

## 하이힐 높이에 따른 균형성

류지선<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국체육대학교 스포츠건강복지학부 스포츠건강관리

### Effects of High-heeled Shoe with Different Height on the Balance during Standing and Walking

Ji-Seon Ryu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sport & Health Management Major, School of Sport, Health & Wellfare, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 25 October 2010; Received in revised form 09 December 2010; Accepted 27 December 2010

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects of high-heeled shoe on the quiet standing and gait balance. Twenty women (mean height: 161.6±3.3 cm., mean body mass: 53.8 ±6.3 kg, mean age: 23.8±2.7 yrs..) who were without history or complain of lower limb pain took part in this study. They were asked to stand quietly on a force platform for 30 sec and walk on it at their preferred walking speed (mean speed 3.14±0.5 km/hr.) with wearing three different high-heeled shoe, 3, 7, 9 cm high for collecting data. Data were randomly recorded to collect two trials for quiet standing and five trials for walking. The parameters to have been analyzed for comparison between three conditions of the height of high-heeled shoe were COP(Center of Pressure) range, COP velocity, sway area, and free moment on the static balance and COP range, COP velocity, and free moment on the dynamic balance. In this study, high-heel height affected on the COP range and velocity in the ante-posterior direction during walking, dynamic balance, but didn't affect on the quiet standing, static balance.

**Keywords** : High-heel Shoe, COP, Balance, Sway, Free Moment

## I. 서론

신체의 안정성을 판단하는 균형성은 일반적으로 정적 균형성과 동적 균형성 두 가지 유형으로 구분된다. 정적 균형성은 고정된 위치를 유지할 수 있는 능력으로 정의되며, 동적 균형성은 보행이나 점프와 같은 운동 시 안정성을 유지하는 능력을 말한다. 정적이든 동적이든 균형성을 쉽게 유지하는 것은 반고리관의 기능, 근과 건 및 관절의 운동 감각, 신체의 시각적 지각, 이들 세 기능의 협응 능력에 좌우 된다. 균형성은 직립, 보행, 또한 스포츠 활동에서 요구되는 중요한 신체 능력 중 하나

이다(Johnson, & Nelson, 1986).

동적 균형성이 요구되는 보행은 일상생활을 수행하기 위해 인간이 행하는 가장 기본적인 동작 중에 하나이다. 보행의 특성은 발이 딛는 지면의 형태, 신발의 유형 등과 같은 외적인 영향뿐만 아니라 질병의 유무, 남녀 차, 연령 차 등과 같은 보행 주체자의 특성에 따라 영향을 받는 것으로 알려지고 있다(류지선, 2006; Imms & Edholm, 1981). 보행의 특성에 영향을 미치는 요인 중에 지면과 직접적으로 맞닿는 신발은 상해와 밀접하게 관련되어 운동역학적으로 많은 관심을 끌어들였다. 신발 중에서도 여성이 그들의 미적인 외모를 나타내는 일환으로 즐겨 신고 있는 하이힐 보행에 대한 연구는 다른 신발 못지않게 다양한 역학적 연구가 이루어지고 있다.

Nyska, McCube, Linge 와 KLernerman (1996) 들은 하이힐 슈즈를 신고 걸었을 경우 하이힐의 구조적 문제로 인해 상대적으로 전족에 많은 부하가 가중되며, 이로 인해 전족의 발 압력

Corresponding Author : Ji-Seon Ryu  
Sport & Health Management Major, School of Sport, Health & Wellfare,  
Korea National Sport University, 88-15 Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea  
Tel : +82-2-410-6822 / Fax : +82-2-418-1877  
E-mail : jiseon@knsu.ac.kr

분포가 크다고 주장했다. 또한 McBride et al. (1991), Liu & Wang (2004)들은 하이힐 슈즈 보행은 이지 순간에 발가락 관절의 지면 반력이 맨발 보행에 비해 크게 작용되어 상대적으로 전족의 근 활동량이 크다고 주장했다. 한편 Stefanyshyn, Nigg, Fisher, O'Flynn 와 Liu (2000)은 하이힐 보행 시 지면 반력을 분석한 연구에서 수직 반력과 추진력의 제동크기는 하이힐 굽 높이가 증가하면 일정하게 커진다고 보고했다. 그 밖에 Wang, Pascoe, Kim 과 Xu (2001)은 굽 높이의 변화는 좌우 지면반력과 충격력에 영향을 미친다고 주장했다.

한편 하이힐 보행 시 하지근의 활동 상태를 관찰하기 위해 Gefen, Megido-Ravid, Itzhak와 Arcan (2000)은 하이힐 보행을 즐겨하는 대상자들의 비복근을 근전도 분석한 결과 비복근 외측과 내측의 활동이 피로한 상태에서 불균형을 보였다고 보고했으며, Stefanyshyn et al. (2000)은 하이힐 보행 시 하지의 일부 근들은 하이힐 굽 높이가 증가하면 할수록 근전도 파형도 비례적으로 커진다고 보고했다.

정적 균형을 판단하는 수단으로 하이힐 슈즈 착용 시 신체 자세 연구에서 Bendix, Sorensen과 Klausen (1984)은 힐 높이가 증가함에 따라 허리 전만증과 골반 기울기는 감소했다고 보고했다. 또한 신체 무게 중심은 전족으로부터 거의 일정한 거리가 유지되었으나, 힐 높이가 증가함에 따라 지구 중심을 향한 무게 중심선은 전족 쪽으로 이동했다고 주장했다.

그 밖에 류지선 (2009a)은 하이힐 보행 시 하지의 협응성을 분석해 상해 가능성을 진단한 연구에서 무릎의 굴곡, 경골의 내측 회전, 발의 외반이 일어나는 최대 발생시간을 분석한 결과 하이힐 굽 높이가 낮은 조건에서 일치도가 컸으나, 굽 높이가 높은 조건에서는 최대 발생 시간 일치도가 낮아 시간 협응성이 원활하지 못했다고 보고했다. 또한 보행 지지구간에서 경골의 최대 내측 회전 발생 시간에 대한 발의 최대 외반 발생 시간 비는 낮은 굽 높이가 상대적으로 높은 굽 높이 슈즈보다 동시성이 높아 두 분절간 협응성이 높다고 보고 했다. 이외 안정성 측면에서 하이힐 보행의 특징을 제기한 선행 연구도 있다. Stefanyshyn et al. (2000), Ebeling, Hamill과 Crussemeyer (1994), Gajdosik, Linden과 Williams (1999)들은 하이힐 보행은 좁은 발가락 박스와 높고 앞으로 향한 딱딱하고 단단한 힐 캡(heel cap)으로 인해 전족에 지나친 압력의 치중과 하지근의 피로, 하지의 협응성 결여 등으로 보행 시 안정성에 영향을 미쳐 잠재적인 상해 유발을 지닌다고 주장했다. 또한 류지선 (2009b)은 무릎각과 머리의 움직임 분석 기법인 Lyapunov 지수를 이용 분석 결과 보행 시 머리의 앞뒤 방향에서 신체 국부적 안정성은 하이힐 높이의 증가에 따라 낮았다고 주장했다.

이상 선행 연구 분석을 통해 언급한 바와 같이 하이힐 슈즈 보행에 대한 연구는 운동 역학적(kinetic) 접근뿐만 아니라, 근전도를 통한 근 활동, 자세 변화, 하지 협응성, 국부적 안정성 분

석 등 다양하게 이루어지고 있다. 하이힐 착용에 따른 직립 자세 유지와 보행과 같은 이동운동 시 전신의 안정성은 낙상과 같은 상해와 직접 관련이 있으므로 (류지선, 2009b) 이를 분석해 잠재적 상해 유발 가능성을 예측하는 것은 의미 있는 일이라 할 수 있다. 일반적으로 신체의 전신 안정성 분석은 COP(Center of Pressure)를 기반으로 균형을 분석해 판단한다.

압력판을 통해 균형성의 지표인 COP와 COP관련 변인들을 분석하는 것은 자세 제어와 전략 및 반응 메커니즘을 관찰해 불안정성을 판단하는 작업이다(Lee & Lin, 2007; Palmieri, Ingersoll, Stone, & Krause, 2002). COP는 지지면에 작용하는 합수직력의 작용점으로 정의되며, 자세 안정성을 COP의 변위를 이용해 정량화 할 수 있다 (Teasdale & Simoneau, 2001).

하이힐 굽 높이에 따른 압력판 균형성 분석 연구는 거의 이루어지지 않고 있지만, 신체 움직임과 자세 유지에 대한 균형성을 분석한 연구는 종종 이루어지고 있다. 국내에서는 김경훈과 조준행 (2009)은 발목 테이핑 효과를 보기위해 COP를 관찰했으며, 이경순과 강영택 (2009)은 여성 고령자를 대상으로 평지, 내리막, 오르막에 따라 COP의 범위와 평균 속도를 분석했다. 국외의 연구로는 Verkindt, Dalleau, Leroyer과 Allard (2009)는 사춘기 전 소녀와 여성의 서 있는 정적 상태에서 시각 정보의 결핍에 의해 차이가 있는가를 검사하고자 COP등 균형성 관련 변인들을 비교했다. Poulain과 Giraudet (2008)은 이와 비슷한 연구로 자세 조절의 시각 기여를 연구했다. 또한 연령, 노인을 대상으로 한 정적 자세에 관한 연구 (Kim, Nussbaum, Madigan, 2008; Lafond, Crrievau, Hebert, Prince, 2004; Lin, Seol, Nussbaum, Madigan, 2008)와 당뇨병과 파킨슨 질환자들에 대한 정적 직립 자세 연구들이 보인다 (Lafond, Crrievau, Prince, 2004; Termoz, Halliday, Winter, Frank, Patla, & Prince, 2008). 그 밖에 Amorim, Politti와 Hirata (2009)은 Eleve 발레 동작을 선정해 압력판의 자세 균형을 두 가지 형태의 다른 슈즈를 착용하고 실시하는 움직임을 분석했다.

이상과 같이 압력판을 이용한 균형성 분석은 다양한 조건에서 수행되고 있지만, 다른 신발보다 상대적으로 굽 높이가 높아 자세 유지에 불편을 느끼는 하이힐 슈즈에 대한 균형성 분석은 안정성 문제의 유무를 규명하는데 필요함에도 불구하고, 하이힐 착용에 따른 신체 자세 유지와 보행과 같은 동적 상태에서 적용된 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 각기 다른 높이의 하이힐 착용에 따른 정적 자세와 보행의 동적 상태에서 균형성 분석을 통해 운동 조절 패턴, 반응 메커니즘 등을 규명해 낙상과 같은 잠재적인 상해를 예측하는 것은 하이힐 슈즈 착용자들의 관심 유도뿐만 아니라 안정성 메커니즘을 규명하기위해 필요한 연구라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 하이힐 굽 높이에 따른 정적 직립 상태와 동적 보행 시 지면반력에 의해 도출된 COP 요인들을 기반으로 균형성 결정 변인인 COP의 움직임 범위와 속도, 면적, 유

리 토크 변동 범위를 관찰해 자세 불안정성, 자세 유지를 위한 근 활동 및 조절 메카니즘을 판단하는데 그 목적을 둔다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구를 위해 실험에 참여한 대상자는 하지에 상해 경험이 없는 20대 여성 20명 (체중 평균:  $53.8 \pm 6.3$  kg, 신장 평균:  $161.6 \pm 3.3$  cm, 나이 평균:  $23.8 \pm 2.7$  yrs)을 선정했다. 단, 대상자 별 각기 다른 하이힐 착용 기간이 연구 결과에 미칠 가능성을 배제하기 위해 평소에 하이힐을 즐겨 신지 않는 대상으로 국한했다.

### 2. 실험 절차

하이힐 굽 높이가 전신 균형성에 미치는 영향을 관찰하기 위해 정적 직립 상태와 보행 상태에서 조사되었다. 우선 각기 다른 하이힐 굽 높이 3, 7, 9 cm (류지선, 2009b)를 무작위로 신고 지면과 같은 높이에 설치된 압력판 (Kistler, Type9286A, Switzerland; Resolution  $\approx 0.06..3N/bit$ , Natural fre.  $\approx 300$ )의 정중앙에 어깨넓이로 30초 동안 정적 직립 상태를 유지하는 동안 자료를 수집했다. 이 때 샘플링 율은 1000 Hz로 설정했으며, 각 대상자 별로 2회를 실시했다. 같은 방법으로 각 대상자들의 하이힐 굽 높이별 보행 시 동적 균형을 파악하고자 지면 반력 신호를 얻었다. 보행은 주로가 30 m인 길이의 가운데에 2대의 압력판이 설치된 실내에서 이루어졌으며, 두 대중 하나에 오른발이 정확하게 착지된 경우의 신호만을 분석했다. 이런 방법으로 압력판을 이용 대상자별 최소한 5번씩 무순위로 수직 지면 반력 신호를 얻었다. 자료 수집 샘플링 율은 정적 직립 상태와 마찬가지로 1000 Hz로 설정했다. 이때 게인(gain)은 4000, 전압 범위는  $\pm 10V$  범위로 설정했다. 지면 반력의 캘리브레이션(calibration)은 Kistler사에서 채널 (channel)별, 렌지 (range)별로 사전에 조율된 측정값을 이용했다. 보행 속도는 대상자들의 선호 속도 (평균  $3.1 \pm 0.4$  km/hr)를 이용했다(Buzzi et al., 2003; 류지선, 2006).

### 3. 자료분석

실험을 통해 정적 직립 자세에서 얻은 세 방향 지면 반력의 자료는 필터링과 신호처리를 하지 않고 그대로 이용했으며, 분석 범위는 수집된 30초 동안의 자료 중에 시계열 COP 변화를 관찰한 후 정적 자세 집중이 완전히 이루어지지 않았다고 간주된 앞의 5초를 제외한 25초만을 했다. 보행 시 획득된 자료는 다음과 같은 신호처리를 한 후 균형을 판단하는 요인들을

산출했다. 우선 모든 값에서 처음 10점(point)까지의 평균값을 빼서 신호에 포함된 바이어스(bias)를 제거했다. 이렇게 정리된 지면 반력 신호를 Rectangular window 함수를 적용해 신호를 조절했다. 그 다음 신호에 내재된 노이즈를 제거하기 위해 저역 Butterworth 필터링을 적용했다. 필터링 시 차단 주파수 (cut-off)를 결정하기 위해 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 각 시도 (trial)에 대해 실시했으며, 주파수로 전환된 신호에 대해 PSD (Power Spectral Density)를 계산했다. PSD 성분은 총 파워의 비율로 표준화했다(류지선, 2010; Shorten & Winslow, 1992). 누적된 PSD의 99.9%수준은 각 신호 특성의 대표적인 것으로 간주해 차단주파수 준거로 사용했다 (류지선, 2010). 이런 절차에 의해 필터링된 신호의 분석은 지지 국면으로 한정했으며, 지지 국면 시작점은 수직 지면 반력 값이 5N 이상을, 지지국면 끝은 5N 미만으로 설정했다. 좌우, 전후 방향 지면 반력의 신호 값도 같은 방법으로 처리되었으며, 이들 지지 국면 기준은 수직 지면 반력 신호에 맞추어 활용되었다.

이렇게 정리된 지면 반력 신호를 이용해 좌우 방향의 압력 중심 위치는  $COP_x = -M_y / F_z$ , 전후 방향의 압력 중심 위치는  $COP_y = M_x / F_z$ 를 이용해 계산되었으며, 유리 토크는 다음 공식을 이용해 계산했다.

$$T_z = M_z + (F_x * COP_y) - (F_y * COP_x)$$

이와 같이 계산된 결과를 이용해 정적 직립 상태에서 COP 변동범위와 스웨이(sway)면적, COP속도, 유리토크 범위를 산출했으며, 동적 상태에서는 정적 상태에서 스웨이 면적을 제외한 모든 변인을 구했다. COP범위는 시간 함수에 대한 크기의 폭으로 계산되었으며, COP 속도는 COP를 시간으로 미분한 값의 평균속도와 최대 속도를 살펴보았다. 스웨이 면적은 +, -축에서 COP의 움직임 변화를 타원형으로 간주해 계산되었다. 이때 지름은 x값의 최대와 최소 시 각각의 y값을 y값의 최대와 최소 시 각각의 x값을 산출해 직경을 구한 값으로 이용했다. 하이힐 3가지 굽 높이 조건에 따라 이들 파라메타들의 차이를 보기 위해 one-way ANOVA 검정을 활용했으며, 이 때 모든 통계적 측정은  $\alpha = .05$ 수준에서 이루어졌다. 통계적으로 유의한 값이 존재할 경우 Turkey 검정을 통해 사후 검정을 실시했다.

## III. 결과

앞에 서술한 방법으로 하이힐 굽 높이별 정적 직립 상태에서 좌우, 전후 방향에서 COP의 범위<Figure 1>와 스웨이 면적<Figure 2>, 유리 토크의 범위의 평균값과 이들 세 조건 간 통계적 차이를 구했다<Figure 3>. 또한 정적 상태에서 3가지 조건

별 COP의 두 방향 평균 속도와 최대 속도의 평균값을 산출했다(Figure 4). 하이힐 굽 높이에 따른 동적 상태에서의 균형성을 관찰하기위해 보행 시 좌우, 전후 두 방향의 COP 범위와 유리 토크의 범위에 대한 평균값과 이에 대한 통계적 검정 결과를 도출했다(Figure 5). 같은 동적 상태에서 COP의 최대 및 평균 속도에 대한 평균값과 통계적 검정 결과를 관찰했다(Figure 6).

이들 결과에 의하면, 정적 상태인 직립의 경우 하이힐 굽 높이에 따른 좌우 방향의 COPx 범위는 굽 높이 3 cm가 2.4 cm를 움직였고, 7, 9 cm 높이에서는 2.7 cm로 같은 크기를 보였으나, 3 조건 간 통계적 유의한 차는 확인되지 않았다. 전후 방향의 COPy 범위는 하이힐 굽 높이에 따라 각각 3.6, 4.0, 4.1 cm로 조금씩 증가하였으나, 역시 조건 간 통계적 차이는 확인되지 않았다. 스웨이 면적은 3 cm 높이가 평균 34.2 cm<sup>2</sup>, 7 cm가 43.7 cm<sup>2</sup>, 9 cm가 41.7 cm<sup>2</sup> 보였으나, 통계적 의미는 없었다. 유리 토크의 범위는 세 굽 높이 조건 간 거의 비슷한 값을 보였다. COPx의 최대 속도는 23.7, 25.6, 28.9 m/s로 굽 높이 증가에 따라 증가했으나, 통계적 유의차는 없었다. 이의 평균 속도는 하이힐 굽 높이가 증가에 관계없이 불규칙하게 보였다. COPy의 최대 속도와 평균 속도도 하이힐 굽 높이에 영향을 받지 않았다. 본 연구 결과 직립 상태에서의 균형성은 하이힐 굽 높이에 영향을 받지 않은 것으로 관찰되었다. 특징적인 것은 전후 방향으로의 COP 변

동 폭과 속도에서 좌우 방향의 COP 그것보다 크게 나타났다.

동적 균형성을 살펴본 보행의 경우 COPx 즉 좌우 방향의 압력 중심은 하이힐 굽 높이에 따른 3조건 차이를 보이지 않았지만, 전후 방향 즉 COPy는 평균 51.7 cm, 55.4 cm, 65.3 cm로 하이힐 굽 높이가 증가함에 따라 통계적으로 유의하게 커지는 현상을 보였다. 사후 검정 결과 굽 높이 3 cm와 7 cm사이에는 차이가 없지만, 3 cm와 9 cm, 7 cm와 9 cm사이에 유의한 차이가 확인되었다. 반면에 유리 토크의 범위는 굽 높이 조건에 따라 차이를 보이지 않았다. 속도의 경우 COPx 최대 속도는 굽 높이 3 cm 보행에서 평균 93.8 m/s, 7 cm에서 99.9 m/s, 9 cm에서 95.9 m/s를 나타냈지만, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 그렇지만, COPy의 최대 속도는 COPy의 범위와 같이 321.3, 338.3, 406.9 m/s로 굽 높이가 증가함에 따라 비례적으로 증가하는 특징을 보였다. 사후 검정 결과 굽 높이 3 cm와 9 cm사이, 7 cm와 9 cm 사이에 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다.

평균 속도는 좌우, 전후 두 방향 모두에서 굽 높이 세 조건 간 평균적으로 차이는 보였지만 통계적 유의차는 관찰되지 않았다. 본 연구 결과 동적 상태인 보행의 경우 하이힐 굽 높이에 따라 전후 방향에서 COP의 변동 폭과 최대 속도에서 차이가 확인되었다. 또한 정적 직립 상태와 마찬가지로 전후 방향에서 COP의 범위와 속도가 좌우 방향에서보다 크게 나타났다.

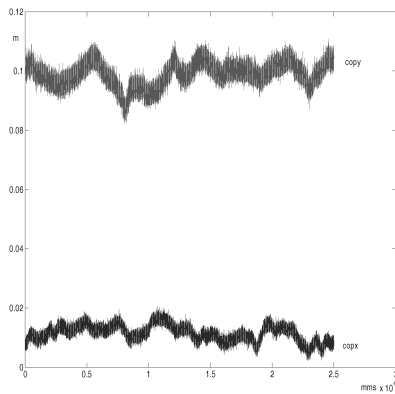


Figure 1. COP range in medio-lateral(below) & antero-posterior(above) at static standing

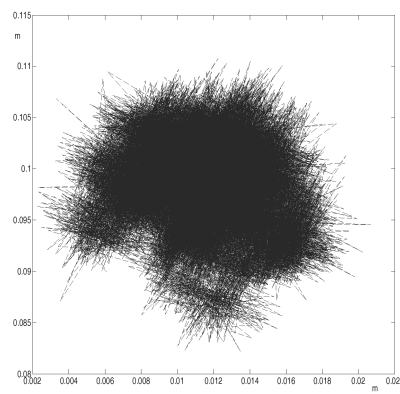


Figure 2. Sway area at static standing

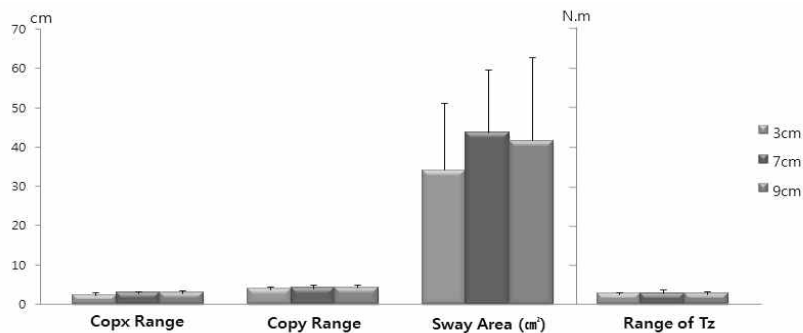


Figure 3. Mean & SD of COP range in the medio-lateral and antero-posterior, free torque range, sway area by different high-heel shoe at static standing

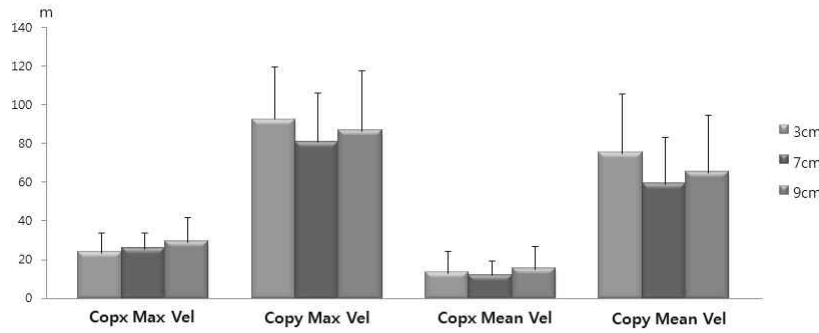


Figure 4. Mean & SD of COP maximum and mean velocity in the medio-lateral and antero-posterior by different high-heel shoe at static standing

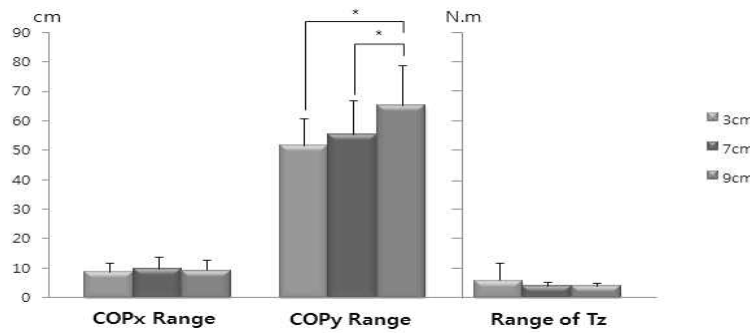


Figure 5. Mean & SD of COP range in the medio-lateral and antero-posterior, free torque range by a different high-heel shoe at walking

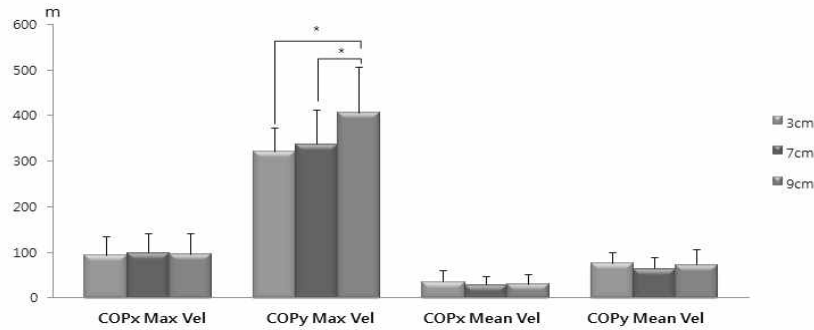


Figure 6. Mean & SD of COP maximum and mean velocity in the medio-lateral and antero-posterior by different high-heel shoe at walking

#### IV. 논 의

이 연구는 여성 하이힐 굽 높이가 정적 직립 상태와 동적 보행 상태에서 균형성에 어떤 영향을 미치는가를 관찰하기 위해 COP 움직임 범위와 속도, 유리토크의 범위, 정적 직립 상태에서 스웨이 면적 등을 정량화해 비교하고자 했다.

본 연구 결과 하이힐 굽 높이가 세 조건의 정적 직립 상태에서는 균형성에 전혀 영향을 미치지 않았다. 이와 같은 현상은 굽 높이의 증가는 신체의 균형성을 조절하는 반 고리관의 기전 기

능과 근, 건 및 관절에서 운동 감각 (Johnson, Nelson, 1986)의 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 즉 균형성 결정 요인인 불안정성의 지표의 변화, 자세 유지를 위한 근 활동 상태, 작립 자세 유지를 위한 조절 메커니즘에 전혀 차이가 없는 것으로 확인되었다(Verkindt, 2009).

Verkindt (2009)은 사춘기 전 소녀와 성인 여성의 정적 직립 균형성을 비교하고자 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 샘플링을 64hz로 64초 동안 지면 반력 자료를 수집해 분석한 연구에서 정적 직립 균형성을 평가할 때 성 뿐만 아니라 대상자의

연령을 고려해야만 한다는 것을 강조했다. 또한 정적 직립 상태에서 균형성은 형태적인 특성보다 생리적인 특성에 의해 좌우된다고 주장했다. 본 연구에서 실험 조건으로 활용된 하이힐 굽 높이는 신체중심을 높여 신체 형태를 변화시켰지만, Verkindt et al (2009)이 주장한대로 균형성 변화에는 영향을 미치지 않았다.

본 연구에서는 25초 동안, 20대 여성을 대상으로 균형성 요인들을 관찰해 판단한 결론이라 장시간의 균형성 변화를 예측하고, 하이힐을 즐겨 신는 전 연령의 여성한테까지 결과의 일반화는 한계가 있다 할 수 있다. 따라서 향후 시간 증가와 연령을 고려한 균형성 관찰의 연구도 필요하리라 본다.

보행을 통해 살펴본 동적 균형성을 살펴본 결과 본 연구에서 분석한 다른 변인들은 통계적으로 유의한 차이점을 보이지 않았으나, 전후 방향의 COP의 변동 범위와 최대 속도에서 하이힐 굽 높이에 따라 유의한 차이를 보였다. 전후 방향의 COP 범위가 큰 것은 하이힐 보행 시 굽이 높으면 신체 관성 모멘트가 상대적으로 증가해 신체의 앞뒤 방향에 불안정한 상태가 야기된다고 볼 수 있다. 하이힐 굽 높이가 증가에 따라 비례적으로 최대 속도가 유의하게 증가한 것은 보행 시 신체 앞뒤 안정성을 유지하기 위해 요구되는 근 활동량이 그만큼 크게 작용한 것으로 판단된다 (Verkindt et al., 2009). 본 연구 결과로 볼 때 하이힐 굽 높이가 7 cm 이상을 장기간 신고 보행을 할 때 근의 피로 정도는 상대적으로 크다고 판단할 수 있다. Gefen et al. (2000)은 하이힐 착용 보행 시 근전도를 통한 피로 검사에서 비복근 의측과 비복근 내측의 활동이 불균형을 보였다고 제기했으며, Stefanyshyn et al. (2000)은 발목과 무릎의 굴곡과 가자미와 대퇴직근의 활동성은 굽의 높이에 따라 증가했다고 보고했다. 본 연구 결과 COP 전후 방향의 최대 속도가 하이힐 굽 높이가 증가에 따라 커진 것은 선행 연구에서 지적한 근들의 활동 상태가 큰 것에 기인한 것으로 추측된다.

류지선 (2009b)은 국부적 동적 안정성을 판단할 목적으로 각기 다른 하이힐 슈즈 높이 착용 보행 시 머리 분절의 3차원 변위에 대해 비선형 시계열 동역학 기법의 Lyapunov 지수 (LyE)를 분석한 연구에서 머리 좌우 방향의 경우 힐 높이가 증가에 따라 움직임은 선형적으로 증가하지는 않았으나, 머리의 전후 움직임은 힐 높이가 증가에 따라 대체로 규칙적으로 증가하는 현상을 보였다고 주장했다. 그는 하이힐 굽 높이는 보행 시 신체 좌우 방향의 균형성에는 영향을 미치지 않지만, 전후 방향의 균형성에는 영향을 미친다고 주장했다. 선행 연구와 본 연구가 각기 다른 역학적 변인을 통해 보행 시 안정성을 판단하고 있지만, 두 연구간 하이힐 굽 높이가 증가에 따라 좌우 방향은 차이가 없고, 전후 방향에서 유의한 차이가 나타나는 현상에 주목할 필요가 있다. 향후 변인들 간의 관계 정도를 관찰하는 연구

의 필요성도 요구된다. 본 연구 결과에 미루어 볼 때 하이힐 굽 높이의 증가는 보행 시 신체 전후 방향의 안정성에 영향을 미치며, 이 안정성을 유지하기 위해 요구되는 하지의 근 활동이 커져 상대적으로 근 피로를 가속시켜 발목의 염좌와 낙상과 같은 잠재적인 상해 유발의 가능성이 커진다고 추정할 수 있다. 특히 장시간의 하이힐 보행으로 인해 하지의 근 조절 능력이 떨어져 있는 피로 상태에서는 예기치 못한 저항에 대한 대처 능력이 크게 저하될 공산이 클 것으로도 예측된다 (Gefen et al., 2002).

정적인 직립 상태나 보행 시 균형성 상실은 신체 중심 조절 능력과 자세에 대한 반응능력을 떨어뜨려 상해와 낙상을 유발시킬 잠재적 가능성이 높다 할 수 있다. 또한 신체의 피로를 가중시켜 일상생활에 지장을 초래할 수 있다. 따라서 적당한 하이힐 굽 높이를 선택은 신체를 보호하는데 중요하다 할 수 있다. 앞으로 여성에게 적당한 하이힐 높이를 선택하기 위한 자료를 제공하기 위해서는 다양한 접근의 연구가 이루어져야 할 것이다.

## V. 결론

이 연구는 여성 20명을 대상으로 하이힐 슈즈의 굽 높이가 3 cm, 7 cm, 9 cm 증가에 따른 정적 직립 상태에서 COP의 움직임 범위와 속도, 면적, 유리 토크 변동 범위를 분석했으며, 동적 보행 상태에서 COP의 움직임 범위와 속도, 유리 토크 범위인 균형성 변인을 분석해 안정성을 판단하고자 했다. 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

하이힐 슈즈 굽 높이가 증가에 따른 정적 직립 상태에서 균형성 결정 변인인 COP 변화 범위와 속도가 좌우, 전후 방향에서 유의한 차이가 없었다. 또한 스웨이 면적과 유리 토크 변화 폭에도 차이가 없었다. 그러나 보행의 동적 상태에서는 좌우 COP 변화폭과 속도, 유리 토크에서는 차이가 없었으나, 전후 COP의 변화 폭과 최대 속도에서는 하이힐 굽 높이가 높을수록 큰 값을 보였다. 분석 결과를 토대로 하이힐 굽 높이는 보행시 안정성을 유지하기 위해 요구되는 하지의 근 활동량이 큰 것으로 판단한다.

향후 이와 관련된 연구에서 하이힐 슈즈를 신는 다양한 연령대로 대상자를 확대해 연구할 필요성이 요구되며, 하이힐 착용 시간에 따른 균형성 변화를 관찰할 연구의 필요성을 제기한다. 또한 균형성에 영향을 미치는 개인 근력 상태를 고려한 연구 등이 앞으로 이루어져야 할 것이다. 부가적으로 하이힐 보행 시 낙상과 COP 속도와의 관계 정도를 규명하는 연구도 필요하리라 본다.

## 참고문헌

- 김경훈, 조준행(2009). 기능적 발목 불안정성을 가진 선수에게 발목 테이핑이 점프후 착지시 발목 각속도, 지면 반력과 자세 안정성에 미치는 영향. *한국운동역학회지*, 19(3), 519-518.
- 류지선(2006). 노인 보행 시 발과 경골 Coupling 패턴과 Variability. *한국체육학회지*, 45(1), 747-756.
- 류지선(2009a). 보행 시 하이힐 굽 높이가 증가에 따른 하지의 시간 협응성. *한국운동역학회지*, 19(3), 593-601
- 류지선(2009b). 보행 시 하이힐 높이가 국부적 동적 안정성에 미치는 영향. *한국체육학회지*, 48(1), 431-438.
- 류지선(2010). 운동화와 구두 보행 시 충격요인 차이 분석. *한국체육학회지*, 49(1), 445-455.
- 이경순(2009). 정적 직립 자세에서 여성고령자의 COP와 BBS, SPPB, TUG와의 상관관계 연구. *한국운동역학회지*, 19(3), 529-538.
- Bendix, T., Sorensen, S. S., Klausen, K.(1984). Lumbar curve, trunk muscles, and line of gravity with different heel heights. *Spine*, 9(2), 223-237.
- Buzzi, U. H., Stergiou, N., Kurz, M., Hageman, P. A., & Heidel, J.(2003). Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. *Clinical Biomechanics*, 18, 435-443.
- Amorim, C. F., Politti, F., & Hirata, T.(2009). *Postural Control Variability and Eelectromyography Analysis during Training of the Classic Ballet*. International Society of Biomechanics XXIIInd Congress Proceedings.
- Dingwell, J. B., Cusumano, J. P., Sternad, D., & Cavanagh, P. R.(2000). Slower speeds in patients with diabetic neuropathy lead to improved local dynamics stability of continuous overground walking. *Journal of Biomechanics*, 3, 1269-1277.
- Ebbling, C. J., Hamill, J., & Crusemeyer, J. A.(1994). Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 19(4), 190-196.
- Gajdosik, R. L., Linden, D. W. V., & Williams, A. K.(1999). Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of woman. *Physical Therapy*, 79, 827-838.
- Gefen, A., Megido-Ravid, M., Itzhak, Y., & Arcan, M.(2002). Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait & Posture*, 15(1), 56-63.
- Guimaraes, R. M., & Isaacs, B.(1980). Characteristics of gait in old people who fall. *Int. Rehabilitation Medicine*, 2, 177-180.
- Imms, F. J. ., & Edholm, O .G.(1981). Studies of gait and mobility in the elderly. *Age Ageing*, 10, 147-156.
- Johnson, B. L., Nelson, J. K.(1986). *Practical Measurements for Evaluation in Physical Education*, 236.
- Kim, S. W., Nussbaum, M. A., & Madigan, M. L.(2008). Direct parameterization of postural stability during quiet upright stance: Effect of age and altered sensory condition. *Journal of Biomechanics*, 41, 406-411.
- Lee, A. J. Y., Lin, W. H.(2007). The influence of gender and somatotype on single leg upright standing postural stability in children. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 173-179.
- Lafond, D., Criveau, H., Hebert, R., & Prince, F.(2004). Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Physical Medicine Rehabilitation*, 85, 896-901.
- Lafond, D., Criveau, H., & Prince, F.(2004). Postural control mechanism during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care*, 27, 173-178.
- Lin, D., Seol, H., Nussbaum, M. A., & Madigan, M. L.(2008). Reliability of COP-based postural sway measures and age-related differences. *Gait & Posture*, 28, 337-342.
- Liu, Y., & Wang, Y. T.(2004). Reliability of the kinetic measures under different heel conditions during normal walking. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 8(1), 21-31.
- McBride, I. D., Wyss, U. P., Cooke, T. D., Murphy, L., Phillips, J., & Olney, S. J.(1991). First metatarsophalangeal joint reaction forces during high-heel gait. *Foot & Ankle International*, 11(5), 282-288.
- Nyska, M., McCabe, C., Linge, K., & KLernerman, L.(1996). Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes. *Foot & Ankle International*, 17(11), 662-666.
- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B., & Krause, M. A.(2002). Center of pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11, 51-66.
- Poulain, I., Giraudet, G.(2008). Aged-related change of visual contribution in posture control. *Gait & Posture*, 27, 1-7.
- Shorthen M. R., Winslow D. S.(1992) Spectral analysis of impact

shock during running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8, 288-304.

- Stefanyshyn, D. J., Nigg, B. M., Fisher, V., O'Flynn, B., & Liu, W.(2000). The influence of high heeled shoes on kinematics, kinetics, and muscle EMG of normal female gait. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(3), 309-319.
- Stergiou, N., Giakas, G., Byrne, J. E., & Pomeroy, V.(2002). Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females, *Clinical Biomechanics*, 17, 615-617.
- Teasdale, N., Simoneau, M.(2001). Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory reintegration. *Gait Posture*, 14, 203-210.
- Termoz, N., Halliday, S. E., Winter, D. A., Frank, J. S., Patla, A. E., & Prince, F.(2008). The control of upright stance in young, elderly and persons with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 27, 463-470.
- Verkindt, C., Dalleau, G., Leroyer, P. & Allard, P.(2009). *Quiet standing balance in pre-adolescent girls and woman*. International Society of Biomechanics XXIIInd Congress Proceedings
- Wang, Y., Pascoe, D. D., Kim, C. K., & Xu, D.(2001). Force patterns of heel strike and toe off on different heel heights in normal walking. *Foot & Ankle International*, 22(6), 486-492.