

## 보행 시 발 뒤측 내/외측 경사진 안창의 족부압력 분석

### Foot pressure analysis of laterally & medially wedged rearfoot insole in gait

채병기\*, 임완수\*\*, 류태범\*, 최화순\*, 정민근\*

\* 포항공과대학교 산업경영공학과

\*\* 삼성전자 TN

†dazzi21@postech.ac.kr

#### Abstract

경사진 안창은 안창의 경사로 발의 자세를 교정함으로써 하지 통증을 완화시키는 데 사용되는 보조 치료기구로 내측 경사진 안창(MWI: medially wedged insole)과 외측 경사진 안창(LWI: laterally wedged insole)으로 나뉜다. 본 연구는 내/외측 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고자 한다. 분석변수는 압력중심(COP: center of pressure)의 궤적 변화, 발바닥 내 세 개 구획에 상대적으로 작용하는 수직 힘(RVF: relative vertical force) 그리고 여덟 개 해부학적 지점의 압력이다. 경사진 안창의 경사조건은 내/외측 각각 5°, 8°, 15°이며, 경사가 없는 안창을 포함해 총 일곱 가지 안창이 실험에 사용되었다. 실험참여자로는 20대 성인 남성 10명이 참여하였다. 실험결과 앞발 누름기에서 MWI와 LWI는 모두 COP를 내측으로 이동시키고 외측 압력을 감소시켰다. 뒤측 접지기에서 MWI는 COP를 내측으로 이동시키고 내측 압력을 증가시키는 반면, LWI는 COP를 외측으로 이동시키고 외측 압력을 증가시켰다. 그리고 RVF 분석결과 MWI와 LWI는 모두 앞발 부위 힘의 크기를 감소시켰고, LWI만이 발 뒤측 부위 힘의 크기를 증가시켰다.

#### 1. 서론

경사진 안창(wedged insole)은 안창의 경사로 발의 자세를 교정함으로써 하지 통증을 완화시키는데 사용되는 보조 치료기구이다. 경사진 안창은 하지 장애의 보존적 치료기구 중에 하나로써 발의 비정상적인 구조를 교정하여 과사용증후군(overuse syndrome) 또는 무릎 관절염으로 인한 하지의 통증을 완화 시키려는 목적으로 고안되었다. 경사진 안창은 경사가 있는 위치에 따라 LWI와 MWI의 두 종류로 나뉜다.

경사진 안창의 정량적 효과에 대한 기존 연구들은 주로 운동형상학 및 운동역학 측면에서 하지 관절에 미치는 영향을 분석하였다. 운동형상학 측면에서 안은선 외(2005)는 MWI와 LWI 모두

발목관절의 관상면에서 발의 안쪽변짐을 유도함을 보고하였다. 일반적으로 LWI 경우 발의 가쪽변짐을 유도한다고 생각할 수 있으나 안은선 외(2005)는 자연스러운 보행을 위해 안창 경사면의 외측 부분을 밟고 걸음으로써 발의 안쪽변짐이 증가한다고 설명하고 있다. Baich et al. (1991)은 MWI가 발목관절의 관상면에서 발의 운동범위(total rearfoot of motion)를 감소시킨다고 보고하였다. 운동역학 측면에서 LWI는 발목관절의 안쪽 변짐 모멘트와 무릎 관절의 내반 모멘트를 감소시키는 반면, MWI는 안쪽 변짐 모멘트와 무릎 관절의 내반 모멘트를 증가시킨다고 보고되고 있다(McClay, 2000; 안은선 외, 2005).

운동형상학 및 운동역학 측면에서 경사진 안창의 효과에 대한 연구는 많이 있으나 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 미흡하다. 족부압력에 관한 기존연구들은 주로 굽 높이에 따라 변하는 족부압력 분포의 변화 또는 경사가 없는 안창을 사용하여 보행 시 발가락 들림기(toe off)나 발뒤측 접지기(heel contact)와 같은 특정구간에서 발생하는 족부압력의 변화를 분석한 것들이 대부분이다(Eisenhardt et al., 1996; Hayafune et al., 1999). 경사진 안창은 안창의 경사를 사용하여 보행 시 족부압력 변화에 영향을 미치며, 경사진 안창 사용에 따른 족부압력 변화로 인해 무릎 또는 발목 관절의 모멘트가 영향을 받음으로 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향은 분석될 필요가 있다. 그러나 조사된 바에 의하면 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향에 대한 기존 연구로는 Gheluwe & Danaberg (2004)의 연구가 있을 뿐 부족한 실정이다.

Gheluwe & Danaberg (2004)의 연구는 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향에 대한 일반적인 결론을 내리기에는 좁은 범위의 경사 조건을 사용하고 경사 조건의 수가 작다는 한계점을 가지고 있다. Gheluwe & Danaberg (2004)는 발 앞부분(forefoot)에 경사를 사용한 안창과 뒤측(rearfoot)에 경사를 사용한 안창을 구분하여 실험을 하였다. 발 앞 부분의 경우 3°와 6°의 MWI와 3°의 LWI를 사용하였고 뒤측의 경우 4°와

8°의 MWI와 4°의 LWI를 사용하였다. 경사진 안창의 기존연구들에서 주로 5°, 8°, 10°, 15° 그리고 25°의 경사를 사용한 것을 고려해 볼 때 Gheluwe & Danaberg (2004)의 연구는 3°와 4°와 같이 경사가 없는 안창과 경사 범위가 크게 차이가 나지 않는 좁은 범위의 경사 조건을 사용하고 있다. 그리고 경사 조건 수의 경우 MWI는 발 앞부분과 뒤축 각각 경사 조건이 두 개이고 LWI는 경사 조건이 한 개로 경사가 없는 안창과의 비교 및 경사 조건간 비교를 위한 경사 조건의 수가 작아 실험 결과를 일반화하기는 힘들다는 한계점을 가지고 있다. 끝으로 Gheluwe & Danaberg (2004)는 결과를 해석함에 있어 경사를 사용한 부위에 대한 해석이 있을 뿐 경사진 안창이 발 전반에 미치는 영향에 대한 해석은 부족했다.

본 연구는 경사진 안창과 관련한 기존 연구에서 주로 사용한 안창의 경사각 및 내/외측 모두 세 개의 경사 조건을 갖는 경사진 안창을 사용하여 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향을 발바닥에 작용하는 압력과 힘 분포 측면에서 분석하고자 한다. 실험에 사용된 경사진 안창은 발 뒤축 내/외측 경사가 모두 5°, 8°, 15°인 MWI와 LWI이며, 경사가 없는 안창을 포함해 총 일곱 개 조건이 실험조건으로 사용되었다. 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향에 대한 정량적 분석을 위한 변수들로는 COP의 궤적 변화, RVF 그리고 여덟 개 해부학적 지점의 압력이 사용되었다. 그리고 본 연구에서 족부압력 분석을 통해 파악된 결과는 기존 운동역학 및 운동역학 분석 연구의 결과와 비교하여 통합적으로 분석되었다.

## 2. 연구방법

### 2.1 피실험자 및 실험장비

하지 부위 관련 병력이 없고 보행에 불편이 없는 20대 성인 남성 10명이 본 실험에 참여하였다. 표 1은 실험참여자들의 연령 및 인체 측정 데이터를 나타낸다.

표 1. 연령 및 인체측정 데이터의 평균(표준편차)

연령	신장(cm)	몸무게(kg)	발길이(cm)	발너비(cm)
24.8(1.1)	175.5(4.5)	73.3(5.3)	25.4(1.0)	9.7(2.1)

족부압력 측정 장비로는 가로 0.5 cm, 세로 0.7 cm의 압력센서를 포함하고 있는 RsScan International 사의 Footscan plate (0.35 × 2 m) 한 개가 사용되었다. 데이터 수집을 위한 샘플링 비율은 175 Hz로 설정되었다. Footscan plate를 통해 얻어진 데이터를 종합하고 분석하기 위한 소프트웨어로는 Footscan software 6.3.4 for multistep (RsScan International, 벨기에)이 사용되었다.

### 2.2 본 실험의 경사진 안창

실험에 사용된 경사진 안창은 경사가 안창의 뒷부분에만 있는 것으로 경사각이 5°, 8°, 15°인 MWI와 LWI가 사용되었으며, 경사가 없는 안창을 포함해 총 일곱 가지 안창이 실험에 사용되었다. 경사진 안창과 관련된 기존 연구에서 주로 사용한 안창의 경사각은 5°, 8°, 10°, 15°, 25°이다. 본 연구에서는 기존 연구에서 주로 사용한 경사각 중 5°와 8° 그리고

고 발목관절의 뚜렷한 관절변화를 유도할 수 있다고 판단되는 15°의 경사진 안창을 사용하였다. 안창의 너비는 60 mm로 경사각이 5°, 8°, 15°일 때 안창의 높이는 5.3, 8.4, 16.1 mm 이고 그림 1은 실험에 사용된 경사진 안창을 나타낸다.

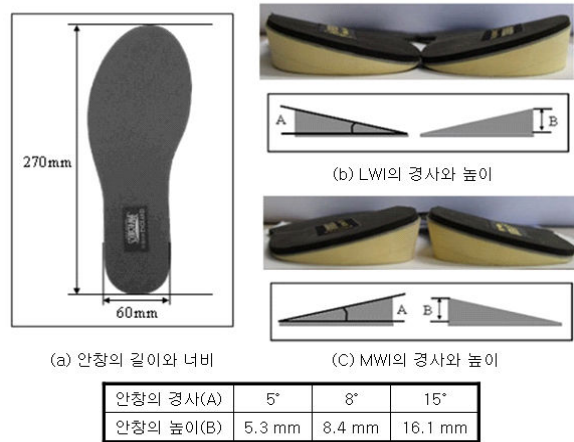


그림 1. 실험에 사용된 경사진 안창 및 경사 높이

### 2.3 족부압력 분석변수 및 특성모수

족부압력 분석을 위한 변수로 COP의 궤적 변화, 발바닥 내 세 개 구획에 작용하는 RVF 그리고 여덟 개 해부학적 지점의 압력이 선정되었다. COP는 발바닥에 나타나는 압력의 중심으로 보행 시 발바닥 내 COP 궤적의 경향성 분석을 위해 사용된다 (Gheluwe and Dandanberg, 2004). RVF는 발바닥 내 구획된 각 부분에 상대적으로 작용하는 수직 힘으로 보행의 행태를 판단하는데 사용된다 (Hallemans et al., 2005). 그리고 발의 해부학적 지점의 압력은 해부학적으로 의미가 있을 것으로 판단되는 부위에 나타난 압력을 분석함으로써 발의 전반적인 압력 분포를 파악하는데 사용된다(Willem et al., 2005).

그림 2는 세 분석변수들의 자세한 설명을 위한 도식을 나타낸다. COP 궤적을 살피기 위해서 우선 좌표축이 설정되어야 한다. COP 좌표축은 Gheluwe and Dandanberg (2004)의 연구와 같이 X축은 두 번째 족근골(metatarsal head)과 발뒤꿈치의 중심점을 이은 선으로 정하였고, Y축은 X축에 수직하며 발 그림 상의 발뒤꿈치에 접하는 선으로 정하였다(그림 2[a] 참조). RVF는 Hallemans et al. (2005)의 연구에서와 같이 발바닥을 세 개 부분으로 나누어 각 부분에 상대적으로 작용하는 힘을 측정하였다(그림 2[b] 참조). 세 개 부분은 발가락을 제외한 나머지 발바닥의 전후 방향 길이를 삼등분 하여 구하였다. 그리고 발바닥의 해부학적 지점은 Willem et al. (2005)와 같이 보행 시 측정된 발 사진 상에 최고압력을 나타내는 지점을 기반으로 여덟 개의 해부학적 지점을 결정하였다(그림 2[c] 참조). 여덟 개의 해부학적 지점은 내측 발뒤꿈치(H1), 외측 발뒤꿈치(H2), 다섯 개의 족근골(MH1, MH2, MH3, MH4, MH5) 그리고 엄지발가락(T1)이다.

표 2는 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향의 정량적 분석을 위한 분석변수별 특성모수를 나타낸다. 일반적으로 족부압력 분석과 관련하여 압



(a)COP 좌표축 (b)RVF 측정부분 (c)여덟 개 해부학적 지점의 위치  
그림 2. 족부압력 분석변수별 도식

력분포와 힘분포 특성모수는 정의되어 있는 반면, COP 특성모수는 일반화되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 10 명의 실험참여자들의 모든 경사진 안창의 조건에 따른 COP 궤적을 조사하여 세 개 특성모수를 도출하였다 RVF 특성모수는 세 개로 나눈 각 구역에 상대적인 수직 힘의 크기로 각 구역에 작용한 힘의 합을 발 바닥 내 나타난 전체 힘의 합으로 나누어 계산하였다. 해부학적 지점의 압력과 관련된 특성모수는 각 해부학적 지점에 나타나는 압력의 최고값을 사용하여 10 개 특성모수를 정의하였다.

2.3 실험절차

실험은 크게 실험 준비 및 연습 그리고 측정의 두 단계로 진행되었다. 실험 준비 및 연습 단계에서는 피실험자들에게 실험의 목적과 과정을 설명한 후, 피실험자가 Footscan plate를 자연스럽게 밟고 지나갈 수 있도록 연습을 실시하였다. 그리고 보행속도는 족부압력에 영향을 미칠 수 있기 때문에 메트로놈(metronome)을 사용하여 피실험자의 보행 보행속도를 한국 20대 남성의 평균 보행속도인 107steps/min로 유지하도록 하였다. 측정 단계에서 모든 실험참여자는 경사가 없는 안창과 5°, 8°, 15°의 MWI와 LWI 총 일곱 가지 경사 조건에 대하여 각각 한 번 보행을 실시하였다. 그리고 실험 조건이 바뀔 경우 실험참여자가 새로운 경사 조건에 익숙해지도록 일 분 이상 원하는 시간 동안 보행 연습을 하도록 하였다.

표 2. 족부압력 분석변수별 특성모수

분석변수	특성모수	특성모수 설명
COP	Max COP <sub>y</sub> (heel contact)	뒤축 접지기(heel contact)의 COP 최대 내측 값
	Min COP <sub>y</sub> (20~80% of stance phasse)	디딤기 20 ~ 80% 구간에서 COP 최대 외측 값
	Max COP <sub>y</sub> (toe off)	앞부분 누름기(toe off)의 최대 내측 값
RVF	RVF <sub>forefoot</sub>	발 앞부분의 상대적인 수직 힘 크기
	RVF <sub>midfoot</sub>	발 중간부분의 상대적인 수직 힘 크기
	RVF <sub>rearfoot</sub>	발 뒷축의 상대적인 수직 힘 크기
해부학적 지점의 압력	P <sub>peak</sub> _H1	내측 뒤축(H1)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _H2	외측 뒤축(H2)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _H2/H1	H2와 H1의 최고 압력 간의 비
	P <sub>peak</sub> _MH1	1번째 족근골(MH1)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _MH2	2번째 족근골(MH2)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _MH3	3번째 족근골(MH3)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _MH4	4번째 족근골(MH4)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _MH5	5번째 족근골(MH5)의 최고 압력
	P <sub>peak</sub> _MH1/MH5	MH1과 MH5의 최고 압력 간의 비
	P <sub>peak</sub> _MH1/MH5	엄지발가락(T1)의 최고 압력

3. 결과

3.1 COP 특성모수

COP 특성모수는 본 실험에 참여한 실험참여자 10 명의 COP 궤적을 조사하여 세 개 특성모수를 도출하였다. 그림 3은 한 실험참여자의 디딤기(stance phase) 동안 COP 궤적을 나타낸 것으로 실험참여자 10 명의 COP 궤적이 이와 유사한 경향을 보였다. COP 특성모수는 디딤기 동안 뚜렷한 변곡점을 나타내는 세 개 구간을 구분하고 각 구간 내 COP 최대값 또는 최소값을 특성모수로 정하였다. 뒤축 접지기와 앞 발 누름기는 COP 최대값(Max COP<sub>y</sub> (heel contact), Max COP<sub>y</sub> (toe off))을 그리고 디딤기의 중간 부분(20 ~ 80% of stance phase)은 COP 최소값(Min COP<sub>y</sub> (20~80% of stance phase))을 특성모수로 정의하였다.

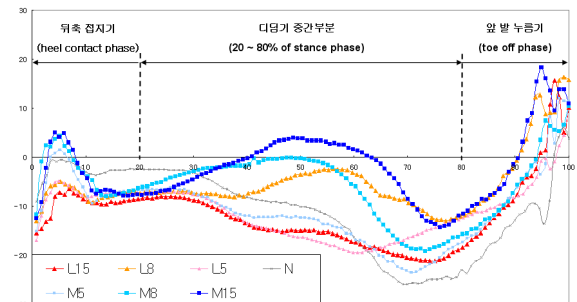
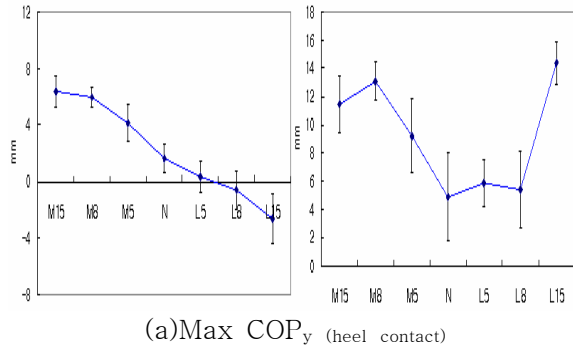


그림 3. 디딤기 동안 COP 궤적(L15: 15° LWI, L8: 8° LWI, L5: 5° LWI, N: 경사가 없는 안창, M5: 15° MWI, M8: 8° MWI, M15: 15° MWI)

세 개 COP 특성모수의 AVONA 결과 Max COP<sub>y</sub> (heel contact)와 Max COP<sub>y</sub> (toe off) 값들이 안창의 경사조건에 따라 유의한 차이를 보였다( $\alpha = 0.05$ ). 뒤축 접지기에서 MWI는 COP를 발의 내측으로 이동시키며, 안창의 경사가 증가할수록 Max COP<sub>y</sub> (heel contact) 값을 증가시켰다(그림 4[a]). 이와 반대로 LWI는 COP를 발의 외측으로 이동시키며, 안창의 경사가 증가할수록 Max COP<sub>y</sub> (heel contact) 값을 감소시켰다(그림 4[a] 참조). 앞발 누름기에서 MWI와 LWI는 모두 COP를 내측으로 이동시켰다(그림 4[b]). MWI는 15°의 경사를 제외

하고 경사가 커질수록 Max COP<sub>y (toe off)</sub> 값을 증가시켰으며, LWI는 5°와 8°의 경사조건에서 경사가 없는 안창과 뚜렷한 차이를 보이지 않으나 15°의 경사 조건에서 Max COP<sub>y (toe off)</sub> 값을 증가시켰다(그림 4[b] 참조).



(a)Max COP<sub>y</sub> (heel contact)

(b)Max COP<sub>y</sub> (toe off)

그림 4. 유의한 COP 특성모수의 경사조건에 따른 COP 최대값은 평균 및 표준오차

3.2 RVF 특성모수

RVF 특성모수는 발의 앞부분(forefoot), 중간부분(midfoot), 그리고 뒤축(rearfoot)에 작용하는 상대적인 수직힘으로 식 1, 2, 3에 의해서 계산되었다. 즉, 발가락을 제외한 나머지 발바닥이 전후 방향으로 세 개 부분으로 구분되고, 각 부분에 나타난 힘의 합을 전체 발바닥에 나타난 힘의 합으로 나누어 각 구획의 상대적인 수직힘이 계산되었다.

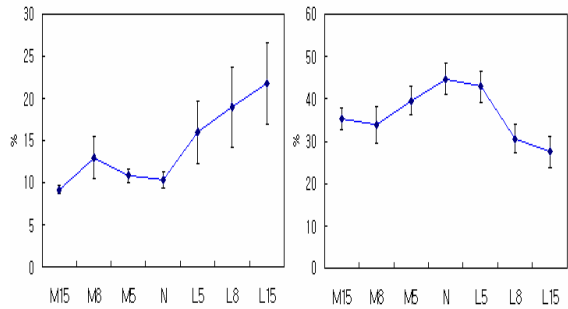
$$RVF_{forefoot} = \frac{\int_{foot\ contact}^{foot\ off} F_{forefoot} dt}{\int_{foot\ contact}^{foot\ off} F_{foot} dt} \quad (식\ 1)$$

$$RVF_{midfoot} = \frac{\int_{foot\ contact}^{foot\ off} F_{midfoot} dt}{\int_{foot\ contact}^{foot\ off} F_{foot} dt} \quad (식\ 2)$$

$$RVF_{rearfoot} = \frac{\int_{foot\ contact}^{foot\ off} F_{rearfoot} dt}{\int_{foot\ contact}^{foot\ off} F_{foot} dt} \quad (식\ 3)$$

세 개 RVF 특성모수의 ANOVA 결과 RVF<sub>forefoot</sub>와 RVF<sub>rearfoot</sub> 값들이 경사진 안창의 경사 조건에 따라 유의한 차이를 보였다(α=0.05). RVF<sub>rearfoot</sub> 값의 경우 MWI는 경사가 없는 안창과 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나 LWI는 모든

경사조건에서 경사가 없는 안창 보다 RVF<sub>rearfoot</sub> 값이 컸으며, 경사가 증가할수록 그 값이 증가하였다(그림 5[a] 참조). RVF<sub>forefoot</sub> 값은 MWI와 LWI의 모든 경사조건에서 경사가 없는 안창 보다 작았으며, 15°의 MWI를 제외하고 경사가 커질수록 그 값이 감소했다(그림 5[b] 참조).



(a)RVF<sub>rearfoot</sub>

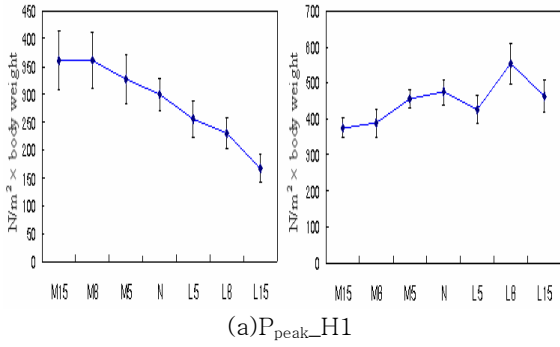
(b)RVF<sub>forefoot</sub>

그림 5. 유의한 RVF 특성모수의 경사조건에 따른 RVF 평균 및 표준오차

3.3 해부학적 지점의 압력 특성모수

해부학적 지점의 압력 특성모수로 발바닥 내 여덟 개 지점에 나타난 최고압력을 사용하여 10 개 특성모수를 도출하여 분석하였다. 여덟 개 해부학적 지점은 내측 발뒤꿈치(H1), 외측 발 뒤꿈치(H2), 다섯 개의 족근골(MH1, MH2, MH3, MH4, MH5) 그리고 엄지발가락(T1)이다(그림 2[c] 참조). 해부학적 지점의 압력 특성모수는 여덟 개 해부학적 지점에 나타난 최고 압력, MH1과 MH5의 최고압력 비율 그리고 H2와 H1 부위에 나타난 최고 압력 비율이다(표 2 참조).

해부학적 지점의 압력 특성모수에 대한 ANOVA 결과 Ppeak\_H1, Ppeak\_H2, Ppeak\_H2/H1, Ppeak\_MH5 그리고 Ppeak\_MH1/MH5 값들이 경사진 안창의 경사조건에 따라 유의한 차이를 보였다(α=0.05). 먼저 발 뒤축의 내측과 외측의 최고압력을 나타내는 Ppeak\_H1와 Ppeak\_H2에 분석 결과는 다음과 같다. Ppeak\_H1 값은 MWI의 모든 경사조건에서 경사가 없는 안창보다 컸으며, 경사가 커질수록 그 값이 증가하였다(그림 6[a]). 이와 반대로 LWI의 모든 경사조건에서 P<sub>peak</sub>\_H1 값은 경사가 없는 안창 보다 작았으며, 경사가 커질수록 그 값이 감소하였다(그림 6[b]). LWI의 경우 8° 경사 조건을 제외한 5°와 15°의 경사조건에서 P<sub>peak</sub>\_H2 값은 경사가 없는 안창 보다 작았다(그림 6[b] 참조).



(a) P<sub>peak\_H1</sub>  
(b) P<sub>peak\_H2</sub>  
그림 6. 뒤축 내측과 외측 특성모수의 경사조건에 따른 평균 및 표준오차

발 뒤축 내/외측 최고압력의 비율을 나타내는 P<sub>peak\_H2/H1</sub> 값의 분석결과 5°의 MWI와 경사가 없는 안창은 그 값에 차이를 보이지 않았으나, 8°와 15°의 MWI에서 P<sub>peak\_H2/H1</sub> 값은 경사가 없는 안창보다 작았다. 그리고 LWI의 모든 경사조건에서 P<sub>peak\_H2/H1</sub> 값은 경사가 없는 안창보다 컸으며, 경사가 커질수록 그 값이 증가하였다(그림 7 참조).

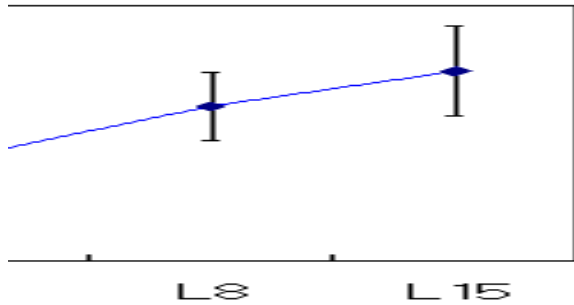
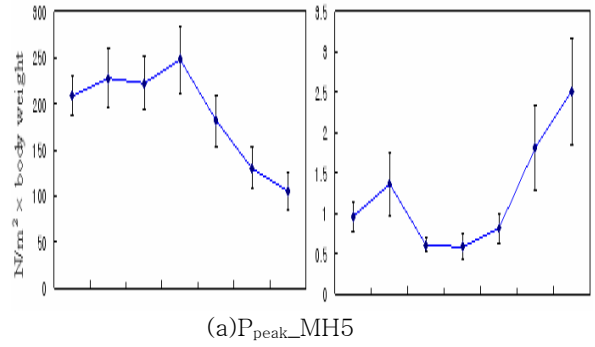


그림 7. P<sub>peak\_H2/H1</sub> 특성모수의 경사조건에 따른 평균 및 표준오차

발 앞부분의 외측 최고압력과 내/외측 최고압력 비율을 나타내는 P<sub>peak\_MH5</sub>와 P<sub>peak\_MH1/MH5</sub> 값들에 대한 분석 결과는 다음과 같다. P<sub>peak\_MH5</sub> 값은 MWI와 LWI의 모든 경사조건에서 경사가 없는 안창보다 작았으며, 경사가 커질수록 그 값이 감소하였다(그림 8[a] 참조). 그리고 P<sub>peak\_MH1/MH5</sub> 값은 MWI와 LWI의 모든 경사조건에서 경사가 없는 안창보다 컸으며, 15°의 MWI를 제외하고 경사가 증가할수록 그 값이 증가했다(그림 8[b] 참조).



(a) P<sub>peak\_MH5</sub>  
(b) P<sub>peak\_MH1/MH5</sub>  
그림 8. 발 앞부분 유의한 압력 특성모수들의 경사조건에 따른 평균 및 표준오차

#### 4. 토의 및 결론

본 연구는 경사진 안창과 관련된 기존연구에서 주로 사용한 안창의 경사각을 이용하여 다양한 내/외측 경사조건을 갖는 발 뒤축 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향을 압력과 힘분포 측면에서 분석하였다. Gheluwe & Danaberg (2004)는 발 앞부분과 뒤축에 경사를 준 경사진 안창을 사용하여 앞/뒤 각 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향을 파악하였다. 그러나 앞 부분과 뒤축의 경사조건 수가 각각 세 개로 그 수가 작았다. 반면, 본 실험은 발 뒤축에만 경사가 있는 내/외측 경사진 안창을 사용하고, 내/외측 각각 5°, 8°, 15° 그리고 경사가 없는 안창을 포함해 총 일곱 가지 다양한 경사조건을 사용하여 발 뒤축 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향을 파악하였다. 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향에 대한 정량적인 분석을 위해 압력분포 특성모수로 COP와 해부학적 지점의 압력을 사용하였고, 힘분포 특성모수로 발바닥 내 세 개 부분에 상대적으로 작용하는 수직 힘을 사용하여 족부압력에 대한 경사진 안창의 영향을 압력과 힘 측면에서 포괄적으로 분석하였다.

세 개 변수의 분석결과 발 뒤축 경사진 안창이 족부압력에 미치는 영향은 앞발 누름기와 뒤축 접지기에서 다르게 나타났다. 뒤축 접지기에서 MWI와 LWI는 압력분포 특성모수에 대해 반대의 결과를 보였으며, 힘 분포 특성모수 분석결과 LWI가 발 뒤축 부위 상대적인 수직힘에 유의한 영향을 보였다. MWI는 뒤축 접지기 시 COP를 내측으로 이동시키고 내측 부위 압력을 증가시키는 반면, LWI는 COP를 외측으로 이동시키고 외측 부위 압력을 증가시켰다. 이는 안창의 경사가 발 뒤축에 위치함에 따라 안창의 경사 특성이 분석

변수에 반영된 결과로 보인다. 힘분포 특성모수 분석결과 MWI는 경사가 없는 안창과 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만, LWI는 뒤축 부위 상대적인 수직힘을 증가시켰다. 이는 MWI의 경우 MWI가 발목관절의 안쪽번짐을 유도하여 안창의 경사방향과 발목 관절의 안쪽번짐에 따른 발바닥 방향이 일치하여 힘이 분산된 것으로 보이며, LWI는 안창의 경사 방향과 발목의 안쪽번짐에 따른 발바닥 방향이 일치하지 않아 힘의 분산이 이루어지지 않는 것으로 판단된다.

앞발 누름기에서 MWI와 LWI는 세 개 분석변수에 대해 같은 결과를 보였다. MWI와 LWI는 모두 앞발 누름기에서 COP를 내측으로 이동시키며, 내측 압력을 증가시켰다. 안은선 외(2005)는 경사진 안창은 경사가 없는 안창에 비해 안창의 두께가 두꺼워 굽이 있는 신발을 신은 효과를 보인다고 보고하였다. 그리고 Eisenhardt et al. (1996)은 굽이 있는 신발은 다섯 번째 족근골의 압력을 감소시킨다고 보고하였다. 즉, 안창의 경사는 굽이 있는 신발을 신은 효과를 나타내어 안창의 경사가 증가할수록 시상면을 기준으로 발바닥 굽힘(plantar flexion)이 커져 안정적인 보행을 위해 내측 족근골 부위로 COP가 이동하고, 발 앞부분 내측 부위 압력이 증가한 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 안은선, 권민전, 나석희, 류태범, 정민근, 최화순 (2005), 경사진 안창이 보행시 발목 및 무릎 관절에 미치는 영향 평가, 2005추계 대한인간공학회 학술대회 논문집, 45-48.
- Baitch, S.P., Blake, R.L., Fineagan, P.L., and Senatore, J. (1991), Biomechanical analysis of running with 25° inverted orthotic devices, *J. Am. Podiatric Med. Assoc.*, 81, 647-652.
- Eisenhardt, J.R., Cook, D., Pregler, I., and Foehl, H.C. (1996), Changes in temporal gait characteristics and pressure distribution for bare feet versus various heel heights, *Gait & Posture*, 4, 280-286.
- Gheluwe, B.V., and Dananberg, H.J. (2004). Changes in plantar foot pressure with in-shoe varus or valgus wedging, *J. Am. Podiatric Med. Assoc.*, 94(1), 1-11.
- Hallems, A., Clerc, D.D., Dongen, S., and Aerts, P. (2005), Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study, *Gait & Posture*, (Accepted and in press).
- Hayafune, N., Hayafune, Y., and Jacob, H.A.C. (1999). Pressure and force distribution characteristic under the normal foot during the push-off phase in gait, *The foot*, 9, 88-92.
- McClay, I. (2000). The evolution of the study of the mechanics of running: Relationship to injury, *J. Am. Podiatric Med. Assoc.*, 90, 133-148.
- Willems, T., Witvrouw, E., Delbaere, K., Cock,

A.D., and Clercq, D.D. (2005), Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: a prospective study of risk factors, *Gait & Posture*, 21, 379-387.