
내림 경사로의 기울기에 따른 족저압과 압력중심이동경로 분석

Analysis of Plantar Foot Pressure and Pathway of COP Depending on Inclination of Descending Ramp

한진태*, 황보각**
경성대학교*, 대구대학교**

Jin-Tae Han(jthan2001@hanmail.net)*, Gak Whangbo(hbgak01@naver.com)**

요약

본 연구는 내림 경사로를 내려오는 동안 경사로의 기울기 변화가 보행 시 족저 영역별 최고 압력과 입각기 동안 압력중심이동경로를 분석하고자 실시하였다. 보행에 문제가 없는 열다섯 명의 건강한 젊은 성인이 이 연구에 참여하였으며 각각 평지, 내림경사 5°, 10°, 15°의 경사로를 내려오는 동안 입각기 발의 족저 최고 족저압과 압력중심이동경로를 측정하였다. 측정장비는 Tekscan사의 Footmat system을 이용하였으며, 대상자의 발을 일곱 개의 영역(두 개의 발가락 영역, 세 개의 전족부 영역, 한 개의 중족부와 후족부 영역)으로 나누어 자료를 수집하였다. 내림경사로의 기울기에 따른 최고 족저압의 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석을 이용하였고 압력중심이동경로는 육안적 관찰을 통해 알아보았다. 본 연구를 통해 내림경사로의 기울기가 커질수록 입각기 동안 최고 족저압은 엄지발가락영역에서 유의하게 증가하였고 세 개의 전족부 영역에서는 유의하게 감소하였다. 그리고 압력중심이동경로는 내림경사로의 기울기가 커질수록 전족부에서 압력 중심이 내측으로 이동하였고 엄지발가락까지 길어지는 경향을 볼 수 있었다. 따라서 내림경사로의 기울기가 -5°에서부터 일부 족저영역의 압력분포가 유의하게 달라지며 이는 내림경사로의 기울기가 발의 구조와 기능에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

■ 중심어 : | 족저압 | 압력중심 | 내림경사로 |

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of different ramp inclination on the maximum plantar foot pressure and pathway of the center of pressure. Fifteen healthy adults who had no musculoskeletal disorders were participated with this study and descended the ramp with different inclination(level, -5°, -10°, -15°). Plantar foot pressures were recorded by the Matscan system(Tekscan, Boston, USA) during level and descending ramp with barefoot. Plantar foot surface was defined as seven regions for pressure measurement; two toe regions, three forefoot regions, one midfoot region, one heel region. Repeated ANOVA was used to compare each region data of foot according to different ramp inclination. As descending ramp inclination became increased, the pressure of hallux region was significantly increased at -15° inclination and the pressure of 2-3 metatarsal head region were significantly decreased at -5°, -10°, -15° inclination. The pathway of COP had a tendency to be shifted inside in forefoot and prolonged to great toe as the descending ramp inclination increased. The results indicated that plantar foot pressure could be changed at hallux and forefoot regions with -5° ramp inclination and these findings demonstrated that ramp inclination could affect the structure and function of foot.

■ keyword : | Plantar Foot Pressure | Center of Pressure | Descending Ramp |

* 이 논문은 2009학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임

접수번호 : #100407-004

접수일자 : 2010년 04월 07일

심사완료일 : 2010년 08월 23일

교신저자 : 황보각, e-mail : hbgak01@naver.com

I. 서론

경사로는 계단을 대신할 수 있는 수직이동의 수단이며 특히 계단을 이용할 수 없는 장애인이나 노인, 임산부들을 위한 필수적인 시설이다[1]. 하지만 경사로 역시 계단과 같이 균형을 상실로 인한 노인낙상의 원인이 되는 시설물이기도 하다[2][3]. 특히 내림 경사로 보행은 일상생활에서 흔히 발생하는 미끄러짐의 원인이 된다[4][5]. 따라서 경사로보행은 사람에게 필수적이며 경사로 보행의 생역학적 요구의 이해는 치료사들에게 중요하다[6].

족저압은 운동과학의 임상분야와 연구 분야에서 많은 관심을 갖고 있는 측정 대상 중 하나이며 족저압을 측정함으로써 다양한 일상생활동작과 기능적 활동 중 발의 특정부위에 가해지는 압력을 관찰할 수 있다[7]. 족저압은 보행 중 발의 정적 그리고 동적 압력을 정량화하기 위해 측정한다[8][9]. 족저압 측정기를 이용한 동적 족저 부하 분포에 대한 측정은 정상적인 발과 비정상적인 발의 생역학을 연구하는데 필요하며 그 이유는 발위 구조와 움직임의 변수들은 발바닥의 동적 부하 분포 유형에 다른 영향을 주기 때문이다[10].

보행 시 발에 작용하는 압력은 여러 개의 센서로 구성된 압력 측정판을 통해, 지면과 닿아있는 부위의 센서에서 감지하는 힘으로 측정할 수 있다. 지면반발력(ground reaction force)은 힘 측정판(force platform)을 이용하여 측정하게 되는데, 힘 측정판은 앞·뒤, 좌·우, 아래·위, 세 가지 방향에서 작용하는 힘을 측정할 수 있다는 장점이 있으나, 발의 국소부위에 작용하는 압력은 측정할 수 없다. 이에 비해 압력 측정판은 입각기 동안 발바닥에 가해지는 하중을 영역별로 측정할 수 있어서 발에 말초 신경학적 질환이나 류마티스성 관절염이 있는 환자에게 사용하기 적합하다[11][12].

선행연구들을 살펴보면, Redfern과 DiPasquale[13]은 내림 경사로의 기울기를 0°, 5°, 10°, 15°로 하여 실험한 결과 전후 지면반발력(shear GRF)이 증가한다고 보고하였고 족저압과 관련된 선행연구로는 신발 조건[14][15]이나 신발굽 높이[16] 그리고 특정 동작을 수행 중에 족저압 변화에 관한 연구들[17][18]이 있었다. 그

리고 Minns와 Craxford[19]는 류마티스환자의 경우 중족골두(metatarsal head) 위의 최고 압력이 건강한 사람보다 2-3배 정도 높다고 하였다. 또한 증가된 족저압은 직접적인 전족부 변형의 원인이 될 수 있으며, 발 기능 변화와 근력 약화 역시 전족부의 크기와 부하 형태에 영향을 미친다고 하였다[20-22].

경사로는 내려올 때 미끄러지거나 균형을 잃어 낙상하는 위험이 있다. 내림 경사로의 기울어진 면을 내려오는 동안, 보행 역학을 이해하는 것은 낙상을 일으키는 요인들을 결정하기 위해 꼭 필요하다[23]. 선행연구에서는 대부분 평지보행에서 일어나는 운동학적 혹은 운동역학적인 자료를 분석하거나 경사로 보행에 관한 연구라도 평지보행과 경사로보행의 시공간적 변수에 대한 단순비교를 하였다. 즉 내림 경사로 보행 시 경사로 기울기에 따른 운동역학적 변수를 비교한 연구나 특히 경사로의 기울기에 따른 족저압 변화를 연구한 자료는 부족하다. 따라서 본 연구는 내림경사로의 기울기에 따른 족저압 변화와 압력중심이동 경로를 분석하여 경사로 제작 시 인간공학적으로 가장 적절한 경사로 기울기를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에는 신경학적인 병력이 없고 보행에 문제가 없는 21~35세의 젊은 성인 15명이 참여하였고 실험 전에 실험과정에 대한 충분한 설명을 하였으며 자발적인 참여 동의서를 받았다.

2. 연구도구 및 절차

2.1 실험 경사로 설계

경사로는 폭이 120cm, 길이가 150cm이며, 미끄러짐을 방지하도록 제작하였고 기울기를 조절하기 위해 연결부위를 만들어었고 기울기는 선행연구를 참고하여 0°, 5°, 10°, 15°로 정하였다[13]. 족저압 측정판을 두 번째 디딤발이 놓이는 부위에 설치하였다[그림 1].



그림 1. 실험 경사로

2.2 실험 절차

대상자가 실험실에 익숙하도록 5분간 보행 연습을 한 후, 정상시의 자연스러운 보행으로 걷도록 지시하였다. 실험은 경사로의 기울기를 무작위로 정하여 실시하였으며 보행 중 입각기 동안 족저압을 측정하기 위해 모든 실험에서 오른 발로 족저압 측정판을 밟고 지나가도록 지시하였다. 그리고 모든 연구대상자는 신발을 신지 않고 실험에 임하도록 하였고 구두지지 하에 보행을 실시하였다. 각 동작 간에는 30초의 휴식시간을 가졌다.

2.3 자료의 수집

입각기 동안 발바닥에 가해지는 압력을 보기 위해 Matrix 조건의 저항식 압력 센서인 MatScan system(Tekscan, USA)을 사용하였다. 압력센서의 너비는 702.579mm이며 센서는 가로 44개, 세로 52개로 구성되어 있다. 압력 분포는 Tekscan의 상용 프로그램을 이용하여 60 frame/sec로 자료를 수집하였고 경사로 내려오는 동안 경사도에 기울기에 따른 족저압 분석을 위해 Tekscan Pressure Measurement System Version 5.23을 사용하였다. 발바닥의 부위별 압력분포를 알아보기 위해 발을 7개의 구역으로 나누어 정의하였다 [24][25]. 두 개의 발가락 구역, 세 개의 전족부 구역, 그리고 하나의 중족부 구역과 하나의 후족부 구역으로 구분하였다. 그리고 중족골두(metatarsal head) 아래에 위치한 전족구역은 3등분하였다. 내측 전족 구역은 1번째 중족골두 아래, 가운데 전족 구역은 2, 3번째 중족골두 아래, 외측 전족 구역은 4, 5번째 중족골두 밑 부분이다. 발가락 구역은 엄지발가락과 새끼발가락으로 구성된 두 개의 구역으로 나누었다[그림 2]. 압력은 힘/면적으

로 단위는 kPa를 사용하면 Pa(파스칼)은 압력의 국제 단위이다. 1Pa은 1m²면적에 작용하는 1N의 힘으로 산출한다. 이는 프랑스 수학자, 물리학자 그리고 철학자인 Blaise Pascal(1623-62)에서 유래한다[26]. 또한 압력중심은 지면반발력(ground reaction force)이 적용되는 순간적인 점이다[27][28]. 이동하는 동안 이 점의 위치는 대부분 입각기 중 발뒤꿈치에서 발가락 방향으로 움직이고 작은 움직임이 내외측 방향으로 관찰된다. 지지면 위의 압력중심 경로의 예측은 보행선(gait line)으로 알려져 있다[29][30]. 본 연구의 측정값은 경사로의 기울기에 따라 경사도를 내려오는 동안 족부의 각 영역별 최고 압력값을 측정하였으며 압력중심이동의 경로를 알아보았다.

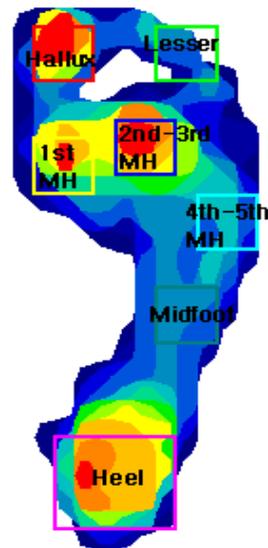


그림 2. 족저 영역 구분; MH: metatarsal head

3. 통계 처리

본 연구는 내림 경사도를 내려오는 동안 경사도의 기울기에 따라 족저 영역의 최고 압력값을 측정하였으며 압력중심이동경로에 대해 알아보았다. 따라서 내림 경사도를 내려오는 동안 경사도의 기울기에 따른 족저 영역별 최고 압력값에 대한 유의성을 알아보기 위해 반복 측정 분산분석(Repeated ANOVA)을 이용하였으며 Tekscan의 상용 프로그램을 이용하여 압력중심이동경

로를 비교해보았다. 통계처리는 SPSS version 12.0을 사용하였으며 유의수준(α)은 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자는 젊은 성인 15명이 참여하였으며 연구 대상자의 일반적 특성은 아래 [표 1]과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 신체 특성(Mean±SE)

Subject	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)	Foot sides
N = 15	29.13±5.51	172.60±1.06	69.73±1.48	258.25±5.64

2. 내림경사로 기울기에 따른 족저 영역별 최고 압력 비교

[표 2]는 내림 경사로 보행 중 경사각의 기울기에 따른 각 족저 영역별 최고 압력을 나타낸 것이다. 이는 보행 중 입각기 동안 발이 지면과 접촉하였을 때 전 구간을 통하여 나타나는 영역별 족저 최고 압력을 말한다. 내림 경사로의 기울기에 따른 영역별 최고 족저 압력은 내림 경사로의 기울기가 커질수록 엄지발가락 영역에서는 대체적으로 증가하였고 -15°기울기에서 유의하게 증가하였으며($p<0.05$), 새끼발가락 영역의 족저 최고 압력은 대체로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$)[표 2]. 전족부 영역에서, 첫 번째 중

족골두에서는 경사로의 기울기에 따라 대체로 족저 최고 압력이 감소하였고 -10°, -15° 기울기에서 통계적으로 유의하게 감소를 보였고 두세 번째 종족골두 영역에서는 -5°의 기울기에서부터 족저 최고 압력이 크게 감소하였고 통계적으로 매우 유의한 차이가 있었다. 네다섯 번째 종족골두 영역 역시 경사로의 기울기 커질수록 족저 최고 압력이 감소하였고 -5°에서부터 크게 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)[표 2].

중족부 영역은 경사로의 기울기가 증가할수록 족저 최고 압력은 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었고 하족부 영역은 경사로의 기울기가 증가할수록 족저 최고 압력은 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$)[표 2].

엄지발가락 부위(hallux)의 족저 최고 압력은 평지보행과 비교해 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 대체적으로 증가하였고 내림 경사로 -15°에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$)[그림 3]. 전족부 영역에서의 족저 최고 압력은 평지보행과 비교해 내림 경사로 -5°, -10°, -15° 기울기 모두에서 통계적으로 유의하게 감소하였다($p<0.05$)[그림 4]. 중족부 영역에서의 족저 최고 압력은 평지보행과 비교해 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었고($p>0.05$) 후족부 영역에서의 족저 최고 압력은 평지 보행과 비교해 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p<0.05$)[그림 5].

표 2. 내림경사로 기울기에 따른 족저 영역별 최고 압력(Mean±SD)

(unit :kPa)

영역	0°	-5°	-10°	-15°	F	P
Hallux	195.21±74.85	208.88±82.19	207.31±69.03	239.86±72.28	3.800	0.018 *
Lesser toe	50.62±28.72	43.61±20.93	43.24±17.15	43.08±14.35	1.147	0.343
1st metatarsal head	120.56±52.56	104.85±44.37	94.49±36.64	95.40±31.67	4.002	0.018 *
2-3 metatarsal head	260.57±56.62	202.22±58.01	193.39±50.31	173.44±64.10	48.654	0.000 **
4-5 metatarsal head	109.68±35.40	73.34±21.07	72.18±27.15	69.30±25.06	18.187	0.000 **
Midfoot	54.44±12.73	45.95±5.51	45.61±12.39	46.67±15.17	2.202	0.108
Heel	208.98±26.93	225.87±34.54	221.94±49.91	237.87±56.92	2.335	0.09

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

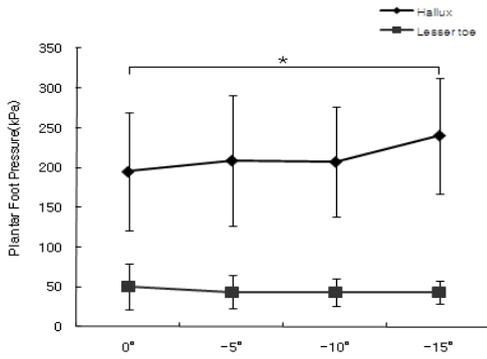


그림 3. 발가락부위 최고 압력 변화

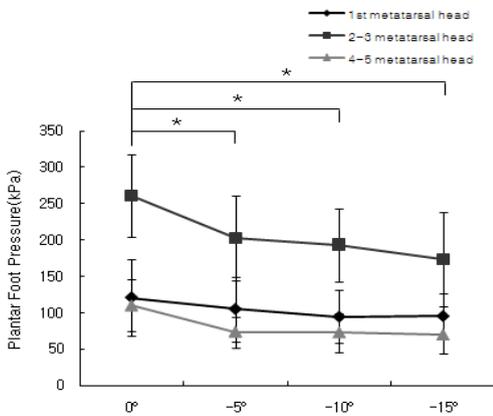


그림 4. 전족부 최고 압력 변화

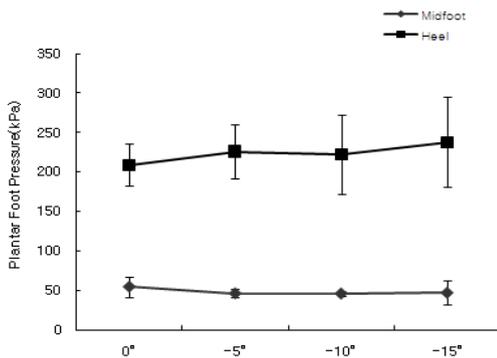


그림 5. 중족부와 후족부 최고 압력변화

3. 내림경사로 기울기에 따른 압력중심이동경로 분석

[그림 6]은 평지 보행과 내림 경사로를 내려오는 동안 경사로의 기울기에 따른 압력중심이동경로를 나타낸 것이다. 평지를 보행하는 경우, 일반적인 압력중심선의 이동경로인 후족부 외측에서 시작하여 끝 지점은 전족부 가운데 부위를 지나는 경로를 보여주고 있다. 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 압력중심이동경로는 전체적으로 내측으로 약간 이동하며 전족부에서 내측으로 뚜렷이 이동하는 경향이 나타난다. 그리고 경사로의 기울기가 증가할수록 압력중심이동경로가 엄지발가락까지 길어지는 모습을 보여주고 있다.

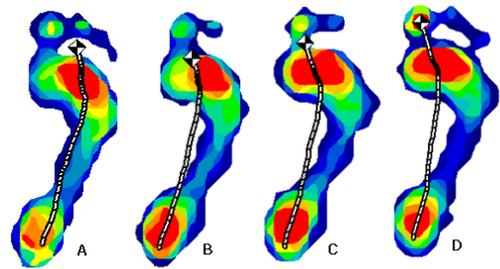


그림 6. 경사로 기울기에 따른 압력중심이동경로; A:평지, B:내림5°, C:내림10°, D:내림15°

IV. 고찰

계단이나 경사로 보행은 평지보행과 비교해 특히 도전적인 과제이다[31]. 하지만 경사로 보행에서 발의 부하가 어떻게 영향을 받는 지에 분명하게 제시되고 있지 않다. 보행하는 동안 압력분포와 활동 발 접촉면에 대한 정보는 신경학과 물리학분야에 매우 중요하게 고려된다[32].

지면반발력은 바닥의 여러 점에서 작용하지만 압력중심(center of pressure, COP)은 인체의 무게중심(center of gravity)이 작용하는 점으로 중력이 작용하는 점에서 작용한다. 족저압력 분포의 측정을 통해서 발의 각 부위에 전달되는 충격을 자세하게 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 이러한 압력분포의 측정과 분석을

통하여 부상의 진단 및 치료에도 이용될 수 있다 [33][34]. 또한 족저압 측정에 의한 입각기의 분석에서 족저압 측정을 보행과 관련지어 분석하는 것이 환자의 족부에 대한 문제를 정확하게 분석할 수 있고 [35] 여러 가지 치료의 경과를 알 수 있는 지표로 유용하다고 보고하였다 [36]. 예를 들면, 하지의 감각 장애를 가진 사람의 비정상적인 높은 족저 압력은 피사성 발 합병증과 관련되어있고 보행 시 전족부에 최고 족저 압력 감소는 이러한 질환의 치료와 예방의 중요 관점이 되었다 [37][38]. 따라서 다양한 보행 환경에서 족저압은 발의 구조와 기능 사이의 관련성을 밝혀주는 자료를 제공해 준다고 하였다 [25][39].

본 연구에서는 평지 보행과 내림 경사로를 내려오는 동안 경사로의 기울기에 따라 입각기 동안 최고 족저압과 압력중심이동경로 변화를 살펴보았다. 본 연구에서 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 엄지발가락 영역에서는 대체적으로 족저 최고 압력이 증가하였으며 내림 경사로의 기울기가 15°에서 평지보행과 비교해 유의한 차이를 보였다. 그리고 전족부 영역에서는 세 부위 모두에서 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 족저 최고 압력이 감소하였으며 내림 경사로 기울기 5°에서부터 유의한 차이를 보였다. 발뒤꿈치영역인 후족부에서는 내림 경사로의 기울기가 증가할수록 족저 최고 압력이 조금 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 이는 내림 경사로 보행 시 경사로의 기울기가 증가하면서 무게중심이동이 빠르게 진행되어 전족부에서는 최고 압력이 감소하고 오히려 엄지발가락 영역에서 보행의 안정성을 제공하기 위해 발이 떨어지는 순간까지 유지하기 위한 것으로 판단된다. 계단을 내려오는 동안 족저압 변화에 대한 연구에서는 계단을 내려오는 동안에 전족부에서 족저압이 증가하였다고 보고하였다 [31]. 또한 내림 경사로 기울기가 증가할수록 전족부에서 압력중심이동경로가 내측으로 이동하면서 엄지발가락 끝까지 연장된 점 역시 이러한 주장을 지지할 수 있다. 한진태, 황보각 [40]은 경사로 오르기 동안 압력중심의 이동경로는 전족부에서 내측으로 내전되는 경향이 나타났고 특히 엄지발가락으로 압력중심이 이동하였다고 하였으며 이는 경사로 오르기 동안 경사면의 기울기에

의한 발가락 떼기 시점까지 접촉이 계속되었기 때문이며 경사로를 올라가는 동안 기저면을 넓히기 위해 다리를 약간 벌리면서 걷는 경향이 나타났기 때문이라고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구와 유사하였다. 하지만 장애물 보행 시 장애물의 높이가 높아질수록 발가락 부위에서 최고 족저압은 유의하게 증가하며 후족부에서는 감소한다고 하였고 압력중심이동경로는 짧아지면서 전족부에서 외측으로 이동하는 경향이 있다고 보고하였다 [41]. 이러한 결과는 본 연구와 비교하여 발가락 영역에서는 유사하였으나 후족부와 압력중심이동경로는 다르게 나타났다. 이는 보행 시 주어진 과제에 따라 발에 전해지는 압력분포에 차이가 있음을 알 수 있고 이는 발의 중요한 기능이라고 사료된다.

V. 결론

본 연구는 일상생활에서 흔히 접하게 되는 내림 경사로 보행 시 경사로의 기울기에 따른 족저압과 압력중심 이동경로 변화에 대해 알아보았다. 내림 경사로 기울기가 증가할수록 엄지발가락 영역의 족저 최고 압력은 증가하였고 전족부 영역의 족저 최고 압력은 감소였다. 그리고 압력중심이동경로는 내림경사로의 기울기가 커질수록 전족부에서 압력 중심이 내측으로 이동하였고 엄지발가락까지 길어지는 경향을 볼 수 있었다. 따라서 내림경사로 보행 시 족저 영역의 압력분포가 달라지며 내림경사로의 기울기가 발의 기능에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 이는 작은 경사로 기울기만으로도 보행의 양상에 변화를 줄 수 있으므로 앞으로 경사로 제작 시 보행의 안전성을 고려한 제작이 필요함을 제시한다.

참고 문헌

- [1] 류남형, “步行姿勢解析에 의한 傾斜路의 步行性”, 한국조경학회지, 제23권, 제2호, pp.157-166, 1995.
- [2] L. A. Fingerhut, C. S. Cox, and M. Warner,

- “International comparative analysis of injury mortality; Findings from the ICE on injury statistics. Vital and Health Statistics of the Centers for Disease Control and Prevention,” *Adv Dada*, Oct 7, No.303, pp.1-20, 1998.
- [3] D. G. Lloyd and M. G. Stevenson, “Investigation of floor surface profile characteristics that will reduce the incidence of slips and falls,” *Mech Eng Trans Inst Eng*, Vol.17, No.2, pp.99-105, 1992.
- [4] 김선필, 원문학, 이민형, “미끄럼 발생에 따른 보행 동적 특성 연구”, 제40권, 제2호, 한국체육학회지, pp.821-831, 2001.
- [5] 정낙수, 최규환, “노인낙상의 원인과 예방”, 한국전문물리치료학회지, 제8권, 제3호, pp.107-117, 2001.
- [6] M. Kuster, S. Sakurai, and G. A. Wood, “Kinematic and kinetic comparison of downhill and level walking,” *Clin Biomech*, Vol.10, No.2, pp.79-84, 1995.
- [7] 노정석, 김택훈, “Parotec System을 이용한 족저압 측정의 신뢰도”, 한국전문물리치료학회지, 제8권, 제3호, pp.35-41, 2001.
- [8] P. R. Cavanagh and J. S. Ulbrecht, “Clinical plantar pressure measurement in diabetes: Rationale and methodology,” *The Foot*, Vol.4, No.3, pp.123-135, 1994.
- [9] L. A. Lavery, D. G. Armstrong, S. A. Vela, T. L. Quebedeaux and J. G. Fleischli, “Practical criteria for screening patients at high risk for diabetic foot ulceration,” *Arch Intern Med*, Vol.158, No.2, pp.157-162, 1998.
- [10] I. J. Alexander and K. R. Campell, *Dynamic assessment of foot mechanics as an adjunct to orthotic prescription. The Biomechanics of the Foot and Ankle*, 1st edition. Philadelphia: FA Davis, 1990.
- [11] M. N Orlin and T. G. McPoil, Plantar pressure assessment. *Phys Ther*, Vol.80, No.4, pp.399-409, 2000.
- [12] M. M. Rodgers, “Dynamic foot biomechanics,” *J. Orthop Sports Phys Ther*, Vol.21, No.6, pp.306-316, 1995.
- [13] M. S. Redfern and J. DiPasquale, Biomechanics of descending ramps. *Gait Posture*, Vol.6, No.2, pp.119-125, 1997.
- [14] 김연정, 채원식. “유선형 후방 밸런스 신발과 일반 신발의 족저압 비교”, 한국운동역학회지, 제17권, 제3호, pp.173-180, 2007.
- [15] 김용재, 지진구, 김정태, 홍준희, 이중숙, 이훈식, 박승범, “20대 여성의 신발종류에 따른 족저압 영역별 비교 연구”, 한국운동역학회지, 제14권, 제3호, pp.83-98, 2004.
- [16] T. R. Han, N. J. Paik, and M. S. Im, “Quantification of the path of center of pressure(COP) using an F-scan in-shoe transducer,” *Gait Posture*, Vol.10, No.3, pp.248-254, 1999.
- [17] 이동기, 이중숙, 이범진, 이훈식, 김용재, 박승범, 주종필, “족저압력분포 측정장비를 이용한 골프 스윙시 족저압 분석”, 한국운동역학회지, 제15권, 제1호, pp.75-89, 2005.
- [18] 김장환. 신현석, “하퇴 의지 사용자의 족저압 분포 특성에 관한 연구”, 한국전문물리치료학회지, 제8권, 제3호, pp.1-10, 2001.
- [19] 여민우, 이상도, 이동춘, “안전화 착화 시 보행 속도에 따른 족저압 분포에 관한 연구”, 대한설비관리학회지, 제11권, 제1호, pp.51-63, 2006.
- [20] R. J. Minns and A. D. Craxford, “Pressure under the forefoot in rheumatoid arthritis: A comparison of static and dynamic methods of assessment,” *Clin Orthop Relat Res*, No.187, pp.235-242, 1984.
- [21] S. J. Otter, C. J. Bowen, and A. K. Young, “Forefoot plantar pressure in rheumatoid arthritis,” *J Am Pediat Med Assoc*, Vol.94, No.3,

- pp.255-260, 2004.
- [22] J. Woodburn and P. S. Helliwell, "Relation between heel position and the distribution of forefoot plantar pressure and skin callosities in rheumatoid arthritis," *Ann Rheum Dis*, Vol.55, No.11, pp.806-810, 1996.
- [23] D. E. Turner, P. S. Helliwell, K. L. Siegel, and J. Woodburn, "Biomechanics of the foot in rheumatoid arthritis: Identifying abnormal function and the factors associated with localised disease impact," *Clin Biomech*, Vol.23, No.1, pp.93-100, 2008.
- [24] T. W. Kernozek and E. E. LaMott, "Comparisons of plantar pressure between the elderly and young adults," *Gait Posture*, Vol.3, No.3, pp.143-148, 1995.
- [25] H. B. Menz and M. E. Morris, "Clinical determinants of plantar force and pressure during walking in older people," *Gait Posture*, Vol.24, No.2, pp.229-236, 2006.
- [26] T. Frank, A dictionary of units, <http://www.ex.ac.uk/cimt/dictunit/dictunit.htm>, 1995.
- [27] M. W. Cornwall and T. G. McPoil, "Velocity of the center of pressure during walking," *J. Am Podiatr Med Assoc*, Vol.90, No.7, pp.334-338, 2000.
- [28] D. I. Miller, *Ground reaction forces in distance running*. In: *Cavanagh PR, editor. Biomechanics of distance running*. USA: Human kinetics books, 1990.
- [29] I. J. Alexander, E. Y. S. Chao, and K. A. Johnson, "The assessment of dynamic foot-to-ground contact forces and plantar pressure distribution: a review of the evolution of current techniques and clinical applications," *Foot Ankle*, Vol.11, No.3, pp.152-167, 1990.
- [30] E. A. Fuller, "Center of pressure and its theoretical relationship to foot pathology," *J. Am Podiatr Med Assoc*, Vol.89, No.6, pp.278-291, 1999.
- [31] A. Nagel, S. Frerick, and D. Rosenbaum, "Plantar pressure pattern in stairs climbing," *Clin Biomech*, Vol.203, No.5, pp.662-720, 2008.
- [32] E. B. Titianova, P. S. Mateev, and I. M. Tarkka, "Footprint analysis of gait using a pressure sensor system," *J Electromyogr. Kinesi*. Vol.14, No.2, pp.275-281, 2004.
- [33] 이중숙, 김용재, 박승범, "기능성 전문테니스화의 족저압력분포 분석", *한국운동역학회지*, 제14권, 제3호, pp.99-118, 2004.
- [34] T. R. Han, N. J. Paik, and M. S. Im, "Quantification of the path of center of pressure(COP) using and F-scan in-shoe transducer," *Gait Posture*, Vol.10, No.3, pp.248-254, 1999.
- [35] 이규환, 박시복, 이상건, 이강목, "족저압 측정에 의한 정상인 Stance Phase의 분석", *대한재활의학회지*, 제20권, 제2호, pp.524-531, 1996.
- [36] 백남중, 임민석, "보행 시 족저압 중심의 이동경로에 관한 연구", *대한재활의학회지*, 제21권, 제4호, pp.761-771, 1997.
- [37] D. G. Armstrong, E. J. Peters, K. A. Athanasiou, and L. A. Lavery, "Is there a clinical level of plantar foot pressure to identify patients with risk for neuropathic foot ulceration?," *J Foot Ankle Surg*, Vol.37, No.4, pp.303-307, 1998.
- [38] O. Y. Kwon and M. J. Mueller, "Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressure in people with diabetic neuropathies," *Phys Ther*, Vol.81, No.2, pp.828-835, 2001.
- [39] E. Morag and P. R. Cavanagh. "Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during waling." *J. Biomech*. Vol.32, No.2, pp.359-370, 1999.
- [40] 한진태, 황보각, "노인의 계단과 경사로 오르기

동안 하지의 운동학적 분석”, 한국운동역학회지, 제19권, 제3호, pp.435-448, 2009.

[41] 한진태, 이명희, 김정, “보행 시 장애물 높이에 따른 정상 성인의 족저압 분포 연구”, 한국운동역학회지, 제18권, 제2호, pp.1-9, 2008.

저 자 소 개

한 진 태(Jin-Tae Han)

정회원



- 1996년 2월 : 대구대학교 물리치료학과(이학사)
- 2005년 8월 : 대구대학교 재활과학과(이학석사)
- 2008년 8월 : 대구대학교 재활과학과(이학박사)

▪ 2010년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 물리치료학과 교수
<관심분야> : 운동역학, 보행분석, 물리치료

황 보 각(Gak Whangbo)

정회원



- 1996년 2월 : 대구대학교 물리치료학과(이학사)
- 2005년 8월 : 대구대학교 재활과학과(이학석사)
- 2008년 8월 : 대구대학교 재활과학과(이학박사)

▪ 2009년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 물리치료학과 교수
<관심분야> : 보행분석, 측정평가, 물리치료