

신발 밑창 높이에 따른 보행의 변화

The change of gait on shoes sole height

윤세원*, 이정우, 조운수¹

광주여자대학교 물리치료학과, ¹남부대학교 물리치료학과

Se-won Yoon, PHD*, Jeong-woo Lee, PHD, Woon-SU Cho, PHD¹

Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

¹Department of Physical Therapy, Nambu University

- **Objectives** This study is to examine change of gait parameters on shoes sole height(high heels, MBT shoes, house shoes) through gait analyzer.
- **Methods** The subjects of this study were 12 women in their twenties. Gait analysis system is 5m in total length and gait is led to be comfortable. They put three kinds of shoes each and were led to walk 5m on gait analysis system.
- **Results** There were significant differences in step length, single support and load response of gait parameters and in stride length and total double support at double support phase.
- **Conclusion** Muscle activity differs in that different that shoes sole height and form because tibialis anterior muscle has strengthen and gastrocnemius has stretched. Therefore we think that patients with knee joint problem consider gait parameters when shoes select.
- **Key words** Gait, Shoes sole, Gait analyzer

□ 서론

걷는 동작은 인간에게 있어 가장 자연스러운 동작으로 정상적인 신체를 가지고 있으면 누구나 쉽게 할 수 있는 기본 동작이기 때문에 사람들은 걷는 것에 특별한 관심이나 노력을 기울이지 않으며, 태어나면서부터 오랜 기간 동안 습득해야 되는 생체역학적 변화의 결정체라 할 수 있다¹⁾.

이러한 보행(gait)은 신경과 골격근이 총괄적으로 사용되는 아주 복잡한 과정이며, 한쪽 다리가 입각

기의 안정된 상태를 유지하는 동시에 다른 다리가 몸을 앞으로 전진시키는 연속적이고 반복적인 동작이다²⁾.

하지의 해부학적 구조물들 중에서 발은 자세의 안정성을 제일 먼저 지각하며³⁾, 이러한 발을 보호하고 인체를 지탱시키는데 중요한 역할을 하는 것이 신발이다⁴⁾. 신발의 다양한 형태가 보편화 되고 있으며, 외부의 충격과 자극으로부터 보행을 편안하게 하고 발을 보호할 수 있는 신발 선택이 무엇보다 중요하다. 이렇듯 신발의 모양, 굽의 높이는 발의 안정성과 가동성에 많은 영향을 미친다^{5, 6)}.

* 교신저자: 윤세원

전화: 062 950 3775, E-mail: ptyoon2000@kwu.ac.kr

신발은 인간이 사회 생활을 시작하면서 인간생활과 밀접하게 자리잡고 있고, 실용적인 측면과 미용적인 측면이 조화를 이루면서 발전되어 왔으나, 미용적 측면이 더 강조되어 신발의 본질적인 기능과는 다른 방향으로 발달하게 되었으며⁷⁾, 모양과 키를 크게 보이도록 하기 위한 뒷굽이 높은 신발을 선호하고 있다⁸⁾.

하이힐 보행은 하이힐 슈즈의 좁은 발가락 박스, 전방으로 튀어나온 단단한 힐 캡(heel cap) 등으로 인한 구조상의 특징 때문에 보행의 불편을 가중시켜 발과 발목에 영향을 미쳐 전신 안정성뿐만 아니라 국소적 안정성에 영향을 미친다⁹⁾. Ebbeling 등¹⁰⁾은 구두굽이 높아질수록 에너지 소모가 증가한다고 하였고, Sussman과 D'amico 등¹¹⁾은 높은 굽 신발은 발목관절의 발바닥굽힘(plantar flexion)을 증가시키고, 전족부에 큰 힘이 가해지며, 관절 내에서 뼈의 위치와 근육의 작용각도를 변화시킨다고 하였다. 높은 굽의 신발을 장기간 사용하는 경우 발에 스트레스를 주고, 신체의 무게중심이 변함에 따라 신체 정렬에 변화를 줄 뿐만 아니라 보행과 하지 기능에도 좋지 않은 영향으로 발목 염좌나 넘어짐을 야기한다¹⁰⁾.

또한, 구두 굽의 높이가 증가할수록 허리뼈 및 하지의 근육 피로도 증가와 더불어 인체중심점(Center of Body Mass, CBM)의 변동 폭이 증가하여 불안정한 보행을 유발하는 것으로 밝혀졌고,¹²⁾ 허리뼈 부위와 다리 부위에 하중이 늘어나며, 인체중심점의 상하좌우 변화가 일어나 보행 자세의 안정성이 낮아진다¹³⁾. 이러한 굽 높은 신발의 착용은 발목의 모멘트는 줄어드는 반면에 관상면상에서의 무릎의 모멘트는 증가시킨다고 한다¹⁴⁾.

최근 신발 굽에 대한 문제들을 해결하기 위하여 신발 밑창을 유선형으로 만들거나 신발 굽의 앞·뒤 높이를 달리 하는 것과 같은 굽 자체에 변화를 준 신발들을 많이 개발 생산하고 있다¹⁵⁾.

그러한 신발들 중에서도 하지 근골격계 질환 환자들을 대상으로 많이 이용되고 있는 마사이발기법(MBT) 신발은 편평했던 발 사이에 발허리뼈(metatarsal bone) 바를 발 폭 방향으로 위치시키고 발의 길이 축으로 절단한 상태에서 볼 때 후방부가 전방

부에 비해 더욱 두껍게 형성되어 끝단 부근까지 두꺼운 형태가 유지되도록 볼록한 곡선형 바닥을 이루게 되어있다¹⁶⁾. 박기란 등¹⁷⁾은 기능성 MBT(Masai Barefoot Technique) 신발은 둥근 밑창의 기능성이 이러한 역 진자 신발의 구조로서 움직이는 축에 가까운 근육을 강화함으로써 관절에 부하를 감소시킨다고 하였으며, 착용 시 목뼈(cervical bone)의 자세가 후 만형 자세에서 대부분 감소하였다고 한다. 하지만, 일반 신발과 달리 유선형으로 이루어져 있기 때문에 불안정성 신발(unstable shoes)이라고도 불리며, 이러한 신발의 충격력 및 족저압력분석 뿐만 아니라 보행안정성에 대한 생체역학적인 검증이 필요하다고 보고하였다¹⁸⁾.

많은 선행연구들은 신발 밑창 형태의 변화가 보행시 하지에 미치는 영향¹⁹⁾, 보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교 분석²⁰⁾ 등 다양한 연구들을 보고하였으나 대부분 발의 압력분포연구에 관한 국한되어 있고, 신발 뒷굽의 형태에 따른 보행패턴에 대한 연구들은 부족한 실정이다.

하지의 통증과 변형을 호소하면서도 많은 여성들이 높은 굽의 구두를 계속적으로 선호하고 있다는 점과 현재 많이 사용되고 있는 MBT신발의 착용에 따른 생체역학적 분석의 필요성에 대한 점들을 보아 보행패턴의 분석은 매우 유용한 연구라 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 신발 뒷굽의 높이에 따른 보행패턴과 관련된 요소들의 변화를 살펴보고자 하였다.

□ 재료 및 방법

1. 연구 대상 및 기간

본 연구는 보행 시 신발 뒷굽 높이에 따른 보행의 변화를 알아보기 위하여 정상 여성 성인 12명을 대상으로 실시하였으며, 실험 목적과 방법에 대하여 충분히 설명한 후 실험 참여 동의를 받아 진행하였다.

연구 대상자는 첫째 신발 사이즈가 230-235mm인 자, 둘째 평소 보행하는 것에 있어서 문제가 없는 자, 셋째 시각, 청각에 이상이 없는 자, 넷째 하지 골절과 관절 가동범위의 제한 등의 정형외과적 문제가

Table 1. General Characteristics of Subjects. (N = 12)

연령(세)	신장(cm)	체중(kg)
21±0.85	159.92±4.52	55.84±6.80

없는 자, 다섯째 실험에 영향을 주는 약물을 복용하지 않는 자로 선정하였다. 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 연구 설계

본 연구에서 모든 대상자는 하이힐, MBT 신발, 실내화 세 종류의 신발을 신고 한번씩 측정하였다. 신발은 굽이 9cm인 하이힐, 5cm인 MBT신발, 1.5cm인 실내화로 실험을 실시하였다.

실험은 다음과 같은 절차로 이루어졌다. 대상자가 보행을 하기 전 연구자가 직접 5m 보행을 하여 시범을 보였으며, 연구자가 “걸으세요”라는 말을 하면 대상자가 걷도록 지시하였다. 세 종류의 신발을 각각 착용하고 5m를 보행하는 동안 측정하였고 다음 신발로 갈아 신고 측정할 때는 대상자에게 2분간 휴식을 취하도록 하였다.

3. 실험 과정

각 신발에 따른 대상자들의 보행패턴을 측정하기 위해서 보행 분석기(OPTO GAIT, Microgate S.r.l, ITALY)를 사용하였다(Fig. 1). 보행분석기는 길이가 5m로 이루어진 두 개의 송·수신 바(bar)와 웹캠(Logitech Webcam Pro 9000)으로 구성되어 있으며 양쪽 바의 폭은 1m로 설치하였다. 각각의 바(bar)는 1m 간격으로 위치한 송신 바의 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)에서 수신 바로 보내는 적외선을 지속적으로 교류하고 있다. 이 송·수신 바 사이에서 발생하는 대상자의 걸음을 감지하여 시간적, 공간적 변수에 대한 정보를 수집한다. 웹캠은 대상자의 출발하는 발의 순서, 발의 겹쳐짐으로 일어나는 인식오류 등과 같은 보행을 동영상상으로 측정하여 정확하게 동기화시키기 위해 사용된다. 실험 전 보행분석기는 센서 확인과 동영상 촬영을 위해 카메라의 높이를 조준을 하였다. 수집된 시간적, 공간적 변수에 대한 정보는 opto gait 소프트웨어로 처



Fig. 1. Gait analysor.



Fig. 2. Gait analysis measurement.

리하였다(Fig. 1, 2).

4. 자료 분석

본 연구는 측정된 자료를 SPSS version 12.0을 이용하여 통계처리 하였고, 보행의 변화는 단일요인 반복측정 분산분석을 사용하였고, 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

□ 결과

1. 오른쪽 하지의 보행 변화

오른쪽 하지의 보행 변화를 단일요인 반복측정 분산 분석한 결과, 한 발짝(step), 한쪽 지지(single support), 부하반응(load response)에서는 통계적인 유의한 차이가 나타났지만($p < 0.05$)(Table 2), 입각기(stance phase), 유각기(swing phase), 보행 시간(gait time)에서는 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 2).

2. 왼쪽 하지의 보행 변화

왼쪽 하지의 보행 변화를 단일요인 반복측정 분산 분석한 결과, 한 발짝(step), 한쪽 지지(single support), 부하반응(load response)에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났지만($p < 0.05$)(Table 3), 입각기(stance phase), 유각기(swing phase), 보행 시간(gait time)에서는 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 3).

3. 양발지지 시기의 변화

양발지지 시기의 변화를 단일요인 반복측정 분산 분석한 결과, 보폭(stride), 양쪽 지지(double support)는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났지만($p < 0.05$)(Table 4), 보행 주기(gait cycle), 보행률(gait rate)은 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4).

□ 고찰 및 결론

본 연구는 신발 뒷굽의 높이에 따른 보행패턴과 관련된 요소들의 변화를 알아보고자 하였으며, 그 결과 오른쪽, 왼쪽 하지의 한 발짝(step), 한쪽 지지(single support), 부하반응(load response)에서 신발 뒷굽의 높이에 따라 변화 차이가 나타났고, 양발지지 시기에서는 보폭(stride), 양쪽지지(double support)에서 신발 뒷굽의 높이에 따른 변화 차이가 나타났다.

하이힐을 신은 여성의 보행은 짧은 활보장과 스텝길이를 가진다고 하였는데, 이는 하이힐을 신었을 때 나타나는 무게 중심의 불균형을 해결하기 위한 것이라고 보고하였다²¹⁾. 박수민²²⁾은 하이힐을 신게 되면 낮은 신발들에 비해 발의 뒷꿈치가 높아짐으로써 발바닥굽힘근과 아킬레스건을 수축하게 되는 자세가 만들어지며 이러한 자세는 보상적으로 무릎을 굽히게 하여 그 정도를 감소시키는 경향이 있다고 하였다. 이러한 발목에 의해 나타나는 무릎의 굽힘은 신체의 무게 중심을 약간 낮게 만들면서 균형을 잡기 위한 유리한 자세로 만들고 동시에 지면으로부터 골반까지의 직선 길이 자체를 짧게 만들며²²⁾, 땅에 딛고 있는 발을 기준으로 몸이 원호를 그리며 앞으로 이동하는데 이 짧아진 다리의 직선 길이가 더 짧은 원호를 움직이게 하고 한 발을 내딛는다면 이는 스텝의 길이가 짧아지는 것을 의미하며 스

Table 2. Change of Gait of Right Lower Extremity on Shoes Sole Height.

(N = 12)

	신발			F	p
	하이힐	MBT신발	실내화		
입각기(%)	60.02±1.01	59.96±1.20	60.70±1.31	1.900	0.179
유각기(%)	39.98±1.01	40.04±1.20	39.30±1.31	1.900	0.179
한 발짝(cm)	52.29±8.26	59.89±5.99	60.31±5.29	17.865	0.000*
한쪽 지지(%)	42.98±2.50	40.20±0.99	40.72±0.94	10.936	0.001*
부하 반응(%)	6.70±1.97	10.29±0.91	9.58±0.76	25.444	0.000*
보행 시간(sec)	0.57±0.04	0.56±0.04	0.50±0.15	2.106	0.146

평균±표준편차

* $p < 0.05$

Table 3. Change of Gait of Left Lower Extremity on Shoes Sole Height. (N = 12)

	신발			F	p
	하이힐	MBT신발	실내화		
입각기(%)	60.18±1.06	59.79±1.26	60.53±1.24	1.120	0.344
유각기(%)	39.82±1.06	40.21±1.26	39.47±1.24	1.120	0.344
한 발딛(cm)	52.63±7.42	58.64±6.74	61.60±6.65	12.564	0.001*
한쪽 지지(%)	43.28±1.84	39.37±1.47	39.95±1.15	23.697	0.000*
부하 반응(%)	7.03±2.19	10.57±1.26	9.85±0.88	20.093	0.000*
보행 시간(sec)	0.57±0.05	0.56±0.04	0.55±0.03	1.946	0.177

평균±표준편차

*p < 0.05

텡이 짧아진다면 결국 한 사이클에서 제공하는 활보장의 길이가 짧아진다고 하였다²²⁾.

또한, 안성규²³⁾의 연구에서 하이힐의 높이로 인해 발은 관절가동범위가 큰 것으로 나타났고, 하퇴 및 대퇴의 경우는 힐의 높이가 높을수록 정상적인 보행 자세가 이루어지지 않았다고 보고하였다.

이처럼 본 연구에서 하이힐을 신고 보행하였을 때 왼쪽, 오른쪽 하지의 한 발딛 길이와 양발지지 시기에서의 보폭이 다른 신발들에 비해 짧아진 것은 위의 선행연구들에서 제시한 것과 같이 발목의 변화로 이를 보상하기 위한 무릎관절의 굽힘과 같은 자세의 변화가 한 발딛과 보폭이라는 보행요소에 영향을 주어 나타난 것으로 생각된다.

하이힐 보행은 양발지지 시간이 플랫폼 신발을 신고 보행하였을 경우보다 1.5배나 높는데 이는 하이힐을 신었을 때 적은 접촉 면적을 갖게 되고 몸의 무게중심의 변화가 생겨 위태로운 균형감이 나타나게 되며 이를 회복하기 위해 양 발로 땅에 지지하고 있는 시간을 자연스럽게 늘리는 static walking을 하기 때문이다²²⁾.

하지만, 본 연구에서는 하이힐을 신고 보행할 때 양쪽지지기가 짧아졌는데 이는 하이힐을 자주 신어 하이힐에 대한 적응력이 높을 수 있다는 대상자들의 특성과 함께 선행연구보다 상대적으로 짧은 거리의 보행이 이루어졌다는 점에서 위태로운 균형감을 유발시키기 위한 요소들이 작용되지 않은 것으로 생각된다.

Table 4. Change of Double Support Phase on Shoes Sole Height. (N = 12)

	신발			F	p
	하이힐	MBT신발	실내화		
보폭(cm)	107.08±14.75	121.18±11.57	124.05±9.92	18.174	0.000*
양쪽 지지(%)	13.48±3.64	20.57±1.63	19.13±1.71	29.543	0.000*
보행 주기(s)	1.12±0.09	1.11±0.08	1.08±0.06	3.572	0.061
보행률	0.90±0.07	0.91±0.06	0.93±0.05	3.388	0.070

평균±표준편차

*p < 0.05

부하 반응은 근 활동의 가장 큰 주기이며 무릎관절 18도 굴곡, 10도 발목관절 발바닥굽힘과 목말밀관절(subtalar joint)의 바깥굽음(valgus)을 통한 동작들로 하지 부하 시 수반하는 빠른 무게 이동의 영향을 보다 적게 하여 충격흡수를 제공하고 대퇴의 수축력을 유발함으로써 무릎의 안정성을 도와준다²⁴⁾. 이러한 모든 동작은 뒤꿈치에 위치한 체중의 벡터에 의해 자극 되고 동시에 엉덩관절에서의 동작은 하지의 체중 수용 위에서 신체를 지탱하는 것을 최소화한다²⁴⁾.

본 연구에서 실내화, MBT신발보다 하이힐을 신고 보행할 때 부하반응이 적은 것은 정상적인 부하 반응기 때 이루어지는 체중 부하가 상대적으로 이루어지지 않은 것으로 생각되고, 부하반응기 때 정상적으로 작용되어야 할 해부학적 구조들이 하이힐을 신고 보행할 경우에는 해부학적 구조들의 변화가 발생되어 제대로 작용되지 않을 뿐더러 2차적인 문제를 유발시킨 것으로 생각된다.

후방굴곡형 신발은 입각기에 앞정강근(tibialis anterior muscle)과 안쪽장딴지근(medial gastrocnemius muscle)의 활동이 증가되고 몸통과의 협응이 감소되어 발목관절의 움직임을 제한시켜서 발목근육을 강화시킬 수 있는 재활트레이닝에 이용될 수는 있으나, 만성 불안정성 발목 염좌, 아킬레스건에 이상이 있는 경우에는 발목관절에 무리를 줄 수 있기 때문에 착용 시 주의해야 하며, 전방굴곡형 신발은 몸통과 엉덩관절각의 펴(extension)으로 기립 자세가 유지될 수 있기 때문에 자세교정이 필요한 척추환자, 노인들에게 도움이 될 수는 있고 무릎관절의 굽힘·펴의 동요가 커져 이 동요를 제어하기 위하여 넓다리곧은근(rectus femoris)과 넓다리두갈래근(biceps femoris muscle)의 근육 활동량이 증가되어 다른 관절과의 협응성과 안정성을 감소시키기 때문에 무릎관절의 근육을 강화시킬 수는 있으나, 퇴행성 무릎관절염과 같은 환자들에게는 악영향을 줄 수 있다고 한다⁴⁾.

본 연구에서 MBT신발과 실내화의 변화는 상대적으로 큰 차이들은 없었으나, 몇몇 요소들(보폭, 한 발짝)에서 약간의 차이가 있었으며, 이는 선행연

구에서 유선형 모양의 불안정한 신발의 사용 시 나타나는 해부학적 구조들의 변화로 본 연구에서도 MBT신발과 실내화가 일부분 다르게 나타난 것으로 생각된다.

밧창의 유형이 유선형으로 이루어진 보행전문 신발에 적응이 되지 않은 사람들(특히, 하지에 이상이 있는 사람이나 노인)이 사용하게 되면 사용초기 단계에서는 보행전문신발 밧창의 형태가 보행 안정성에 영향을 미칠 것으로 보고하였다¹⁸⁾. 안송이⁴⁾는 발에 맞지 않는 신발 착용으로 인한 보행 동작의 변화는 발의 변형과 함께 하지의 근골격계 질환을 유발하고 습관 및 체형에도 영향을 미칠 수 있다고 하였으며, 잘못된 신발의 구조나 형태로 발생된 잘못된 보행 패턴은 교정하기가 매우 어렵기 때문에 신발이 보행에 미치는 영향을 과학적으로 규명하는 일은 매우 중요하다고 하였다.

이처럼 잘못된 신발의 선택은 현재 가지고 있는 하지의 문제뿐만 아니라, 2차적인 문제를 유발할 수 있기 때문에 자신에게 맞는 적절한 신발을 선택하는 것이 중요하며 또한, 다양한 신발의 착용으로 발생하는 보행패턴의 변화를 알아보는 연구들이 많이 필요하다고 생각된다.

본 연구는 짧은 보행 거리로 단시간의 보행패턴을 분석하였기 때문에 본 연구를 확대 해석하여 일반화하기에는 어려움이 있으며, 본 연구와 같은 보행패턴의 요소들을 개별적으로 연구한 논문들이 많지 않아 이를 직접비교 설명하기에는 한계가 있었다.

본 연구는 정상 여성 성인 12명을 대상으로 신발 뒷굽높이에 따른 보행패턴의 요소들의 변화를 알아 보았으며, 신발 뒷굽 높이나 밧창 형태에 따라 보행 시 일부 요소들에서 변화가 나타났다.

따라서 본 연구는 하이힐의 높은 신발에서 몸의 중심점 위치를 보행에서 가능한 적게 가져가는 것으로 나타나 짧은 보행의 거리를 나타낸 것으로 이는 위험한 균형감각의 작용이 아닌 것으로 생각된다. 그러한 이유는 연구대상자가 젊은 20대 여성으로 힐의 높이에 적응이 되어있는 대상자로 볼 수 있다. 따라서 이러한 보행의 형태가 정적 보행(static walking)이고 짧은 보행이 나타나 보행 시 슬관절과

족관절의 굴곡운동은 동시에 일어나고 발목관절이 저축굴곡하기 때문이다.

또한 부하반응기의 후방굴곡형 신발에서 앞정강근(tibialis anterior muscle)이 활성화되고 장딴지근(gastrocnemius muscle) 또한 활성화된 것으로 결과를 보여주고 있다. 이것은 신발의 형태가 높은 힐과 후방굴곡형이 다르고 근육의 활성화 또한 다르며, 이러한 것은 앞정강근(tibialis anterior muscle)이 강화되고 장딴지근(gastrocnemius muscle)이 신장되는 것이기 때문이다. 따라서 Early stance 때 발뒤축에 의해 다리의 길이가 늘어나는 것처럼 발의 앞쪽에 의해 terminal stance 때 다리의 길이가 길어지게 된다. 그러므로 하지 관절 주변에 병변을 가진 환자는 신발의 사용에 있어 신발 선택 시 보행패턴의 요소를 고려하여 선택하여 사용하면 좋을 것으로 생각되고 이러한 연구들이 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

1. 김로빈. 보행시 속도와 보폭 변화에 따른 하지관절의 운동역학적 분석. 연세대학교 대학원. 2000. 박사학위 논문.
2. Perry J, Thorofare S, Davids JR. Gait analysis: Normal and pathological function. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1992;12(6):815.
3. Freeman MA, Wyke B. Articular reflexes at the ankle joint: an electromyographic study of normal and abnormal influences of ankle-joint mechanoreceptors upon reflex activity in the leg muscles. *British Journal of surgery*. 1967;54(12):990-1001.
4. 안송이. 불안정성 신발이 보행 역학에 미치는 영향. 국민대학교 대학원. 2006. 석사학위 논문.
5. 김원호, 박은영. 높은 굽 신발이 감각계의 변화와 균형에 미치는 영향. *한국전문물리치료학회지*. 1997;4(2):10-7.
6. Franklin M, Chenier T, Brauning L et al. Effect of positive heel inclination on posture. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1995;21(2):94.
7. 김봉옥, 채진목, 조강희 등. 여성의 구두굽 높이에 따른 보행 변화의 비교. *대한인간공학회 학술대*

- 회논문집. 1999;1:75-78.
8. 김동엽. 구두에서 구두에서 경사 뒷굽(Beveled heel)의 형태가 보행과 족부 압력에 미치는 영향. 동아대학교 산업대학원. 2004. 석사학위 논문.
9. 류지선. 보행 시 하이힐 높이가 국부적 동적 안정성에 미치는 영향. *한국체육학회지*. 2009; 48(1):431-438.
10. Ebbeling CJ, Hamill J, Crusemeyer JA. Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes. *JOSPT*. 1994;19(4):190-196.
11. Sussman R, D'Amico J. The influence of the height of the heel on the first metatarsophalangeal joint. *Journal of the American Podiatry Association*. 1984;74(10):504-8.
12. Lee CM, Jeong EH, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International journal of industrial ergonomics*. 2001;28(6):321-6.
13. 이창민, 정은희. 구두 굽의 형태가 인체에 미치는 영향에 관한 연구. *대한인간공학회 학술대회논문집*. 2002;11:255-8.
14. Kerrigan DC, Todd MK, Riley PO. Knee osteoarthritis and high-heeled shoes. *The Lancet*. 1998;351(9113):1399-401.
15. 김연정, 채원식. 유선형 후방 밸런스 신발과 일반 신발의 족저압 비교. *한국운동역학회지*. 2007;17(3):173-180.
16. 김태수, 심재훈, 이규완. 트레드밀 보행 동안 유선형 신발과 일반 신발의 족저압, 접촉시간, 보폭의 차이 비교. *Kor J Neural Rehabil*. 2013;3(1):17-22.
17. 박기란. 후방밸런스형 신발 착용이 직립 자세 및 보행 역학에 미치는 영향. *인제대학교 교육대학원*. 2006. 석사학위논문.
18. 변경석. 신발의 밑창 굴곡 형태에 따른 보행 동작의 생체역학적 비교분석. *성균관대학교 일반대학원*. 2010. 석사학위논문.
19. 최진승, 강동원, 문경률 등. 신발 밑창 형태의 변화가 보행 시 하지에 미치는 영향. *대한인간공학회 학술대회논문집*. 2009;5:377-380.
20. 최규정, 권희자. 보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교 분석. *한국운동역학회지*. 2003;13(2):161-73.
21. Merrifield HH. Female gait patterns in shoes

- with different heel heights. *Ergonomics*. 1971;14(3):411-417.
22. 박수민. 신발 굽 높이에 따른 활보 특성 및 관절 각도와 신체 궤적의 변화 분석. 서울대학교 융합과학기술대학원. 2012. 석사학위 논문.
23. 안성규. 신발 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동 역학적 분석. 제주대학교 교육대학원. 1997. 석사학위 논문.
24. Perry J. Perry의 보행분석. 영문출판사. 2006.