

## 신발 밑창 형태가 무릎 및 발목 근육의 근활성화에 미치는 영향

윤세원 · 이정우<sup>†</sup> · 최명심<sup>1</sup>

광주여자대학교 물리치료학과, <sup>1</sup>세명기독병원 간호과

### Effect of Shoes Sole Form on Knee and Ankle Muscle Activity

Se-Won Yoon, PT, PhD, Jeong-Woo Lee, PT, PhD<sup>†</sup>, Mung-Sim Choi, MS<sup>1</sup>

Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

<sup>1</sup>Department of Nursing, Semyung Christianity Hospital

Received: April 3, 2014 / Revised: June 10, 2014 / Accepted: July 7, 2014

© 2014 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study was to examine changes in muscle activity of lower extremity shoes sole form (high heels, shoes with curved out sole, house shoes).

**METHODS:** The subjects of this study were 12 women in their twenties. They put three kinds of shoes (high heels, shoes with curved out sole, house shoes) and walked 5m. The muscles activities of lower extremity muscles (rectus femoris, vastus medialis, tibialis anterior, gastrocnemius medial part) were measured using a wireless electromyogram (EMG). Rectus femoris was attached to 1/2 position at the distance between ASIS and knee bone and vastus medialis was attached to 2cm from upper inside of knee bone. Tibialis anterior was attached to 75% position above line connecting knee joint and ankle joint and gastrocnemius medial part was attached to 35% position above knee joint and ankle.

**RESULTS:** It was found that there were significant differences in changes of muscles activities of lower extremity muscles (rectus femoris, vastus medialis, tibialis anterior, gastrocnemius medial part) on shoes sole forms ( $p<.05$ ). All lower extremity muscles were showed high muscles activities, when high heels wear ( $p<.05$ ). Wearing shoes with curved out sole was showed high muscle activity of tibialis anterior and lower muscle activity of gastrocnemius medial part compared with wearing house shoes ( $p<.05$ ).

**CONCLUSION:** Shoes sole form should be considered when patients with knee and ankle joint problems choose shoes because muscles were showed different activities according to shoes sole forms.

**Key Words:** Shoes sole form, Muscle activity, Motion analysis

<sup>†</sup>Corresponding Author : jwlee@kwu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### I. 서론

보행은 한 곳으로부터 다른 곳으로 몸을 움직이는 이동의 한 양식이며(Perry, 1992), 무의식적으로 학습되고 삶을 영위하는데 가장 기본적인 방식으로 일상생

활동작과 기능적인 활동을 비롯해 삶의 질의 평가요소 중 가장 기본적인 요소이다(Lee, 2008). 보행 동작은 우리 몸을 이동시키는 가장 보편적인 수단으로서 하지 분절의 근골격계 활동을 통하여 이루어진다. Choi (2006)는 많은 현대인들이 비교적 단순하고 간편하게 수행할 수 있는 대표적인 유산소 운동으로 보행을 생각할 수 있지만 근골격계와 신경계를 통합하여 작용하는 복잡한 운동이라고 제시하였다.

외부의 충격과 자극으로부터 편안한 보행을 할 수 있도록 하고 발을 보호할 수 있는 방법으로 올바른 신발을 선택하는 것이 무엇보다 중요하다. 신발은 사람이 평생 걷는 것에 있어 가장 먼저 마주하게 되는 신체 보호물로서 그 사람의 보행습관을 반영하거나 발 질환 및 다른 질환을 유발할 수 있는 매개체가 될 수 있기 때문에 활동성과 기능성에 중점을 두고 선택되었으나(Kim, 2004), 최근에는 사회적인 발전과 더불어 대부분의 사람들이 신발을 단순한 소비재로만 생각하고 있으며 유행과 디자인에만 치우쳐 신발을 선정하는 반면에 신발이 가져야 하는 기능에 대해서는 간과하고 있는 추세이다(Kim, 2004).

현재 다양한 형태의 신발들이 보편화되고 있으며 신발의 모양, 굽의 높이에 따라 발의 안정성과 가동성에 많은 영향을 미칠 수 있다(Franklin 등, 1995; Kim과 Park, 1997). 이렇듯 신발의 선택은 발의 움직임에 중요하며 잘못된 신발의 선정은 발과 인체 근골격계의 통증과 변형을 가져올 수 있다(Yi, 2005; Yi와 Kwon, 2006).

하지만 이러한 신발의 중요성에 대한 정보들이 충분하게 제공되지 않은 상태로 많은 여성들이 미용적인 측면이나 유행의 측면에서 높은 굽 신발을 착용하는 경향이 두드러진다(Frey, 2000; Ko 등, 2008). 이러한 높은 굽 신발을 신고 보행할 때는 신체배열(alignment)을 발의 앞쪽으로 이동시키기 때문에 인체에 좋지 않은 영향을 주고(Hsue와 Su, 2009), 발목관절의 발바닥 굽힘을 증가시켜 관절 내에서 뼈의 상대적 위치와 근육의 기시부를 변화시키는 결과가 나타난다(Sussman와 D'Amico, 1984). 또한 Son 등(2007)은 뒷굽의 높이가 높을수록 발목관절이 발바닥 굽힘을 하기 때문에 장딴지근의 수축이 증가하고 Lee 등(1990)은 수축으로 인해

길이가 짧아진 장딴지근에서 근육의 길이-장력 관계에 따라 근수축력도 감소하게 된다고 한다.

높은 굽 신발과 함께 최근 출시되고 있는 보행용 전문 신발들 중에 신발의 밑창을 유선형으로 만든 유선형 신발(shoes with curved out sole)은 착용만으로 하지근의 트레이닝 효과를 기대할 수 있고 보행 시 산소섭취량을 증가시키며 걷는 동안 무릎과 엉덩 관절의 부하를 줄여주는 것으로 보고되고 있다(Nigg 등, 2006). 이렇듯 유선형 신발은 하지 및 허리에 문제가 있는 환자들로부터 건강한 사람들까지 많은 사람들이 선택하는 기능성 신발이다.

선행연구들은 보행 시 신발 밑창의 유형에 따른 몸통과 요부의 움직임 변화(Hwang, 2009), 보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교 분석(Choi와 Kwon, 2003), 보행 전문 신발의 밑창 유형에 따른 족저압력 분석(Jeong, 2011) 등 다양한 연구들이 보고되고는 있으나 대부분 발의 압력분포에 대한 연구들로 국한되어 있다. 반면에 굽이 포함된 신발 밑창의 변화는 신발에 영향을 줄 수 있는 가장 대표적인 조건임에도 불구하고(Kim과 Chae, 2007), 신발 밑창의 형태에 따라 나타날 수 있는 하지의 변화를 구체적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다(An, 2008).

따라서 본 연구에서는 높은 굽 신발과 기능성신발, 일반 실내화 착용 후 5m 보행 시 근전도를 이용하여 각 신발 밑창의 형태에 따른 근 활성도의 변화 양상을 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구는 정상 성인 여성 12명을 대상으로 실시하였으며, 모든 대상자에게 실험 목적과 방법에 대해 충분히 설명한 후 실험 참여 동의를 받아 실험을 진행하였다.

연구대상자는 발 사이즈가 동일한 군을 선택하였으며 평소 보행하는 것에 있어서 문제가 없는 자, 시각·청각에 이상이 없는 자, 하지 골절과 관절 가동범위의 제한 등의 정형외과적 문제가 없는 대상으로 하였다.

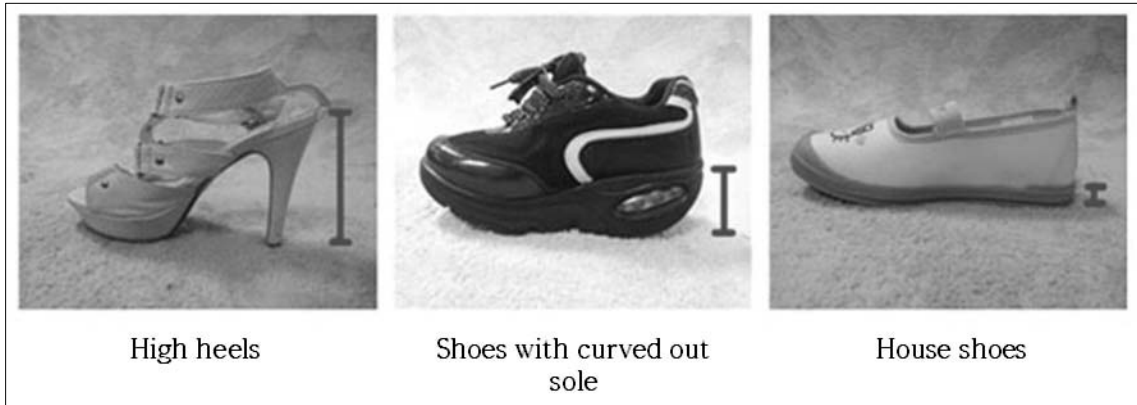


Fig. 1. Shoes sole forms

### 2. 연구 설계

본 연구에서 모든 대상자는 하이힐, 유선형 신발, 실내화 세 종류의 신발을 신고 한 번씩 측정하였다. 신발은 밑창의 굽, 모양이 다른 3 가지 종류의 신발을 정하였으며, 굽이 9cm인 하이힐, 굽이 5cm인 유선형 신발, 굽이 1.5cm로 밑창이 편평한 실내화를 사용하여 실시하였다(Fig. 1).

대상자는 연구자의 시범을 본 후에 연구자가 “걸으세요.”라는 말을 하면 걷도록 하였다. 세 종류의 신발을 각각 착용하고 5m 보행을 하는 동안 측정하였으며 하이힐, 유선형 신발, 실내화의 순서로 신발을 신고 걷도록 하였고 신발을 갈아 신을 때는 대상자에게 2분간 휴식을 취하도록 하였다.

### 3. 실험 과정

측정에 사용한 근전도의 표본 추출률(sampling rate)은 1kHz로 설정하였고, 주파수 통과 대역 필터(band pass filter)는 20-500Hz로 설정하여 8.5 g의 무선전극을 각 근육들에 부착하였으며 근육들의 근활성도는 얻어진 근전도 신호들의 실효 전류값(root mean square, RMS)을 이용하여 분석하였다.

전극은 지름 2cm의 접착식 전극을 사용하였으며, 한 채널 당 두 전극간의 거리는 2cm로 하여 부착하였다. 총 8개 채널을 사용하여 왼쪽, 오른쪽 각각 4개의 하지 근육(넙다리곧은근, 안쪽 빗넓은근, 앞정강이근, 안쪽 장딴지근)을 측정하였다. 피부저항을 최소화하기 위하

여 전극부착부위를 알코올 솜으로 깨끗하게 닦아내었고, 전해질 겔을 전극에 도포하여 부착하였다.

근육의 전극 부착부위로 넙다리곧은근(rectus femoris)은 위앞엉덩뼈가시와 무릎뼈까지 거리의 1/2 지점에 부착하였고(Jeong 등, 2012), 안쪽 빗넓은근(vastus

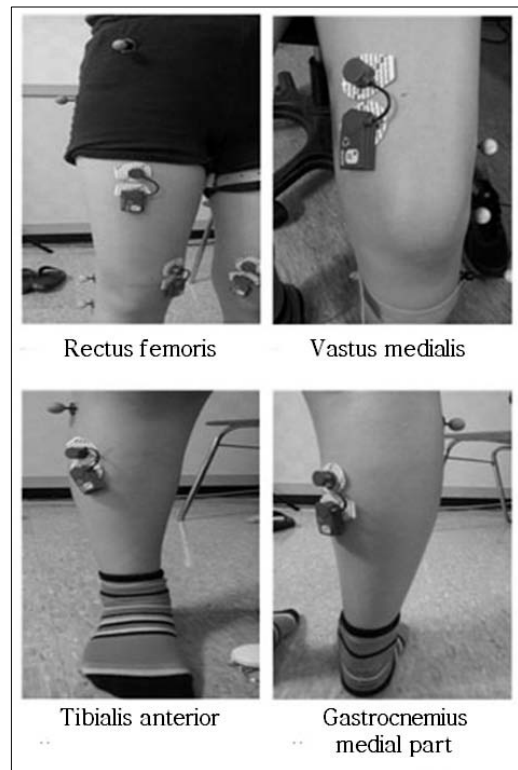


Fig. 2. Lower extremity muscles

medialis)은 무릎뼈의 위안쪽면으로 2cm 지점에 부착하였다(Kim, 2011)(Fig. 2). 앞정강이근(tibialis anterior)은 무릎관절 가쪽위관절융기와 발목관절 가쪽복사뼈를 연결한 선의 상위 75% 지점에 부착하였으며(Ko, 2007), 안쪽 장딴지근(gastrocnemius medial part)은 무릎관절 안쪽위관절융기와 발뒤꿈치뼈 상위 35% 지점 부위에 부착하였다(Ko, 2007)(Fig. 2).

#### 4. 자료 분석

본 연구의 자료 분석은 SPSS version 12.0 프로그램을 이용하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 기술 통계를 통해 평균 및 표준편차를 분석하였고, 측정 항목들의 정규분포가정을 만족하는지 알아보기 위하여 kolmogorov-smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규분포가 만족되어 신발 밑창의 형태에 따른 근활성도 변화를 분석하기 위하여 단일요인 반복측정 분산분석을 사용하였고, 사후검정은 dunnett 검정으로 실시하였다. 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 설정하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=12)

Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
21±0.85	159.92±4.52	55.84±6.80

Mean±SD

Table 2. Change of right lower extremity muscles on shoes sole form

(unit:  $\mu V$ )

	High heels	Shoes with curved out sole	House shoes	F	p
Rectus femoris	23.84±9.79	13.26±4.54	13.40±5.57	18.68	.00*
Vastus medialis	21.59±8.94	15.21±6.56	15.23±6.61	5.48	.02*
Tibialis anterior	44.68±7.89	39.46±9.05	34.46±6.49	5.47	.01*
Gastrocnemius medial part	63.55±14.95	48.75±15.81	49.47±16.26	5.45	.01*

Mean±SD

\*p<.05

#### 2. 신발 밑창 형태에 따른 오른쪽 하지 근육의 근활성도 변화

세 종류의 신발을 신고 5m 보행 후 오른쪽 하지근육의 근활성도 변화를 단일요인 반복측정 분산 분석한 결과, 신발 밑창 형태에 따라 오른쪽 하지 근육들에서 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 2) (p<.05).

신발 밑창 형태에 따른 오른쪽 하지 근육의 근활성도를 사후 검정한 결과, 넙다리곧은근은 하이힐과 유선형 신발, 하이힐과 실내화에서 유의한 차이가 나타났고, 안쪽 빗넓은근과 안쪽 장딴지근은 하이힐과 유선형 신발에서 유의한 차이가 나타났으며, 앞정강이근은 하이힐과 실내화에서 유의한 차이가 나타났다 (Table 2)(p<.05).

#### 3. 신발 밑창 형태에 따른 왼쪽 하지 근육의 근활성도 변화

세 종류의 신발을 신고 5m 보행 후 왼쪽 하지근육의 근활성도 변화를 단일요인 반복측정 분산 분석한 결과, 신발 밑창 형태에 따라 왼쪽 하지 근육들에서 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3)(p<.05).

신발 밑창 형태에 따른 왼쪽 하지 근육의 근활성도를 사후 검정한 결과, 넙다리곧은근과 안쪽 빗넓은근에서는 하이힐과 유선형 신발, 하이힐과 실내화에서 유의한 차이가 나타났고, 앞정강이근에서는 하이힐과 실내화에서 유의한 차이가 나타났으며, 안쪽 장딴지근에서는 하이힐과 유선형 신발에서 유의한 차이가 나타났다 (Table 3)(p<.05).

Table 3. Change of left lower extremity muscles on shoes sole form (unit:  $\mu V$ )

	High heels	Shoes with curved out sole	House shoes	F	p
Rectus femoris	17.34±7.40	10.97±4.09	10.00±4.25	20.86	.00*
Vastus medialis	17.54±6.66	11.09±5.33	10.64±5.86	10.13	.00*
Tibialis anterior	55.15±8.20	46.74±9.05	36.14±3.54	26.54	.00*
Gastrocnemius medial part	59.03±19.23	41.86±12.90	45.44±13.48	11.34	.00*

Mean±SD

\*p<.05

#### IV. 고 찰

본 연구에서는 신발 밑창 형태에 따른 하지 근육의 근 활성도의 변화를 알아보고자 하였으며 그 결과 신발 밑창 형태에 따라 왼쪽, 오른쪽의 넙다리곧은근, 안쪽 빗넓은근, 앞정강이근, 안쪽 장딴지근의 활성화의 차이가 있는 것으로 나타났다.

여성을 대상으로 각각 다른 세 가지의 신발을 신고 보행하는 동안에 앞정강이근과 안쪽 장딴지근의 근전도 신호를 측정 한 연구에서는 굽의 높이가 증가할수록 두 근육들의 최대 근활성도가 변화되었다고 보고하였다(Lee 등, 1990). 또한 높은 굽 구두와 낮은 굽 구두를 신고 나타나는 종아리근과 넙다리근의 전기적 활동의 변화를 알아본 연구에서는 굽이 높은 구두를 신었을 때 대부분의 대상자들에게서 안쪽 장딴지근과 넙다리근에서 전기적 활동이 있었다고 하였다(Lee 등, 1987).

이렇듯 굽이 높은 신발을 신었을 때 근활성도가 증가하는 것에 대해 Choi 등(1988)은 인체의 무게중심이 발바닥의 앞쪽에 위치하게 되어 자세가 불안정해지기 때문에 이를 보상하기 위해서 종아리근의 근 긴장도가 커지는 것이라 보고하였고 Jeong (2005)은 보행 시에도 안정성을 유지하기 위해 하지부 근육의 활동이 증가할 것이라는 상관관계를 구축하였다. 이처럼 구두 굽의 높이는 보행 시 인체의 안정성과 관련된 자세 형성, 인체중심점의 이동에 주요 변수로 작용할 뿐만 아니라 근육의 활성화에도 영향을 미칠 수 있으며 증가된 근육의 활성화가 장기간 지속될 경우에는 근피로도의 증가와 함께 부적절한 자세의 형성을 유발하게 된다(Jeong, 2005). 또한 Park 등(1999)은 신발의 높은 굽은 신체의 중력중심선을 부분적으로 변화시키기 때문에 하지 관

절들 중에서도 발목관절의 움직임에 좋지 않은 영향을 미치며, 장기사용 시 엄지 외반 변형의 원인이 되기도 한다고 보고하였다(Nyska 등, 1996).

본 연구에서 유선형 신발, 실내화를 신었을 때보다 굽 높이가 가장 높은 하이힐을 신고 5m 보행을 하였을 때 양쪽 하지근육(넙다리곧은근, 안쪽 빗넓은근, 앞정강이근, 안쪽 장딴지근)의 근활성도가 더 높게 나타났다. 이는 위의 선행연구들에서 제시한 바와 같은 원인들에 의해 근활성도가 높게 나타난 것으로 생각되며, 하이힐과 같이 너비가 좁고 굽이 높은 신발을 장시간 착용하게 되면 근육의 문제뿐만 아니라, 주변 해부학적 구조들에도 영향을 미쳐 2차적인 문제들을 유발시킬 수 있을 것이라 생각된다.

일반 신발과 후방 유선형 신발 착용에 따른 근 활성도를 비교한 연구에서 후방 유선형 신발을 신었을 경우에는 안쪽 넓은근과 앞정강근의 근활성도가 나타났으며 이는 신발의 구조에 의해서 후방으로 이동된 인체의 중심을 앞으로 옮기기 위해서 앞쪽의 두 근육들의 활성도가 높게 나타난 것으로 제시하였다(Kwon 등, 2011). 특히, 긴종아리근과 함께 앞정강이근이 발목 관절의 전·후·내·외 방향으로 자세 조절을 하는데 기여하는 것으로 나타났다(Winter 등, 1996). 또한 빠른 속도의 보행운동에서는 장딴지 근육의 혈액 순환이 감소되었으며 이는 신발의 뒷굽을 제거함으로써 유각기 동안 앞정강이근의 활동을 증가시켰기 때문이라고 추측하였다(Cho, 2006). Romkes 등(2006)은 MBT 신발의 연구에서 발목관절의 움직임의 변화는 초기 입각기 시 발등굽힘의 각도가 증가되고, 발바닥굽힘 움직임이 지속적으로 유지된다고 하였다. 이러한 발목관절의 변화와 함께 앞정강이근과 안쪽 장딴지근의 근 활동도가

적절히 변화 된다고 하였다(Romkes 등, 2006).

본 연구에서도 실내화를 신었을 때보다 유선형 신발을 신고 보행하였을 경우에 앞정강이근의 근활성도가 상대적으로 다른 근육들보다 높게 나타났으며 안쪽 장딴지근의 근 활성화는 적게 나타났다. 이는 선행 연구들에서 제시한 바와 같은 원인에 의해서 나타난 것으로 생각되며 유선형 신발이 무릎주변의 근육보다는 발목 근육들의 조절을 통해 신체정렬을 바르게 하는 것으로 사료된다. 이처럼 신발의 바닥을 앞-뒤 방향으로 둥글게 만들어 불안정한 바닥상태가 되도록 만든 신발을 착용 후 걷기 및 일상생활 동작에서 하지 근육의 근력강화 훈련 방법으로 사용될 수 있다(Nigg 등, 2006; Romkes 등, 2006).

하지만 Byun (2009)의 연구에서는 노인처럼 낙상의 위험에 있는 사람들은 밑창의 유형이 굴곡 형태로 되어 있는 신발보다 평평한 신발을 착용하는 것이 낙상예방에 도움을 줄 것으로 판단된다고 하였다. 본 연구에서 실내화를 신었을 때보다 유선형 신발을 신고 보행하였을 경우가 앞정강이근의 근활성도가 상대적으로 다른 근육들보다 높게 나타난 것은 유선형 신발과 같은 후방 굴곡형 신발의 밑창 형태가 보행 중에 뒤꿈치 닿기 시 발의 앞쪽이 거상되는 형태를 하기 때문에 앞정강근의 활성도가 많이 발생할 수 있는 좋은 보행의 상태가 된다. 반면에 안쪽 장딴지근의 근 활성도가 적게 나타난 것은 뒤꿈치 닿기 시 안쪽 장딴지근이 길어지는 상태로 보행이 진행되므로 무릎의 굴곡각도는 펴이 증가되는 형태로 이루어지게 되고, 이는 안쪽 빗넓은근의 활성도가 증가한 것에서 알 수 있다.

따라서 유선형 신발과 같은 후방굴곡형 신발이 작은 강도로 발목관절 주변의 근력강화 훈련방법으로는 활용될 수는 있으나 무릎의 펴이 완전하지 않고 굴곡이 진행되었거나 굴곡이 심한 노인에서는 신발의 선택 시 후방굴곡형 신발 보다는 일반적인 신발이 유용할 것으로 생각된다.

본 연구는 짧은 보행거리로 진행하였고 신발에 대한 적응기간이 짧았으며, 20대 여성이라는 국한된 대상으로 실시하였다는 제한점이 있었고 과제수행 시 신발을 무작위로 착용하여 보행의 수행, 향후 보행 거리, 신발

에 대한 적응시간 등을 다양하게 설정하여 실시하는 연구들이 필요할 것이라 생각된다.

## V. 결론

본 연구에서는 신발 뒷굽 높이에 따른 하지 근육들의 근활성도를 알아보고자 하였으며 연구 결과 보행 시 신발 밑창 형태가 근육의 근활성도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 신발의 밑창 형태에 따라서 하이힐을 신고 보행하였을 때 양쪽 하지의 넙다리 곧은근, 안쪽 빗넓은근, 앞정강이근, 안쪽 장딴지근의 근활성도가 전반적으로 유선형 신발과 실내화보다 더 높게 나타났다. 실내화보다 유선형 신발을 신고 보행하였을 때는 양쪽 하지의 앞정강이근에서 공통적으로 근활성도가 높았고 안쪽 장딴지근의 근활성도는 낮게 나타났다.

따라서 신발 밑창 형태에 따라 활성화 되는 근육들이 다르기 때문에 무릎관절과 발목관절의 손상 등을 가지고 있는 환자들의 신발 선정과 물리치료 중재 시 신발 밑창 형태를 고려하여 선정해야할 필요가 있을 것으로 사료된다.

## References

- An CS. A comparison of the kinematical analysis of high heeled shoes of female university students. The Graduate School of Kyungsoo University. A master's degree. 2008.
- Byun KS. Biomechanical analysis of different outsole types of functional walking shoes. The Graduate School of Sungkyunkwan University. A master's degree. 2010.
- Cho YK. A comparison of gait pattern between diet shoes and running shoes. The Graduate School of Yonsei University. A master's degree. 2006.
- Choi KJ, Kwon HJ. Sport biomechanical comparative analyses between general sporting shoe and functional walking

- shoe. Korean Journal of Sport Biomechanics 2003;13(2):161-73.
- Choi MA, Kim JH, Lee EY. Relationship between height of heels and quantitative EMG of lower leg, thigh and paralumbarvertebral muscles in young women. JKAN. 1988;18(1):34-43.
- Choi SN. The comparative analysis of kinematic and EMG on power walking and routine walking. The Graduate School of Kangnung National University. A master's degree. 2006.
- Frey C. Foot health and footwear for women. Clin Orthop Relat Res. 2000;(372):32-44.
- 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. J Electromyogr Kinesiol. 2009;19(6):1071-8.
- Hwang WS. Effects of the shoes with a different type of out soles on the angle of the upper body and low back during walking. The Graduate School of Korea National Sport University. A master's degree. 2009.
- Jeong CG. Plantar foot pressure analysis according to outsole types of special shoes for walking. The Graduate School of Silla University. A master's degree. 2011.
- Jeong EH. The study on the biomechanical effects of the heel types(height and area) of heel shoes. The Graduate School of Dong Eui University. A doctor's degree. 2005.
- Jeong WS, Park SK, Park JH et al. Effect of PNF combination patterns on muscle activity of the lower extremities and gait ability in stroke patients. JKCA. 2012;12(1):318-28.
- Kim DY. The effect of the shape of the beveled heel of shoes on the gait and the plantar pressure. The Graduate School of Dong-A University. A master's degree. 2004.
- Kim HH. The effect of patellar taping on the EMG activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during stair stepping. Journal of muscle and joint health. 2011;18(2):249-56.
- Kim WH, Park EY. Effects of the high-heeled shoes on the sensory system and balance in women. Phys Ther Kor. 1997;4(2):10-7.
- Kim YJ, Chae WS. The plantar pressure comparison between the curved rear balance shoes and normal shoes. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2007; 17(3):173-180.
- Ko EH, Choi HS, Kim TH et al. The effect of high-heeled shoes with total contact inserts in the gait characteristics of young female adults during lower extremity muscle fatigue. Phys Ther Kor. 2008; 15(1):38-45.
- Ko EH. The effect of high-heeled shoe with total contact insert of young female adults in gait characteristics during lower extremity muscle fatigue. The Graduate School of Hanseo University. A doctor's degree. 2007.
- Kwon HG, Kwon YJ, Park JH et al. Effects of curved rear shoe on the rocking surface on erector spine and lower extremity muscle activation. Journal of rehabilitation science. 2011;29(1):1-11.
- Lee KH, Matteliano A, Medige J et al. Electromyographic changes of leg muscles with heel lift: therapeutic implications. Arch Phys Med Rehabil. 1987;68(5 Pt 1):298-301.
- 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):31-3.
- Lee SH. Effects of music therapy on the walking function and quality of life in stroke patients with hemiparesis. The Graduate School of Hanyang University. A doctor's degree. 2008.
- Nigg B, Hintzen S, Ferber R. Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2006;21(1):82-8.
- Nyska M, McCabe C, Linge K et al. Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel

- shoes. *Foot Ankle Int.* 1996;17(11):662-6.
- Park EY, Kim WH, Kim GM et al. Effects of high-heel shoes on EMG activities of rectus femoris and biceps femoris. *Phys Ther Kor.* 1999;6(2):32-42.
- Perry J. *Gait analysis : Normal and pathological function.* CBSlack. 1992.
- Romkes J, Rudmann C, Brunner R. Changes in gait and EMG when walking with the masai barefoot technique. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006;21(1):75-81.
- 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.
- Sussman RE, D'Amico JC. The influence of the height of the heel on the first metatarsophalangeal joint. *J Am Podiatry Assoc.* 1984;74(10):504-8.
- Winter DA, Prince F, Frank JS et al. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996;75(6):2334-43.
- Yi KO, Kwon BY. Differences in pressure distribution according to shoe type. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls.* 2006;20(4):161-8.
- Yi KO. The effects of elevated forefoot walking shoes on body composition, physical fitness, and qualitative health variables. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls.* 2005;19(1):9-26.