



보행 시 발목불안정성에 따른 정상족의 팔 흔들기 무게가 족압변인에 미치는 영향*

양서은(이화여자대학교 대학원 시스템헬스융합전공 체육과학부, 박사과정생)·
 이경옥** (이화여자대학교 신산업융합대학 체육과학부 대학원 시스템헬스융합, 교수)

국문초록

본 연구의 목적은 보행 시 발목 불안정성에 따른 정상족의 팔 흔들기 무게가 족압 변인에 미치는 효과를 구명하는 것이다. 실험참여자는 정상족에 발목 안정성을 가진 7명과 발목 불안정성을 가진 8명, 총 15명이다. 발목 불안정성은 설문지(CAIT)를, 발 형태는 RCSP를 이용하여 정상족을 판별하였다. 보행 시 팔 흔들기는 자연스러운 맨손 흔들기와 500ml 물병을 손에 쥐고 무게의 원심력을 이용하는 적극적인 팔 흔들기의 두 가지이다. 족압 변인은 발바닥 부위별 최대압력, 압력중심이동 곡선의 속도, 압적이다. 발바닥 부위는 후족, 중족, 발 허리뼈1~5, 발가락1~5번의 총 12부위로 분류하였다. 통계는 Window용 SPSS 22.0을 활용하여 Wilcoxon의 부호순위 검정으로 분석하였고, 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다. 발목 안정성 집단의 최대압력은 3번째 발가락과 4번째 발가락에서 무게 팔 흔들기가 맨손 흔들기 보다 유의하게 컸다. 발목 불안정성 집단에서는 차이를 보이지 않았다. 발목 안정성 집단의 압력중심이동곡선의 속도는 4번째 발가락과 전체에서 무게 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 컸다. 반면, 발목 불안정성 집단은 발허리뼈2, 발허리뼈4, 2번째 발가락, 3번째 발가락, 4번째 발가락, 5번째 발가락에서 무게 팔 흔들기가 맨손 흔들기 보다 유의하게 컸다. 발목 안정성 집단의 압력은 전체에서 무게 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 컸으나, 발목 불안정성 집단은 후족, 발허리뼈1, 발허리뼈5, 발가락 전체에서 무게 팔 흔들기가 맨손 흔들기 보다 유의하게 컸다. 정상족이라 하더라도 발목 불안정성에 따라 보행변인에 차이가 있었다. 그러므로 보행 연구는 발 형태 뿐만 아니라 발목 불안정성도 통제해야 한다. 맨손 흔들기 보행보다 무게 흔들기 보행이 발허리뼈와 발가락을 더 많이 사용하게 하여 보행의 마지막 단계인 전족 구름 발가락 구름 전략을 쓰게 하여 추진력을 내는데 기여하였다.

한글주요어 : 발목 불안정성, 팔 흔들기 무게, 최대 압력, 압력중심이동곡선 속도, 압적

* 본 연구는 2021년 교육부(MOE, Korea)와 한국연구재단(NRF)이 후원하는 BK21 FOUR(Fostering Outstanding Universitys for Research)의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-12625976).

** 이경옥, 이화여자대학교, E-mail : yikok@ewha.ac.kr

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

발은 일어설 때 인체를 받쳐 버티고, 보행할 때 제동 및 추진이 가능 하게 하는 하지의 주요 부위이다. 발은 26개의 뼈와 그 뼈들을 연결하는 인대와 근육, 건들이 정교한 구조로 연결되어 있으며, 삼 차원적 동작으로 충격을 충분히 흡수해주고 전진을 위한 추진력을 창출해 주는 기관이다(이경옥, 김남희, 김유련, 2012). 발은 해부학적으로 불안정한 구조를 가지고 있으며(Jay Herfeel, 2002), 몸을 지탱하고 움직이는 방법(Gelabert, 1981), 신발의 종류(Ewa Puszczalowska-Lizis, Daniel Dąbrowiecki, Sławomir Jandziś, and Marek Żak, 2019; 이경옥, 2010)에 따라서도 모양이 바뀌어 변형이 올 뿐만 아니라, 발의 근육, 건, 인대, 혈관, 신경까지도 쇠약하고 퇴행하게 만들어 혈액의 순환을 방해하고 발이 갖는 감각 수용기로서의 기능을 상실하게 한다(Mann, Roger A., J. Christopher Reynolds, 1983). 이러한 여러 가지 이유로 발로부터 전해진 왜곡된 정보(Robbins SE, Gouw GJ, 1991)는 균형을 잃게 하고, 예상된 반응에 대해 오류를 불러일으켜 넘어지게 만드는 원인이기도 한다. 또한 발의 문제는 무릎, 엉덩이 관절(Bergmann, Kniggenndorf, Graichen, Rohlmann, 1995), 골반에 연쇄적인 문제를 야기하기도 한다(이경옥, 2010, Carini Francesco, Margherita Mazzola, Chiara Fici, Salvatore Palmeri, Massimo Messina, Provvidenza Damiani, & Giovanni Tomasello(2017).

보행은 인체가 두발 보행을 통해 하나의 지점으로 부터 다른 지점으로 이동하는 것이다. 보행은 크게 발이 지면에 닿아 있는 지지기(stance phase)와 공중기(swing phase)로 구분한다. 정상인의 보행시 지지기는 발 뒤꿈치, 발목, 전족, 발가락의 4가지 발 구름(foot rockers) 전략으로 제동과 추진을 한다(Owen, Elaine, 2010; Douglas H., Richie Jr., 2020). 보행시 추진력은 전족(fore foot rocker)과 발가락 구름(toe rocker)으로 얻어진다.

잘못된 보행 패턴이 지속 되면 신체 중심이 불안정하게 신체 각 부위에서 평형성을 유지하기 위한 보상 조건이 추가로 사용된다. 이러한 보행 조건이 비효율적으로 축적되면 부하를 많이 받는 부위는 하지며, 발목 관절의 손상이 야기된다. 또, 발목 기능이 손상되는 경우 지면으로 부터 받는 충격으로 인하여 발목 관절은 계속 악화 되며 이는 만성 발목 불안정성으로 까지 이어진다(황아현, 2021). 발목 불안정성을 가진 사람은 발목의 조절능력이 떨어져 보행 중 부상과 낙상과 같은 위험이 증가한다(최우성, 최종덕, 2020).

보행 시 상지의 움직임은 하지의 유각기에 나타나는 골반부 횡단면에서의 회전이 상체에 전달되어 동측으로 상체의 회전이 유발되고, 상지의 반대방향으로 회전이 일어나 보상작용을 하게 되어 몸의 균형을 유지한다(김로빈, 최지영, 신제민, 2001). 이러한 팔 스윙은 몸의 각 부분의 운동량을 균형 있게 조절하고 신체 중심의 기울임을 감소시켜 보행하는 동안에 인체의 안정성 유지에 도움을 준다(Hill A, Nantel J, 2019). 중간 정도의 보행속도에서 팔 흔들기는 다리 운동에 대항해서 일어나

며, 다리의 각 운동량의 반대로 작용한다. 상지의 자연스러운 움직임은 단순한 수동적 진자운동이 아니라 보행에 영향을 미치는 특징을 가지고 있다(정화수, 최수희, 박선자, 오혜진, 조화영, 2014). 또한, 상지의 움직임에 따라 하지의 포폭의 크기도 증가한다(김로빈, 최지영, 신제민, 2001).

팔 흔들기 종류에 관해 정상 팔 흔들기, 한 팔 흔들기, 두 팔 움직임 없음, 인위적인 팔 흔들기의 4가지 검사를 통해 두 팔을 인위적으로 흔들 보행에서의 보행속도, 엉덩관절 일률, 수직 지면반발력에 유의하게 증가하였다(정화수, 최수희, 박선자, 오혜진, 조화영, 2014). 팔을 제한한 집단과 정상 집단의 보행을 비교한 연구(김병곤, 공성아, 2019; 김은희, 2003, 이애덕, 2005 등)는 팔을 제한한 집단보다 정상보행 집단에서 보행안정성이 효과적이었다. 또한, 무게를 이용한 팔 흔들기는 압력중심(COP)의 면적과 속도를 증가시켰으며 흔들림을 조절하기 위해 팔 후방들기 시 동측 척추세움근을 동원하는 전략을 사용하며, 정적자세 안정성을 향상시켰다(남혜선, 김중휘, 2017).

신경계 질환 환자를 대상으로 상지스윙을 크게 한 보행은 힘, 모멘트, 질량, 가속도가 유의하게 증가하였다(이용희, 김광준, 2015). 또한 팔 스윙이 반측마비 환자의 보행 시 압력중심이 동곡선 내, 외측의 이탈면적의 크기가 유의하게 감소하였다(이진택, 2016, 김기형, 김형수, 이현섭, 김진옥, 안찬규, 김희진, 2002). 이러한 팔 스윙에 관한 연구는 지속적으로 이루어지고 있으나, 발목 불안정성환자를 대상으로 한, 무게를 이용한 팔 흔들기가 발 부위별 족압 변인들에 미치는 영향에 관한 자료는 부

족한 실정이다. 본 연구의 목적은 보행 시 발목 불안정성을 가진 정상족의 팔 스윙 무게에 따른 족압 변인들의 차이를 분석하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구참여자

본 연구의 실험참여자는 20대 성인여성 중 최근 3개월간 상지와 하지의 통증이 있거나, 어깨와 흉추의 손상, 수술, 발 변형과 손상 등으로 정형외과의 진단을 받은 사람은 제외하고, 정상족에 발목불안정성을 가진 7명과 비교군으로 정상족에 발목불안정성을 가진 8명, 총 15명이다.

실험참여자의 신체적 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 실험참여자의 신체적 특성

N	발목불안정성	신장 (cm)	몸무게 (kg)	발사이즈 (size)
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
15	정상집단 7명 (최소,경도,정상)	166.29 ±2.87	60.71 ±6.16	244.29 ±7.36
	불안정 집단 8명 (중증도, 중도)	163.63 ±6.32	58 ±6.74	240 ±6.45

2. 실험 방법 및 절차

1) 족압분포 측정

실험에 사용된 분석 장비는 노블(Novel GMBH)사의 족압분포측정기(628×360×15mm, 2,816개의 센서, EMED-LE Measurement system)이다(그림 1). 족압 변인은 발바닥 부위별

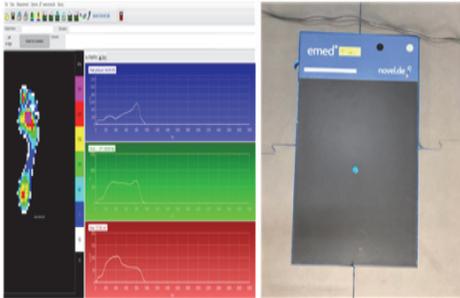


그림 1. EMED Software, Platform



그림 2. 발바닥 12부위

최대압력, 압력중심이동 곡선의 속도, 압적 (plantar pressure time integral)이다. 발바닥 부위는 후족, 중족, 발 허리뼈1~5, 발가락1~5번의 총12부위로 분류하였다(그림 2). 발바닥 12 부위별 최대 압력은 각 부위별로 나타난 압력값 중 최대 값을 선정한 것이다. 최대 압력은 발 하중을 표현하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 발바닥 압력 변수이다. 이 값은 지지기 동안 발바닥 영역의 최대 하중을 나타낸다 (Melai, Tom., Herman IJ zerman., Nicolaas C. Schaper., Ton L. H. de Lange., Paul J. B. Willems., Kenneth Meijer., Aloysius G. Lieverse., Hans H. C. M. Savelberg, 2011). 압력 중심이동곡선은 부위별로 압력 중심이 이동한 거리를 소요된 시간으로

나누어 준 값으로 실제로 인체가 움직이는 동적 보행을 설명하는 지표이다(Masani, Kei., Albert H.Vette., Masaki O.Abe., Kimitaka Nakazawa, 2014; Cornwall, M. W., T. G. McPoil,2000). 발바닥 부위별 압력은 최대 압력과 시간당 지속 시간의 곱을 합한 것이다(Melai, Tom., Herman IJ zerman., Nicolaas C. Schaper., Ton L. H. de Lange., Paul J. B. Willems., Kenneth Meijer., Aloysius G. Lieverse., Hans H. C. M. Savelberg, 2011).

2) 안정 시 종골 기립 각도 측정(RCSP: resting calcaneal stance position)

발 형태 분류를 위해(그림 3)과 같이 안정 시 종골 각도를 측정하였다.

실험참여자를 복와위(prone position)로 옆드리게 한 다음, 열린 사슬 구조(open kinetic chain)에서 발뒤꿈치 뼈(Calcaneus)의 안쪽과 바깥쪽의 경계면(border)을 잡아서, 그 사이에 중앙점을 표시하였다. 그 다음으로 실험참여자를 기립한 상태로 가볍게 걷게 한 후 휴지기 시의 기립자세를 시킨 뒤, 각도기를 이용하여 지면과 이루는 각도(김남희 재인용, 2013)를 측정하였다(그림 3).

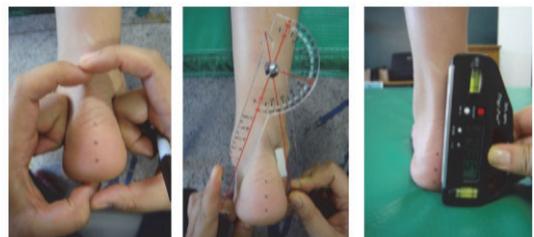


그림 3. RCSP 측정(김남희 재인용,2013)

3) 발목 불안정성 설문지(CAIT)

발목 불안정성은 설문지(CAIT: Cumberland Ankle Instability Tool)를 사용하였다. 발목 불안정성 설문지는 발목의 기능적 불안정성을 평가하는 척도로 높은 신뢰도(Intraclass correlation coefficient, ICC=.96)와 타당도(Cronbach's $\alpha=.83$)를 확보하고 있다(Hiller et al., 2006). 불안정성 발목을 가진 것으로 판단되는 점수는 24점 이하로 0점에서 10점 까지 중증도 불안정성(Severe Instability)단계, 21.5점에서 24점을 경도 불안정성(Mild Instability)단계, 24.5점에서 27점을 최소 불안정성(Trace Instability)단계, 27.5점에서 30점을 정상(Normal)단계로 총 5단계로 구분된다(Hiller et al., 2006).

4) 팔 스윙 종류

보행 시 팔 흔들기는 자연스러운 맨손 흔들기와 500ml 물병을 손에 쥐고 무게의 원심력을 이용하는 적극적인 팔 흔들기의 두 가지이다(그림 4).



그림 4. 보행 시 팔 흔들기 종류

3. 실험절차

1) 물병 팔 스윙 보행을 충분히 연습한 후 5회 중 최종 자료를 분석에 사용 하였다.

2) 발목불안정성 집단은 발목 불안정성이 경도, 최소, 정상인 사람으로, 발목 불안정성 집단은 발목 불안정성의 중증도, 중도인 사람으로 분류하였다. 발목 불안정성 집단은 오른발, 왼발 모두 불안정한 사람이고, 발목 안정성 집단 역시 오른발, 왼발 모두 발목이 안정적인 사람이다.

4. 자료처리

팔 스윙 종류에 따른 족압 변인의 차이를 비교하기 위하여 Window용 SPSS 22.0을 활용하여 Wilcoxon의 부호순위 검정으로 분석하였고, 유의수준은 $p<.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 결과

1. 부위별 최대압력

발목 안정성을 가진 정상족의 팔흔들기 종류에 따른 발바닥 부위별 최대압력은 후족, 중족, 발허리뼈1~발허리뼈5, 발가락뼈1~발가락뼈2, 전체에서는 차이를 보이지 않은 반면, 3번째 발가락($Z=-2.103^*$ 과 4번째 발가락($Z=-1.997^*$)은 물병(124.38±48.44)(70.63±59.31) 들고 팔 흔들기를 했을 때 유의하게 높았다(표 2). 발목 불안정성 집단에서는 팔 흔들기 종류에 따라 부위별 최대압력은 유의한 차이를 보이지 않았으나, 무게 팔

표 2. 발목 안정성 집단의 팔 흔들기 종류에 따른 최대압력

집단	최대 압력	스윙 종류	Mean ± SD	z	p
후족	맨손	385.63 ± 87.93	-1.400c	0.161	
	물병	432.50 ± 38.91			
중족	맨손	120.00 ± 26.86	-.772c	0.440	
	물병	129.38 ± 48.44			
발허리	맨손	265.63 ± 38.4	-1.540c	0.123	
	물병	355.63 ± 182.73			
발허리	맨손	451.25 ± 180.51	-1.680d	0.093	
	물병	360.63 ± 143.06			
발	맨손	375.00 ± 148.64	-1.400d	0.161	
	물병	333.75 ± 132.66			
목	맨손	226.25 ± 74.25	-.946d	0.344	
	물병	207.50 ± 86.35			
안	맨손	164.38 ± 81.96	-.631d	0.528	
	물병	130. ± 68.97			
정	맨손	445.00 ± 132.56	-.771c	0.441	
	물병	501.25 ± 304.08			
성	맨손	112.5 ± 27.12	-1.194c	0.233	
	물병	124.38 ± 48.44			
집단	맨손	50.63 ± 22.9	-2.103c	0.035*	
	물병	85.00 ± 45.90			
발	맨손	43.75 ± 34.41	-1.997c	0.046*	
	물병	70.63 ± 59.31			
가	맨손	35.00 ± 35.54	-.254c	0.799	
	물병	38.13 ± 36.05			
락	맨손	596.88 ± 151.16	-.280c	0.779	
	물병	620.00 ± 235.11			
5	맨손	445.00 ± 132.56	-.771c	0.441	
	물병	501.25 ± 304.08			
Total	맨손	596.88 ± 151.16	-.280c	0.779	
	물병	620.00 ± 235.11			

p < .05*

흔들기가 맨손 흔들기보다 발가락과 발바닥 전체의 최대압력이 컸다(표 3).

2) 발바닥 부위별 압력중심이동 속도

발목 안정성 집단의 발바닥 부위별 압력중심이동 곡선속도는 팔 흔들기 종류에 따라 후족, 중족, 발허리뼈1~발허리뼈5, 발가락뼈1~발가락뼈3 에서 는 차이를 보이지 않았으며, 4번째 발가락 (Z=-1.973*)과 전체(Z=-1.859*)는 무게 팔 흔들

표 3. 발목 불안정성 집단의 팔 흔들기 종류에 따른 최대압력

집단	최대 압력	스윙 종류	Mean ± SD	z	p
후족	맨손	509.29 ± 129.44	-1.863c	0.063	
	물병	432.86 ± 87.98			
중족	맨손	152.14 ± 79.21	-.593d	0.553	
	물병	162.14 ± 112.95			
발	맨손	255.71 ± 89.32	-1.363d	0.173	
	물병	331.43 ± 97.07			
발	맨손	522.14 ± 191.74	-1.859c	0.063	
	물병	380.71 ± 193.70			
목	맨손	450.71 ± 204.42	-1.859c	0.063	
	물병	332.9 ± 144.74			
불	맨손	229.29 ± 85.80	-1.261c	0.207	
	물병	199.29 ± 127.26			
안	맨손	185.71 ± 84.06	-.762c	0.446	
	물병	172.14 ± 201.57			
정	맨손	649.29 ± 270.89	-.676d	0.499	
	물병	735.71 ± 297.65			
성	맨손	115.00 ± 51.64	-.423d	0.672	
	물병	126.43 ± 45.25			
집단	맨손	62.86 ± 34.02	-.734d	0.463	
	물병	85.71 ± 58.70			
발	맨손	45.00 ± 18.26	-1.018d	0.309	
	물병	59.29 ± 29.64			
가	맨손	23.57 ± 33.13	-1.342d	0.180	
	물병	34.29 ± 48.86			
락	맨손	725.71 ± 207.07	-.338d	0.735	
	물병	755.71 ± 292.88			
5	맨손	622.50 ± 67.14	-.338d	0.735	
	물병	482.50 ± 260.64			
Total	맨손	725.71 ± 207.07	-.338d	0.735	
	물병	755.71 ± 292.88			

p < .05*

들기(622.50 ± 67.14)(482.50 ± 260.64)보행이 맨손 흔들기(511.25 ± 717.33)(160.00 ± 116.30)보행 보다 유의하게 컸다(표 4). 발목 불안정성 집단은 팔 흔들기 종류에 따라 후족, 중족, 발허리뼈1, 발허리뼈3, 발허리뼈5, 발가락1, 전체에서 유의한 차이를 보이지 않았으나, 발허리뼈2(Z=-2.066*), 발허리뼈4(Z=-1.997*), 2번째 발가락(Z=-2.371*), 3번째 발가락(Z=-2.375*), 4번째 발가락(Z=-2.388*), 5번째 발가락(Z=-2.023*)이 물병(620.00 ± 43.21,

표 4. 발목 안정성 집단의 팔 흔들기 종류에 따른 압력중심이동 속도

집단	압력 속도	스윙 종류	Mean ± SD	z	p
	후족	맨손	128.75±159.05	.000e	1.000
		물병	87.50±76.30		
	중족	맨손	218.13±145.40	-.405d	0.686
		물병	182.50±65.41		
	발허리	맨손	491.25±131.09	-.981c	0.326
		물병	530.00±137.32		
	발허리	맨손	580.63±73.51	-1.279d	0.201
		물병	560.00±89.44		
	발허리	맨손	515.63±134.42	.000e	1.000
		물병	350.00±89.28		
	발목	맨손	511.25±171.33	.000e	1.000
		물병	467.50±153.41		
	불안정	맨손	433.75±126.82	-.561d	0.575
		물병	375.0±194.72		
	발가락	맨손	523.13±102.91	-1.439c	0.150
		물병	575.00±76.16		
집단	발가락	맨손	517.50±160.16	-1.214c	0.225
		물병	587.50±67.56		
	발가락	맨손	531.88±193.50	-1.268c	0.205
		물병	622.50±81.72		
	발가락	맨손	511.25±717.33	-1.973c	0.049*
		물병	622.50±67.14		
	발가락	맨손	380.00±303.50	-.704c	0.482
		물병	467.50±260.64		
Total	발가락	맨손	160.00±116.30	-1.859d	0.043*
		물병	482.50±260.64		

p<.05*

531.43±25.45, 642.86±39.04, 668.57±51.45, 662.86±24.30, 408.57±309.81) 들고 흔들기 보행이 유의하게 컸다(표 5).

3) 부위별 압적

발목안정성집단의 압적은 후족, 중족, 발허리뼈 1~발허리뼈5, 발가락1~발가락2, 발가락4~발가락5에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 3번째 발가락(Z=-2.100*)과 전체(Z=-2.100*)에서

표 5. 발목 불안정성 집단의 팔 흔들기 종류에 따른 압력중심이동 속도

집단	압력 속도	스윙 종류	Mean ± SD	z	p
	후족	맨손	158.57±164.16	-1.014d	0.310
		물병	162.86±63.70		
	중족	맨손	200.71±173.12	-.954d	0.340
		물병	248.57±176.96		
	발허리	맨손	512.86±80.56	-.170d	0.865
		물병	514.29±148.65		
	발허리	맨손	557.86±38.28	-2.066d	0.039*
		물병	620.00±43.21		
	발목	맨손	489.29±119.18	-1.947d	0.051
		물병	580.00±44.72		
	불안정	맨손	456.43±117.43	-1.997d	0.046*
		물병	531.43±25.45		
	발가락	맨손	384.30±142.11	-.734d	0.463
		물병	422.86±191.64		
	발가락	맨손	503.57±105.78	-1.609d	0.108
		물병	602.86±95.52		
집단	발가락	맨손	491.43±166.07	-2.371d	0.018*
		물병	642.86±39.04		
	발가락	맨손	493.57±190.41	-2.375d	0.018*
		물병	668.57±51.45		
	발가락	맨손	507.14±180.62	-2.388d	0.017*
		물병	662.86±24.30		
	발가락	맨손	185.71±227.54	-2.023d	0.043*
		물병	408.57±309.81		
Total	발가락	맨손	1554.29±1741.94	-.524c	0.600
		물병	1025.71±1368.64		

p<.05*

물병 흔들기 보행(18.51±12.32, 101.34±91.27)이 유의하게 컸다(표 6).

발목 불안정성 집단은 중족, 발허리뼈2~발허리뼈4, 발가락2~발가락5, 전체에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 후족(Z=-2.197*), 발허리뼈1(Z=-2.388*), 발허리뼈5(Z=-2.028*), 발가락1(Z=-2.388*)에서는 물병(114.64±21.29, 142.86±22.30, 33.96±18.00, 220.60±101.13) 들고 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 컸다(표 7).

표 6. 발목 안정성 집단의 팔 흔들기 종류에 따른 오른발 압적

집단	압적	스윙 종류	Mean ± SD	z	p
	후족	맨손	94.60±18.67	.000e	1.000
		물병	87.21±36.15		
	중족	맨손	37.35±16.23	-1.400c	0.161
		물병	46.21±26.81		
	발허리	맨손	77.83±24.31	-1.540c	0.123
		물병	93.68±30.64		
	발허리	맨손	123.60±42.95	-.560d	0.575
		물병	122.91±34.43		
발목 안정성	발허리	맨손	116.67±39.87	-.280c	0.779
		물병	125.13±39.24		
	발허리	맨손	78.06±30.49	-.420c	0.674
		물병	81.30±42.09		
	발허리	맨손	54.83±24.60	.000e	1.000
		물병	62.94±60.15		
집단	발가락1	맨손	130.90±82.50	-1.400c	0.161
		물병	177.09±74.70		
	발가락2	맨손	26.16±9.20	-1.680c	0.093
		물병	35.74±16.86		
	발가락3	맨손	9.10±3.85	-2.100c	0.036*
		물병	18.51±12.32		
	발가락4	맨손	6.90±5.32	-1.400c	0.161
		물병	11.49±9.60		
	발가락5	맨손	2.62±4.52	-.338d	0.735
		물병	1.91±3.19		
Total	맨손	219.05±39.05	-2.100c	0.036*	
		물병			101.34±91.27

p<.05*

표 7. 발목 불안정성 집단의 팔 흔들기 종류에 따른 압적

집단	압적	스윙 종류	Mean ± SD	z	p
	후족	맨손	91.74±23.66	-2.197d	0.028*
		물병	114.64±21.29		
	중족	맨손	38.66±19.15	-.169c	0.866
		물병	37.57±18.17		
	발허리	맨손	74.33±18.60	-2.366d	0.018*
		물병	142.86±22.30		
	발허리	맨손	132.31±39.46	-1.183c	0.237
		물병	120.41±38.01		
	발허리	맨손	118.29±40.43	-1.521c	0.128
		물병	92.37±55.39		
발목 불안정	발허리	맨손	73.66±18.27	-1.690c	0.091
		물병	61.64±22.10		
	발허리	맨손	49.33±15.60	-2.028c	0.043*
		물병	33.96±18.00		
	발가락	맨손	117.60±62.99	-2.366d	0.018*
		물병	220.60±101.13		
집단	발가락	맨손	24.20±10.52	-1.859d	0.063
		물병	31.40±13.02		
	발가락	맨손	12.91±6.71	-1.690d	0.091
		물병	20.36±9.66		
	발가락	맨손	8.88±8.75	-1.859d	0.063
		물병	15.14±11.22		
	발가락	맨손	4.60±5.32	-.674d	0.500
		물병	6.41±8.31		
Total	맨손	257.53±30.64	-1.352d	0.176	
		물병			617.14±481.46

p<.05*

IV. 논의

보행 연구들은 발 형태나 발목안정성을 고려하지 않고 건강한 젊은 성인(김로빈, 최지영, 신제민, 2001; 김병곤, 공성아, 2019; 김은윤, 2009; 정화수, 최수희, 박선자, 오혜진, 조화영, 2014) 또는 환자(Owen, Elaine, 2010; 이용희, 김광준, 2015)

를 대상으로 한 연구들이 대부분이다. 그러나 보행은 발의 형태뿐만 아니라 발목 불안정성에 따라 다르다(Mann, Roger A., J. Christopher Reynolds, 1983; Robbins SE, Gouw GJ, 1991; Jay Hertel, 2002; 황아현, 2021), 본 연구에서도 정상족이라 하더라도 발목 불안정성에 따라 부위별 압력 변인이 다르게 나타났다. 그러므로

보행실험에서는 발의 형태뿐만 아니라(Douglas H. Richie Jr., 2020) 발목 불안정성도 고려한 실험 설계가 필요하다(Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, et al., 2006). 발목 안정성 집단의 최대압력은 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 3번째 발가락과 4번째 발가락에서 유의하게 크게 나타나, 무게를 더한 팔 흔들기가 3,4번째 발가락을 더 누르면서 보행한다는 것을 알 수 있다. 반면 발목 불안정성 집단에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나 발가락과 발바닥 전체의 족압은 크게 나타났다. 이것은 피험자 수가 적어서 나타난 결과로 유추해 볼 수 있다.

발목 안정성 집단의 압력중심이동속도는 4번째 발가락과 전체에서 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 컸다. 반면, 발목불안정성 집단은 발허리뼈2, 발허리뼈4, 2번째 발가락, 3번째 발가락, 4번째 발가락, 5번째 발가락에서 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 크게 나타나, 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 발허리뼈와 발가락으로 이동하는 속도를 높인다는 것을 알 수 있다(Masani, Kei., Albert H.Vette., Masaki O.Abe., Kimitaka Nakazawa., 2014; Cornwall, M. W., T. G. McPoil, 2000). 무게를 더한 팔 흔들기는 팔을 뒤로 흔들 때, 팔의 원심력이 반대 다리의 전족과 발가락에 전달되어 추진력 향상에 도움을 주는 전족(foot rocker)과 발가락 구름(toe rocker)을 유도하는 전략을 사용하게 하는 것으로 설명할 수 있다(Owen, Elaine, 2010; Douglas H., Richie Jr., 2020).

발목 안정성 집단의 압력은 전체에서 무게를 더한

팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 컸으며, 발목 불안정성 집단은 후족, 발허리뼈1, 발가락1에서 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 유의하게 높았다. 반면 발목 안정성 집단에서는 3번째 발가락과 전체는 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 압력이 낮았고, 발목 불안정성 집단에서는 5번째 발허리뼈가 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 흔들기보다 낮아, 무게를 더한 팔 흔들기가 발 바닥 부위별로 보행 효율을 높이기 위해(Melai, Tom., Herman IJ zerman., Nicolaas C. Schaper., Ton L. H. de Lange., Paul J. B. Willems., Kenneth Meijer., Aloysius G. Lieverse., Hans H. C. M. Savelberg., 2011) 후족, 발허리뼈1, 발가락1과 같은 주요 부위의 사용은 유도하나 유의한 값이 나오지 않은 3번째 발가락, 5번째 발허리뼈와 같은 부위는 덜 사용하게 하는 것으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

보행 연구들은 발 형태나 발목 안정성을 고려하지 않고 건강한 젊은 성인, 또는 환자를 대상으로 한 연구들이 대부분이다. 그러나 보행은 발의 형태뿐만 아니라 발목 불안정성에 따라 다르다. 본 연구에서도 정상족이라 하더라도 발목 불안정성에 따라 부위별 압력 변인이 다르게 나타났다. 그러므로 보행 실험에서는 발의 형태뿐만 아니라 발목 불안정성도 고려한 실험 설계가 필요하다.

발목 안정성 집단뿐만 아니라 발목 불안정성 집단도 무게를 더한 팔 흔들기가 맨손 팔 흔들기보다

최대 압력, 압력중심이동속도, 압적에서 발허리뼈와 발가락을 적극 사용하게 하여 전족과 발가락 구름(forefoot & toes rocker) 전략을 사용하게 하여, 추진력을 크게 하는데 기여하였다.

팔 흔들기가 보행에 미치는 영향을 구명하기 위해 선택한 최대 압력, 압력중심이동곡선의 속도, 압적의 세 가지 변인 중에 압력중심이동곡선의 속도가 발바닥 부위별 움직임 특성을 가장 잘 설명하는 변인이라고 할 수 있다.

일반적으로 신발을 신고 운동하는 현대인들의 보행은 신발 아웃 솔의 형태, 강도에 따라 영향을 받

는다. 특히 아웃솔의 강도가 높고, 앞이 좁은 운동화는 발가락의 사용을 제한한다. 발가락의 사용 제한은 발가락 구름 전략을 사용하지 못하게 하고, 이것으로 인하여 발가락 퇴행과 변형을 유발하고, 나아가 보폭이 좁아지고, 엉덩 근육의 퇴행을 유발할 수 있다. 본 연구의 결과를 일상생활에서 쉽게 사용할 수 있는 패트병의 무게를 이용한 팔 흔들기 걷기운동에 적용한다면 현대인의 건강증진에 기여할 것이다.

무게 팔 흔들기가 엉덩 근육의 활성화도, 보폭 등에 미치는 효과를 구명하는 것은 추후과제로 한다.

참고문헌

- 김남희(2013). **편평족의 엉덩이 관절 교정 운동프로그램 적용과 발 교정구 착용 유무가 안정시 중골 기립 각도, 발목과 골반의 움직임, 코어 근력, 족압에 미치는 영향**. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 김로빈, 최지영, 신제민(2001). 운동역학: 보행속도와 보폭변화가 하지관절 움직임에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 40(4), 997-1009.
- 김병곤, 공성아(2019). 성인 남녀의 체격과 체력, 신체활동에 따른 보행 패턴의 차이 분석. **코칭 능력개발지**, 21(3), 111-118.
- 김은윤(2009). 정상 성인의 운동 걸음걸이 분석에 대한 연구. **한국물리치료학회지**, 21(2), 87-95.
- 김은희(2003). **운동이 발 형태와 족문에 미치는 영향**. 대전대학교 보건스포츠대학원 석사학위논문.
- 남혜선, 김중휘(2017). 선자세에서 가벼운 무게로 팔 흔들기가 선행적 자세조절과 자세안정성에 미치는 영향. **대한신경치료학회지**, 21(2), 31-37.
- 정화수, 최수희, 박선자, 오혜진, 조화영(2014). 팔 흔들기가 정상인의 보행에 미치는 영향. **한국디지털정책학회지**, 12(11), 451-459.
- 최우성, 최종덕(2020). 보행 중 스마트폰을 이용한 이중과제의 혼란수준이 만성발목불안정성 성인의 보행에 미치는 영향. **대한물리의학회지**, 15(3), 99-108.
- 이경옥(2010). 신발의 종류에 따른 발바닥 부위별 압력분포의 차이. **한국여성체육학회지**, 24(4), 1-11.
- 이경옥, 김남희, 김유련(2012). 전공과 좌우 양 발에 따른 여대생의 발 유형 분석. **한국운동역학회지**, 22(2), 229-236.
- 이에덕(2005). 무용 전공자와 일반인의 발 형태에 관한 비교연구. **한국무용과학회지**, 10, 119-128.
- 이용희, 김광준(2015). 만성 편부전마비 장애인의 심폐체력과 보행능력과 연관성. **한국특수체육학회지**, 23(1), 91-103.
- 이진택(2016). 제자리멀리뛰기 동작의 팔 스윙 통제가 운동역학적 요인에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 25(1), 1667-1673.
- 황아현(2021). **보행 시 발목불안정성, 발 형태, 양말 종류에 따른 족저압의 차이**. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- Brukner P, Khan K.(1996). *Clinical sports medicine*. Mcgraw Hill Book company.
- Ducroquet R., Ducroquet J., Ducroquet P.(1965). *La Marche et les Boiteries: Etude de marches normales et pathologiques*.
- Ewa Puszczalowska-Lizis, Daniel Dąbrowiecki, Sławomir Jandziś, and

- Marek Žak.(2019). Foot Deformities in Women Are Associated with Wearing High-Heeled Shoes, *Med Sci Monit*, 25: 7746 - 7754.
- Carini Francesco, Margherita Mazzola, Chiara Fici, Salvatore Palmeri, Massimo Messina, Provvidenza Damiani, & Giovanni Tomasello (2017). Posture and posturology, anatomical and physiological profiles: overview and current state of art, *Acta Biomed*. 88(1), 11 - 16.
- Cornwall, M. W., T. G. McPoil (2000). Velocity of the center of pressure during walking, *J Am Podiatr Med Assoc*, 90(7), 334 - 338.
- Douglas H. Richie Jr (2020). *Human Walking: The Gait Cycle, Pathomechanics of Common Foot Disorders*, pp 45-61.
- Gelabert, R.(1981). *Anatomy for the dancers*. NY : Danad Co.
- Heilman, A. E., W. G. Braly., J. O. Bishop., P. C. Noble., H. S. Tullos.(1990). An anatomic study of subtalar instability, *Foot Ankle*, 10(4): 224-8.
- Hill A, Nantel J(2019). The effects of arm swing amplitude and lower-limb asymmetry on gait stability. *PLoS ONE*, 14(12), 1-14.
- Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, et al(2006). The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 87(9), 1235-1241.
- Jay Hertel(2002). Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability, *J Athl Train*. 37(4): 364 - 375.
- Masani, Kei., Albert H.Vette., Masaki O.Abe., Kimitaka Nakazawa. (2014). Center of pressure velocity reflects body acceleration rather than body velocity during quiet standing, *Gait & Posture*, 39(3), 946-952
- Mann, Roger A., J. Christopher Reynolds, (1983). Interdigital Neuroma—A Critical Clinical Analysis, *Foot & Ankle*, 3(4), 238-243.
- Melai, Tom., Herman IJ zerman., Nicolaas C. Schaper., Ton L. H. de Lange., Paul J. B. Willems., Kenneth Meijer., Aloysius G. Lieverse., Hans H. C. M. Savelberg (2011). Calculation of plantar pressure time integral, an alternative approach, *Gait & Posture*, 34(3), 379-383.
- Owen, Elaine(2010). The importance of being earnest about shank and thigh kinematics especially when using

- ankle-foot orthoses, *Prosthetics and Orthotics International*, 34(3), 254-269.
- Pereira, B.S., Andrade R., Espregueira-Mendes J., Marano RPC., Oliva XM., Karlsson J.(2021). Current Concepts on Subtalar Instability, *Orthop J Sports Med.* 19: 9(8).
- Rosenbaum D, Hautmann S, Gold L, et al.(1994). Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hind foot angular motion. *Gait Posture.* 1994; 2: 191-197.

Effect of the arm swing weight of the normal foot according to ankle instability during walking on foot pressure variables

Seo-Eun Yang(Graduate Program in System Health Science and Engineering, Ewha Womans University, PH.D Candidate) · Kyung-Ock Yi(Graduate School in Division of Kinesiology & Sports Studies, Graduate Program in System Health Science and Engineering, College of Science & Industry Conversions, Ewha Womans University, Professor)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of arm swing weight of normal foot according to ankle instability during walking on foot pressure variables. A total of 15 participants were included in the experiment: 7 with ankle stability and 8 with ankle instability. Ankle instability was determined using a questionnaire (CAIT), and foot type was determined using RCSP. There are two types of arm swing while walking: natural hand swing and active arm swing using the centrifugal force of the weight while holding a 500ml water bottle. The variables of foot pressure are the maximum pressure for each sole part, the speed of the center of pressure trajectory for each sole part, and the plantar pressure time integral. The soles of the feet were classified into 12 sites: hindfoot, midfoot, metatarsal 1 to 5, and toes 1 to 5. Statistics were analyzed by Wilcoxon's signed rank test using SPSS 22.0 for Windows, and the significance level was set to $p < .05$. The maximum pressure in the ankle stability group was significantly greater in the 3rd and 4th toe than in the weight arm swing compared to the bare hand swing. There was no difference in the ankle instability group. In the ankle stability group, the speed of the center of pressure trajectory was significantly greater in the 4th toe and overall weight arm swing than the bare hand swing. On the other hand, in the ankle instability group, weight arm swing was significantly greater than bare hand shaking at metatarsal 2, metatarsal 4, 2nd toe, 3rd toe, 4th toe, and 5th toe. In the plantar pressure time integral of the ankle stability group, the weight arm swing was significantly larger than the bare hand swing in the overall, but in the ankle instability group, the weight arm swing was significantly greater than the bare hand swing in the hindfoot, metatarsal 1, metatarsal 5, and all toes. There were differences in the gait variables according to ankle instability even in the normal foot. Therefore, gait studies should control not only foot type but also ankle instability. Weight arm swing gait used more metatarsal bones and toes than bare-handed swing gait, contributing to propulsion by using the forefoot and toe rocker strategy, the last step of gait.

Key words : ankle instability, weight arm swing, maximum pressure, speed of the center of pressure trajectory, plantar pressure time integral

논문 접수일 : 2021. 11. 14

논문 승인일 : 2021. 12. 6

논문 게재일 : 2021. 12. 31