

신발 종류에 따른 족저 임펄스의 분석

안은수*, 엄광문# (건국대 의학공학부), 이순혁 (고려대 정형외과)

Analysis of Impulse under Foot in Various Shoes

E. S. An, G. M. Eom* (Biomed., Konkuk Univ.), S. H. Lee(Orthopaedics, Korea Univ.)

ABSTRACT

We analyzed the impulse on 24 sensors location under the foot using the Parotec system for the investigation of the relationship between the shoe type and the foot pathologies. Total 7 kinds of shoes, i.e. sport shoe, high heel shoes (5cm heel, 8cm heel, 13cm heel), platform shoe, inline skate, and heelys were evaluated for 20 normal subjects. Compared with the impulse distribution of the sport shoe, greater impulses were shown at the 1st phalange and the 1st metatarsal-phalangeal head in high-heel shoes, lateral tarsal bone and medial metatarsal bone in platform shoe, medial tarsal bone in inline-skate, and medial tarsal bone and 1st phalange in heelys shoe. The result of this study is expected to provide useful information about the relationship between the shoe type and the foot pathologies.

Key Words : Parotec system (족압분석시스템), Impulse(충격량), 운동화(sport shoe), 하이힐(high heel shoe), 톱굽(platform shoe), 인라인(inline skate), 힐리스(heelys)

1. 서론

잘못된 보행습관이나 형태가 적절하지 않는 구두를 장시간 착용하는 경우 신체 역학적 스트레스로 인해 쉽게 피로감을 느끼게 되며 발에 통증, 변형이 일어날 수 있다[4][5][6][7]. 특히 하이힐을 신은 여대생의 경우 전신에 피로감을 느낀 경우가 많았으며 굽 높이가 증가할수록 발 피로가 빨리 오고 변형을 초래하며 족저압이 높아진다고 많은 연구에서 지적하였고[6], 엄지발가락 위치의 압력이 높아질수록 중족골 부위에 접촉면적이 증가하고 과도한 압력과 충격량이 작용해 피로가 커지는데, 이는 뾰족한 구두 착용이 원인이라고도 하였다[7].

과거에 이러한 연구들은 발의 형태에 따른 특성 파악을 기본으로 해적함, 피부온도, 에너지 대사량, 건강상태 그리고 주관적인 선호도가 주를 이루었다[4][12]. 그러나 최근에는 다양한 족저압 측정 시스템을 이용하여 보다 정확한 연구를 진행하고 있다. 이러한 연구는 정상인의 지면 자유 보행 동안에 압력중심의 이동에 관한 연구나 족저압 측정 시스템을 개발하여 행한 바 있다[1~3][6~7].

족저압 측정기에는 힘판 (force plate), 압력판 (pressure plate), 신발 내 삽입형 족저압 측정기

(pressure insole)가 있다[3]. 1990년대까지는 힘판이나 압력판을 사용했지만, 측정하는데 한계가 있고 다양한 자료를 제시하지 못했다. 1990년대 중반부터 활용되기 시작한 신발 삽입형 족저압 측정기는 신발 안창에 센서를 부착하여 발의 각 부위별 압력에 대한 시간적, 양적 자료들을 제공하여 다양한 목적으로 사용되고 있다. 현재 사용되고 있는 신발 삽입형 족저압 측정기 중 많이 사용되는 것으로는 F-scan system, Pedar system, Parotec system 이 있다. 이 기기들은 일반적으로 신뢰성 있는 측정 방법으로 인정 받고 있다.

Parotec system은 다른 기기에 비해 보행 상태에서 양 발을 동시에 측정할 수 있으며, 그 신뢰도가 안정적이라고 보고되었다[9]. 그러나 다른 기기에 비해 연구가 부족한 실정이기에, 본 논문에서는 신발 삽입형 족저압 측정기인 Parotec system을 사용하여, 각 신발에서의 보행속도를 일정하게 통제된 상황에서의 동적 임펄스(impulse)를 분석한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

연구 대상자는 건강한 성인 여성 20 명으로 하

* 교신저자: 건국대학교 의학공학부
E-mail gmeom@hotmail.com Tel. (043) 852-9890

였다. 이들은 실험 과정에 대한 설명을 미리 듣고 이해했으며 설문조사에 응했다.

연령이 높아질수록 신발에 의한 피로도가 높아지며[4], 나이에 의한 보행 변화가 60-70 세에 생긴다는 연구[8]가 있었기에 실험 전에 미리 20 대 초반으로 정했다. 또한 이들은 발바닥에 티눈이나 압박증이 없고, 다리나 발의 구조적인 기형이 없으며, 최근 1 년간 하지 및 족부에 골절, 인대 질환, 하지수술 같은 정형외과적 질환을 경험하지 않았다.

Table 1 Anthropometric data of the subjects

Type	Difference in height of forefoot and heel
Sport shoe	2.5 - 2.5 = 0
5cm heel	5.5 - 0.8 = 4.7
8cm heel	8.5 - 1.0 = 7.5
13cm heel	13 - 4.5 = 8.5
Platform Shoe	9.5 - 4.3 = 5.2
Inline skate	9
Heelys	7 - 4 = 3

Shoes category

Heel height - Forefoot height = Net height difference

2.2 측정 도구

본 연구에서는 족저압을 측정하기 위해 Parotec system 을 사용하였다. 발 크기에 따른 영향을 배제하기 위하여 240-250mm 사이즈 한 개의 안창만 사용하였고 여기에는 양쪽에 각각 24 개의 센서가 부착되어 발바닥의 각 부위에서 측정된 자료들을 조절 박스로 보낸다. 조절 박스의 메모리 카드에 저장된 자료는 케이블을 통해 컴퓨터에 입력되어 모니터나 프린터에 의해 출력된다. Parotec system 은 전단력까지 측정하므로, 기존의 압력감지기들의 단점이 보완되었다고 볼 수 있다.[9]

Parotec system 에서 제공되는 자료는 정적 상태에서의 각 부위별 압력, 각 발과 양 발에서 압력 중심점(center of pressure), 동적 상태(dynamic)에서 부위별 압력, 압력 중심점의 위치 변화, 접지 시간(contact time), 부위별 압력 시간 적분(임펄스: impulse), 평균 압력시간 적분값(impulse total), 입각기내에서의 각 보행주기 비율(phase)과 동적인 상태에서 그래프(overview graph, single step graph)를 보여준다.

2.3 실험 방법

먼저 실험에 적합한 피험자를 고른 후, 실험 전에 설명을 하고 설문조사를 하였다. 피험자는 Table

2 의 모든 신발에 대하여 보행실험을 실시하였다. 운동화(Sport shoe)와 구두를 신었을 경우에는 정해진 길로 1.0m/sec 를 유지하면서 왼발을 시작으로 신호음에 따라 편안한 보행을 하면서 복도 끝에 물건을 두고 시선을 고정시켜 편안한 보행을 하였다. 인라인(Inline skate)과 힐리스(Heelys)의 경우 정해진 길이(10m)로 제한 하였고, 인라인은 잘 타는 사람만 선택하여 측정하였다. 피험자의 보행이 자연스럽지 않다고 명백히 판정된 경우에는 재 측정하였다.

Table 2 A candidate for an examination

Age	22.94 ± 0.1
Height(cm)	163.58 ± 3.96
Weight(kg)	56.17 ± 5.43
Shoes size(mm)	244.44 ± 3.79

2.4 분석 방법

한 발의 insole 에는 24 개의 센서가 부착되어 있고, 여기에 번호를 붙여 발의 위치를 정했다. 실험 결과를 저장하고 ASCII 파일로 전환한다. 여기서 나타난 10ms 간격의 압력데이터를 분석하여 임펄스를 계산하였다. 20 명의 피험자가 측정한 각 신발에서 센서별 임펄스의 평균을 계산하고, 운동화를 기준으로 한 다른 신발의 임펄스의 유의차를 계산하기 위해 student t-test 를 사용하였다.

3. 결과

운동화 (Sport shoe)에 비해 구두는 굽이 높을수록 다른 부위에 비해 족근골(센서 3, 4), 중족골두내측(센서 19, 20), 무지(센서 24)에 집중되었다.

Table 3 Impulse values(Ns)

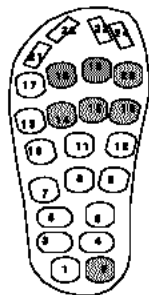
Type	Sensor 20 (p)	Sensor 24(p)
Sport shoes	30±14	24±11
5cm heel	82±38 (4.6E-06)	59±27 (1.0E-05)
13cm heel	97±53 (1.3E-05)	51±27(3.5E-04)

퐁굽(Platform Shoe)에서는 pressure values 와 비슷하게 나타났다. 족근골외측(센서 5), 중족골체내측(센서 16)에서 임펄스가 높게 나타났고, 나머지 부분에서 낮게 나타났다.

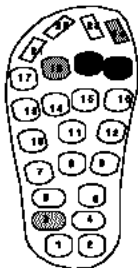
인라인 스케이트(Inline skate)의 임펄스는 다른 부위는 낮게 나타났지만, 족근골내측(센서 4)에서만 높게 나왔다.

1	1 - 10	
2	10 - 20	
3	20 - 30	
4	30 - 40	
5	40 - 50	
6	50 - 60	
7	60 - 70	
8	70 - 80	
9	80 - 90	
10	90 - 100	

Impulse grade



(a) sport shoe



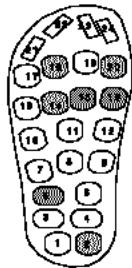
(b) 5cm heel



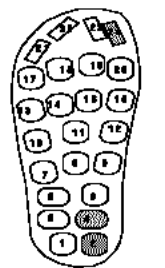
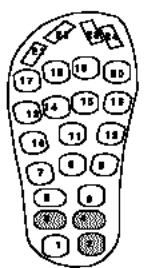
(c) 8cm heel



(d) 13cm heel



(e) Platform Shoe



(g) Heelys

Fig. 1 Dynamic impulse values [Ns] measured by pressure sensitive flexible insole

힐리스(Heelys)는 인라인 스케이트와 비슷하지만 무지(센서 24)도 높게 나왔다.

4. 고찰

Fig. 2 와 같이 발은 26 개의 뼈로 이루어져 크게 3 부위로 구성된다. Parotec system 의 안창 센서와 비교해 보면 센서의 해부학적 위치를 알 수 있다.

Impulse 는 압력(pressure)과 시간의 적분값으로서, 동적 상태에서 측정된 impulse 가 발의 보행특성을 가장 잘 반영하기에[1] 이를 중점으로 분석하였다.

발에서 체중을 분산시키는 지점과 발자국의 형태를 보면, 족궁에 의해 체중이 분산되며 내측족궁 때문에 발자국이 찍히지 않는다. 이 형태는 운동화(Sport shoe)와 비슷하게 나타났다. 다른 신발에 비

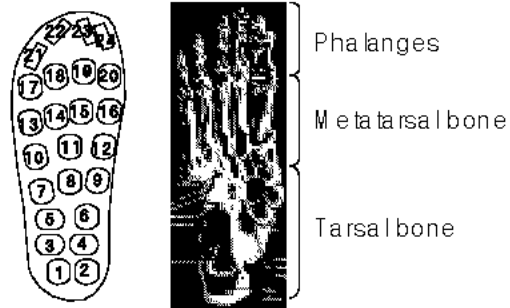


Fig. 2 Bones of foot

해 활보장(step length)과 속도도 크게 나타났으며, Phase 도 고르게 나타났고 피험자들도 가장 편하다고 응답했다.

운동화에 비해 5cm, 8cm, 13cm heel 은 제 1 중족골두, 무지에서 높게 나타나 보행 중에 체중이 앞으로 쏠리며 보폭이 좁아지는데 작은 시간동안 특정 부위에 강한 영향을 줄 수 있다는 것으로 높은 굽의 위험성을 알 수 있게 해준다. 또한 일반적으로 구두굽이 높을수록 발에 무리가 있다고 생각하지만, 수치상의 큰 차이가 없었다. 따라서 5cm 구두라도 발에 부담을 줄 수 있다고 생각된다. 무지의 반증(Hallux Valgus)같은 질병이 있는 환자의 경우 높은 굽이 있는 신발을 신을 시 큰 무리를 줄 수 있다고 예상할 수 있다.

Table 4 Sensor location

23 - 24	1 st Phalanges (무지)
21 - 22	2 nd -5 th Phalanges(2-5 지)
17 - 20	Head of metatarsal bone(중족골두)
13 - 16	Body of metatarsal bone(중족골체)
7 - 12	Base of metatarsal bone(중족골저)
1 - 6	Tarsal bone(족근골)

피험자들이 편하다고 생각했던 톱굽도 발뒤꿈치를 들어올리는 힘이 약해 피로감을 주었고 발이 전체적으로 땅에 떨어져 있기 때문에 보행 중에 중심을 잡기 힘들어 보폭이 좁아져 속도가 떨어졌다. 또한 중족골체의 내측부위가 높게 나타나 아치에 영향을 줄 수 있다고 생각된다. 아치가 무너질 경우 평발, 무지외반, 족저근막염, 무릎허리통증 같은 여러 질환이 겹쳐 나타날 수 있기에[11] 톱굽도 발에 무리를 줄 수 있다.

인라인 스케이트는 후족부가 높았다. 전체적인 압력은 낮았지만 특정 부위에 높기에 장기간의 착용은 무리를 줄 수 있다고 생각한다.

힐리스는 인라인과 비슷하지만 무지부위에서도 높았다. 이것은 정지하기 위해 피험자들이 이 부위를 많이 사용했다고 생각된다. 수치가 높지는 않았

지만 신발의 특성상 속도를 제어 할 수 없는 상황 이거나 과도한 운동으로 지속적인 압력을 가할 경 우 무지와 족근골에 영향을 줄 수 있다.

족부 질환은 선천적, 후천적인 원인이 복합적으 로 되어 나타난다. 따라서 특정 부위에 압력이 주 어졌거나 신발로 인해 질환이 생길 수 있다고 볼 수 없다. 그러나 과도한 압력은 피로도와 변형을 야기할 수 있기에[1] 환자가 고통을 호소할 경우, 질환을 파악하고 교정효과를 높이기 위하여 신발에 의한 족저임펄스 분석을 고려해 볼 필요가 있다고 생각한다.

후 기

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원(02-PJ3-PG6-EV03-0004)으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Bransby, Zachary MAP, Stother IG, Wilkinson RW, "Peak pressure in the forefoot" J Bone Joint Surg, Vol. 72, pp.718-721, 1990
2. Jordan, C., Bartlett, R., "Pressure Distribution and Perceived Comfort in Casual Footwear" Vol. 3, No. 4, 1995
3. Kernozek TW, LaMott EE, Dancisak MJ, "Reliability of an in-shoe pressure measurement system during treadmill walking" Foot Ankle Int., Vol.17, pp204~209, 1996
4. 최순복, 이원자, "발의 불편감에 영향을 미치는 구두형태 및 보행특성" 복식문화연구, Vol. 10, No. 3, pp.306~317, 2002
5. 김봉옥, "임상보행분석의 방법" 대한재활의학회지, Vol.18, No.12, pp191~202, 1994
6. 김효은, 박영득, "구두의 굽높이가 발의 쾌적함에 미치는 영향 : 구속압을 중심으로" 계명과학논집, Vol.14, pp35~42
7. 김영호, 박시복, 양길태, 임송학, 이강목, 문무성, "엄지 발가락 외반증 환자의 발바닥 압력분포 특성" 대한의용생체공학회지, Vol.18, No.4, pp140~149, 1997
8. 정석길, "노인의 발 유형 및 보행 특성에 따른 신발 디자인의 인간공학적 연구" 동아대학교 대학원 박사학위논문, 1999
9. 노정석, 김택훈, "Parotec System 을 이용한 족저 압 측정의 신뢰도" 한국전문물리치료학회지, Vol. 8, No.3, 2001
10. 정진용 외 6명, "인체해부학" 서울, 탐구당, 2001
11. 이우천, 정문상, "족부의과학" 군자출판사, 2000

12. 이영숙, "한국인 성인 남녀 발외곽 형태 측정치 에 의한 발 형태 분류" 한국생활환경학회지, Vol. 3, No. 2, pp45-57, 1996