Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 28, No. 3 pp.95-102, August 2009

운동화, 하이힐, 그리고 킬힐에 따른 족압과 주관적 불편도 평가

송재웅 · 김성자 · 이가희 · 송기범 · 공용구

성균관대학교 시스템경영공학과

Evaluation of Foot Pressures and Subjective Discomfort Ratings associated with Sneakers, High Heels, and Kill Heels

Jae-Woong Song, Sung-Ja Kim, Ga-Hee Lee, Ki-Burm Song, Yong-Ku Kong

Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746

ABSTRACT

Ten young females were participated in this study to investigate the effects of types of shoes (sneakers, high heels, kill heels), types of tasks (standing, walking floor, step up and down), and areas of foot (fore foot, middle foot, rear foot) on foot pressures as well as subjective discomfort ratings. Results showed that kill heels had the most discomfort shoes, followed by high heels and sneakers. Generally, as the heel was higher, the discomfort of foot increased. For the analyses of task types, generally discomfort ratings were highest for the step down and up, followed by walking floor and standing. Especially discomfort ratings of high heels and kill heels were more evident in case of step up and step down than standing and walking floor. Standing task was rated as the lowest levels of discomfort on users' foot. Peak and mean foot pressures were also evaluated in this study. The findings represented that there was no significant differences between types of shoes in both peak and mean foot pressures. The peak pressure (82.14kPa) and mean pressure (40.32kPa) for standing task were significantly lower than those of other tasks [walking floor (190.55kPa, 55.46kPa), step up (191.43kPa, 53.80kPa), and step down (200.66kPa, 52.62kPa)]. Generally discomfort ratings and peak/mean pressures associated with foot showed that fore foot had higher discomfort ratings as well as peak and mean pressures than middle and rear foots. In particularly, this trend was more obvious in case of high heels and kill heels. For the high heels and kill heels, the peak pressures of fore foot were 4.5~4.8 times and 2.3~2.5 times greater than that of middle foot and rear foot, respectively, whereas the peak pressures of fore foot were 2.9 times and 1.7 times greater than that of middle and rear foots, respectively, in case of sneakers.

Keyword: Sneakers, High-heels, Kill-heels, foot pressure, Subjective discomfort ratings

*이 논문은 2008년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-D160700-D00702).
교신저자: 공용구
주 소: 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300, 전화: 031-290-7606, E-mail: ykong@skku.edu

1. 서 론

각자의 개성이 중시되고 자신감 있는 여자들이 늘어나는 시대의 흐름에 걸맞게 각선미를 살려주는 하이힐, 나아가 굽 높이 10cm를 넘어가는 높은 굽의 구두가 트렌디한 여성에게는 필수 아이템이 되었다. 이러한 최신 경향을 반영한 신발이 바로 킬힐(Kill Heels)이다. 킬힐이란 굽 높이가 최소 10센티 이상인 여성용 구두를 의미한다. 하지만 굽이 높은 구두는 발을 과도하게 구부러지게 하여 발목 관절에 무리를 주게 된다(Ebbeling, et al.,1994). 그리고 하이힐 신발을 장기간 착용하게 되면 엄지 외반 변형(무지외반증)이 일어나기도 한다(Nyska, et al., 1996).

국내의 여러 연구자들을 통해 여성들의 신발 종류나 굽의 높이가 신체에 미치는 영향(허리 근육의 피로도, 족저압, 불편감, 보행특성 등)에 관한 연구가 이루어져 왔다. 현수돈 외(1997)의 하이힐이 여성의 허리 근육에 미치는 영향에 대한 연구에서, 굽의 높이(4cm, 6cm, 8cm)와 굽 없는 신발(0cm)을 평가하기 위해 피실험자들의 근육 피로도를 측정하였으며 연구결과로 굽 높이 4cm 정도까지는 하이힐로 인한 허리 근육 피로도가 적으며 굽 높이가 6cm 이상이 되면 허리 근육을 쉽게 피로하게 하여 요통이 발생할 가능성이 높다고 보고하였다. 하이힐 보행이 비만 여성뿐 만 아니라 정상 체중 여성에게도 슬관절에 미치는 영향이 크다는 것을 보고한 바 있다(장윤회 외, 2007). 또한, 신발의 종류와 굽 높이에 따른 족저압, 최대 압력변화에 관한 연구도 실시되었는데, 김용재 외(2004)는 20대 성인 여성 6명을 상대로 신발 종류에 따른 족저압 영역별 비교를 하기 위해 족저압 측정기(Insole Sensor Type F-scan)를 사용하여 스니커즈와 4cm 굽의 구두를 독립변수로 둔 실험을 통해, 압력중심의 이동경로에서 구두는 외전, 스니커즈는 내전하며 최대 압력치는 대부분의 영역에서 구두가 스니커즈보다 더 높은 수치를 나타내고 영역별 접지시간도 구두가 훨씬 길며 구두 굽이 높아질수록 최대 압력치는 높아질 것이라는 연구결과를 보고하였다. 그러나 이 연구에서 구두의 굽이 4cm로 한정됨으로 인해 더 높은 구두를 신었을 경우 최대 압력치가 비례적으로 높아진다고 확언하기는 어렵다고 할 수 있다. 최순복 외(2002)는 발의 불편감에 영향을 미치는 구두형태 및 보행특성에 관한 연구에서 설문지를 통해 굽 높이에 따른 발 불편감을 조사하여, 굽 높이가 높을수록 발의 불편감이 높아지고 접지시간은 짧아지며 최대 압력은 높아진다는 결과를 보고하였다. 비록, 신발을 신지 않은 상태에서의 실험이기는 하나, 한진태 외(2008)은 평지보행, 계단 그리고 경사로 오르기 동안 압력중심 이동경로의 변화와 족부의 영역별 최고 족저압 변화를 알아보기 위해 21~30세의 젊은 성인과 65~75세의 노인을 대상으로 보행중의 족저압의 변화를 측정하는 방식으로 실험을 진행하였는데 최고 족저압은 대체적으로 경사로 오르기에서 변화가 크게 나타났다. 안은수 외(2004)는 신발 종류에 따른 족저 임펄스의 분석을 위해서 건강한 성인 여성 20명을 대상으로 운동화, 5cm 구두, 8cm 구두, 13cm 구두, platform 신발, 인라인스케이트 그리고 힐리스를 실험 대상 신발로 정하고 정해진 길로 보행하도록 하여 족저 임펄스를 측정하고 분석하였다. 그 결과 운동화에 비해 5cm 구두, 8cm 구두, 13cm 구두는 보행 중에 체중이 앞으로 쏠리게 되기 때문에 족저압 임펄스의 값이 크게 나타났지만 정적압력분포, 동적압력최고치, 동적 임펄스 모두에서 구두 굽 높이에 따른 유의차 및 경향 혹은 패턴은 나타나지 않는 것으로 보아 구두 굽 높이가 높아질수록 위험하다고 볼 수는 없지만 운동화에 비해서는 구두가 위험하다는 결과를 보고하였다.

이처럼 하이힐이 여성의 발 건강이나 근육에 좋지 않은 영향을 미치는 것은 많은 연구를 통해서 증명이 된 바이다. 그러나 요즘 여성들 사이에서 유행하는 킬힐이 여성들의 발 건강이나 근육에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 그리고 신발을 신지 않은 상태에서 평지보행, 계단과 경사로 오르기 동안의 족저압을 비교한 연구(한진태 외, 2008)는 있으나 높은 굽의 구두를 신고 평지보행, 계단과 경사로 오르기를 하는 동안의 발에 미치는 영향이나 족저압의 변화에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

이에 본 연구에서는 운동화와 하이힐(6cm 굽 높이, 이하 하이힐), 그리고 킬힐(12cm 굽 높이, 이하 킬힐)을 사용하여 계단 오르기와 계단 내려가기, 평지보행, 서 있는 자세에 따른 각 족부의 영역별(전족부, 중족부, 후족부) 족압분포를 알아봄으로써 신발유형에 따른 족압의 변화뿐 아니라 신발유형, 작업방법, 족부영역 간의 교호작용에 관하여 연구하고자 한다. 또한, 신발유형과 작업방법에 따른 족부영역 별 주관적 불편도에 대한 연구도 실시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 피실험자

본 연구를 위해 대학 재학중인 여학생으로서, 족부 질환의 경험이 없고, 하지 관련 근골격계질환이나 발목의 손상, 발의 기형이 없으며, 평소 하이힐을 신고 보행하는 10명을 피실험자로 선정하였다. 실험에 참여한 피실험자들의 평균 나이는 22세(20~24세), 평균 키는 162cm(157~167cm)이었으며, 몸무게는 평균 52kg(45~58kg)이었다.

2.2 실험 장치

세 가지 신발유형(운동화, 하이힐, 킬힐)과 작업방법에 대한 피실험자들의 족압을 측정하고 분석하기 위하여 그림 1(좌)와 같은 Foot Scan 시스템인 Pedar-x System (Novel inc.)을 사용하였다. Pedar-x System은 Pedar Insoles(그림 1, 우)과 연결되어 있으며, Pedar Insoles로부터 수집되는 데이터들을 Bluetooth Telemetry System을 이용하여 본체에 송신하는 시스템이다. PC에 수신된 족압 데이터들은 Pedar-x Software(Expert Version 12.1.)를 통해 각 센서들의 평균과 최고 압력 등을 분석하게 된다. Pedar Insoles(그림 1, 우)는 왼발과 오른발에 각각 99개의 정밀한 압력센서로 이루어져 있으며, 두께는 약 1.9mm이며, 1분에 50개의 데이터를 수집할 수 있다. 여러 크기의 인솔들 중, 본 연구에서는 신발치수 245mm에 맞는 insole을 사용하였다.

그림 1. 족압 측정 장치(좌: Pedar-x System; 우: Insole) [source: http://www.novel.de]

2.3 실험방법

신발유형에 따른 족압의 변화를 측정하기 위해 독립변수로는 3개의 신발유형(운동화, 하이힐, 킬힐), 4종류의 작업방법(서 있기, 평지보행, 계단 오르기, 계단 내려가기), 그리고 족부영역(전족부, 중족부, 후족부)이 사용되었다. 피실험자들은 실험에 앞서 본 실험의 목적과 절차에 대해 설명을 충분히 들은 뒤, 실험 순서에 의한 오차를 줄이기 위하여 무작위로 실험을 실시하였다(Lateru, et al., 1991).

Pedar-x Insole의 Insole Sensors가 설치된 신발을 착용한 피실험자들에게 서 있기, 평지보행, 계단 내려가기 그리고 계단 오르기를 시행하기 위해 실내계단과 복도에서 실시하였으며, 걷는 속도는 1.0m/s로 유지하도록 하였다. 또한, 복도와 계단에 발바닥모양을 붙여서 편안한 걸음을 유도함과 동시에 각 실험 별 개인의 차를 최소화하도록 하였다. 실험은 오른발 3걸음, 왼발 3걸음으로 구성된 총 6걸음을 걷게 하고 계단 오르기, 계단 내려가기 작업 역시 같은 방법으로 실험했으며, 서 있기 실험에서는 제자리에서 10초간 서 있게 하였다.

각각의 실험 후 피실험자들은 본인의 각 족부영역(전족부, 중족부, 후족부)에 대하여 10점 척도를 이용하여 주관적 불편도를 평가하였다(10-가장 불편함).

족부영역은 해부학적인 관점에서 크게 세 부분 즉, 전족부, 중족부 그리고 후족부로 구분된다. 전족부(앞쪽발, Forefoot)는 발가락뼈(지절골, Phalanges), 종지뼈(종자골, Sesamoid Bones), 그리고 발허리뼈(중족골, Metatarsals)들로 이루어져 있고; 중족부(중간발, Mid foot)는 안쪽, 중간, 그리고 가쪽 쐐기뼈(내측, 중간 그리고 외측 설상골, Medial, Middle, and Lateral Cuneiforms), 입방뼈(입방골, Cuboid), 그리고 발배뼈(주상골, Navicular)들로 이루어져 있으며; 후족부(뒤쪽발, Hind Foot)는 목말뼈(거골, Talus)와 발꿈치뼈(중골, Calcaneus)들로 이루어져 있다(Biel, 2008). 그림 2는 해부학적 족부영역 구분을 기반으로 Pedar-x Insole을 세 부분으로 구분한 것을 보여준다. 총 99개의 센서 중 센서1~센서19까지는 후족부, 센서20~센서40까지는 중족부, 그리고 센서41~99까지는 전족부에 해당한다(센서의 일련번호는 후족부 위치부터 1로 시작하여 전족부의 맨 끝부분이 99이다).

그림 2. 해부학적 족부영역 구분을 기반으로 한 Pedar-x Insole의 구분[source: Biel, 2008]

2.4 분석 방법

사용된 족저압 측정 시스템은 왼발과 오른발 각각 99개의 압력 감지점으로 이루어진 압력탐색기가 정적 및 동적 상태의 압력 측정을 가능하게 해 준다. 측정된 압력들을 변환장치를 거쳐 컴퓨터에 저장한 뒤, Pedar-x Expert Version 12.1.로 각 작업에 대한 족압을 분석하게 된다. 각 족부영역에 대한 압력을 분석하기 위해 발바닥을 세 부분으로 분류해 전족부, 중족부, 후족부에 대한 최고 압력과 단위시간당 평균 압력을 비교하였다. 평균 압력은 센서 압력의 총합을 측정시간과 센서 수로 나눈 값이다. 결과분석은 SPSS

12.0을 이용하였으며 사후분석의 다중비교 방법은 Tukey HSD법을 선택하였다. 통계적 유의수준은 모든 검정에서 α=0.05이다.

3. 연구결과

3.1 주관적 불편도 평가

실험에 대한 피실험자의 주관적 불편도 평가에서 신발유형, 작업방법, 그리고 족부영역의 요인들에 대한 분산분석을 실시한 결과, 모두 통계적으로 유의한 결과를 보였다(p<0.001). 그림 3은 신발유형과 작업방법, 그리고 족부영역에 대한 주관적 불편도 평가 결과를 각각 보여준다.

각 요인에 대한 Tukey test 결과, 신발유형에서는 킬힐(5.19)이 통계적으로 유의한 가장 높은 불편도를 보였으며, 그 다음으로 하이힐(3.83)과 운동화(1.84) 순으로 나타났다. 작업방법에서는 계단 내려가기(4.44)에 대한 불편도가 가장 높았으며, 계단 오르기(4.0), 평지보행(3.21), 그리고 서 있기(2.83) 순으로 나타났다. 족부영역에 따른 주관적 불편도 평가는 전족부(4.9)가 가장 높았으며, 후족부(3.53)에 비해 중족부(2.44)의 불편도가 상대적으로 낮음을 보였다.

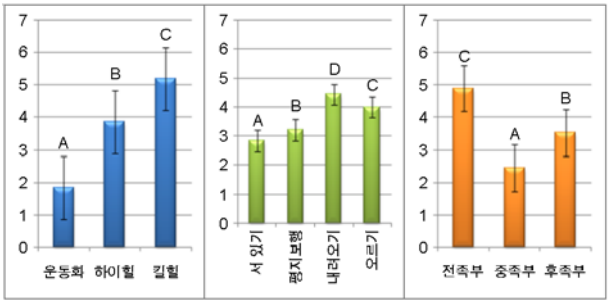

그림 3. 주요인에 따른 주관적 불편도 평가

각 주요인들간의 교호작용에 대한 분석에서는 신발유형과 작업방법, 작업방법과 족부영역, 그리고 신발유형과 족부영역이 통계적으로 유의함을 보였다(all p<0.005). 그림 4, 5 그리고 6은 각각의 교호작용을 보여준다.

신발유형과 작업방법의 교호작용(그림 4)에서는 주효과의 결과에서 이미 언급하였듯이, 일반적으로 운동화에 비해 하이힐과 킬힐에 대한 상대적 불편도가 높은 것을 알 수 있으며 특히, 서 있기와 평지보다는 계단 내려가기와 오르기에서 그 차가 두드러지는 것을 보여준다.

그림 5의 경우는, 작업방법에 따른 족부영역 별 주관적 불편도의 변화를 보여주고 있는데, 서 있기와 평지걷기보다 계단 내려가기와 오르기에서 전족부의 불편도의 변화가 중족부와 후족부의 불편도의 변화폭보다 큰 것을 볼 수 있는 반면, 중족부의 경우는 작업방법에 따라 주관적 불편도의 변화가 크지 않음을 알 수 있다.

그림 6(신발유형*족부영역)에서는 신발의 굽 높이가 높아짐에 따라(즉, 운동화에서 하이힐과 킬힐) 전족부 불편도가 중족부와 후족부에 비해 큰 폭으로 커지는 것을 보여준

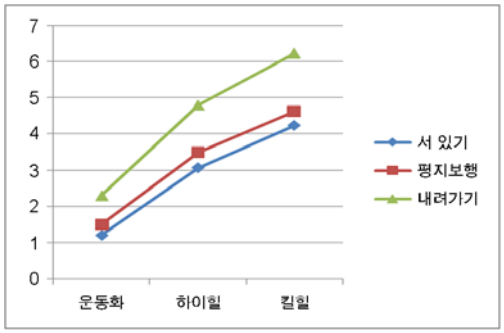

그림 4. 주관적 불편도 평가-교호작용(신발유형*작업방법)

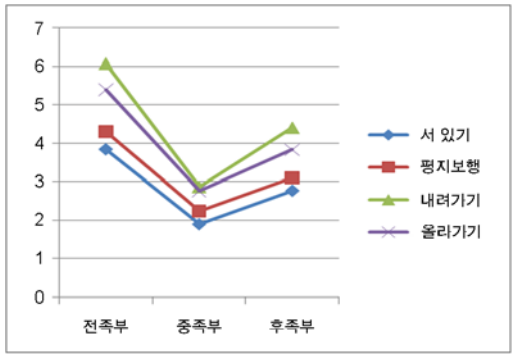

그림 5. 주관적 불편도 평가-교호작용(작업방법*족부영역)

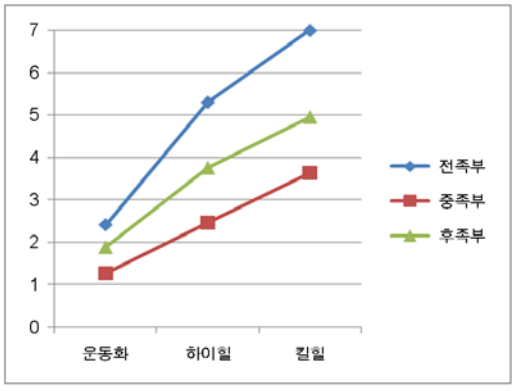

그림 6. 주관적 불편도 평가-교호작용(신발유형*족부영역)

다. 특히, 킬힐의 경우 전족부에 대한 불편도는 다른 신발의 경우보다 큰 것을 볼 수 있었다.

3.2 최고 압력

신발유형(운동화, 하이힐, 킬힐)과 작업방법(서 있기, 평지보행, 계단 내려가기, 계단 오르기)에 따른 각 족부영역(전족부, 중족부, 후족부)의 최고 압력을 측정 및 분석한 결과, 신발유형을 제외한(p=0.053) 작업방법과 족부영역은 최고 압력은 통계적으로 유의한 결과를 보여주었다(p< 0.001). 표 1은 각 주요인에 대한 최고 압력을 보여준다.

표 1. 주요인에 대한 최고 압력

	수준	최고 압력(kPa)
신발유형	운동화	161.82^{A}
	하이힐	175.90^{A}
	킬힐	160.87^{A}
작업방법	서있기	82.14^{A}
	평지보행	190.55^{B}
	계단 오르기	191.43^{B}
	계단 내려가기	200.66^{B}
족부영역	전족부	292.10^{C}
	중족부	72.99^{A}
	후족부	133.50^{B}

비록 통계적으로 유의하지는 않았으나, 신발유형 따른 최고 압력은 하이힐(175.90kPa)이 킬힐(160.87kPa)과 운동화(161.82kPa)보다 높게 나왔으며, 운동화와 킬힐 간의 차이는 거의 나타나지 않았다. 작업방법에 따른 최고 압력은 서 있기(82.14kPa)가 평지보행(190.55kPa), 계단 오르기(191.43kPa), 그리고 계단 내려가기(200.66kPa)보다 낮았다. 대체적으로 계단 오르기와 내려가기가 평지보행보다는 최고 압력이 컸으며, 계단 내려가기가 계단 오르기보다 다소 높은 최고 압력을 보여주었다. 족부영역에 따른 최고 압력은 전족부(292.10kPa)가 후족부(133.50kPa)와 중족부(72.99kPa)보다 뚜렷하게 높은 압력을 보여주고 있으며, 후족부의 경우는 중족부보다 높게 나타났다(p<0.001).

최고 압력에 대한 주요인들간의 교호작용분석 결과, 신발유형과 작업방법, 작업방법과 족부영역, 그리고 신발유형과 족부영역이 통계적으로 유의함을 보였다(all p<0.05). 그림 7, 8 그리고 9는 각각의 교호작용을 보여준다.

그림 7에서 킬힐을 신을 때, 계단 내려가기의 최고 압력이 서 있기, 평지보행 그리고 계단 오르기보다 유난히 크다는 것을 알 수 있다. 또한 하이힐에서 평지보행, 계단 내려가기 그리고 계단 오르기가 운동화와 킬힐의 최고 압력보다 높다는 것을 알 수 있다.

그림 8은 후족부에서 평지보행의 최고 압력이 계단 내려가기와 계단 오르기보다 크게 나타나지만 전족부와 중족부에서는 평지보행이 계단 내려가기, 계단 오르기보다 낮은 것을 알 수 있다.

주요인분석의 결과에서 이미 언급하였듯이, 중족부와 후족부에 비해 전족부의 압력분포가 큰 것을 볼 수 있으며, 특히 신발유형과의 상관관계에서는 중족부와 후족부에서는 운동화, 하이힐, 킬힐의 차이가 크지 않지만(운동화, 하이힐,

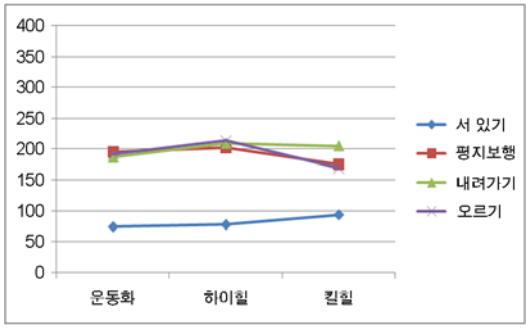

그림 7. 최고 압력-교호작용(신발유형*작업방법)

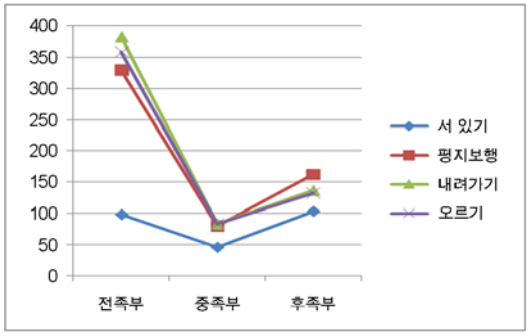

그림 8. 최고 압력-교호작용(작업방법*족부영역)

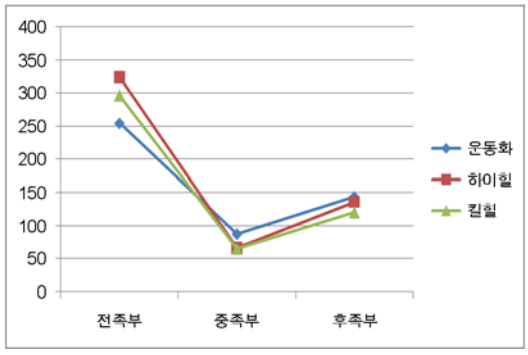

그림 9. 최고 압력-교호작용(족부영역*신발유형)

킬힐 순으로 최고 압력이 크게 나타남), 전족부에서는 운동화에 비해 하이힐과 킬힐에서 큰 최고 압력을 보여주고 있다(그림 9).

3.3 평균 압력

피실험자의 신발유형(운동화, 하이힐, 킬힐) 작업방법(서 있기, 평지보행, 계단 오르기, 계단 내려가기), 그리고 족부영역(전족부, 중족부, 후족부)에 대한 각각의 평균 압력을 측정한 뒤 Tukey HSD법으로 분석한 결과, 모든 요인이 유의하였다(p<0.05).

신발유형 따른 평균 압력은 운동화(48.97kPa), 하이힐(50.90kPa), 킬힐(51.78kPa) 간의 차이가 나타나지 않았으며, 작업방법에 따른 최고 압력은 서 있기(40.32kPa)가 평지보행(55.46kPa), 계단 오르기(53.80kPa), 그리고 계단 내려가기(52.62kPa)보다 낮았다(p<0.001). 그리고 평지보행, 계단 오르기, 계단 내려가기 간의 차이는 유의하지 않았다. 그리고 족부영역에 따른 평균 압력은 중족부(58.33 kPa)가 전족부(59.33kPa)와 후족부(58.33kPa)보다 낮았으며, 전족부와 후족부간에 차이는 나타나지 않았다[표 2].

표 2. 주요인에 대한 평균 압력

	신발유형	평균 압력(kPa)
신발유형	운동화	48.87^{A}
	하이힐	50.90^{A}
	킬힐	51.78^{A}
작업방법	서있기	40.32^{A}
	평지보행	55.46^{B}
	계단 내려가기	52.62^{B}
	계단 오르기	53.80^{B}
족부영역	전족부	59.33^{B}
	중족부	33.98^{A}
	후족부	58.33^{B}

교호작용분석에서는 작업방법과 족부영역, 그리고 신발유형과 족부영역이 통계적으로 유의함을 보였다(all p<0.005).

그림 10은 평균족압에 대한 작업방법과 족부영역의 교호작용을 보여주는데, 최고족압분포와 유사한 경향을 보여주고 있다. 전족부에서는 내려가기 작업방법에서, 중족부에서는 오르기에서 상대적으로 높은 평균 압력을 보여주고 있으며, 후족부에서 평지보행일 경우가 가장 높은 평균 압력을 받는 것을 알 수 있다.

신발의 유형과 족부영역에 대한 평균 압력분포는 최고 압력분포와 다소 다른 경향을 나타내는데, 그림 11에서 나타나는 바와 같이 운동화일 경우는 후족부의 평균 압력이 가장 큰 반면, 하이힐과 킬힐에서는 전족부에 미치는 평균 압력이 후족부와 중족부 보다 큰 것을 알 수 있다.

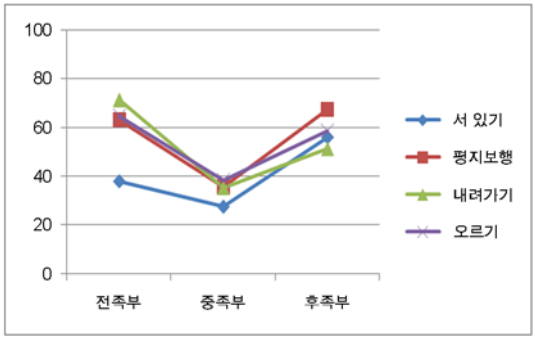

그림 10. 평균 압력-교호작용(작업방법*족부영역)

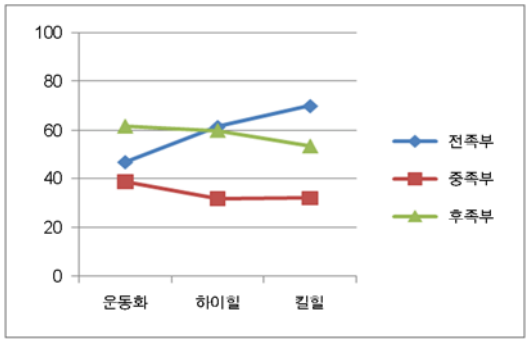

그림 11. 평균 압력-교호작용(신발유형*족부영역)

4. 결 론

신발유형, 작업방법, 족부영역에 따른 주관적 불편도 평가 분석결과, 먼저 신발유형에 대한 피실험자들의 불편도는 킬힐, 하이힐, 그리고 운동화 순으로 나타났다. 작업방법에 대한 불편도는 계단 내려가기가 가장 힘든 것으로 나타났고 그 다음으로 계단 오르기, 평지보행, 서 있기 순으로 불편도가 큼을 알 수 있었다. 족부영역에 따른 주관적 불편도 평가는 전족부가 가장 높았으며, 후족부, 중족부 순으로 큰 불편도를 나타냈다. 따라서 전반적으로 피실험자들은 운동화보다는 굽이 있는 구두에서, 하이힐보다 킬힐에서 더 큰 불편함을 느낀다고 할 수 있다. 특히, 킬힐의 경우 전족부에 대한 불편도가 상대적으로 매우 높았으며, 이는 계단 내려가기와 오르기에서 두드러지는 경향을 보였다. 전반적으로, 신발의 굽이 높아짐에 따라서 중족부, 후족부에 비해 전족부의

불편도가 큰 차이로 증가함을 알 수 있었다. 본 연구에서 분석된 신발유형, 작업방법, 족부영역에 대한 주관적 불편도는 기존 연구와 유사한 결과를 보였는데, 최순복 외(2002)의 설문지를 통한 구두형태에 따른 발의 불편감 연구결과에서도 굽 높이가 높을수록 발의 불편도가 높아진다고 보고하였다.

피실험자들의 주관적 불편도가 신발유형, 작업방법, 그리고 족부영역에 따라 뚜렷한 결과가 나온 반면, 족압의 최고 압력 평가 분석에서는 신발유형에 따른 차이가 뚜렷이 유의하지는 않았다. 하이힐의 경우는 운동화와 킬힐보다 높은 최고 압력을 보였으나 킬힐의 경우는 운동화와 유사한 수준을 보였다. 이는 최대 압력값이 대부분의 영역에서 운동화보다 구두가 더 높은 수치를 나타난다고 예상한 기존 연구들(김용재 외, 2004; 안은수 외, 2004)과는 다소 다른 결과라고 할 수 있다. 작업방법에 따른 최고 압력은 서 있기가 평지보행, 계단 오르기, 계단 내려가기보다 낮은 압력을 나타냈으며, 평지보행에 비해 계단 오르기와 계단 내려가기에서 최고 압력이 다소 높게 나왔으나, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지는 않았다.

신발유형과 작업방법의 관계에서는 운동화와 하이힐을 신었을 때는 각각의 실험방법에 따른 큰 차이를 보이지 않았지만 킬힐에서는 계단 내려가기의 최고 압력이 나머지 작업방법보다 큰 차이를 나타냈다. 작업방법과 족부영역의 관계에서 중족부는 서있는 작업을 제외하고는 다른 작업방법들의 최고 압력이 비슷한 값을 나타냈으나, 전족부에서는 계단 내려가기에서 가장 큰 압력을 나타내는 것을 알 수 있었다. 반면, 서 있기의 최고 압력은 다른 실험방법에 비해 확연히 낮은 압력을 나타냈다. 신발유형과 족부영역과의 관계에서는 운동화의 경우, 전족부의 압력이 중족부의 2.9배, 후족부의 1.7배 높게 나타났으며, 하이힐의 경우는, 전족부의 압력이 중족부의 4.8배, 후족부의 2.3배 높은 압력이 나타났다. 또한 킬힐의 경우 역시 전족부의 압력이 중족부의 4.5배, 후족부의 2.5배 높게 나왔음을 알 수 있었다. 이를 통해 신발유형에 상관없이 전족부가 다른 영역에 비해 높은 압력을 나타냈으며, 운동화보다 구두에서 전족부와 다른 영역들 간에 차이가 상대적으로 큰 것을 알 수 있었다. 족부 전체 압력만을 비교했을 때는 신발유형에 따른 최고 압력은 차이가 나지 않았으나 전족부만 비교했을 때는 운동화에 비해서 하이힐과 킬힐이 다른 영역들 보다 전족부의 압력이 높은 것으로 보아 운동화보다 구두를 신었을 때 발의 앞부분에 강한 압력이 가해짐으로써 더 큰 불편함을 느낄 것으로 예상할 수 있다. 이는 운동화에 비해 보행 중에 체중이 앞으로 쏠리게 되므로 구두가 더 위험하다고 예상한 기존 연구들(김용재 외, 2004; 안은수 외, 2004)과 한진태 외(2008)의 발 구분에 따른 최고 압력은 전족부, 후족부, 중족부 순으로 크게 나타났으며 전족부는 후족부에 비해 4배 이상 큰 최고 압력치가 나타난다는 연구결과들과 유사한 결과라고 할 수 있다.

신발유형, 작업방법, 족부영역에 따른 평균 압력분석 결과 역시, 운동화와 하이힐, 하이힐과 킬힐 간에 차이가 나타나지 않았다. 작업방법에서의 평균 압력은 평지보행, 계단 오르기, 계단 내려가기 간에는 차이가 없었으나 이 세가지 작업방법에 비해 서있는 작업은 확연히 낮은 평균 압력을 나타냄을 알 수 있었다. 이는 앞서 언급한 최고 압력분석 결과와 유사한 결과이다. 마지막으로 족부영역에서의 평균 압력은 중족부에 비해서 전족부, 후족부가 크게 나타났으나 전족부와 후족부 사이에는 큰 차이가 없었다.

작업방법과 족부영역의 평균 압력분석에서, 전족부에서는 계단 내려가기, 중족부에서는 계단 오르기, 후족부에서는 평지보행이 큰 압력을 나타냈다. 신발유형과 족부영역의 관계에서는 운동화에서는 후족부의 압력이 가장 크게 나타났으나, 하이힐과 킬힐에서는 전족부의 평균 압력이 가장 크게 나왔음을 알 수 있었다. 이 결과는 굽이 높을수록 압력이 앞으로 쏠리기 때문에 운동화에 비해 구두를 신었을 경우 전족부에 더 큰 압력이 가해진다고 볼 수 있다.

본 연구의 한계점으로는 주관적 불편도에 대한 평가에서 일반적으로 피실험자들은 자신의 발에 가해지는 족압에 대한 느낌만을 평가하기보다는 근육의 피로도나 발목의 꺾임, 하지의 자세와 몸 전체의 균형 등 많은 다른 외부적 요인들을 함께 고려한다고 볼 수 있을 것이다. 이는 본 연구결과에서 주관적인 불편도의 평가와 객관적인 족압(최고족압과 평균족압)과 정확히 일치하지 않은 결과를 설명할 수 있을 것이다. 또한 이는 앞으로 하이힐과 킬힐에 대한 연구에 있어서 족압뿐 만 아닌 근육의 피로도와 활성도 그리고 하지 자세의 평가를 위해 근전도나 자세분석을 함께 고려해야 보다 정확한 평가가 이루어 질 것으로 생각된다. 또 다른 한계점으로는, 본 실험에서 피실험자들의 대부분은 하이힐(6cm 굽 높이)과 운동화의 익숙함의 정도는 서로 유사하였으나, 최근에 유행하고 있는 킬힐(12cm 굽 높이)의 경우, 피실험자들의 익숙함의 정도를 통제하기가 쉽지 않았다고 할 수 있다.

신발의 유형과 작업방법에 따른 피실험자들의 족부영역별 주관적 불편도와 족압분포에 대한 연구를 통해 킬힐과 하이힐의 경우 전족부에 대한 불편도와 족압이 중족부와 후족부에 비해 상대적으로 높았으며, 특히 계단 내려가기와 오르기에서 두드러짐을 보였다. 이는 하이힐이나 킬힐과 같은 굽이 높은 구두를 장시간 신을 경우 발생할 수 있는 발바닥 근막 손상이나 무지외반증과 같은 근골격계질환 발생의 이해와 예방을 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 킬힐에 대한 시작단계의 연구로서 언급된

한계점을 보완하기 위한 킬힐에 대한 지속적인 연구의 필요성을 인식하며, 본 연구의 결과가 앞으로 많은 연구들의 기초자료로 활용되기를 기대한다.

참고 문헌

김용재, 김정태, 홍준희, 이중숙, 이훈식, 박승범, 2004, 20대 여성의 신발종류에 따른 족저압 영역별 비교 연구, *한국운동역학회지*, 14(3), 83-98.

안은수, 염광문, 이순혁, 2004, 신발 종류에 따른 족저 임펄스의 분석, *한국정밀공학회 추계학술대회 논문요약집*, 10, 30-33.

장윤희, 이완희, 2007, 하이힐 보행이 비만 여성의 슬관절에 미치는 영향, *한국전문물리치료학회지*, 14(3), 23-31.

최순복, 이원자, 2002, 발의 불편감에 영향을 미치는 구두형태 및 보행특성, *복식문화연구*, 10(3), 306-317.

한진태, 김경, 임승건, 2008, 평지보행 그리고 계단과 경사로 오르기 동안 압력중심 이동경로 및 족저압 비교, *한국운동역학회지*, 18(4), 59-65.

현수돈, 김정룡, 1997, 여성 하이힐이 허리 근육 피로에 미치는 영향에 관한 연구, *대한인간공학회 춘계학술대회논문집*, 363-377.

Biel, A., 2008, "Palpation Road Map", *EPUBLIC*, 348-349.

Ebbeling, C. J, Hamill, J. and Crussemeyer, J. A., 1994, Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes, *Journal of Orthopeadic and Sports Physical Therapy*, 19, 190-196.

Lateru, J. F., Giaconi, R. M., Questad, K., Ko, M. and Lehmann, J. F., Footwear and posture: Compensatory strategies for heel height, *American Journal of Physical Therapy*, 19, 190-196, 1991.

Nyska, M., McCabe, C., Linge, K. and Klenerman, L., Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes, *Foot Ankle International*, 17, 662-666, 1996.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 송 재 웅 ❖ suns15@skku.edu
현 재: 성균관대학교 시스템경영공학과
관심분야: 인간공학적 제품 디자인 및 평가

❖ 김 성 자 ❖ sungja27@skku.edu
현 재: 성균관대학교 시스템경영공학과
관심분야: 인간공학적 제품 디자인 및 평가

❖ 이 가 희 ❖ classiccc@skku.edu
현 재: 성균관대학교 시스템경영공학과
관심분야: 인간공학적 제품 디자인 및 평가

❖ 송 기 범 ❖ idshadow@skku.edu
현 재: 성균관대학교 시스템경영공학과
관심분야: 인간공학적 제품 디자인 및 평가

❖ 공 용 구 ❖ ykong@skku.ac.kr
미국 펜실베니아 주립대학교 산업공학과 박사
현 재: 성균관대학교 시스템경영공학과 조교수
관심분야: 인간공학적 제품 디자인 및 평가,
근골격계질환 예방 및 분석

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 07월 07일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2009년 08월 05일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2009년 08월 05일