

# 단시간 하이힐 보행이 젊은 여성의 발목 주위근의 근 활성화도에 미치는 영향

김은지, 전설빈, 정기용<sup>1)</sup>

청주대학교 보건의료대학 물리치료학과, 청주 아이엠 재활병원<sup>1)</sup>

## Influences of Short-term High-heeled Walking on the Activities of Ankle-stabilizing Muscles in Healthy Young Females

Eun-ji Kim, Seol-bin Jeon, Ki-yong Jeong<sup>1)</sup>

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University

Dept. Physical Therapy, Cheongju Immanuel Medical Rehabilitation Hospital<sup>1)</sup>

### Key Words:

Ankle muscles, Electromyography, High-heeled shoes, Walking

### ABSTRACT

**Background:** The purpose of this study was to investigate the influence of short-term treadmill walking with high-heeled shoes on electromyography activities of the medial gastrocnemius, lateral gastrocnemius and tibialis anterior in healthy young females. **Methods:** Fifteen healthy females were recruited for this study. To measure muscle activation, the subjects were asked in random order to walk on a treadmill using either high-heeled shoes or barefoot conditions. The shoe heel height for high-heeled walking was 7 cm. The walking speed on the treadmill was 4 km/h, and the inclination rate of the treadmill was 10%. The subjects performed treadmill walking in the barefoot and high-heeled walking conditions for 5 minutes. Electromyography data were collected from the tibialis anterior, medial gastrocnemius, lateral gastrocnemius, and soleus on both firm and foam surfaces and during eyes-open and-closed conditions while standing. **Results:** Tibialis anterior activity was significantly different before and after the walking task while standing on a foam surface with eyes closed ( $p<.05$ ). **Conclusion:** This finding suggests that the activity of the tibialis anterior may be lowered after high-heeled walking. Therefore, high-heeled shoes contribute to harmful effects at the ankle joints, increasing the risks of falling and musculoskeletal injury.

## I. 서론

오늘 날 여성들은 사회 활동량이 많아지면서 동시에 여러 가지 형태의 하이힐을 착용하고 생활하고 있으며, 신장을 더 커 보이게 하고 아름다운 패션을 지향하려는 많은 젊은 20대 여성들이 뒷굽이 높은 하이힐을 일상 생활 중에 즐겨 신고 생활하며 보행한다(Franklin 등, 1995). 하이힐이 발 모양을 달라지게 하고 다리 근육들의 근력 불균형과 같은 근골격계 병리적 변화를 일으키는 것으로 알려져 있지만, 많은 현대 여성들은 향후 발 생 할 수 있는 이런 하이힐의 부작용을 특별하게 생각

하지 않는 것처럼 보인다(Franklin 등, 1995). 하이힐을 착용 할 경우 몸무게가 앞으로 쏠릴 수밖에 없기 때문에 티눈이나 물집 등의 문제를 일으키기 쉬우며 걸음걸이 형태를 비정상적으로 만들 수 있다. 올바르지 않은 보행 습관 때문에 조금만 보행을 해도 쉽게 피로해지고 무릎과 발목에 통증이 함께 생기는 경우도 많다. 그러므로 하이힐을 20대 때부터 오랜 시간 동안 착용 한 여성의 경우에는 발의 변형이 오기도 한다(김은섭, 2010). 신체 배열의 변화에 따라 걸을 때 에너지 소모량이 늘어나게 되고, 근 피로가 더해져, 발목관절의 안정성을 지지하는 근육들에 불균형이 유발될 것이다(Gefen 등, 2002).

발에서의 균형은 감각정보를 통합하는 신경계 처리 능력과 생체 역학적인 요소들을 포함하는 복잡한 동작

교신저자: 정기용(청주 아이엠 재활병원, esteemjung@hanmail.net)  
논문접수일: 2015.11.19, 논문수정일: 2015.12.07,  
개재확정일: 2015.12.18.

을 조절하는 작업으로, 한 발이나 두 발로 기저면 안에서 적응하는 능력이다(Duncan, 1989). 또한 정적 또는 동적인 상태에서 안정적으로 균형을 유지시키는 능력은 여러 가지 일상적인 활동 동안의 기능적인 수행력을 높이기 위한 선행 조건이다(Vuillerme 등, 2002).

신경계는 동적인 자세 효능을 허락하는 불균형을 바로 잡는 능력을 갖고 있다(Schmid 등, 2011). 움직이지 않고 서 있는 자세를 유지하고 있을 때에도, 개인은 지속적으로 앞뒤 방향으로 불균형 동요가 일어난다. 동요는 정적균형을 유지하기 위하여 수행된 발목관절과 엉덩관절의 움직임 전략의 결과이다. 발목전략은 균형의 방해가 적고 지지기반의 변화가 없을 때 높은 수준의 발목근력과 좁은 범위의 움직임을 반드시 요구한다(Runge 등, 1999; Horak 등, 1990; Nashner, 1977). 이러한 균형은 걸을 때 중요한 역할을 한다. 몸의 균형 상태를 적절하게 유지시키기 위해서는 원하는 움직임을 수행하는 동안에 안정성을 갖출 수 있도록 충분한 힘을 발생시켜야 한다. 그러나 발목관절 주변의 근육들이 안정성을 갖출 수 있을 만큼의 충분한 힘을 만들어 낼 수 없다면, 관절에서 자세 동요는 증가되고 불안정해지며, 균형 유지 능력은 떨어지게 된다(Yaggie와 McGregor, 2002).

높은 굽의 하이힐을 신는 것으로 인하여 나타나는 발바닥굽힘근(plantarflexor)의 근 활성화 증가는 발목과 발의 근육 불균형(muscle imbalance)을 유발하여 안정성을 감소시키고 신체 전체에 근골격계 문제를 야기할 수 있다(Gefen 등, 2002; Lee 등, 2001). 하이힐을 신음으로서 나타나는 불균형은 가자미근(soleus)과 장딴지근(gastrocnemius), 아킬레스건(achilles tendon)을 긴장시켜 발목과 발의 과염침(hyper-pronation)이나 발등 굽힘(dorsiflexion) 현상으로 평발을 초래 할 수 있다. 수축된 종아리근(calf muscle)이 정맥의 혈액순환을 방해하여 근육이 단단하게 변하고 부종 및 피로감이 쌓이게 된다. 하이힐 뒷굽 높이가 높으면 높을수록 발목 관절이 발바닥굽힘되며, 높은 뒷굽 높이에 대한 신체의 적응도가 높아짐에 따라 장딴지근(gastrocnemius)의 수축이 증가하는데 비해, 앞정강근(tibialis anterior)은 훨씬 더 많이 늘어나는 것으로 알려져 있다(손종상 등, 2007). 또한 근 활성도를 분석한 결과, 뒷굽이 높은 하이힐을 자주 신는 착용자들로 부터의 근전도 측정은 피로조건에서 내측 장딴지근(medial gastrocnemius) 활동의 불균형이 나타났고 발목과 무릎의 굽힘과 가자미근(soleus)과 넓다리곧은근(resctus femoris)의 활동성은 뒷굽의 높이에 따라 증가했다고 보고했다(Gefen 등, 2000).

반적으로, 뒷굽이 높은 신발은 발목의 불안정성을 증가시키기 때문에(Simonsen 등, 2012; Yaggie와 McGregor, 2002), 균형 기능 및 자세 유지 능력을 감소시킬 뿐만 아니라 다양한 근골격계 문제를 야기하는 요소로 설명되고 있다(Franklin 등, 1995). 이런 이유로 하이힐과 관련된 신체적인 영향에 대한 연구들이 지속적으로 이루어지고 있다(오덕원 등, 2010; Gerber 등, 2012; Simonsen 등, 2012; Ryu, 2010; Lee 등, 2001). 하이힐로 인하여 야기되는 근육 활성화 변화에 대한 과거 연구들(Gefen 등, 2002; Lee 등, 1990)은 대부분 보행에 중점을 두고 시행되었으며, 일상 활동 중 나타나는 정적인 서기 자세에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구는 트레드밀에서의 하이힐 보행이 앞정강근, 내측장딴지근, 외측장딴지근, 가자미근의 근 활성화도에 어떠한 영향을 미치는지 연구하기 위해 시행되었다. 이를 통해 부정적인 신체 변화와 문제점을 제시함으로써, 차후 예방과 개선의 방안을 모색하고자 한다. 본 연구의 가설은 맨발 보행과 하이힐 보행 사이에 근 활성화도의 차이가 있을 것으로 설정하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

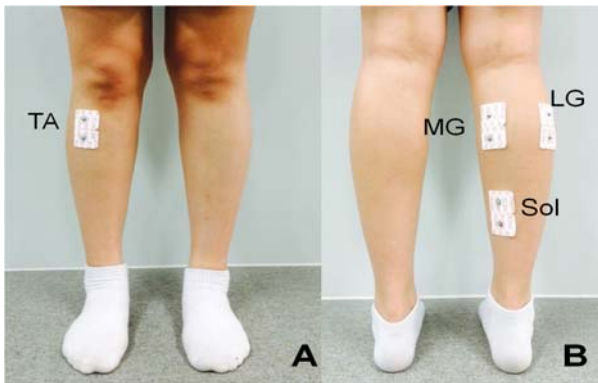
본 연구의 대상자는 연구의 내용을 이해하고 적극적으로 참여 할 것을 동의한 20대 여성으로, 15명을 대상으로 하였다. 발목에 신경학적 혹은 정형 외과적 문제가 있는 사람, 6개월 이전 동안 발목에 상해를 경험하였던 사람, 현재 신체 전반적인 불편감이 있거나 통증을 호소하는 사람, 정신과적 문제가 있는 사람은 연구에서 제외시켰다. 연구 대상자의 나이는  $21.07 \pm 9.6$ 세이었으며, 신장은  $163.27 \pm 4.42$ cm이었고, 체중은  $58 \pm 8.08$ kg였다. 대상자의 우세측 다리는 모두 오른쪽이었다.

### 2. 실험도구 및 측정방법

#### 1) 근전도 측정 및 자료 처리

근전도 측정은 2분의 서기 균형을 측정하는 동안 무선 근전도 시스템(Telemyo 2400T, Noraxon co., USA)을 사용하여 우세측 다리의 앞정강근(tibialis anterior), 내측장딴지근(medial gastrocnemius), 외측장딴지근(lateral gastrocnemius), 가자미근(soleus)에서 시행되었다. 우세측 다리를 결정하기 위하여 대상자들에게 발로 공을 차도록 하였으며, 공을 차는 다리를 우세측 다리로 결정하였다(Edwards 등, 2008). 자료측정의 오류를 최소화하기 위하여 전극 부착부위의 털을 제거 한 후

에틸 알콜 소독을 시행한 후 은/연화은(Ag/AgCl) 표면 전극을 이용하여 우세측 다리의 앞정강근, 내측장딴지근, 외측장딴지근, 가자미근에 부착하였다. 앞정강근의 전극은 정강뼈(tibia)의 안쪽 몸체(medial shaft)에서 가쪽으로 하여 평행하게 2cm 간격으로 부착되었다(오덕원 등, 2010)(Fig 1). 내측 장딴지근의 전극은 무릎관절 내측과 뒤꿈치뼈를 연결한 선의 위쪽 35% 부위에 평행하게 2cm 간격으로 부착되었다. 외측장딴지근의 전극은 무릎관절 내측과 뒤꿈치뼈를 연결한 선의 위쪽 30% 부위에 평행하게 2cm 간격으로 부착되었다. 가자미근 근전도 전극은 두 개의 활성전극을 2cm 간격으로 명확하게 장딴지근의 근복 아래에 있는 다리의 하부 및 가쪽 측면의 근육 섬유에 평행하게 부착되었다(Cram 등, 1998)(Fig 1).



**Fig 1.** Placements of EMG electrodes A) tibialis anterior (TA), and B) medial GCM (MG) and lateral GCM (LG) and soleus (Sol)

근전도 신호의 차단 주파수(band width)는 20-450Hz 사이로 설정하였으며, 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1500Hz로 하였다. 노치필터(notch filter)는 50Hz를 사용하였다. 근육에서 평가된 근 활성화도 신호는 제곱평균제곱근(root mean square) 값으로 처리되었으며, 이후 최대수의등척성수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)의 평균제곱근 값에 대한 백분율로 표준화되었다(%MVIC). 최대수의등척성수축 평가는 Hislop 등(2013)가 제시한 발목의 발등굽힘근(dorsiflexor)과 발바닥굽힘근(plantar flexor)의 도수근력 검사 자세에서 시행되었으며, 5초 동안 수축하였을 때 측정된 각 근육들의 제곱평균제곱근(root mean square, RMS) 값으로 기록되었다. 최대수의등척성수축 평가는 1분의 휴식 간격을 두고 3회 시행되었으며, 그 평균값으로 계산되어 사용되었다.

## 2) 보행을 위한 트레드밀 중재 방법

트레드밀 중재의 속도는 4km/h (Latt 등, 2008), 경사는 10% (김병곤 등, 2007)로 하여 5분간 맨발 보행, 2분간 하이힐 보행하였다(김진선, 2012). 각 중재 전 후 정적균형 측정 시 대상자는 안정판 측정대에 올라선 후 안전바를 잡고 프로그램이 수행되기 기다리며 측정판에서 어깨넓이로 발을 벌린 후 발의 1/2지점에 측정판의 중심선과 맞춘 다음 화면에 있는 볼을 원 중앙에 위치시키게 하여 화면을 응시하고 팔은 앞쪽으로 교차시켜 놓고 화면에 노란색 볼은 대상자의 상태를 실시간으로 표시하며, 중앙에 맞춰 움직일 수 있도록 유도하였다. 딱딱한 바닥 눈뜨고, 딱딱한 바닥 눈감고, 스펀지 바닥 눈뜨고, 스펀지 바닥 눈감고 4가지 상황을 각 3번씩 10초 간격으로 측정하였다.

## 3. 연구 절차

맨발 보행과 하이힐 보행에 대한 영향을 평가하기 위하여 자신의 발사이즈에 맞는 동일한 제품의 뒷굽 높이가 7cm를 사용하였다(Fig 2). 하이힐 뒷굽의 지면 접촉면의 면적은 모두 약 1cm<sup>2</sup>이었다. 모든 측정은 각 참가자들에게 동일하게 트레드밀에서의 맨발 보행과 하이힐 보행을 무작위로 시행하였다.



**Fig 2.** 7cm high-heel used in this study

근전도 측정은 4종류의 자세에서 1분의 휴식 간격을 두고 각각 2번씩 시행하였으며, 각 측정에 대한 평균값을 분석에 이용하였고, 근전도 측정을 위하여 표면 무선 근전도를 사용하여 앞정강근, 내측장딴지근, 외측장딴지근, 가자미근의 근 활성화도를 측정하였다.

## 4. 분석방법

본 연구에서 측정된 자료는 윈도우용 SPSS 20.0을

이용하여 분석하였다. 측정된 변인은 평균±표준편차로 나타냈으며, 한 집단에 맨발 보행과 하이힐 보행의 정적균형 측정 시 앞정강근, 내측장딴지근, 외측장딴지근, 가자미근의 각 근육간의 전·후 차이가 있는지를 비교하기 위하여 대응 t-검정(paired t-test)을 시행 하였으며, 맨발 보행과 하이힐 보행조건 간의 평균 차이를 검증하기 위해 독립 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 또한 두 조건의 각 근육간의 근 활성도를 비교하기 위해 일요인 반복측정 분산분석(repeated one-way ANOVA)을 사용하였으며, 사후 검정 방법으로는 본페로니(bonferroni) 검정을 사용하였고, 통계학적 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다.

### III. 결과

표 1은 딱딱한 바닥에서 눈을 뜬 상태와 눈 감은 상태로 서 있을 때 측정된 발목주변 4개의 근 활성화도와 맨발 보행 및 하이힐 보행에서 나타나는 각 근육들의 전·후 차이 값 비교를 보여주는 것이다. 모든 조건에서

근 활성화도에는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p>.05$ ).

표 2는 스펀지 바닥에서 눈을 감은 상태와 뜬 상태에서 서 있을 때 발목주변 4개의 근 활성화도와 맨발보행 및 하이힐 보행에서 각 근육들의 근 활성화도의 전·후 차이 값의 비교를 보여주는 것이다. 눈 감은 상태로 스펀지 바닥에 서 있을 때 앞정강근에서 맨발 보행조건 하이힐 보행조건 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ), 그 외의 조건에서 근 활성화도의 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p>.05$ ).

### IV. 고찰

본 연구는 20대 젊은 여성 15명을 대상으로 트레드밀에서의 맨발 보행과 하이힐 보행이 앞정강근, 내측장딴지근, 외측장딴지근, 가자미근의 근 활성화도에 어떠한 영향을 미치는지 분석하여 하이힐 착용 시 문제점을 제시하고, 올바른 신발 착용을 통해 여성들의 건강의 질을 향상시키는 것에 목적이 있다. 본 연구의 결과는 하이힐 보행 후 불안정한 바닥에 서 있을 때 앞정강근의

**Table 1.** Comparisons of ankle muscle activities (%MVIC) in firm surface

	Barefoot			High-heel		
	Pre-test	Post-test	t	Pre-test	Post-test	t
Eye-open						
TA <sup>a</sup>	2.46±2.86	1.78±.73	1.0	2.53±1.5	1.98±0.76	1.777
MGCM <sup>b</sup>	11.89±9.84	13.85±11.36	-1.69	12.88±9.21	12.24±7.72	.535
LGCM <sup>c</sup>	6.70±3.73	6.99±3.72	-.63	8.39±4.57	7.91±4.43	.603
SO <sup>d</sup>	16.81±6.99	17.15±7.25	-.26	17.96±7.23	17.34±7.36	1.124
F	13.857	15.457		15.409	18.532	
Eye-closed						
TA	2.00±.98	1.77±.76	.865	2.54±1.8	2.04±.85	1.357
MGCM	12.14±10.16	13.05±12.16	.604	13.40±9.55	11.92±9.13	1.12
LGCM	6.69±4.12	6.94±4.46	.409	8.38±5.19	8.10±5.04	.297
SO	16.10±6.76	16.58±7.09	.447	18.2±7.19	17.3±7.52	.928
F	13.487	12.577		19.192	15.194	

<sup>a</sup>TA: tibialis anterior

<sup>b</sup>MGCM: medial gastrocnemius

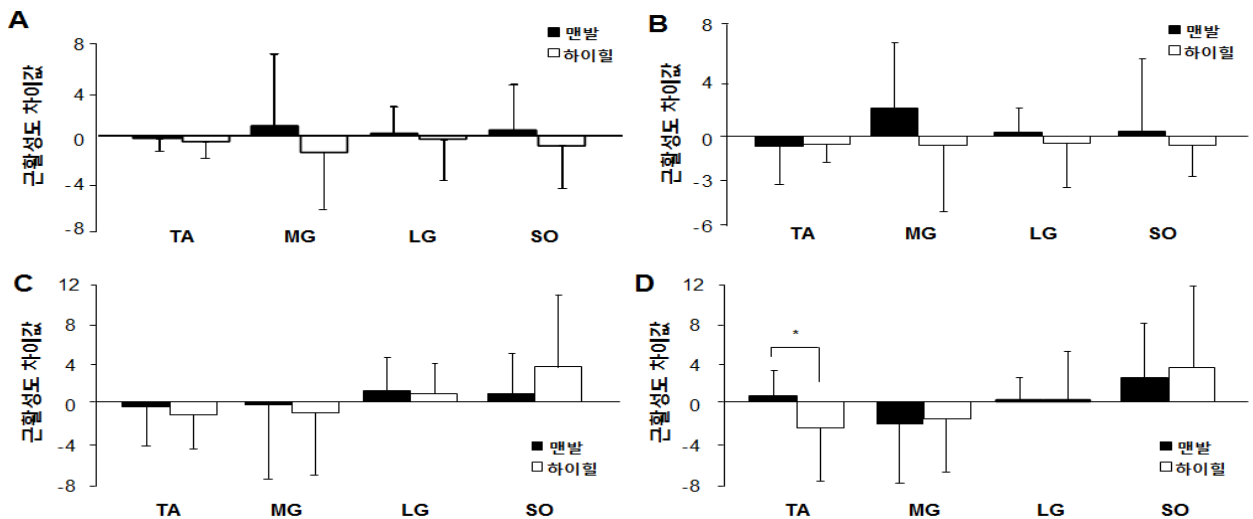
<sup>c</sup>LGCM: lateral gastrocnemius

<sup>d</sup>SO: soleus

**Table 2.** Comparisons of ankle muscle activities (%MVIC) in foam surface

	Barefoot			High-heel		
	Pre-test	Post-test	t	Pre-test	Post-test	t
Eye-open						
TA <sup>a</sup>	3.57±3.19	3.00±2.76	.56	4.22±3.28	2.89±1.93	1.562
MGCM <sup>b</sup>	15.22±12.85	14.90±14.54	.17	14.20±8.85	13.14±7.62	.668
LGCM <sup>c</sup>	7.00±4.00	8.06±6.08	-1.24	7.81±4.66	8.63±6.00	-1.051
SO <sup>d</sup>	17.26±8.77	18.08±11.76	-.81	16.56±5.03	19.99±8.18	-1.849
F	12.134	9.828		15.658	23.214	
Eye-closed						
TA	4.05±3.09	4.61±4.87	-.87	6.95±6.24	4.24±4.34	2.027**
MGCM	17.27±11.77	15.01±10.22	1.51	15.00±8.22	13.21±7.35	1.329
LGCM	8.02±3.57	8.16±4.78	-.24	9.28±4.76	9.39±7.10	-.087
SO	17.28±6.23	19.54±9.44	-1.58	17.95±5.65	21.32±8.97	-1.613
F	16.374	14.613		12.858	17.359	

<sup>a</sup>TA: tibialis anterior  
<sup>b</sup>MGCM: medial gastrocnemius,  
<sup>c</sup>LGCM: lateral gastrocnemius  
<sup>d</sup>SO: soleus.  
 \*\*p<.05



**Fig 3.** Comparison of the differences of pre-test and post-test of EMG activity in each muscle. A) Eye-open and B) eye-closed conditions on firm surface, and c) eye-open and d) eye-closed conditions during standing on foam surface. \*Significant difference between bare feet and high heels (\*p<.05).

근 활성화도가 유의하게 감소되는 것으로 나타났다. 하이힐 보행의 가장 특징적인 형태 중 하나는 발목의 과도한 발바닥 굽힘근이며, 이로 인해 발목의 정상적인 기능이 변화하게 되고, 보행 중 운동성과 안정성 유지를 위하여 엉덩관절과 무릎관절에서 보상작용이 일어나게 된다(Kerrigan 등, 1998).

하이힐 굽 높이의 증가는 보행 시발 분절이 지나치게 발바닥굽힘 되어 하지의 협응 운동 작용을 감소시키며, 이로 인해 보행의 대사비를 증가시켜 에너지 효율성을 떨어뜨릴 수 있고, 근 피로를 가속시켜 여러 가지 부작용을 유발하는 것으로 추정 할 수 있다(류지선, 2009).

오덕원 등(2010)은 굽이 높아질수록 신체의 역학적 변화가 많이 발생하여, 많은 근육의 운동단위가 동원되므로 쉽게 근 피로가 발생 할 수 있다고 하였으며, 김현희와 송창호(2011)은 7cm의 하이힐 착용 시 낮은 굽의 하이힐을 착용했을 때 보다 신체의 움직임과 근 활성화도가 더 증가하였다고 보고하였다. 류재청과 안성규(1997)는 보행주기 동안 하지분절에서 굽힘과 폼이 일어날 때 하이힐의 높은 뒷굽 때문에 발목 관절이 발바닥굽힘 된 상태로 유지되어 정강이와 넙다리에서의 움직임이 부자연스러워지며, 결국 보행 동작은 경직된 상태로 유도된다. 이러한 선행 연구들이 7cm 뒷굽 높이의 하이힐을 사용하였기 때문에 본 연구에서도 실험조건으로 7cm 뒷굽의 하이힐을 선택하였다. McGowan 등(2009)의 연구에 의하면 가자미근이 발바닥굽힘(plantarflexion)시키고, 특히 보행 동안에 무의식적인 움직임의 근원이라고 하였다. 이를 근거로 본 연구에서도 선행 연구들과 같이 하이힐 착용 시 측정 할 근육을 앞정강근, 내측장딴지근, 외측장딴지근, 가자미근으로 선정하였다.

선 자세를 유지하거나 보행하는 동안, 발은 기본적인 움직임 기능을 수행 할 수 있어야 할 뿐만 아니라 환경적 적응 한계 내에서 외부에서 주어지는 역학적인 불균형을 충분히 조절할 수 있어야 한다(Gerber 등, 2012). 또한 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 등, 1998). 그러므로 맨발보다 뒷굽 높이가 7cm인 하이힐을 신고 걷게 되면 발목 주변 근육들의 근 피로도가 증가될 가능성이 있다.

높은 하이힐을 착용하는 것으로 인해 나타나는 장딴지근의 근 활성화도 증가로 인해 발과 발목의 근육 불균형(muscle imbalance)은 증가되고 안정성은 감소되어 신체 전반적인 근골격계 문제가 초래될 수 있다(Gefen 등, 2002; Lee 등, 2001). 발이 발목 안정성 위치인 발바닥굽힘에 있을 때, 뒤쪽 방향으로 무게 중심의 변위가 발생한다

(Palastanga 등, 2000). 뒷굽이 높은 하이힐을 착용하고 서 있을 때의 무게 중심은 상체에서는 앞쪽으로, 하체에서는 뒤쪽으로 이동한다(Snow와 William, 1994). 하체 무게 중심의 후방 이동은 발목 앞쪽 부분에 위치하고 있는 앞정강근의 활성화도 증가와 관련 될 것이다. 그러나 뒷굽이 높은 하이힐은 발목 관절에서 발바닥굽힘을 증가시키고 체중 지지점을 앞쪽으로 변위시키기 때문에 균형 및 보행 효율성을 유지하기 위한 근육 작용 또한 변화된다(오덕원 등, 2010). 즉, 하이힐을 신고 선 자세를 유지할 경우 발바닥굽힘 된 상태에서 자세를 유지하기 위하여 발바닥굽힘근(plantarflexor)의 활성화도는 증가되며, 반대로 발등쪽굽힘근(dorsiflexor)의 활성화도는 감소된다(Son 등, 2007). 이런 결과는 하이힐의 굽이 높으면 높을수록 보행 시 압력중심의 측면의 기울기가 커 이를 방지하기 위한 일환으로 발의 내전(inversion) 모멘트가 발생하는데(Gefen 등, 2002) 이에 따른 협응성 부조화로 판단된다.

본 연구에서 여러 가지 조건에서도 각 근육의 근 활성화도에 차이가 있을 것이라고 미루어 봤을 때, 스펀지 바닥에서 눈 뜬 상태에서 가만히 서서 근 활성화도를 측정 시 각 근육들의 근전도 값으로 맨발과 하이힐의 모든 보행 전, 후 값의 차이가 유의하지 않았으나, 스펀지 바닥에서 눈감고 서 있는 상태에서는 앞정강근에서 맨발 보행과 하이힐 보행 전, 후에 대한 각 근육들의 근 활성화도 측정값의 차이가 유의한 것으로 나타났다. 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(오덕원 등, 2010).

본 연구는 결과를 해석하는데 있어서 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구는 신체 건강한 여대생을 대상으로 하여 발목의 통증이나 관절가동범위의 제한을 지닌 특정한 대상자의 특성을 구별해 낼 수 없었으며, 다른 연령대에 일반화시키기에는 다소 어려운 점이 있을 수 있다. 그러나 연령이 증가함에 따라 발목 관절 범위와 장딴지근-건 복합체(calf muscle-tendon complex)의 길이가 감소하는 것이 정상적인 노화 현상이라고 하였을 때(Gajdosik 등, 1999) 하이힐 착용은 근 피로로 인한 좋지 않은 결과를 가져올 것이 분명하다. 둘째, 하이힐을 대체적으로 신어 본자와 한 번도 신지 않았던 사람들을 구분하지 않고 측정하였다. 셋째, 트레드밀에서의 보행의 적용 시간이 매우 짧았던 것이다. 넷째, 횡단 연구 방법을 사용하였음에도 불구하고 대상자의 수가 연구의 결과를 일반화 시킬 수 있을 만큼 충분하지는 못했다는 것이다. 따라서 향후에는 이러한 측면을 보완하여 다양한 연령대의 대상자를 포함시키고 하이힐 착용시간에 따른 근 활성화도의 변화를 관찰한 연구가

필요할 것이다. 정확한 평가를 위해서는 종합적인 요소들이 포함된 장시간의 흐름을 고려한 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 20대의 젊은 여성이 하이힐을 착용하고 단기간 보행 시 맨발 보행과 비교하였을 때 근 활성도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 맨발 보행 및 하이힐 보행 조건에서 근 활성도를 알아보기 위해 네 근육에 근전도를 부착하여 보행 전, 후의 차이를 분석하였다. 연구 결과는 눈 감은 상태에서 불안정한 지지면에 서 있을 때 하이힐 보행 전, 후 조건에서 앞장근의 근 활성도는 실험후에 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 발목의 불안정성을 초래하여 하이힐을 착용 시 낙상의 위험성을 높이는 요인이 될 것이다. 본 연구는 하이힐 보행과 관련된 향후 연구에 유익한 정보를 줄 수 있을 것으로 판단되며, 중재 과정에 있어 하이힐과 같은 외적 인자에 의한 신체정렬의 변화 또는 근 활성도의 변화와 같은 모든 요소들의 밀접한 관계를 고려한다면, 보다 종합적인 중재 계획을 수립할 수 있을 것이다. 앞으로 여성에게 적당한 하이힐 높이를 선택하기 위한 자료를 제공하기 위해서는 다양한 접근의 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

김병곤, 공원태, 정연우. 트레드밀 보행시 경사도와 속도에 따른 계간근육과 대퇴사두근의 근활동성 분석. 대한정형도수치료학회지. 2007;13(1):44-57.

김은섭. 젊어서 관리한 건강 80세까지 간다 - 발 건강, 하이힐을 벗어라. 한국건강관리협회. 2010;34(4):10-11.

김진선. 맨발과 하이힐 보행 시 내측비복근 근섬유 다발 길이 변화 패턴 비교. 연세대학교 대학원, 석사학위논문. 2012.

김현희, 송창호. 건강한 여성의 하이힐 계단오르기 보행이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향. 대한물리의학회지. 2011;6(2):135-143.

류재청, 안성규. 신발 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동역학적 분석. 제주대학교 체육과학연구소. 1997;3:69-103.

류지선. 보행 시 하이힐 굽 높이가 증가에 따른 하지의 시간 협응성. 한국운동역학회지. 2009;19(3):593-601.

손종상, 최희석, 황성재, 등. 하이힐 보행 시 근 길이 변화와 roll-over 특성. 한국정밀공학학회지. 2007;24(12):29-35.

오덕원, 천승철, 심재훈. 하이힐 뒷굽 높이가 서기 균형 및 발목 근육 활성도에 미치는 영향. 대한인간공학회. 2010;29(5):789-795.

Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Aspen Pub. 1998.

Duncan PW. Blance. Proceedings of The APTA Forum. Am Phys Ther Assoc. 1989.

Edwards L, Dixon J, Kent JR, et al. Effect of shoe heel height on vastus medialis and vastus lateralis electromyographic activity during sit to stand. J Orthop Surg Res. 2008;3:2.

Franklin ME, Chenier TC, Brauning L, et al. Effect of positive heel inclination on posture. J Orthop sports PhysTher. 1995;21(2):94-99.

Gajdosik RL, Vander Linden DW, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women. Phys Ther. 1999;79(9):827-838.

Gefen A, Megido-Ravid M, Itzchak Y, et al. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. Gait Posture. 2002;15(1):56-63.

Gefen A, Megido-Ravid M, Itzchak Y, et al. Biomechanical analysis of the three-dimensional foot structure during gait: A basic tool for clinical applications. J Biomech Eng. 2000;122(6):630-639.

Gerber SB, Costa RV, Grecco LA, et al. Interference of high-heeled shoes in static balance among young women. Hum Mov Sci. 2012;31(5):1247-1252.

Hislop H, Avers D, Brown M. Muscle Testing. Elsevier. 2014.

Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. Exp Brain Res. 1990;82(1):167-177.

Kerrigan DC, Todd MK, Riley PO. Knee osteo-arthritis and high heeled shoes. The Lancet. 1998;351. 9113:1399-1401.

Lee CH, Jeong EH, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. Int J Indust Ergon. 2001;28(6):321-326.

Lee KH, Shieh JC, Matteliano A, et al. Electromyographic

- changes of leg muscles with heel lifts in women: therapeutic implications. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(1):31-33.
- Latt MD, Menz HB, Fung VS, et al. Walking speed, cadence and step length are selected to optimize the stability of head and pelvis accelerations. *Exp Brain Res.* 2008;184(2):201-209.
- McGowan CP, Kram R, Neptune RR. Modulation of leg muscle function in response to altered demand for body support and forward propulsion during walking. *J Biomech.* 2009;42:850-856.
- Nashner L. Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. *Exp Brain Res.* 1977;30(1):13-24.
- Palastanga N, Field D, Soames R, et al. *Anatomia E Movimento Humano: Estrutura E Função.* 3rd ed. Manole. 2000.
- Snow RE, Williams KR. High heeled shoes: their effect on center of mass position, posture, three-dimensional kinematics, rearfoot motion, and ground reaction forces. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75(5):568-576.
- Son JS, Choi HS, Hwang SJ, et al. Changes of muscle length and roll-over characteristics during high-heel walking. *J Korean Soc Precis Eng.* 2007;24(12):29-35.
- Svantesson U, Osterberg U, Thomeé R, et al. Muscle fatigue in a standing heel rise test. *Scand J Rehabil Med.* 1998;30(2):67-72.
- Runge C, Shupert C, Horak FB, et al. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait Posture.* 1999;10(2):161-170.
- Ryu JS. Effects of high-heeled shoe with different height on the balance during standing and walking. *Korean J Sports Biomech.* 2010;20(4):479-486.
- Schmid M, Bottaro A, Sozzi S, et al. Adaptation to continuous perturbation of balance. progressive reduction of postural muscle activity with invariant or increasing oscillations of the center of mass depending on perturbation frequency and vision conditions. *Hum Mov Sci.* 2011;30(2):262-278.
- Simonsen EB, Svendsen MB, Nørreslet A, et al. Walking on high heels changes muscle activity and the dynamics of human walking significantly. *J Appl Biomech.* 2012;28(1):20-28.
- Vuillerme N, Forestier N, Nougier V. Attentional demands and postural sway: The effect of the calf muscles fatigue. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(12):1907-1912.
- Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(2):224-228.