

장딴지근 길이가 동적 균형 및 발바닥의 앞뒤 압력 분포에 미치는 영향

이원희
전주비전대학교 물리치료학과

Effects of Gastrocnemius Muscle Length on the Dynamic Balance and Antero-posterior Pressure Distribution of Foot

Won-Hwee Lee
Division of Physical therapy, Jeonju vision College

요약 본 연구의 목적은 장딴지근 길이가 동적 균형과 발의 앞뒤 압력분포에 어떤 영향을 미치는지 알아보는 것이다. 연구기간은 2018년 12월 3일부터 21일까지로 30명의 연구대상자를 장딴지근 길이 검사를 통해 장딴지근의 정상길이를 가진 대조군과 장딴지근 길이의 단축이 있는 실험군으로 분류하였다. 동적 균형과 발의 앞뒤 압력분포는 Biorescue장비를 사용하여 평가하였으며 동적 균형을 평가하기 위해 앞쪽과 뒤쪽 방향의 안정성 한계를 데이터로 수집하였다. 구간 동적 균형과 발의 앞뒤 압력분포에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위하여 독립 t 검정을 이용하여 분석하였고, 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다. 연구 결과 구간 동적 균형과 발의 앞뒤 압력분포는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 이러한 연구 결과를 통해 장딴지근 길이의 단축은 앞쪽으로 동적 균형 및 발의 앞쪽 압력 분포에 영향을 미친다는 것을 제안하고 그러므로 근골격계 질환 예방과 정상적인 균형능력을 위해 장딴지근의 적절한 길이를 유지하는 것은 중요하다.

Abstract The purpose of this study was investigate the effect of gastrocnemius(GCM) muscle length on the dynamic balance and antero-posterior pressure distribution of foot. Thirty subjects were recruited and each subject was classified with control experimental and control group according to GCM muscle length. The experimental group included subjects with shortness of GCM muscle length, the control group included subjects with normal length of GCM. The dynamic balance and antero-posterior pressure distribution of foot were measured by Biorescue equipment. To evaluate dynamic balance, we collected data of limit of stability in antero-posterior direction. We analyzed the data by using independent t-test. The alpha level was set 0.05. The results showed that the dynamic balance and antero-posterior pressure distribution of foot were significantly different between two groups ($p < 0.05$). This study suggests that the shortness of GCM affects anterior limited of stability in dynamic balance and anterior pressure distribution of foot. Therefore, it is important to maintain optimal GCM muscle length for normal balance ability and prevention of musculoskeletal disease.

Keywords : Balance, Foot Pressure Distribution, Gastrocnemius, Limit Of Stability, Muscle Length

1. 서론

발목관절은 체중부하과정에서 하지 근육의 기능과 협

력작용을 통해 신체를 지지해주고, 신체의 자세에 대한 감각정보 및 감각 되먹임 정보를 제공한다[1]. 발목관절은 신체의 작은 흔들림을 조절해주는 역할을 하며, 이는

*Corresponding Author : Won-Hwee Lee(Jeonju vision College)

Tel: +82-63-220-3932 email: whlee@jvision.ac.kr

Received March 6, 2019

Revised March 28, 2019

Accepted June 7, 2019

Published June 30, 2019

균형조절 능력의 회복과도 관계된다[2].

장딴지근은 가자미근, 장딴지빗근과 함께 아래 다리의 뒤쪽 구획에 얽은 무리에 속한 근육으로 돌출된 근 힘살을 형성하고 넙다리뼈의 안쪽관절염기와 가쪽관절 염기에 부착한다[3]. 장딴지근은 가자미근의 힘줄과 함께 아킬레스 힘줄을 형성하며 서있을 때 발목과 무릎의 안정화를 도우며 발목의 발바닥쪽 굽힘을 시키는 근육이다[4]. 이러한 장딴지근, 가자미근과 아킬레스 힘줄의 불충분한 길이와 발목관절의 비정상적인 관절 구조는 발목관절의 발등굽힘 가동범위를 제한시키고 목말뼈 위에서 정강뼈의 진전을 지연시키고 보행 시 발목밑관절에서 보상적인 과도한 엮침이 나타난다[5-7]. 또한 장딴지근의 단축은 정적 균형 능력에 사용되는 자세 전략을 한정시키고 안정성을 감소시킨다[8].

발목관절의 정상적인 유연성은 보행과 같은 기능적인 활동을 위해 필수적이다[9]. 발목관절 발등굽힘의 제한은 발의 위치를 변화시켜 근골격계 통증을 일으키는 보상적인 움직임과 비정상 보행 형태와 같은 다리의 과사용 손상을 유발한다[10]. 발목관절에서 적절한 발등굽힘 움직임은 보행, 달리기, 점프와 그밖의 여러 체중 부하 활동과 같은 발목관절의 정상적인 기능적 활동을 위해 중요하다[7]. 발목관절에서 발등굽힘 관절가동범위의 제한은 보행하는 동안 무릎의 과다편, 이른 시기에 발뒤꿈치 떼기, 엮침과 발목뼈중간 관절에서의 발등굽힘 움직임과 같은 보상적인 움직임을 유발한다[11]. Pope 등도 제한된 발등굽힘 관절가동범위는 통증과 발목 손상의 위험을 증가시킨다고 보고하였다[12].

균형은 일상생활 동작을 수행하기 위해 필수적이며 신체를 평형 상태로 유지할 수 있는 능력이다[13]. 균형을 조절하는 능력은 정적 자세를 유지하거나 움직임을 할 때, 또는 외부에서 가해지는 힘에 반응할 때, 자신의 무게 중심(center of gravity, COG)을 기저면(base of support, BOS) 내에서 최소의 자세동요(postural sway)로 유지하는 능력으로 즉 안정성 범위 내로 신체를 유지하는 능력을 말한다[14, 15]. 그러므로 적절한 균형을 유지하기 위해서는 최소의 자세동요로 무게중심을 기저면 내에 유지해야 한다[13].

균형은 정적 균형과 동적 균형이 있으며 정적 균형은 고정된 기저면에 흔들림 없이 기저면 내에 중력 중심이 위치하도록 유지하는 능력이고, 동적 균형은 기저면 내에 중력중심을 두어 움직이거나 외부에서 자극이 주어졌을 때와 스스로 움직임을 수행할 때의 균형을 유지하는 능력을 말한다[16]. 동적 균형을 평가하는 방법으로는 여러

가지가 있지만 그 중 안정성 한계(limits of stability)를 통해 평가하는 방법이 있다[17]. 안정성 한계는 지지면의 변화 없이 균형을 잃지 않고 이동할 수 있는 최대 범위이며 균형유지에 중요한 생역학적인 요소이다[18]. 만약 신경계나 근골격계의 손상이 있다면 안정성 한계는 변하게 된다[18].

발의 압력분포 측정은 근골격계를 평가하는 방법 중 최근 신뢰도가 높은 방법으로 인정되어 다양한 일상 생활 동작과 기능적 활동을 하는 동안 발의 특정부위에 가해지는 압력을 평가할 수 있다[19]. Nordin과 Frankel은 정상적인 정적 서기동안 지면과 닿아있는 발에서 압력분포는 발 뒷부분 과 발 앞부분에서 각각 50%의 비율을 보인다고 보고하였다[20]. 하지만 뇌졸중 환자의 경우 다리 근육들 경직의 증가로 아킬레스 힘줄이 짧아지며 이로 인해 발목관절의 발등굽힘 각도가 감소되어 발의 압력분포는 달라지게 된다[21, 22]. 박범준 등은 자세의 변화도 발의 압력 분포 변화에 영향을 줄 수 있다고 하였고, 이는 균형조절 능력을 감소시키는 원인이 될 수 있다고 하였다[23].

지금까지 많은 연구들은 걷기의 형태와 운동 형태에 따른 균형능력의 변화나 발등 굽힘 각도의 제한이 보행에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다[24-29]. 하지만 이러한 연구들은 발목의 발등 굽힘 각도 제한과 주로 보행과 관련되어 미치는 영향을 알아보았고 발등 굽힘 각도 제한과 발의 앞뒤 압력 분포를 알아보는 연구나 동적 균형을 알아보는 연구는 많이 되어 있지 않다. 그러므로 본 연구에서는 발등 굽힘 각도의 제한을 일으키는 원인들 중 장딴지근 길이에 따라 동적 균형 및 발의 앞뒤 압력 분포에 미치는 영향을 알아보고자 연구를 실시하였다.

2. 연구방법

2.1 연구 기간 및 연구대상자

본 연구는 2018년 12월 3일부터 21일까지 진행되었으며 본 연구는 연구 목적에 맞게 젊고 건강한 남녀를 대상으로 연구를 진행하기 위해 J시에 위치한 J 대학교에 재학중인 건강한 20대를 모집하였다. 연구대상자의 선정 기준은 내과적 질환이나 정형외과적 또는 수술 과거력이 없는 자, 사지의 선천적 기형이 없는 신체적으로 건강한 자로 하였다. 연구 대상자 중 최근 6개월간 골절, 관절염, 외상 등과 같은 정형외과적 장애를 경험했던 대상자는 연구대상자에서 제외하였다.

본 연구대상자는 실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명이 기재된 모집 문건과 연구 책임자의 설명을 듣고, 연구의 목적에 동의하는 연구 대상자만 연구동의서를 작성하고 연구에 참여의사를 밝히고 연구에 참여하였다. 모집된 연구대상자들의 우세다리의 장딴지근 길이를 측정하여 단축 여부에 따라 실험군과 대조군으로 배정하였고 각 군당 대상자는 15명씩 모집하였고 각 군에 배정한 연구대상자의 수는 Cohen의 표본추출 공식에 따른 표본수 계산 프로그램인 G Power software (G Power, University of Kiel, Kiel, Germany)을 이용하여 산출하였다. 본 연구에서 분석하고자 하는 장딴지근 길이에 따른 동적 균형 및 발바닥의 앞뒤 압력 분포에 대한 검정력을 유지하기 위해 효과크기는 0.69, 유의수준 0.05, 검정력은 0.8로 설정한 후 표본 크기를 산출한 결과 필요한 표본의 크기는 최소 15명으로 장딴지근 단축 유무에 따라 각 군당 15명의 연구대상자들을 배정하였다. 이들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (N=26)

Group	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)
Gender	M(n=7), F(n=8)	M(n=8), F(n=7)
Age(year)	24.4±2.2 ^a	25.0±3.7
Height (cm)	165.1±2.4	167.5±2.1
Weight (kg)	62.0±8.1	63.4±9.1

^aMean±Standard deviation, M: Male, F: Female

2.2 실험기구

2.2.1 각도계(Goniometer)

장딴지근 길이 검사시 발목각도를 측정하기 위해 스테인리스 스틸 각도계(Patterson medical, USA)를 사용하였다. 각도계의 고정팔과 운동팔의 길이는 각 36cm이며 360°의 범위에서 관절의 범위를 측정할 수 있다.

2.2.2 동적 균형 측정 및 발의 앞뒤 압력 분포 측정 도구

동적 균형 측정 및 발의 앞뒤 압력 분포를 측정하기 위해 BioRescue(RM Ingenierie, France) 장비를 사용하였다. BioRescue는 610x580x10mm 크기의 힘판(force plate)과 연결된 컴퓨터 및 모니터로 구성되어 있다(Figure 1). 힘판의 압력감지기는 총 1,600개로 구성되어 있으며, 압력 감지기 하나의 크기는 10x10mm이었다. 또한 힘판의 압력감지기를 통한 데이터의 표본 수집률(sampling rate)은 100Hz로 설정하였으며 측정압력

의 범위는 1~100N/cm²이다.



Fig. 1. Force plate of BioRescue equipment

2.3 실험절차

2.3.1 장딴지근 길이 검사

장딴지근 길이에 따라 연구 대상자를 실험군과 대조군으로 배정하기 위해 장딴지근 길이 검사를 하였다. 장딴지근 길이 검사는 우세 다리만 실시하였으며 모든 대상자의 우세다리는 오른쪽이었다. 검사 방법은 바로 누운 자세에서 무릎을 펴한 자세와 굽힘한 자세에서 실시하는데 무릎을 굽힘 또는 펴한 상태에서 목말뎠 관절은 안쪽 번짐과 가쪽번짐이 0도인 중립 자세를 하고 발허리뼈 머리의 발바닥 면에 손을 대고 발목관절 가동범위의 끝까지 발등굽힘 시킨다. 이 때 목말뎠관절에서 안쪽 번짐이나 가쪽 번짐의 움직임이 일어나면 안 되고 더 이상의 발등굽힘 움직임이 일어나지 않으면 그 때의 발목 각도를 측정하였다.

발목관절의 발등굽힘을 측정하기 위해 각도계의 중심 축은 가쪽 복사의 가쪽면 위에 놓고 각도계의 몸쪽 팔은 종아리뼈머리를 참고점으로 하여 종아리뼈 가쪽 중심선에 정렬하고, 먼쪽 팔은 다섯 번째 발허리뼈 가쪽면과 평행하게 정렬하였다[30](Figure 2). 장딴지근 길이 검사는 무릎관절을 굽힘한 자세 및 펴한 자세에서 각각 총 3회 측정하였으며 세 번 측정된 평균값으로 무릎관절을 굽힘했을 때 발목관절의 발등굽힘 각도가 10° 이상이고, 무릎관절을 펴 했을 때 발목관절의 발등굽힘 각도가 10°이하인 대상자는 실험군으로 분류하였고, 무릎관절의 굽힘과 펴 모두에서 발목관절의 발등굽힘 각도가 10° 이상인 대상자는 대조군으로 분류하였다.



Fig. 2. GCM muscle length test

2.3.2 동적 균형 측정

동적 균형능력 측정을 위해 대상자의 안정성 한계 (limits of stability)를 평가하였으며, 안정성 한계 평가 방법은 선 자세에서 자발적으로 움직여 안정성을 유지할 수 있는 최대 한계를 측정하기 위한 것으로 힘판에 표시된 부분에 양발을 위치하고 자연스럽게 모니터 정면을 바라보는 선 자세를 취한다. 그 다음 전방의 모니터에서 지시하는 8개의 방향으로 무릎과 허리를 굽히지 않는 상태에서 발목의 힘으로 체중을 최대한 이동한다. 이 때 처음 자세를 유지하며 균형을 잃지 않고, 발목의 전락을 사용하면서 대상자가 스스로 움직일 수 있는 최대한의 범위로 체중을 이동하여, 그 한계 정도를 평가하였다.

본 실험에서는 8가지 방향의 안정성 범위 자료를 다 수집하였지만 장딴지근 길이에 영향을 줄 수 있는 안정성 범위는 앞 뒤 방향 안정성 범위와 그에 해당되는 면적이므로 앞뒤 방향 안정성 범위와 면적에 대한 자료만 자료 분석에 사용하였다(Figure 3-A).

2.3.3 발의 앞뒤 압력 분포 측정

연구대상자가 서있는 동안 우세발의 앞뒤 압력 분포 변화를 측정하기 위해 대상자는 힘판 위에 양 발을 골반 너비로 벌리고 양 팔은 몸통 옆에 이완한 상태로 위치하고 선다. 이 때 대상자가 양발의 압력 분포 및 각 발의 앞뒤 압력 분포를 같은 비율로 서기 위해 검사자는 모니터에 실시간으로 나오는 좌우, 앞뒤 압력 분포를 보고 대상자에게 알려주어 대상자 발의 압력분포를 조정한다. 검사자는 대상자가 앞뒤의 압력분포를 동일하게 한 상태에서 대상자에게 1분 30초 동안 편하게 선 자세를 유지하라고 하였고 마지막 10초 동안 힘판을 통해 얻어지는 우세발에서 발의 앞뒤 압력 분포 데이터를 수집하였다(Figure 3-B). 대상자가 선 자세를 유지하는 동안 모니

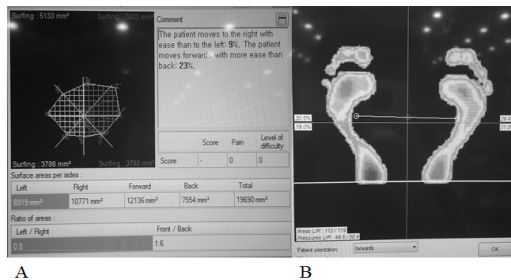


Fig. 3. A. Measurement of dynamic balance, B. Measurement of antero-posterior pressure distribution of foot

터를 통해 얻어지는 시각적 피드백이 앞뒤 압력 분포에 영향을 줄 수 있으므로 모니터를 대상자가 볼 수 없도록 모니터를 대상자의 시야에서 차단하였고 측정에 집중할 수 있도록 귀마개를 사용하여 귀를 막은 상태로 30초 이후에 측정을 진행하였다.

2.4 자료분석

본 연구는 장딴지근 길이에 따른 동적 균형과 발의 앞뒤 압력 분포 변화를 비교하기 위하여 대조군과 실험군의 자료를 독립 T검정(independent T-test)을 통해 분석하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위한 유의수준(α)은 0.05로 하였고 SPSS 18.0 for Window 프로그램을 사용하였다.

3. 연구결과

3.1 동적 균형 비교

군내 동적 균형을 성별에 따라 비교한 결과 성별에 따라 유의한 차이가 없었으나 군간 동적 균형을 비교한 결과 앞쪽 안정성 한계에서 군간 유의한 차이가 있었으며 실험군에서 대조군에 비해 앞쪽 안정성 한계의 유의한 감소가 있었다($p < 0.05$). 뒤쪽 안정성 한계도 군간 유의한 차이가 있었으며 실험군에서 대조군에 비해 뒤쪽 안정성 한계의 유의한 감소가 있었다($p < 0.05$)(Table 2)(Figure 5).

Table 2. Comparison of dynamic balance between experimental and control group (Unit: mm²)

Dynamic balance	Group	Limit of stability (Mean \pm S.D.)	t	p
Anterior	Control	8784.98 \pm 2366.49	3.00	0.01*
	Experimental	6476.80 \pm 1805.94		
Posterior	Control	4461.29 \pm 1403.13	2.81	0.01*
	Experimental	3212.11 \pm 1000.11		

*p<0.05

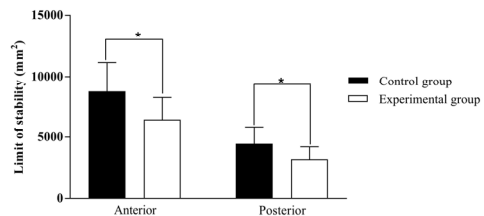


Fig. 5. Comparison of dynamic balance between experimental and control group

*p<0.05

3.2 발의 앞뒤 압력 분포 비교

군내 발의 앞뒤 압력 분포를 성별에 따라 비교한 결과 성별에 따라 유의한 차이가 없었으나 군간 발의 앞뒤 압력 분포를 비교한 결과 앞뒤 압력 분포는 앞쪽 및 뒤쪽 모두에서 군간 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 앞쪽 압력 분포는 대조군이 실험군보다 유의하게 컸으며, 뒤쪽 압력 분포는 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다($p < 0.05$) (Table 3)(Figure 6).

Table 3. Comparison of antero-posterior pressure distribution of foot between experimental and control group

(Unit: %)

	Group	Pressure distribution of foot (Mean±S.D.)	t	p
Anterior	Control	43.37±3.20	3.65	0.01*
	Experimental	37.37±5.49		
Posterior	Control	62.63±5.49	-3.65	0.01*
	Experimental	56.63±3.20		

$p < 0.05$

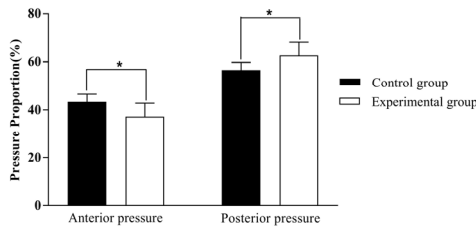


Fig. 6. Comparison of antero-posterior pressure distribution of foot between experimental and control group

$p < 0.05$

4. 고찰

본 연구는 장딴지근 길이에 따라 동적 균형 및 발의 앞뒤 압력 분포에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 연구 결과 장딴지근 길이가 짧은 실험군에서 대조군보다 앞쪽 및 뒤쪽 안정성 한계의 유의한 감소가 있었다 ($p < 0.05$). 또한 서있는 자세에서 발의 앞뒤 압력 분포는 실험군이 대조군보다 앞쪽의 압력분포는 유의하게 적었지만 뒤쪽의 압력분포는 유의하게 컸다($p < 0.05$).

장딴지근의 길이가 짧아지면 앞쪽 및 뒤쪽 안정성 한계를 감소시키는 첫 번째 이유는 장딴지근의 단축은 발등굽힘 각도를 감소시킨다. 본 연구 결과 안정성 한계

의 범위가 감소하였고, 뒤쪽보다는 앞쪽의 범위가 크게 감소하였다. 장딴지근의 단축으로 인한 발등굽힘 각도의 제한은 균형을 유지하면서 앞으로 무게 중심을 이동하는 범위를 제한시켜 앞으로 균형능력이 감소되었음을 의미한다. Son 등의 연구에서도 하이힐과 같은 높은 굽 사용은 발목관절을 발바닥굽힘 자세로 변형시키고 이렇게 변화된 자세는 장딴지근의 단축과 앞정강근의 이완을 초래한다고 하였고 Wolfson 등도 노인에게서 발목 발등굽힘 관절가동범위의 제한은 동적 균형의 상실을 초래한다고 하였다[31, 32]. 그러므로 장딴지근 길이의 단축은 발등굽힘 범위를 감소시켜 균형능력에 영향을 주어 앞쪽 및 뒤쪽 안정성 한계를 감소시킨다.

두 번째 이유는 발목관절 전략 사용의 제한이다. 박준상 등의 연구에 의하면 신체가 균형을 유지하는데 있어서 발목관절은 가장 우선적인 전략으로써 사용되기 때문에 발목 발등굽힘의 수동적 관절범위와 앞쪽 방향의 동적균형능력은 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다[33]. 서있는 자세에서 자세동요에 따라 균형을 회복하기 위해 발목관절 전략(ankle strategy)이나 엉덩관절 전략(hip strategy), 또는 두 전략을 함께 사용한다[34]. 발목관절 전략은 견고한 지지면에서 적은 동요가 있을 때 주로 사용되고 제일 먼저 나타나는 자세조절 전략으로 발목관절의 근육 수축을 통해 선 자세에서 균형을 일차적으로 회복한다[35, 36]. 발목관절 전략을 효과적으로 사용하기 위해서는 발목의 적절한 관절가동범위가 확보되어야 한다[36]. 하지만 발목관절의 유연성은 나이가 55세에서 85세 사이가 되면 남자에게서는 35%, 여자에게서는 50%가 감소되어 있다고 한다[37]. 발목관절의 유연성 감소나 근육 약화는 발목 전략 대신 엉덩 전략 등을 사용하여 엉덩관절과 몸통에 보상작용을 유발하고 신체 부정렬을 초래하게 된다[38]. 그러므로 장딴지근의 길이 단축으로 인한 발목관절 전략의 제한은 균형의 문제를 일으키고 앞과 뒤쪽에서의 안정성 한계를 감소시키는 원인이 될 것이다.

본 연구 결과 장딴지근의 길이가 짧은 실험군은 대조군과 발의 앞뒤 압력분포 모두 유의한 차이를 보였다. 대조군에 비해 실험군에서 압력이 뒤쪽으로 더욱 이동하였는데 적절한 발목관절의 발등굽힘 범위를 갖는다면 압력 분포를 앞쪽과 뒤쪽에 적절히 분배할 수 있지만 장딴지근의 단축으로 인해 발목관절의 발등굽힘 범위에 제한이 있다면 발뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않는 이상 발의 압력을 앞쪽으로 이동하기 힘들기 때문에 발의 압력이 뒤쪽으로 이동되었다고 사료된다. 발바닥의 일정지역

에 압력이 집중되면 발은 굳은살, 못 그리고 통증 또는 발의 기형을 유발한다[39, 40]. 또한 장딴지근의 단축은 기능적 침착(functional equinus)을 일으켜 보상작용으로 목발발 관절의 과도한 옆침과 보행의 추진기시 조기 뒤꿈치 들기와 뒤꿈치의 모음 비틀림 등으로 인해 발허리뼈의 통증을 일으키며, 발바닥 근막염과도 관련이 있다 [41-43].

장딴지근의 길이 변화는 발의 변형과 보행 패턴의 변화 등 주로 근골격계 질환과 관련이 있었지만 본 연구결과에서 제시된 것처럼 발의 압력 변화나 균형능력에도 문제를 일으킬 수 있으므로 적절한 근육 길이를 유지하는 것이 중요하다. 주로 무릎을 과도하게 펴는 상태로 서 있는 자세는 장딴지근 길이의 단축을 일으키는 주된 원인으로 서 있는 자세에서 상대적으로 발목관절의 발바닥 굽힘 정렬을 일으킨다[7]. 또한 장딴지근 길이의 단축을 일으키는 원인으로 하이힐의 높이가 있다. Lee 등은 하이힐 높이가 높아지게 되면 장딴지근의 길이는 더욱 짧아진다고 하였다[44]. 그러므로 본 연구에서 제시한 것처럼 장딴지근 길이의 단축은 발의 압력 변화나 균형능력에 영향을 줄 수 있으므로 평상시에 장딴지근의 길이가 단축되지 않도록 예방하기 위해서는 올바르게 선 자세로 서 있는 것이 필요하며 하이힐 등을 착용하는 사람은 하이힐 착용을 자제하거나 장딴지근의 스트레칭 등을 꾸준히 하는 것이 필요할 것이다.

본 연구의 제한점은 첫째, 대상자를 젊은 성인으로만 선정하여 다양한 연령층에서 나타나는 변화를 확인할 수 없었으며, 둘째, 장딴지근 외에 다른 근육들의 길이 및 발등굽힘을 일으키는 근육들의 근력에 대해서는 확인하지 않았다. 셋째, 서 있는 자세를 유지할 때 타관절의 보상작용에 따른 위치나 동적 균형 검사시 엉덩관절 전략을 사용할 수 있는데 이를 제대로 통제하지 못하였다. 넷째, 서 있는 시간이 너무 짧아 장기간 서있을 때 발의 압력 변화 등은 알아볼 수 없었다. 그러므로 추후 연구에는 다양한 연령대를 대상으로 연구를 진행하고 장딴지근 외에 발등굽힘을 제한하는 가자미근 등의 길이도 같이 검사하고 또한 발등 굽힘근들의 근력 검사도 실시하여 발등굽힘 제한의 원인에 대해 명확한 연구가 필요하며 동작 분석 장비를 통해 발목관절 이외 다른 관절에서 보상적인 움직임이 있는지 알아보고, 장시간 서있을 때는 발의 압력 변화가 어떻게 일어나는지도 알아보는 연구가 필요할 것이다.

5. 결론

본 연구는 발등 굽힘 각도의 제한을 일으키는 원인들 중 장딴지근 길이에 따라 동적 균형 및 발의 앞뒤 압력 분포에 미치는 영향을 알아보고자 우세 다리의 장딴지근의 길이 검사를 통해 무릎관절을 굽혔을 때 발목관절의 발등굽힘 각도가 10° 이상이고, 무릎관절을 펴 했을 때 발목관절의 발등굽힘 각도가 10°이하인 대상자는 실험군으로 분류하고, 무릎관절의 굽힘과 펴 모두에서 발목관절의 발등굽힘 각도가 10° 이상인 대상자는 대조군으로 분류하여 연구를 진행하였다. 연구결과 동적 균형은 앞쪽 안정성 한계에서 구간 유의한 차이가 있었으며 실험군이 대조군에 비해 앞쪽 안정성 한계의 유의한 감소가 있었다. 뒤쪽 안정성 한계도 구간 유의한 차이가 있었으며 실험군에서 대조군에 비해 뒤쪽 안정성 한계의 유의한 감소가 있었다. 발의 앞뒤 압력 분포는 앞쪽 및 뒤쪽 모두에서 구간 유의한 차이가 있었는데 앞쪽 압력 분포는 대조군이 실험군보다 유의하게 컸으며, 뒤쪽 압력 분포는 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다. 본 연구 결과를 통해 장딴지근의 길이는 발의 압력 변화나 균형능력에도 문제를 일으킬 수 있으므로 적절한 근육 길이를 유지하는 것이 중요하다.

References

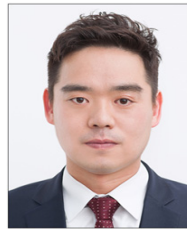
- [1] H. B. Menz, M. E. Morris, S. R. Load, "Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people", *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Vol.60, No.12, pp.1546-1552, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/60.12.1546>
- [2] C. F. Runge, C. L. Shupert, F. B. Horak, F. E. Zajac, "Ankle and hip postural strategies defined by joint torques", *Gait and posture*, Vol.10, No.2, pp.161-170, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(99\)00032-6](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(99)00032-6)
- [3] D. A. Neumann, "Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation". pp.512-516, Mosby, 2002.
- [4] J. E. Muscolino, "Know the body: Muscle, bone, and palpation essentials". pp.404-406, Mosby, 2011.
- [5] T. G. McPoil, H. G. Knecht, "Biomechanics of the foot in walking: a function approach", *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, Vol.7, No.2, pp. 69-72, 1985. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.1985.7.2.69>

- [6] B. Hintermann, B. M. Nigg, "Pronation in runners", *Sports Medicine*, Vol.26, No.3, pp.169-176, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199826030-00003>
- [7] S. Sahrman, "Movement system impairment syndromes in the extremities, cervical and thoracic spines", pp.363-365, 439-480, Mosby, 2011.
- [8] A. Shumway-Cook, M. H. Woollacott, "Motor control: Theory and practical application", pp.163-191, Williams and Wilkins, 2001.
- [9] T. Kasutama, M. Sakamoto, R. Nakazawa, "Ankle joint dorsiflexion measurement using the deep squatting posture", Vol.21, No.2, pp.195-199, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1589/ijpts.21.195>
- [10] L. Johannsen, D. Broetz, H. O. Kamath, "Leg orientation as a clinical sign for pusher syndrome", *BMC neurology*, Vol.6, No.1, pp.1-15, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2377-6-30>
- [11] M. Karas, D. J. Hoy, "Compensatory Midfoot Dorsiflexion in the Individual with Heelcord Tightness: Implications for Orthotic Device Designs", *Journal of prosthetics and orthotics*, Vol.14, No.2, pp.82-93, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00008526-200206000-00011>
- [12] R. Pope, R. Herbert, J. Kirwan, "Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in Army recruits", *Australian journal of physiotherapy*, Vol.44, No.3, pp.165-172, 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(14\)60376-7](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(14)60376-7)
- [13] H. K. Chung, "Changes of the postural sway and weight distribution according to cooling the foot", *The journal of Korean academy of physical therapy science*, Vol.16, No.4, pp.19-27, 2009.
- [14] D. S. Nicholas, L. Miller, L. A. Colby, W. S. Pease, "Sitting balance: Its relation to function in individuals with hemiparesis", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol.77, No.9, pp.865-869, 1996.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(96\)90271-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(96)90271-3)
- [15] A. Shumway-Cook, F. B. Horak, "Assessing the influence of sensory interaction on balance", *Physical therapy*, Vol.66, No.10, pp.1548-1550, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1093/pti/66.10.1548>
- [16] L. Berger, C. Klein, M. Commandeur, "Evaluation of the immediate and midterm effects of mobilization in hot spa water on static and dynamic balance in elderly subjects", *Annales de Readaptation et de medecine physique*, Vol.51, No.2, pp.90-95, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2007.10.007>
- [17] J. I. Kang, J. S. Park, S. K. Park, D. J. Yang, H. Choi, D. K. Jeong, H. M. Kwon, Y. J. Moon, "Effects of Exercise Program by Type on Balance Ability and Muscle Activity In A Standing Posture", *Journal of digital convergence*, Vol.12, No.7, pp.411-418, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.14400/JDC.2014.12.7.411>
- [18] O. Y. Kwon, "A study of the limits of stability in hemiplegic patients", *The journal of Korean academy of physical therapist*, Vol.2, No.4, pp.739-747, 1995.
- [19] S. B. Kim, J. H. Khil, "Effects of chiropractic treatment and low back rehabilitation exercise on sEMG, foot pressure and MVAS in low back pain patients", *The official journal of the Korean academy of kinesiology*, Vol.11, No.1, pp.53-64, 2009.
- [20] M. Nordin, V. H. Frankel, "Basic biomechanics of the musculoskeletal system", pp.163-182, Williams and Wilkins, 2001.
- [21] F. Caillet, P. Mertens, S. Rhaseda, D. Boisson, "Three dimensional gait analysis and controlling spastic foot on stroke patients", *Annales de readaptation et de medecine physique*, Vol.46, No.3, pp.119-150, 2003.
- [22] P. O. Riley, U. D. Croce, D. C. Kerrigan, "Propulsive adaptation to changing gait speed", *Journal of biomechanics*, Vol.34, No.2, pp.197-202, 2001.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00174-3](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00174-3)
- [23] B. J. Park, S. B. Park, J. W. Park, S. K. Lee, K. H. Lee, "The effects of physical factors on anteroposterior, intersidal weight-bearing pattern and stance phase in normal adults", *Annals of rehabilitation medicine*, Vol.32, No.5, pp.576-581, 2008.
- [24] S. Park, "The study of the center of pressure displacement time and dynamic balance measures in healthy adults during obstacle crossing", *Dissertation of Master degree*, Catholic University of Daegu, 2011.
- [25] M. Y. Back, "Effect of ankle motor relearning on plantar center of pressure and dynamic balance in patients with hemiplegia", *Dissertation of Master degree*, Eulji University, 2005.
- [26] Y. S. Jeong, "Effects of self stretching exercise and movement with mobilization in lunge position on the muscle activity and balance in chronic stroke patients", *Journal of digital policy and management*, Vol.11, No.10, pp.549-556, 2013.
- [27] H. I. Jung, "The effects of ankle sensory motor training on foot pressure, pressure distribution over weight bearing angle and speed of ambulation in children with intellectual disability", *Dissertation of Doctoral degree*, Dankook University, 2014.
- [28] S. H. Heo, "The effects of plantar proprioceptive training using feedback on hemiplegic patients' plantar pressure and dynamic balance", *Dissertation of Master degree*, Daegu University, 2014.
- [29] Y. K. Cho, S. H. Kim, I. C. Jeon, S. H. Ahn, O. Y. Kwon, "Effect of treadmill walking with ankle stretching orthosis on ankle flexibility and gait", *Journal of physical therapy science*, Vol.27, No.4, pp.1257-1260, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1589/ijpts.27.1257>
- [30] C. C. Norkin, D. J. White, "Measurement of joint motion. A guide to goniometry", pp.300-303, FA Davis, 2009.
- [31] J. S. Son, H. S. Choi, S. J. Hwang, Y. H. Kim, "Changes

- of muscle length and roll-over characteristics during high-heel walking”, Journal of the Korean society for precision engineering, Vol.24, No.12, pp.29-35, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1147>
- [32] L. Wolfson, R. Whipple, J. Judge, P. Amerman, C. Derby, M. King, “Training balance and strength in the elderly to improve function”, Journal of the American geriatrics society, Vol.41, No.3, pp.341-343, 1993.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1993.tb06716.x>
- [33] J. S. Park, N. Y. Yang, O. Y. Kwon, “The relationship between passive ankle dorsiflexion with a non-weight bearing condition and the performance of the dynamic balance test”, Korean research society of physical therapy, Vol.22, No.1, pp.30-36, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.12674/ptk.2015.22.1.030>
- [34] F. B. Horak, L. M. Nashner, “Central programming of postural movements: Adaptation to altered support-surface configurations”, Journal of neurophysiology, Vol.55, No.6, pp.1369-1381, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.1986.55.6.1369>
- [35] F. Horak, C. Shypert, A. Mirka, “Components of postural dyscontrol in the elderly: A review”, Neurobiology of aging, Vol.10, No.6, pp.727-738, 1989.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(89\)90010-9](https://doi.org/10.1016/0197-4580(89)90010-9)
- [36] A. Shumway-Cook, M. H. Woollacott, “Motor control: Translating research into clinical practice”, pp.157-186, Williams and Willkins, 2007.
- [37] A. A. Vandervoort, B. M. Chesworth, D. A. Cunningham, D. H. Paterson, P. A. Rechnitzer, J. J. Koval, “Age and sex effects on mobility of the human ankle”, Journal of gerontology, Vol.47, No.1, pp.M17-M21, 1992.
DOI: <https://doi.org/10.1093/geronj/47.1.m17>
- [38] B. Horak, “Clinical measurement of postural control in adults”, Physical therapy, Vol.67, No.12, pp.1881-1885, 1987.
DOI: <https://doi.org/10.1093/pti/67.12.1881>
- [39] J. Y. Kim, “The analysis of foot orthosis and matatarsal pad on peak plantar pressure of the forefoot during walking”, Dissertation of Master degree, Daegu University, 2012.
- [40] J. T. Cheung, M. Zhang, A. K. Leung, Y. Fan, “Three-dimensional finite element analysis of the foot during standing - a material sensitivity study”, Journal of biomechanics, Vol.38, No.5, pp.1045-1054, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.05.035>
- [41] C. Park, “Effects of Low-dye taping on the pain, plantar pressure, and stability in the patients with plantar fasciitis”, Dissertation of Master degree, Daegu University, 2013.
- [42] P. Morales-Muñoz, R. de Los Santos Real, P. Barrio Sanz, J. L. Pérez, J. Varas Navas, J. Escalera Alonso, “Proximal Gastrocnemius Release in the Treatment of Mechanical Metatarsalgia”, Foot and ankle international, Vol.37, No.7, pp.782-789, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1071100716640612>
- [43] D. L. Riddle, M. Pulisic, P. Pidcoe, R. E. Johnson, “Risk factors for plantar fasciitis: a matched case-control study”, The journal of bone and joint surgery-American, Vol.85, No.5, pp.872-877, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2106/00004623-200305000-00015>
- [44] K. H. Lee, A. Matteliano, J. Medige, T. Smiehorowski, “Electromyographic changes of leg muscles with heel lift: therapeutic implication.”, Archives of physical medicine and rehabilitation, Vol.68, No.5, pp.298-301, 1987.

이 원 휘(Won-Hwee Lee)

[정회원]



- 2009년 8월 : 연세대학교 일반대학원 재활학과 (이학석사)
- 2012년 2월 : 연세대학교 일반대학원 재활학과 (이학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 전주비전대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

근골격계 물리치료, 물리치료 진단평가