



평지 보행 그리고 계단과 경사로 오르기 동안 압력중심 이동경로 및 족저압 비교

Comparison of Plantar Foot Pressure and Shift of COP among Level walking, Stairs and Slope Climbing

한진태(선린대학) · 김경*(대구대학교) · 임승건(우송대학교)

Han, Jin-Tae(Sunlin College) · Kim Kyoung*(Daegu University) · Lim, Seung-Geon(Woosong University)

국문요약

본 연구는 일상생활에서 흔히 접하게 되는 시설물 중 낙상의 위험이 큰 계단과 경사로 오르기 동안 젊은 성인과 노인들의 압력중심이동 경로와 족저압 변화에 대해 알아보았다. 측정도구는 MatScan system(Tekscan, USA)을 사용하였다. 보행 조건(평지 보행, 계단 오르기, 경사로 오르기)에 따른 족저 영역별 족저압의 차이를 알아보기 위해 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 사용하였다. 압력중심 이동경로는 젊은 성인의 경우 평지 보행과 비교해 계단 오르기에서 조금 짧아졌으며 전족부에서는 외전하는 경향이 나타났다. 경사로 오르기에서는 대체적으로 내전되는 경향이 나타났고 특히 입각기 말기에 엄지발가락으로 압력중심이 이동하였다. 노인의 경우 평지 보행과 비교해 계단 오르기에서 압력중심 이동 경로가 짧아졌으며 앞뒤로 이동이 많았으며 전족부에서는 외전되었다. 경사로 오르기에서는 압력중심이 좌우로 이동하는 경향이 나타났다. 족저 영역별 최고 족저압은 젊은 성인의 경우 평지보행과 비교해 경사로 오르기에서 2-3번째 중족골두 영역과 후족부 영역의 최고 족저압이 유의하게 감소하였다. 노인의 경우 첫 번째 중족골두 영역은 계단 오르기에서 최고 족저압이 증가하고 경사로 오르기에서 최고 족저압이 감소하였고, 두 번째 중족골두 영역과 후족부 영역은 평지 보행과 비교해 경사로 오르기에서 최고 족저압이 감소하였다. 같은 기술기의 계단과 경사로 오르기 동안 최고 족저압은 대체적으로 경사로 오르기에서 변화가 크게 나타났다.

ABSTRACT

J. T. HAN, K. KIM, and S. G. LIM. Comparison of Plantar Foot Pressure and Shift of COP among Level walking, Stairs and Slope Climbing, Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No. 4, pp. 59-65, 2008. The purpose of this study was to investigate the shift of COP pathway and the plantar foot pressure among level walking and stairs and ramp climbing in young and elderly people. Plantar foot pressure was measured by MatScan system(Tekscan, USA). Statistical analysis was used One-way ANOVA to know the characteristics of peak plantar pressure during walking with different the facilities. In young adults, COP pathway during stairs climbing was slightly shorten and trended to abduct at forefoot. COP pathway during ramp climbing was also shorten but trend to adduct at forefoot. Peak plantar pressure of 2-3 metatarsal head and heel during ramp climbing was more decreased than level walking. In elderly people, COP pathway during stairs climbing was more shorten and abducted than leve walking and COP pathway during ramp climbing was more unstable than level walking. Peak plantar pressure of first metatarsal head increased at stair climbing and decreased at ramp climbing. That of second metatarsal head and heel was more decreased at ramp climbing. Conclusionally, Peak plantar pressures of each foot region generally increased and more changed during ramp climbing.

KEYWORDS : PLANTAR FOOT PRESSURE, STAIRS, RAMP

I. 서론

족저압(plantar foot pressure)은 보행 중, 발의 정적 그리고 동적 압력을 정량화하기 위해 측정된다. 또한 당뇨 병환자에게 피사의 위험을 확립하기 위한 심사도구로 널리 사용되고 있다(Cavanagh & Ulbrecht, 1994). 족저압은 운동과학의 임상 분야와 연구 분야에서 많은 관심을 갖고 있는 측정 대상 중 하나이며 족저압을 측정함으로써 다양한 일상생활동작과 기능적 활동 중 발의 특정부위에 가해지는 압력을 관찰할 수 있다(노정석과 김택훈, 2001). 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(이중숙, 김용재와 박승범, 2004).

보행 시 발에 작용하는 압력은 여러 개의 센서로 구성된 압력 측정판을 통해, 지면과 닿아있는 부위의 센서에서 감지하는 힘으로 측정할 수 있다. 한편, 지면반발력은 힘 측정판을 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 적합한데(Orlin & Mcpoil, 2000), Minns와 Craxford(1984)는 류마티스환자의 경우 중족골머리(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 조건에 영향을 미친다고 하였다(Otter, Geurts, Mulder & Duysens, 2004; Woodburn & Helliwell, 1996; Turner, 2003). 하지만 지금까지의 연구들은 평지 보행에서 대부분 이루어졌으며 일상생활에서 흔히 접하는 계단이나 경사로 오르기 동안에 일어나는 압력중심 이동에 관한 연구나 족저압 변화에 대한 연구들은 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 평지 보행, 계단 그리고 경사로 오르기 동안 압력중심이동경로의 변화와 족부의 영역별 최고 족저압 변화를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에는 신경학적인 병력이 없고 보행에 문제가 없는 21~30세의 젊은 성인 15명과 65~75세의 노인 14명으로 하였으며, 대상자의 신체 특성을 알기 위해 나이, 체중, 신장을 측정하였다.

2. 연구 도구 및 측정방법

1) 실험 계단 및 경사로 설계

실험 계단과 경사로는 목재로 제작하였으며, 폭 120cm, 디딤면 길이 28cm, 계단 높이 18cm, 기울기가 30°인 계단을 만들었다. 계단은 3계단으로 하였으며 두 번째 디딤면에 족저압 측정판(footmat)을 설치하였다. 경사로는 폭이 120cm, 길이가 150cm이며, 기울기가 30°인 경사로를 제작하였고 족저압 측정판은 두 번째 발이 놓이는 부위에 설치하였다. 본 연구에서 경사로의 기울기를 30°로 한 것은 계단 보행과 비교하기 위하여 계단과 같은 기울기로 정하였다.

2) 실험 절차

대상자가 실험실에 익숙하도록 5분간 보행 연습을 한 후, 평상시의 자연스러운 보행으로 걷도록 지시하였다(1.2m/sec). 우선 평지에서 보행을 먼저 실시하였다.

보행 중 족저압 변화를 측정하기 위해 모든 실험에서 오른 발로 족저압측정판을 밟고 지나가도록 지시하였다. 그리고 모든 연구대상자는 신발을 신지 않고 실험에 임하도록 하였고 먼저 구두지지 하에 평지보행을 실시하였고, 계단 오르기, 경사로 오르기 순서로 실시하였다. 각 동작 간에는 30초의 휴식시간을 가졌다.

3) 자료 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.

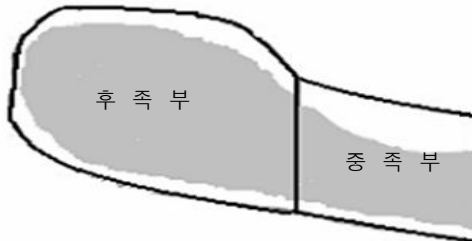


그림 1. 족저 영역 구분

압력 분포는 Tekscan의 상용 프로그램을 이용하여 60 frames/sec로 자료를 수집하였고 보행 시 족저압 분석을 위해 Tekscan Pressure Measurement System Version 5.23을 사용하였다. 발바닥의 부위별 압력분포를 알아보기 위해 발을 7개의 구역으로 나누어 정의하였다(Kernozk & LaMott, 1995; Menz & Morris, 2006). 하나의 후족부 영역(heel), 하나의 중족부 영역(midfoot), 세 개의 전족부 영역(forefoot), 그리고 두 개의 발가락 영역(toe regions)으로 구분하였고 중족골 두 아래에 위치한 전족부 영역은 똑같이 3등분하였다. 내측 전족부구역은 1번째 중족골두 아래(1st metatarsal head), 가운데 구역은 2-3번째 중족골두 아래(2nd-3rd metatarsal head), 외측 중족부구역은 4-5번째 중족골두(4th-5th metatarsal head) 밑 부분이다. 그리고 발가락 구역은 엄지발가락(hallux)과 4-5번째 발가락(lesser toe)으로 구성된 두 개의 구역으로 나누었다<그림 1>.

측정값은 평지보행과 계단보행, 경사로 보행 시 압력중심이동의 변화와 족부의 각 영역별 최고 족저압을 알아보았다.

3. 통계 처리

이 연구는 젊은 성인과 노인을 대상으로 평지 보행과 비교하여 계단과 경사로를 오르는 동안 족저 영역별 최고 족저압과 압력중심이동경로가 어떻게 변하는지 알아보고자 하였다. 따라서 보행 조건(평지, 계단, 경사로)에 따른 족저 영역별 최고 족저압의 유의성을 알아보기 위해 각각 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후검정으로 LSD 검증방법을 사용하였다. 통계처리는 SPSS version 12.0을 사용

표 1. 대상자의 일반적 신체 특성(M±SD)

변수	젊은 성인(n=15)	노인(n=14)	T	p
나이(yrs)	26.13±0.51	70.47±0.65	-53.26	.00*
키(cm)	172.60±1.06	170.40±0.88	1.58	.12
몸무게(kg)	69.73±1.48	69.53±1.01	.11	.91

* $p < .05$

하고 유의수준(α)은 0.05로 하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

실험에 참여한 대상자는 젊은 성인 15명과 노인 14명이었으며 연구 대상자의 일반적 신체 특성은 아래 <표 1>과 같다. 젊은 성인들과 노인들의 연령은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$). 다른 일반적 신체 특성들은 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$).

2. 족저압 분석

본 연구에서는 평지 보행과 계단 오르기, 경사로 오르기를 하는 동안 족저압 측정기를 이용하여 압력중심 이동 경로와 족저압 변화를 알아보았다. 지면반발력은 바닥의 여러 점에서 작용하지만 압력중심(center of pressure, COP)은 인체의 무게중심(center of gravity)이 작용하는 점으로 중력이 작용하는 지점에서 작용한다. 경사로는 계단을 이용할 수 없는 사람들을 위한 접근수단으로 공공시설에는 필수적인 구조물이다. 예를 들어, 유모차나 자전거, 휠체어 등 바퀴 달린 도구를 사용하는 경우나, 계단 보행에 불편함이 있는 장애인이나 노인 그리고 임신부나 어린이들에게는 중요한 시설이 된다.

족저압 측정기를 이용한 동적 족저 부하 분포에 대한 측정은 정상적인 발과 비정상적인 발의 생체역학을 연구하는데 필요하며 그 이유는 발의 구조와 움직임의 변수들은 발바닥의 동적 부하 분포 유형에 다른 영향을 주기 때문이다(Alexander & Campell, 1990).

1) 압력중심의 이동경로

<그림 2>는 젊은 성인이 평지 보행과 계단 오르기 그리고 경사로 오르기 동안 압력중심의 이동경로를 나타낸 것이다. 젊은 성인의 평지 보행 시 압력중심 이동경로는 발뒤꿈치에서부터 시작해 전족부를 거쳐 엄지발가락으로 이동하는 일반적인 자연스러운 경로였다. 평지 보행과 비교해 계단 오르기에서, 압력중심의 이동경로는 조금 짧아지는 경향을 보였으며 전족부에서의 압력중심 이동경로는 외측으로 외전하는 경향이 나타났다. 이는 계단 오르기 동안 계단의 디딤면에 발뒤꿈치부터 접촉하는게 아니라 발바닥이 거의 동시에 접촉하고 계단을 올라가기 위해 하지를 높게 들어올리기 때문이라고 생각되어 진다. 경사로 오르기 동안 압력중심의 이동경로는 평지와 비슷한 경향을 보였으나 전체적으로 내전되는 경향이 나타났고 특히 전족부에서 내전이 증가하며 엄지발가락 쪽으로 압력중심이 이동하였다. 이는 경사로 오르기 동안 경사면의 기울기에 의한 발가락 떼기 시점까지 접촉이 계속되었기 때문이라고 생각된다.

<그림 3>은 노인의 평지 보행과 계단 오르기 그리고 경사로 오르기에서의 압력중심 이동경로를 나타낸 것이다. 노인의 평지 보행 시 압력중심의 이동경로는 젊은 성인과 비슷한 경로를 보였고 계단 오르기에서는 젊은 성인과 비교해 압력중심의 이동경로가 더욱 짧아졌고 압력중심이 전후로 이동이 컸으며 전족부에서 역시 외측으로 외전되는 경향이 나타났다. 이는 하지근력의 약화와 계단을 올라가기 위한 빠른 무게중심이동이 원인이라고 생각된다. 경사로를 올라가는 동안 압력중심의 이동경로는 약간 내전되는 경향이 있었으며 엄지발가락으로 압력중심이 이동하였고 자연스러운 이동경로가 아니라 압력중심이 좌우로 이동하는 불안정한 경향이 나타났다. 이는 경사로를 올라가는 동안 지지면을 넓히기 위해 다리를 약간 벌리면서 걷는 경향이 나타났기 때문이라고 생각된다.

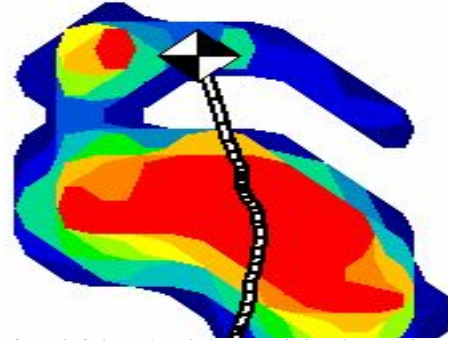


그림 2. 젊은 성인의 보행조건에 따른 압력중심이동 경로
A : 평지, B : 계단, C : 경사로

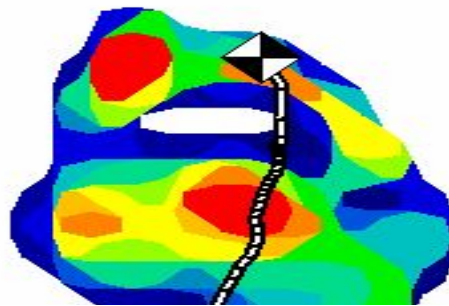


그림 3. 노인의 보행조건에 따른 압력중심이동 경로
A : 평지, B : 계단, C : 경사로

2) 보행조건에 따른 족부 영역별 최고 족저압 비교

<표 2>는 보행 조건에 따른 젊은 성인의 족부 영역별 최고 족저압을 나타낸 것이다. 이는 영역별로 나타나는 최고 족저압으로 평지 보행과 계단 그리고 경사로 오르기 동안 지면과 접촉하였을 때 전 구간을 통하여 나타나는 영역별 최고 족저압을 말한다.

엄지발가락 영역에서의 최고 족저압은 젊은 성인의 경우 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 대체로 감소하였고 노인의 경우 평지 보행과 비교하여 계단에서는 약간 감소하였고 경사로에서는 증가하였다<그림 4>. 엄지발가락 영역에서의 최고 족저압은 보행조건에 따라 통계학적으로 유의한 차이는 없었다<표 2>. 2-5번째 발가락 영역에서의 최고 족저압은 평지 보행과 비교해 계단과 경사로에서 젊은 성인과 노인 모두 약간 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다<표 2>, <그림 4>.

표 2. 젊은 성인과 노인의 족저 영역별 최고 족저압 비교(M±SD) 단위: kPa

족저영역	그룹	평지	계단	경사로	F	p
엄지발가락	젊은성인	72.54±24.04	67.68±31.56	55.55±20.23	1.735	.189
	노인	59.71±22.58	56.43±23.52	61.60±52.92	.080	.924
4-5번째 발가락	젊은성인	13.44±12.44	16.69±10.25	16.49±10.40	.405	.670
	노인	14.95±11.09	17.21±9.94	20.61±17.47	.692	.506
1번째 중족골두	젊은성인	44.98±11.99	51.14±18.22	52.11±20.22	.761	.473
	노인	54.59±17.68	66.52±31.96	65.39±36.10	.274	.762
2-3번째 중족골두	젊은성인	84.83±19.11	80.84±14.56	60.31±18.79	8.367	.001*
	노인	73.80±24.11	69.34±16.64	67.62±41.05	.180	.836
4-5번째 중족골두	젊은성인	37.68±9.53	42.73±20.28	40.25±25.83	.425	.656
	노인	39.96±11.05	35.90±15.53	35.59±10.16	.572	.569
중족부	젊은성인	21.51±8.41	19.90±8.35	16.77±6.94	1.388	.261
	노인	18.73±8.91	14.67±9.61	14.93±7.63	1.012	.372
후족부	젊은성인	84.58±23.50	56.47±29.23	57.19±15.10	7.067	.002*
	노인	66.16±13.07	57.64±12.38	88.47±76.12	.826	.445

전족부 내측부위인 1번째 중족골두 영역에서의 최고 족저압은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 젊은 성인과 노인 모두 대체로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다<표 2>, <그림 4>. 전족부 중앙부인 2-3번째 중족골두 영역에서의 최고 족저압은 젊은 성인의 경우 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 최고 족저압이 감소하였으며 경사로 오르기에서 많이 감소하였다<표 2>. 사후검정 결과 평지보행과 경사로 오르기 사이와 계단 오르기와 경사로 오르기 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)<표 3>. 노인의 경우 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 최고 족저압이 대체적으로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 전족부 외측부인 4-5번째 중

족골두 영역에서의 최고 족저압은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 젊은 성인의 경우 최고 족저압이 증가하였고 노인의 경우 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다<표 2>, <그림 4>.

중족부 영역에서의 최고 족저압은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 최고 족저압이 대체적으로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차는 없었다<표 2>, <그림 4>.

후족부 영역에서의 최고 족저압은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 젊은 성인의 경우 모두 감소하였으며 사후검정 결과 평지보행과 계단 오르기 사이와 평지보행과 경사로 오르기 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)<표 3>. 노인의 경우 평지

표 3. 젊은 성인의 2-3번째 중족골두와 후족부 영역의 사후검정

영역	보행조건	평균차	표준오차	유의확률	
2-3번째 중족골두	평지	계단	3.98	6.43	.539
		경사로	24.51	6.43	.000*
	계단	평지	-3.98	6.43	.539
		경사로	20.53	6.43	.003*
	경사로	평지	-24.51	6.43	.000
		계단	-20.53	6.43	.003
후족부	평지	계단	28.11	8.52	.002*
		경사로	27.38	8.52	.003*
	계단	평지	-28.11	8.52	.002*
		경사로	-0.72	8.52	.993
	경사로	평지	-27.38	8.52	.003*
		계단	0.72	8.52	.993

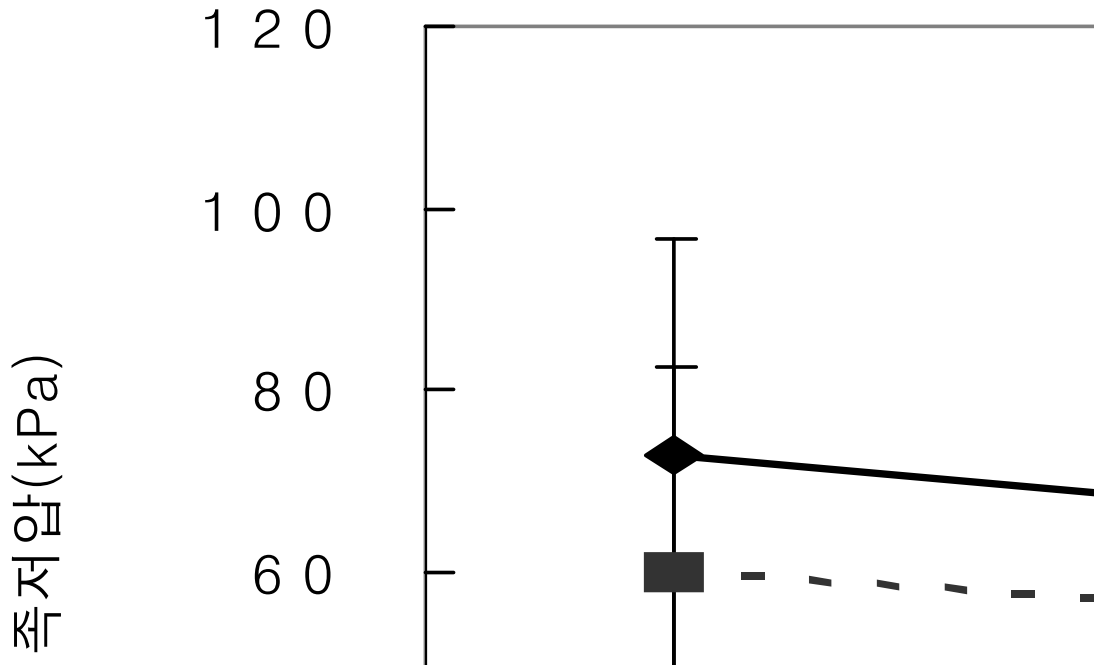


그림 4. 보행 조건에 따른 족저 영역별 최고 족저압 비교

보행과 비교하여 계단 오르기에서는 최고 족저압이 감소하였고 경사로 오르기에서는 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다<표 2>, <그림 4>.

아동들의 족저압 측정의 세분에 대한 평가 연구에서 최고 힘값이 5개의 세분 영역에 대해 최고 압력값보다 더 일치하였고 힘값이 다른 연구에도 보다 적절한 측정이 될 것이라고 보고하였다(Stebbins, Harrington, Giacomozzi, Thompson, Zavatsky & Theologis, 2005)은. 족저압 측정에 관한 선행연구들을 살펴보면 신발 조건(김연정과 채원식, 2007; 김용재, 지진구, 김정태, 홍준희, 이중숙, 이훈식 등, 2004)나 신발굽 높이(Han, Paik & Im, 1999) 그리고 특정 동작을 수행 중에 족저압 변화에 관한 연구들(이동기, 이중숙, 이범진, 이훈식, 김용재, 박승범 등, 2005; 김장환과 신현석, 2001; 여민우, 이상도와 이동춘, 2006)이 주로 이루어 왔으나 계단과 경사로를 보행하는 동안 족저압 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 최근 연구 동향을 보자면, 힘판을 이용한 무게중심과 압력중심 이동에 관한 연구들이

다양하게 이루어지고 있다(Mian, Thom, Narici & Baltzopoulos, 2007).

IV. 결론

본 연구는 일상생활에서 흔히 접하게 되는 계단과 경사로 오르기 동안 젊은 성인과 노인들의 족저 압력 중심 이동과 최고 족저압 변화에 대해 알아보았다. 평지 보행과 비교해 같은 기울기의 계단과 경사로 오르기 동안 압력중심 이동은 계단에서는 대체로 짧아지면서 전족부에서 외전하였고 경사로에서는 대체적으로 내전하였다. 최고 족저압은 대체적으로 경사로 오르기에서 변화가 크게 나타났다. 앞으로 계단이나 경사로의 기울기에 따른 보행 유형을 관찰하고 보행에 장애가 있는 환자들을 대상으로 연구를 진행하여 보다 안전한 계단과 경사로의 기울기 제시하는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김연정, 채원식(2007). 유선형 후방 벨런스 신발과 일반 신발의 족저압 비교. *한국운동역학회지*, 17(3), 173-180.
- 김용재, 지진구, 김정태, 홍준희, 이중숙, 이훈식, 박승범(2004). 20대 여성의 신발종류에 따른 족저압 영역별 비교 연구. *한국운동역학회지*, 14(3), 83-98.
- 김장환, 신현석(2001). 하퇴 의지 사용자의 족저압 분포 특성에 관한 연구. *한국전문물리치료학회지*, 8(3), 1-10.
- 노정석, 김택훈(2001). Parotec System 을 이용한 족저압 측정의 신뢰도. *한국전문물리치료학회지*, 8(3), 35-41.
- 여민우, 이상도, 이동춘(2006) 안전화 착화 시 보행 속도에 따른 족저압 분포에 관한 연구. *대한설비관리학회지*, 11(1), 51-63.
- 이동기, 이중숙, 이범진, 이훈식, 김용재, 박승범, 주종필(2005). 족저압력분포 측정장비를 이용한 골프 스윙시 족저압 분석. *한국운동역학회지*, 15(1), 75-89.
- 이중숙, 김용재, 박승범(2004). 기능성 전문테니스화의 족저압력분포 분석. *한국운동역학회지*, 14(3), 99-118.
- Alexander, I.J., & Campell, K.R.(1990). Dynamic assessment of foot mechanics as an adjunct to orthotic prescription. In: Wolf SL, editor. *The Biomechanics of the Foot and Ankle, 1st edition*. Philadelphia: FA Davis, 148-152.
- Cavanagh, P.R., & Ulbrecht, J.S.(1994). Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. *Foot*, 4, 123-135.
- Han, T.R., Paik, N.J., & Im, M.S.(1999). Quantification of the path of center of pressure(COP) using and F-scan in-sole transducer. *Gait and Posture*, 10, 248-254
- Kernozek, T.W., & LaMott, E.E.(1995). Comparisons of plantar pressure between the elderly and young adults, *Gait and Posture*, 3(3), 143-148.
- Mian, O.S., Thom, J.M., Narici, M.V., & Baltzopoulos, V.(2007). Kinematics of stair descent in young and older adults and the impact of exercise training. *Gait and Posture*, 25, 9-17.
- Menz, H.B., & Morris, M.E.(2006). Clinical determinants of plantar force and pressure during walking in older people, *Gait and Posture*, 24, 229-236.
- Minns, R.J., & Craxford, A.D.(1984). Pressure under the forefoot in rheumatoid arthritis. A comparison of static and dynamic methods of assessment. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 187, 235-242.
- Orlin, M.N. & Mcpoil, T.G.(2000). Plantar pressure assessment. *Physical therapy*, 80(4), 399-409.
- Otter, A.R., Geurts, A.C. H., Mulder, T., & Duysens, J.(2003). Speed related changes in muscle activity from normal to very slow walking speeds. *Gait and Posture*, 19(3), 270-278.
- Stebbins, J.A., Harrington, M.E., Giacomozzi, C., Thompson, N., Zavatsky, A., & Theologis, T.N. (2005). Assessment of sub-division of plantar pressure measurement in children. *Gait and Posture*, 22, 372-376.
- Turner, T.A.(2003). Examination of the equine foot. *The Veterinary Clinics of North America, Equine Practice*, 19(2), 309-332.
- Woodburn, J. & Helliwell, P.S.(1996). Observations on the F-Scan in-shoe pressure measuring system. *Clinical Biomechanics*, 11(5), 301-304.

투 고 일 : 10월 30일
 심 사 일 : 11월 6일
 심사완료일 : 12월 2일