
경사로 오르기 동안 슬관절 굴곡각도와 족저압의 특성 비교

Characteristics of Knee Joint Flexion Angle and Foot Pressure according Slope Climbing

오탈영, 송현주, 이슬기, 정예지, 임종수
신라대학교 의생명과학대학 물리치료학과

Tae-Young Oh(ohtaeyoung@silla.ac.kr), Hyeon-Ju Song(hyeonju1102@nate.com),
Seul-Gi Lee(pyask0702@hanmail.net), Ye-Ji Jung(misssunho@naver.com),
Jong-Su Lim(fw27@korea.com)

요약

본 연구의 목적은 경사로를 오르는 동안 슬관절 굴곡각도와 족저압의 차이를 각각 다른 경사도에 따라 분석하고자 하는 것이다. 24명의 건강한 성인 참가자들에게 각각의 경사도(0°, 3°, 6°, 9°)를 걷게 한 후, Parotec system을 이용하여 족저압을 측정하였으며, 걷는 모습을 캠코더로 녹화 한 후 Dartfish system을 이용하여 슬관절 각도를 분석하였으며, 수집된 데이터는 SPSS/PC 통계 프로그램을 이용하여 일원배치분산분석으로 분석하였다. 결과는 각 경사도에 따라 슬관절 굴곡 각도는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났으며, 족저압은 좌측 하지의 발뒤꿈치 외측 부위(1번 감지기), 중족부 내측 부위(9번 감지기), 전족부 내측 부위(15번, 16번 감지기), 그리고 우측 하지에서는 발뒤꿈치 외측 부위(3번 감지기)에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 슬관절 각도가 10~20° 사이에서 발뒤꿈치 외측 부위 및 내측 부위의 족저압이 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다.

■ **중심어** : | 슬관절 굴곡 각도 | 족저압 | 경사도 |

Abstract

This study was to investigate the knee joint flexion angle and the foot pressure during climbing with different slope. The 24 healthy subjects were participated. And foot pressure was investigated using Parotec system. The knee joint flexion angle were filmed to using a video camera on each slope(0°, 3°, 6°, 9°). And knee joint angle was investigated by Dartfish. The data were analyzed ANOVAs. In conclusion, there was significantly different that knee joint flexion angle related on each slope angle. In foot pressure, there was significantly different in lateral heel area(1 cell), medial midfoot area(9 cell), medial forefoot area(15, 16 cell) of left foot, and in lateral heel area(3 cell) of right foot. There was significantly different of foot pressure in lateral and medial heel when knee joint flexion angle is between 10° and 20°. There was change of gait cycle according to walking slop angle increasing, and the initial contact phase was shorter, the foot pressure in lateral heel was lower.

■ **keyword** : | Knee Joint Angle | Foot Pressure | Walking Slope |

I. 서론

보행은 인간 동작의 가장 일반적이고 자연스러운 형태이긴 하지만 가장 복잡하고 완전히 통합된 동작이다[1]. 그리고 100여 개의 골격근이 상지와 하지의 여러 관절과 협응을 이루어야 가능한 복합적인 동작이며[2], 머리, 목, 체간이 서로 정상적인 정렬을 유지하는 동안, 교대로 운동을 허용하는 적절한 관절가동범위와 안정성을 필요로 한다[3].

특히 하지는 기본적으로 체중부하구조이며 안정성과 균형을 유지하고 신체를 전방으로 추진시키며 이동에 필요한 기본적 운동을 제공한다[4].

보행은 한쪽 하지가 입각기의 안정된 상태를 유지하는 동시에 다른 한쪽 하지가 몸을 앞으로 움직이게 하는 연속적이고 반복적인 동작이다[5]. 또한 발은 보행 시 체간 이동에 필요한 추진력과 진행 방향을 제공할 뿐만 아니라, 이때 발생하는 물리적 충격을 흡수하며 체중을 지지하고 지면에 대한 적응 및 체부의 중심 이동에 반응하여 균형을 유지하는 동시에 발 자체의 안정성을 유지하여야 하는 역할을 담당하고 있다[6].

보행 동안, 발에 의해 지면으로 적용된 힘들을 족력(foot force)들이라 부른다. 입각기 동안 발뒤꿈치 닿기에서, 신체압력 중심(CoP)은 발뒤꿈치 중심점의 바로 외측에 위치한 후, 신체압력중심(center of pressure ; CoP)은 중간입각기에서 중족영역의 외측 쪽으로 점차 움직이다가, 발뒤꿈치 떼기와 발가락 떼기 동안에 중족영역의 내측쪽으로(제1/2 중족골두 밑 쪽으로) 움직이게 된다[7].

보행은 전진과 균형을 복잡한 과정이므로 앞으로 전진하려는 힘과 균형을 이루려는 힘을 제공하는 지면반력을 분석하는 것은 보행 연구에 중요한 자료가 될 수 있다[8].

우리가 일상적으로 활동하는 환경은 편평하다고는 할 수 없으며, 경사 보행은 인간에게 있어서 필수적이다[9]. 경사로는 옥외 공간에서 수직이동을 하는 수단으로써 매우 중요하며, 유모차, 휠체어, 자전거 등의 바퀴 달린 기구들의 운행이 어려운 계단과 비교하여 유용한 이동 경로이다[10].

계단과 비교하였을 때 경사로 보행은 에너지 소비가 높은 것으로 나타나고 있으나 슬관절 100° 굴곡시 최대 힘은 50%정도 감소한다고 한다[11].

또한 일상생활에서 흔히 직면하는 경사로의 효과적인 각도는 발목관절 최대 각도인 28°로 NASA에서 제시하고 있으며, 이에 따라 미국국방성에서는 0°~20°를 제시하고 있다[12].

따라서 임상에서 경사로는 성별, 연령, 장애 등의 변인에 따른 보행 훈련 시 기초 자료를 얻는 데 의의가 있을 것이다[13].

다른 선행 연구에서는 경사도에 따른 보행의 운동학적 비교[15], 트레드밀 보행 시 경사도와 속도에 따른 운동학적 분석[5-8][13][14], 정상인에서 보행속도가 발관절의 관절각과 발바닥 최대 압력 분포에 미치는 영향[4] 등에 대해서 연구해왔다. 이와 같이 경사도에 따른 보행의 운동학적 분석에 대한 연구와 보행에 따른 족저압 분석에 대해서 많은 연구가 있었지만 경사도에 따른 슬관절의 굴곡각도와 족저압에 대한 연구 즉, 경사도와 슬관절 굴곡각도, 족저압 이 3가지 모두의 상관관계에 관한 연구는 많지 않았다.

따라서 경사도에 따른 보행 동작을 운동형상학적(kinetics)으로 비교·분석해봄으로써 보행 형태의 특성을 규명하고 보다 효율적인 보행에 관한 기초적인 자료를 제공하기 위해[14] 본 연구에서는 슬관절의 움직임의 운동형상학적으로 분석하여 경사도와 슬관절 운동 간의 관계를 알아보았으며, 경사도에 따른 슬관절의 각도변화와 이에 따른 족저압의 변화를 확인하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 부산시 S 대학 재학생 중에서 본 연구의 목적과 절차를 설명한 후 연구 참여에 동의한 건강한 남녀 중 발 사이즈가 남자: 260±5mm, 여자: 240±5mm 인 14명(남:7명, 여:7명)을 대상으로 선정하였다.

2. 실험방법

2.1 측정도구

1) Parotec-system

Parotec-system V4(Parome Medizintechnik GmbH, Inc, Germany)는 압력 분포 측정 시스템으로서 정적 균형 유지 상태와 동적 보행 시에 24개의 압력 감지기 (pressure sensor)에서 나타나는 값으로 족저압의 분포를 구하게 된다. 24개의 압력 감지기는 깔창(inside)에 위치하며 신발 안에 삽입하여 족저부에 위치하는 깔창(inside)과 이와 연결되어 정적 및 동적 상태의 평균 압력을 기록하고 저장하는 휴대용 조정기, 조정기에 저장된 자료를 계산하는 소프트웨어 및 컴퓨터로 구성되어 있다.

Bauer 등(2000)의 연구에서는 Parotec system을 사용하여 정상인의 정적기립상태에서의 족저압과 자세 동요에 대한 변수들의 측정간 신뢰도를 연구하였는데 족저압과 관련된 변수에서 0.95~0.97, 자세 동요와 관련된 변수에서 0.65~0.77의 신뢰도를 보였다[16]. 또한 노정석, 김택훈(2001)의 연구에서는 보행 속도, 부위별 감지기에 따른 신뢰도의 큰 차이가 없음을 알 수 있었고, 신뢰도가 대부분 0.75 이상으로 Parotec system은 재측정 신뢰도가 높은 족저압 측정 도구이다[17].

2) Plurimeter

Plurimeter(Australasian Medical&Terapeutic instruments P/L)은 주로 인체의 ROM을 측정하기 위해 만들어진 것으로 편평한 곳에 놓아두면 눈금이 0을 가리키지만 기울기에 따라 눈금이 달라진다. 본 연구에서는 경사도의 각도를 측정하기 위해 사용되었다.

3) DARTFISH

캠코더로 찍은 영상을 운동분석학적으로 분석할 수 있는 프로그램이다. 캠코더로 찍은 영상을 이차원(2-D)으로 분석할 수 있는 장치로서 3차원(3-D) 영상 분석 보다는 신뢰도가 낮은 것이 사실이지만, 시간과 비용면에서 충분한 가치가 있는 분석 방법으로 알려져 있다 [29].

또한 Dartfish는 다양하고 다면적인 3차원 운동 분석에서는 그 신뢰도가 낮은 반면 다양한 기능적 운동을

분석하는데 있어서 그 타당성을 입증하였다[26].

4) 소니 핸디캠 HDR-SR1

동영상을 찍을 수 있는 캠코더이다. 본 연구에서는 경사도 10m 보행 시 하지의 움직임을 촬영하기 위해서 사용되었다.

2.2 실험절차

1) 경사도

경사도는 대학 내 도로 중에서 0°, 3°, 6°, 9° 총 4개의 경사도를 Plurimeter를 사용하여 측정하여 선정하였다. 그리고 대상자들에게 0°, 3°, 6°, 9° 각각의 경사도를 모두 걸게 하였다.

2) 경사로 보행 속도

경사도에 따라 걷는 속도를 동일하게 통제하기 위해 10m의 평지 보행을 세 번 반복 한 후 평균 속도와 평균 보장(step)수를 측정하여 기본 보행 속도로 결정하였다. 대상자가 각각의 경사로를 반복하여 걸게 한 후 기본 보행 속도와 값으로 보행 한 결과를 연구 대상으로 하였다.

3) 슬관절 각도 측정

슬관절 각도 측정은 캠코더로 동영상을 촬영한 후 Dartfish에서 운동분석학적으로 값을 얻었다. 슬관절 각도 측정의 정확성을 높이기 위해 Dartfish에서 인식할 수 있는 마크를 좌측하지의 대전자 (Greater trochanter), 슬관절 외측과(Lateral epicondyle), 족관절 외측과(Lateral malleolus)에 각각 노란색 스티커를 부착하였다. 또한 마크의 인식을 높이기 위해 대상자는 검정색 타이즈를 신었으며, 캠코더는 보행로의 좌측 5m85cm 지점에 놓아 10m의 보행로 중 3m가 보이도록 하여 대상자들의 보행 중 2회의 주기를 충분히 촬영할 수 있도록 하였다.

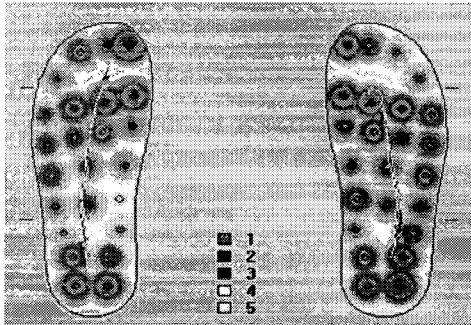
4) 족저압 측정

족저압은 Parotec-system을 이용하여 남자: 265mm, 여자: 245mm의 실내화 안쪽 바닥에 인솔(깔창(inside))

을 삽입한 후 각각의 경사도에서 10m를 걸어가게 한 후 얻어 낸 데이터를 분석 하였다. 깔창(insole)은 두께가 0.5mm로 얇고 잘 구부러지며 연구대상자의 발 크기에 맞게 골라 신발에 넣어 신을 수 있게 되어 있다.

족저압 감지기는 발뒤꿈치 외측 부위를 1번으로 시작하여 발뒤꿈치 내측 부위가 2번, 외측 두 번째 부위가 3번 등으로 구성되어져 있다.

자료는 10Hz로 수집하였으며 모든 압력 값은 연구대상자의 체중으로 환산된 N/cm² 단위로 표준화되어 기록되었다[18].



2.3 통계 처리

슬관절 각도는 Dartfish에서 분석된 슬관절 각도를 취하였으며, 족저압은 Parotec system을 이용하여 1~24번 감지기를 뒤꿈치(1~4번 감지기), 중족부(5~12번 감지기), 전족부(13~20번 감지기), 발가락(21~24번 감지기)으로 나누어 분석하였다.

경사도에 따른 슬관절 굴곡 각도와 족저압의 값, 그리고 보행 주기 중 초기 닿기 슬관절 굴곡 각도 (10°이하, 10~20°, 20°이상)에 따른 족저압 값을 취하여 SPSS PC for window version 12.0을 이용하여 일원배치분산 분석으로 처리하였으며, 사후 검정은 Duccan 검정, 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 경사도에 따른 슬관절 굴곡 각도의 일원배치분산

경사도에 따른 슬관절 굴곡 각도의 변화를 알아보았다. 이를 위해 0°, 3°, 6°, 9° 각각의 경사에서 보행주기 별로 슬관절 굴곡 각도를 측정하였다.

1.1 초기닿기 시 슬관절 굴곡 각도 변화

입각기 중 초기닿기 시 0°, 3°, 6°, 9° 경사에 따른 슬관절 굴곡 각도를 측정된 결과, 평지는 7.32±4.49°, 3° 경사는 10.90±5.89°, 6° 경사는 16.18±6.06°, 9° 경사는 21.12±8.75°로 경사도가 클수록 초기 닿기 시 슬관절 굴곡각도가 증가하였다(p<0.05)[표 1].

1.2 중간입각기 시 슬관절 굴곡 각도 변화

중간입각기 시 0°, 3°, 6°, 9° 경사에 따른 슬관절 굴곡 각도를 측정된 결과, 평지는 21.00±6.62°, 3° 경사는 22.03±4.88°, 6° 경사는 25.88±5.96°, 9° 경사는 28.73±6.24°로 경사도가 클수록 중간입각기 시 슬관절 굴곡 각도가 증가하였다(p<0.05)[표 1].

1.3 전유각기 시 슬관절 굴곡 각도 변화

전유각기 시 0°, 3°, 6°, 9° 경사에 따른 슬관절 굴곡 각도를 측정된 결과, 평지는 41.83±7.36°, 3° 경사는 36.60±9.06°, 6° 경사는 43.48±7.96°, 9° 경사는 40.13±7.50°로 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다[표 1].

표 1. 경사도에 따른 슬관절 굴곡각도의 변화

	slope	M±SD(°) ^D	F	p
Initial contact	0°	7.32±4.49 ^a	12.158	0.00*
	3°	10.90±5.89 ^a		
	6°	16.18±6.06 ^b		
	9°	21.12±8.75 ^c		
Mid stance	0°	21.00±6.62 ^a	5.007	0.00*
	3°	22.03±4.88 ^{ab}		
	6°	25.88±5.96 ^{bc}		
	9°	28.73±6.24 ^c		
Pre swing	0°	41.83±7.36 ^{ab}	1.900	0.14
	3°	36.60±9.06 ^a		
	6°	43.48±7.96 ^b		
	9°	40.13±7.50 ^{ab}		

* p<0.05, ^D Duncan

2. 경사도에 따른 족저압의 일원배치분산

보행 중 경사도에 따른 족저압의 변화를 알아보았다. 이를 위해 0°, 3°, 6°, 9° 경사에서 좌·우측 발 각각 24개 감지기의 족저압을 측정하였다.

그리고 24개 감지기의 족저압은 뒤꿈치(1~4번 감지기), 중족부(5~12번 감지기), 전족부(13~20번 감지기), 발가락(21~24번 감지기) 네 부분으로 나누어 분석하였다.

2.1 좌측 뒤꿈치 부위의 족저압 변화

좌측 뒤꿈치(1~4번 감지기)에서는 1번 감지기가 평지에서 17.11±9.18%, 3° 경사에서 9.02±9.01%, 6° 경사에서 7.16±8.81%, 9° 경사에서 7.17±8.78%로 평지에서는 높았으나 3°, 6°, 9° 경사도에 따른 족저압의 차이가 없는 것으로 나타났다(p<0.05)[표 2].

2.2 좌측 중족부 부위의 족저압 변화

좌측 중족부(5~12번 감지기)에서는 9번 감지기가 평지에서 0.16±0.28%, 3° 경사에서 0.01±0.03%, 6° 경사에서 0.01±0.03%, 9° 경사에서 0.02±0.05%로 평지와 경사도에 따른 족저압의 차이가 있었다(p<0.05)[표 2].

2.3 좌측 전족부 부위의 족저압 변화

좌측 전족부(13~20번 감지기)에서는 15번 감지기가 평지에서 3.27±1.28%, 3° 경사에서 3.74±2.45%, 6° 경사에서 5.13±2.21%, 9° 경사에서 5.09±2.13%로 평지와 경사도에 따른 족저압의 차이가 있었다(p<0.05)[표 2].

또한 16번 감지기는 평지에서 5.27±2.26%, 3° 경사에서 6.14±4.29%, 6° 경사에서 8.78±3.97%, 9° 경사에서 9.34±4.49%로 평지와 경사도에 따른 족저압의 차이가 있었다(p<0.05)[표 2].

2.4 좌측 발가락 부위의 족저압 변화

좌측 발가락(21~24번 감지기)에서는 모든 감지기에 서 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2.5 우측 뒤꿈치 부위의 족저압 변화

우측 뒤꿈치(1~4번 감지기)에서는 3번 감지기가 평

지에서 13.96±4.06%, 3° 경사에서 12.54±3.65%, 6° 경사에서 10.49±2.47%, 9° 경사에서 10.34±3.67%로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)[표 2].

2.6 우측 중족부 부위의 족저압 변화

우측 중족부(5~12번 감지기)에서는 모든 감지기에 서 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2.7 우측 전족부 부위의 족저압 변화

우측 전족부(13~20번 감지기)에서는 모든 감지기에 서 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2.8 우측 발가락 부위의 족저압 변화

우측 발가락(21~24번 감지기)에서는 모든 감지기에 서 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 2. 경사도에 따른 족저압의 변화

	slope	M±SD(%) ^b	F	p
Left 1 cell	0°	17.11±9.18 ^b	3.940	0.01*
	3°	9.02±9.01 ^a		
	6°	7.16±8.81 ^a		
	9°	7.17±8.78 ^a		
Left 9 cell	0°	0.16±0.28 ^b	3.839	0.01*
	3°	0.01±0.03 ^a		
	6°	0.01±0.03 ^a		
	9°	0.02±0.05 ^a		
Left 15 cell	0°	3.27±1.28 ^b	2.930	0.04*
	3°	3.74±2.45 ^{a,b}		
	6°	5.13±2.21 ^b		
	9°	5.09±2.13 ^b		
Left 16 cell	0°	5.27±2.26 ^a	3.708	0.01*
	3°	6.14±4.29 ^{a,b}		
	6°	8.78±3.97 ^{b,c}		
	9°	9.34±4.49 ^c		
Right 3 cell	0°	13.96±4.06 ^a	3.429	0.02*
	3°	12.54±3.65 ^{a,b}		
	6°	10.49±2.47 ^b		
	9°	10.34±3.67 ^b		

* p<0.05, ^o Duncan

3. 슬관절 굴곡 각도에 따른 족저압의 일원배치분산

보행 중 슬관절 굴곡 각도에 따른 족저압 변화를 알아보았다.

3.1 초기달기 시 족저압 변화

입각기 중 초기달기 시 슬관절 굴곡 각도가 10°이하, 20°이하, 20°이상 세 그룹의 감지기별 족저압을 측정하였다.

뒤꿈치 외측(감지기 1, 3번)이 슬관절 굴곡 각도 10°이하 30.29±8.67% , 20°이하 31.88±8.46%, 20°이상 23.58±5.19%로 20° 이상일 때와 이하일 때 통계적으로 유의한 족저압의 차이가 있었다(p<0.05)[표 3].

뒤꿈치 내측(감지기 2, 4번)이 슬관절 굴곡 각도 10°이하 27.00±13.96% , 20°이하 33.42±14.52%, 20°이상 21.63±9.22%로 20° 이상일 때와 이하일 때 통계적으로 유의한 족저압의 차이가 있었다(p<0.05)[표 3].

표 3. 초기달기 시 슬관절 굴곡각도에 따른 족저압의 변화

knee flexion angle		M±SD(%) ^a	F	p
Heel 1,3 cell	10° 이하	30.29±8.67 ^a	4.758	0.01*
	20° 이하	31.88±8.46 ^a		
	20° 이상	23.58±5.19 ^a		
Heel 2,4 cell	10° 이하	27.00±13.96 ^{ab}	3.436	0.04*
	20° 이하	33.42±14.52 ^b		
	20° 이상	21.63±9.22 ^a		

* p(0.05, ^a Duncan

3.2 중간입각기 시 족저압 변화

중간입각기 시 슬관절 굴곡 각도가 20°이하, 25°이하, 30°이하, 30°이상 네 그룹의 감지기별 족저압을 측정하였다. 그 결과 모든 감지기에서 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

3.3 전유각기 시 족저압 변화

전유각기 시 슬관절 굴곡 각도가 35°이하, 40°이하, 50°이하, 50°이상인 네 그룹의 감지기별 족저압을 측정하였다. 그 결과 모든 감지기에서 평균값의 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

IV. 고찰

인간이 보행하는 형태는 가장 개인적인 것 중의 하나이다. 따라서 각 개인은 자신의 독특한 보행 형태를 가지고 있다. 보행 유형은 그 사람의 직업, 인체구조, 건강상태, 인격뿐만 아니라 다른 신체적이고 심리적인 특성을 나타낸다[15]. 일상생활에서 보행은 단순히 평지만 보행하는 것이 아니라 오르막·내리막 경사로, 구불구불한 길 등 여러 변인요소들을 많이 접할 수 있다. 따라서 이러한 요소들에서 보행을 했을 때 그에 따른 인체의 변화에 대한 연구가 필요하다.

지금까지 계단과 경사도 보행 시 하지의 근활성도 비교[19], 경사도 보행시 인체의 운동역학적비교[14][20][21] 등 경사도에서의 보행특성에 대한 많은 연구가 진행되어져왔다.

따라서 본 연구는 경사도 보행 시 지면의 경사 정도와 슬관절 각도에 따른 족저압의 차이에 대해서 알아 보았다.

경사도 보행 시 슬관절의 각도변화를 측정하기 위하여 선행 연구에서는 비디오 디지털이징 시스템 (APAS.2000)[15], VICON370시스템[22]을 사용하였는데, 본 연구에서는 Dartfish 프로그램[23][24]을 사용하였다.

1990년 후반에 들어서면서 신발 삽입형 족저압 측정기구들이 개발되었는데 F-Scan System, Pedar System, Parotec System 등이 널리 알려져 있다.

Parotec system은 하퇴의지 사용자의 족저압 분포특성에 대해 연구하기 위해[26], 종골골절 환자들이 수술 후 약물치료를 한 뒤 dynamic footprints를 연구하기 위해[27], 그리고 편마비 아이들의 족저압을 분석하기 위해[28] Parotec System을 사용하였다.

한진태 등(2008)의 Matscan 연구에서 오름 경사로를 보행 할 시 압력 중심 이동 경로는 입각기 말기에 무지 쪽으로 심하게 이동한다고 하였으며, 2, 3번 중족골두와 후족부에서 최고 족저압이 유의하게 낮아졌다고 보고 하였다[25].

이는 본 연구의 결과와 비교하였을 때, 후족부에 속하는 1번~4번 감지기 중에서 좌측 1번, 우측 3번 감지기

에서 족저압의 유의한 감소를 보인 것과 일치하는 결과이며, 중족부에 속하는 좌측 9, 15, 16번 감지기에서 족저압이 감소한 결과와 일치하는 것이다.

본 연구의 결과 각각의 경사도에 따른 슬관절 굴곡 각도 변화가 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다. 조규권과 김유신(2001)의 연구에서는 트레드밀 보행 시 무릎관절의 각도가 경사도에 따라 LTO(원발 앞꿈치 이지), LHC(원발 뒤꿈치 착지), RTO(오른발 앞꿈치 이지)순간에서 유의한 차이를 보였고[14], 윤남식 등(2001)의 연구에서는 경사도에 따른 전체 동적운동범위는 무릎 굴곡, 신전 각에서는 수평과 10% 경사도 간에 유의한 차이를 보였다고 한다[20]. 또한 이경옥과 김지연(2000)의 트레드밀 연구에서는 트레드밀 경사도를 10% 상향했을 때 보다는 5% 하향했을 때 무릎관절의 굴곡/신전 각도의 변화가 크게 나타났지만 각속도의 변화는 작았다고 보고 하였다[21].

본 연구결과와 비교했을 때 경사로 보행 시 슬관절 굴곡각도의 변화는 동일한 결과를 보였다.

V. 결론

본 연구는 정상 성인남녀 14명을 대상으로 경사도 보행 시 슬관절의 각도변화와 족저압의 변화에 대해 알아 보았다.

첫째, 경사도에 따른 슬관절 굴곡 각도의 변화는 초기 닿기(initial contact)와 중간 입각기(mid stance)에서 평지와 경사로를 비교하였을 때 유의한 차이를 나타내고 있으나, 경사도의 정도 즉, 3°, 6°, 9°에 따른 슬관절 굴곡 각도의 차이는 차이가 없었다.

또한 전유각기(pre swing)시의 슬관절 굴곡 각도는 평지, 경사도에 상관없이 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

둘째, 족저압의 변화는 경사도의 정도, 감지기의 위치, 좌우측 하지에 따라 다양한 결과를 나타내었다.

경사도의 정도에 따른 족저압의 차이는 평지와 경사도에 따라서 족저압의 차이가 있었다. 즉 경사도의 정도 즉 3°, 6°, 9°에 따라서는 차이가 없었으며, 경사도의

정도에 상관없이 평지와 경사로를 비교하였을 때 평지에서 높은 족저압을 나타내었다.

감지기의 위치에 따라서는 좌측과 우측 뒤꿈치 외측 감지기, 좌측 중족부 내측 감지기 그리고 좌측 중족부 내측 감지기, 좌측 전족부 내측 감지기에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다.

특히 뒤꿈치 부위와 중족부 부위에서는 평지에서 족저압이 가장 높아진 것으로 나타났으며, 전족부에서는 경사도가 클수록 족저압이 높아진 것으로 나타났다.

족저압의 차이가 좌측 하지와 우측 하지에서 매우 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다. 좌측 하지의 족저압은 경사도에 따라 매우 유의한 차이를 보이고 있는 반면 우측 하지의 족저압은 유의한 차이를 나타내지 않았다.

셋째, 슬관절 굴곡 각도에 따른 족저압의 변화는 보행의 주기별 즉, 초기 닿기, 중간 입각기, 전유각기로 나누어 족저압 감지기별로 분석한 결과 초기 닿기 시발 뒤꿈치 내측 및 외측 부위에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다.

초기 닿기 시 슬관절 굴곡 각도가 10° 이하 일 때 족저압이 가장 크게 작용하였으며, 슬관절 굴곡 각도가 클수록 족저압은 통계학적으로 유의한 감소를 보였다.

본 연구는 오르막 경사도에 따른 슬관절 각도와 족저압의 변화를 살펴보았으므로 향후 내리막 경사도에 따른 연구도 필요할 것이며, 슬관절의 각도뿐만 아니라 하지의 나머지 각 관절에 따른 각도변화에 대한 연구도 필요할 것이다. 또한 보행 시 슬관절 굴곡 각도 변화와 족저압 변화만을 분석하였기 때문에 실제로 하지의 각 관절에 가해지는 모멘트 힘에 관해서는 비교, 분석하지 못하였던 것이 연구의 제한점으로 볼 수 있다.

참고 문헌

- [1] D. A. Winter, The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. Waterloo Biomechanics. 1991.
- [2] M. W. Whittle, Gait analysis: An introduction. Oxford: Orthopaedic Engineering Center

- University of Oxford. 1990.
- [3] M. P. Wilson, Development of SATRA slip test and tread pattern design guidelines. Philadelphia, PA, Special Technical pub, pp.113-123, 1987.
- [4] P. M. Gallery and A. L. Foster, "Functional evaluation of normal and pathological knees during gait," Arch Phys Med Rehabil. Vol.57, No.12, pp.571-577, 1987.
- [5] J. Perry, *Gait Analysis: Normal and pathological function*. New Jersey, Slack Inc, pp.3-47, 1992.
- [6] 성일훈. 족부의 생체역학과 당뇨발. In: 이경태. 당뇨병성 족부질환. 서울, 최신의학사, 2000.
- [7] G. G. Simoneau, Kinesiology of Walking. In: Neumann DA. Kinesiology of the Musculoskeletal System. Mosby, 2002.
- [8] J. Hamil, B. T. Bates, and H. G. Kinneth, "Timing of lower extremity joint actions during treadmill running," Medicine And Science In Sports AND Exercise, Vol.24, No.7, pp.807-813, 1992.
- [9] 윤남식, 이경옥, 김지연, "경사도에 따른 보행의 운동학적 비교", 한국여성체육학회지, 제13권, 제1호, pp.89-101, 1998.
- [10] 류남형. "보행자세분석에 의한 경사로의 보행성". 한국조경학회지, 제23권, 제2호, pp.157-166, 1995.
- [11] E. N. Corlett, C. Hutcheson, M. A. DeLugan, and J. Rogozenski, "Ramps or stairs—the choice using physiological and biomechanics criteria," Applied Ergonomics, Vol.3, pp.195-201, 1972.
- [12] C. H. Irvine, S. H. Snook, and J. H. Sparshatt, "Stairway resers and treads: acceptable and preferred dimensions," Applied Ergonomics, Vol.21, pp.215-225.
- [13] 한진태, 김석현, 배성수, "정상인의 내림 경사로 보행 시 경사각에 따른 하지 관절의 삼차원적 동작 분석", 한국전문물리치료학회지, 제13권, 제2호, pp.16-25, 2006.
- [14] 조규권, 김유신, "트레드밀 보행시 경사도와 속도에 따른 보행형태의 운동학적 분석", 한국운동역학회지, 제11권, 제2호, pp.175-191, 2001.
- [15] 한진태, 조정선, 배성수, "정상인의 경사로 보행시 경사각에 따른 시공간적 보행 특성 분석", 대한물리치료학회지, 제18권, 제1호, pp.95-106, 2006.
- [16] J. A. Bauer, J. H. Cauraugh, and M. D. Tillman, An 깔창(insole) pressure measurement system: Repeatability of postural data. Foot Ankle Int. Vol.21, pp.221-226, 2000.
- [17] 노정석, 김택훈, "Parotec System을 이용한 족저압 측정의 신뢰도", 한국전문물리치료학회지, 제8권, 제3호, pp.35-41, 2001.
- [18] Parotec System instruction manual. Paromed Medizintechnik GmbH. Neubeuen, Germany. 1997.
- [19] 한진태, 공원태, 이윤섭, "근전도를 이용한 노인의 계단과 경사로 오르기 시 하지 근활성도 비교", 대한물리치료학회지, 제21권, 제1호, pp.35-40, 2009.
- [20] 윤남식, 이경옥, 김지연, "트레드밀 운동시 속도와 경사도에 따른 운동 역학적 변인의 특성 비교", 한국유산소운동과학회지, 제5권, 제1호, pp.49-68, 2001.
- [21] 이경옥, 김지연, "트레드밀 걷기시 경사도에 따른 무릎관절의 운동학적(kinematic) 변화 비교", 한국유산소운동과학회지, 제4권, 제1호, pp.41-51, 2000.
- [22] 임호남. "트레드밀 경사도에 따른 보행시 하지 관절의 협응과 제어", 한국여성체육학회지, 제14권, 제1호, pp.209-221, 2000.
- [23] H. Leblanc, L. Seifert, and D. Chollet, "Arm-leg coordination in recreational and competitive breaststroke swimmers," Journal of Science and Medicine in Sport 12. pp.352-356, 2009.

[24] L. Womersley and S. May, "Sitting posture of subjects with postural backache," *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. Vol.29, pp.213-218, 2006.

[25] 한진태, 김경, 임승건, "평지보행 그리고 계단과 경사로 오르기 동안 압력 중심 이동경로 및 족저압 비교", *한국운동역학회지*, 제18권, 제4호, pp.59-65, 2008.

[26] 김장환, 신현석, "하퇴 의지 사용자의 족저압 분포 특성에 관한 연구", *한국전문물리치료학회지*, 제8권, 제3호, pp.1-10, 2001.

[27] I. Dudkiewicz, R. Levi, and A. Blankstein, "Dynamic footprints: Adjuvant method for postoperative assessment of patients after calcaneal fractures," *IMAJ*. Vol.4, pp.349-352, 2002.

[28] V. Femery, P. Moretto, and H. Renaut, "Measurement of plantar pressure distribution in hemiplegic children: changes to adaptative gait patterns in accordance with deficiency." *Clinical Biomechanics* 17, pp.406-413, 2002.

[29] S. G. McLean, K. Walker, K. R. Ford, G. D. Myer, T. E. Hewett, and A. J. van den Bogert, "Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury," *British Journal of Sports Medicine*, Vol.39, No.6, pp.355-362.

- 현재 : 신라대학교 물리치료학과 교수
- 대한물리치료사협회 교육이사
- 한국보바스학회 감사
- 대한소아물리치료학회 회장

<관심분야> : 보건콘텐츠, 소아 및 신경계 물리치료학, 운동학

송 현 주(Hyeon-Ju Song)

준회원



- 현재 : 신라대학교 물리치료학과
- <관심분야> : 보건콘텐츠

이 슬 기(Seul-Gi Lee)

준회원



- 현재 : 신라대학교 물리치료학과
- <관심분야> : 보건콘텐츠

정 예 지(Ye-Ji Jung)

준회원



- 현재 : 신라대학교 물리치료학과
- <관심분야> : 보건콘텐츠

저자 소개

오 태 영(Tae-Young Oh)

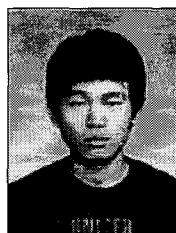
정회원



- 1997년 2월 : 대구대 물리치료학 석사
- 2004년 8월 : 대구대 물리치료학 박사
- 1999년 ~ 2007년 : 신성대학 물리치료과 교수

임 종 수(Jong-Su Lim)

준회원



- 현재 : 신라대학교 물리치료학과
- <관심분야> : 보건콘텐츠