

전방향 동요 시 압력중심의 기구학적 특성을 통한 하이힐 착용 여성의 자세균형회복 메커니즘에 관한 고찰

조원확*(성균관대 기계공학과), 서민좌(성균관대 기계공학과), 최현기(성균관대 기계공학부)

The investigation of postural balance recovery mechanism of high-heeled women
using COP's kinematic characteristics during the waist pulling

W. H. Cho (Mech. Eng. Dept. SKKU), M. J. Seo (Mech. Eng. Dept. SKKU),
H. K. Choi (Mech. Eng. Dept. SKKU),

ABSTRACT

High-heeled women have been identified with balance control problems. The purposes of this study were to objectively quantify the displacements and velocities of center-of-pressure (COP) of body during waist pulling and to compare the differences between barefooted and high-heeled situations. We used a waist pulling system which has three different magnitudes to sway the subjects. We found that the kinematic information of barefooted and high-heeled women's COP is very important in understanding the mechanism of postural balance control of women in every-day life. In the high-heeled's case, the displacement of COP increases in 200% as against bare footed. Also the velocity variation of COP grows three times than the bare footed. COP analysis in postural balance study of high-heeled women is also considered useful in development of the safety systems that prevent high-heeled women from falling

Key Words : Balance control(균형 제어), High-heeled posture(높은굽을\신은자세), Center of pressure(압력중심)

1. 서론

현대의 많은 여성들은 하이힐을 신고 생활한다. 그러나 하이힐 신발은 발을 과도하게 구부러지게 하여 발목 관절(ankle joint)에 무리를 주고 이것은 발의 안정성을 낮게 하여 발목의 접질림과 넘어짐을 유발한다[1,2].

하이힐 신발이 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 다양하게 진행되고 있다. 일반적으로 하이힐 보행 시 발과 지면의 상호작용에서 발의 빠른 역동작용 넘어질 가능성과 발목의 접질림을 유발하고, 보행 중 발의 앞쪽으로 체중을 쏠리게 한다[3]. 또한 하이힐 신발을 장기간 착용하게 되면 엄지 외번(hallus valgus) 변형이 일어나기도 한다[4]. Bauby[5] 등은 하이힐을 신고 보행 시 발의 외전근(evertor)이 압력중심(center of pressure : COP)쪽으로 활동이 증가하고 그로 인해 무너진 인체의 균형을 유지하기 위해서 인체의 질량

중심(center of mass)이 옆쪽(laterally)으로 이동한다고 하였고 이와 반대로 내전근(invertor)은 압력중심의 옆쪽으로 활동이 증가하고 그에 따라서 질량 중심 쪽으로 이동한다고 밝혔다.

또한 Opila[6] 등은 하이힐을 신고 서있는 경우 무게중심선이 외이도(external meatus)와 큰퇴골기(greater trochanter)에서는 앞쪽으로, 대퇴의 상관절용기(femoral epicondyle)와 외측 복사뼈(lateral malleolus)에서는 뒤쪽으로 이동한다고 언급하였다. 즉 하이힐 신발을 신고 서있으면 무게 중심이 상체에서는 앞쪽으로 하체에서는 뒤쪽으로 이동한다는 것을 보인 것이다. 그러나 이전 연구에서는 하이힐을 착용하였을 경우 넘어짐(falling)에 어떠한 영향을 미치는지와 자세균형제어(postural balance control)에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 형편이다.

넘어짐과 자세균형제어에 영향을 미치는 요인은 내적 요인과 외적 요인으로 구분할 수 있으며,

내적 요인은 개인적 요인, 유전적 요인, 사회적 요인, 경제적 요인, 질병에 의한 요인 등이 있고 외적 요인으로는 장애물, 노면 상태, 신발 등이 있다. 가만히 서 있는 자세에서 균형을 유지하기 위해서는 지면(base of support : BOS)내에 중력중심(center of gravity : COG)과 압력중심이 위치해야 하고 인체가 균형을 잃어버리는 것은 수직 지면 반발력 분포의 중심이 바닥에 투영되는 것으로 정의되는 압력중심의 거리와 속도로 평가할 수 있다[7,8].

하이힐 착용 시 인체의 자세균형제어를 위해서는 인체 압력중심의 변위와 속도 변화를 분석하고 이에 대한 정량화가 필요하다.

본 연구에서는 맨발일 경우와 하이힐을 신었을 때 외란을 주고 지면반발력을 통해서 인체 압력중심의 변위 및 속도 변화를 알아보고자 한다. 실험을 통해서 얻은 변위 및 속도 변화를 분석하여 하이힐이 인체에 미치는 영향을 연구하고 이를 통해 하이힐 착용 시 인체의 넘어짐을 최소화 하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 방법

본 연구는 평소 하이힐을 신고 보행하는 여성 피실험자가 자발적으로 참여하였다.

피실험자는 족부 질환을 앓은 적이 없고 근골격계에 이상이나 발목의 손상, 발의 기형이 없는 사람으로 정하였다. 또한 하이힐을 지난 1년 동안 하루에 8시간이상 신은 여성을 대상으로 하였다.

동일한 여성 피실험자를 대상으로 맨 발일 때와 하이힐을 신었을 때 waist pulling system (Fig. 1)으로

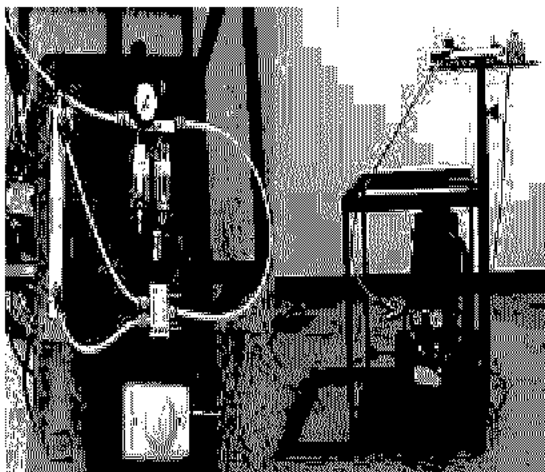


Fig. 1 Waist pulling system

전방향 동요를 주어 압력중심을 측정하였다. 이전 연구에서는 추를 떨어뜨려서 동요를 주는 경우가 많았다. 추를 이용한 실험은 추가 떨어지면서 동요를 주고 피실험자가 균형을 회복할 때 추가 떨어져 올라오면서 균형 회복을 방해하는 단점이 있다. 그 단점을 해결하기 위해서 공압 실린더를 이용한 Wasit pulling system 을 제작하였다. 본 연구에서 사용된 Waist pulling system 은 공기 압축기 (compressor)와 공압 실린더, 작동 스위치로 구성되어 있다. 작동 스위치의 on-off 로 공압 실린더에 연결된 줄을 순간적으로 당겼다가 해제함으로써, 피실험자에게 전방향 동요를 주는 역할을 수행한다. 실험자를 지면 반력 측정장치 위에 편안한 자세로 서 있게 하고 허리 부분에 줄을 매달아 공기 압축기의 2, 4, 6psi 의 압력으로 줄을 당겼다가 놓았다. 이 때 피실험자의 전방향 동요에 대한 예측을 방지하기 위해서 눈을 감게 하였고 팔짱을 끼게 함으로써, 팔의 움직임에 대한 영향을 배제하였다. 또한 동일한 조건에서 반복적인 실험을 하기 위해서 Force Platform 위에 두 발의 위치와 각도를 표시하고 줄의 장력을 일정하게 유지하도록 설정하였다.

모든 실험은 AMTI Biomechanics Force Platform model OR6-7 사용하여 전방향 동요 시 왼쪽 발과 오른쪽 발의 압력 중심과 수직 반발력을 각각 측정하였고 다음의 식을 사용하여 COPnet 을 구하였다[9].

$$COP_{net}(t) = COP_l(t) \frac{R_{vl}(t)}{R_{vl}(t) + R_{vr}(t)} + COP_r(t) \frac{R_{vr}(t)}{R_{vl}(t) + R_{vr}(t)}$$

여기서 $COP_l(t)$ 와 $COP_r(t)$ 는 각각 왼발과 오른발의 압력 중심을 뜻하고 $R_{vl}(t)$ 와 $R_{vr}(t)$ 는 각각 왼발과 오른발의 수직 반발력이다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2,3 은 피실험자가 외부의 영향을 최대한 배제한 상태로 맨발과 하이힐을 신고 편안하게 서 있는 자세에서 공기 압축기의 압력 조절(2,4,6psi)로 전방향 동요를 주었을 때 시간에 대한 COPnet 의 변화이다.

Fig. 2,3 에서 양의 값은 전방향의 압력중심의 거리 변화량이고 음의 값은 후방향의 거리 변화량이다. 맨발일 경우는 전·후방향의 압력중심의 거

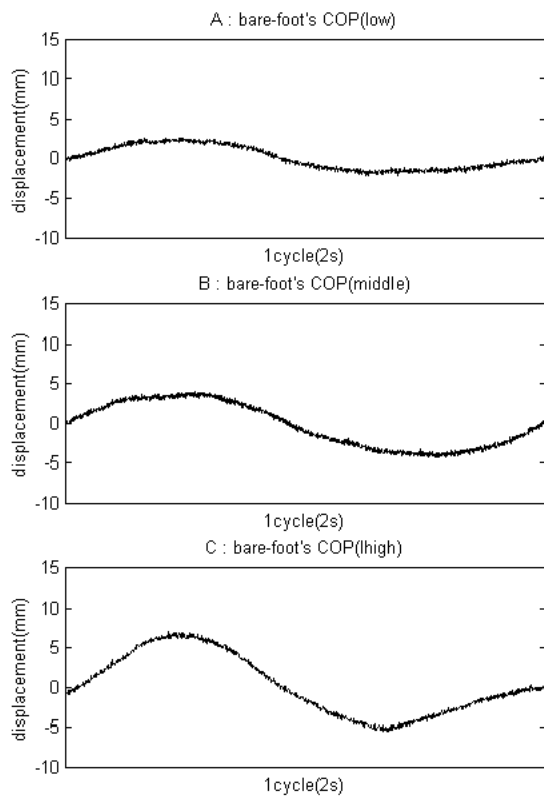


Fig. 2 Displacement of bare foot's COP during waist pulling

리 변화가 거의 같고 발의 앞부분과 뒷부분에서 유지하는 시간도 마찬가지로 거의 같다. 그러나 하이힐을 신었을 경우는 전방향 동요를 약하게 주었을 때는 거리 변화가 비슷하고 동요가 커질수록 전방향의 압력중심의 거리 변화가 후방향보다 점점 커지는 것을 볼 수 있었다. 또한 균형을 제어하기 위해 발의 앞부분에서 더 많은 시간을 유지한다.

Table. 1는 맨발일 경우와 하이힐을 착용한 경우의 압력중심의 거리 변화에 대한 비교가 나타나 있다.

	Bare Foot	High-heeled Foot
Low(2psi)	4	9
Middle(4psi)	6	15
High(6psi)	8	19

Table.1 Comparison of displacement profiles of the bare foot and high-heeled foot's COP

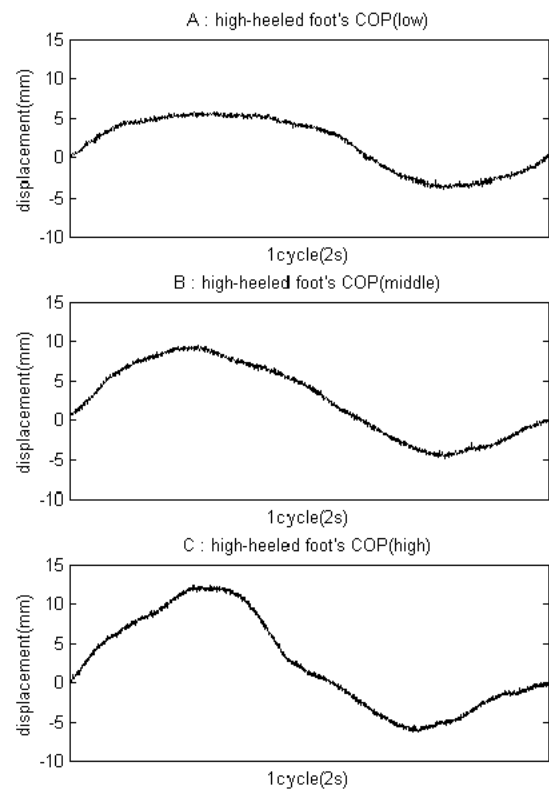


Fig. 3 Displacement of high-heeled foot's during waist pulling

공기 압축기의 2, 4, 6psi 압력으로 전방향 동요를 주었을 경우 모두 하이힐이 맨발일 경우보다 2 배정도 압력중심의 거리 변화가 증가한다. 압력중심의 거리 변화가 증가한다는 것은 인체가 앞으로 유동이 커진다는 것을 나타낸다. 이에 전방향 넘어짐의 가능성이 커진다는 것을 의미한다.

또한 압력중심의 속도 변화는 하이힐이 맨발에 비해 3 배정도 빠른 것으로 나타났다. 속도의 변화가 빠르다는 것은 인체가 넘어짐에 취약해진다는 것을 증명하는 것이다. 하이힐을 착용하였을 경우 압력 중심의 거리의 변화와 속도의 증가가 서로 상승작용을 일으켜 넘어짐의 가능성이 더 커질 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 20 대 여성을 대상으로 Quiet standing 하의 맨발과 하이힐 시의 전방향 동요에 따른 COPnet 의 거리와 속도를 측정하였으며, 자료 분석을 통해 두 경우를 비교하여 하이힐이 균형

제어에 미치는 영향을 생체역학적으로 해석하기 위하여 실시하였다.

하이힐을 착용 후 전방향 동요를 주었을 경우 맨발일 경우보다 압력중심의 거리 변화와 속도가 증가하는 이유는 하이힐의 구조상 체중이 앞으로 쏠리는 것과 하이힐의 굽 부분이 좁아서 발꿈치 부분이 불안정하기 때문이다. 또한 전방향의 동요가 커질수록 맨발과 하이힐의 압력중심의 거리 변화가 각각 비례해서 커지나, 하이힐의 경우 맨발과 비교해서 더 많은 증가를 보인다. 또한 하이힐의 압력중심의 속도는 맨발보다 3-4 배 빠르다. 위의 결과로 볼 때 하이힐의 착용 시 맨발이나 낮은 굽의 신발을 신었을 경우보다 넘어짐의 위험성이 상당히 커질 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R08-2003-000-10039-0)지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Ebbeling CJ, Hamill J, Crussemeyer JA, "Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes", J Orthop Sports Phys Ther, Vol. 19, pp. 190-6, 1994
2. Gajdosik RL, Linden DWV, Williams AK, "Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women", Phys ther, Vol 79, pp.827-38, 1999
3. Voloshin A, Wosk J, "An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system", J Biomechanics, Vol 15 pp. 21-27, 1982
4. Nyska M, McCabe C, Linge K, et al, "Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes", Foot Ankle Int., Vol 17 pp. 662-666, 1996
5. Bauby CE, Kuo AD, "Active control of lateral balance in human walking", J Biomechanics, Vol. 33, pp. 1433-40, 2000
6. Opila KA, Wagner SS, Schiowitz S, et al. "Postural alignment in barefoot and high-heeled stance", Spine, Vol 13 pp. 542-547, 1988
7. LeClair K, Riach C, Postural stability Measures "what to measure and for how long", Clin Biomech, Vol11,

pp. 176-178, 1996

8. Victoria Galea, Marilyn J. Wright, Ronald D. Barr, "Measurement of balance in survivors of acute Lymphoblastic leukemia in childhood", Gait and Posture Vol. 00, pp. 1-10, 2003.

9. D A Winter, "Human balance and posture control during standing and walking", Elsevier Science B. V., 1995