

Change in Gait Pattern according to a Change in Shoe Out-soles

Myeong-Soo Kang^{1*}, Chi-Sun Choi¹, & Jong-Hyun Yang²

¹Seoul National University & ²Seoul National University Institute of Sport Science

The purpose of the study was to investigate the effect of shoe's soles abrasion positions on gait biomechanics and joint moment of the lower limbs. Participants between the age of 20 and 29 (Male: 10, Female: 8) were chosen as subjects. These subjects wore shoes for 40 minutes with soles that were previously worn down medially or laterally. Motion analysis system consisting of 8 infrared cameras and two force platforms were used to measure the following: center of mass(COM), ground reaction force(GRF) and lower limb's joint moment. Significant differences in the COM and GRF were observed between lateral & medial worn shoes and non-worn shoes. In addition, significant differences in ankle and knee movements were observed. The change in shoe soles is common however there is still a lack of information regarding the effects on gait patterns, joint forces, etc. This study reveals that shoes with worn down soles can negatively influence our gait pattern. We recommend that shoes be checked regularly for signs of wear and tear and changed accordingly. Furthermore, research focusing on the effects of differently shaped shoe sole abrasion is needed to recommend how they influence an abnormal gait. In addition, further studies on the relationship of worn shoes on lower back pain needs to be conducted.

Key Words: Deformation, Shoes, Gait pattern, Joint torque, Eversion, Inversion 

서 론

걷는 것, 즉 보행은 인간에게 있어서 가장 평범하고 의식하지 않은 채로 습득되는 것이다(Winter, 1987). 그러나 바른 자세의 보행 형태를 유지 못하면 생리학적으로 무리를 가져와 근, 관절에 피로가 쌓이고 척추에 지속적으로 비정상적인 충격이 누적되어 척추 질환의 직접적인 원인으로 작용할 수도 있다(Kang, 1993).

보행 시 우리 발을 보호하고 있는 신발은 발의 착지에 의해 전달되는 충격을 흡수하여 발목, 무릎, 척추, 목, 머리 등의 부위에 생길 수 있는 부상을 예방해주는 역할을 한다(Inman, 1976; Mann, 1980; Nigg, 1986;

Kim et al., 2006). 그러나 적절하지 못한 신발을 신게 되면 부적절한 보행 자세를 만들게 되고 하지 근 뿐만 아니라 각종 근·골격계의 이상을 유발시킬 수 있다(Yeo, 1994). 다시 말하면 적절하지 못한 보행 동작은 지면으로부터의 충격을 흡수하는 역할을 하지 못하고 근·골격계의 과도한 피로를 일으켜 부상을 유발하게 된다는 것이다(Clement et al., 1981; Nigg et al., 1987; Scott & Winter, 1990). 잘못된 보행 습관이나 적절하지 못한 신발을 신고 장시간 보행하게 되면 피로감을 느끼게 되고 발에 불편함을 느끼며 통증이나 변형이 일어날 수 있다. 심하게 되면 요통과 족통으로 발전하기도 한다(Ko et al., 1999).

정상인이 적절하지 못한 보행 형태를 경험하는 경우가 몇 가지 있는데, 우선 신체에 부상을 입었을 때 발생할 수 있고, 또 다른 경우는 발과 지면이 직접적으로 맞닿는 신발의 부적절한 선택에 의해 생길 수 있다. 발에

논문 투고일 : 2015. 10. 19.

논문 수정일 : 2016. 02. 12.

게재 확정일 : 2016. 02. 15.

* 저자 연락처 : 강명수(soo26@snu.ac.kr).

잘 맞지 않는 신발을 신거나 신발 자체에 결함이 있을 때 적절치 않은 보행 형태가 나타날 수 있고, 적합한 신발을 신었음에도 불구하고 장기간 사용으로 인해 신발에 마모가 일어나 변형이 나타날 때 많은 사람들이 잘못된 보행 형태를 경험할 수 있는 가능성이 있다.

이러한 신발의 변형 현상은 신발과 사용자에 따라 다르지만 변형된 위치에 따라 다양한 보행 형태 변화가 예견되고, 보행 형태의 변화는 보행 자세를 변화시킬 수 있다. 자세 변화로 인한 하지 및 몸통 주위 근들의 근 활성 형태가 변하게 되고, 특히 신발 아웃 솔의 변화로 인해 지면반력, 하지 각도, 지면반력, 발목의 움직임 등에 영향을 미친다는 보고가 있었다(An et al., 2007; Kim et al., 2011).

An et al.(2007)은 후방 굴곡형, 전방 굴곡형 신발과 일반 신발의 차이점을 관절각, 근 활성화도, 보행 형태를 중심으로 살펴본바, 후방 굴곡형 신발은 하퇴 근육을 일반 신발보다 더 활성화시켜 트레이닝에 효과가 있으며 전방 굴곡형은 대퇴 근육을 활성화 시킨다고 보고하였다. Kim et al.(2011)은 유선형의 아웃 솔로 된 신발이 일반 신발에 비해 발목의 움직임을 감소시켜 안정성에 도움을 주며, 유선형의 신발이 내·외변의 움직임을 감소시킨 반면 굴곡·신전은 증가시켰다고 하였다. 관절 모멘트에 대해 언급되지는 않았지만 신발 아웃 솔의 변화가 발목의 움직임과 하퇴, 대퇴의 움직임에 영향을 준다는 사실을 잘 설명해 주는 예라고 볼 수 있다.

그러나 현재까지 진행된 많은 연구들이 요통을 겪고 있는 환자들이나 보행에 불편을 느끼는 사람들에게 한정되어 연구하는 경우가 많고 일반인에게 영향을 줄 수 있는 원인들에 대해서는 연구가 미흡한 것이 사실이다. 특히 신발의 내측 인 솔의 유도된 변형이 요통을 치료한다는 결과(Ku et al., 2011)는 있지만 외측 아웃 솔의 마모로 인해 진행되는 현상에 대해서 이뤄진 연구가 거의 없는 것이 현실이다. 따라서 본 연구는 일반인들이 모두 경험할 수 있는 신발 아웃 솔의 마모로 인한 변형이 보행 형태와 관절 모멘트에 어떠한 영향을 미치는지 알아봄으로써, 신발 변형 보행으로 인한 하지 근골격계의 부정적 영향을 예견하고 부상을 미연에 방지하는데 기여하고자 하였다.

연구방법

연구 대상자

본 연구의 대상자는 20대 건강한 남·여로 선정하였다. 많은 신발 중 목이 짧고 굽이 낮은 단화(loafers) 계열이 아웃 솔이 얇고 마모에 비교적 취약하여 본 연구의 실험재료로 사용하기에 연구 목적과 일치한다고 판단하였고, 해당 계열 신발을 선호하는 세대가 연구 대상자로 적합하기 때문이었다. 최근 1년간 요통이나 하지 관절의 의료적인 처치나 진단을 받지 않은 정상인 집단으로서, 평소 보행에 문제점을 갖고 있지 않은 사람들이다. 남·여 각각 10명씩 총 20명을 선정하였으나 실험과정에서 여자 2명은 제외되었다. 이들은 실험에 참여하기로 스스로 결정하였지만 만일 실험의 전반적인 내용이나 절차에 불만이 있거나 건강상의 이유로 실험 참여를 중도이라도 희망하지 않을 때는 언제든지 포기할 수 있음을 안내받았다.

Table 1. Subject Information

Gender	male	female
N	10	8
Height(SD)(cm)	175.82(±1.84)	162.2(±2.2)
Mass(SD)(kg)	70.86(±3.41)	50.71(±2.26)
BMI(SD)	22.91(±0.78)	19.28(±1.01)
Shoe size(cm)	270	235

실험 장비

본 실험에서는 8대의 적외선 카메라(Oqus 500, Qualisys, Gothenburg, Sweden)를 사용하여 3차원 영상자료를 100로 수집하였으며, 2대의 지면반력기(OR6-7, AMTI, Massachusetts, USA)를 사용하여 지면반력 자료를 1,000로 수집하였다. 영상자료와 지면반력 자료는 USB analogue acquisition interface를 통하여 동조가 되었다.

연구 대상 신발

본 실험에 사용된 신발은 젊은 층들이 선호하는 단화 계열의 일반 운동화로 구성하였으며 세 가지 형태의 신발이 실험에 쓰였다. 첫 번째, 대상자들이 평상시에 신는 신발 형태로써 마모가 전혀 없는 신발로 하였다. 두 번째 신발은 가장 많은 사람들이 경험하게 되는 형태로 발의 내변이 이뤄지면서 좌측 신발의 뒤꿈치 외측만 마모되는 신발이며(Figure 1. Inversion), 세 번째는 이와는 반대로 발의 외변이 이뤄지면서 좌측 신발 뒤꿈치 내측 부분이 마모되는 신발이다(Figure 1. Eversion). 실험의 목적을 충족시키기 위해 두 번째의 외측 마모 신발은 내측 아웃 솔은 그대로 두고 외측 아웃 솔을 완전히 마모시킨 상태(20°), 세 번째의 내측 마모 신발은 외측 아웃 솔은 그대로 두고 내측 아웃 솔을 완전히 마모시킨 상태이며, 신발 중축의 마모 정도는 신발의 뒷꿈치 부분만을 마모시켜 제작하였다. 하지만 우측 신발은 마모가 진행되지 않은 상태 그대로 사용하였다. 우측신발을 마모시키지 않은 이유는 두 가지로, 먼저 일반적으로 신발의 마모는 한쪽부터 진행되고, 다음으로 좌·우측의 신발을 모두 마모시키면 경우의 수가 너무 많아진다는 점에 착안하였다. 오른쪽 하지를 주로 사용하는 일반인들을 고려하여 하지 근력이 덜 작용한다고 판단되는 좌측 신발을 마모시켰다.

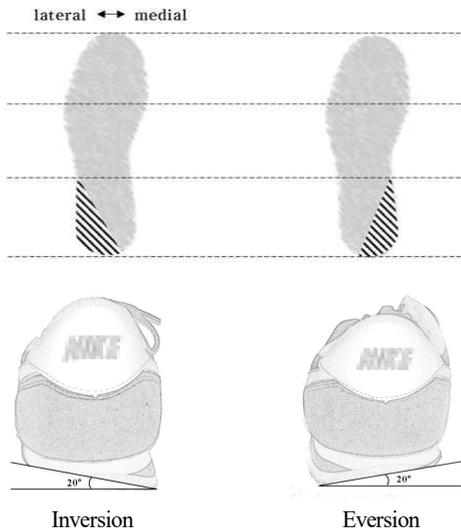


Figure 1. Status of the Worn Shoes (Left side)

실험 절차

구 대상자들은 실험 전에 실험의 취지 및 방법 등을 설명 듣고 충분한 준비운동으로 몸을 풀었다. 실험에 사용된 실험복은 Vicon(USA)사에서 제작한 것으로 벨크로 재질의 걸감을 이용해 반사 마커를 부착할 수 있도록 특별히 제작되어 일반 의류와 다소 차이가 날 수 있으며, 그렇기 때문에 실험 전 복장 착용 후 연습 보행을 통해 충분히 적응할 시간이 필요하였다.

연습 보행 후 대상자들의 신체 각 부위에 반사 마커를 부착하였다. 반사 마커는 하지와 몸통을 중심으로 부착하였으며 발, 하퇴, 대퇴, 골반, 요추, 흉추 및 경추 분절을 구성할 수 있는 참조 마커와 해부학적 자세를 기준으로 관절의 양 끝점을 대변하는 마커들로 구성되었다. 단기간의 보행에서는 나타나지 않을 수 있는 부자연스러운 신발에 대한 적응의 정도도 파악하기 위해 약 40여 분 정도의 보행을 실시하였고, 보행 동안에는 자유롭게 보행할 수 있는 공간을 걸었으며 정해진 시간에 실험 장비가 설치되어 있는 실험 공간을 자연스럽게 지나가게 하였다. 이 때 영상자료의 획득과 좌측 발 지면반력 측정을 동시에 수행하였고, 성공하지 못할 시엔 자연스러운 보행으로 다시 시도하게 하여, 성공한 10번의 자료를 저장하였다.

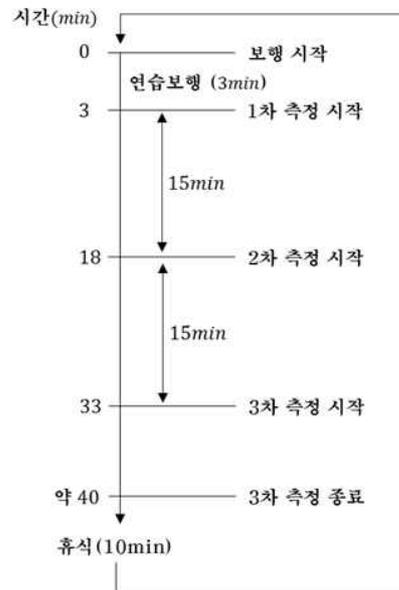


Figure 2. Walking and Measurement Time

측정은 세 번에 걸쳐서 진행되었는데 최초 측정은 약 3분 정도의 연습 보행 후, 중간 측정은 첫 번째 측정 시점을 기준으로 15분 후, 마지막 측정은 첫 번째 측정 시점을 기준으로 30분 후이며 제 시각에 실험실로 안내되었다. 측정 시점을 나눈 이유는 시간이 지남에 따라 마모된 신발 착용이 적용되는지 알아보기 위함이었다. 이후 다른 두 형태의 신발을 신고 똑같은 방법으로 다시 보행 약 40분을 하였으며, 순서는 무작위로 선정하였다 (Figure 2).

자료 처리 및 분석

시간적으로 동조된 2차원 좌표 쌍으로부터 3차원 좌표를 얻어내는 방법은 NLT(Non Linear Transformation) 방식으로 계산되는 Qualisys Track Manager(QTM) 소프트웨어를 이용하여 확보하였다. Qualisys System을 이용해 실시간으로 획득한 마커의 3차원 좌표 값을 QTM을 통해 C3d 파일의 형태로 변환시켜 인체모델링 및 영상분석프로그램인 Visual 3D(C-Motion Inc. USA)를 사용하여 모델링 및 변인 산출을 하였다.

인체에 부착된 각 마커의 3차원 좌표 값은 차단주파수(cut-off frequency) 7의 Butterworth 4th order lowpass filter로 필터링하여 노이즈를 제거하였다. 그 후 필터링 된 마커의 정보를 이용해 좌우 양측의 발(foot), 하퇴(shank), 대퇴(thigh), 골반(pelvis), 요추(lumbar, lower trunk), 상체(upper-trunk), 머리(head) 분절을 강체로 모델링 하였고, 분절의 질량, 질량중심점, 관성모멘트 등은 Dempster(1955)의 인체측정정보(Body segment parameter)를 적용하였다. 관절중심점(joint center)을 추정하기 위하여 엉덩관절은 Bell et al.(1990)의 추정방법을 변형한 CODA 방식으로, 무릎과 발목관절은 각 관절의 내측과 외측에 부착된 마커들의 중점을 찾는 midpoint방식으로 각각 산출하였다. 지면반력기로 얻어진 자료는 차단주파수(cut-off frequency) 10의 Butterworth 4th order lowpass filter로 필터링하여 노이즈를 제거하였다.

본 연구에서는 보행에서 나타나는 좌측 하지가 지면에 닿는 시점(LHS)부터 지면에서 떨어지는 시점(LTO)까지의 구간 중 좌측 하지로만 지지하기 시작하는 11-20%에 해당하는 구간을 분석구간으로 한정하였

다. 신발의 마모 상태에 따른 하지의 보행 형태와 관절 모멘트를 살펴보기 위하여 지면반력, 신체 무게 중심의 위치, 좌측하지의 관절합력 등을 살펴보았다.

하지 중 무릎 관절에 작용하는 힘과 모멘트를 산출하기 위한 공식은 다음과 같다. 먼저 무릎 관절 작용 힘은 다음의 방법을 통하여 산출할 수 있다.

$$\vec{F}_{knee} = m_{shank} \vec{a}_{shank} - m_{shank} \vec{g} - \vec{F}_{ankle}$$

(\vec{F}_{knee} : 무릎관절에 가해지는 힘, \vec{a}_{shank} : 하퇴 질량중심의 가속도, m_{shank} : 하퇴의 질량, \vec{F}_{ankle} : 발목관절에 가해지는 힘)

무릎 관절 모멘트의 산출 방식은 위 무릎 관절에 작용하는 힘을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\vec{T}_{knee} = I_{shank} \cdot \vec{\alpha}_{shank} - \vec{T}_{ankle} - \vec{r}_{shank-ankle} \times \vec{F}_{ankle} - \vec{r}_{shank-knee} \times \vec{F}_{knee}$$

(\vec{T}_{knee} : 무릎관절의 관절합회전력, I_{shank} : 하퇴의 중심에 대한 관성모멘트, $\vec{\alpha}_{shank}$: 하퇴의 각가속도, \vec{T}_{ankle} : 발목관절의 관절회전력, $\vec{r}_{shank-ankle}$: 하퇴 중심에서 발목관절까지의 변위, \vec{F}_{ankle} : 발목관절의 관절반력, $\vec{r}_{shank-knee}$: 하퇴 중심에서 무릎관절까지의 변위, \vec{F}_{knee} : 무릎관절의 관절반력)

통계 처리

남자, 여자를 집단 변인으로, 신발의 종류와 측정 시각을 반복 측정 변인으로 구분하였다. 따라서 본 연구는 삼원 혼합 분산분석(Three-way mixed ANOVA)을 이용하였으며 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다. 반복 측정의 자료는 각 10회의 평균값을 이용하였고 집단 간 사후 분석의 경우 남자, 여자의 두 집단밖에 존재하지 않기 때문에 사용하지 않았고 대신 평균을 이용한 요인별 비교 통계를 이용하여 신발과 측정 시점의 세 변인에 대한 차이를 검정하였다. 통계 패키지는 SPSS 18을 사용하였다.

연구 결과

본 연구에 포함된 그래프의 범례는 내측이 마모된 신발을 'Eversion', 외측이 마모된 신발을 'Inversion', 그리고 일반적인 신발을 'Normal'로 표시하여 나타내었다. 또한 표에 제시된 'EIN'은 Eversion, Inversion, Normal의 첫 글자를 따서 신발 아웃솔의 상태에 따른 통계 결과를 나타내며 'Gen'은 성에 따른 통계 결과, 'Time'은 측정 시점에 따른 통계 결과를 나타낸다.

지면 반력

1) 좌·우측 방향의 지면반력

신발의 형태로만 본다면 신발의 변형으로 외번 되는 상태의 전체 평균(8.93 N)과 일반적인 상태의 전체 평균(18.54 N), 내번되는 상태의 전체 평균(23.92 N)과 일반적인 상태 모두에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따른 신발의 형태 변화는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 성별에 따른 측정 시점에서는 최초 측정 시점과 마지막 측정 시점에서만 유의한 차이가 나타났다 (Figure 3, Table 2).

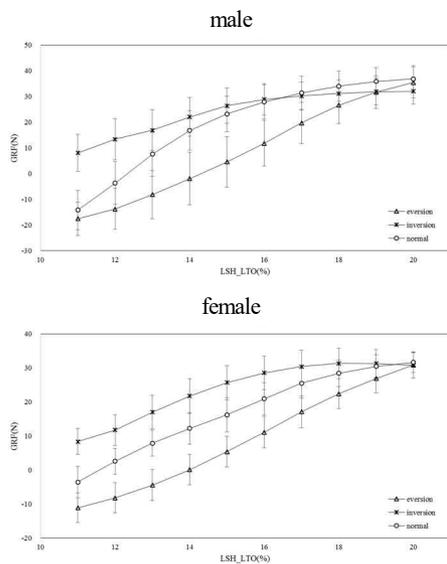


Figure 3. Mediolateral GRF

2) 전·후측 방향의 지면반력

신발의 형태로만 본다면 신발의 변형으로 외번 되는 상태의 전체 평균(-63.91 N)과 일반적인 상태의 전체 평균(-101.40 N), 내번되는 상태의 전체 평균(-112.5 N)과 일반적인 상태의 전체 평균 모두에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따라 신발의 형태 변화는 일반적인 상태의 전체 평균(남: -108.83 N, 여: -92.11 N)과 내번되는 상태의 전체 평균(남: -122.29 N, 여: -100.25 N)에서 유의한 차이를 나타내었다. 성별에 따른 측정 시점에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Figure 4, Table 3).

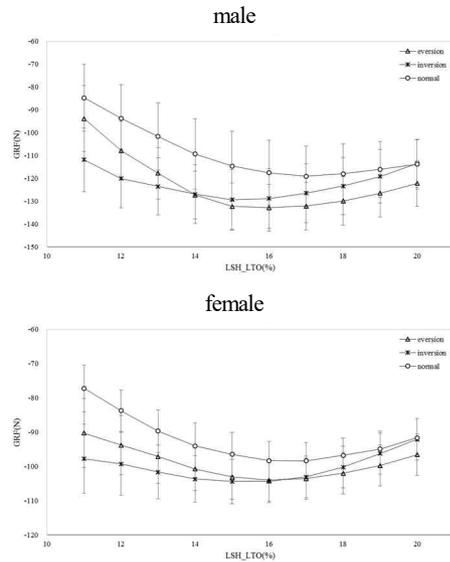


Figure 4. Anteroposterior GRF

3) 수직축 방향의 지면반력

신발의 형태로만 본다면 신발의 변형으로 외번 되는 상태의 전체 평균(583.35 N)과 일반적인 상태의 전체 평균(549.85 N), 내번되는 상태의 전체 평균(577.77 N)과 일반적인 상태의 전체 평균 모두에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따라 신발의 형태 변화는 외번 되는 상태의 전체 평균(남: 653.44 N, 여: 491.23 N)과 일반적인 상태의 전체 평균(남: 608.41 N, 여: 476.64 N), 내번되는 상태의 전체 평균(남: 655.49 N, 여: 480.63 N)과 일반적인 상태의 전체 평균에서

모두 유의한 차이를 나타내었다. 성별에 따른 측정 시점에서는 중간 측정 시점과 마지막 측정 시점에서만 유의한 차이가 나타났다(Figure 5, Table 4).

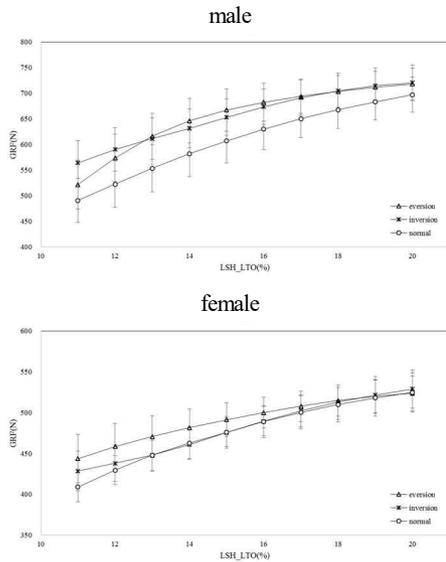


Figure 5. Vertical GRF

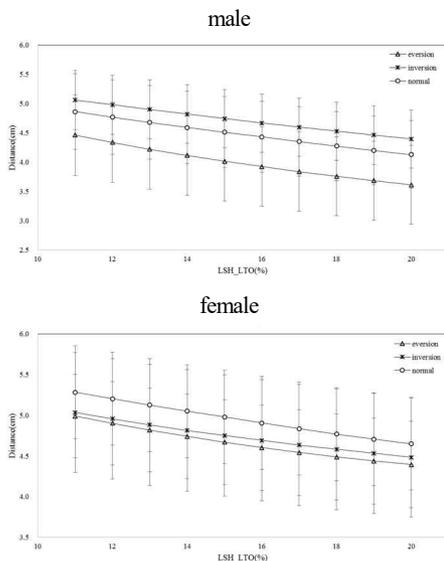


Figure 6. Mediolateral Change of COM

신체 무게 중심의 좌·우측 변화

신발의 형태로만 본다면 신발의 변형으로 외번 되는 상태의 전체 평균(4.33 cm)과 일반적인 상태의 전체 평균(4.72 cm)에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따라 신발의 형태 변화는 내번되는 상태의 전체 평균(남: 4.72 cm, 여: 4.74 cm)과 일반적인 상태의 전체 평균(남: 4.48 cm, 여: 4.95 cm)에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따른 측정 시점의 차이에서는 최초 측정 시점과 마지막 측정 시점에서만 유의한 차이가 나타났다(Figure 6, Table 5).

하지 관절의 모멘트 변화

1) 좌측 발의 하퇴에 대한 내·외번 모멘트 변화

신발의 형태로만 본다면 신발의 변형으로 외번 되는 상태의 전체 평균(-.056 Nm)과 일반적인 상태의 전체 평균(-.02 Nm), 내번되는 상태의 전체 평균(.032 Nm)과 일반적인 상태의 전체 평균 모두에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따라 신발의 형태 변화는 내번되는 상태의 전체 평균(남: .015 Nm, 여: .05 Nm)과 일반적인 상태의 전체 평균(남: -.024 Nm, 여: -.016 Nm)에서만 유의한 차이를 나타내었다. 성별에 따른 측정 시점에서는 최초 측정 시점과 마지막 측정 시점에서만 유의한 차이가 나타났다(Figure 7, Table 6).

2) 좌측 하퇴의 대퇴에 대한 내·외전 모멘트 변화

신발의 형태로만 본다면 신발의 변형으로 외번 되는 상태의 전체 평균(.18 Nm)과 일반적인 상태의 전체 평균(.232 Nm), 내번되는 상태의 전체 평균(.339 Nm)과 일반적인 상태의 전체 평균 모두에서 유의한 차이가 나타났다. 성별에 따라 신발의 형태 변화는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 성별에 따른 측정 시점에서는 최초 측정 시점과 마지막 측정 시점, 중간 시점과 마지막 측정 시점 모두에서 유의한 차이가 나타났다(Figure 8, Table 7).

Table 2. Mediolateral GRF 3 way mixed ANOVA

		Type of shoe (unit: N/BW)						F		Sig	
		Eversion		Inversion		Normal					
		male	female	male	female	male	female				
First		9.19	8.27	25.74	23.88	20.63	16.13	144.08	2.35	.000	.098
		±24.72	±16.34	±15.32	±11.47	±21.86	±13.99				
	Middle	10.33	8.37	21.41	22.44	18.82	18.29				
		±23.30	±16.20	±15.46	±12.85	±21.42	±14.88				
Last		7.05	10.41	25.14	24.76	19.32	17.28				
		±24.98	±17.51	±14.83	±12.11	±21.93	±14.01				
	F	Time	6.962								
	Gen	15.935									
Sig	Time	.000									
	Gen	.000									

Table 3. Anteroposterior GRF 3 way mixed ANOVA

		Type of shoe (unit: N/BW)						F		Sig	
		Eversion		Inversion		Normal					
		male	female	male	female	male	female				
First		-122.83	8.27	-123.45	-98.68	-106.23	-89.12	954.09	1057.81	.000	.000
		±27.84	±16.34	±24.98	±13.94	±29.00	±13.92				
	Middle	-122.64	8.37	-121.62	-101.44	-110.71	-91.47				
		±23.90	±16.20	±25.16	±41.41	±29.79	±12.54				
Last		-121.29	10.41	-121.81±2	-100.64	-109.56	-95.73				
		±23.63	±17.51	6.57	±15.55	±30.12	±12.90				
	F	Time	.585								
	Gen	2.003									
Sig	Time	.011									
	Gen	.138									

Table 4. Vertical GRF 3 way mixed ANOVA

		Type of shoe (unit: N/BW)						F		Sig	
		Eversion		Inversion		Normal					
		male	female	male	female	male	female				
First		657.48	490.20	654.68	479.99	604.57	473.93	102.80	55.22	.000	.000
		±106.30	±50.80	±91.17	±50.56	±100.29	±54.06				
	Middle	652.79	492.32	655.80	481.40	613.69	473.04				
		±97.16	±52.88	±89.70	±51.63	±103.24	±54.70				
Last		650.06	491.18	656.01	480.49	606.99	482.96				
		±93.40	±51.59	±90.96	±57.82	±109.68	±53.70				
	F	Time	.832								
	Gen	3.363									
Sig	Time	.437									
	Gen	.037									

Table 5. COM 3 way mixed ANOVA

		Type of shoe(unit: cm)						F		Sig	
		Eversion		Inversion		Normal					
		male	female	male	female	male	female				
First		4.16	4.46	4.91	4.87	4.60	5.02	14.57	6.24	.000	.002
		±1.49	±1.01	±.95	±1.45	±1.34	±1.22				
		4.19	4.62	4.42	4.58	4.35	5.05				
Middle		±1.37	±.93	±1.07	±1.61	±1.24	±1.14	14.57	6.24	.000	.002
		3.64	4.90	4.82	4.76	4.49	4.78				
		±1.16	±1.14	±.94	±1.33	±1.08	±1.04				
F	Time	16.466									
	Gen	19.657									
Sig	Time	.000									
	Gen	.000									

Table 6. Ankle Moment 3 way mixed ANOVA

		Type of shoe						F		Sig	
		Eversion		Inversion		Normal					
		male	female	male	female	male	female				
First		-.061	-.051	.010	.064	-.029	-.023	411.610	4.492	.000	.013
		±.043	±.040	±.046	±.062	±.022	±.049				
		-.066	-.049	.013	.040	-.022	-.013				
Middle		±.046	±.039	±.050	±.051	±.025	±.050	411.610	4.492	.000	.013
		-.067	-.044	.021	.046	-.020	-.011				
		±.043	±.042	±.053	±.051	±.027	±.048				
F	Time	60.998									
	Gen	4.704									
Sig	Time	.000									
	Gen	.010									

Table 7. Knee Moment 3 way mixed ANOVA

		Type of shoe						F		Sig	
		Eversion		Inversion		Normal					
		male	female	male	female	male	female				
First		.191	.166	.337	.328	.229	.211	297.204	1.131	.000	.325
		±.213	±.148	±.208	±.142	±.212	±.141				
		.184	.169	.337	.333	.241	.230				
Middle		±.203	±.144	±.204	±.146	±.213	±.155	297.204	1.131	.000	.325
		.195	.176	.349	.352	.233	.245				
		±.207	±.151	±.212	±.137	±.222	±.154				
F	Time	21.678									
	Gen	5.945									
Sig	Time	.000									
	Gen	.003									

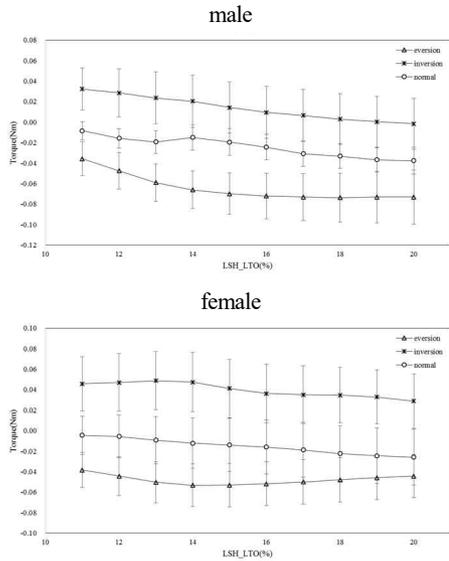


Figure 7. Ankle Moment

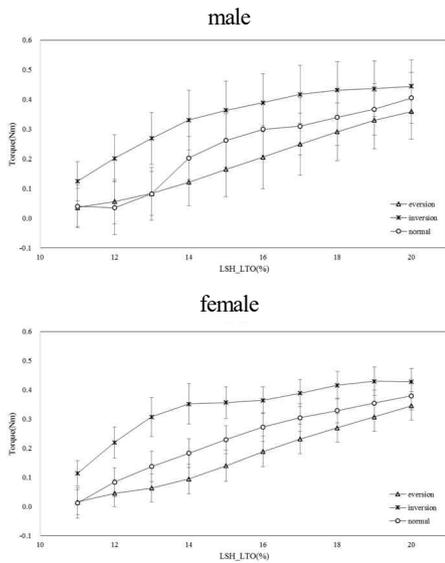


Figure 8. Knee Moment

논 의

이 좌·우 지면반력 분석에서 정상적인 보행 시 보다 좌·우측으로 지면에 가하는 힘의 방향이 다르게 되고,

그 결과 지면의 반발력도 다르게 나타났다. 이는 신발의 변형으로 내번되거나 외번 되는 상태의 보행 시 좌·우로 기울어지는 불안정한 자세가 만들어 진다는 것을 의미한다. Kim et al.(2011)은 유선형의 아웃 솔로 된 신발이 보행 시 내·외번을 감소시킨다고 보고했으나 이는 본 연구에 사용된 신발과 아웃 솔의 구조가 다르고 좌·우로의 변형은 고려되지 않아 생긴 차이점이라고 볼 수 있다. 또한 전·후 지면반력에서 음의 값이 차이가 난다는 것은 제동력에 차이가 난다는 것을 의미한다. 즉 신발의 변형으로 내번되거나 외번 되는 상태의 보행은 제동력에 대해 일반적인 상태의 보행보다 유의하게 크게 작용함으로써 보행 시 많은 부하가 전달되어 근 피로 등을 쉽게 일으킬 수 있다. 수직축에서는 충격력이 크게 나타났고 부상의 발생 위험도도 높아진다고 해석할 수 있다.

Kim et al.(2011)은 보행 시 유선형의 아웃 솔로 된 신발이 일반 신발에 비해 지면 반력의 두 번째 최대 수치가 유의하게 차이가 났다고 보고하였는데 이는 아웃 솔의 변화가 지면 반력에 영향을 준다는 본 연구의 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

성별에 따른 변화에서는 좌·우 지면반력을 제외하고 다른 두 지면반력에서 모두 차이가 나고 있는데, 이는 체중으로 인해 제동력, 충격력 등에서 남자가 여자보다 더 큰 영향을 받고 있음을 보여주고 있는 것이라고 사료된다.

측정 시점의 차이에서는 40여분의 지속적인 보행이 외번 되거나 내번되는 변형에 조금이나마 적응해 나가고 있는 것이 아닌가 사료된다.

신발의 변형으로 내번되거나 외번 되는 상태의 보행 시 신체의 무게 중심은 좌·우측을 중심으로 한쪽으로 치우친 채로 나타났는데, 이것은 그만큼 바른 자세를 유지하기 위해 또 다른 근 활성이 일어난다는 것을 의미하며 이 또한 장시간 보행 시 근 피로와 불균형을 초래할 수 있는 소지가 있다.

성별에 따른 차이에서 여자의 경우는 외번 될 때만 일반 보행과 차이가 나타나는 반면, 남자는 외번 되거나 내번될 때 일반적인 상태보다 무게중심이 모두 벗어나고 있는데 여성들의 경우 사회·문화적 관습에 의해 차분히 걷도록 길들여진 결과가 아닐까 생각한다. 여성들의 경우 보행 시 미적 요소에 신경을 쓰다 보니 다리를 벌린다거나 좌·우로 중심이 흔들리는 보행을 꺼리는데 비해 남

성들은 자신감을 표출한다거나 멋으로 생각하는 경향이 있어 불안정한 동작이 나타난다(Lim, 2005). 측정 시점의 차이도 앞서 언급한대로 시간이 지남에 따라 조금이나마 변화된 보행 형태를 바로 잡으려는 적응단계가 나타나지 않나 생각된다.

관절의 비정상적인 관절 모멘트의 발생은 관절의 관절 모멘트에 관여하는 근육들의 근 피로를 야기하고, 더 불어 이러한 관절 모멘트를 발생시킬 능력이 부족하게 되는 경우 자칫 부상으로 이어질 가능성도 배제할 수 없다. 문제는 이러한 보행은 매일 매일 지속해서 이뤄지고 그에 따른 피로도 계속해서 누적된다는 것이다.

그 양상에서도 발목의 경우 일반적인 상태의 신발에서는 시간이 지날수록 관절 모멘트가 감소하는 반면에 내·외번이 일어나는 상태의 보행은 유지되거나 증가하는 경향을 보이며 그 정도도 일반 보행에 비해 외번 되는 상태의 경우 2.8배, 내번되는 경우는 반대쪽으로 관절 모멘트가 발생하고 있다. 무릎으로 올라가면 오히려 내번 되는 상태에서 관절 모멘트가 가장 크게 나타나고(1.46 배) 외번 되는 상태에서는 줄어들었다(0.78배).

성별의 차이에서는 발목 쪽에서 남자가 여자보다 다소 많은 영향을 받고 있음이 나타났고 측정 시점도 시간이 지남에 따라 적응하는 단계가 나타나고 있다고 사료된다.

내번되거나 외번 되는 상태로의 보행은 결국 하지 근육에 영향을 미쳐 관절 모멘트를 발생시켰고 결국 정상적인 보행과는 다른 형태로 근 활성을 일으키는 원인이 된다고 말할 수 있다.

일반인들이 신발을 장시간 신다보면 신발의 뒤꿈치 부분이 마모되는 현상이 나타나는데 대부분의 마모 현상은 신발의 안쪽이나 바깥쪽으로 치우쳐 나타나게 된다. 이렇게 마모로 인한 신발 아웃 솔의 변형은 보행 시 여러 가지 비정상적인 보행 형태를 만들어 낼 수도 있다. 이런 상태로 장시간 보행하게 되면 전·후축을 기준으로 좌·우면상의 발목 관절 모멘트가 커지고, 이에 따라 무릎의 관절 모멘트가 커지게 된다. 여기에 신체 무게 중심의 이동이 좌·우측으로 쏠리는 현상이 나타나고 그로 인해 좌·우측에서 발생하는 지면반력 또한 커지고 제동력과 충격력까지 커져 부상의 위험이 증가할 수 있다.

신발의 마모 현상은 누구나 경험하게 되는 것이지만 보행 형태에 따라 마모의 진행 상태가 달라질 수도 있을

것이다. 예를 들어 팔자걸음이라 불리는 외족지 보행의 경우 외측 마모가 빨리 진행될 소지가 많고, 안짱걸음이라 불리는 내족지 보행은 반대로 내측 마모가 빨리 진행될 소지가 크다.

본 실험으로 내·외측 마모의 영향을 직접 비교할 수는 없었지만 이런 신발의 마모 현상으로 인해 비정상적인 보행이 시작될 수도 있다는 점은 간과할 수 없는 사실이고, 반대로 보행 형태의 이상으로 마모 현상이 촉진될 수도 있다는 사실을 유념해야 할 것이다. 우리가 늘 일상적으로 걷고 있는 이 보행 동작은 바르고 정확하게 배우고 지속적으로 노력할 필요가 있는 움직임의 가장 기본동작인 것이다.

결론 및 제언

우리는 본 연구를 통해서, 우리에게 너무나 자연스럽게 받아들여지고 있는 신발의 마모현상이 보행 시 발생하는 지면반력의 양상과 발목과 무릎을 포함한 하지 관절에서 생성되는 관절 모멘트에도 영향을 줄 수 있다는 것을 알았다. 게다가 심하게 마모된 신발은 비정상적인 보행 동작에서 나타나는 문제들을 가중시켜 건강을 위협할 수도 있다. 이러한 결과는 신발의 마모 현상도 이제 보행 동작에서 고려되어야 할 중요한 변인임을 말해준다. 이런 마모 현상은 연령과 성별을 구별하지 않고 모두에게 일어날 수 있는 현상이며 무심코 넘길 수 있는 흔한 변화이기 때문에 더더욱 신중하게 고려되어야 할 것이다.

본 연구에서는 하지 관절의 관절 모멘트와 지면반력, 무게 중심 변인에 대해 결과를 도출해 내었지만 차후 연구에서는 신발의 마모 현상을 촉진시킬 수 있는 보행 형태에 대한 연구와 하지 관절의 변화에서 시작되는 척추 부위의 변화, 하지와 척추근들의 근 활성도 또한 연구되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

An, S. Y., Kim, S. B., & Lee, K. K. (2007). *A comparative*

- study of characters of muscle activity in lower limb and gait pattern on type of heel rockers.* Korean Journal of Sports Biomechanics, 17(1), 111-119.
- Bell, A. L., Pedersen, R. A., & Brand, R. A. (1990). *A comparison of the accuracy of several hip center location prediction methods.* Journal of biomechanics, 23(6), 617-621.
- Clement, D. B., Taunton, J. E., Smart, G. W., & McNico, K. L. (1981). *A survey of overuse running injury.* Physician Sports Medicine, 9, 47-58.
- Dempster, W. T. (1955). *Space requirements of the seated operator: Geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs.* Wright air development center technical report, 55-159.
- Inman, V. T. (1976). *Joint of the ankle.* Baltimore: Williams and Wilkins.
- Kang, K. (1993). *The study of pressure distribution of foot with degree of foot angle.* Master's thesis, Ewha Woman's University, Seoul, Korea.
- Kim, E. H., Chung, C. W., & Lim, J. (2006). *The biomechanical evaluation of new walking-shoes.* Korean Journal of Sports Biomechanics, 16(2), 193-205.
- Kim, E. H., Kim, S. S., Kwon, M. S., Wi, U. R., Lim, J. & Chung, C. W. (2011). *The effect of form and hardness of outsoles on the motion of the lower extremity joints and on foot pressure during gait.* Korean Journal of Sports Biomechanics, 21(2), 223-230.
- Ko, Y. J., Kim, H. W., Lee, J. S., Lee, J. I., Park, N. K., & Kang, S. Y. (1999). *Shoe and insole modification for hallux valgus and its associated foot deformities.* Annals of Rehabilitation Medicine, 23(1), 148-152.
- Ku, J. Y., Lee, S. H., Kwon, K. S., Cho, S. W., Yoon, H. M., Jang, K. J., Song, C. H., Kim, C. H., & Hong, S. H. (2011). *Effect of walking exercise with functional shoes on chronic low back pain.* Journal of Korean acupuncture & moxibustion medicine society, 28(3), 73-84.
- Lim, O. H. (2005). *Well-being of my body - the health of foot.* Seoul : Orange Books
- Mann, R. A. (1980). *Biomechanics of running: Symposium the leg running sports.* St. Louis: Mosby.
- Nigg, B. M. (1986). *Biomechanics of running shoes.* Champaign, IL: Human Kinetics.
- Nigg, B. M., Bahlsen, H. A., Luethi, S. M., & Stokes, S. (1987). *The influence of running velocity and midsole hardness on external impact force in heel-toe running.* Journal of Biomechanics, 20(10), 951-959.
- Scott, S. H., & Winter, D. A. (1990). *Internal forces at chronic running injury sites.* Medicine and Science in Sports and Exercise, 22(3), 357-369.
- Winter, D. A. (1987). *The biomechanics and motor control of human gait.* Waterloo: University of Waterloo press.
- Yeo, H. R. (1994). *Classification of foot types for shoes size system of elderly women.* Master's thesis. Pusan National University, Pusan, Korea.

신발 아웃솔 변형에 따른 보행 형태의 변화

강명수 · 최치선(서울대학교), 양종현(서울대학교 스포츠과학연구소)

본 연구의 목적은 신발의 마모 현상 등으로 인한 신발 바닥의 변형이 보행 형태와 하지 관절 모멘트에 어떤 영향을 미치는지 밝히는 것이다. 연구의 목적을 달성하기 위하여 20대 연구 대상자(남:10명, 여:8명)를 선정하였으며, 연구 대상자들에게 신발 뒷부분을 내·외측 방향으로 마모시킨 신발과 일반 신발을 신기고 약 40분간 보행을 하도록 하였다. 연구 대상자들의 보행 동작을 분석하기 위하여 8대의 적외선 카메라로 구성된 실시간 동작분석 시스템과 2대의 지면반력기를 사용하여 신체 무게 중심의 변화, 지면 반력과 하지 관절 모멘트를 산출하였다. 연구 결과, 신체 무게중심, 지면 반력 등의 변화에서 다른 유형이 관찰되었으며, 또한 발목, 무릎 관절 모멘트에서도 차이가 나타났다. 이는 신발 바닥의 내·외측이 마모된 상태로 보행했을 때 일반 신발과 다르게 관절 모멘트에 관여하는 근육계의 피로와 불균형을 야기 할 수 있으며, 신발 바닥이 변형된 신발을 신고 장시간 보행 시 건강을 위협할 수 있는 충분한 요인을 제공한다고 할 수 있다.

주요어: 신발 변형, 보행 형태, 관절 모멘트, 외번, 내번