

## 신발 굽의 높이가 하지근육 근활성도에 미치는 영향

마상열 · 안성자\*  
마산대학교 물리치료과

### Effect of High-heel Shoes on Muscle Activity of the Lower Limbs

Sang-Yeol Ma, PT, PhD; Seong-Ja An, PT, PhD\*

*Department of Physical Therapy, Masan University*

#### ABSTRACT

**Purpose** : This study was conducted to identify the effects of high heel shoes on surface electromyography(EMG) activities fo tibialis anterior(TA), soles(S), and gastrocnemius(G) in 12 healthy women.

**Methods** : Subjects were composed of three group(sports shoes, 5cm heel height shoes, and 9cm heel height shoes). The muscle activity of the TA, G, S in the lower leg were measured using a surface EMG.

**Results** : Results of one way repeated measures ANOVA of the after waling 30minutes standing task duration among the sport shoes, 5cm, and 9cm heel height conditions. The comparison of the muscular activities showed significant differences in the G muscles among the high heel shoes.

**Conclusion** : Wearing high heel shoes for hours will bring inappropriate alignment of the lower limbs and cause postural changes or abnormal sensation and several other problems in the body, resulting in exposure to ankle sprain or fall injuries.

**Key Words** : High heel shoes, EMG, Muscular activities

교신저자 : 안성자, E-mail : sptmsy@paran.com

논문접수일 : 2012년 1월 22일 / 수정접수일 2012년 2월 7일 / 게재승인일 : 2012년 2월 24일

## 1. 서론

인간의 모든 활동은 두발로 생활하는 것이 기본으로 하게 된다(Perry, 1992). 정상적인 보행을 위해 신발은 지면과 닿는 면적이 넓고, 굽이 낮으며, 재질이 부드럽고 유연한 것이 좋다는 것이 일반적이다. 그러나 현대 여성들의 사회활동 증가와 함께 다양한 형태의 하이힐 착용 뿐 아니라 하이힐 착용 상태에서 보행 및 활동 시간이 증가하고 있는 추세이다(Franklin, 1995). 미국 여성의 62%, 한국 여성의 40% 이상이 5cm이상의 하이힐을 신는다는 보고가 있다(Kim 등, 2011), 이러한 현상은 여성이 주로 신는 하이힐 굽이 높을수록 충격력과 불편함을 증가시켜 보행에 이상을 유발한다(Tim 등, 2004; Hong 등, 2005), 또한 신체의 균형능력 저하로 인하여 정상보행을 하기 어렵게 할 뿐만 아니라 정보 전달체계에 오류를 가져와 관절의 변형과 자세의 불균형을 가져올 수 있다(이경옥과 권보영, 2006).

높은 굽 신발은 보행 중 발의 앞쪽으로 체중이동과 시상면의 신체배열(Alignment)을 변화시켜 인체에 좋지 않은 영향을 미친다(Hsue와 Su, 2009). 뒷굽이 높은 신발을 신고 서 있는 경우, 발과 발목 부분에서 발생하는 근골격계의 역학적인 변화에 적응하기 위하여 균형 조절 기전은 특정적으로 변화된다. 이러한 변화는 균형 기능 감소와 관련되며, 낙상 위험도를 높게 된다(김경 등, 2007). 또한 높은 굽으로 인하여 척추 및 하지 관절의 위치가 변화되면서 신체의 중력 중심선은 부분적으로 수정된다(Opila-Correia, 1990). 즉, 뒷굽이 높은 신발을 착용하고 서 있을 때 상체에서의 무게 중심은 앞쪽으로, 그리고 하체에서는 뒤쪽으로 이동한다(Gu 등, 2011).

특히 높은 굽 신발을 신고 보행하는 동안 발목에서 감소한 안정성을 보상하기 위해 슬관절이나 고관절에서 보상 작용이 일어난다(Kerrigan 등, 2005). 이러한 변화는 정적 및 동적인 측면에서 하지 관절들, 특히 발목 관절의 움직임에 좋지 않은 영향(Lee 등, 1990)

과 높은 굽 신발을 신고 보행하는 경우 족관절의 과도한 저측 굴곡이 발생하기 때문에 보행하는 동안 대사 소비량이 증가와 하지근육의 피로를 가속화 시킨다(Gefen 등, 2002; Papa와 Cappozzo, 2000).

인간은 계속되는 자세변화에 의해 중력을 받으므로 이를 대처하기 위해 강력한 근수축이 필요하다. 직립 자세에선 앞쪽이나 뒤쪽으로 몸을 기울일 때 균형을 위해 근육에서 보상활동이 일어나고 약간의 체중이동에는 반사적 자세 조정이 이루어지며 그 반응이 극히 미소한 경우 근전도상으로도 보상 활동을 알 수 있다(Carlsoo, 1964). 하퇴근의 전기적 활동에 어떠한 변화가 있는지 근전도의 가시적 파형으로 분석한 결과 굽 높은 구두를 신었을 때 대상자의 대부분에서 장딴지근육(Goulart와 Valls-Sole, 1999; Lee 등, 1990)과 대퇴사두근과 슬괘근에 전기적 활동이 있었다고 하였다(박은영 등; 1999, Kim 등; 2011). 이는 높은 굽의 신발을 장기간 착용하는 경우, 발에 스트레스를 주고, 신체 무게중심이 이동함에 따라 신체 정렬이 변하게 되며, 다리와 보행에도 부정적인 영향을 미치며, 이를 보상하기 위해 보행의 운동역학적 및 운동형상학적 특성이 변화된다(고은혜 등, 2008; Wunnemann 등, 2011; Oh 등, 2007; Lee와 Hong, 2005; Esenyel 등, 2003).

이와 같이 지금까지의 선행연구에서는 하이힐을 신는 여성들의 보행 중 운동역학적 및 운동형상학적 특성에 관한 연구는 많이 이루어져 왔으며, 또한 하이힐 높이에 따른 체간근과 대퇴근의 근활성도 분석이 주를 이루었다. 그러므로 신발 뒷굽 높이에 따른 하퇴 근육인 전경골근과 종아리 근육의 근활성도의 변화에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 신발 뒷굽 높이에 따른 여성들의 하지 근육의 근활성도 변화를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구에 참여한 실험 대상자는 M대학에 재학 중인 신체적 결격 사유가 없는 건강한 젊은 20대 여성 12명을 대상으로 하였다. 연구기간은 211년 1월 24일에서 2월 8일까지 측정하였으며, 실험 대상자의 선정 조건은 최근 한 달 사이 키 높이가 신발을 착용하지 않았으며, 보행하는데 하지 근력에 이상이 없고, 최근 3개월 이내 발목 염좌가 없었던 대상으로 하였다. 실험에 참여한 모든 대상자에게 연구목적과 방법에 대한 충분한 설명 후, 이에 자발적 동의를 한 자를 대상으로 실시하였다.

### 2. 측정방법

#### 1) 측정도구

본 연구는 표면 근전도 MP36(USA)로 측정하여 이에 받아들인 생체신호에 대한 아날로그 신호를 디지털 화하고 이를 컴퓨터에서 Acqknowledge 소프트웨어를 사용하여 필터링과 자료를 처리하였다. 측정 전 알코올 솜을 이용하여 전극 부착 지점의 이물질 제거 후, 3극(positive-ground-negative)으로 구성된 3극 표면 전극(Triode™ electrode, Thought Technology Ltd, Canada)을 부착하였다. 특정 동작의 근수축을 기준 수축값(reference voluntary contraction: RVC)으로 표준화하는 방법(RVC%)을 사용하였다.

#### 2) 연구방법

연구에 사용된 신발은 운동화와 운동화안에 깔창을 넣어 뒤꿈치의 높이가 5cm로 하였고, 그리고 하이힐 9cm를 사용하였다(Fig 1). 연구에는 안정 시 근육(전경골근, 비복근, 가자미근)의 근전도를 선자세에서 먼저 측정후, 운동화를 신고 30분 보행후 측정, 5cm

깔창 착용 후 30분 보행 후 측정, 9cm 힐 신고 30분 보행후 근전도로 근활성도를 측정하였는데 각 단계마다 10분 휴식 후 보행을 실시하였고, 3번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다.

EMG(MP36,USA)는 총 1, 2, 3채널을 연구에 사용하였는데(1채널에는 전경골근, 2채널은 비복근, 3채널은 가자미근에 각각 사용), 각 채널당 3개의 전극이 있고 전극은 근섬유의 방향과 평행하도록 설치하여 테이프(3M)로 전극이 떨어지지 않게 고정하였다. 겔은 측정하려는 근육의 근전도가 잘 나타나게 하기 위해 전극에 겔을 발라 사용하였으며 측정근육 외에 겔이 묻지 않도록 주의하였다. 전극의 부착부위는 대상자들의 우세측 다리의 전경골근, 가자미근, 비복근에 부착하였다.

전경골근에 대한 부착 전극은 정강뼈의 안쪽 몸체에서 바깥쪽으로 하여 수평으로 2cm 간격을 두고 부착하였고, 비복근의 근전도 부착 전극은 내측과 외측 근섬유들에 전극이 위치 할 수 있도록 종아리 뒤 중심선에서 내측과 외측으로 각각 2cm 간격을 두고 무릎 아래쪽에 부착하였다. 그리고 가자미근의 근전도 부착 전극은 평행하게 2cm 간격을 두고 다리의 외측면 앞에 있는 근육 섬유인 비복근의 근복 바로 밑에 부착하였다.



Fig 1. custom shoes, with (A) sports shoes (B) moderate heel(5cm heel height) and (C) severely heel(9cm heel height)

### 3. 자료 분석

본 연구의 자료 분석은 SPSS/Windows (version 12.0) 프로그램을 사용하였으며, 수집된 자료는 평균 및 표준편차(Mean±Standard deviation)로 제시하

였다. 신발 뒷굽에 따라 전경골근(tibialis anterior), 가자미근(soleus), 비복근(gastrocnemius)의 근활성도를 알아보기 위해 반복 측정된 일요인 분산분석(One-way repeated ANOVA)를 실시하였고, 사후검정은 Bonferroni correction으로 하였다. 그리고 유의수준  $\alpha$  는 0.05로 하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 여자 11명이며, 평균 연령 22.91세, 평균체중 53.25kg, 평균신장은 160.92cm 이었다(Table 1).

Table 1. Subject characteristics

N	Age (yrs)	Weight (kg)	Height (cm)	Sex
12	23.0±1.37	53.27±6.39	160.72±4.02	female(12)

#### 2. 신발 뒷굽에 따른 근활성도 변화

신발 뒷굽에 따른 근활성도 비교에서 비복근은 뒷굽의 형태에 따라 통계학적 유의한 변화가 있었으며, 신발 뒷굽 9cm가 운동화보다 유의하게 근활성도가 높게 나타났다( $p > .05$ )(Table 2).

Table 2. The change of muscle activity according to three condition of heel height(unit : %RVC)

Variables	sports shoes	heel 5cm	heel 9cm	F	p
TA	138.44±120.87	145.37±139.40	127.69±84.37	0.06	0.93
S	145.35±135.56	178.18±72.59	216.60±161.57	0.84	0.44
G	98.53±42.38	210.59±171.36	283.31±154.29	5.20	0.01*

\* $p < 0.05$

### IV. 고찰

신발은 보행 시 나타나는 하지의 자연스러운 동작을 일어나게 하여 발의 기능성을 보강 해 주는 동시에 지면으로부터 받는 충격을 흡수하여 발을 보호하는 역할을 하며 부상 방지에 큰 역할을 한다. 신발은 신체를 보호하면서 그 사람의 보행 습관이나 발 질환 및 다른 질환을 유발 할수 있는 중요한 매개체임에도 불구하고 현대 사람들은 디자인과 유행을 좇아 신발을 구입하며 기능에 대해서는 소홀함이 있다. 이에 본 연구는 20대의 건강한 여성 12명을 대상으로 신발 뒷굽 높이가 다른 신발을 신고 30분 보행 후 전경골근과 가자미근과 비복근 활성도 변화를 알아보기 위하여 실험하였다.

본 연구결과 비복근의 활성도는 키 높이 굽 9cm 신고 30분 보행 후가 가장 높았으며, 운동화 신고 30분 보행 후가 가장 낮았다. 그리고 사후검정결과 운동화 신고 30분 보행 후와 키높이 굽 9cm에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 가자미근의 근 활성도는 키 높이 굽 9cm신고 30분 보행 후가 가장 많이 증가하였고, 운동화 신고 30분 보행 후가 가장 낮았으나 통계학적인 유의한 차이는 없었다. 전경골근의 근 활성도는 키 높이 굽 5cm 신고 30분 보행 후가 제일 높았고, 키높이 굽 9cm 신고 30분 보행 후가 제일 낮았으나 전체적으로 근활성도의 변화는 없었다.

이러한 연구결과는 신발 굽이 높을수록 비복근의 전기적 활동이 유의하게 커진 것은 키높이 신발을 착용 후 중력중심이 앞으로 이동하기 때문에 비복근의 활동이 증가되었다고 생각되며, 또한 인체의 중력선과 관절 운동축이 멀어지게 되고, 이로 인해 슬관절 신전하는 외부모멘트(external moment)가 증가하여 슬괩근이 신장하고 종아리근육이 장시간 수축된 상태로 있게 되므로 그 반응으로 근방추 반사(muscle spindle reflex)가 작용하여 a-운동신경원이 활성화 되므로 근 긴장도가 증가하였다고 판단된다. 전경골근은 이와 반대로 골지건기관(Golgi tendon organ)의 활동에 의해 a-운동신경원이 억제되기 때문에 근 긴

장도는 정상 수준으로 낮아진 것으로 생각된다.

서 있는 자세를 유지시킴에 있어서 근육작용에 영향을 미치는 것이 중력선인데 중력선을 통과하는 각 관절 및 그들을 구성하는 골격에 의해 체중이 전달되므로, 각 부분의 근육은 여기에 따라 적절한 긴장을 하여 자세를 유지하게 된다. 따라서 중력선에서 체중심이 떨어지면 중력선으로 되돌아오기 위해 근육활동이 과다해진다. 또한, 장시간 하이힐을 착용하면 과도한 저측 굴곡으로 인해 발의 외반 움직임과 동시에 경골의 내측 회전 움직임에 영향을 미쳐 굽이 낮은 신발과 달리 운동학적 현상에서 하지관절과 분절의 움직임에 차이를 나타나게 된다(Wunnemann 등, 2011; Gajdosik 등, 1999). 그리고 전족부로의 수직적 부하가 증가하면서 몸의 중심선이 앞으로 이동하게 되는데 이런 이동을 막기 위해 발목관절의 저측굴곡이 유지되어 비복근이 짧아지게 되고 이런 신체적응이 일어난 상태에서 맨발로 기립자세를 유지하면 짧아진 비복근으로 인해 무릎관절이 중력선의 뒤쪽으로 이동하여 부적절한 신체정열을 만들고 균형능력 변화에도 영향을 미쳤다고 생각된다.

문곤성(2004)의 키 높이 굽에 따른 가자미근의 근활성도의 변화에서 가자미근의 강한 저측 굴곡으로 근활성도가 증가하였다는 연구와 일치된 결과를 보였다. 박은영 등(1999)은 건강한 여성 28명을 대상으로 1주일에 3일 이상, 하루 4시간 이상을 7cm(18명)와 3cm(10명)의 뒷굽이 다른 신발을 신고 다닌 결과 높은 뒷굽에서 대퇴직근과 대퇴이두근의 근활성도 증가를 보인 연구와 유사하였다. 또한 앉았다가 일어서는 동작(sit-to-stand)에서 신발 뒷굽이 1cm, 4cm, 8cm로 적용하여 실험한 결과 8cm 뒷굽에서 내복사근, 척추기립근, 대퇴직근, 내측슬괩근의 근활성도 증가를 보인 연구와 유사한 결과를 나타냈다(Kim 등, 2011; Goulatt와 Valls-Sole, 1999).

본 연구의 제한점은 실험대상자 수가 12명으로 적어 전체여성을 대표할 수는 없으며, 실험 시 대상자 신체의 체중심을 통제하지 못하였으며, 다양한 연령층에서

연구가 이루어지지 않았다.

## V. 결 론

본 연구는 20대 젊은 여성에게 운동화, 신발 뒷굽 5cm, 신발 뒷굽 9cm 신발의 변화에 따른 근활성도 변화를 알아보기 위해, 피 실험자 12명을 대상으로 운동화를 신고 30분 보행 후, 신발 뒷굽 5cm를 신고 30분 보행 후, 신발 뒷굽 9cm를 신고 30분 보행한 후 각각 근활성도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 전경골근은 신발 뒷굽 9cm 신고 보행 30분 후가 오히려 근활성도가 가장 낮았으며, 가자미근은 근활성도가 증가하였지만 유의한 증가는 없었다. 그러나 비복근은 신발 뒷굽 9cm 신고 보행 30분 후 가장 근활성도가 높았다( $p < 0.05$ ). 결론적으로 키 높이 굽 신발은 중력 중심을 전방으로 이동시켜 저측 굴곡의 증가로 비복근의 근활동을 증가 시킨다는 것을 알 수 있었고, 이로 인해 비복근이 단축될 가능성 높고, 부적절한 신체정열로 인해 발목 염좌와 낙상에 영향을 미칠 것이라 생각된다. 따라서 현재 증가하는 여성의 높은 굽 신발 착용에 따른 다양한 연령별 대상자와 신체분절의 근활성도와 일상동작에서 나타나는 근활성도에 관한 종합적인 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- 고은혜, 최홍식, 김택훈 등. 하지 근육의 피로상태 동안 높은 굽 신발에 적용한 전면접촉인솔이 젊은 여성의 보행 특성에 미치는 영향. 한국 전문물리치료학회지. 15(1):38-45, 2008.
- 김경, 이전형. 여성 노인의 신발굽 높이가 균형에 미치는 영향. 한국스포츠리서치. 18(2): 311-330, 2007.
- 문곤성. 보행 속도 변화에 따른 하지의 운동역학적 분석과 근활동의 근전도 분석. 연세대학교 대학원. 박사학위 논문. 2004.
- 박은영, 김원호, 김경모 등. 신발 굽의 높이와 신발 착용 기간이 대퇴근육 활동량에 미치는 영향. 한국전문물리

- 치료학회지. 6(2):32-42, 1999
- 이경옥, 권보영. 굽의 위치에 따른 신발 종류별 충격력 변인의 차이. 한국여성체육학회지. 20(2):45-53, 2006.
- Carlsoo. Influence of frontal and dorsal loads on muscle activity and on the weight distribution in the feet. *acta. Orthop. Scandinav*, 34:299-309, 1964.
- Esenyel M, Walsh K, Waldden JG. Kinetics of high heeled gait. *Jam Podiatr Med Assoc*. 93(1):27-32, 2003.
- Franklin MM, Cheier TC, Brauinger L. Effect of positive heel indlinatim on posture. *Journal of Orthopedic Sport Physical Thera-pentic*. 21:94-99, 1995.
- Gajdosik RL, Linden DWV, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle tendon unit of woman. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*. 79:827-838, 1999.
- Gefen A, Megido-Ravid M, Itzchak Y. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait & Posture*. 15(1):56-63, 2002.
- Gu Y, Rong M, Ruan G. The outsole pressure distribution character during high heeled walking. *Procedia Environmental Sciences* 8:464-468, 2011.
- Hong WH, Lee YH, Chen HC. Influence of Heel High and Shoe insert on comfort perception and biomechanical performance of young female adults during walking. *Foot Ankle Int*, 26(12), 2005.
- Hsue BJ, Su FC. Kinematics and kinetics of the lower extremities of young and elder women during stairs ascent while wearing low and high-heeled shoes. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 19:1071-1078, 2009.
- Kerrigan DC, Johansson JL, Bryant MG et al. Moderate-heeled shoes and knee joint torques relevant to the development and progression of knee oosteroarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. 86:871-875, 2005.
- 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. *Human Movement Science*. 30:596-605, 2011.
- Lee KH, Shieh JC, Matteliano A. Electromyographic changes of leg muscles with heel lifts in women: Theraprutic implications. *Arch Phys Med Rehabil*. 71(1):31-33, 1990.
- Oh JS, Cynn HS, Won JH et al. Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 37:320-324, 2007.
- Opila-Correia KA. Kinematics of high heeled gait with consideration for age and experience of wearers. *Arch Phys Med Rehabil*. 71:905-909, 1990.
- Papa E, Cappozzo A. Sit-to-stand motor strategies investigated in able-bodied young and elderly subjects. *Journal of Biomechanics*. 33:1113-1122, 2000.
- Goulart FR, Valls-Sole J. Patterned electromyographic activity in the sit-to-stand movement. *Clinical Neurophysiology*. 110:1634-1640, 1999.
- Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. NJ: SLACK, muscle in a limb. *Journal of Biomechanics*, 34:1085-1089, 1992.
- Tim LA, Doyle M, Zack R. Balance suffers for high-heeled fashion. *Biomechanics*, 2004.
- Wunnemann M, Klein D, Rosenbaum D. Effects of the twin shoe(darco) to compensate heigh

differences in normal gait. *Gait & Posture*, 33:61-65, 2011.  
Yu J, Cheung JT, Fan Y et al. Development of a

finite element model of female foot for high-heeled shoe design. *Clinical Biomechanics*, 23:S31-S38, 2008.