractures in young adults", *Clin. Orthop. Rel. Res.*, Vol. 311, pp.262-269, 1995.
10. T. Widhe and L. Berggren, "Gait analysis and dynamic foot pressure in the assessment of treated clubfoot", *Foot Ankle*, vol. 15. no. 4, pp.86-190, 1994.
11. A. Phillipson, S. Dhar, K. Linge, C. McCabe and L. Klenerman, "Forefoot arthroplasty and changes in plantar foot pressure", *Foot Ankle*, vol. 15. no.

- 4, pp.95-598, 1994.
12. K. Mueller, M. Cornwell, T. McPoil, D. Mueller and J. Barnwell, "Effect of tone-inhibiting dynamic ankle-foot orthosis on the foot-loading pattern of a hemiplegic adult : a preliminary study", J. Prosth. Ortho., vol. 4. no. 2, pp.86-92, 1992.
13. L. Wolfe, R. M. Stess and P. M. Graf, "Dynamic pressure analysis of the diabetic Charcot foot", J. Am. Podiat. Med. Asso., vol. 81. no. 6, pp.281-287, 1991.
14. T. G. McPoil and M. W. Cornwell, "Rigid versus soft foot orthoses : a single subject design", J. Am. Podiat. Med. Asso., vol. 81. no. 12, pp.638-642, 1991.
15. Novel GmbH, Emed-SF4 manual, 1994.
16. P. R. Cavanagh, F. G. Hewitt and J. E. Perry, "In-shoe plantar pressure measurement : a review", The Foot, vol. 2, pp.185-194, 1992.
17. J. Hughes, L. Pratt, K. Linge, P. Clark and L. Klenerman, "Reliability of pressure measurements : the Emed SF system", Clin. Biomech., vol. 6. no. 1, pp.14-18, 1991.
18. T. G. McPoil, M. W. Cornwell and W. Yamada, "A comparison of two in-shoe plantar pressure measurement systems", The Lower Extremity, vol. 2. no. 2, pp.95-103, 1995.
19. N. E. Rose, L. A. Feiwell and A. Cracchiolo, "A method for measuring foot pressures using a high resolution, computerized insole sensor : The effect of heel wedges on plantar pressure distribution and center of force", Foot Ankle, vol. 13. no. 5, pp. 263-270, 1992.

= 국문초록 =

증가하고 있는 주요 족부질환인 엄지발가락외반증의 특성을 이해하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 23명의 엄지발가락외반증 환자들에 관한 방사선학적 연구와 함께 자유보행시의 족저압력분포를 측정하였다. 또한 본 연구에서는 족저압력분포를 상세히 분석하기 위한 해부학적으로 적절한 구역설정을 제시하였다. 족저압력분포를 측정한 결과, 엄지발가락외반증이 심한 환자일수록 중족골 부위의 압력, 접촉면적과 시간, 충격량 등이 현저하게 증가함을 알 수 있었다. 엄지발가락외반증은 신발의 선정이 잘못됨에 의하는 경우가 적지 않았다. 족저압력집중은 족부질환에 있어서 매우 중요하므로, 신발의 설계에 있어서 적절한 족저압력분포를 고려하여야 한다.