

# 경사진 안창이 보행시 하지관절에 미치는 영향

권민정<sup>1</sup> · 나석희<sup>2</sup> · 최화순<sup>2</sup> · 정민근<sup>2</sup>

<sup>1</sup>삼성전자 정보통신총괄 무선디자인3그룹 / <sup>2</sup>포항공과대학교 기계산업공학부

## The Influence of Wedged Insoles on Lower Extremity Joints during Gait

Minjeong Kwon<sup>1</sup>, Seokhee Na<sup>2</sup>, Hwa Soon Choi<sup>2</sup>, Min K. Chung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Design Group3, Mobile Communication Division, Telecommunication Network Business, Samsung Electronics, Seoul, 100-102

<sup>2</sup>Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

### ABSTRACT

Despite the widespread use of laterally wedged insoles for patients with knee osteoarthritis and medially wedged insoles for controlling rearfoot pronation, an understanding of the effects of wedged insoles was limited and sometimes controversial. The objective of this study was to evaluate the effect of wedged insoles on the kinematics and kinetics of normal gait. Ten male subjects without history of lower limb disorders were recruited. Each subject performed four gait cycles under each of seven conditions; shod with 5°, 8° and 15° medially wedged insoles, shod with neutral insole, and shod with 5°, 8° and 15° laterally wedged insoles. In order to determine statistical differences among seven conditions, the measured temporal spatial variables, angular displacements, joint moments, and ground reaction forces were compared with a one-way analysis of variance. Some significant changes induced by wedged insoles were apparent in joint moments and ground reaction forces. The medially wedged insole increased the laterally directed ground reaction force and varus moments at the ankle and the knee during the heel contact phase. The laterally wedged insole decreased the laterally directed ground reaction force and varus moments at the ankle and the knee.

Keyword: Medially wedged insole, Laterally wedged insole, Gait analysis

### 1. 서 론

경사진 안창(wedged insole)이란 그림 1에 나타낸 바와 같이 안창을 경사지게 하여 안창의 안쪽이나 바깥쪽의 높이를 상대적으로 높게 한 것으로 경사를 준 방향에 따라 내측 경사진 안창(medially wedged insole)과 외측 경사진 안창(laterally wedged insole)으로 나뉜다. 경사진 안창은 달리

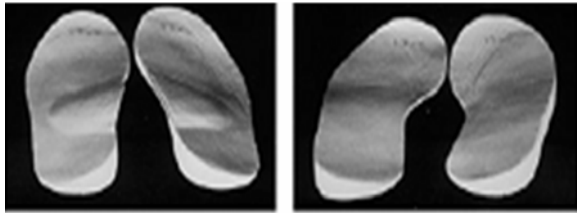
기 및 보행시 발의 지나친 회전운동을 제어하여 하지의 손상을 예방하기 위한 목적이나, 무릎관절염 환자들의 발 자세를 교정시켜 무릎의 통증을 완화시키기 위한 목적으로 널리 사용되고 있다(Blake and Denton, 1985; Smith et al., 1986).

이들 경사진 안창의 사용목적과 그에 따른 효과에 대한 연구는 현재까지 다각도로 보고되고 있지만, 이들 연구는 일치된 결과를 제시하지 못하고 있다. 내측 경사진 안창은 발의 과사용 손상(overuse injury)에 의한 고통을 경감시

\*본 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업(10012773)의 기술개발 결과임.

교신저자: 나석희

주 소: 790-784 경북 포항시 남구 효자동 산 31번지, 전화: 054-279-2853, E-mail: na@postech.ac.kr



(a) 내측 경사진 안창

(b) 외측 경사진 안창

그림 1. 경사진 안창

키거나 예방하는데 효과가 있다고 알려져 있다(Blake and Denton, 1985; Donatelli et al., 1988; Gross et al., 1991; Moraros and Hodge, 1993). 달리기로 인해 발생하는 대부분의 과사용 손상은 발목의 지나친 옆침(excessive pronation)에 기인하며, 내측 경사진 안창은 이를 완화하는데 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

내측 경사진 안창의 효과에 대하여 Bates et al.(1979)은 최대 뒷꿈치 가쪽번짐(eversion)에서, Baitch et al.(1991)은 전체 뒷꿈치 동작의 운동범위에서, 그리고 Smith et al.(1986)은 뒷꿈치 가쪽번짐 빠르기에서 통계적으로 유의한 차이를 파악하였으며, 이는 내측 경사진 안창이 지나친 옆침을 완화하는 효과가 있음을 의미한다. 하지만, 이와 반대로 내측 경사진 안창이 발목관절의 가쪽번짐에 미치는 영향은 작고 비체계적이라는 연구 결과도 있다(McCulloch et al., 1993; Nawoczenski et al., 1995; Stacoff et al., 2000).

외측 경사진 안창은 무릎의 내측 골관절염의 통증 완화에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Yasuda and Sasaki, 1987; Wolfe and Brueckmann, 1991; Tohyama et al., 1991; Keating et al., 1993). 무릎 골관절염은 관절을 보호하고 있는 연골의 손상으로 인해 염증과 통증이 생기는 질환으로 주로 무릎 내측(medial compartment)에서 발생한다. 즉 무릎 내측이 받는 힘을 대변하는 무릎 내반 모멘트의 감소는 관절염 환자의 통증 완화에 효과가 있음을 의미한다. 외측 경사진 안창에 대해 Kerrigan et al.(2002)과 Crenshaw et al.(2000)은 무릎 내반 모멘트의 감소에 대해 통계적으로 유의한 차이를 파악하였다. 그러나 외측 경사진 안창이 골반, 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절에 대한 운동형상학적(kinematic) 및 운동역학적(kinetic)효과가 전부 통계적으로 유의하지 않았다는 연구 결과도 있다(Nester et al., 2003).

현재까지 경사진 안창의 효용성에 대한 연구가 진행되어 왔으나, 경사진 안창이 하지관절에 미치는 영향에 대하여 정량적이고 객관적인 분석은 미흡한 편이며 그 효과에 대해서도 통일된 연구 결과를 보이고 있지 않다. 내측 경사진 안창에 관한 연구는 발목관절의 움직임에 대한 분석이 주를 이루며, 외측 경사진 안창에 관한 연구는 주로 무릎관절의 부하

에 대해 분석하고 있다(Kerrigan et al., 2002; Stacoff et al., 2000; Crenshaw et al., 2000). 또한, 기존 논문은 15°와 25°의 내측 경사진 안창을 비교하거나(Williams III et al., 2003), 5°와 10°의 외측 경사진 안창을 비교하는(Milani et al., 1995) 등 연구에 사용된 경사진 안창의 종류가 제한적이다. 경사진 안창의 효과를 보다 종합적으로 이해하기 위해서는 다양한 기울기의 경사진 안창의 영향을 분석하는 것이 필요하다. 본 연구의 목적은 다양한 기울기의 경사진 안창이 하지관절에 미치는 영향을 운동형상학 및 운동역학적 분석을 통하여 정량적으로 비교 분석하는 것이다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 피실험자

본 실험에는 하지관절에 병력이 없는 10명의 건강한 남자 대학생 및 대학원생이 피실험자로 참여하였다. 피실험자들의 평균 신장은 175.5(±4.5)cm, 체중은 73.3(±5.3)kgf, 발 길이는 25.4(±1.0)cm, 발폭은 9.7(±2.1)cm이다.

### 2.2 실험 변수

경사진 안창의 경사각은 기존문헌을 토대로 5°, 8°, 15°로 결정하였다. 기존 연구에서 사용된 경사진 안창의 경사 조건은 총 5가지로 5°, 8°, 10°, 15°, 25°이다. 9° 이상의 경사진 안창은 피실험자가 보행하는데 있어서 참기 힘든 불편함을 느낀다는 Milani 등(1995)의 기존 연구 결과를 참고하여 5°, 8°의 내/외측 경사진 안창을 선택하였다. 하지만, 발뒤꿈치 연조직(soft tissue)의 압축으로 인해 발뒤꿈치가 1° 변하기 위해서는 5° 정도의 경사가 필요하다(Blake, 1986). 따라서 하지관절에 미치는 영향을 명확히 하기 위해서는 경사각이 비교적 높은 안창이 필요하다. 본 실험에서는 기존에 사용된 비교적 높은 각인 15°, 25° 중에서 15°의 내측/외측 경사진 안창을 선정하였다. 요약하면 기본 안창(0°)과 3종의 내측 경사진 안창(5°, 8°, 15°), 3종의 외측 경사진 안창(5°, 8°, 15°)의 총 7가지 안창을 실험 조건으로 결정하였다.

본 실험에서 사용한 안창은 발뒷꿈치 부분에 5°, 8°, 15°의 경사를 형성하도록 제작하였으며, 재질은 EVA(Ethylene-Vinyl Acetate copolymer)를 사용하였다. 그림 2는 제작된 외측 경사진 안창(15°)의 모습이다. 신발은 모두 동일한 제품의 운동화를 사용하였다. 걸창이 딱딱하지 않아 보행시 정상적인 발의 움직임을 방해하지 않고, 위땀개는 다양한 발 두께에 꼭 맞도록 신축성있는 운동화를 선택하였다.

본 실험에서는 동작측정 시스템인 Motion Analysis 사의



그림 2. 15°의 외측 경사진 안창

Falcon System을 사용하여 하지관절의 동작 데이터를 얻었으며, Bertec 사의 4060-08형 힘판(force plate)으로 지면 반력(ground reaction force)을 측정하였다. 샘플링 빈도는 동작측정은 60hz, 지면반력은 1000hz이다. 측정된 데이터는 OrthoTrak 5.0(Motion Analysis Corporation, USA)를 이용하여, 하지관절 각각의 각운동(angular motion)과 부과되는 모멘트 및 시간-거리 특성모수(spatio-temporal parameters)로 변환하였다. 표 1은 본 연구에서 측정된 변수를 요약한 표이다. 각운동, 지면반발력, 모멘트는 보행 구간 중, 하지관절이 안창의 영향을 직접적으로 받는 입각기(stance phase)만을 분석하였다.

2.3 실험 방법

실험은 준비 단계, 연습 단계, 그리고 실험 단계로 진행되었다. 우선 실험 준비 단계에서는 피실험자들에게 실험의 목적과 과정을 설명한 후, 그림 3과 같이 Helen Hayes marker set(Kadaba, 1990)에 따라 피실험자의 하지에 15개의 광마커를 부착하였다. 이를 통하여 골반, 엉덩, 무릎, 발목관절의 동작 데이터를 얻을 수 있다.

연습 단계에서 피실험자는 힘판을 자연스럽게 밟고 지나갈 수 있도록 연습하였다. 보행 속도는 시거리 특성모수 및 운동역학적 특성모수에 영향을 미치므로, 보조(cadence)를 메트노음을 이용하여 104 steps/min로 통제하였다. 실험 단계에서는 피실험자는 무작위로 제시되는 총 7가지 실험 조건에 대하여 4회 반복 보행을 실시하였다. 또한 실험 조건이 변할 때마다 피실험자가 새로운 조건에 익숙해지도록 최소 1분 이상 보행 연습시간을 추가로 제공하였다.

표 1. 보행 특성모수에 따른 측정 변수

		단위
시간거리 특성모수 (spatio-temporal parameter)	보행속도(velocity)	cm/s
	보조(cadence)	step/min
	보행간격(stride length)	cm/step
	보폭(step length)	cm
	활보폭(stride width)	cm
	디딤시간(stance time)	%
	유각시간(swing time)	%
발목관절 (ankle joint)	시상면(sagittal)에서의 움직임	°(각도)
	관상면(frontal)에서의 움직임	°(각도)
	횡단면(transverse)에서의 움직임	°(각도)
무릎관절 (knee joint)	시상면(sagittal)에서의 움직임	°(각도)
	관상면(frontal)에서의 움직임	°(각도)
	횡단면(transverse)에서의 움직임	°(각도)
엉덩관절 (hip joint)	시상면(sagittal)에서의 움직임	°(각도)
	관상면(frontal)에서의 움직임	°(각도)
	횡단면(transverse)에서의 움직임	°(각도)
골반 (pelvis)	시상면(sagittal)에서의 움직임	°(각도)
	관상면(frontal)에서의 움직임	°(각도)
	횡단면(transverse)에서의 움직임	°(각도)
발목관절 (ankle joint)	시상면(sagittal)에서의 모멘트	Nm/BW
	관상면(frontal)에서의 모멘트	Nm/BW
	횡단면(transverse)에서의 모멘트	Nm/BW
무릎관절 (knee joint)	시상면(sagittal)에서의 모멘트	Nm/BW
	관상면(frontal)에서의 모멘트	Nm/BW
	횡단면(transverse)에서의 모멘트	Nm/BW
엉덩관절 (hip joint)	시상면(sagittal)에서의 모멘트	Nm/BW
	관상면(frontal)에서의 모멘트	Nm/BW
	횡단면(transverse)에서의 모멘트	Nm/BW

\*BW: 피실험자의 몸무게

3. 실험 결과

3.1 시간-거리 특성모수

시간-거리 특성모수(디딤시간, 유각시간, 보폭, 보행간격, 활보폭)에 대해 분산분석을 실시하였다. 분산분석 결과, 신뢰수준  $\alpha=0.05$ 에서 활보폭 외에는 경사진 안창에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 기본 안창보다 경사진 안창의 활보폭이 큰 것으로 나타났으나, 그 차이는 약 1cm 정도로 크지 않다. 보조는 실험 시 104 steps/min으로 통제한 결과 103.1(±5.4) steps/min로 나타났다.

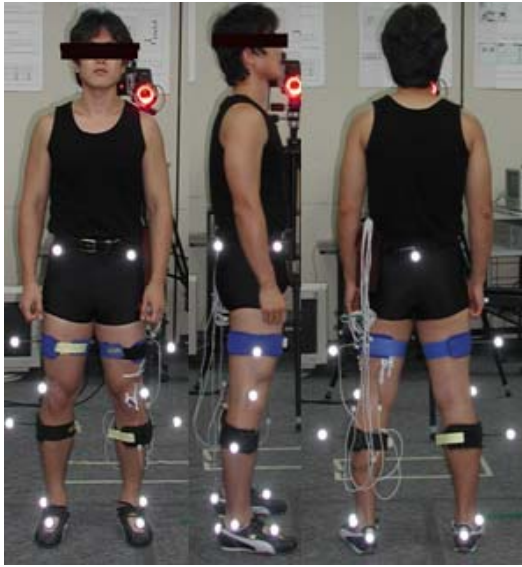


그림 3. Helen Hayes marker set

3.2 운동형상학적 특성모수(관절의 각운동)

경사진 안창이 발목관절의 각운동 변화에 미치는 영향을 분석한 결과, 관상면(frontal plane)과 시상면(sagittal plane)에서 차이를 보였다. 발목관절의 관상면에서의 각운동은 내측 경사진 안창과 외측 경사진 안창 모두 기본 안창에 비해 안쪽번짐(inversion)이 커지며, 가쪽번짐(eversion)이 작아졌다. 특히 발목이 안쪽번짐되는 각의 첫 마루(그림 4의 I)와 최대 가쪽번짐 각도(그림 4의 II)의 차이가 관찰되어 분산분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $\alpha=0.05$ ). 이 두 변수의 사후분석(SNK Test result ( $\alpha=0.05$ )) 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서의 조건별 알파벳은 SNK test 결과를 나타내며, 동일한 알파벳을 가진 조건의 평균값은 통계적으로 서로 차이가 없음을 의미한다. 발목관절의 안쪽번짐의 첫 마루는 기본 안

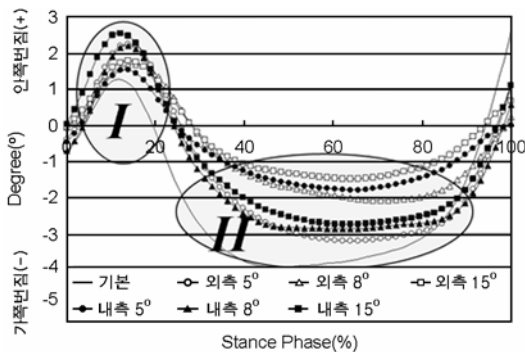
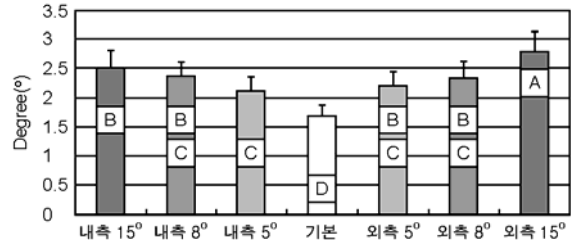
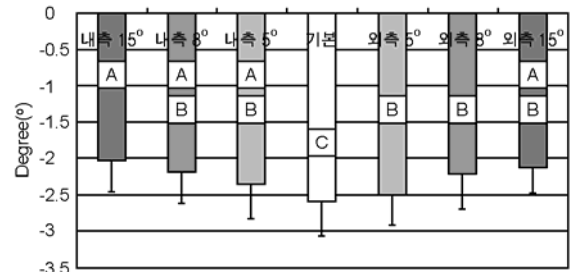


그림 4. 발목관절(관상면)의 각운동 변화 패턴

창보다 내/외측 경사진 안창 모두 경사각이 커질수록 증가하였다. 또한 발목관절의 최대 가쪽번짐은 기본 안창에 비해 내/외측 경사진 안창 모두 경사각이 증가할수록 감소하였다.



(a) 안쪽번짐의 첫 마루



(b) 최대 가쪽번짐

그림 5. 발목관절(관상면)에서 유의한 차이를 보인 변수 (ABC: SNK Test result ( $\alpha=0.05$ ))

발목관절의 시상면에서의 각운동은 경사진 안창을 착용한 경우, 보행의 전구간에 걸쳐서 발등굽힘(dorsiflexion)이 줄어들고 발바닥굽힘(plantar flexion)이 증가하였다. 특히 발뒤축 닿을 시 발목 각도(angle at heel strike), 발목이 발등굽힘되는 각의 첫 마루(first peak in dorsiflexion angle), 최대 발바닥굽힘 각도(max. plantar flexion angle)에서 분산분석 결과 유의한 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ).

경사진 안창이 무릎관절의 각운동 변화에 미치는 영향을 분석한 결과, 관상면과 시상면에서 차이가 나타났다. 무릎관절의 관상면에서의 각운동은 무릎관절의 첫 마루에서 분산분석 결과 유의한 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ) (그림 6). 입각기의 20~30%에서 무릎관절이 최대로 내반되는 첫 마루가 형성된다. 이때 경사진 안창을 착용한 경우 기본 안창을 착용한 것보다 내반이 더 크게 발생하였다. SNK Test 결과 내반의 각도는 경사가 증가할수록 커지는 경향을 보였다 (그림 7).

무릎관절의 시상면에서의 각운동은 발가락 들림 시의 무릎 각도(angle at toe off), 무릎관절의 각운동 편위(exursion)에서 유의한 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ). 발가락 들림 시에 시상면에서의 무릎관절의 각도에 대한 사후분석한 결

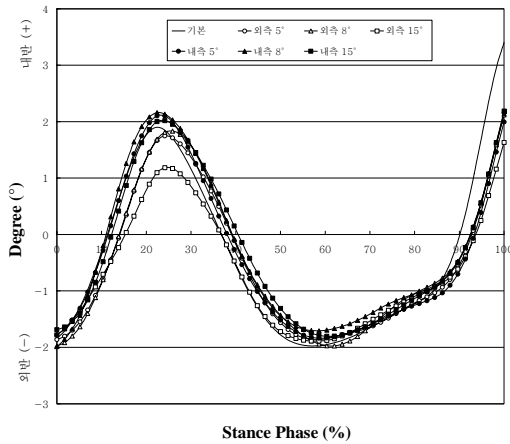


그림 6. 무릎관절(관상면)의 각운동 변화 패턴

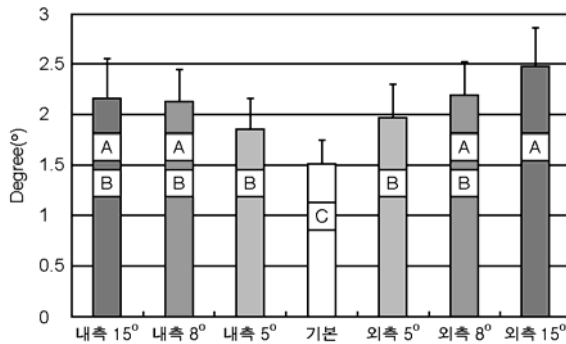


그림 7. 내반 각도의 첫 마루(ABC: SNK Test result( $\alpha=0.05$ ))

과, 경사진 안창을 착용한 경우 무릎의 굽힘 각도가 작아졌다. 시상면에서의 각운동 편위에 대한 사후분석 결과, 경사진 안창을 착용한 경우 기본 안창보다 시상면에서의 각운동 변화가 적은 것으로 나타났다.

경사진 안창이 엉덩관절의 각운동에 미치는 영향을 분석한 결과, 경사진 안창은 엉덩관절의 시상면과 횡단면에서 각운동에 영향을 발견할 수 없었으며, 관상면에서 엉덩관절의 최대 모음각(max. adduction angle)에서 유의한 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ) (그림 8).

### 3.3 운동역학적 특성모수(관절의 모멘트)

경사진 안창이 발목관절의 모멘트에 미치는 영향을 분석한 결과, 전반적으로 내측 경사진 안창의 경사가 증가할수록 모멘트가 증가하였으며 외측 경사진 안창의 경사가 증가할수록 모멘트가 감소하였다(그림 9). 특히 발목관절이 받는 안쪽변짐 모멘트의 첫 마루(first peak in inversion moment)에서 분산분석 결과 유의한 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ) (그림 10).

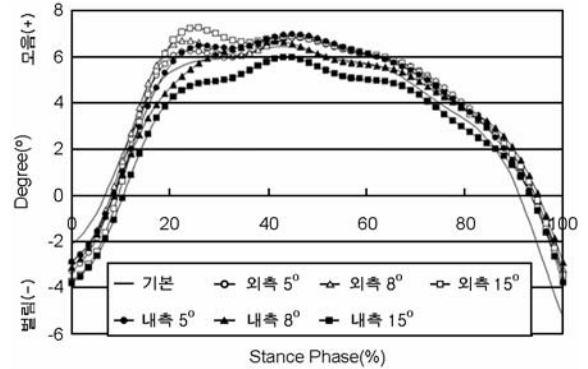


그림 8. 엉덩관절(관상면)의 각운동 변화 패턴

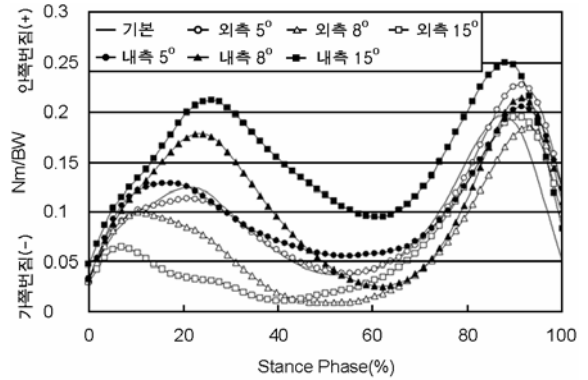


그림 9. 발목관절(관상면)의 모멘트 변화 패턴

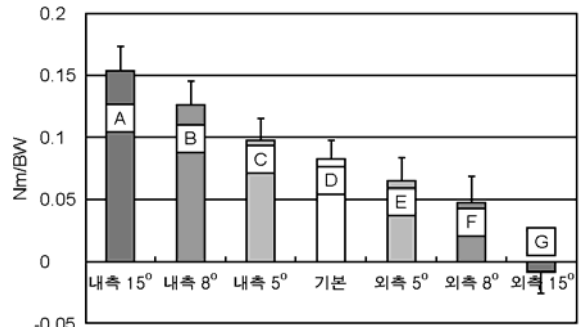


그림 10. 안쪽변짐 모멘트의 첫 마루 (ABCDEFG: SNK Test result( $\alpha=0.05$ ))

경사진 안창이 무릎관절의 모멘트에 주는 영향을 살펴 보면, 전반적으로 내반 모멘트는 기본 안창에 비해, 외측 경사진 안창을 착용한 경우 감소하며, 내측 경사진 안창을 착용한 경우 증가하였다(그림 11). 특히 무릎관절이 받는 내반 모멘트의 첫 마루(그림 11의 I)와 끝(그림 11의 II)에서 유의한 차이가 나타났다( $\alpha=0.05$ ) (그림 12). 외측 경사진 안창의 경사가 증가할수록 내반 모멘트가 크게 감소하며, 특히 8°와 15°의 외측 경사진 안창을 착용한 경우 기본 안창과

유의한 차이를 보이며 내반 모멘트가 감소하였다(그림 12). 분산분석 결과를 통합하여 안창의 각도와 종류에 따라 유의한 차이를 보인 변수를 정리한 결과는 표 2와 같다.

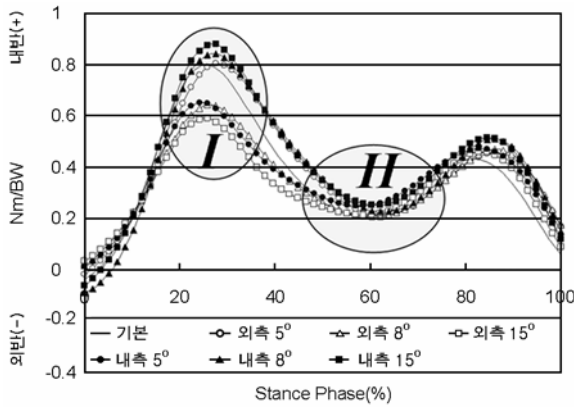
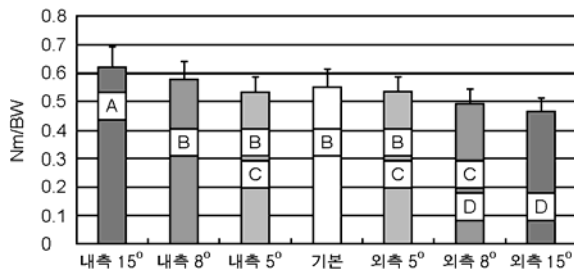
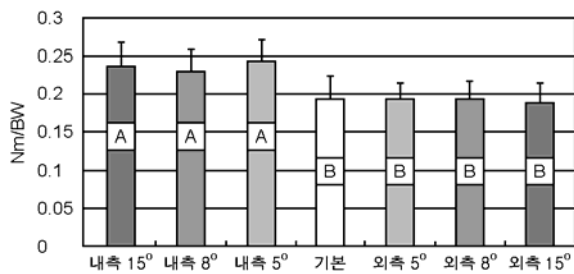


그림 11. 무릎관절(관상면)의 모멘트 변화 패턴



(a) 내반 모멘트의 첫 마루



(b) 내반 모멘트의 골

그림 12. 무릎관절(관상면)에서 유의한 차이를 보인 변수 (ABCD: SNK Test result ( $\alpha=0.05$ ))

## 4. 토 의

### 4.1 운동형상학적 특성모수

경사진 안창이 각운동에 가장 직접적인 영향을 미치는 하 지관절은 발목관절이었으며, 이 영향은 무릎관절, 엉덩관절,

골반에 이르면서 점차 감소하는 것으로 나타났다. 발목관절에서는 관상면, 시상면에서 경사진 안창의 각도와 종류에 따라 유의한 차이를 보였으나 무릎관절과 엉덩관절에서 경사진 안창의 영향은 크게 감소하였으며 골반에 이르러서는 발견되지 않았다.

하지관절의 각운동은 경사진 안창에 따라 관상면에서 가장 큰 차이를 보였다. 외측 경사진 안창과 내측 경사진 안창은 관상면에서 서로 반대 위치에 경사가 있으나, 외측 경사진 안창과 내측 경사진 안창 모두 기본 안창에 비해 안쪽변짐이 증가하고 가쪽변짐이 감소하였다. 내측 경사진 안창의 결과는 Bates 등(1979)과 Rodgers와 Leveau(1986)의 연구 결과와 일치한다. 하지만 외측 경사진 안창의 경우는 의외의 결과를 보였다.

외측 경사진 안창과 내측 경사진 안창은 경사의 위치가 다르므로 관상면에서의 각운동은 반대의 영향을 나타낼 것으로 기대되었다. 그러나 실험 결과, 외측 경사진 안창과 내측 경사진 안창은 발목관절의 관상면에서의 각운동에 유사한 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 외측 경사진 안창의 경우 피실험자가 발바닥을 경사진 안창의 경사면에 놓고 걷기보다는 보행을 편하게 하기 위하여 발바닥의 외측으로 경사진 안창의 경사면을 밟고 보행하기 때문으로 판단된다. 발목관절의 외측 인대가 내측에 비해 약하며, 발목을 안쪽변짐시키는 근육이 가쪽변짐시키는 근육보다 강하다. 그리고, 가쪽변짐의 운동범위는 15° 정도이며, 이는 30° 정도인 안쪽변짐보다 제한적이다. 이러한 이유 등으로, 가쪽변짐보다는 안쪽변짐이 더 발생하기 쉬운 동작이므로, 피실험자들이 자연스럽게 경사면을 밟고 보행하여 나타난 결과라 예상된다.

외측 경사진 안창과 내측 경사진 안창은 시상면에서의 발목관절 움직임에도 유의한 영향을 미치며, 경사가 증가할수록 기본 안창에 비해 발바닥굽힘이 증가하는 현상을 보인다. 이는 본 실험에서 사용한 경사진 안창이 발꿈치뼈(calcaneus)의 위치를 높게 하여 굽이 있는 신발을 신은 것과 같은 효과를 낸 것으로 판단된다.

### 4.2 운동역학적 특성모수

경사진 안창은 운동역학적 특성모수 중 발목관절, 무릎관절에 유의한 영향을 미치며, 이 영향은 엉덩관절에 이르러서는 관찰되지 않았다. 경사진 안창이 발목관절과 무릎관절에 미치는 영향은 관상면에서만 유의하게 나타났다.

내측 경사진 안창을 착용한 경우 경사가 증가할수록 발목관절의 안쪽변짐 모멘트가 증가하며, 또한 무릎관절의 내반 모멘트가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 13(b)는 8°의 내측 경사진 안창이 하지관절에 미치는 영향을 나타내었다. 기본 안창에 비해 발목관절은 0.05Nm/BW의 안쪽변



표 2. 분산분석 결과 유의한 차이를 보이는 특성모수 ( $\alpha=0.05$ ).

		발목관절(ankle joint)	무릎관절(knee joint)	엉덩관절(hip joint)	
운동형상학적 특성모수	각운동 (angles)	관상면 (frontal plane)	First peak in inversion angle ( $p<0.01$ ) Max. eversion angle ( $p=0.01$ ) Initial range of inversion ( $p=0.01$ )	First peak in varus angle ( $p<0.01$ )	Max. adduction angle ( $p=0.01$ )
		시상면 (sagittal plane)	Angle at heel strike ( $p<0.01$ )	Angle at toe off ( $p=0.03$ )	
			First peak in plantar flexion angle ( $p<0.01$ ) Max. dorsiflexion angle ( $p<0.01$ ) Angle at toe off ( $p=0.01$ )	Excursion ( $p=0.01$ )	
	운동역학적 특성모수	모멘트 (moment)	관상면 (frontal plane)	First peak in inversion moment ( $p<0.01$ )	First peak in varus moment ( $p<0.01$ ) Dip in varus moment ( $p<0.01$ )

짐 모멘트가 증가하며, 무릎관절은 0.03Nm/BW의 내반 모멘트가 증가하였다. 내측 경사진 안창을 사용함으로써 무릎관절의 내반 모멘트가 증가하여 무릎의 medial compartment에 전달하는 힘이 증가하게 된다. 이는 무릎 골관절염의 발생 위험을 증가시킬 수 있으며, 골관절염 환자의 고통을 가중시킬 수 있다.

가 감소하였다. 외측 경사진 안창의 경사가 있는 곳에서 발목관절, 무릎관절에 힘을 주며, 이 힘은 내반 모멘트와 반대 방향으로 작용하여 내반 모멘트를 감소시키는 것으로 분석된다. 이는 무릎의 medial compartment로 전달되는 힘이 감소하는 것을 뜻한다.

본 실험 결과, 8° 이상의 외측 경사진 안창을 착용한 경우 내반 모멘트가 기본 안창에 비해 유의한 차이를 보이며 감소하였다. 8°의 외측 경사진 안창(0.51Nm/BW)의 경우 기본 안창(0.55Nm/BW)에 비해 내반 모멘트가 10.3% 감소했으며, 15°의 외측 경사진 안창(0.46Nm/BW)의 경우 기본 안창에 비해 내반 모멘트가 15.7% 감소하였다. 그러나 8°와 15° 안창 사이의 통계적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 8° 이상의 경사각은 내반 모멘트를 감소시키기 보다, 보행의 불안정성만 증가시킬 것으로 판단된다. Kerrigan 등

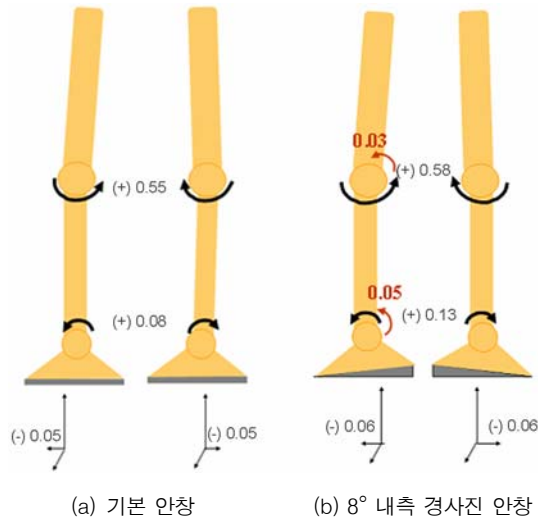


그림 13. 내측 경사진 안창이 하지관절 모멘트에 미치는 영향 (단위: Nm/BW)

외측 경사진 안창을 착용한 경우 경사가 증가할수록 발목관절의 안쪽변짐 모멘트가 감소하며, 무릎관절의 내반 모멘트가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 14(b)에 8°의 외측 경사진 안창이 하지관절에 미치는 영향을 나타내었다. 기본 안창에 비해 발목관절은 0.03Nm/BW의 안쪽변짐 모멘트가 감소하며, 무릎관절은 0.04Nm/BW의 내반 모멘트

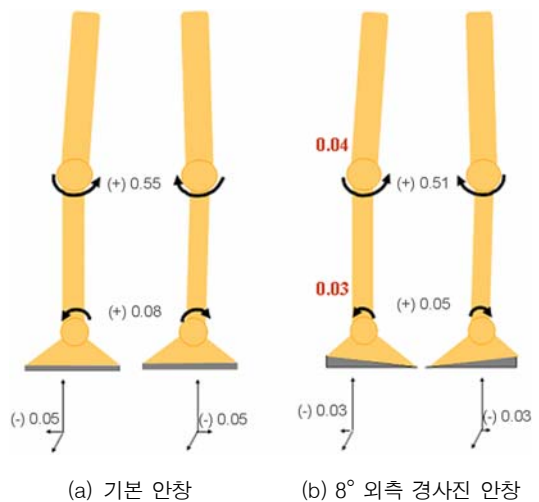


그림 14. 외측 경사진 안창이 하지관절 모멘트에 미치는 영향 (단위: Nm/BW)

(2002)은 5°와 10°의 외측 경사진 안창은 각각 6%와 8%의 내반 모멘트가 감소한다고 보고하였다. 본 연구의 결과는 근소한 수치 차이는 있으나 경향성은 기존의 연구와 일치한다.

## 5. 결론 및 추후 연구

본 연구의 목적은 경사진 안창이 하지관절에 미치는 운동형상학적 효과와 운동역학적 효과를 측정, 분석하는 것이다. 경사진 안창은 발목관절의 운동에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 무릎, 엉덩이, 골반의 순서로 그 영향이 감소하였다.

내측 경사진 안창과 외측 경사진 안창이 하지관절의 각운동에 미치는 영향이 비슷한 패턴으로 나타났다. 두 경사진 안창 모두 기본 안창에 비해 발목관절의 안쪽변짐을 증가시키고 무릎관절의 내반을 증가시켰다.

경사진 안창이 하지관절에 미치는 운동역학적 효과는 내측 경사진 안창과 외측 경사진 안창에 따라 반대 영향을 미치는 것으로 나타났다. 내측 경사진 안창의 경우 기본 안창에 비해 발목의 안쪽변짐 모멘트와 무릎의 내반 모멘트를 증가시키며, 외측 경사진 안창의 경우 발목의 안쪽변짐 모멘트와 무릎의 내반 모멘트를 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서, 외측 경사진 안창은 무릎관절의 내측에 손상이 있는 관절 환자의 신발에 적용되면 모멘트를 감소시켜, 관절염을 예방하거나, 고통을 경감시키는 효과를 기대할 수 있으며, 연구 결과 8° 정도의 경사각이 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구는 각 관절의 각운동과 모멘트에 한정하여 분석을 실시하였다. 하지만 경사진 안창의 영향은 다리 근육의 EMG 변화와 족부 압력분포의 변화, 압력중심의 이동 등에 대한 분석을 통해서 보다 구체적으로 파악할 수 있다. 또한 본 연구는 하지병력이 없는 정상인을 대상으로 하였으나, 과사용 손상 환자와 무릎 골관절염 환자들의 보행 패턴은 이들과 차이가 있을 수 있다. 따라서 경사진 안창의 사용목적에 부합하는 환자들을 대상으로 한 추가적 연구 역시 필요하다.

## 참고 문헌

- Baitch, S. P., Blake, R. L., Fineagan, P. L. and Senatore, J., Biomechanical analysis of running with 25° inverted orthotic devices. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 81, 647-652, 1991.
- Bates, B. T., Ostermig, L. R., Mason, B. and James, L. S., Foot orthotic devices to modify selected aspects of lower extremity mechanics. *American Journal of Sports Medicine*, 7, 338-342, 1979.
- Blake, R. L. and Denton, J. A., Functional foot orthoses for athletic injuries: a retrospective study. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 75(7), 359-362, 1985.
- Blake, R. L., Inverted functional orthoses. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 76, 275-276, 1986.
- Crenshaw, S. J., Pollo, F. E. and Calton, E. F., Effects of lateral-wedged insoles on kinetics at the knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 375, 185-92, 2000.
- Donatelli, R., Hurlbert, C., Conaway, D. and St. Pierre, R., Biomechanical foot orthotics: a retrospective study. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 10(6), 205-212, 1988.
- Gross, M. L., Davlin, L. B. and Evanski, P. M., Effectiveness of orthotic shoe inserts in the long-distance runner. *American Journal of Sports Medicine*, 19, 409-412, 1991.
- Kadaba, M. P., Ramakrishnan, H. K. and Wootten, M. E., Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopaedic Research*, 8, 383-392, 1990.
- Keating, E., Farris, P., Ritter, M. and Kane, J., Use of lateral heel and sole wedges in the treatment of medial osteoarthritis of the knee. *Orthopaedic Review*, 22, 921-924, 1993.
- Kerrigan, D. C., Lelas, J. L., Goggins, J., Merriman, G. J., Kaplan, R. J. and Felson, D.T., Effectiveness of a lateral-wedge insole on knee varus torque in patients with knee osteoarthritis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83, 889-93, 2002.
- McCulloch, M., Brunt, D. and van der Linden, D., The effect of foot orthotics and gait velocity on lower limb kinematics and temporal events of stance. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17, 2-10, 1993.
- Milani, T. L., Schnabel, G. and Hennig, E. M., Rearfoot motion and pressure distribution patterns during running in shoes with varus and valgus wedges. *Journal of applied biomechanics*, 11, 177-87, 1995.
- Moraros, J. and Hodge, W., Orthotic survey. Preliminary results. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 83, 139-148, 1993.
- Nawoczenski, D. A., Cook, T. M. and Saltzman, C. L., The effect of foot orthotics on three-dimensional kinematics of the leg and rearfoot during running. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 21, 317-327, 1995.
- Nester, C. J., van der Linden, M. L. and Bowker, P., Effect of foot orthoses on the kinematics and kinetics of normal walking gait. *Gait and Posture*, 17, 180-87, 2003.
- Smith, L. S., Clarke, T. E., Hamill, C. J. and Santopietro, F., The effects of soft and semi-rigid orthoses upon foot eversion in running. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 76, 227-233, 1986.
- Stacoff, A., Reinschmidt, C., Nigg, B. M., van den Bogert, A. J., Lundberg, A., Denoth, J. and Stussi, E., Effects of foot orthoses on skeletal motion during running. *Clinical Biomechanics*, 15, 54-64, 2000.
- Tohyama, H., Yasuda, K. and Kaneda, K., Treatment of osteoarthritis of the knee with heel wedges. *International Orthopaedics*, 15, 31-33, 1991.
- Wolfe, S. A. and Brueckmann, F. R., Conservative management of genu valgus and varum with medial/lateral heel wedges. *Indiana Medicine*, 84, 614-615, 1991.
- Williams III, D. S., Davis, I. M. and Baitch, S. P., Effect of inverted orthoses on lower-extremity mechanics in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 2060-2068, 2003.
- Yasuda, K. and Sasaki, T., The mechanics of treatment of the osteoarthritic



knee with a wedged insole. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 215, 162-172, 1987.

● 저자 소개 ●

❖ 권민정 ❖ skkuaoi@hotmail.com

포항공과대학교 산업공학과 석사  
현 재: 삼성전자 무선사업부 UI 디자이너  
관심분야: 제품디자인, UI 디자인, 인체역학

❖ 나석희 ❖ na@postech.ac.kr

포항공과대학교 산업경영공학과 박사  
현 재: 포항공과대학교 기계산업공학부 박사 후 연구원  
관심분야: 제품디자인, 인체역학, 산업안전

❖ 최화순 ❖ hschoidr@postech.ac.kr

Georgia Institute of Technology 기계공학과 박사  
현 재: 포항공과대학교 기계산업공학부 연구교수  
관심분야: 인체역학, 보행분석

❖ 정민근 ❖ mkc@postech.ac.kr

Univ. of Michigan 산업공학과 박사  
현 재: 포항공과대학교 기계산업공학부 교수  
관심분야: 산업안전, 인체역학, 응용 통계 및 실험 계획

논문접수일 (Date Received) : 2006년 03월 29일

논문수정일 (Date Revised) : 2006년 12월 07일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 02월 06일