

Original Article

Open Access

## 경사로 보행에서 신발의 형태가 발목 근육의 근활성도에 미치는 영향

정재현 · 한윤지 · 최준하 · 정보경 · 류지영 · 유재희<sup>†</sup> · 이상열  
경성대학교 물리치료학과

### Effects of Footwear Type on Ankle Muscle Activity during Sloped Walking

Jae-Hyeon Jeong · Yun-Ji Han · Jun-Ha Choi · Bo-Kyung Jeong · Ji-Young Ryu ·  
Jae-Hee Yu<sup>†</sup> · Sang-Yeol Lee, P.T., Ph.D.

*Department of Physical Therapy, Kyung-Sung University*

Received: November 29, 2022 / Revised: December 07, 2022 / Accepted: December 08, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

#### | Abstract |

**Purpose:** This study aims to identify the differences in the muscle activity of the ankle joint muscle depending on the type of footwear (sneakers, mule sneakers, slippers) worn while walking on a slope.

**Methods:** The subjects wore each shoe (sneakers, mule sneakers, and slippers) and walked on an 18-degree slope at a speed of 110 beats/min. While walking, the muscle activities of the tibialis anterior and medial gastrocnemius were measured. Of the three walking cycles, the second walking cycle was measured except for the first and third walking cycles, which are the beginning and end, and a three-minute break was taken to prevent muscle fatigue when the type of **footwear** was changed.

**Results:** When walking on a slope, there was no significant difference in the muscle activity of the tibialis anterior according to the type of footwear. However, when walking on a slope, the difference in muscle medial gastrocnemius muscle activity was significant between sneakers and mule sneakers. There was also a significant difference between sneakers and slippers, but there was no significant difference between slippers and mule sneakers.

**Conclusion:** There was no significant statistical difference between sneakers and mule sneakers, but there was a numerical difference. Therefore, the presence or absence of the shoe collar may affect the muscle activity of the medial gastrocnemius when walking on a slope. This can lead to patellofemoral pain syndrome caused by the excessive use of the quadriceps, so it must be considered that caution is needed.

**Key Words:** Electromyography, Footwear, Muscle activity, Sloping walking

<sup>†</sup>Corresponding Author : Jae-Hee Yu (wogmldb1@naver.com)

## I. 서론

보행은 인간의 신경계와 근골격계 등 신체의 내부 시스템들이 총괄적으로 사용되는 과정으로, 이러한 내부 시스템 간에 고도의 협응이 이루어져야 하는 연속적이고 반복적인 동작이다. 특히 근골격계에 해당하는 발목 굴곡근과 신전근은 보행 시 균형을 유지하게 하는 능력과 연관되는 중요한 근육으로, 발목의 움직임은 발과 지면 사이의 상호작용을 조절하기에 보행과 균형에 필수적인 요소이다(Wolfson et al., 1993). 보행주기 중 초기 접촉기부터 후기 흔들기까지 발목 관절 움직임을 분석하였을 때, 앞정강근과 안쪽 장딴지근이 구심성 수축, 편심성 수축을 반복하며 주기적으로 활성화되고, 움직임을 만들어내게 된다(Shumway-Cook & Woollacott, 2019).

보행을 하는 동안, 인간은 다양한 환경에 노출될 수 있다. 보행의 환경은 평지만이 아니라 계단과 경사로와 같은 특수한 상황에서 이루어지는데 이러한 보행 환경의 변화는 신체의 질량중심의 불안정성으로 인하여 에너지 소비의 증가를 초래하여 근피로도를 가중시키고 장기적으로 신체에 상당한 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2001). 보행은 보행 형태와 속도, 착용하는 신발 형태, 사용되는 근육 및 충격의 정도에 따라 달라지는데, 일반적으로 신발은 보행 시 착지에 따른 충격을 흡수하고 관절을 보호하는 기능을 한다(Shin et al., 2012). 그러나 부적절한 신발은 신체의 질량중심(Center of Mass)을 적절한 위치에서 벗어나게 하여, 보행 시 사용되는 일반적인 신발의 기능을 제한하고 근활성도에서 변화를 나타낸다. Choe 등(1988)에 따르면 인체의 질량중심 변화가 자세 불안정을 이끌어내기 때문에 이에 대한 보상 작용으로 다른 하지 근육의 긴장도가 높아진다고 하였다. 즉, 이렇게 높아진 근긴장도가 장시간 지속되면 근피로를 유발하여 인체 부정렬을 형성할 수 있다는 것이다(Kim, 2020). 또한 발의 불편감에 영향을 미치는 신발 특성을 연구하였던 Moon 등(2018)에 따르면, 펌프스와 물 같이 발을 감싸는 면적이 좁은 형태의 신발

일수록 피로와 통증을 경험한다고 하였다. 또한 신발은 보행 시 발, 발목, 무릎, 엉덩관절 등 신체의 움직임에 영향을 주는 주요한 요인으로 작용하며(Wang et al., 2001), 자신의 발에 맞는 적절한 크기의 신발을 신지 않았을 경우, 발의 불편감과 요통, 족통, 발 변형 등을 유발할 수 있는 원인이 된다고 보고되었다(Kim et al., 2004). 이러한 여러 연구 결과에도 불구하고 패션을 중요하게 생각하는 젊은 20대의 물스니커즈 착용은 늘어나고 있는 추세이다(Lee et al., 2016). 이러한 시대적 추세에도 불구하고 물스니커즈가 다른 신발의 형태와 비교하여 경사로에서 발목관절 근육에 미치는 영향에 대한 연구는 다소 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 물스니커즈를 착용 후 경사로를 보행하였을 때, 다른 형태의 신발과 비교하여 발목근육 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 건강한 20대 성인 남녀를 대상으로 하였다. 대상자 수는 G-power 프로그램을 이용하여 효과 크기는 0.3, 유의수준 0.05, 검정력은 90%로 설정하여 총 22명의 결과를 얻고 탈락률 10%를 고려하여 24명으로 정하여 실험을 시작하였다. 본 연구를 진행하기에 앞서 연구 절차와 방법 및 목적에 대해서 대상자에게 충분한 설명을 하였고, 연구 동의를 자발적으로 작성 받아 진행하였다.

대상자의 선정기준은 다음과 같다.

- 1) 최근 3개월 이내에 신경계 및 근골격계 질환을 가지고 있지 않은 자
- 2) 18° 경사 보행을 할 수 있을 정도의 균형 능력을 가진 자
- 3) 110bpm 인 메트로놈의 속도에 맞춰 보행을 할 수 있는 자

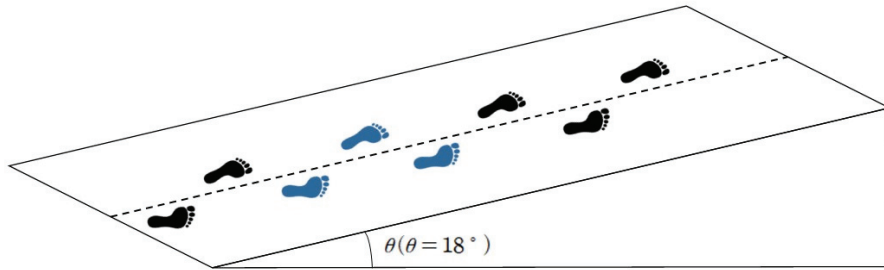


Fig. 1. EMG measurement section on a slope walking.

2. 측정방법 및 도구

1) 경사로

본 연구에서 사용 된 경사로의 규격은 2.5m×2.88m이며, 각도는 선행 논문에서 근거하여 가장 유의한 차이가 나타난 18°로 경사각을 설정하였다(Alexander & Schwameder, 2016) (Fig. 1). 또한 경사로를 오르는 보행에서 우세측 다리의 근활성도를 뒤꿈치 닿기가 시작된 시점부터 같은 쪽 다리가 다시 뒤꿈치 닿기를 할 때까지, 보행의 한 주기 동안 측정하였다.

2) 신발 종류

본 연구에서는 운동화(발등 전체를 감싸고 뒤축이 있음), 물스니커즈(발등 전체를 감싸고 뒤축이 없음), 슬리퍼(발등 전체를 감싸지 않고 뒤축이 없음) 총 3가지 종류의 신발을 사용하였다. 신발의 앞축과 뒷축의 유무에 따른 앞정강근과 안쪽 장딴지근의 근활성도의 차이를 비교해 보기 위하여, 동일한 스니커즈 제품을

활용하여 3종류의 신발을 제작하였다. 신발의 형태를 제외하고는 굽과 밑창의 재질, 끈의 유무, 천의 재질 등은 동일한 조건으로 적용하였다(Fig. 2).

3) 근전도측정기기

무릎관절 굽힘, 발목관절 발바닥굽힘 동작 시 활성화되는 안쪽 장딴지근과 발목관절의 발등굽힘, 안쪽 번짐 동작 시 활성화되는 앞정강근의 근활성도를 측정하기 위하여 표면근전도 시스템(BS EMG V100, PhysiLab, Korea)을 사용하였다. 우세측 다리에 2채널로 연결하였으며, 근전도 신호의 표본추출율(sampling rate)은 1000Hz로 설정하고 주파수 대역 필터는 20~450 Hz로 설정하였다. 피부표면에서 나타나는 노이즈를 줄이기 위하여 전극이 부착 부위를 의료용 알코올로 깨끗이 닦은 후 전극을 부착하였고, 부착 부위 변화에 따른 변동성을 줄이기 위해 한 명의 연구자가 모든 피험자에게 전극을 부착하였다. 전극의 배치는 SENIAM project (Surface Electromyography for Non-Invasive Assessment of Muscle, 2009)의 권고사항에 따라 제시한 바와

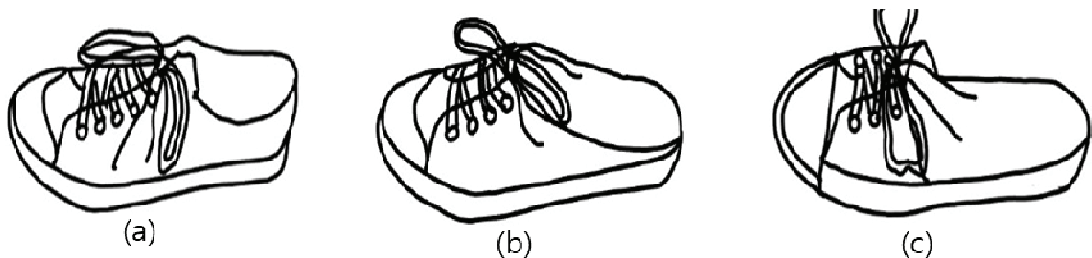


Fig. 2. (a) Sneakers, (b) Mule Sneakers, (c) Slippers.

같이 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다. 각 피험자의 근활성도를 표준화하기 위하여 측정된 근활성도는 %MVIC (%Maximum Voluntary Isometric Contraction)로 환산하여 본 연구에 사용하였다. 최대 수의적 등척성 수축(Maximum Voluntary Isometric Contraction; MVIC)는 5초 동안 측정하였고, 시작과 끝의 1초를 제외한 3초 동안의 수축 시 평균값을 최대 수의적 등척성 수축(MVIC) 값으로 결정하였으며, 3번 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

#### 4) 메트로놈

보행의 속도가 발목 근육 활성화에 미칠 수 있는 영향을 배제하기 위하여 메트로놈을 사용하여 보행의 속도를 통제하였다. 본 연구에 사용된 메트로놈(Tempo Lite, Frozen Ape Pte. Ltd, Iphone App store)은 앱스토어에 있는 무료 어플리케이션을 설치하여 사용하였으며, 메트로놈의 속도는 건강한 성인의 평균 보행 속도인 110beats/min로 설정하였다(Mansfield, 2020).

### 3. 실험 절차

본 실험은 신발 종류의 순서를 무작위 배정으로 경사로 보행을 측정하였다. 각 신발을 신고 일정한 보행 속도에 적응하기 위하여 5분간의 연습시간을 가진 후, 실험자가 준비가 되었을 시 검사자의 구두 신호와 메트로놈의 보행 속도를 맞춰서 보행을 시작하였다. 18°의 경사로에서 오른발 발꿈치 닿기를 한 주기로 시작으로 앞정강근과 안쪽 장딴지근의 근활성도를 측정하였다. 실험은 각 신발마다 3회 시행하여 평균값을 측정하였다. 측정 오차를 줄이기 위하여 3번의 보행주기 중 시작과 끝인 첫 번째와 세 번째의 보행주기를 제외한 두 번째 보행주기를 측정하였으며, 신발의 종류가 바뀔 때 피로감을 느끼지 못할 만큼 또는 3분간의 휴식 시간을 가졌다.

### 4. 자료 분석

자료분석은 통계프로그램 SPSS 18.0(IBM SPSS Inc., USA)을 이용하였으며, 측정된 모든 자료는 평균과 표준편차로 나타내었다. 모든 통계적 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다. 경사로에서 보행 시, 신발 종류에 따른 근활성도를 비교하기 위하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)를 실시하여 분석하였고, 사후 검정은 LSD 검증 방법을 사용하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에서 대상자(남:13, 여:11)의 일반적인 특성은 평균 연령 24.63±2.39세, 평균 신장 167.08±7.74cm, 체중 67.17±15.85kg 이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=24)

Characteristics	Mean±SD
Age (years)	24.63±2.39
Height (cm)	167.08±7.74
Weight (kg)	67.17±15.85
Gender	Male: 13/Female: 11

### 2. 신발 종류에 따른 경사로 보행 시 발목근육의 근활성도

경사로 보행에서 신발의 종류의 따라 앞정강근의 사용은 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 안쪽 장딴지근의 사용은 운동화 77.91±22.01, 물스니커즈 65.74±18.72, 슬리퍼 63.06±19.85로 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $p<0.05$ ), 사후 분석 결과, 물스니커즈와 슬리퍼의 착용은 운동화의 착용에 비하여 통계적으로 낮은 근활성도를 보였다( $p<0.05$ )(Table 2)(Fig. 3).

Table 2. Comparison of muscle activities on type of footwear during sloping walking (unit : %MVIC)

	Sneakers	Mule Sneakers	Slippers	F	p
Tibialis anterior	39.96±15.23	41.85±15.43	41.15±15.07	0.94	0.91
Medial Gastrocnemius	77.91±22.01 <sup>a</sup>	65.74±18.72	63.06±19.85	3.67	0.03 <sup>*</sup>

<sup>a</sup>Significant difference between slippers and mules sneakers for sneakers, \*p<0.05

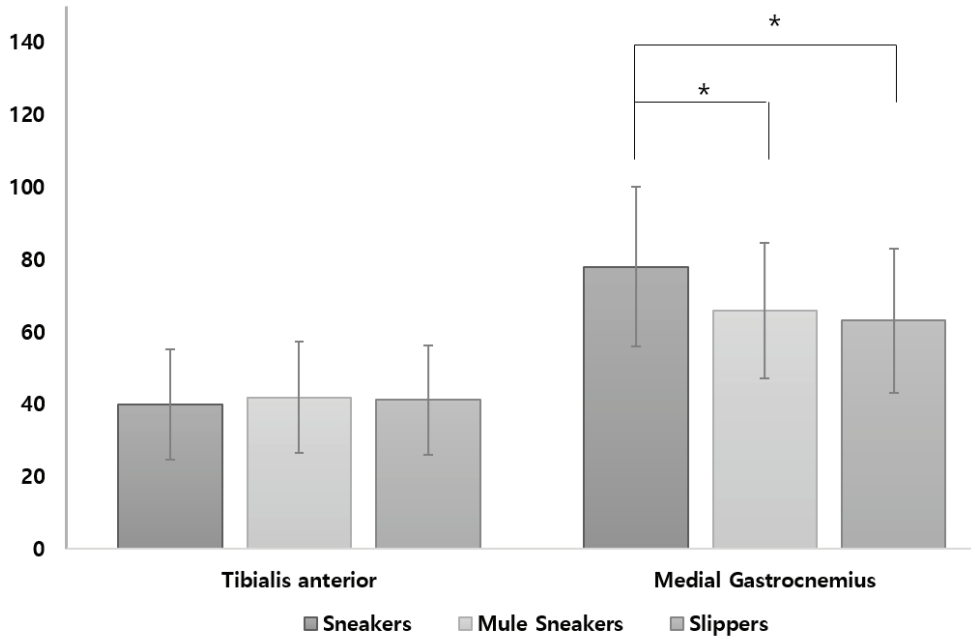


Fig. 3. Comparison of muscle activities on type of footwear during sloping walking.

#### IV. 고찰

신발은 보행을 하는 동안 신체의 근활성도와 운동 역학에 영향을 주는 중요한 요인 중 하나이다 (Uchiyama et al., 2017). 특히 물스니커즈, 슬리퍼와 같이 뒤축이 없는 신발의 형태는 보행을 하는 동안 신발이 발에서 탈화될 가능성이 높아 이로 인한 보행 중 균형 손상과 낙상의 위험을 높이는 요인으로 작용할 수 있다(Ohtsu et al., 2021). 발은 보호하고 보행을 위해 발과 신체의 기능을 돕기 위해 착용하는 신발은 안정성과 착용감이 강조되어야 한다. 하지만, Lee 등 (2016)은 대학생들이 신발을 구매할 때, 편안함보다는 디자인을 우선으로 고려하여 신발을 선택하는 경향

이 있다고 보고하였다. 이에 본 연구는 신발의 형태학적 디자인에 따른 보행 시 발목관절 주변 근육에 미치는 영향을 객관적으로 규명하고 이를 통한 보다 안전한 형태학적 디자인 요소의 기초 자료를 제공하고자 한다.

본 연구에서 경사로 보행 시, 신발종류에 따른 앞정강근 근활성도는 유의한 차이가 없었다. 그러나 선행 연구에 의하면 경사로 보행 시 앞정강근의 근활성도 차이가 있다고 보고하였다(Shin et al., 2019). 이는 본 연구가 선행된 연구와 달리 신발의 무게와 바닥의 재질을 동일하게 맞추어 제작하였기 때문에 선행된 연구와의 차이가 있었던 것으로 생각된다. 즉, 신발의 형태학적 디자인은 앞정강근에 영향을 미치지 않는

것으로 생각된다. 또한 선행된 연구는 30초동안의 보행을 측정하였지만 본 연구에서는 한주기의 보행만을 측정하였기 때문에 앞으로의 연구에서 장기간 사용에 따른 근활성도의 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

경사로 보행 시 안쪽 장딴지근의 근활성도는 운동화가 다른 형태의 신발보다 높은 근활성도를 보였다. 이는 슬리퍼와 물스니커즈가 뒤축이 없는 형태로 발목관절을 사용하여 추진력을 제공하는 밀기(push-off) 동작을 정확히 수행하지 못한 결과로 생각된다. 즉, 물스니커즈와 슬리퍼의 착용은 경사로를 오르는 동안 발목관절의 근육보다 무릎관절 주변 근육을 과도하게 사용하여 보행을 시도하는 것으로 생각된다. 이는 보행 주기 중 발가락 떼기 시, 뒤축의 부재로 신발의 안정성이 저하되어 안쪽 장딴지근을 통해 정상적인 패턴의 추진력을 얻지 못하였을 것으로 예측된다. 이러한 점으로 보아 물스니커즈와 슬리퍼와 같이 뒤축이 없는 형태의 신발을 장기간 착용하고 경사로를 오를 시, 발목관절의 움직임을 제한하고 정상적인 보행 패턴과 상이한 움직임과 근육 사용이 발생할 것으로 생각된다.

본 연구의 대상자의 수가 적어 일반화의 어려움이 있으며, 경사로 보행에서 작용하는 여러가지 근육을 함께 측정하지 못하여 종합적인 분석에 어려움이 있다. 또한 관절의 움직임을 분석하지 못하였다. 앞으로의 연구에서 다양한 근육을 측정하고 관절의 움직임을 종합적인 분석이 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 경사로 보행 시 신발의 종류에 따른 발목 근육의 근활성도 차이를 알아보고자 연구를 진행하였다. 본 연구의 결과 물스니커즈와 슬리퍼는 뒤꿈치를 고정하는 부분이 없어 경사로 보행에서 추진력을 제공하는 동안 발목관절의 사용을 억제하고 이를 무릎관절 주변 근육을 사용하는 것으로 생각된다. 이는

경사로 보행에서 탈화의 가능성을 막기 위해 발목관절의 움직임을 제한한 것으로 생각된다. 이러한 결과는 보행시 사용되는 근육의 패턴의 변화는 여러 하지 관절 질환의 위험성을 높일 것으로 생각된다.

## References

- Alexander N, Schwameder H. Effect of sloped walking on lower limb muscle forces. *Gait & Posture*. 2016;47:62-7.
- Kim CW, Effects of wearing types of shoes on lower-limb electromyogram, ankle stability and fatigue awareness in young female adults. Gyeongsang National University. Dissertation of Master's Degree. 2020.
- Kim LB, Choi JY, Shin JM. The influence of step length and walking speed on the angle and ROM of the lower limb joint. *The Korean Journal of Physical Education*. 2001;40(4):997-1009.
- Kim YJ, Ji JG, Kim JT, et al. A comparison study for mask plantar pressure measures to the difference of shoes in 20 female. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 2004;14(3):83-98.
- Lee WS, Song WR, Kim SA. A study on the shoe products purchase propensities analysis for university students consumer. *Journal of Integrated Design Research*. 2016;15(1):51-60.
- Mansfield, Essentials of kinesiology, 3<sup>rd</sup>, Korea, Hyunmunsa, 2020.
- Moon EM, Jeong SS, Park MJ. Foot discomfort by foot shape, shoe design and wearing attitude. *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association*. 2018; 20(4):117-130.
- Ohtsu H, Togashi R, Hiramuki M, et al. How does wearing slippers affect the movement strategy while crossing over an obstacle? *Gait & Posture*. 2021;86:17-21.

- Shin GY, Cho SW, Lee MJ, et al. Effects of the shoes heel fixation on the walking of the sloped treadmill. *Autumn Conference of the Korean Society of Human Science*. 2019;2019(10):234-234.
- Shin YA, Kim JH, Choi E H, et al. The comparative analysis of energy expenditure, muscle activity and fatigue on gait speed and shoes type. *The Korea Journal of Sports Science*. 2012;21(1):747-759.
- Shumway-cook A, Woollacott MH. Motor control, 5th ed. USA. Wolters Kluwer. 2017.
- Uchiyama T, Hori Y, Suzuki K. Estimation of tibialis anterior muscle stiffness during the swing phase of walking with various footwear. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2017;4131-4134.
- Wang YT, Pascoe DD, Kim CK, et al. Force patterns of heel strike and toe off on different heel heights in normal walking. *Foot & Ankle International*. 2001;22(6):486-578.
- Wolfson L, Whipple R, Judge J, et al. Training balance and strength in the elderly to improve function. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1993;41(3):341-343.