

패션비즈니스 제28권 1호

ISSN 1229-3350(Print)
ISSN 2288-1867(Online)

J. fash. bus. Vol. 28,
No. 1:83-97, Feb. 2024
[https://doi.org/
10.12940/jfb.2024.28.1.83](https://doi.org/10.12940/jfb.2024.28.1.83)

Corresponding author

Jooyong Kim
Tel : +82-2-820-0631
Fax : +82-2-817-8349
E-mail : jykim@ssu.ac.kr

Keywords

plantar pressure,
plantar pressure mat,
visual notification, balance,
self-correction the plantar
pressure
족저압, 족저압 매트,
시각적 알림, 균형,
족저압 자가교정

본 논문은 석사학위 논문의 일부임

이 논문은 2024년도 정부 (산업통상
자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥
원의 지원을 받아 수행된 연구임
(P0012770, 2024년 산업혁신인재성
장지원사업).

시각적 알림이 있는 족저압매트 개발을 통한 족저압 불균형 인지와 즉각적인 교정

박한나* · 구본학 · 박진희 · 김주용†

*송실대학교, 스마트웨어블공학과, 석사
송실대학교, 신소재공학과, 석사
송실대학교, 신소재공학과, 교수
†송실대학교, 신소재공학과, 교수

Foot Pressure Mat with Visual Notification for Recognizing and Correcting Foot Pressure Imbalance

Hanna Park* · Bonhak Koo · Jinhee Park · Jooyong Kim†

*Master, Dept. of Smart Wearable Engineering, Soongsil University, Korea
Master, Dept. of Organic Materials Science and Engineering, Soongsil University, Korea
Professor, Dept. of Organic Materials Science and Engineering, Soongsil University, Korea
†Professor, Dept. of Organic Materials Science and Engineering, Soongsil University, Korea

Abstract

A plantar pressure mat with visual notifications was developed to confirm whether individuals can effectively balance themselves and correct imbalances. The sensor-embedded mat was made with a commercial yoga mat, and was tested on seven working women in their 30s to determine plantar pressure distribution when standing and squatting, and if they could recognize and correct imbalances with visual feedback. The study found that visual notifications significantly changed the plantar pressure ratio of the forefoot and hindfoot, as well as the left and right foot plantar pressure ratio. Without notifications, the center of gravity was more concentrated in the rear foot than the forefoot in both standing and squatting positions. Visual notifications showed that the center of gravity, which was largely focused on the rear foot, was distributed to the forefoot, resulting in a more evenly distributed center of gravity throughout the sole. For the change in left and right plantar pressure, the weight that was largely loaded on the left side was distributed to the right foot through the visual notification mat, confirming a more balanced plantar pressure.

1. 서론

우리 몸의 2%만을 차지하는 발바닥 면적은 나머지 98%의 신체를 지탱한다(Chae, 2023). 발은 26개의 뼈와 60개의 관절, 19개의 근육, 200개가 넘는 힘줄과 인대, 혈관과 신경이 연결돼 직립보행을 하는 인간에게 근골격 구조상 매우 중요한 신체 부위이며 지면의 충격 흡수와 전진을 위한 추진력을 만드는 기관이다. 특히 지면과 직접 맞는 발바닥의 접지는 발바닥이 지면을 밀어내는 힘을 의미하는데, 발바닥의 중요한 기능인 아치를 만들어주고 이를 통해 무릎과 골반의 무게중심을 맞춰주는 역할을 한다. 안정적인 접지는 발바닥의 3개의 아치의 접점(발바닥 삼각대)(Figure 1)인 엄지발가락의 발볼, 새끼발가락의 발볼, 발뒤꿈치 세 개 지점이 지면에 고르게 던어질 때를 말한다. 발바닥 삼각대를 통해 얻은 족저압을 분석하면, 발에 가해지는 하중의 분포를 파악할 수 있다. 발에 가해지는 하중이 한쪽으로 치우쳐 있다면, 균형이 불안정하다거나, 무릎이나 허리에 통증이 발생할 수 있다. 따라서 발바닥 삼각대를 통해 얻는 족저압은 발에 얼마만큼의 하중이 가해지는가로 몸의 균형과 같은 질적 상태를 확인할 수 있는 지표로 사용된다(Dowling, Steele, & Baur, 2001).

족저압 측정은 신체 균형 평가 및 치료에도 활용될 수 있다. Choi (2014)는 건강한 성인 45명을 대상으로 족저압 지수와 동적 불균형의 상관관계를 분석하였다. 연구 결과, 족저압 지수가 높을수록 동적 불균형이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 족저압 지수 개선이 동적 불균형 개선에 도움이 될 수 있다는 것을 의미한다고 말했다. Park, Kim, Park, Kim, and Choi(2015)는 족저압 측정을 통해 당뇨병 환자의 발의 기능적 상태를 평가하였다. 그 결과, 당뇨병 환자의 발

바닥 발뒤꿈치부에 가해지는 압력이 정상인에 비해 증가한 것으로 나타났다. 이는 당뇨병으로 인한 신경병증으로 발의 기능적 상태가 저하되었음을 의미한다. Kim et al.(2015)은 무릎 관절염 환자 20명과 정상인 20명을 대상으로 3D 발바닥 압력 측정 시스템을 사용하여 발바닥 삼각대 압력 분포를 측정하여 무릎 관절염의 발의 변화를 평가하였다. 연구 결과, 무릎 관절염 환자는 정상인에 비해 앞발 부위에 과도한 압력이 가해지는 것으로 나타났다. 또한, 무릎 관절염의 정도가 심할수록 앞발 부위에 가해지는 압력은 더 높았다고 말하였다. 이처럼 족저압 측정은 발의 다양한 질적 상태를 평가하는 데 유용한 방법으로 다양한 임상적 상황에서 활용되며 발의 건강을 증진하고 질병을 예방하는 데 기여할 수 있다. 족저압 측정을 통해 발의 균형과 안정성 및 기능적 상태를 평가할 수 있으며 이를 통해 낙상, 관절염, 근골격계 질환 등의 위험으로부터 예방할 수 있다.

족저압 개선에 도움이 되는 대표적인 보조 제품은 세 가지가 있다. 스마트인솔, 스마트슈즈, 족저압기기 이다. 고가의 스마트 인솔과 스마트 슈즈는 실시간 족저압 측정 및 분석을 제공하지만, 핸드폰과의 호환성 및 개인정보 노출 위험, 배터리 수명 등의 단점이 있다. 또한, 고가의 족저압 기기는 실생활 사용이 어렵고 국내 의료기관 및 헬스케어 전문기관에서만 사용되고 있는 실정이다. 이 기기들은 모두 실시간으로 족저압 데이터를 제공하지만, 보행자의 족저압을 즉각적으로 개선하는 데는 한계가 있다. 족저압 측정 및 분석을 통해 보행자의 족저압 이상을 파악하고, 이를 개선하기 위한 조치를 취하는 데 시간이 소요되기 때문이다. 시각적 자료는 복잡한 개념을 명확하고 간결하게 설명하여 이해도를 높인다. 또한 텍스트보다 더 많은 정보를 한눈에 파악할 수 있도록 돕고, 복잡한 정보를 간결하고 명확하게 표현하여

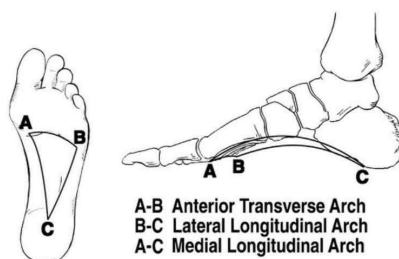


Figure 1. The Three Main Points of the Foot Arch
(<https://ryueyes11.tistory.com>)

학습 시간을 단축하고 효율성을 높인다. Paivio(1971)는 시각적 이미지와 함께 제시된 단어가 단순히 청각적으로 제시된 단어보다 더 잘 기억된다고 했으며, Mayer and Moreno(2003)는 시각적 자료를 활용한 학습 방식이 학습자의 기억력과 이해도를 향상시킨다는 것을 연구 결과를 통해 밝혔다. 따라서 본 연구는 기존의 족저압 측정기의 단점을 보완하고, 족저압 개선을 위한 즉각적인 조치를 가능하게 하는 시각적 알림 기능이 있는 족저압 매트를 개발하였다. 본 매트는 기존의 족저압 측정기와 비교하여 간편하고 빠르게 족저압을 측정할 수 있으며, 균형 잡힌 족저압 유지를 위한 알림 기능을 통해 족저압 개선을 위한 즉각적인 조치를 가능하게 한다. 또한, 스쿼트, 런지, 데드리프트와 같은 폐쇄사슬 운동 시에도 활용이 가능하여 하지근력의 균형 있는 발달을 도울 수 있다. 이러한 장점들을 바탕으로 발 건강을 관리하고 싶은 일반인과 발 질환을 예방하고 치료하고 싶은 사람들, 더 나아가 스포츠 선수나 운동을 즐기는 사람들에게 도움이 될 수 있는 족저압 매트의 개발이 본 연구의 목적이다.

II. 이론적 배경

1. 족저압 연구

족저압은 발바닥 삼각대를 기준으로 발바닥에 가해지는 압력을 의미한다. 족저압은 걸을 때, 쉴 때, 서 있을 때 등 발을 사용하는 모든 동작에서 발생한다. 족저압은 발바닥의 뼈, 관절, 근육, 인대 등에 영향을 미치며, 장시간 족저압이 높게 유지되면 발 질환을 유발할 수 있다. Gravante, Russo, Pomara, and Ridola(2003)은 족저압이 정상 범위를 벗어나면 근골격계 손상과 생리학적 장애가 발생할 수 있으며, 반복적인 다리 불균형 체중 지지는 전체 자세의 비정렬을 초래한다고 주장했다. Gong, Kim, and Kim(2009)은 기능적 하지 길이 차이와 동적 족저압의 상관관계를 분석한 결과 기능적 하지 길이 차이가 있는 사람들은 기능적 하지 길이 차이가 없는 사람들보다 족저압이 더 높았다는 연구 결과를 볼 수 있었고, Doo and Jeong(2015)은 만성 목과 허리 통증 환자의 자세, 균형, 그리고 족저압과의 상관관계 연구에서 만성 목과 허리 통증 환자는 정상인에 비해 척추 측만 각도, 족저압이 증가하고, 정적 균형이 감소하는 것으로 나타났다고 하였다. 이 외에도 많은 연구 결과, 족저압이 높은 사람은 허리 통증이 있는 경우가 많았고, 족저압을 감소시키는 운동은 허리 통증을 감소시키는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과들은 족저압이 보행, 운동, 자세, 균형, 통

증 등 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있음을 보여주고 있다. 또한, 인간의 자세와 균형을 개선하기 위해서는 족저압을 관리하는 것이 중요하다는 것을 시사한다. 그럼에도 불구하고 발의 접지에 대한 중요성을 간과하고 있는 경우가 많으며 현대인들의 족저압은 과거에 비해 증가하는 추세이다. 2021년 한국보건산업진흥원이 발표한 조사 결과에 따르면, 족저압에 대한 관심이 있다고 응답한 비율이 2017년 64.6%에서 2021년 72.7%로 증가한 것으로 나타났다. 또한, 2022년 한국건강증진개발원이 발표한 조사 결과에 따르면, 족저압 검사를 받은 경험이 있다고 응답한 비율이 2020년 26.9%에서 2022년 32.1%로 증가한 것으로 나타났다. 그 이유는 현대인들은 과거에 비해 정적인 생활을 많이 하며 좌식생활과 잘못된 자세의 오랜 시간 유지, 높은 굽 신발의 착용 등으로 과도한 체중부하와 근력약화에 따라 발의 접지 능력은 떨어지고 발에 가해지는 압력이 증가한다. 또한, 현대인들은 과거에 비해 쿠션이 과한 편한 신발을 많이 신는데 편한 신발은 발의 근육을 약하게 만들고, 발에 가해지는 압력을 오히려 증가시킬 수 있다. 이러한 현상은 발 부상의 위험을 더욱 증가시킬 수 있으며 심할 경우 다양한 족통(무지외반, 건염, 발바닥 근막염, 중족골 통증, 무릎 통증)과 요통으로 이어질 수 있다.

족저압을 개선시킬 수 있는 대표적인 운동인 스쿼트(squat)는 하체를 강화하고 발의 근육을 활성화 시키는데 도움이 된다. 스쿼트를 할 때 자연스럽게 족저압이 증가하는데 이는 스쿼트가 발의 아킬레스건, 종아리 근육, 발바닥 근육을 강화시키고 발의 뼈를 강화하여 발 질환을 예방하는데 도움이 되기 때문이다. 스쿼트를 포함하여 웨이트 트레이닝과 같은 무거운 무게를 다루는 운동에는 안정성과 강력한 힘을 내기 위한 완벽한 접지는 중요한데 여러 가지 이유로 발바닥이 뜨거나 고르게 힘을 주지 못해 발 전체가 불안정하다면 2차적인 근육 불균형을 초래해 근관절 손상에 의한 제한적 사용이 체형의 변화를 일으킬 수 있다. 그렇기 때문에 신체의 모든 운동자세에서 힘을 주는 구간의 시작점이 매우 중요하다. 발바닥의 접지는 상지 운동 시에도 코어의 긴장과 더불어 반드시 필요한 밑받침이 된다. 올바른 발바닥의 접지를 인지하고 이를 통해 근력 운동을 해 준다면 몸 전체의 정렬을 맞추는데 많은 도움이 될 수 있을 것이다. 족저압 매트 내 지지영역의 균형이 맞을수록 안정성이 확보되고 효과적인 기립상태의 균형 훈련이 가능하다고 사료된다. 체중지지가 되는 전체 족저부 영역의 평균 압력의 감소는 특정 부위의 부하 되는 족저압을 분산시키므로 전체적인 신체 정렬에도 효과적이다(Mun, Chung, Ko, Kang, Ryu,




Choi, & Kim, 2016). 이와같이 인체의 균형 상태, 하지 기능 및 하지 근육의 불균형과 발바닥 아치의 무너짐은 발바닥 삼각대의 압력(foot plantar pressure)과 큰 연관성이 있으며 발바닥 압력 중심의 변화는 다양한 건강 문제로 이어질 수 있다.

2. 족저압 스마트인솔 및 매트 개발 현황

최근 족저압에 대한 관심이 증가함에 따라, 기능성 신발과 스마트 인솔과 같은 교정기구를 통해 이를 치료하려는 시도가 있다. 족저압 또는 발바닥 압력을 개선하기 위해 시중에 판매되고 있는 제품은 크게 세가지로 볼 수 있다. 첫째, 스마트 인솔은 가장 일반적인 제품으로 발바닥의 특정 부위에 쿠션이나 패드를 삽입하여 압력을 분산시킨다. 발바닥의

특정 부위에 압력을 분산시켜 통증을 완화하고 피로를 줄일 수 있다는 장점이 있지만, 운동화, 구두 등 다양한 신발에 사용하는 데 어려움이 있으며 깔창을 착용했을 때만 일시적으로 효과가 있으며 근본적인 문제를 해결하지 못한다. 인솔은 발바닥에 무언가를 덧대거나 붙이는 형태로 이루어지므로, 착용감이 불편하거나 통증을 유발할 수 있다. 또한 개인의 발에 맞게 제작해야하기 때문에 가격이 비싸며 주기적으로 변화하는 발에 맞게 교체해야 한다는 단점이 있다. 둘째, 스마트슈즈는 발의 움직임, 압력 분포, 걸음걸이 패턴 등을 측정하여 사용자의 건강 상태를 관리할 수 있으며 이를 통해 걷기 운동량, 보행 패턴의 이상 여부, 발 건강 상태 등을 파악하여 부상 예방 및 건강 증진에 도움이 될 수 있다. 그러나 일반 신발에 비해 가격이 비싼 편이며 내장 배터리를 사용하기 때문에 배터리 수명이 짧아 주기적으로 교체해야

Table 1. Types and Comparison of Orthotics

Category	Brand/Sources	Image	Price	Advantage	Disadvantage
Smart Insole	I-SOL/ Inc.gilon	 (http://www.gilon.co.kr)	₩220,000	-Real-time gait data storage and analysis -Bilateral foot balance, step length, activity time, and calorie analysis -Unobtrusive wearable device -App compatible	-High-cost -Uncomfortable to wear -Short battery life -Low user base product and Limited user reviews
Plantar Pressure Machine	FEETPRO/ Inc.lifelive	 (https://smartstore.naver.com/zzipputungi)	₩5,450,000	-Providing 2D and 3D images -Foot type classification (flat,nomal,high) -Peak pressure measurement -Forefoot/rearfoot pressure distribution ratio measurement -Plantar pressure distribution measurement and analysis -Body center of mass (COM) and sway measurement	-High-cost -Suitable for use in professional settings
Smart Shoes	Resilience/ Inc.worise	 (https://worise.com)	₩183,000	-Knee and back impact reduction -Impact protection -Improved athletic performance through pressure distribution and joint protection	-High-cost -Monotonous design -Battery lifespan -Personal information exposure risk

하는 번거로움이 있다. 또한 스마트슈즈는 사용자의 움직임, 압력 분포, 걸음걸이 패턴 등과 같은 민감한 정보를 수집하는데 이러한 정보가 악용될 경우 개인 정보 노출의 위험이 있으며 제품의 착용감, 디자인, 가격 등 개인의 선호도에 따라 사용이 제한될 수 있다. 셋째, 족저압 측정 기기는 의료원 또는 헬스 관련 전문업체에서 활용되고 있는데 발바닥의 압력을 정밀하게 측정할 수 있으며 객관적인 평가가 가능하며 환자의 족저압 상태를 의사나 치료사와 함께 논의하여 효과적인 치료 계획을 세울 수 있다. 그러나 고가의 장비로서 전문기관에서만 사용 및 체험이 가능하며 측정 시간도 오래 걸린다는 단점으로 개인이 생활 가운데 활용하기 어려운 실정이다. 대표적인 제품들을 Table 1에 나타내었다.

본 연구의 목적은 균형 잡힌 족저압을 유지하도록 즉각적인 피드백을 제공함으로써 올바른 신체 정렬을 하는 데 도움을 주고자 하는 것이다. 30대 성인 여성 7명을 대상으로 있는 자세와 스쿼트 시 실시간으로 좌, 우 발의 족저압을 측정하고 균형 정도에 따라 LED 불빛으로 시각적 알림을 제공하였다. 시각적 알림은 시각적 신호를 사용하여 사용자의 주의를 끌고 중요한 정보를 전달하는 효과적인 방법이다. 족저압에 관련된 복잡한 정보들을 단순한 LED의 불빛만으로 경고의 의미를 명확하게 전달할 수 있으며 소리 알림이나 진동 알림보다 더 눈에 띄고 기억하기 쉽다. 특히 소음이 많은 환경이나 사용자가 다른 작업에 집중하는 경우 매우 유용하며 청각장애인들도 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있다. 본 연구의 족저압 매트는 실시간으로 개인의 족저압 데이터를 확인할 수 있을 뿐만 아니라, 족저압이 불균형 상태일 때 직관적으로 확인할 수 있는 시각적 알림 기능이 다른 기기들과 차별화된다. 지속적으로 사용하면 사용자 경험을 향상시키고 작업 효율성을 높일 수 있다. 이는 특정 개인뿐만 아니라 운동 성과를 높이고 싶은 사람들에게도 이용 가능한 기기로, 올바른 자세를 도와줄 수 있는 스마트 매트 및 스마트 인솔, 신발의 개발에 기초자료를 제공할 수 있다.

3. 시각적 알림을 이용한 체형교정 연구 및 제품

교정 이라함은 바르게 고치거나 조정하는 것이다. 본 논문에서 의 교정의 의미는 실험에서 사용된 족저압 매트의 측정 시스템이 지시하는 값과 현시된 값 사이의 관계가 지정된 조건에 적합하였을 때를 의미한다. 최근 시각적 알림을 사용하여 체형을 교정하는 연구는 점점 증가하고 있으며, 다양한 접근 방식이 제시되고 있다.

Seo, Shin, and Moon (2019)은 스마트 거울을 활용한 실

시간 자세교정 피트니스 시스템의 효과를 평가했다. 시스템은 딥 러닝 모델, 자세 추정 알고리즘, 피드백 알고리즘을 사용하여 17개 관절점 기반으로 실시간 자세 추적 및 피드백 제공 기능을 구현했다. 연구 결과, 시스템은 운동 시 올바른 자세 유지에 효과적인 것으로 나타났다. 딥 러닝 모델은 95% 이상의 높은 정확성을 보였으며, 특히 사용성과 만족도 평가에서도 긍정적인 결과를 얻었다. Park and Lee(2021)는 웨어러블 기기를 활용하여 자세 교정 시스템 개발 및 평가 시스템의 정확도, 자세 교정 효과, 사용자 만족도를 검증하였다. 스마트워치와 앱을 통해 자세 데이터를 획득하고 실시간으로 시각적 및 진동으로 피드백 제공한 결과, 시스템을 사용한 그룹은 허리굽힘과 어깨 굽힘 각도가 유의미하게 개선되었으며, 자세 지수도 평균 10% 이상 향상되었다. 반면, 대조군은 자세 지수에 유의미한 변화가 없었다. 실생활에서 사용되고 있는 시각적 알림을 제공하는 다양한 제품들이 있다. 대표적으로 스마트워치는 운동 목표 달성, 심박수 상승, 혈압 변화 등 다양한 건강 지표를 시각적으로 알려주며, 수면 패턴을 분석하고 개선하는 데 도움을 준다. 스마트밴드는 스마트워치보다 저렴한 가격에 기본적인 건강 추적 기능을 제공한다. 걸음 수, 소모 칼로리, 수면 패턴 등을 시각적으로 알려준다. 자외선 차단 알림 기기는 자외선 차단제를 바르는 시기와 강도를 알려주어 피부 손상 위험을 시각적으로 알려줌으로써 피부 건강을 보호하는 데 도움을 준다.

이러한 제품들은 시각적 알림을 통해 건강 지표를 쉽게 확인하고 관리할 수 있도록 함으로써 건강한 생활 습관을 형성하고 유지하는 데 도움을 주며 건강 문제를 조기에 발견하고 예방하는 데 기여한다. 하지만 아직까지 시각적 알림이 있는 매트 기구는 존재하지 않는다. 이번 시각적 매트 개발을 통한 족저압 불균형 교정은 긴 기간이 아닌 즉각적인 교정효과를 먼저 확인하고자 한다. 이후 지속 가능한 효과 검증을 위해 더 많은 대상을 대상으로 지속적인 교정 효과를 검증하는 패셔너블 스마트매트 연구에 기초자료를 제공하고자 한다.

III. 연구방법 및 절차

1. 연구대상

과거 하지 관련 수술 경험이 없는 30세에서 35세 사이의 일반 직장인 성인 여성 12명 중 스쿼트 동작을 했을 때 무릎이 충분히 굽혀지지 않는 5명을 제외한 7명을 대상으로

Table 2. Physical Characteristics

Variable	Mean±SD
Age	32.43±2.74
Height (cm)	55.73±2.02
Weight (kg)	163.27±1.04
Foot-size (mm)	237.14±2.60

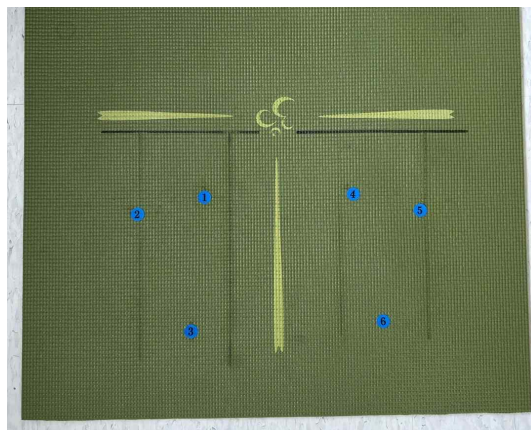


Figure 2. Plantar Pressure Mat and Three Points for Measuring Plantar Pressure (taken by authors)

하였다. 모든 대상에게 연구 목적 및 방법에 대해 상세히 설명하였다. 설명 후 설명지를 추가로 배포하고 동의서에 서명한 후 진행하였다. 피험자들은 모두 건강한 신체를 가지고 있었으며, 신체적 특성은 Table 2와 같다.

2. 시각적 알림이 있는 족저압 매트 개발

시중에 판매되고 있는 두께 6mm의 요가 매트로 가로 600mm, 세로 550mm 로 제작하였다. 6mm의 폭은 족저압을 측정하기에 너무 얇거나 두껍지 않아 족저압을 세밀하고 정확하게 측정할 수 있다. 재단된 요가 매트(이하 매트) 뒷면에 피험자들이 발끝을 동일하게 맞춰 설 수 있도록 선을 그어 표시하고 압력센서 위치를 고려하여 지압 점을 스티커로 표시하였다(Figure 2). 매트 밑에 아두이노 압력센서 6개를 좌,우 엄지발가락 밑, 새끼발가락 밑, 뒤꿈치에 해당하는 위치에 부착하였다.

1개의 압력센서는 직경 26mm FSR(Force-Sensing Resistor)로 압력 변화에 따라 저항값이 바뀌며, 이를 활용하여 압력 변화를 읽을 수 있다. 아날로그 방식으로 센서값을 측정하며 1개의 압력센서 측정 범위는 30kg 이상 1023kg 이하 측정 가능하며 해당 연구에서는 총 6개의 압력센서를 사용하였다.

3. 회로 설계

압력센서는 전압분배법칙에 의하여 설계되었다(식 1). 전압분배법칙은 직렬로 연결된 저항에 걸리는 전압을 계산하는 법칙으로, 전압분배법칙을 사용하면 전압분배기의 출력 전압을 계산할 수 있다. 압력센서는 압력에 따라 저항값이 변하는 센서로, 압력이 증가하면 센서의 저항이 감소하고, 압력이 감소하면 센서의 저항이 증가하는 원리이다. 아래 회로도(Figure 3)에서 압력센서에 가해지는 하중이 증가하면, 센서

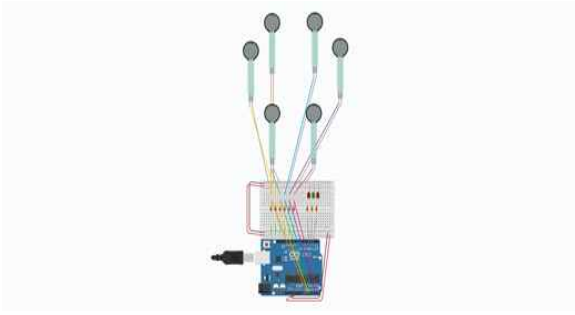


Figure 3. Circuit Diagram (taken by authors)

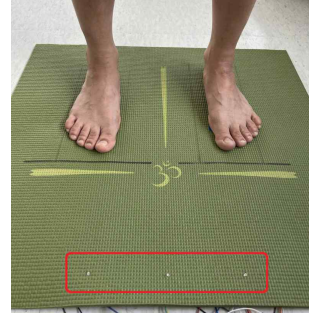


Figure 4. LED Visual Notification (taken by authors)

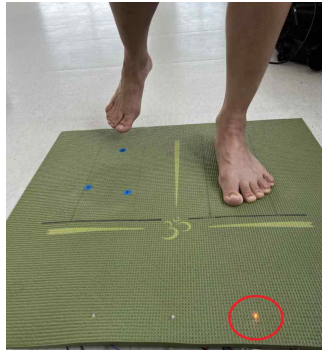


Figure 5. Red Light (Weight shifted to the left foot [taken by authors])

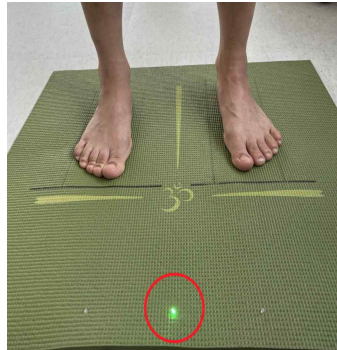


Figure 6. Green Light (Balance [taken by authors])

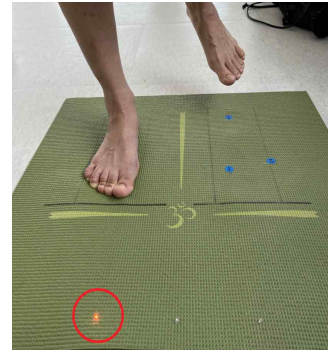


Figure 7. Red Light (Weight shifted to the Right foot [taken by authors])

의 저항이 감소한다. R1은 1KΩ, Vin은 5V. R2는 압력센서로 설계하였다. 압력센서의 부하 증가로 인해 센서의 저항(R2)이 줄어들며 이에 V2에 전압이 낮게 인가되는 원리이다[식 1]. 예를 들어, R2가 10KΩ의 저항을 가질때, 식(1)에 의하여 4.55V의 전압을 얻는다. 센서가 압력을 받아 R2가 1KΩ이 된다면 2.5V의 전압을 얻게 된다. 위 원리로 압력 센서를 통해 부하되는 족저압 측정이 가능하다.

다음은 센서 값들을 얻어 좌우 밸런스를 평가해 LED로 역추적이팅하는 프로세싱이다. 6개의 압력센서 회로 모두 위에 설계대로 동등하게 제작되었다. 각각의 압력 센서 전압(V2)를 구하기 위하여 전압분배법칙에 따라 아날로그 핀을 A0~A5까지 연결하였다(Fig. 4). 각 센서값은 L1(왼쪽 전족부-연결 핀 A0), L2(왼쪽 중족부-연결 핀 A1), L3(왼쪽 후족부-연결 핀 A2), R1(오른쪽 전족부-연결 핀 A3), R2(오른쪽 중족부-연결 핀 A4), R3(오른쪽 후족부-연결 핀 A5)

로 설정했다. LED의 발광은 전체 센서 비 왼쪽 센서값 합들의 비율 범위로 판단하였다(식 2). 좌우 밸런스가 좋을 때 그 적정치를 50%로 설정하고 허용 범위를 ±10%로 둬므로 녹색 LED는 40<leftP<60, 왼쪽 적색 LED는 60<leftP, 오른쪽 적색 LED는 40>leftP 에서 발광하도록 코딩하였다. LED 발광시 사용한 고정저항은 1KΩ이다. 6개의 센서는 아날로그 핀과 연결하여 아날로그 데이터를 시리얼 모니터로 출력하였고 L 1~3, R 1~3의 일렬 데이터를 처리하였다.

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

식(1) 전압분배법칙

$$leftP = \frac{L1 + L2 + L3}{L1 + L2 + L3 + R1 + R2 + R3} \times 100(\%)$$

식(2) 전체 센서 비 왼쪽 센서값 합들의 비율

매트 상단에 LED 3개를 설치하여 족저압 변화에 따른 시각적 알림을 줄 수 있도록 아래 그림과 같이 부착 하였다 (Figure 4). 좌측 발로 무게중심이 쏠릴 시 좌측 Red light(Figure 5), 좌우 무게중심의 균형이 맞을 때 Green light(Figure 6), 우측 발로 무게중심이 쏠릴 시 우측 RED light(Figure 7)로 시각적 알림이 실시간으로 나타날 수 있도록 하였다.

4. 실험방법

1) 족저압 측정

실험자는 기립 시 양발에 가해지는 족부의 압력을 측정하기 위해 족저압 매트 위 표시된 선 안에 정확한 발의 위치를 유지하고 자연스럽게 선 상태로 앞을 주시하며 서 있는 자세를 1분 동안 유지하도록 하였다. 이때 피험자가 실험에 집중할 수 있도록 측정에 영향을 미치거나 방해가 될 수 있는 환경적 자극을 배제되도록 하였다. 평소처럼 자연스럽게 앞을 바라보는 선 상태의 발의 좌,우 족저압을 측정하였다 (Figure 8). 신뢰할 수 있는 데이터를 위해 각각 5회 측정하여 좌·우 체중 분포(%) 평균 압력을 구하여 처리하였다. 피험자는 족저압 매트 상단의 LED 불빛을 보며 1분 동안 Green light가 될 수 있도록 서 있는 자세를 취했다. 하체운동에 효과적인 스쿼트 동작 시 족저압을 확인하기 위해, 발을 어깨너비만큼 벌린 상태에서 양 발끝을 15° 바깥쪽으로 돌리고 허벅지가 수평이 될 때까지 여러 번 앉았다 일어나도록 하였다(Figure 9). 스쿼트 자세 시 보폭에 맞게 센서 위치를 수정하고 바로 매트에 올라가 경고음이 없을 때의 스쿼트 동작 시 족저압을 확인하였다. 1분 동안 총 10회를

수행하도록 하였다. 3분 휴식 후, 매트 상단의 LED 불빛을 보며 1분 동안 10회의 스쿼트 동작 시 족저압을 확인하였다 (Figure 10).

5. 자료처리방법

족저압에서 알림 유무에 따른 효과를 비교하기 위하여 Paired-T 검정을 실시하고 그 결과를 확인하였다. 대응 표본 T검정(paired t-test)은 두 개의 짝을 이룬 측정치(paired measurements)의 평균 차이가 있는지 없는지를 검정하는 방법이다. 대응 표본 T검정을 수행하기 위해서 다음과 같은 가정을 만족하도록 하였다. 첫째, 측정치는 정규 분포를 따른다. 둘째, 두 그룹의 분산은 동일하다. 셋째, 실험 전후의 차이에 대한 값들이 서로 독립적이다. Paired t-test를 수행하기 전에 먼저 실험 전후 데이터가 정규분포를 따르는지 확인하기 위해서 정규성검정을 실행하였다. 두 집단의 평균 차이를 표준 오차로 나눈 값을 t값, t-value는 t 검정의 검정통계량으로, 두 집단의 차이가 유의미한지를 판단한다. p-value가 0.05보다 작을 경우 유의미한 것으로 판단하였다.

IV. 결과 및 고찰

본 연구는 과거 하지 관련 수술 경험이 없는 30세에서 35세 사이의 일반 직장인 성인 여성 7명을 대상으로 아래 4가지 상태에서의 족저압 데이터를 수집하고 그 효과를 비교하였다. 대응 표본 T검정을 사용하여 족저압 알림 유무에 따른 족저압 변화를 비교하였고 분석 전, 족저압 데이터가 정

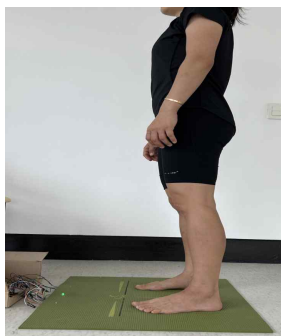


Figure 8. Standing Position
(taken by authors)

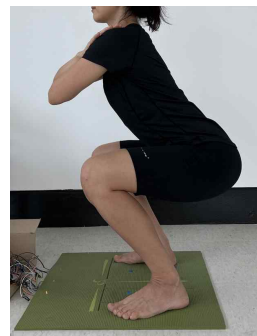


Figure 9. Squat Position
(taken by authors)

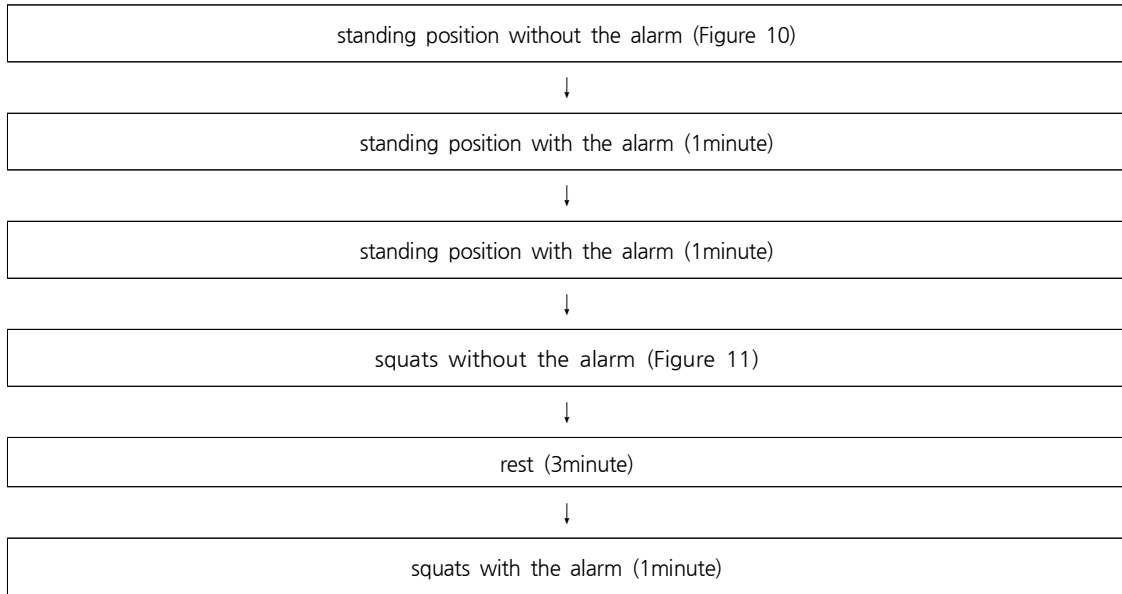


Figure 10. Experimental Sequence (drawn by authors)

Table 3. Forefoot and Hindfoot Plantar Pressure Balance Change

Variable	Absolute Difference %	t	p-value
Before Alarm	30.50	35.39	.000***
After Alarm	11.34		

***p<.001

규 분포를 따르는지 정규성 검정을 실시하였다. 그 결과 족저압 알림은 족저압에 유의미한 영향을 미쳤다(p-value < 0.05). 첫째 1분 동안 평시 서 있는 자세(앞을 편안하게 바라보는 상태)의 좌,우 족저압 데이터를 확인하였다. 둘째 1분 동안 개발한 족저압 매트 상단의 LED 불빛을 보고 서 있는 상태에서의 좌,우 족저압을 피험자 스스로 교정했을 때 족저압 데이터를 확인하였다. 셋째 1분 동안 10회의 평시 스쿼트 동작 시 좌,우 족저압 데이터를 확인하였다. 넷째 개발한 족저압 매트 상단의 LED 불빛을 보며 1분 동안 10회의 스쿼트 동작을 했을 때 좌,우 족저압 데이터를 확인하였다. 서 있는 상태에서의 족저압 확인 시에는 휴식 시간이 없고 스쿼트 동작에서의 족저압 확인 시에는 3분의 실험 간

격을 두었다. 실험 결과는 7명의 평시, 알림 시 각각의 족저압 데이터를 합산한 평균값을 백분율로 아래와 같이 나타내었다.

1. 서 있는 자세

동일 집단에서 알림 유무의 평균 차이를 비교하기 위해 Paired-T 검정통계량으로 사용하였으며 t값이 35.39이고 p-value가 0.05보다 작으므로 두 값은 유의미한 차이를 보였다(Table 3).

평시 서 있는 자세에서 왼발의 전족부(엄지발가락과 새끼발가락 족저압의 합)가 차지하는 비율은 15.4% 후족(발뒤꿈

Table 4. Forefoot and Hindfoot Balance Change

	Before Alarm		After Alarm	
	Forefoot(%)	Hindfoot(%)	Forefoot(%)	Hindfoot(%)
Left Foot	15.4	84.6	36.5	63.5
right Foot	23.6	76.4	40.8	59.2

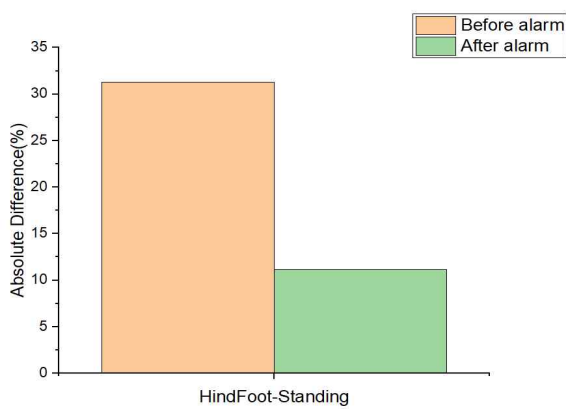


Figure 11. HindFoot-Standing Absolute difference(%)
(drawn by authors)

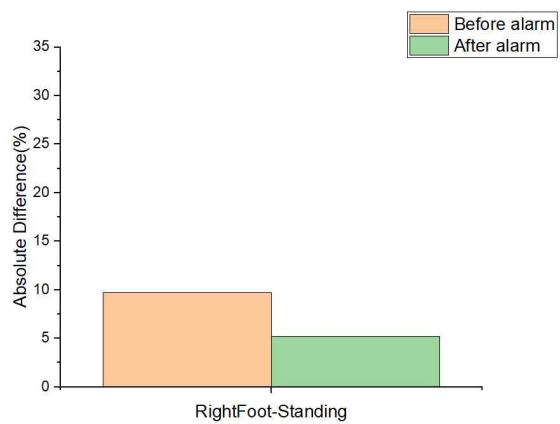


Figure 12. Right Foot-Standing Absolute Difference(%)
(drawn by authors)

치)은 84.6%로 뒤꿈치에 체중이 크게 실려 있으며 오른발 역시 전족 23.6% 후족 76.4%로 발뒤꿈치에 체중이 크게 실려있음이 동일하게 확인되었다(Table 4). 시각적 알림이 있는 족저압 매트에서 시각적 알림에 따라 서 있는 자세를 교정했을 때 왼발의 전족부는 36.5%로 21.1%만큼 늘었으며 후족은 63.5%로 21.1%만큼 감소하였다. 즉 시각적 알림이 없을 때보다 발뒤꿈치에 크게 실렸던 무게가 전족부로 분산되어 평소 왼발 뒤꿈치의 족저압 값이 84.6%에서 63.5%로 크게 감소하였고 오른발 뒤꿈치도 평소 76.4%의 족저압이 59.2%로 크게 줄어 전족과 후족의 데이터값이 비교적 균형 있게 출력되었다. 즉 체중분산의 균형이 맞춰지고 있다고 해석할 수 있다.

시각적 알림이 있는 매트의 효과를 직관적으로 보기 위해 가장 이상적인 족저압 비율인 5:5로 설정하고 이상적인 족저압 비율에서 시각적 알림이 없을 때의 값과 시각적 알림이 있을 때의 값을 뺀 절대차이를 그래프로 나타내었다. 시각적 알림이 없는 매트에서 서 있을 때의 양발 후족 족저압

의 합은 전체 비 80.3%이며 시각적 알림이 있는 매트에서는 61.1%로 -19.2%만큼 크게 줄었음을 확인할 수 있었다. 전족과 후족의 이상적인 균형 비율을 5:5로 했을 때 시각적 알림이 없을 때의 절대차이는 31.3% 였으나 시각적 알림이 있을 때 절대차이는 11.1%로 크게 줄었음을 확인할 수 있다(Figure 11). 이는 평소 발 후족에 크게 실려있던 체중이 시각적 매트에서는 전족으로 무게 중심이 분산되어 비교적 균형있는 값으로 변화됨을 의미한다.

동일 집단에서 알림 유무의 평균 차이를 비교하기 위해 Paired-T 검정통계량으로 사용하였으며 t값이 14.27이고 p-value가 0.05보다 작으므로 두 값은 유의미한 차이를 보였다(Table 5). 평소 왼발의 전체 비 족저압은 59.7%, 오른발의 전체 비 족저압은 40.3%로 왼발에 체중이 치우쳐있는 것을 확인할 수 있다. 시각적 알림이 있는 족저압 매트에서 시각적 알림에 따라 서 있는 자세를 교정했을 때 왼발의 전체 비 족저압은 44.8% 오른발은 55.2%로 평소 더 많은 체중이 실려 있던 왼발에서 오른발로 체중이 균형 있게 분산

Table 5. Left Foot and Right Foot Balance Plantar Pressure Balance Change

Variable	Absolute Difference %	t	p-value
Before Alarm	9.19	14.27	.000***
After Alarm	5.20		

***p<.001

Table 6. Left Foot and Right Foot Balance Change

Balance Ratio	Before Alarm		After Alarm	
	Left Foot(%)	Right Foot(%)	Left Foot(%)	Right Foot(%)
	59.7	40.3	44.8	55.2

Table 7. Forefoot and Hindfoot Plantar Pressure Balance Change in Squat

Variable	Absolute Difference %	t	p-value
Before Alarm	16.65	26.27	.000***
After Alarm	1.4		

***p<.001

된 것을 확인할 수 있었다(Table 6). 즉, 한쪽 발에 치우쳐진 무게중심이 좌우 균형 있게 변화하고 양발 모두 발뒤꿈치에 치중되어 있던 무게중심이 전족, 후족 균형 있게 분산되었다. 이는 엄지발가락, 새끼발가락에 힘과 무게가 더 실리며 발뒤꿈치에 있던 무게중심이 앞으로 분산되며 체중이 발 전체에 고르게 균형 있게 분산되었으므로 해석할 수 있다.

시각적 알림이 있는 족저압 매트에서 시각적 알림에 따라서 있는 자세를 교정했을 때 오른발의 전체 비 족저압은 40.3%에서 55.2%로 +14.9%만큼 증가하였으며, 이상적인 좌,우의 균형 비율을 5:5로 했을 때 시각적 알림이 없을 때의 절대차이는 9.7% 였으나 시각적 알림이 있을 때 절대차이는 5.2%로 크게 줄었음을 확인할 수 있다(Figure 12). 즉 왼발에 비교적 많이 실려있던 무게중심이 오른발로 균형 있게 분산되었음을 의미한다.

2. 스쿼트 자세

동일 집단에서 알림 유무의 평균 차이를 비교하기 위해 Paired-T 검정통계량으로 사용하였으며 t값이 26.27이고 p-value가 0.05보다 작으므로 두 값은 유의미한 차이를 보였다(Table 7).

1분동안 시각적 알림이 없는 매트에서 스쿼트를 10회 실시했을 때 왼발의 전족부(엄지발가락과 새끼발가락 족저압의 합)는 14.0% 후족(발뒤꿈치)은 86.0%로 뒤꿈치에 체중이 크게 실려 있으며 오른발 역시 전족 32.7% 후족 67.3%로 발뒤꿈치에 체중이 크게 실려있음이 동일하게 확인되었다(Table 8). 크게 주목할 점은 발 후족에 크게 실려있던 체중이 시각적 매트에서는 전족, 후족 비교적 균형있는 값으로 확인되었다. 평시 왼발 뒤꿈치의 족저압 값은 86.0% 이었으나 교정매트에서는 65.6%로 매우 감소 하였고 오른발 뒤꿈치도 평시 67.3%의 족저압이 57.2%로 크게 줄어 전족

Table 8. Forefoot and Hindfoot Balance Change in Squat

	Before Alarm		After Alarm	
	Forefoot(%)	Hindfoot(%)	Forefoot(%)	Hindfoot(%)
Left Foot	14.0	86.0	34.4	65.6
Right Foot	32.7	67.3	65.6	57.2

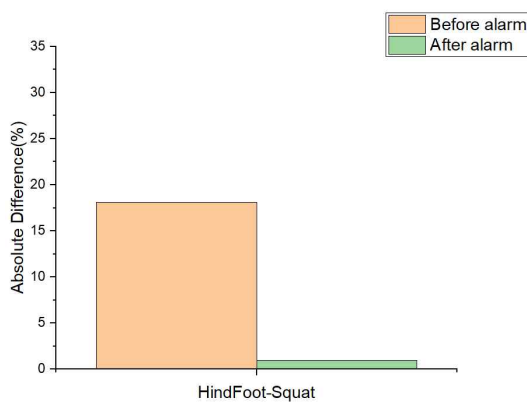


Figure 13. Hind Foot-Squat Absolute Difference(%) (drawn by authors)

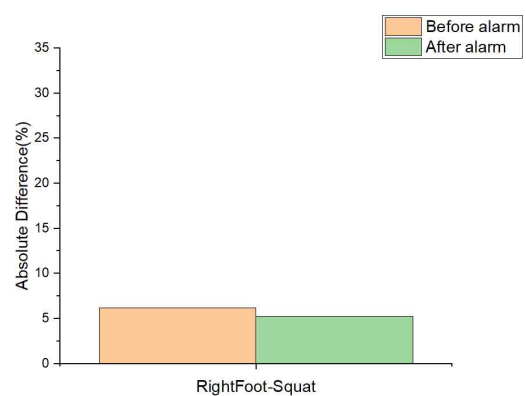


Figure 14. Right Foot-Squat Absolute Difference(%) (drawn by authors)

과 후족의 데이터값이 비교적 균형 있게 출력되었다. 크게 차지했던 후족 족저압의 비율이 크게 줄면서 발 전족부에 힘과 무게가 실리고 즉 체중 분산의 균형이 맞춰지고 있다고 해석할 수 있다.

시각적 알림이 없는 매트에서 스쿼트 시 양발 후족 족저압의 합은 전체 비 78.1%이며 알림 후는 61.0%이다. 알림이 있는 매트에서 후족 족저압이 17.1%만큼 줄었으며, 전족과 후족의 이상적인 균형 비율을 4:6으로 했을 때 시각적 알림이 없을 때의 절대차이는 18.1% 였으나 시각적 알림이 있을 때 절대차이는 0.9%로 크게 줄었음을 확인할 수 있다 (Figure 13). 이는 스쿼트시 후족으로 크게 실려있던 무게중심이 전족에 분산되어 그로 인해 전족과 후족의 데이터값의 차이가 크게 줄어들었음을 의미한다. 즉, 크게 차지했던 후족 족저압의 비율이 크게 줄면서 발 전족부에 힘과 무게가 실리고 즉 체중분산의 균형이 맞춰지고 있다고 해석할 수 있다.

동일 집단에서 알림 유무의 평균 차이를 비교하기 위해 Paired-T 검정통계량으로 사용하였으며 t값이 2.13이고

p-value가 0.05보다 작으므로 두 값은 유의미한 차이를 보였다(Table 9). 왼발의 전체 비 족저압은 56.2% 오른발의 전체 비 족저압은 43.8%로 서 있는 자세와 마찬가지로 왼발에 조금 더 체중이 치우쳐있는 것을 확인할 수 있었다. 시각적 알림이 있는 족저압 매트에서 스쿼트를 실시했을 때 왼발의 전체 비 족저압은 44.8% 오른발은 55.2%로 평시 더 많은 체중이 실려 있던 왼발에서 오른발로 체중이 균형 있게 분산된 것을 확인할 수 있다(Table 10). 즉, 서 있는 자세에서의 테스트와 동일하게 스쿼트 시에도 한쪽 발에 치우쳐진 무게중심이 좌우 균형 있게 변화하였고 양발 모두 발뒤꿈치에 치중되어 있던 무게중심이 전족, 후족 균형 있게 분산되었다. 엄지발가락, 새끼발가락에 힘과 무게가 더 실리며 발뒤꿈치에 있던 무게중심이 앞쪽으로 분산되며 체중이 발 전체에 고르게 균형 있게 분산됨을 확인하였다. 왼발에 쏠려있던 체중이 11.4% 감소하였고 상대적으로 오른발에 적게 실렸던 체중이 증가하였다. 이상적인 좌,우의 균형 비율을 5:5로 했을 때 시각적 알림이 없을 때의 오른발의 절대차이는 6.2%였으나 시각적 알림이 있을 때 절대차이는

Table 9. Left Foot and Right Foot Plantar Pressure Balance Change in Squat.

Variable	Absolute Difference %	t	p-value
Before Alarm	6.2	2.13	.000***
After Alarm	5.23		

***p<.001

Table 10. Left Foot and Right Foot Balance Change in Squat.

Balance Ratio	Before Alarm		After Alarm	
	Left Foot(%)	Right Foot(%)	Left Foot(%)	Right Foot(%)
	56.2	43.8	44.8	55.2

5.2%로 줄었음을 확인할 수 있다(Figure 14). 즉, 시각적 알림이 있는 족저압 매트에서 스쿼트를 실시했을 때 더 많은 체중이 실려 있던 왼발에서 오른발로 체중이 균형 있게 분산된 것을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 연구는 기존에 없었던 시각적 알림이 있는 족저압 매트를 개발하여 개인이 스스로 바른 균형을 맞추고 잘못된 불균형을 수정하는데 효과가 있는지 확인하였다. 시중에 판매되고 있는 요가 매트를 이용하여 센서내장형의 족저압 매트를 개발하였고 30대 직장 성인 여성 7명을 대상으로 서 있을 때와 스쿼트 시 족저압 분포를 알아보고 시각적 알림을 통해 스스로 불균형을 인지, 교정할 수 있는지 실험하였다. 연구 결과 시각적 알림 여부에 따라 전족 후족의 족저압 비율과, 좌우 발의 족저압 비율에 큰 변화가 있음이 확인되었다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 평시 서 있는 자세에서 왼발 전족부 15.4%, 후족 84.6%, 오른발 전족부 23.6%, 후족 76.4%로 발뒤꿈치에 체중이 과도하게 실려 있었으나, 시각적 알림이 있는 족저압 매트를 사용하면 왼발 전족부는 36.5% (21.1% 증가), 후족은 63.5% (21.1% 감소), 오른발 전족부는 30.8% (7.2% 증가), 후족은 59.2% (17.2% 감소)로 체중 분산이 균형 있게 맞춰진 것을 확인할 수 있었다.

2. 평시 서 있는 자세에서 왼발에 체중이 59.7%, 오른발에 40.3%로 체중이 실려 있었으나, 시각적 알림이 있는 족

저압 매트를 사용하면 왼발의 체중은 44.8%(14.9% 감소), 오른발의 체중은 55.2%(14.9% 증가)로 왼발에 치우쳐 있던 체중 중심이 오른발로 균형 있게 분산되었다. 좌우 발 균형 비율의 절대차이는 시각적 알림 없이 9.7%였으나, 시각적 알림을 사용하면 5.2%까지 줄어들었다.

3. 알림이 없는 매트에서 스쿼트 시 왼발 전족부 14.0%, 왼발 후족 86.0%, 오른발 전족 32.7%, 오른발 후족 67.3%로 발뒤꿈치에 체중이 과도하게 집중되어 있음을 확인하였다. 시각적 알림이 있는 매트에서는 왼발 전족이 34.4%로 증가하여 전족부의 압력이 20.4% 증가하였고, 왼발 후족은 65.6%로 20.4% 감소하였다. 오른발 전족은 42.8%로 10.1% 증가하였고, 오른발 후족은 57.2%로 10.1% 감소하였다.

4. 스쿼트 시 왼발에 실리는 체중 비율이 56.2%로 오른발(43.8%)보다 높아 왼발에 체중이 치우쳐 있음을 확인하였다. 시각적 알림이 있는 족저압 매트를 사용하여 스쿼트했을 때 왼발 체중 비율은 44.8%로 11.4% 감소하고, 오른발 체중 비율은 55.2%로 11.4% 증가하여 양발 체중 균형이 개선되었다.

시각적 알림이 있는 족저압 매트는 발뒤꿈치에 과도하게 실리는 체중을 전족부로 분산시킨다. 이는 발뒤꿈치 통증을 완화하고, 전족부를 더욱 활발하게 사용하도록 돕는다. 시각적 알림을 통해 사용자는 자신의 발 압력 분포를 실시간으로 확인하고, 불균형을 인지하며 균형을 개선하도록 노력할 수 있다. 이는 양발 체중 균형을 향상시키는 데에도 기여한다. 양발 체중 균형이 개선되면서 좌우 발 균형 비율 또한

개선되며 이는 이상적인 자세 유지에 도움을 줄 수 있다.

일반적으로 우리 신체는 27세 이후가 되면 신장의 변화 없이 체중변화가 시작되며, 30-40대에 이르러서는 가장 심하게 체중 증가가 일어나고 이 시기에 비만 인구가 급증한다고 한다(Yoo, 2008). 비만은 족저압 불균형의 주요 위험 요인 중 하나이다. 체중이 증가하면 발에 가해지는 압력이 증가하고, 이는 족저근막과 같은 발의 근육과 인대에 과도한 스트레스를 유발하여 통증과 불편함을 초래할 수 있다. 또한 발바닥의 지방 조직이 증가하며 이는 발의 아치를 지지하는데 어려움을 초래하고 족저압 분포의 변화와 불균형으로 이어질 수 있다.

최근에는 하이힐과 키높이 구두의 유행으로 20, 30대 젊은층에서 발의 노화가 가속화되고 있다(Foot Aging Starts in Your 20s, 2018). 한국족부학회의 2023년 12월호에 발표된 연구에 따르면 하이힐을 꾸준히 착용하는 여성은 평창족과 발바닥 통증을 경험할 가능성이 높으며, 이는 발 노화의 주요 원인이 될 수 있다고 발표 하였다. 하이힐과 키높이 구두는 여성의 패션 아이템으로 인기가 높지만, 발바닥의 아치를 지지하는 근육과 인대에 과도한 스트레스를 유발하여 통증과 불편함을 초래할 수 있으며 발목을 불안정하게 만들고 발가락을 압박하고 변형시킬 수 있다. 이는 족저압 불균형을 유발하는 주요 원인이 된다. 올바른 신체 정렬은 발바닥으로 지면을 고르게 딛고 서는 것에서부터 시작한다. 발바닥이 안정적으로 지면에 잘 붙어있을 때 안정적으로 체중을 지탱할 수 있다. 체형의 불균형은 여러 가지 이유가 있으나, 발에 따라서 결정이 되어지는 부분이 많기 때문에 족저압 검사를 통해 발의 형태와 상태를 파악하는 것이 중요하다. 발바닥으로 바르게 서 있거나, 두 발로 발바닥이 바닥에 닿아있는 상태로 운동하는 대표적인 운동인 스쿼트나 데드리프트와 같이 폐쇄사슬 운동의 경우 좌우 발이 불균형일 경우 발의 변형 및 통증이 일어날 수 있으며 심하게는 2차적인 근육 불균형을 초래해 요통과 족통의 원인이 되기도 한다. 스포츠 종목에 따라서 신체의 편측성 사용이나 근관절 손상에 의한 제한적 사용은 근육 불균형을 유발하고 체형의 변화를 일으킬 수 있다.

따라서 본 연구는 수평인 지면만 있다면 어디에서는 사용 가능한 가로 600mm 세로 550mm 두께 6mm 족저압 매트 를 제작하였고, 단순히 족저압을 측정하는 매트 역할에서 더 나아가 족저압이 불균형할 때 시각적 알림을 주어 즉각적으로 불균형을 인지하고 예방할 수 있는 족저압 매트 를 개발 하였다. 기존에 선행되었던 논문들은 족저압 매트 를 통해 신체 불균형을 규명 또는 개선하기 위한 하나의 검증 방법으

로써 사용하였다. 그러나 본 연구는 시각적 알림을 통해 개인이 스스로 족저압 불균형을 인지하고 자세 수정을 할 수 있는 가능성을 확인했다는 점에서 의의가 있다. 이를 통하여 일상생활이나 피트니스 활동 시 자세를 교정할 수 있는 스마트웨어러블 신발이나 양말 개발에 기초자료를 제공하고자 한다. 발을 통해 측정할 수 있는 정보는 보다 정교하고 활용 가치가 높지만 본 연구는 연구대상자 수가 적다는 제한점이 있다. 따라서 추후 후속 연구에서는 더 많은 대상자를 대상으로 스마트매트를 이용하여 족저압 교정을 통한 운동이 신체정렬에 주는 효과에 대한 연구가 필요하다고 여겨진다. 더 나아가 패션과 기능 모두가 중요시 되어지는 시대에 매트 자체로서의 역할 뿐만아니라 미관상 인테리어 효과도 고려하여 긍정적 효과를 줄 수 있다고 본다. 족저압매트와 패션 또는 인테리어의 조화를 위한 방법으로, 얇고 투명한 재질을 활용하여 패셔너블한 족저압매트를 통해 발 건강과 스타일을 동시에 챙길 수 있을 것이라 사료된다.

References

- Anonymous. (2018, April 3). 발의 노화는 20대부터...지금은 신발이 전신 건강을 위협한다[Foot Aging Starts in Your 20s: Are Your Shoes Threatening Your Overall Health]. *channelnews*. Retrieved June 13, 2023, from https://www.ichannela.com/news/main/news_detailPage.do?publishId=000000087076
- Choi, H. (2014). *A correlational study of the relationship between plantar pressure index and dynamic balance* (Unpublished master's thesis). HanSeoUniversity, Seosansi, Korea.
- Chae, M. (2023, January 16). 발, 스마트 인솔은 제2의 스마트 위치가 될 것[Foot, smart insole will become the next smart watch]. *Junggi economy*. Retrieved June 13, 2023, from <https://www.junggi.co.kr/article/articleView.html?no=29890>
- Doo, Y., & Jeong, Y. (2015). The correlation analysis of posture, balance and plantar pressure according to chronic neck, back pain. *Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 17(4), 57-66. doi: 10.15758/jkak.2015.17.4.57
- Dowling, A., Steele, J., & Baur, L. (2001). Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children. *Journal of Obesity*, 25(6),

- 845–852. doi: 10.1038/sj.ijo.0801598
- Foot aging starts in your 20s. (2018, April 3). *channelnews*, Retrieved June 13, 2023, from https://www.ichannela.com/news/main/news_detailPage.do?publishId=000000087076
- Gong, W., Kim, J., & Kim, T. (2009). The analysis of dynamic foot pressure on difference of functional leg length inequality. *Journal of Korean Physical Therapy*, 21(4), 43–49. doi: 10.14338/jkpt.2009.21.4.43
- Gravante, G., Russo, G., Pomara, F., & Ridola, C. (2003). Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Journal of Clinical Biomechanics*, 18(8), 780–782. doi: 10.1016/S0268-0033(03)00123-2
- Kim, J., Kim, S., Lee, S., Choi, H., & Cho, H. (2015). Foot pressure analysis in patients with knee osteoarthritis. *Journal of the Korean Society of Physical Therapy*, 33(4), 263–270. doi: 10.14338/jkpt.2015.33.4.263
- Kim, J., Kim, S., Lee, S., Choi, H., & Cho, H. (2015). Foot pressure distribution in flatfoot patients. *Journal of the Korean Society of Physical Therapy*, 33(4), 263–270.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52. doi:10.1207/S15326985EP3801_6
- Mun, M., Chung, Y., Ko, C., Kang, S., Ryu, J., Choi, H., & Kim, J. (2016). Study of plantar pressure as applying metatarsal pad for functional rehabilitation of lower extremity. *Korean society of precision engineering academic presentation conference*. (pp. 854–855). Jeju: Korean Society for Precision Engineering.
- Park, C., Jeong, H., & Park, S. (2019). Correlation between body alignment and foot pressure in high school baseball players. *Journal of the Korea Academia Industrial*, 20(12), 224–229. doi: 10.5757/JKAS.2019.20.12.224
- Park, J., & Lee, J. (2021, may 20–21). Development of a Posture Correction System Using Wearable Devices. Korea Ergonomics Society Spring Conference, Seoul, Korea.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Plantar Pressure Machine. (n.d.). [Photograph]. *coupang*. Retrieved July 23, 2023, from <https://www.coupang.com/vp/products/7246259447?itemId=18422338795&vendorItemId=85564223652&src=1032001&spec=10305201&addtag=400&ctag=7246259447&lptag=P7246259447&itime=20231001131911&pageType=PRODUCT&pageValue=7246259447&wPcid=16825833633154487316039&wRef=cr2.shopping.naver.com&wTime=20231001131911&redirect=landing&mcid=fa2e67d2948f4f37ae8d9e445bdebee2&isAddedCart=>
- Seo, J., Shin, M., & Moon, M. (2019). Fitness system for correcting real-time posture using smart mirror. *Journal of The Korean Institute of Power Electronics*, 23(1), 74–79. doi: 10.7471/ikeee.2019.23.1.74
- Smart Insole. (2021). [Photograph]. *gilon*. Retrieved July 23, 2023, from <https://smartstore.naver.com/gilon/products/5926405730?NaPm=ct%3Dln6y4js0%7Cci%3Dc41d81b6eac98d838833eafa9ed4b530544de078%7Cctr%3Dsls%7Csn%3D4646034%7Chk%3D2059d68e8dafc6da71ac94f0113d7544df3ac93a>
- Smart Shoes. (n.d.). [Photograph]. *worise*. Retrieved November 23, 2019, from <https://smartstore.naver.com/worise/products/6001021317?NaPm=ct%3Dln6yxi7s%7Cci%3D37907e6f8cdad3effc1ec1a23b8e2dec174fab9e%7Cctr%3Dsls%7Csn%3D2444848%7Chk%3D30b0c0e61bb82f242591180dcf51d38cd1001e0a>
- The Three Main Points of the Foot Arch. (n.d.). [photograph]. *tistory*. Retrieved June 2, 2023, from <https://ryueyes11.tistory.com/13130>
- Yoo, I. K. (2008). *An analysis on the factors influencing the obesity of adult females*. (Unpublished Master's thesis). Sungshin Women's University, Seoul, Korea.

Received (January 4, 2024)

Revised (February 13, 2024; February 19, 2024)

Accepted (February 20, 2024)

저자 박진희는 현 편집위원으로 재임 중이나 이 논문의 게재를 결정하는 데 어떠한 역할도 하지 않았으며 관련된 잠재적인 이해상충도 보고되지 않았음