불안정 지지면에서 정적 서기 동안 구두 굽 높이의 변화에 따른 자세 조절 전략

사공우원¹, 안덕현²

¹부산 센텀 이루다 재활요양병원 재활치료실, ²인제대학교 의생명공학대학 물리치료학과

Postural Strategy by the Difference of Shoe Heel Height During Quiet Standing on an Unstable Surface

Woo-won Sagong¹, MSc, PT, Duk-hyun An², PhD, PT

¹Division of Rehabilitation Therapy, Busan Centum Erooda Hospital

²Dept. of Physical Therapy, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the changes in the electromyographic (EMG) activity of the trunk and the lower limb muscles during quiet standing on an unstable surface while wearing low-heeled shoes (3 cm), high-heeled shoes (7 cm) and without footwear (0 cm) in 20 young healthy women. The subjects stood on an unstable surface for 30 seconds. We examined the differences in the EMG data of the erector spinae, rectus abdominis, biceps femoris, rectus femoris, tibialis anterior, and the gastrocnemius medialis muscle. A one-way repeated analysis of variance was used to compare the effects of shoe heel height on the EMG activity with the level of significance set at $\alpha=0.05$. The EMG activity of the erector spinae and the rectus femoris were significantly increased ($p<0.05$) in the subjects who wore elevated heel height, while the tibialis anterior and the gastrocnemius medialis were significantly decreased ($p<0.05$). However, the rectus abdominis and the biceps femoris exhibited no significant difference among the three conditions. The above results indicate that wearing high-heeled shoes may change the postural strategy. The findings of this study suggest that excessive heel height could contribute to an increased fall risk during quiet standing.

Key Words: Heel height; Muscle activity; Quiet standing; Trunk; Unstable surface.

I. 서론

최근 많은 젊은 여성들이 일상생활 동안 높은 굽의 구두를 신는 것을 선호한다(Franklin 등, 1995). 그러나 장기간 동안 굽이 높은 구두의 착용은 보행동안 무릎관절의 통증(Mika 등, 2009), 발의 통증(Gefen 등, 2002), 다리 근활성도의 변화(Stefanyshyn 등, 2000) 등을 야기한다. 구두 굽 높이의 증가는 발목관절의 발바닥굽힘을 증가시키며, 이러한 변화는 발목 관절에 영향을 미치게 되어 발의 안정성을 감소시키며(Gajdosik 등,

1999), 무게중심이 상체에서는 앞쪽으로, 하체에서는 뒤쪽으로 이동하여 신체분절의 위치 변화가 나타나게 되고(Snow와 Williams, 1994) 보행 시 몸통, 엉덩관절, 무릎관절의 모멘트에 영향을 준다(Hsue와 Su, 2009). 굽이 높은 구두의 착용은 고유수용감각을 수용하는 능력을 저하시키고 구심성 되먹임 체계를 손상시켜(Gribble 등, 2004) 균형 기능에 부정적인 영향을 미친다(Snow 등, 1992). 또한 구두 굽의 높이가 증가할수록 자세 동요는 더욱 커지게 되고(Menant 등, 2008; Shimizu와 Andrew, 1999) 그 결과 낙상의 위험을 증가

시킨다(Hijmans 등, 2007).

서기 균형은 일상생활과 목적 있는 활동을 위한 기본적인 요소이며, 선 자세에서의 안정성 유지, 체중부하 조절, 보행 등의 동작 수행에 중요한 영향을 미친다(Cohen 등, 1993). 자세 동요에 따른 서기 균형 유지를 위해 사용되는 움직임은 엉덩관절 전략, 발목관절 전략, 또는 두 가지가 혼합된 자세 조절 전략이다(Kuo와 Zajac, 1993). 발목관절 전략은 견고한 지지면에서 적은 동요가 있을 때 일상적으로 사용되고 가장 먼저 나타나는 자세 전략이며, 발목관절 전략만으로 자세 조절이 어려운 경우 엉덩관절 전략을 사용하게 된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007). 중추신경계는 균형 회복을 통한 평형유지를 위해 가장 적절한 전략을 사용하고(Almeida 등, 2006), 이러한 자세 조절은 능률적이고 효율적인 목표 지향적 움직임 활동을 위해 중요하며(Horak 등, 1997), 일상생활의 성공적인 수행을 위한 중요한 전제 조건이다(Granacher 등, 2011). 발목관절 전략은 먼쪽 발목관절 근육의 조기 활성이 나타나고, 엉덩관절 전략은 몸통과 넓적다리 근육의 조기 활성이 나타난다(Runge 등, 1999). Almeida 등(2006)은 균형판(seesaw board)을 이용한 앞, 뒤 방향의 동요에 대한 자세 조절 전략 연구에서 지지면의 면적이 좁아지고 높이가 높아질수록 발목관절 근 활성도는 증가되나 몸통과 엉덩관절의 근활성도에는 영향을 미치지 않는다고 하였다. 체성감각 정보에 장애가 발생하는 경우 자세 조절 전략의 변화에 의해 엉덩관절 전략의 사용이 증가되고(Speers 등, 2002), 자세 동요에 따른 균형 회복 시 발목관절 움직임의 감소는 엉덩관절 전략 사용의 증가와 연관된다(Wilson 등, 2006).

노인을 대상으로 다양한 형태의 신발을 신고 눈을 감고 서 있는 자세를 유지하는 동안 동요측정기(sway-meter)를 이용하여 신체 동요(body sway)의 정도를 알아본 Menant 등(2008)의 연구에서 일반적인 신발(standard shoe)보다 4.5 cm 정도의 굽이 높은 구두(elevated heel)를 신었을 때, 신체 동요가 유의하게 증가했다고 하였으며, Shimizu와 Andrew(1999)는 20대의 건강한 성인 여성 16명을 대상으로 발뒤꿈치에 콜크 창(cork plate)을 이용하여 굽의 높이를 변화시켜 한 발 서기를 수행한 연구에서 굽의 높이가 증가할수록 압력 중심(center of pressure)의 변위가 증가했다고 하였다. 이와 같이, 선행 연구들은 구두 굽 높이 차이에 따른 자세 동요의 크기에 관해 이루어졌다. 그러나 구두 굽

높이의 차이가 서기 자세에서 자세 동요 발생 시 낙상 방지를 위해 사용되는 자세 조절 전략에 미치는 영향에 관한 연구는 미흡하다. 또한 Oh 등(2010)은 굽이 높은 구두 착용에 의해 유발되는 근활성도 변화에 대한 이전의 연구들은 보행에 중점을 두었으며, 일상생활 동작 중 빈번히 발생하는 서기 자세에 대한 연구는 미흡하다고 하였다.

균형 능력을 평가하기 위해 정적 서기 자세에서의 근활성도 측정이 많이 이용되고 있으며(Seo 등, 2009), 바로 선 자세는 자세 동요가 적어 균형을 평가하기 힘들기 때문에 지지면의 변화를 주거나 지지면을 감소시키는 등의 과제를 제공한다(Choi 등, 2011). 굽의 높이가 다른 구두를 착용 후, 정적 서기 동안 발목관절의 근 활성도 변화에 관한 연구가 있으나(Oh 등, 2010), 이는 발목관절 전략에 국한되고 몸통과 엉덩관절을 포함한 전반적인 자세 조절 전략을 평가하지 않았다.

따라서 본 연구는 건강한 젊은 여성을 대상으로 불안정한 지지면 위에서 굽의 높이가 다른 구두를 착용하고 정적 서기 자세를 수행하는 동안 나타나는 자세 조절 전략의 변화를 알아보고자 몸통과 다리 근활성도를 측정하여 비교하였다. 본 연구의 가설은 구두 굽 높이가 증가할수록 엉덩관절 전략에 작용하는 척추세움근(erector spinae), 배곧은근(rectus abdominis), 넓다리두갈래근(biceps femoris), 넓다리곧은근(rectus femoris)의 근활성도는 증가될 것이고, 발목관절 전략에 작용하는 앞정강근(tibialis anterior)과 인쪽 장딴지근(gastrocnemius medialis)의 근활성도는 감소될 것이라고 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 실험을 위하여 20대의 건강한 여성 20명을 대상으로 실시하였다(Table 1). 실험에 대해 충분히 설명하고 이에 동의한 대상자들로 구성되며, 본 실험의 제외 대상자는 다음과 같다. 1) 최근 6개월 이내의 다리 외

Table 1. Characteristics of participants (N=20)

Characteristics	Mean±SD ^a	Range
Age (year)	25.7±2.1	23.0~29.0
Height (cm)	161.3±4.4	154.5~170.3
Weight (kg)	52.2±3.2	47.2~59.8

^amean±standard deviation.

상의 경험이 있는 자, 2) 신경계 질환의 과거력이 있는 자, 3) 발과 발목관절에 현재 통증이 있는 자, 4) 수동적 발등굽힘 운동범위가 5° 이하인 자.

2. 실험 도구

가. 불안정 지지면 도구

불안정한 지지면을 만들어 자세 동요를 유도하기 위하여 Dynair Ball Cushion Senso(TOGU, Prien, Germany)를 사용하였다.

나. 구두

실험에 사용되는 구두는 20대 여성의 평균 발 길이인 235 mm를 기준으로 하여(Park, 2011), 대상자들의 발 크기에 맞는 230~245 mm 크기의 같은 디자인의 구두를 사용하였고, 모든 대상자들에게 개인의 발 크기에 맞는 가장 편안한 구두를 신도록 하였다. 구두 뒤굽의 높이는 0 cm(맨발), 3 cm, 7 cm 세 가지 높이로 설정하였다. 구두 뒤굽의 접촉 면적은 약 2 cm² 이하로 하였다(Figure 1).

다. 근전도 자료 수집 및 분석 시스템

본 실험의 대상근육인 척추세움근, 배곧은근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근, 앞정강근, 안쪽 장딴지근의 근전도 신호 기록 및 신호처리를 위하여 Delsys-Trigno Wireless Electromyographic System(Delsys Inc., Boston, USA)을 사용하였다. 각각의 전극은 신체 우세 측에 부착하고 전극을 부착하기 전 피부 저항을 제거하기 위하여 적용되는 피부에 조심스럽게 사포로 각질을 제거하고 알코올로 소독하였다. 대상자들에게 바닥에

놓여진 공을 발로 차도록 하여 공을 차는 다리를 우세 측으로 결정하였다(Edwards 등, 2008). 30초 동안 바닥에서의 정적 서기 자세 조절시 근활성도를 측정된 후, 불안정한 지지면에서의 정적 서기 자세 조절시 근활성도를 측정하여 처음과 마지막의 5초를 제외한 20초 동안의 평균값(root mean square)을 각각 산출하였다. 이후 최대 등척성 수축의 평균값에 대한 백분율로 표준화하였다. 바닥에서의 표준화 값(%maximal voluntary isometric contraction)과 불안정한 지지면에서의 표준화 값의 차이값을 산출하여, 균형 유지 동안 사용되는 근활성도로 정하였다. 표본추출률은 2,000 Hz이며, 잡음을 제거하기 위한 band pass filter는 20~450 Hz를 이용하였다.

3. 실험 방법

가. 근전도 전극 부착

엉덩관절 전락에 작용하는 척추세움근, 배곧은근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근과 발목관절 전락에 작용하는 앞정강근, 안쪽 장딴지근의 근활성도를 측정하기 위하여 기존 연구들을 참조하여 각 근육의 전극 부착 위치를 결정하였다(Hermens 등, 2000). 근육별 전극 부착 부위는 Table 2와 같다.

나. 정량화

각각의 측정값을 정량화하기 위해 각 근육의 최대 등척성 수축 정도를 측정하였으며, 대상자에게 5초 동안 최대 등척성 수축을 시킨 다음, 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균값을 최대 등척성 수축값으로 정하였다.

Figure 1. Shoes of heel height (A: 3 cm, B: 7 cm).

Table 2. Electromyographic electrode placement

Muscle	Electrode placement
Erector spinae	2 cm lateral from the spinous process of L1
Rectus abdominis	2 cm lateral from umbilicus
Biceps femoris	1/2 on the line between the ischial tuberosity and the lateral epicondyle of the tibia
Rectus femoris	1/2 on the line from the anterior superior iliac spine to the superior part of the patella
Tibialis anterior	1/3 on the line between the tip of the fibula and the tip of the medial malleolus
Gastrocnemius medialis	most prominent bulge of the muscle

다. 실험 과제

각 대상자들에게 실험이 시작되기 전 과제 수행에 대한 설명이 제공되었으며, 구두 굽의 높이는 0 cm(맨발), 3 cm, 7 cm 세 가지로 설정하였다. 대상자들에게 개인의 발 크기에 맞게 신도록 하였으며, 세 가지 구두 굽 높이의 적용 순서는 무작위로 결정하였다. 구두의 불편함을 없애기 위하여 대상자들에게 실험에 사용되는 구두를 신고 실험실 주위를 2분 정도 걷도록 하였다. 각각의 높이에서, 30초 동안 안정한 지지면(바닥)에서의 정적 서기 과제를 수행하여 자세 동요가 발생되지 않는 조건에서의 근활성도를 측정 한 후, 30초 동안 불안정한 지지면(Dynair Ball Cushion Senso) 위에서의 정적 서기 과제를 수행하여 자세 동요가 발생하는 조건에서의 근활성도를 측정하였다. 불안정한 지지면에서의 근활성도와 안정한 지지면에서의 근활성도 차이를 자세 조절 동안 사용되는 근활성도로 정하였다. 근전도 측정을 위한 전극 배치는 과제 수행 전에 부착되었으며, 정적 서기 동안 대상자들의 팔은 몸통의 옆에 어깨선과 나란히 위치시키고 양 발은 대상자들이 편안한 위치로 설정하도록 하였다. 이 위치를 표시한 후, 실험간 같은 위치에

놓게 하였으며, 시선은 정면을 바라보도록 하였다. 각 과제는 3회 측정하고 과제 간 휴식은 1분으로 하였다.

4. 분석 방법

자료의 통계처리를 위하여 SPSS ver. 17.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 척추세움근, 배곧은근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근, 앞정강근, 안쪽 장딴지근의 근활성도에 대한 구두 굽 높이 차이의 영향을 알아보기 위해 반복측정된 일원분산분석(one-way repeated analysis of variance)로 분석하였다. 세 가지 조건 간 비교를 위한 사후분석 방법으로 본페로니(Bonferroni) 교정을 시행하였으며, 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 결과

구두 굽 높이에 따른 정적 서기 균형 유지 동안 측정된 근활성도는 Table 3에 제시된 바와 같다. 각각의 구두 굽 높이(0 cm, 3 cm, 7 cm)에 따른 근활성도를 비

Table 3. Changes in muscle activities by the difference of shoe heel height during quiet standing on an unstable surface (N=20)

Heel height	0 cm	3 cm	7 cm	F	p
Muscles	Mean±SD ^a	Mean±SD	Mean±SD		
Erector spinae	2.88±2.87	3.53±2.59	5.62±3.50	9.132	.002*
Rectus abdominis	.84±.70	.99±.56	1.28±1.13	1.616	.226
Biceps femoris	.87±.68	.87±.71	1.15±.90	3.142	.068
Rectus femoris	1.18±1.06	1.22±1.14	2.41±2.13	5.663	.012*
Tibialis anterior	15.45±10.06	10.32±7.39	8.54±7.85	8.651	.002*
Gastrocnemius medialis	38.21±19.33	32.82±15.70	26.10±14.85	36.324	<.001*

^amean±standard deviation, *p<.05.

Figure 2. Comparison of muscle activities among the three heel heights (MVIC: maximal voluntary isometric contraction, * $p < .05$).

교한 결과, 구두 굽 높이의 증가에 따른 척추세움근과 넙다리곧은근의 근활성도는 유의하게 증가하였으며 ($p < .05$), 앞정강근과 안쪽 장딴지근의 근활성도는 유의하게 감소하였다($p < .05$). 그러나 구두 굽 높이의 증가에 따른 배곧은근과 넙다리두갈래근의 근활성도는 유의한 증가가 없었다($p > .05$). 척추세움근, 넙다리곧은근의 사후 검정 결과, 0 cm와 7 cm, 3 cm와 7 cm 높이 사이에서 유의하게 증가하였으나 0 cm와 3 cm 높이 사이에서는 유의한 증가가 없었다. 안쪽 장딴지근의 사후 검정 결과, 0 cm와 7 cm, 3 cm와 7 cm 높이 사이에서 유의하

게 감소하였으나 0 cm와 3 cm 높이 사이에서는 유의한 감소가 없었다. 그러나 앞정강근은 0 cm와 3 cm, 0 cm와 7 cm 높이 사이에서 유의하게 감소하였으며, 3 cm와 7 cm 높이 사이에서는 유의한 감소가 없었다(Figure 2).

IV. 고찰

높은 굽의 구두는 발목관절의 발바닥굽힘을 증가시키며(Hsue와 Su, 2009), 이로 인한 발목관절의 위치 변

화는 자세 조절에 영향을 미칠 수 있다. Siqueira 등(2011)은 신체 분절은 서로 연결되어 있기 때문에 한 부분에서 정렬 상태가 변화되면 자세동요가 유발되며, 다리의 정렬 상태는 자세 안정성과 관련이 있다고 하였다. 20대 여성 30명을 대상으로 한 발 서기 자세를 수행하여 구두 굽 높이에 따른 정적 균형 능력을 평가한 Kim 등(2013)의 연구에서 높은 굽의 구두를 착용하였을 때 균형 능력이 감소하였으며, Gajdosik 등(1999)은 높은 굽의 구두는 발의 안정성을 낮게 하여 낙상을 유발시킨다고 하였다. 또한 Lee 등(2001)은 높은 굽의 구두의 착용은 요추 전만을 야기하며, 하부 요추의 압박력을 증가시켜 요통을 유발시킨다고 하였다. 굽 높이에 따른 균형 능력을 비교한 Kim과 Lee(2007)는 4 cm 이하의 굽 높이는 균형 능력에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Lee 등(2004)은 7 cm의 굽 높이는 균형 능력을 감소시킨다고 하였다. 이러한 연구들에 근거하여, 본 연구에서는 세 가지의 구두 굽 높이(0 cm, 3 cm, 7 cm)를 적용하여 구두 굽 높이에 따른 자세 조절 전략의 변화를 알아보고자 몸통과 다리 근활성도를 측정하여 비교하였다.

정적 서기를 유지하는 동안 측정된 근활성도에 대한 결과는 구두 굽 높이가 증가할수록 척추세움근, 넙다리곧은근의 근활성도는 유의하게 증가하였다($p<.05$). 이 결과는 20~30대의 성인 여성 12명을 대상으로 굽의 높이가 다른 구두를 신고 앉은 상태에서 서기 동작을 수행하는 동안 8 cm 높이의 굽을 착용했을 때, 1 cm보다 척추세움근과 넙다리곧은근의 근활성도가 유의하게 증가하였다고 보고한 Kim 등(2011)의 연구와 일치하였다. 또한 Barton 등(2009)은 15명의 건강한 젊은 여성을 대상으로 깔창을 이용하여 굽의 높이를 변화시킨 후, 보행을 실시한 연구에서 굽의 높이를 증가시켰을 때 척추세움근의 근활성도가 증가하였다고 보고하였으며, Mika 등(2012)은 성인 여성을 대상으로 한 연구에서 보행 동안 구두 굽 높이가 증가할수록 넙다리곧은근의 근활성도가 증가하였다고 보고하였다. 반면, 배곧은근과 넙다리두갈래근의 근활성도는 구두 굽 높이의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. Kim 등(2012)은 20대 여성을 대상으로 보행 시 구두 굽 높이에 따른 배곧은근과 척추세움근의 근활성도 변화를 알아본 연구에서, 척추세움근 근활성도의 증가율이 배곧은근의 증가율보다 더 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 높은 굽의 구두 굽 착용

에 의한 척추세움근과 넙다리곧은근의 지속적인 근활성도 증가는 요추전만을 발생시키며(Barton 등, 2009), Kim 등(2011)은 요추전만이 척추세움근과 넙다리곧은근의 짝힘(couple force)에 의해 야기된다고 하였다. 본 연구에서도 구두 굽 높이의 증가는 몸통에서 배곧은근에 비해 척추세움근에 더 많은 영향을 미친 것으로 나타났다으며, 척추세움근과의 짝힘으로 인해 넙다리두갈래근보다 넙다리곧은근의 근활성도가 유의하게 증가한 것으로 사료된다.

정적 서기 동안 앞정강근과 안쪽 장딴지근의 근활성도는 구두 굽 높이가 증가할수록 유의하게 감소하였다($p<.05$). Hsue와 Su(2009)는 굽이 높은 구두의 착용이 발목관절의 발바닥굽힘 각도를 증가시키고 계단 보행 시 한 발로 입각기를 유지하는 동안 발목관절의 모멘트를 감소시킨다고 하였으며, Wilson 등(2006)은 패드(pad)로 감싼 추(pendulum)를 이용하여 자세 동요에 대한 자세 조절 전략을 알아본 연구에서, 발목관절의 발바닥굽힘 증가는 발목관절 토크(torque)를 감소시킨다고 하였다. 또한 Horak(1987)는 발목관절의 운동범위 제한과 근 약화가 몸통과 엉덩관절의 보상작용을 야기한다고 하였다.

본 연구에서는 구두 굽 높이가 증가할수록 정적 서기 동안 척추세움근, 넙다리곧은근의 근활성도는 유의하게 증가하였고 앞정강근, 안쪽 장딴지근의 근활성도는 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 균형 유지 시 구두 굽 높이의 증가로 인해 발목관절 전략의 사용은 감소하고 이를 보상하기 위한 몸통과 엉덩관절 전략의 사용은 증가하였기 때문에 나타난 것으로 사료된다. Gribble 등(2004)은 발목관절 전략을 사용하지 않고 엉덩관절 전략을 사용하는 자세 조절은 낙상의 원인이 될 수 있다고 하였으며, Lord와 Bashford(1996)는 굽의 높이가 다른 신발을 착용 후 서기 자세에서의 신체 동요(body sway)를 측정한 연구에서, 굽이 높은 구두를 착용하는 것이 낙상의 위험 요소가 될 수 있다고 제안하였다. 또한 Ebbeling 등(1994)은 여성들이 구두를 신을 때 안정성을 유지하고 부상의 위험성을 감소시키기 위하여 5 cm 이상 굽 높이의 구두를 착용해서는 안 된다고 보고하였다. 본 연구에서도 각각의 굽 높이에 따른 척추세움근, 넙다리곧은근, 안쪽 장딴지근의 사후 검정 결과, 0 cm와 비교하여 3 cm 높이에서는 근활성도의 유의한 차이가 나타나지 않았으나 0 cm와 7 cm, 3 cm와 7 cm 높이 사이에서는 유의한 차이가 나타났다. 이것은

일상생활에서 발목관절 전락이 제대로 기능을 하지 못하게 되면 작은 균형 소실에도 낙상의 위험성이 증가하고 2차적 손상을 야기시킬 수 있다는 것을 설명한다. 따라서 본 연구의 결과는 굽이 높은 구두를 착용하였을 때, 균형 유지를 위해 엉덩관절 전락의 사용이 증가하는 것을 의미하는 것으로, 굽이 높은 구두를 신고 일상생활을 하는 동안 나타날 수 있는 낙상의 위험을 예측하는데 도움이 될 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 대상자의 선정을 20명의 젊은 여성들과 일정한 발 크기만 비교하였기 때문에 본 연구의 결과를 모든 연령의 여성들에게 일반화하여 해석하는 데는 제한점이 있다. 둘째, 구두의 재질과 형태를 다양하게 설정하지 못하였으며 뒤굽의 접촉면적을 동일하게 설정하지 못하였다. 셋째, 구두 굽 높이 증가에 따른 자세 조절 전략을 평가함에 있어서 근활성도 측정에만 중점을 두었으며, 자세 동요 및 균형 능력에 관한 변화를 알아보지 못하였다. 넷째, 짧은 시간의 착용에 따른 변화를 측정하였기 때문에 본 연구의 결과를 통해 장기적인 변화를 예측하기는 어렵다. 따라서 추후의 연구에서는 다양한 연령대의 대상자를 선정하여 여러 가지 형태의 구두에 따른 자세 조절 전략에 관한 연구가 필요하며, 또한 장기적인 연구를 토대로 구두 굽 높이 증가에 따른 균형 능력 변화와 낙상과의 상관관계에 관한 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 20대의 건강한 성인 여성을 대상으로 굽 높이가 다른 구두를 착용 후 불안정한 지지면 위에서의 정적 서기 균형 유지 동안, 구두 굽 높이에 따른 자세 조절 전략의 변화를 알아보기 위해 몸통과 다리의 근활성도를 측정하여 비교 분석하였다. 실험의 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다. 1) 구두 굽 높이 증가에 따른 척추세움근, 넙다리곧은근의 근활성도는 유의하게 증가하였다($p<.05$), 2) 구두 굽 높이 증가에 따른 앞정강근, 안쪽 장딴지근의 근활성도는 유의하게 감소하였다($p<.05$), 3) 구두 굽 높이 증가에 따른 배곧은근, 넙다리두갈래근의 근활성도는 증가하였으나 통계적으로 유의하지 않았다.

본 연구를 통해 구두 착용에 따른 불안정한 지지면 위에서의 정적 서기 균형 유지 시 구두 굽 높이가 증가

할수록 몸통과 엉덩관절 근육의 근활성도는 증가하였고, 발목관절의 근활성도는 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 구두 굽 높이 증가에 따라 발목관절 전락의 사용은 감소하고 엉덩관절 전락의 사용은 증가하여 나타난 결과로 사료된다.

References

- Almeida GL, Carvalho RL, Talis VL. Postural strategy to keep balance on the seesaw. *Gait Posture*. 2006;23(1):17-21.
- Barton CJ, Coyle JA, Tinley P. The effect of heel lifts on trunk muscle activation during gait: A study of young healthy females. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19(4):598-606. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.03.001>
- Choi JH, Lee HS, Jang JS. Changes of postural sway and muscle activation while standing upright and performing a dual task. *J Korean Soc Phys Ther*. 2011;23(5):1-5.
- Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther*. 1993;73(6):346-351.
- Ebbeling CJ, Hamill J, Crussemeyer JA. Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994;19(4):190-196.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1186/1749-799X-3-2>
- Franklin ME, Chenier TC, Brauningner L, et al. Effect of positive heel inclination on posture. *J Orthop Sports Phys Ther*. 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, Itzhak Y, et al. Analysis

- of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture*. 2002;15(1):56-63.
- Granacher U, Roth R, Muehlbauer T, et al. Effects of new unstable sandal construction on measures of postural control and muscle activity in women. *Swiss Med Wkly*. 2011;141:w13182. <http://dx.doi.org/10.4414/sm.w.2011.13182>
- Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, et al. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J Athl Train*. 2004;39(4):321-329.
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendation for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):361-374.
- Hijmans JM, Geertzen JH, Dijkstra PU, et al. A systematic review of the effects of shoes and other ankle or foot appliances on balance in older people and people with peripheral nervous system disorders. *Gait Posture*. 2007;25(2):316-323.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther*. 1987;67(12):1881-1885.
- Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural perturbation: New insights for treatment of balance disorders. *Phys Ther*. 1997;77(5):517-533.
- Hsue BJ, Su FC. Kinematics and kinetics of the lower extremities of young and older women during stairs ascent while wearing low and high-heeled shoes. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19(6):1071-1078. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.09.005>
- Kim K, Lee JH. Effect of heel-heights of shoe on balance in older women. *J Korea Sport Res*. 2007;18(2):311-320.
- Kim MH, Yi CH, Yoo WG, et al. EMG and kinematics analysis of the trunk and lower extremity during the sit-to-stand task while wearing shoes with different heel heights in healthy young women. *Hum Mov Sci*. 2011;30(3):596-605. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2010.09.003>
- Kim SG, Im DH, Kong EK. Muscle activation change of rectus abdominal muscle and erector spinae muscle depending on shoe heel height on gait. *Korean Acad Phys Ther Sci*. 2012;19(2):1-7.
- Kim YJ, Koo JW, Oh DW. Influence of shoe heel height and muscle fatigue on static and dynamic balance in healthy young women. *Phys Ther Korea*. 2013;20(3):36-44. <http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.036>
- Kuo AD, Zajac FE. Human standing posture: Multi-joint movement strategies based on biomechanical constraints. *Prog Brain Res*. 1993;97:349-358.
- Lee CM, Jeong EH, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *Int J Ind Ergon*. 2001;28(6):321-326. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-8141\(01\)00038-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-8141(01)00038-5)
- Lee GC, Jeong HM, Kim SB, et al. Effects of the difference in shoe heel-height on balanced performances. *J Korean Soc Phys Ther*. 2004;16(3):112-124.
- Lord SR, Bashford GM. Shoe characteristics and balance in older women. *J Am Geriatr Soc*. 1996;44(4):429-433.
- Menant JC, Steele JR, Menz HB, et al. Effects of footwear features on balance and stepping in older people. *Gerontology*. 2008;54(1):18-23. <http://dx.doi.org/10.1159/000115850>
- Mika A, Oleksy Ł, Mika P, et al. The influence of heel height on lower extremity kinematics and leg muscle activity during gait in young and middle-aged women. *Gait Posture*. 2012;35(4):677-680. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.12.001>
- Mika A, Oleksy Ł, Mikolajczyk E, et al. Evaluation of the influence of low and high heel shoes on erector spinae muscle bioelectrical activity assessed at baseline and during movement. *Med Rehabil*. 2009;13(3):1-10.
- Oh DW, Chon SC, Shim JH. Effect of shoe heel height on standing balance and muscle activation of ankle joint. *J Ergon Soc Korea*. 2010;29

- (5):789-795. <http://dx.doi.org/10.5143/jesk.2010.29.5.789>
- Park JE. Classification of adult women's foot shape and their morphological characteristics by age: By using 3D foot data of size Korea. Seoul, Kyunghee University, Doctoral Dissertation. 2011.
- Runge CF, Shupert CL, Horak FB, et al. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait Posture*. 1999;10(2):161-170.
- Seo SK, Kim SH, Kim TY. Evaluation of static balance in postural tasks and visual cue in normal subjects. *J Korean Soc Phys Ther*. 2009;21(4):51-56.
- Shimizu M, Andrew PD. Effect of heel height on the foot in unilateral standing. *J Phys Ther Sci*. 1999;11(2):95-100. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.11.95>
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating research into clinical practice*. 3rd ed. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins, 2007:157-232.
- Siqueira CM, Lahoz Moya GB, Caffaro RR, et al. Misalignment of the knee: Does it affect human stance stability. *J Bodyw Mov Ther*. 2011;15(2):235-241. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.005>
- 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.
- Snow RE, Williams KR, Holmes GB Jr. The effects of wearing high heeled shoes on pedal pressure in women. *Foot Ankle*. 1992;13(2):85-92.
- Speers RA, Kuo AD, Horak FB. Contributions of altered sensation and feedback responses to changes in coordination of postural control due to aging. *Gait Posture*. 2002;16(1):20-30.
- Stefanyshyn DJ, Nigg BM, Fisher V, et al. The influence of high heeled shoes on kinematics, kinetics, and muscle EMG of normal female gait. *J Appl Biomech*. 2000;16(3):309-319.
- Wilson EL, Madigan ML, Davidson BS, et al. Postural strategy changes with fatigue of the lumbar extensor muscles. *Gait Posture*. 2006;23(3):348-354.

This article was received February 10, 2014, was reviewed February 10, 2014, and was accepted April 10, 2014.