

하이힐 뒤굽 높이가 서기 균형 및 발목 근육 활성화도에 미치는 영향

오덕원¹ · 천승철² · 심재훈³

¹대전대학교 보건스포츠과학대학 물리치료학과 / ²우송대학교 보건복지대학 작업치료학과 /
³백석대학교 보건학부 물리치료학과

Effect of Shoe Heel Height on Standing Balance and Muscle Activation of Ankle Joint

Duck-Won Oh¹, Seung-Chul Chon², Jae-Hun Shim³

¹Department of Physical Therapy, Daejeon University, Daejeon, 300-716

²Department of Occupational Therapy, Woosong University, Daejeon, 300-718

³Department of Physical Therapy, Baekseok University, Cheonan, 330-704

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of differing heel height on static balance and muscle activation of ankle joint during standing. Twenty-one young females volunteered to participate in this study. To measure balance function and EMG activity of tibialis anterior and gastrocnemius muscles, the subjects were asked to perform 1-min standing with eyes open and closed state under 3 different heel heights: barefoot, 3cm, and 7cm each. During the standing, postural sway distance and area, and EMG activity of tibialis anterior and gastrocnemius muscles were significantly augmented with increasing heel height ($p < 0.05$). For comparison between eyes open and closed in terms of postural sway area and EMG activity of tibialis anterior muscle, barefoot and 7cm height conditions respectively showed significant differences as well. The findings indicate that high-heeled shoes may have disadvantages in maintaining balance function because of extra-muscular effort of ankle joint. This study provides useful information that will inform future studies on how heel height affects muscle activity around the ankle joint in aspects of static and dynamic balance.

Keywords: High-heeled shoes, Balance, Ankle, Tibialis anterior, Gastrocnemius

1. 서 론

신발은 활동성과 기능성에 중점을 두고 선택되어졌으나, 사회적인 발전과 더불어 최근에는 미용적인 측면이 크게 강조되고 있다. 키를 더 커 보이게 하고 화려한 패션을 추구하려는 많은 젊은 여성들은 뒤굽이 높은 하이힐을 선호하

여 일상생활 중에 이를 신고 생활하며 보행한다(Franklin et al., 1995). 비록 하이힐이 발 변형(foot deformation)과 하지 근육들의 근력 불균형과 같은 근골격계 병변을 유발하는 것으로 알려져 있지만, 많은 여성들은 향후에 발생할 수도 있는 이러한 하이힐의 부작용을 중요하게 생각하지 않는 것처럼 보인다(Franklin et al., 1995).

균형은 중력 중심(center of gravity)이 신체의 기저면

(base of support) 범위 내에서 벗어나지 않고 유지되는 것으로, 이는 주어진 환경 내에서의 신체 적응과 밀접한 관계가 있다(Nasher, 1994). 균형은 감각기관, 소뇌, 하지 근력 및 다리길이와 같은 근골격계적인 문제, 약물, 그리고 노화 현상 등 많은 요인들에 의해 영향 받는다(Horak, 1987). 정상적인 균형 조절은 신체의 역학적인 측면으로 고려될 수 있는 근골격계의 지지 작용, 움직임에 대한 협응 작용, 중추 신경계 측면에서의 감각 통합 등의 요소들에 의해서 이루어진다(Horak, 1987). 뒤굽이 높은 하이힐을 신고 서 있는 경우, 발과 발목 부분에서 발생하는 근골격계의 역학적인 변화에 적응하기 위하여 균형 조절 기전은 특징적으로 변화된다. 이러한 변화는 균형 기능 감소와 관련되며, 낙상 위험도를 높하게 된다(김경과 이진형, 2007).

높은 굽으로 인하여 척추 및 하지 관절의 위치가 변화되면서 신체의 중력 중심선은 부분적으로 수정된다(Oplia-Correia, 1990). 즉, 뒤굽이 높은 하이힐을 착용하고 서 있을 때 상체에서의 무게 중심은 앞으로, 그리고 하체에서는 뒤쪽으로 이동한다(Snow et al., 1994). 이러한 변화는 정적 및 동적인 측면에서 하지 관절들, 특히 발목 관절의 움직임에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Lee et al., 1990). 신발 뒤굽이 높을수록 움직임 동안 지면으로부터 주어지는 지면반발력이 증가되므로 발 주변의 연부조직들이 변화되며, 이는 발목 근력에도 영향을 미쳐 발목 불안정성의 원인이 된다(Loy and Voloshin, 1987).

하이힐은 발바닥굽힘(plantar flexion)을 증가시키고 체중 분포를 발의 앞쪽으로 집중시켜 신체 배열을 변화시키는 등 보행 및 균형 기능에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 이는 발목 관절에서 두드러지게 나타난다(Snow et al., 1992). 이러한 효과는 발목 관절 주변 근육들의 활성화에도 영향을 미칠 수 있는데, 이와 관련된 근육들의 활성화도 변화에 대해서는 다른 의견들이 제시되고 있다. 손종상 등(2007)은 하이힐 굽높이가 높을수록 발목 관절이 발바닥굽힘을 이용하여 신체를 높은 굽높이에 적응하게 되므로 장딴지근의 수축이 증가하며, 이와 반대로 앞정강이근은 더 많이 이완된다고 하였다. 그러나 Lee 등(1990)은 신발 뒤굽 높이가 높아지게 되면 장딴지근의 길이가 짧아지게 되므로 근육의 길이-장력 관계에 따라 근 수축력은 감소하게 된다고 하였다.

신발은 외부에서 주어지는 충격을 흡수하여 발을 보호하며, 다양한 특성을 보이는 지면 상태에 잘 적응하며 보행하고 생활할 수 있도록 하는데 중요한 역할을 한다(McPoil, 1988). 그러나 과거에는 신발의 역할과 이를 통해 얻을 수 있는 이점에 대해서 크게 고려하지 않았으며, 신발 착용을 통해 나타나는 균형 및 보행 관련 근활성도 변화에 대해서 중요하게 생각하지 않았다(Menz and Lord, 1999). 특히 대부분의 여성들이 선호하여 신고 생활하는 하이힐이 발과

발목의 문제를 초래할 수 있는 위험 요소로 많이 언급되고 있음에도 불구하고, 이를 통해 나타날 수 있는 근육 활성화 및 이와 관련된 신체적인 변화에 대한 연구는 많지 않았다. 과거에 하이힐에 대한 연구는 발의 역학적인 특성 변화에 초점을 두고 시행되어져 왔다. 하이힐에 의해 유발되는 근육 활성화도 변화에 대한 과거의 연구들(Gefen et al., 2002; Lee et al., 1990)은 주로 보행에 중점을 두고 시행되었으며, 일상 활동 중 빈번히 발생하는 정적인 서기 자세에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

각 신발은 외부에서 주어지는 충격을 흡수하여 발을 보호하며, 다양한 특성을 보이는 지면 상태에 잘 적응하며 보행하고 생활할 수 있도록 하는데 중요한 역할을 한다(McPoil, 1988). 그러나 과거에는 신발의 역할과 이를 통해 얻을 수 있는 이점에 대해서 크게 고려하지 않았으며, 신발 착용을 통해 나타나는 균형 및 보행 관련 근활성도 변화에 대해서 중요하게 생각하지 않았다(Menz and Lord, 1999). 특히 대부분의 여성들이 선호하여 신고 생활하는 하이힐이 발과 발목의 문제를 초래할 수 있는 위험 요소로 많이 언급되고 있음에도 불구하고, 이를 통해 나타날 수 있는 근육 활성화 및 이와 관련된 신체적인 변화에 대한 연구는 많지 않았다. 과거에 하이힐에 대한 연구는 발의 역학적인 특성 변화에 초점을 두고 시행되어져 왔다. 하이힐에 의해 유발되는 근육 활성화도 변화에 대한 과거의 연구들(Gefen et al., 2002; Lee et al., 1990)은 주로 보행에 중점을 두고 시행되었으며, 일상 활동 중 빈번히 발생하는 정적인 서기 자세에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 하이힐의 뒤굽 높이가 균형 및 발목 주변 근육들에 미치는 영향을 알아보기 위하여 뒤굽 높이가 다른 하이힐을 착용하고 서 있는 동안의 균형 능력 변화와 발목 주변 근육들의 활성화도 변화를 측정하고 비교하기 위하여 시행되었다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상자

본 연구는 최근 1년 이상, 1주일에 3일 이상, 그리고 하루 4시간 이상 하이힐을 신고 생활하고 있는(Snow and Williams, 1994) 20대 초반의 젊은 여성 21명을 대상으로 하였다. 발목에 신경학적 혹은 정형 외과적 문제가 있는 사람, 6개월 이전 동안 발목에 상해를 경험하였던 사람, 현재 신체 전반적인 불편감이 있거나 통증을 호소하는 사람, 그리고 임신부와 정신과적 문제가 있는 사람은 연구에서 제외시켰다. 연구 대상자의 나이는 21.81 ± 1.57 세(평균±표

준편차)이었으며, 신장은 159.81 ± 2.96 cm이었고, 체중은 48.71 ± 3.32 kg였다. 연구 대상자의 우세측 다리는 오른쪽이 18명(85.71%)이었고 왼쪽이 3명(14.29%)이었다.

2.2 측정장비 및 측정방법

2.2.1 정적 균형 평가

정적 균형의 측정은 Global Postural System(Chines port, Italy)의 구성 부분인 Stabilometric Lux 장비를 이용하여 시행되었다. 정적 균형 평가를 위하여 대상자들은 Stabilometric Lux의 균형판 위에 1분 동안 서 있었으며, 서 있는 동안 신체의 중력 중심점에 대한 궤적의 움직임을 컴퓨터가 자동으로 측정하여 균형 측정 변수들을 계산하였다. 측정 변수는 좌우편위, 전후편위, 그리고 체중 중심이동에 따른 동요거리(sway path) 및 동요면적(sway area) 등이었다. 좌우편위 측정값은 우측으로 편위된 상태는 양의 값으로 그리고 좌측으로 편위되어 있는 상태는 음의 값으로 표시되었으며, 전후편위 측정값은 앞으로 편위된 상태는 양의 값으로 그리고 뒤로 편위되어 있는 상태는 음의 값으로 표시되었다. 동요거리는 서 있는 동안 신체의 균형 중심 궤적이 움직인 전체 거리를 의미하며, 동요면적은 궤적에 의해 나타난 전체 면적 중 90%에 해당되는 면적을 의미한다. 동요거리와 동요면적은 장비 관련 소프트웨어에 의해 자동적으로 계산되었다. 정적 균형 평가는 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 각각 시행되었다.

2.2.2 근전도 측정 및 자료 처리

근전도 측정은 1분의 서기 균형을 측정하는 동안 표면 근전도(QEMG-4 System, LXM 3204, Lathax, Daejeon, Korea)를 사용하여 우세측 다리의 앞정강이근(tibialis anterior)과 장딴지근(gastrocnemius)에서 시행되었다. 우세측 다리를 결정하기 위하여 대상자들에게 발로 공을 차도록 하였으며, 공을 차는 다리를 우세측 다리로 결정하였다(Edwards et al., 2008). 근전도 측정을 위하여 전극 부착 부위의 제모와 에틸 알콜 소독을 시행한 후 표면 전극(Red Dot, 3M, St. Paul, USA)(직경 11.4mm, 전극테 직경 20mm, 350배 증폭, 그리고 3db 대역여파)을 우세측 다리의 앞정강이근과 장딴지근에 부착하였다(Cram et al., 1998)(그림 1). 앞정강이근과 장딴지근은 정적 균형을 유지하기 위한 발목 전락에 기여하는 근육이다(Kloos and Heiss, 2007). 앞정강이근에 대한 전극은 정강뼈(tibia)의 안쪽 몸체(medial shaft)에서 바깥쪽으로 하여 수평으로 2cm 간격을 두고 부착되었다(그림 1-A). 또한 장딴지근의 근전도 전극은 장딴지근의 내측과 외측 근섬유들에 전극이 위치될 수 있도록 종아리 뒤 중심선에서 내측과 외측으로 각각

2cm 간격을 두고 무릎 아래쪽에 부착되었다(그림 1-B). 접지 전극(ground electrode)은 허리영치 이음(lumbosacral junction)의 중간 부위에 부착되었다. 전선의 움직임에 의한 잡파를 제거하고 전극이 피부에 잘 부착되도록 하기 위하여 테이프와 탄력밴드를 사용하여 전선과 전극을 고정하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1024Hz, 증폭률은 1785였다. 전기신호에 의한 잡음을 제거하기 위하여 60Hz 노치 필터(notch filter)를 사용하였다. 근전도 신호는 Telescan 2.89 소프트웨어(Laxtha, Daejeon)를 통해 디지털 처리되었다.

각 근육에서 평가된 근활성도 신호는 제곱평균제곱근(root mean square) 값으로 처리되었으며, 이후 최대수의 등척성수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)의 평균제곱근 값에 대한 백분율로 표준화되었다(%MVIC). 최대수의 등척성수축 평가는 Kendall 등(2005)에 의해 추천된 발목의 발등굽힘근(dorsiflexor)과 발바닥굽힘근(plantar flexor)의 도수근력 검사 자세에서 시행되었으며, 5초 동안 수축하였을 때 측정된 각 근육들의 제곱평균제곱근 값으로 기록되었다. 최대수의 등척성 수축 평가는 3회 시행되었으며, 평균값으로 계산되어 사용되었다.



그림 1. 근전도 표면 전극 위치.

A: 앞정강이근(tibialis anterior), B: 장딴지근(gastrocnemius).

2.3 연구절차

환경적인 영향을 배제하기 위하여 모든 측정은 소음이 없는 측정실에서 시행되었다. 하이힐 뒤굽 높이에 대한 영향을 평가하기 위하여 맨발, 3cm, 그리고 7cm 뒤굽 조건이 포함되었다. 하이힐 뒤굽의 지면 접촉면의 면적은 모두 약 1cm^2 이었다. 하이힐은 모든 대상자들의 발 크기에 맞게 적용되었다. 뒤굽 조건의 적용 순서는 무작위로 결정되었다. 정적 균형과 근전도 측정은 대상자가 균형측정판 위에서 1분 동안 서 있을 때 동시에 진행되었다. 근전도 전극은 균형 측정 전에 미리 부착되었으며, 균형측정판 위에서 대상자가 선 자세의 균형을 유지하는 동안 나타나는 우세측 다리의 앞정강이근과 장딴지근의 활성도를 측정하였다. 측정은 눈을

표 1. 선 자세에서 하이힐 뒤굽 높이에 따른 균형 지수들의 변화

(단위: mm, 면적: mm²)

| | 뒤굽 없음 | 3cm 뒤굽 | 7cm 뒤굽 | F |
|---------|------------------------|---------------|---------------|---------|
| 좌우편위 | | | | |
| 눈 뜬 상태 | 1.13±3.30 ^a | -0.66±2.59 | -0.06±4.12 | 2.49 |
| 눈 감은 상태 | -0.81±2.58 | -1.28±3.48 | -0.35±2.81 | 0.64 |
| t | 2.46* | 0.94 | 0.26 | |
| 전후편위 | | | | |
| 눈 뜬 상태 | -2.78±3.74 | -0.73±3.78 | -0.43±5.41 | 1.45 |
| 눈 감은 상태 | -0.77±3.82 | -0.84±4.18 | 0.12±5.17 | 0.34 |
| t | -1.59 | 0.12 | -0.31 | |
| 동요거리 | | | | |
| 눈 뜬 상태 | 721.71±83.34 | 755.90±84.45 | 839.62±90.41 | 43.27** |
| 눈 감은 상태 | 781.98±100.86 | 849.49±120.58 | 991.55±185.59 | 26.21** |
| t | -3.66** | -4.51** | -4.73** | |
| 동요면적 | | | | |
| 눈 뜬 상태 | 25.94±18.07 | 30.21±21.22 | 35.14±23.69 | 5.68* |
| 눈 감은 상태 | 34.98±26.26 | 35.78±24.66 | 49.35±42.22 | 4.51* |
| t | -2.78* | -1.89 | -2.49* | |

^a평균 ± 표준편차, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 무작위 순서로 시행되었으며, 눈을 감은 상태에서 시각 차단을 명확히 하기 위하여 검은 색 눈가리개를 사용하였다. 모든 측정은 1분의 휴식 간격을 두고 2회 시행되었으며, 그 평균값을 분석에 이용하였다.

2.4 분석방법

모든 측정값들은 윈도우용 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 세 가지 신발 뒤굽 조건에서 평가된 정적 균형 측정값, 그리고 앞정강이근과 장딴지근의 근활성도 측정값 간에 차이가 있는지를 비교하기 위하여 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)을 사용하였으며, 유의한 차이가 나타난 경우 사후 검증(post-hoc)으로 Bonferroni법을 이용하였다. 정적 균형 측정값, 그리고 앞정강이근과 장딴지근의 근활성도가 눈 뜬 상태와 눈 감은 상태 사이에 차이가 나고 있는지를 비교하기 위하여 짝비교 t 검정(paired t-test)을 시행하였다. 통계학적 유의성 검증을 위해 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

3. 연구 결과

3.1 정적 균형 평가 지표

하이힐 뒤굽 높이에 따라 선 자세에서 측정된 균형 지표

들은 표 1에 제시되어 있다. 하이힐 뒤굽 조건에 따른 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 좌 우편위 측정값을 비교한 결과, 뒤굽 없음 조건에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 동요거리는 모든 뒤굽 조건들에서, 그리고 동요면적에서는 뒤굽 없음과 7cm 뒤굽 조건에서 눈을 뜬 상태와 감은 상태 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

하이힐 뒤굽 조건들 사이의 비교에서, 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 측정된 동요거리와 동요면적에서 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 사후 검증 결과 눈 뜬 상태와 눈 감은 상태에서 측정된 동요거리는 모두 뒤굽 없음과 3cm 뒤굽 조건 사이에, 뒤굽 없음과 7cm 뒤굽 사이에, 그리고 3cm 뒤굽과 7cm 뒤굽 조건 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 눈 뜬 상태와 눈 감은 상태에서 측정된 동요면적은 모두 뒤굽 없음과 7cm 뒤굽 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3.2 근전도 측정

그림 2는 하이힐 뒤굽 높이에 따른 앞정강이근과 장딴지근의 근활성도 변화를 설명하고 있다. 하이힐 뒤굽 조건에 따른 앞정강이근과 장딴지근의 근활성도를 비교한 결과, 앞정강이근은 눈을 뜬 상태(뒤굽 없음: 2.74 ± 2.01 , 3cm 뒤굽: 3.17 ± 2.43 , 7cm 뒤굽: 5.17 ± 3.47)와 눈을 감은 상태(뒤굽 없음: 3.12 ± 1.72 , 3cm 뒤굽: 3.49 ± 2.43 , 7cm 뒤

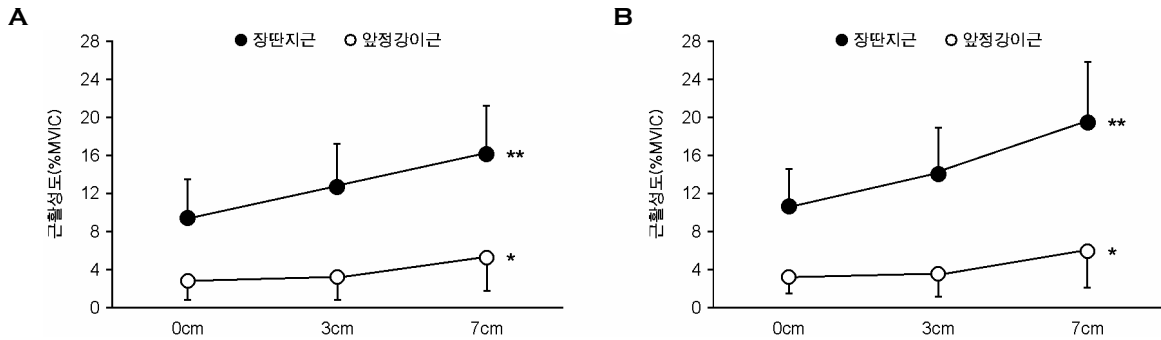


그림 2. 선 자세에서 하이힐 뒤굽 높이에 따른 정강이근과 장딴지근의 근활성도 비교
A: 눈 뜬 상태, B: 눈 감은 상태. * $p < 0.01$, ** $p < 0.001$

굽: 5.79 ± 3.79) 사이에 모든 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($t = -1.187, p = 0.249$). 그러나 장딴지근의 근활성도는 눈을 뜬 상태(뒤굽 없음: 9.38 ± 4.03 , 3cm 뒤굽: 12.58 ± 4.62 , 7cm 뒤굽: 16.00 ± 5.22)와 눈 감은 상태(뒤굽 없음: 10.49 ± 3.97 , 3cm 뒤굽: 13.88 ± 5.01 , 7cm 뒤굽: 19.27 ± 6.45)의 비교에서 뒤굽 없음($t = -2.382, p = 0.027$)과 7cm 뒤굽($t = -4.108, p = 0.001$) 조건에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

하이힐 뒤굽 조건들 사이의 비교에서, 앞정강이근의 근활성도는 눈을 뜬 상태($F_{2,40} = 9.969, p = 0.001$)와 눈을 감은 상태($F_{2,40} = 9.981, p = 0.001$)에서 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 사후 검정 결과 뒤굽 없음과 7cm 뒤굽 조건 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 장딴지근의 근활성도에서도 눈을 뜬 상태($F_{2,40} = 28.613, p = 0.000$)와 눈을 감은 상태($F_{2,40} = 36.208, p = 0.000$)에서 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 사후 검정 결과 모두 뒤굽 없음과 3cm 뒤굽 조건 사이에, 뒤굽 없음과 7cm 뒤굽 사이에, 그리고 3cm 뒤굽과 7cm 뒤굽 조건 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

4. 고 찰

높은 굽의 하이힐은 정적 및 동적인 움직임 동안 수직적 충격량을 증가시킴으로써 발 주변의 연부조직에 변화를 유발하며, 발과 발목의 근력 약화와 인대 및 관절 손상을 초래할 수 있다. 이는 신체 정렬 상태를 악화시키고 만성적인 발목 불안정성을 유발할 수 있기 때문에 전반적인 근골격계 병변의 원인으로 고려된다(Garn and Newton, 1998). 또한 하이힐의 뒤굽 높이는 발의 운동성과 안정성에 많은 영향을 미칠 수 있으며, 이는 균형 조절 능력과도 관계된다

(Edilstein, 1986). 이러한 과거의 연구들에 근거하여, 본 연구는 세 가지 다른 뒤굽 높이(0cm, 3cm, 그리고 7cm)의 하이힐이 균형 및 발목 근육 활성화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 시행되었다.

본 연구에서 좌우편위 및 전후편위로 측정된 균형 능력은 세 가지 뒤굽 높이에서 유의하게 다른 것으로 나타나지 않았다($p > 0.05$). 이는 이진철 등(2004)의 연구와 유사한 결과이다. 그러나 신발굽 높이와 관련된 균형 조절 능력을 비교한 김경과 이진형(2007), 그리고 Lord 등(1996)의 연구에서는 본 연구의 결과와는 달리, 높은 굽을 신은 대상자들이 정적 균형 조절 능력이 감소된 것으로 보고하고 있다. 이는 연구 대상자 선정에 있어서의 차이 때문으로 설명될 수 있다. 본 연구의 대상자가 20대 초반의 젊은 여성이었던 반면, 이 연구들은 65세 이상의 노인들을 대상으로 시행되었다. 젊은 사람들의 경우 체감계의 빠른 적응을 통해 균형을 유지하는 것으로 보고되고 있다(Sonn et al., 1995). 균형 능력은 감각기관, 중추신경계 기능 및 근골격계의 역학적인 면이 중요하게 고려되는데, 노화 현상은 이러한 측면들에 모두 영향을 미치게 되므로 균형 능력을 저하시키는 또 다른 요인으로 중요하게 고려되어야 할 것이다(Horak, 1987).

선 자세를 유지하는 동안 평가된 동요거리 및 동요면적에 대한 본 연구의 결과는 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 모두 뒤굽 높이가 높아질수록 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 동요거리와 동요면적은 서기 동안의 균형 유지를 위한 발목 근육들의 수축 작용과 밀접하게 관계된다. 서 있는 자세를 유지하기 위하여 발목 주변 근육들에서 반복적으로 발생하는 원심성(eccentric)-구심성(concentric) 수축은 지속적인 근 수축 능력을 반영하며, 이는 근 피로도와 직접적으로 관련될 것이다(Svantesson et al., 1998). 그러므로 본 연구의 결과는 뒤굽 높이가 높은 하이힐이 서 있는 동안 발목 주변 근육들의 근 피로도를 증가시킬 가능성이 있다. 높은 하이힐을 착용하는 것으로 인해 나타나는 장딴지근의 근활성도 증가는 발과 발목의 근육 불균형(muscle

imbalance)으로 안전성을 감소시켜 신체 전반적인 근골격계 문제를 초래할 수 있다(Gefen et al., 2002; Lee et al., 2001). 3cm 전후의 굽 높이는 균형 및 보행 능력에 별다른 영향을 미치지 않지만, 5cm 이상이 되면 자세 및 균형을 조절하는데 무리가 따르게 되어 발과 발목에 부담을 증가시키므로, 낙상의 위험성을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(김경과 이진형, 2007; 김진호 등, 2001).

본 연구에서, 앞정강이근과 장딴지근의 활성화도는 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 모두 뒤굽의 높이가 증가할수록 유의하게 커지는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 뒤굽이 높은 하이힐을 착용하고 서있을 때 무게 중심은 상체에서는 앞쪽으로, 그리고 하체에서는 뒤쪽으로 이동한다(Snow et al., 1994). 하체 무게 중심의 후방 이동은 발목 앞쪽 부분에 위치하고 있는 앞정강이근의 활성화도 증가와 관련될 것이다. 또한 하이힐 착용에 따른 발목 주변 근육들의 활성화도 변화는 발목 관절의 발바닥굽힘(plantar flexion)의 증가로 인해 근육 내에서 뼈와 근육의 상대적인 위치가 변화되는 것과 관련될 것이다(D'Amico and Sussman, 1984). 본 연구에서 나타난 하이힐 뒤굽 높이에 따른 앞정강이근과 장딴지근의 활성화도 증가는 Ono(1969)와 Joseph(1968)의 연구 결과를 지지하는 것이다. 이는 선 자세에서 발목 안정성을 유지하기 위하여 근육들이 지속적으로 수축한 결과로 설명될 수 있으며(Rodgers, 1995), 또한 뒤굽 높이가 높아짐에 따라 발바닥굽힘 상태에서 나타나는 신체의 역학적 적응에 의한 것으로 이해될 수 있을 것이다(손종상 등, 2007).

정적 혹은 동적인 상태에서의 자세 및 균형 조절은 시각, 평형감각, 그리고 신체 각 부위에서 주어지는 고유수용성각각 정보가 중추신경계에서 통합되고 처리된 후 근골격계의 움직임을 조절하는 것을 통해 이루어진다(Lephart et al., 1998). 정적인 자세 유지 및 균형 조절에 있어서 시지각 능력은 균형 조절 기관과 직접적으로 신경학적인 연결을 이루고 있으며, 이는 균형 능력에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Ledin et al., 1991). 본 연구에서, 균형 평가 요소인 동요거리 및 동요면적은 각 뒤굽 조건에서 눈을 뜬 상태보다 눈을 감은 상태에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$), 또한 장딴지 근육의 활성화도는 뒤굽 없음과 7cm 뒤굽 조건에서 눈을 뜬 상태에서보다 눈을 감은 상태에서 유의하게 더 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이러한 결과는 시각적인 보상을 차단하였을 때 균형 유지를 위한 근육의 수축 요구가 더 증가하는 것을 의미하는 것으로, 일상생활 동안 하이힐 착용을 통해 잠재적으로 나타날 수 있는 부정적인 영향을 예측하는데 도움이 될 것이다.

본 연구는 결과를 해석하는데 있어서 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구는 젊은 여성들을 대상으로 하여 균형 및 근육의 활성화도를 평가하였기 때문에, 본 연구의 결

과를 모든 연령의 사람들에게 일반화시켜 해석하는데 제한점이 될 수 있을 것이다. 둘째, 본 연구에서는 앞정강이근과 장딴지근의 활성화도를 측정하기 위하여 표면 근전도를 사용하였다. 표면 근전도 측정의 특성 상 전극 부착 근육 주변의 연부조직들로부터의 잡신호가 포함될 가능성이 있다. 셋째, 본 연구는 하이힐 뒤굽 높이와 관련된 효과를 평가함에 있어서 균형과 이에 따른 발목 근육 활성화도에 중점을 두고 시행되었다. 본 연구에서 발과 발목에 주어질 수 있는 족부 압력 및 힘 모멘트 변화와 같은 역학적인 요소들을 측정에 포함시키지 않았기 때문에 본 연구의 결과를 발과 발목의 모든 측면에 적용하여 해석하는 것에는 제한점이 있을 것이다. 하지의 모든 관절이 연결되어 있고 상호 영향을 미치는 것을 고려 해 볼 때 본 연구의 결과를 통해 하지의 다른 관절들의 상태를 예측하기는 어려울 것이다. 그러므로 향후의 연구는 이러한 제한점을 보완하여 다양한 측면에서 하이힐 효과를 측정하는 연구가 계속적으로 이어져야 할 것이다.

5. 결 론

하이힐은 신체 정렬 상태를 악화시키는 것과 관계되며, 이는 정적인 혹은 동적인 측면에서 신체의 역학적 특성을 변화시켜 만성적인 발목 불안정성을 초래한다(Garn and Newton, 1998). 발목의 불안정성은 관절의 움직임 및 위치를 감지하는 능력을 저하시키고 관절의 국소적인 고유수용성 감각 변화를 초래하여 관절과 중추신경계 간의 감각되먹임 기전의 효율적인 작용을 감소시킨다(Bullock-Saxton, 1994). 본 연구의 결과는 높은 굽의 하이힐을 착용하였을 때 신체 동요가 더욱 증가되며, 아울러 발목 주변 근육들의 활성화도 또한 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 하이힐의 굽이 높아질수록 신체의 역학적인 변화가 더 많이 발생하여 발목이 불안정해질 가능성이 높아지며, 이에 적응하기 위하여 발목 움직임에 대한 협응 조절이 더 많이 필요해진다는 것을 의미한다. 본 연구는 균형 능력 및 발목 기능의 효율성과 관련된 하이힐 효과에 대해 설명하고 있는 것으로, 이와 관련된 분야에서의 향후 연구를 위한 유용한 정보를 제공해주고 있다.

참고 문헌

- 김경, 이진형, 여성 노인의 신발굽 높이가 균형에 미치는 영향, *한국스포츠리서치*, 18(2), 311-330, 2007.

김진호, 오경환, 정진우, 보조기학과 의지학, 제 3판, 서울, *대학서림*, 2001.

손중상, 최희석, 황성재, 김영호, 하이힐 보행 시 근 길이 변화와 Roll-Over 특성, *한국정밀공학회지*, 24(14), 29-35, 2007.

이건철, 정혜미, 김상범, 박현, 구두 굽 높이의 차이가 균형 수행 능력에 미치는 영향, *대한물리치료학회지*, 16(3), 559-569, 2004.

Bullock-Saxton, J. E., Local sensation changes and altered hip muscle function following severe ankle sprain, *Physical Therapy*, 74(1), 17-31, 1994.

Cram, J. R., Kasman, G. S. and Holtz, J., Introduction to Surface Electromyography, Gaithersburg, *Aspen Publication*, 1998.

D'Amico, J. C. and Sussman, R. E., The influence of the height of the heel on the first metatarsophalangeal joint, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 74(10), 504-508, 1984.

Edilstein, J. E., If the shoe fits: Footwear considerations for the elderly, *Physical and Occupational Therapy in Geriatrics*, 5(4), 1-16, 1986.

Edwards, L., et al. Effect of shoe heel height on vastus medialis and vastus lateralis electromyographic activity during sit to stand, *Journal of Orthopedic Surgery*, 10, 3: 2, 2008.

Franklin, M. E., et al. Effect of positive heel inclination on posture, *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 21(2), 94-99, 1995.

Gefen, A., et al. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait, *Gait and Posture*, 15(1), 56-63, 2002.

Horak, F. B., Clinical measurement of postural control in adults, *Physical Therapy*, 67(12), 1881-1885, 1987.

Joseph, J., Pattern of activity of some muscles in women walking on high heels, *Annals of Physical Medicine*, 9(7), 295-299, 1968.

Kloos, A. D. and Heiss, D. G., Exercise for Impaired Balance, In: Kisner, C. and Colby, L. A., *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*, 5th ed., Philadelphia, F. A. Davis, 2007.

Kendall, F. P., et al. *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*, 5th ed., Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2005.

Ledin, T., Kronhed, A. C. and Moller, C., Effects of balance training in elderly evaluated by clinical tests and dynamic posturography, *Journal of Vestibular Research*, 1(2), 129-138, 1991.

Lee, C. H., Jeong, E. H. and Freivalds, A., Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(6), 321-326, 2001.

Lee, K. H., et al. Electromyographic changes of leg muscles with heel lifts in women: Therapeutic implications, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71(1), 31-33, 1990.

Lephart, S. M., Pincivero, D. M. and Rozzi, S. L., Proprioception of the ankle and knee, *American Journal of Sports Medicine*, 25(3), 149-155, 1998.

Lord, S. R. and Bashford, G. M., Shoe characteristics and balance in older women, *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(4), 429-433, 1996.

McPoil, T. G. Jr., Footwear, *Physical Therapy*, 68(12), 1857-1865, 1988.

Menz, H. B. and Lord, S. R., Footwear and postural stability in older people, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 89(7), 346-357, 1999.

Nasher, L., Evaluation of postural stability, movement, and control. In S. M.

Hasson(Ed), *Clinical Exercise Physiology*, St. Louis; Mosby, 1994.

Ono, H., Shoe height and muscle activity, *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*, 43(7), 527-541, 1969.

Oplia-Correia, K. A., Kinematics of high-heeled gait with consideration for age and experience of wearers, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71(11), 905-909, 1990.

Rodgers, M. M., Dynamic foot biomechanics, *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 21(6), 306-315, 1995.

Snow, R. E., Williams, K. R. and Holmes, G. B. Jr., The effects of wearing high heeled shoes on pedal pressure in women, *Foot and Ankle*, 13(2), 85-92, 1992.

Snow, R. E. and Williams, K. R., High heeled shoes: Their effect on center of mass position, posture, three-dimensional kinematics, rearfoot motion, and ground reaction forces, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(5), 568-576, 1994.

Sonn, U., Svantesson, U. and Grimby, G., Functional balance tests in 76-year-olds in relation to performance, activities of daily living and platform test, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27(4), 231-241, 1995.

Svantesson, U., et al. Muscle fatigue in a standing heel rise test, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 30(2), 67-72, 1998.

Voloshin, A. and Wosk, J., An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system, *Journal of Biomechanics*, 15(1), 21-27, 1982.

저자 소개

오 덕 원 duckwono@dju.ac.kr

연세대학교 재활학과 박사

현 재: 대전대학교 물리치료학과 조교수

관심분야: 근골격계질환

천 승 철 biomechanic1@hotmail.com

연세대학교 재활학과 박사수료

현 재: 우송대학교 작업치료학과 초빙교수

관심분야: 인간공학

심 재 훈 clinicalpt@bu.ac.kr

한양대학교 보건학과 박사

현 재: 백석대학교 물리치료학과 조교수

관심분야: 산업의학

논문 접수 일 (Date Received) : 2010년 07월 20일

논문 수정 일 (Date Revised) : 2010년 09월 09일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 09월 09일