

평발을 가진 20대 남성이 인솔구두의 굽 높이에 따른 보행 시 발목관절의 각도변화에 대한 융복합적 비교

서교철¹, 박승환^{2*}, 김현애³

¹나사렛대학교 물리치료학과 교수, ²울지대학교 의료공학과 교수, ³포항대학교 물리치료과 교수

Convergence Comparison of the Angle Change of Ankle Joint while Walking according to the Heel height of Insole Shoes in 20s males with Flatfoot

Kyo-Chul Seo¹, Seung-Hwan Park^{2*}, Hyen-Ae Kim³

¹Professor, Department of Physical Therapy, Korea Nazarene University

²Professor, Department of Biomedical Engineering, Eulji University

³Professor, Department of Physical Therapy, Pohang University

요약 본 연구의 목적은 인솔구두의 굽 높이에 따른 평발을 가진 20대 대학생의 보행 시 발목관절의 각도변화에 대해 융복합적 비교를 하는 것이다. 15명의 대학생을 대상으로 동작분석기(Qualisys Track Manager)를 이용하였다. 인솔이 장착된 기능성 구두를 제작하고, 구두의 굽 높이를 0cm, 3cm와 7cm로 셋팅하였다. 실험대상자들은 두 개의 굽 높이가 있는 구두를 신고 발목관절의 측면에 반사마커를 부착하여 보행을 실시하였다. 보행입각기에서 발목관절의 각도변화를 측정하였다. 평발을 가진 실험대상자가 인솔구두를 착용 시 구두 굽 높이가 높을수록 양측의 Heel strike, Foot flat, Midstance, Toe off에서 유의한 감소가 나타났다. 따라서 평발을 가진 대상자는 인솔구두를 착용 시 낮은 구두를 신어야만 발바닥의 피로를 감소시켜 편안한 보행을 할 것으로 사료된다.

주제어 : 동작분석기, 인솔, 입각기, 평발, 기능성 구두

Abstract The purpose of this study is to convergence comparison the ankle joint angle change during walking of college students in their 20s with flat foot according to the heel height of insole shoes. Qualisys Track Manager Software ver. 2.8 (Qualisys Track Manager) was used for 15 college students. Functional shoes with insoles were manufactured, and the heel heights of the shoes were set to 3cm and 7cm. The subjects wore shoes with two high heels and gaited by attaching a reflex marker to the side of the ankle joint. The angle change of the ankle joint was measured in the gait stance phase. The angle of the ankle joint significantly decreased both heel strike, foot flat, midstance, and toe off to the heel height increased when the subjects with flat feet wore insole shoes. Therefore, it is thought that flat feet should wear low shoes when wearing insoles to reduce the fatigue of the soles and to walk comfortably.

Key Words : Motion analysis, Insole, Stance, Flat Foot, Functional shoes

*This research was supported by the Korean Nazarene University Research Grants 2021.

*Corresponding Author : Seung-Hwan Park(pasuhwa@eulji.ac.kr)

Received September 6, 2021

Revised September 27, 2021

Accepted December 20, 2021

Published December 28, 2021

1. 서론

발의 뼈, 인대, 근육은 몸무게를 지탱하기 위해 적합하게 배열되어 있고, 7개의 발목뼈로 형성되며 체중을 받쳐주어 다양하게 지지면에서 신체안정성을 유지하기 위해 굽이를 형성하는 구조를 발바닥활이라고 한다. 바로 선 자세에서 두발로 섰을 때의 체중은 목말발배관절(talonavicular joint)을 통과하는데 목말뼈가 아래로 눌러면서 안쪽 세로활에 충격을 가해져 편평한 상태로 만들게 된다. 편평은 안쪽 세로활이 발바닥근막, 스프링 인대, 뒤정강근힘줄의 과신장 등이 나타나 비정상적으로 아래로 내려가게 된다[1]. 편평의 만성적 증상으로 안쪽 세로활의 각도가 감소하여 뒤쪽 발의 박굽이 현상 및 뒷발에 대한 중간발의 벌림이 동반된다[2]. 과도한 옆침을 가진 편발로 반복적인 체력활동을 하는 경우 하지에 급·만성적인 통증이 발생할 때 하지경련과 근육의 조기의 피로, 뒤꿈치통증 등의 다양하게 발생하여 비정상적 보행이 진행될 수 있다[3].

임상에서 흔히 편발을 진단하는 방법은 발뒤꿈치뼈 피치각(calcaneal pitch angle) 검사가 있다. 발바닥 활의 변형 유무 및 정도는 지표면과 뒤꿈치뼈의 발바닥면이 만나서 이루는 발뒤꿈치뼈피치각(calcaneal pitch angle)의 측정을 통해 평가되며 15° - 25° 는 정상, 15° 이하는 편발로 분류된다[4]. 발바닥의 활 각도가 정상 범위보다 크거나 작으면 관절과 근육의 피로도가 증가 되고 보행 또는 운동수행의 효율성을 감소시키며 신체 상해를 일으킬 수 있다[5].

편발의 기형을 해결하기 위해 Pratt[6]은 기능성 발보행기로 기형의 예방이나 교정을 하여 정강뼈의 안쪽 돌림으로 전이가 감소시켰다고 하였고 Song[7]은 오소틱(orthotic) 보조기로 옆침만을 감소시키는 것만 아니라 정강뼈의 안쪽돌림까지도 기능의 감소를 일으켰다고 하였다. 편발을 가진 자를 대상으로 기능성 보조기로 발목관절과 발의 보행 기전을 정상적 보행으로 바꿀 수 있는 영향을 줄 수 있다고 보고하였다[8]. Park과 Park[9]은 기능성 편발보조기 착용한 후 보행을 하였을 때 시상면의 편발의 발목각도가 감소한 연구도 있었다.

기능성 발보조기로 편발의 보행에 정상적인 보행으로 만들기 위한 긍정적인 연구들이 진행되어 왔지만 일상생활 속에서 보편적이고 저렴하면서 대중적인 면과 기능성을 함께 생각해 볼 때 기능성 편발 보조기로 생활하기에 대중화하기에 약간의 문제점이 발생할 수 있다.

그래서 이런 문제점을 해결하면서 편발족이 일상생활에서 쉽게 구입할 수 있는 측면에서 구두형식의 신발을 추천할 수 있다. 구두는 일반적으로 기능적인 면에서 많은 발전이 이루어져 왔으며 외부의 충격과 자극을 흡수하고 인체의 여러 관절을 보호하기 위한 수단으로 많이 착용하였다[10,11]. Choi와 Kwon[12]은 편만한 구두의 안창은 다리의 근육활동을 감소시키고, 운동수행 능력을 향상시켰다고 보고하였다. 최근에는 여성들이 높은 굽을 구두를 즐기는 경우가 많은데 굽이 있는 구두를 장시간 착용하면 수직적 충격량이 더 많이 증가하여 발목관절의 안쪽젖힘과 발바닥 굽힘이 유발하고, 신체체중을 전방으로 이동시켜 비정상적인 신체배열이 나타나게 된다[13]. Kim 등[14]은 구두의 굽이 높을수록 20대 여성의 허리관절의 전방이동이 더 증가됨을 보여주었다. Hong 등[15]은 장기간 굽이 높은 구두형 신발을 착용하면 신체분절의 위치와 신체중심의 변화가 비정상적으로 나타나게 되고 이는 운동학적 그리고 동력학적으로 보상 변화가 나타난다고 하였다.

이전 선행 연구에서 구두 굽 높이를 통해 하지의 비정상적 운동생리학적 요인과 허리관절의 역학적 변화에 관련된 연구가 진행되어 왔다. 하지만 편발을 대상으로 인솔을 구두내부에 장착하여 굽 높이변화에 따라 보행을 할 때 발목관절의 각도에 대한 비교한 연구는 아직 이루어지지 않았다. Lee 등[11]의 연구를 통해 보였듯이 편발을 가진 대상자들이 편안하고 기능적인 구두를 착용하고 싶어 하는 연구조사가 있기 때문에 본 연구에서도 구두내부에 인솔을 장착하여 보행을 할 때 굽 높이를 차이에 따라 발목관절의 각도에 대한 비교를 알아보고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상자 및 연구기간

본 연구는 2021년 05월 03일부터 2021년 05월 18일 까지 경기도 E 대학에 다니고 있는 대학생들을 대상으로 실험에 참여하였다. Seo 등[16]의 연구방법에 따라 방사선적 측정에 의하여 발뒤꿈치뼈 피치각(calcaneal pitch angle) 평가되며 15° - 25° 는 정상, 15° 이하는 편발로 판정받게 된다. 이결과에 해당하는 20대 대학생 15명을 본 실험에 참여하였으며, 편발이외에는 다리의 외상이나 골절 또는 수술경험이 있는 자, 신경계 및 근

골격계 질환을 가지고 있는 자는 실험에서 미리 제외시켰다. 코로나 바이러스의 확산방지를 위해 실험실은 매일 실험실 소독을 하였고, 실험건물을 출입하기 전에 반드시 개인별 QR코드 체크와 발열확인 및 마스크 착용이 이루어져야 했고, 실험실에는 실험대상자 1명과 대기자 1명간 3m이상 간격을 두고 진행시켰다. 연구 대상자들은 이 연구에 대해 충분히 이해하기 위해 연구 방법에 대해 설명을 들었고, 연구에 참여하는데 동의서의 확인 및 허락을 받았다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 인솔을 장착한 구두제작

본 연구에서 인솔을 장착한 구두의 굽을 0cm, 3cm, 7cm를 제작하였는데 3cm구두높이는 일상에서 가장 흔히 이용하는 높이이고 7cm구두높이는 매장에서 키 높이 구두의 높이로 가장 많이 판매되고 있는 점에서 3m와 7cm 굽 높이를 정하였다[17]. 대상자들이 착용할 0cm, 3cm, 7cm 구두는 각자의 발크기에 맞게 선택하였다. 구두 속에 장착되는 평발의 활(arch)를 만들어 주는 장치로 인솔을 준비하였다. Han 등[18]의 연구에 근거하여 인솔의 제작이 진행되었고, 발허리뼈 안쪽내부를 하드웨어로 지지하여 발의 통증 및 피로를 감소시켜주고 발뒤꿈치뼈의 과도한 옆침과 뒤침을 감소시켜서 뼈의 정렬 및 신체안정성을 도와주는 목적으로 만들어졌으며 모든 대상자의 발바닥밀 세로활의 형태가 다르기 때문에 개개인의 인솔을 제작하기 위해 제작업체의 숙련된 전문가에 의해 수치측정과 인솔모형을 제작을 의뢰하여 완성하였다.

2.2.2. 보행분석

실험측정을 위한 동작분석기 Qualisys Track Manager(The core technology of Qualisys, Sweden)로 실시하였다. 실험자는 기능성 구두를 신고 보행을 실시할 때 발목의 관절각도의 자료를 확인하기 위해 초당 100Hz로 작동하는 6대의 고속 디지털 카메라(Qualisys ProReflex system, 240Hz)를 설치하였다. 전역 좌표계 설정을 위해 4개의 마커를 지닌 L자형의 프레임(frame)을 바닥에 두어 동작이 수행 될 공간의 기준점을 정의하고, 이 때 측정방향은 상방 수직축을 +Z, 운동 방향 축을 +Y, +Y축에서 +Z축으로의 크로스를 +X로 취하는 양쪽계를 이용하였다. 지역 좌표계는 양쪽 분절의 발목에

대해 전역 좌표축과 같은 방향으로 설정하였다. 실험자는 발목의 3차원 운동을 추적하기 위해 1개의 비공선상으로 구성된 반사 마커를 실험대상자의 발목관절의 측면에 부착하였으며, 발목분절에는 굽이 높은 구두의 캡과 5번 발허리뼈에 해당하는 표면에 부착하였으며, 관절에는 발목과 무릎 중심에 부착하였다. 또한 발의 보행 중 입각기의 발가락 떼기를 확인할 목적으로 굽이 높은 구두의 앞꿈치에 하나의 마커를 부착하였다. 실험대상자는 자연스런 보행을 위해 3번정도 예행연습을 실시하였으며, 평상시 자신의 보행속도를 유도하였다. 구두내부에는 인솔한 장착한 상태로 착용한 다음 첫 번째는 0cm 굽 높이 구두, 두 번째는 3cm 굽높이 구두, 세 번째는 7cm의 굽이 있는 구두를 착용하여 보행을 실시하였다. 발목관절각도의 분석은 오른발 뒤꿈치 닿기부터 왼발의 발가락떼기 시점까지 보행의 전구간으로 정하였다[19]. 실험대상자들은 발목의 해부학적 위치에 부착되어 있는 반사마커 장치들이 떨어지는 것을 방지하기 위해 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration)을 각 영역에 사용하였다. 발의 장축을 발목의 좌표의 전·후 축에 3초 정도 바로 선 자세에서 보행촬영을 시작하였다[20]. 첫 번째 굽높이의 보행을 실험을 실시한 후 실험실 가장 자리에 있는 의자에 앉아 두 번째 굽높이 구두를 착용한 후 20초간 휴식을 취한 다음 보행실험을 실시하였고 세 번째 굽높이 구두를 착용한 후 다시 20초간 휴식을 취한 다음 보행실험을 실시하였다.

2.3. 자료분석

본 연구는 SPSS win 18.0 으로 실험대상자들의 세 가지 구두 굽 높이에 따른 발목관절의 각도변화의 차이를 도출하기 위해 일원배치 분산분석(One way ANOVA)을 실시하였으며, 검정 후 군간의 차이를 설명하기 위하여 사후검증은 Least Square Difference (LSD)로 실시하였다. 유의수준은 .05로 설정하였다.

3. 결과

3.1. 실험대상자의 일반적 특성

실험대상자의 일반적 특성은 Table 1에서 보면, 전체 대상으로 남자 15명이다. 평균 연령은 24.11 ± 2.87 세이고 신장은 177.54 ± 4.68 cm, 몸무게는 70.88 ± 8.12 kg 이고, 발사이즈는 273.45 ± 2.50 cm였다.

Table 1. General characteristics of the subjects

	Group (M=15)
Age (yr)	24.11±2.87
Height (cm)	177.54±4.68
Weight (kg)	70.88±8.12
Foot size (mm)	273.45±2.50
M±SD	

3.2. 실험대상자의 보행시 인솔구두 굽 높이변화에 따른 발목관절각도의 변화

Table 2에서 확인해 보면 실험대상자의 보행을 할 때 인솔구두 굽 높이변화에 따른 발목관절의 각도에서 구두 굽 높이가 높을수록 양측의 Heel strike, Foot flat, Midstance, Toe off에서 유의한 차이로 감소한 수치를 보였다(p<.05). 발목관절의 각도변화에 따른 변화량검증을 보면 Heel strike에서는 오른발은 0cm와 3cm사이구간, 왼발은 0cm와 3cm사이구간과 0cm와 7cm사이구간에서 유의한 차이가 나타났다(p<.05). Foot flat에서는 오른발은 0cm와 7cm 사이구간, 왼발은 0cm와 3cm사이구간에서 유의한 차이가 나타났다(p<.05). Midstance에서는 오른발은 0cm와 3cm사이구간, 0cm와 7cm사이구간, 3cm와 7cm사이구간에서 유의한 차이가 나타났고(p<.05), 왼발은 0cm와 7cm 사이구간에서 유의한 차이가 나타났다(p<.05). Toe off에서는 오른발은 0cm와 3cm사이구간, 3cm와 7cm사이구간에서 유의한 차이가 나타났고(p<.05), 왼발은 0cm와 7cm사이구간에서 유의한 차이가 있었다(p<.05).

4. 고찰

평발은 안쪽의 세로활이 만성적으로 내려가거나 비정상적으로 낮아진 것으로[21], 평발의 기준인 발뒤꿈

치뼈 피치각(calcaneal pitch angle)평가되며 15° -25°는 정상, 15°이하는 평발로 분류된다[22]. 평발은 목말뼈와 발꿈치 사이에서 가쪽번짐 변형이 나타나므로[23], 구두안쪽 바닥표면에 인솔을 장착하여 보행을 시행하게 되면 발바닥활의 붕괴를 막아주는 동시에, 비정상적인 발목관절의 변화를 정상의 위치로 바꾸어 주게 된다[24].

그래서 본 연구에서도 인솔을 장착한 기능성 구두 제작하게 되었고 굽 높이를 0cm, 3cm, 7cm를 제작하였다. 구두높이 3cm는 일상에서 가장 많이 사용하는 높이이고 7cm는 키높이 구두의 굽 높이로 요즘 유행 및 대중화되는 높이로 평발을 가진 대상자에게 보행을 할 때 큰 영향을 줄 거라 판단되어[25] 본 연구에서도 평발을 가진 20대 대학생들을 대상으로 인솔을 장착한 기능성 구두의 굽 높이를 0cm, 3cm, 7cm의 차이를 두었고 착용하여 보행을 시행할 때 발목관절의 각도 변화를 알아보고자 하였다. 대상자가 인솔을 장착한 기능성 구두의 착용을 통해 보행을 실시하였을 때 입각기 구간에서 양측의 발목관절이 구두의 굽 높이가 높아질수록 발목관절의 각도변화가 유의하게 감소한 수치를 보였다. 구두 굽의 높이가 높을수록 인체중심점의 이동 폭에 크게 영향을 미치며 하지 부하에 상당한 영향이 미치게 되었고[26], Park과 Park[27]의 연구에서도 인솔을 장착한 3cm높이 기능성 발 보조기를 착용하여 보행을 할 때 시상면에서 목말밑관절의 역학적 움직임으로 발목관절의 각도변화가 유의하게 감소한 결과가 나타났다. 이런 결과를 바탕으로 본 연구의 결과를 보면 인솔을 착용하여 높은 굽의 구두를 신고 보행을 할 때는 발목관절 중 발등굽힘과 발바닥굽힘의 움직임이 작게 나타났는데 기능성 구두로 보행을 할 때 평발의 발바닥은 보행디딤기에서 기능이 약한 목말밑관절의 보행조건이 더 나빠지고 안쪽 세로활의 스트레스가 더 많이 받아

Table 2. Comparison of angle of ankle joint according to insole shoes heel height 0cm, 3cm, 7cm

Motion	Direction	0cm	3cm	7cm	F	p
Heel strike(°)	Right ^a	68.48±3.27	61.77±6.10	54.11±6.61	86.64	.02*
	Left ^{ab}	66.56±7.10	60.88±5.11	53.08±4.85	79.24	.01*
Foot flat(°)	Right ^b	65.71±2.27	59.45±6.22	52.05±6.37	74.16	.03*
	Left ^a	63.01±5.18	58.22±2.55	51.08±5.49	79.45	.04*
Midstance(°)	Right ^{abc}	75.57±4.15	71.50±6.12	63.74±7.51	91.87	.03*
	Left ^b	76.88±5.71	73.19±8.83	66.54±9.44	84.88	.04*
Toe off(°)	Right ^{ac}	64.74±3.92	62.59±5.13	55.88±7.84	79.25	.01*
	Left ^b	66.49±7.84	62.79±6.16	54.09±5.78	75.84	.01*

M±SD, *p<.05, ^a significant difference between 0cm and 3cm, ^b significant difference 0cm and severe 7cm, ^c significant difference between 3cm and 7cm

발목관절의 움직임이 더 작게 나타난 것으로 생각된다. Van Boerum과 Sangeorzan[28]은 평발을 가진 자는 보행 시에 목말밑관절에서 과도한 옆침이 발생하여 발목관절의 움직임을 제한에 영향을 끼치고 Koh와 Jung[29]은 정상발과 비교할 때 평발의 발바닥의 외재근이 약하여 목말밑관절의 각도의 작게 나타나기 때문에 본 연구에서도 인솔을 장착하여 높은 굽의 구두를 신고 보행을 하면 목말밑관절의 상대적 적은 움직임으로 발목관절의 각도가 작게 나타난 결과와 유사하게 나타났다. 굽 높이가 구두는 보행 시에는 에너지 소비량을 증가시키고, 근육 피로를 가중시켜, 안정성을 유지하는 발목관절의 근육들의 불균형을 초래한다고 하였다[30]. Yoon[31]은 평발을 가진 대상자에게 인솔이 장착된 구두로 보행을 통해 발과 발목의 정렬과 지지, 발과 발목기형의 예방 및 교정 발과 발목의 기능향상을 위해 도움을 줄 수 있다고 하였다. Moon과 Kim[32]은 평발족에게 인솔을 착용한 높은 굽의 신발을 착용하여 보행을 할 때 좌측과 우측의 발목각도의 변화가 약간의 차이가 나는 것은 개개인의 보행의 습관과 인솔착용으로 인한 우세성으로 인한 것으로 보고하였으며, 본 연구에서도 인솔구두의 굽 높이에 따라 보행 각도에 차이가 발생하였으며 좌·우측의 발목관절 각도의 변화량 검증에서도 유의성의 차이가 나타난 결과도 이전의 연구와 유사한 것으로 판단된다. 인솔을 장착한 기능적 보조기의 착용을 통한 보행능력과 굽높이 구두를 착용을 통해 보행능력을 함께 연구함으로써 평발을 가진 자에게 보행을 통해 발목관절의 각도변화를 확인함으로써 평발을 가진 자의 발목관절에 역학적인 움직임으로 정상족보다 피로도가 1.5배 더 많이 발생하는 비정상적인 발의 구조로서[33] 인솔을 장착하더라도 가급적 낮은 구두를 착용하는 것을 추천하는 바이다.

본 연구에서는 평발을 가진 20대 대학생들을 대상으로 15명의 적은 대상수의 실험에 참여하여 다양한 연령과 많은 표본수가 없어서 실험결과와 분석에 대해 일반화하기 다소 어려움이 있었고 개개인의 평발상태의 증상정도에 대해 세분화하지 않고 일반화한 것이 연구의 한계점이다.

5. 결론

본 연구는 평발을 가진 20대 대학생 15명을 대상으로 인솔을 장착한 구두의 굽 높이차이가 보행할 때 발목

관절의 각도변화를 알아보기 위해 구두 굽 높이 0cm, 3cm, 7cm를 각각 착용하여 보행을 하여 동작분석기를 이용하여 다음과 같은 발목관절 각도변화에 대한 결과를 도출하였다.

평발을 가진 자가 인솔을 장착한 구두를 신고 보행을 하더라도 가급적 낮은 굽의 구두를 착용하는 것을 추천하는 것이며, 앞으로는 평발을 예방하고 발바닥 스트레스를 회복시키기 위한 다양한 기능성 구두의 개발과 더불어 좀 더 세부적인 평발상태에 따라 여러가지 기능적 구두를 제작할 수 있다면 현재의 본 연구보다 더 세밀하고 질적인 연구가 나올 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] P. A. Houglum & D. B. Bertoti. (2012). *Brunstrom' Clinical kinesiology*. 6th ed. F.A. Davis.
- [2] S. J. Pinney, S. S. Lin. (2006). Current concept review: acquired adult flatfoot deformity. *Foot & ankle international*, 27(1), 66-75. DOI : 10.1177/107110070602700113
- [3] S. R. Kang, J. W. Nah, C. U. Hong & T. K. Kwon. (2018). The Development of Smart Insole for Improvement of Human Body Imbalance during Walking. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 35(1), 53-59. DOI : 10.7736/KSPE.2018.35.1.53
- [4] J. H. Park. (2013). Study on flow lines of ballet stance. *The Korean Journal of Dance*, 71(5), 43-61.
- [5] K. T. Lee, K. D. Kwak, D. Y. Kim, E. S. Kim, J. Y. Kim & J. Y. Kim. (2004). *Foot and Ankle Surgery*. Seoul, Koonja.
- [6] D. J. Pratt. (2000). A Critical Review of the Literature on Foot Orthoses. *Journal of the American Podiatry Medical Association*, 90(7), 339-341. DOI : 10.7547/87507315-90-7-339
- [7] J. H. Song. (2008). The Kinematic comparative study about effects of foot orthotics. *Korean Journal of Sport Science*, 19(1), 11-21.
- [8] S. Goske, A. Erdemir, M. Petre, S. Budhabhatti & P. R. Cavanagh. (2006). Reduction of plantar heel pressures: Insole design using finite element analysis. *Journal of Biomechanics*. 39(13), 2363-2370.
- [9] K. Y. Park & S. H. Park. (2010). Study on change

- of the flatfoot's ankle angle in sagittal plane before and after wearing FFO. *Journal of the Korean Society of Medical & Biological Engineering*, 31(1), 67-73.
DOI : G704-000351.2010.31.1.007
- [10] J. H. Lee. (2009). Kinetic Differences between Normal-design Running Shoes and Spring-loaded Running Shoes. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 581-592.
DOI : 10.5103/KJSB.2009.19.3.581
- [11] J. H. Lee, H. S. Cynn, T. L. Yoon, S. A. Choi & T. W. Kang. (2016). Differences in the angle of the medial longitudinal arch and muscle activity of the abductor hallucis and tibialis anterior during sitting short-foot exercises between subjects with pes planus and subjects with neutral foot. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(4), 809-815.
DOI : 10.3233/BMR-160693
- [12] K. J. Choi, H. J. Kwon. (2003). Sport biomechanical comparative analyses between general sporting shoe and functional walking shoe. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 13(2), 161-174.
DOI : 10.5103/KJSB.2003.13.2.161
- [13] C. M. Hwang, G. H. Lee, Y. G. Kim, C. M. Hwang, S. S. Kim, H. J. Choi, H. S. Kim & K. H. Ahn. (2000). Comparison of Lumbar Lordosis according to Heel Height in Normal Adults and Patients with Spondylolisthesis. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 24(6), 1186-1190.
- [14] B. G. Kim, W. T. Gong & H. S. Kim. (2007). The Effect of Heel-height on the Lumbosacral Region Angle of Young Ladies. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 2(1), 49-59.
DOI : JAKO200716755696196
- [15] C. W. Hong & Y. C. Kim. (2009). The evaluation of workload on lower limbs muscles in imbalanced lower limbs postures using EMG for preventing WMSDs. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(3), 81-85.
- [16] K. C. Seo, S. H. Park & K. Y. Park. (2017). Impact of Wearing a Functional Foot Orthotic on the Ankle Joint Angle of Frontal Surface of Young Adults with Flatfoot. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(5), 819-821.
DOI : 10.1589/jpts.29.819
- [17] Y. J. Kim, J. W. Koo & D. W. Oh. (2013). Influence of Shoe Heel Height and Muscle Fatigue on Static and Dynamic Balance in Healthy Young Women. *Physical Therapy Korea*, 20(3), 36-44.
DOI : 10.12674/ptk.2013.20.3.036
- [18] K. H. Han, K. H. Bae, H. G. Jung, M. S. Ha, D. Y. Choi, J. S. Lee & J. O. Yang. (2018). Comparison of plantar pressure and COP parameters in three types of arch support insole during stair descent in elderly with flatfoot. *Journal of Oil & Applied Science*, 35(3), 948-955.
DOI : 10.12925/jkocs.2018.35.3.948
- [19] B. J. Fregly, D. D. D'Lima & C. W. Colwell. (2009). Effective gait patterns for off loading the medial compartment of the knee. *Journal of Orthopaedic Research : Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 27(2), 1016-1021.
- [20] C. R. Lee. (2014). The Effects of the Low Extremity Angle according to Heel-height Changes of 20s Young Ladies during Gait. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(7), 1055-1058.
DOI : 10.1589/jpts.26.1055
- [21] D. A. Neumann. (2002). *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Foundation for Physical Rehabilitation. Mosby.
- [22] R. Chang, P. A. Rodrigues & P. E. Van Emmerik. (2014). Multi-segment foot kinematics and ground reaction forces during gait of individuals with plantar fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 47(11), 2571-2577.
- [23] M. Kido, K. Ikoma, Y. Hara, K. Imai, M. Maki, T. Ikeda, H. Fujiwara, D. Tokunaga, N. Inoue & T. Kubo. (2014). Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: A three-dimensional loading computed tomography study. *Clinical Biomechanics*, 29(10), 1095-1098.
- [25] W. C. Hsu, T. Sugiarto, J. W. Chen & Y. J. Lin. (2018). The Design and Application of Simplified Insole-Based Prototypes with Plantar Pressure Measurement for Fast Screening of Flat-Foot. *Sensors*, 18(11), 3617.
DOI : 10.3390/s18113617
- [26] E. B. Simonsen, M. B. Svendsen & A. Norreslet. (2012). Walking on high heels changes muscle activity and the dynamics of human walking significantly. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(1), 20-28.
DOI : 10.1589/jpts.28.2482
- [26] C. H. Lee & K. J. Nam. (2015). The Comparative Joint Angle and Load Distribution Analysis of Barefoot Walking and Functional Walking Shoes.

The Korean Journal of Physical Education, 54(1), 567-575.

DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.1.009

- [27] K. Y. Park & S. H. Park. (2010). Study on change of the flatfoot's ankle angle in sagittal plane before and after wearing FFO. *Journal of biomedical engineering research : the official journal of the Korean Society of Medical & Biological Engineering*. 31(1), 67-73.
- [28] D. H. Van Boerum & B. J. Sangeorzan. (2003). Biomechanics and pathophysiology of flat foot. *Foot and Ankle Clinics*, 8(3), 419-430. DOI : 10.1016/S1083-7515(03)00084-6
- [29] E. Y. Koh & D. Y. Jung. (2018). Comparison of Subtalar Joint Range of Motion and Dorsiflexor Muscle Activity Between Normal and Pes Planus Feet. *Journal of Korean Society Physical Medicine*, 13(2), 129-135. DOI : 10.13066/kspm.2018.13.2.129
- [30] A. Gefen, M. Megido-Ravid, Y. Itzchak et al. (2002). Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait & Posture*. 15(1), 56-63. DOI : 10.1016/S0966-6362(01)00180-1
- [31] J. G. Yoon. (2014). Influence of Heel Insole and Visual Control on Body Sway Index with High-heeled Shoes. *Journal of Korean Society Physical Medicine*, 29(4), 407-413. DOI : 10.13066/kspm.2014.9.4.407
- [32] G. S. Moon, T. H. Kim. (2011). The Effect of Total Contact Inserts on the Gait Parameters During High-Heeled Shoes Walking. *Physical Therapy Korea*, 18(2), 1-8.
- [33] G. S. Moon & S. Y. Chio. (2020). The Kinetic Analysis During the Gait on Descending Ramps With the Height of High Heels. *Korean Journal of Convergence Science*, 9(1), 267-285. DOI : 10.24826/KSCS.9.1.18

서 교 철 (Kyo-Chul Seo)

[정회원]



- 2012년 8월 : 대구대학교 물리치료 전공(이학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 나사렛대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 심폐물리치료
- E-Mail : blueskyskc@hanmail.net

박 승 환 (Seung-Hwan Park)

[중신회원]



- 1985년 10월 : 서울지구병원 의료장비 정비관
- 1990년 2월 : 인하대학교 전자공학(석사)
- 1995년 8월 : 인하대학교 전자공학(박사)
- 1995년 9월 ~ 현재 : 을지대학교 의료공학과 교수
- 관심분야 : 안광학기기, 재활공학
- E-Mail : pasuhwa@eulji.ac.kr

김 현 애 (Hyen Ae Kim)

[정회원]



- 2012년 8월 : 대구대학교 물리치료학 전공 (이학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 포항대학교 물리치료과 교수
- 관심분야 : 생리학, 신경해부학
- E-Mail : kha@pohang.ac.kr