아웃도어 워킹화 개발을 위한 근피로도 및 지면반력의 생체역학적 분석

The Biomechanical Analysis on Muscle Fatigue and GRF for Outdoor Walking Shoes Development

Young-Min Jang[1] · Joong-Sook Lee[2] · Jong-Ok Yang[2] · Bom-Jin Lee[2]

[1]Business Support Team, Ulsan Economic Promotion Agency, Ulsan, Korea

[2]Division of Kinesiology, College of Health and Welfare, University of Silla, Busan, Korea

Corresponding author
Joong Sook Lee, Ph.D.
Professor
Department of Kinesiology / 140, Baekyang-daero 700beon-gil, Sasang-gu, Busan
Silla University
Phone: 051-999-5064, Fax: 051-999-5164, Email: jslee@silla.ac.kr

Abstract

Objective : The purpose of this study is to analyze different kinds of outdoor walking shoes muscle fatigue and ground reaction force at walking comparatively and provide foundational data that can help develop outdoor walking shoes and select outdoor walking shoes that fit the users.

Method : The study objects were 30 healthy males. The experiment is conducted on outdoor walking shoes of which mid sole's inner and outer harness is different and out soles shape is different. For data collection, the EMG is used to measure the muscle fatigue of anterior tibial muscle and gastrocnemii contributing to the dorsiflexion and plantarflexion of the ankle joint and also of biceps muscle of thigh and lateral great muscle contributing to the flexion and extension of the knee joint. GRF measurer was used to measure the axes of X, Y, Z.

Results : In type A outdoor walking shoes, regarding the mid sole's hardness, the inner part is soft while the outer part is hard. The vertical ground reaction force is the lowest, which means that you will get the least impact while walking, and your knees and ankles will experience little load. In type C outdoor walking shoes, they are intended to give good feel of wearing. Tibialis anterior, Biceps femoris and gastrocnemii indicate low fatigue, which means that during a long-distance walk, it will minimize the fatigue in your lower limbs' muscles.

Conclusion : To sum up the above results, the different types of outdoor walking shoes indicate their unique characteristics in the biomechanical comparison and analysis. However, it is not statistically significant difference, so it is needed to conduct systematic and constant follow-up research afterwards to cope with the outdoor walking shoes market that is getting bigger. Lastly, this study is expected to present foundational materials and directions for developing outdoor walking shoes.

Keywords : Outdoor walking shoes, Muscle fatigue, GRF, Mid sole hardness, EMG, Long-distance walk

Introduction

최근에 들어서 여가 선용의 목적으로 일반적인 걷기나 산책에서 벗어나 다양한 코스에서 아웃도어 워킹(Outdoor walking)을 즐기는 인구가 증가하고 있으며, 이에 따라 워킹의 개념을 레저의 관점으로 바라보는 시각도 증가하고 있다. 신발과 워킹은 서로 떨어질 수 없는 관계이며 신발은 보행 동안 지면 착지 시에 발생하는 충격을 흡수하고 발목을 포함한 인체의 여러 관절을 보호함으로써 부상 예방의 역할(Choi & Kwon, 2003)과 이동의 목적으로 사용되어왔다. 그러나 다양한 환경과 코스에서

아웃도어 워킹을 즐기는 인구가 증가함에 따라 신발 고유의 목적과 특성을 더욱 부각시켜 신발을 과학화하려는 노력이 기능성, 경제성, 미관성의 측면에서 더욱 개선 되어지고 있다(Ryew & Hyun, 2013).

최근 들어 새로운 기능이 첨가된 신발의 개발이 활기를 띠는 경향을 보이고 있는데 오랜 세월을 두고 점진적으로 발달된 신발이 갖는 기능은 사용목적이 많아짐에 따라 다양화되었으며, 자세의 균형과 안정성은 보행에 있어 중요한 요소이며, 신발 밑창의 구조가 보행 특성에 영향을 미친다(Landry et al, 2010; Miriam, 2015).

이러한 이유로 신발의 기능과 종류에 대한 선행연구들을 살펴보면 기능성 구두와 맨발 보행 시 하지 관절각도 및 부하율 비교 분석(Lee & Nam, 2015), 신발의 종류에 따른 발바닥 부위별 압력분포의 차이(Yi, 2010), 기능성 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교 분석(Song, Lee, & Sung, 2008), 신발종류와 이동속도에 따른 보행의 운동역학적 분석(Lee & Sung, 2008), 등산화의 종류와 보행동작에 따른 지면반력 및 족저압력 분석(Park & Lee, 2007)등이 있고, 신발 밑창 형태가 무릎 및 발목 근육의 근활성화에 미치는 영향(Yoon, Lee, & Choi, 2014), 보행 시 신발 밑창 형태가 하지 근활성도에 미치는 영향(Kim & Choi, 2012) 등이 있다.

신발에만 국한된 연구뿐만 아니라, 신발의 밑창, 즉 인솔에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다. 선행연구로는 트레드밀 보행시 인솔 형태변화에 따른 족저압력 분석(Woo et al., 2015), 보행 시 키 높이 인솔이 젊은 남성의 하지관절에 미치는 영향(Shin et al., 2012), 탄소나노튜브 인솔 착용에 따른 드롭 착지 동작의 생체역학적 분석(Chae, Jung, & Lee, 2012), 보행시 보급형 키 높이 인솔의 높이와 재질이 평균 족저압에 미치는 영향(Lee, Kim, Jung, Han, & Park, 2011), 보행 시 변형 및 복원이 가능한 인솔에 대한 족저압력 비교 분석(Park, Lee, Kim, Yoo & Kim, 2011)등이 있으며, 신발이나 인솔 자체만의 기능에 관한 것보다 보행이나 주행 시 신발이 인체 동작이나 안정성에 미치는 영향을 연구한 것이 주종을 이루고 있다. 이와 같이 신발에 관련된 연구는 지면반력과 족저압력에 관한 연구가 최근 많이 수행되고 있으며, 이러한 연구결과들을 기초자료로 활용하여 신발개발에 다양하게 활용하고 있다.

아웃도어 워킹을 위한 신발은 일반적으로 부상에 대한 예방 및 보호를 중요하게 생각하고 발과 신체의 안정성 향상을 위한 기능을 갖추어야 된다(Stewart et al., 2007). 현재 아웃도어 워킹화에 대한 연구가 활발히 진행 중인데, 아웃도어 워킹화 라커 솔 형태에 따른 즉각적인 보행 전략 차이에서 라커솔의 생체역학적 효과는 통증이나 기형, 경직이 있는 발이나 발목의 운동을 회복시켜주어 보행을 향상시키고, 발바닥 특정 부위에 주어지는 압력을 경감시켜주며 균형 능력 향상에 도움을 준다고 하였다(Yi, 2008). 또한, 기능성 워킹화가 족형, 균형, 유연성 그리고 신체구성에 미치는 영향에서 워킹화를 착용한 후 걷기운동을 통해 발목의 유연성 뿐만 아니라 몸통 및 팔의 유연성도 증가했다고 보고하였다(Yi, 2007).

이 외에도 중량물을 부가한 워킹화 신발 바닥의 적정경도 분석(Kwak & Jeon, 2011), 발 끝이 최대높이까지 올라간 워킹화가 신체구성, 체력, 건강관련 변인에 미치는 영향(Yi, 2005) 등 워킹화의 다양한 연구가 이루어지고 있다.

또한, 최근에 이루어지는 아웃도어 워킹화 연구를 살펴보면, 지면반력측정기를 이용한 충격력 분석 및 이를 토대로 한 신발 중저(mid-sole)의 경도 및 외부 구조개선 분야, 영상분석법을 이용하여 후족 제어(rear-foot control) 기능을 연구하고 신발의 안정성을 증진시키는데 활용하는 분야, 압력분포측정기를 이용하여 신발 밑바닥의 압력 분포를 측정하는 분야로 나눌 수 있다(Shin, 2007).

이와 같이 아웃도어 워킹화 개발에 대한 노력이 활발하게 이루어지고 있는 것은 매우 바람직한 것이며, 아울러 신발이 갖는 과학적 기능에 대한 체계적인 연구결과는 국민 건강을 위해 뒷받침 되어야 할 내용으로 체육과학적 연구가 절실히 요구된다. 특히, 다양한 아웃도어 워킹화가 개발됨에 따라 아웃도어 워킹화의 운동학적(kinematic), 운동역학적(kinetic)인 연구의 필요성이 대두되고 있으며, 특히 운동학적, 운동역학적 기능 분석 및 평가는 신발이 갖는 기본적 기능에 관한 것으로 연구의 필요성이 높다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구의 목적은 아웃도어 워킹화 종류에 따른 운동역학적 변인을 비교 분석함으로써 아웃도어 워킹화 개발을 위한 최적의 조건을 구명하고, 이러한 연구결과를 활용하여 아웃도어 워킹화 개발의 기초자료를 제공하고자 한다.

Method

1. Participants

연구대상자는 하지의 질환 경험이 없었고, 정상적인 보행형태를 가진 신체 건강한 20 대 남자 30 명을 연구대상으로 선정하였다. 실험 전 연구의 목적과 절차를 설명하고, 피험자가 자발적으로 실험참가 동의서에 서명한 후 실험을 실시하였으며, 모든 실험에 앞서 연구대상자들에게 충분히 워밍업(warming up)을 하게 하였다. 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Subjects information (N=30)

Items	(M±SD)
Age(yrs)	22.10±1.45
Weight(kg)	69.90±5.80
Height(cm)	177.10±2.85
Foot length(mm)	270±0.00

2. Measurements

1) 신발

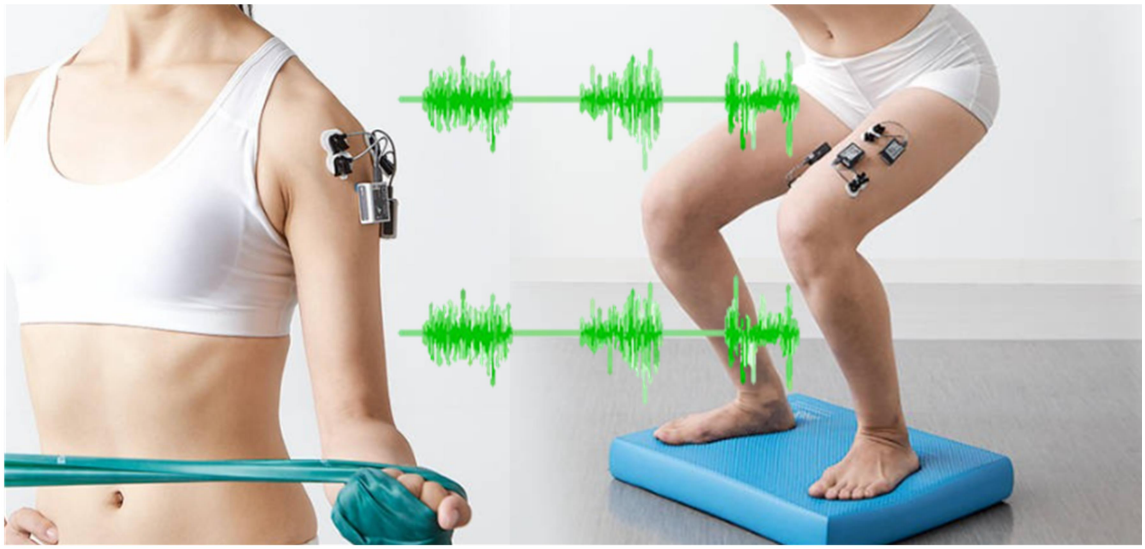
4 개의 아웃도어 워킹화 유형별 생체역학적 분석을 실시하였으며, 실험에 사용된 신발은 <figure 1>과 같다.

Figure 1. Type A, B, C, D outdoor walking shoes

2) 측정 도구

(1) 근피로도 측정

본 연구에서 하지근육의 피로도 증가량을 보기 위해 미국 Noraxon 사의 TeleMyo DTS Telemetry 와 Noraxon XP 상용 소프트웨어를 사용하였으며, 장비는 <Figure 2>와 같다.



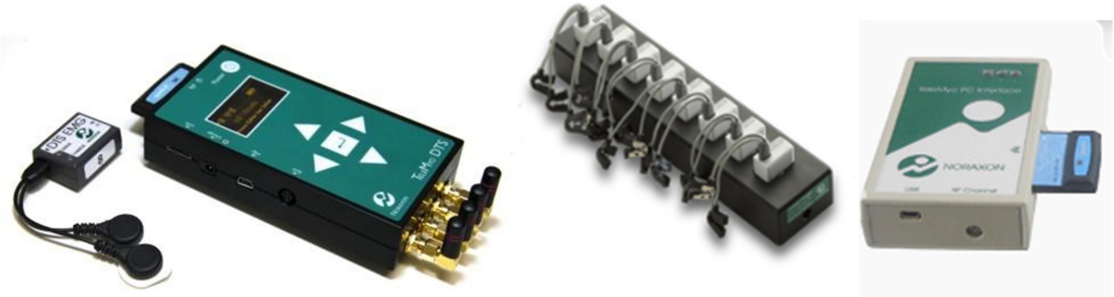


Figure 2. NORAXON's wireless electromyograph

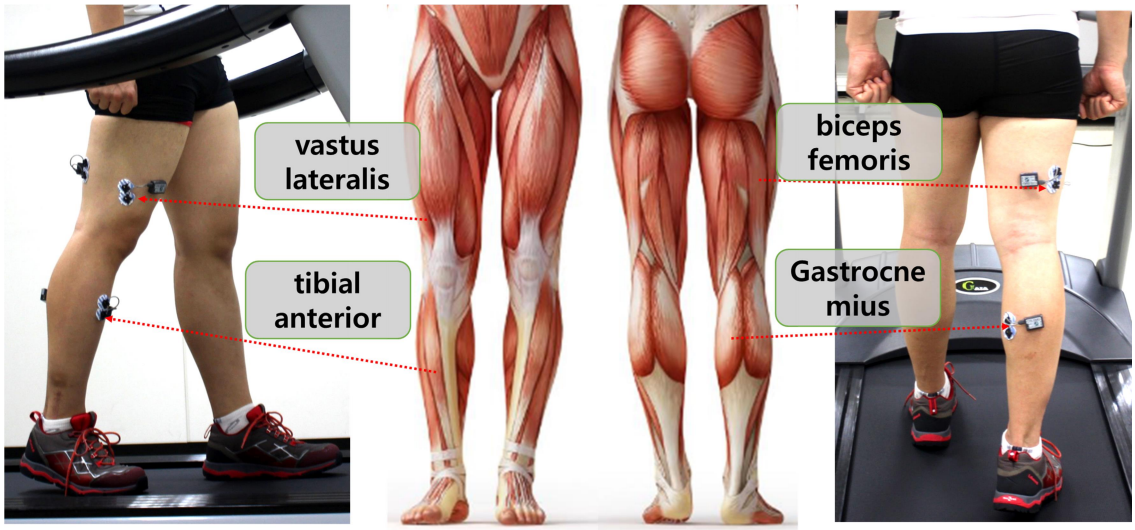


Figure 3. The surface electromyography electrode and muscle measurement placement

.하지근육의 근피로도를 분석하기 위해 트레드밀에서 4.2 km/h 의 속도로 60 분간 보행 시 하지 근피로도를 블루투스 방식의 무선 근전도 측정시스템을 사용하여 측정하였다. 또한, 보행시 가장 큰 힘을 발휘하는 근육인 대퇴이두근, 장시간 보행 시 파워 및 근지구력을 유지시켜주는 비복근, 하지의 굴곡 및 신전에 관여하는 외측광근, 발을 바닥에서 들어 올리고 내리는 역할을 하는 전경골근, 즉, 하지에서 가장 활발한 근육활동을 하는 4 부위 근육을 측정하였다. 근피로도 검사는 보행 전과 60 분간 보행을 실시한 후 MPF(Mean Power Frequency) 값에 대한 EMG 변화량을 측정한 후 분석하였다. 보행 전 각 피험자와 근육 별로 MPF 값 간의 차이는 Normalized 된 값을 사용하였으며, Normalized MPF 값은 다음 식과 같이 도출하였다(figure 3)..

Normalized MPF = 보행 60 분 후 측정한 MPF 평균 값 / 초기 측정한 MPF 평균 값

위 공식을 바탕으로 근피로도에 관한 선행연구결과(Kong et al., 2009; Park et al., 2010)에 따르면 Normalized MPF 값을 도출한 근피로도 산출결과 MPF 값이 1 보다 작을수록 근피로 정도가 높아지고 1 보다 높은 값을 가지거나 비교군보다 높은 값을 가지면 피로도가 낮은 것으로 보고했다.

(2) 지면반력 측정

본 연구에서 지면반력을 측정하기 위해 Bertec 사의 4060 -10-2000 지면반력 측정장비를 사용하였으며, 장비의 규격은 <Table 2>와 같다. 지면반력을 측정하기 위하여 보행속도는 4.2 km/h의 속도로 자연스런 보행동작을 수행하게 하였으며, 3회의 시기를 실시한 후 그 평균값을 통계처리 자료로 활용하였다.

Table 2. Specifications of Force plate system

Items	Standard
Plate size(inch)	15.75×23.62×3.94
Force range Fz(kN)	5-10
Shear force Fx, Fy(kN)	2.5-5
Natural Frequency Fz(Hz)	340-750
Natural Frequency Fz, Fy(Hz)	550-570
Weight(lb)	66

지면반력기는 통제점틀 중간에 보행시 흔들림이 없도록 고정시킨 다음 보행을 하기 위한 연습용 고무매트를 지면반력기 위에 고정시켰다(Figure 3).

Figure 4. GRF axis coordinates

3. Data processing & Statistical analysis

본 연구를 통해 얻어진 원자료(raw fate)는 통계적 분석을 위해 Window Spss Ver. 23.0 통계 프로그램을 사용하여 각각의 아웃도어 워킹화별로 근피로도와 지면반력을 비교하기 위해 기술통계분석과 측정값 탐색을 통해 평균(M) 및 표준편차(SD)를 산출하였으며, 각 변인값은

일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 사후검증으로 Turkey 로 개체 간 차이를 검정하였으며, 통계적 유의수준은 *a*=.05 로 설정하였다.

Results

1. 근피로도

다양한 종류의 아웃도어 워킹화를 신고 트레드밀 위에서 60 분 동안 시속 4.2km 의 속도로 보행한 직후의 근 피로도 변화량을 분석한 결과 전경골근, 비복근, 외측광근, 대퇴이두근에서 통계학적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.01)<table 3>. 전경골근(F_3=4.818, p<.01)에서는 Type C 의 근피로도가 가장 낮게 나타났으며, Type B, A, D 는 유사한 형태를 나타냈다. 비복근(F_3=5.504, p<.01)의 사후검정에서 근피로도의 경우 Type C 가 가장 낮게 나타났고, Type D, A 는 유사한 경향을 보였으며, Type B 가 가장 높게 나타났다. 외측광근(F_3=3.313, p<.05)의 근피로도는 Type A, C, B 순서로 낮게 나타났으며, Type D 가 가장 높게 나타났다. 대퇴이두근(F_3=3.094, p<.05)의 근피로도는 Type C 가 가장 낮게 나타났으며, Type D, B 는 유사한 결과가 나타났으며, Type A 가 가장 높게 나타났다(Table 3).

Table 3. Comparision of muscle Fatigue in each outdoor walking shoes (unit: μV)

Item	Type	*M±SD*	*df*	*F*	*p*	*Tukey*
Tibialis anterior	Type A (n=30)	0.949±0.14	*3*	*4.818*	*.002*	C>B,A,D
	Type B (n=30)	0.953±0.12				
	Type C (n=30)	0.970±0.14				
	Type D (n=30)	0.940±0.13				
Gastrocnemius	Type A (n=30)	1.013±0.15	*3*	*5.504*	*.001*	C>D,A,B
	Type B (n=30)	0.995±0.12				
	Type C (n=30)	1.037±0.23				
	Type D (n=30)	1.030±0.23				
Vastus lateralis	Type A (n=30)	0.815±0.60	*3*	*3.313*	*.019*	A,C,B>D
	Type B (n=30)	0.810±0.27				
	Type C (n=30)	0.811±0.35				
	Type D (n=30)	0.749±0.33				
Biceps	Type A (n=30)	0.960±0.66	*3*	*3.094*	*.026*	C>D,B

femoris	Type B (n=30)	0.971±0.16				C>A
	Type C (n=30)	0.993±0.19				
	Type D (n=30)	0.977±0.20				

2. 지면반력

보행 시 하지 관절의 착지기와 추진기의 수직지면반력의 값 Fz(+), 전후지면반력 Fy 의 값은 전(+), 후(-) 방향, 내외지면반력 Fx 의 값은 내(-), 외(+)측 방향의 값이다.

1) 수직 지면반력

아웃도어 워킹화 종류에 따른 보행 시 수직지면반력 결과는 <Table 4>와 같이 나타났다.

Table 4. Results of vertical ground reaction force in each shoes (unit : %BW)

Item	Type	*M±SD*	*df*	*F*	*p*
1st Peak	A (n=30)	1.215±0.10	*3*	*0.484*	*.694*
	B (n=30)	1.239±0.07			
	C (n=30)	1.225±0.06			
	D (n=30)	1.224±0.07			
2nd Peak	A (n=30)	1.210±0.08	*3*	*0.462*	*.667*
	B (n=30)	1.228±0.06			
	C (n=30)	1.221±0.04			
	D (n=30)	1.218±0.07			

아웃도어 워킹화 종류에 따른 수직지면반력의 제 1 정점은 Type B(1.239±0.07 %BW)가 가장 높고, Type A(1.215±0.10 %BW)가 가장 낮은 것으로 나타났으나, 평균값에서만 차이를 보였을 뿐 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05), 또한, 제 2 정점 역시 Type B(1.228±0.06 %BW)가 가장 높고, Type A(1.210±0.08 %BW)가 가장 낮은 것으로 나타났으며 평균값에서만 차이를 보였을 뿐 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

2) 전·후 지면반력

아웃도어 워킹화 종류에 따른 보행 시 전후지면반력 결과는 <Table 5>와 같으며, 브레이킹 동작을 나타내는 제 1 정점을 나타내는 착지시 Type B(0.213±0.07 %BW)가 가장 높은 지면반력을 나타냈고, Type A(0.223±0.06 %BW)가 가장 낮은 지면반력을 나타냈지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

Table 5. Results of anterior-posterior ground reaction force in each shoes (unit : %BW)

Item	Type	*M±SD*	*df*	*F*	*p*
Anterior (+)	A (n=30)	0.208±0.05	*3*	*0.242*	*.867*
	B (n=30)	0.213±0.07			
	C (n=30)	0.212±0.04			
	D (n=30)	0.211±0.06			
Posterior (-)	A (n=30)	-0.223±0.06	*3*	*0.453*	*.716*
	B (n=30)	-0.235±0.08			
	C (n=30)	-0.232±0.09			
	D (n=30)	-0.234±0.06			

또한, 추진력을 나타내는 제 2 정점의 경우 Type A(-0.223±0.06 %BW)가 가장 낮은 지면반력을 나타냈고, Type B(-0.235±0.08 %BW)가 가장 높은 지면반력을 나타냈으나, 평균값에서만 차이를 보였을 뿐 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

Discussion

본 연구에서는 사용자에게 적합한 아웃도어 워킹화를 선택할 수 있는 기초자료를 제공하고자 아웃도어 워킹화 종류에 따른 근피로도와 지면반력을 비교분석하였다.

근피로도는 운동으로 야기된 급성적인 근육의 힘 발휘 능력의 저하를 의미하며, 근피로의 정도는 수의적으로 수축할 수 있는 최대힘의 감소량으로 정량화되거나 최대하의 목표 힘으로 수축할 때 과업지속 실패시간으로 나타낼 수 있다(Gandevia, 2001). 근전도를 활용하여 근피로도를 산출하는데 있어서 Normalized MPF 값을 도출한 근피로도 산출결과 MPF 값이 1 보다 작을수록 근육의 피로 정도가 높아지고 1 보다 높은 값을 가지거나 비교군보다 높은 값을 가지면 피로도가 낮은 것으로 보고되어지고 있다(Kong et al., 2009; Park et al., 2010). 본 연구 결과 전경골근의 경우 사후검정결과 Type C < Type B < Type A < Type D 순으로 근피로도가 높게 나타났다. 비복근의 경우 사후검정결과 Type C < Type D < Type A < Type B 순으로 근피로도가 높게 나타났다. 외측광근의

경우 사후검정결과 Type A < Type C < Type B < Type D 순으로 근피로도가 높게 나타났다. 대퇴이두근의 경우 사후검정결과 Type C < Type D < Type B < Type A 순으로 근피로도가 높게 나타났다. Type A 는 지면으로부터 발생하는 지면반력을 흡수하기 위해 인체에 존재하는 족궁의 효율을 높이기 위하여 내측과 외측의 경도를 달리한 다중경도형태의 아웃솔과 미드솔로 설계되었다 그 결과 체중부하기 시(loading responde) 경골의 내회전과 슬관절 회외전에 관여하는 전경골근과 대퇴이두근, 이지국면에서의 추진력 외에도 발의 좌우 안정성에 관여할 수 있는 비복근의 근피로도가 비교적 높게 나타났으며, 효율적인 충격흡수 영향으로 슬관절에서의 충격흡수 역할이 감소함에 따라 외측광근에는 비교적 근피로도가 낮게 나타난 것으로 생각된다. Type B 는 족궁을 지지하기 위하여 아치지지 구조물(arch support)의 높이를 조절 가능하도록 설계하였다. 그 결과 효과적인 족궁지지로 인하여 전경골근의 근파로는 낮은 경향을 보였다. 그러나 비복근, 외측광근, 대퇴이두근에서는 비교적 높은 근활도를 보임으로써 효과적인 족궁지지 효과에 대한 추가적인 검증이 필요할 것으로 판단된다. Type C 의 경우 플라이핏폼(Fly Fit Form)을 사용하여 통기성 향상은 물론 안창의 디자인을 충격흡수에 효과적이도록 설계되었다. 그 결과 보행을 위한 움직임 이외에도 입각기 시 발생하는 충격량을 흡수하기 위한 하지근육의 역할이 감소하게 되고 이에 따라서 전경골근, 비복근, 외측광근, 대퇴이두근에서 비교적 낮은 근피로도를 보였는 것으로 생각된다. Type D 는 접지력 향상을 위해 경도가 높은 암벽화용 아웃솔을 적용한 신발이었다. 그 결과 체중부하기 시 전경골근에서 충격흡수와 발목관절의 저측굴곡을 조절하기 위한 근피로가 증가한 것으로 여겨지며, 그에 따라 슬관절에서도 충격량을 감소시키기 위한 전략으로 외측광근 역시 근피로가 증가하는 경향을 보인것으로 판단된다. 반면 경도가 높은 영향으로 인하여 말기입각 시의 추진력에 동원되는 비복근의 근 활성은 감소함으로써 이에 따라 근피로가 다소 낮은 경향이 나타난 것으로 판단된다.

수직지면반력에 대한 선행연구결과를 살펴보면 Byun(2010)은 수직지면반력을 통한 부하율을 분석한 결과, 제 1 정점은 착지 시 발 뒤꿈치가 지면과 접촉하면서 일종의 제동력 역할을 하며, 제 2 정점은 이지기에 앞으로 나가기 위해 지면을 차는 힘에 대한 반력으로 인체를 이동하게 만드는 추진력 역할을 하는 것으로 보고했는데(Lee & Sung, 2008), 본 연구결과에서는 모든 아웃도어 워킹화에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 보행시 제어동작을 수행하는 제 1 정점과 추진동작을 수행하는 제 2 정점에서 Type A 의 신발이 가장 낮은 수직지면반력을 나타냈는데, 이러한 결과는 Type A 의 신발이 지면반력을 가장 효과적으로 흡수할 수 있는 성능이 우수한 신발로 판단된다. 또한 전후지면반력에 대한 선행연구결과를 살펴보면 Perry & Burnfield(2012)는 정상보행에서 Fy1(제어기)이 체중의 약 13% Fy2(추진기)는 체중의 약 23% 정도의 크기를 보인다고 하였다. 본 연구결과에서 선행연구결과와 유사하게 보행 시 4 종류의 신발 모두 제어기의 지면반력이 추진기의 지면반력에 비해 좀 더 높은 지면반력을 나타냈다. 모든 신발에서 제동 시와 추진 시와 유사한 형태를 나타냈으며, 그 중 내외측 경도가 다른 Type A 의 신발이 가장 낮은 전후 지면반력을 나타냈는데, 따라서 Type A 신발이 지면반력을 가장 효과적으로 수용할 수 있는 우수한 성능의 신발로 판단된다. 반면 Type B 는 수직지면반력 제 1 정점과 제 2 정점, 전후지면반력 제어기, 추진기 모두 높은 경향의 지면반력을 보였는데, 이러한 결과를 유추해보면 빠른 보행속도로 다이나믹한 보행에 알맞은 아웃도어 워킹화이면서, 아치 높이 조절을 할 수 있는 설계로 인한 충격 부하를 감소 시켜 줄 수 있는 신발로 여겨진다.

이상의 연구 결과를 정리하면 본 연구에서 수행했던 하는 아웃도어 워킹화에 대한 분석이 아웃도어 워킹화의 신발의 기능을 평가하고 개선하는 데 활용될 수 있을 것이라 여겨지며 아웃도워 워킹화를 기능성을 개발하는데 있어서 기초자료로써 그 의의가 있을 것으로 판단된다. 추후 연구에서는 본 연구에서 알아본 근피로도와 지면반력의 관계가 실제 보행 시 하지관절에 미칠 수 있는 영향에 대한 세부적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Conclusion

본 연구에서는 아웃도어 워킹화 유형에 따른 근피로도 및 지면반력의 생체역학적 변인들을 비교분석 하였다. 분석결과 아웃도어 워킹화 유형에 따라 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 연구에 선정된 유형별 아웃도어 워킹화의 경우 같은 범주에 속하는 아웃도어 워킹화군임에도 불구하고, 아웃도어 워킹화 개발을 위한 설계 시 지향하고자 하는 목적에 따라 근피로도 및 지면반력 결과값이 다르게 나타남을 알 수 있었다. 근피도로가 낮다고 반드시 지면으로부터 발생하는 충격을 흡수하는데 있어서 긍정적이라고 볼 수 없었으며, 근피도도가 높다고 해서 지면반력을 흡수하는 능력이 부정적이라고 볼 수 없었다. 그러므로 동일한 제품군의 신발 개발이라 하더라도 기능적 목적 및 특성에 따라 소재, 물성, 경도, 구조적 설계, 구조체 형태, 등의 조합을 고려하여 개발되어야 기능적 목적에 도달하는 신발을 제작할 수 있을 것으로 판단된다.

추후 연구에서는 실제 아웃도어 환경에서 아웃도어 워킹화의 기능적 검증에 대한 연구가 필요할 것으로 여겨지며 또한 아웃도워 워킹화 종류에 따른 근피로도와 지면반력의 관계가 실제 보행 시 하지관절에 미칠 수 있는 영향에 대한 세부적인 연구가 필요할 것이다.

Reference

Byun, K. S. (2010). *Biomechanical Analysis of Different Outsole types of Functional Walking Shoes,* Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Sungkyunkwan University.

Chae, W. S., Jung, J. H., & Lee H. S. (2012). Biomechanical analysis of wearing carbon Nanotube-based insole during drop landing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(4), 429-435.

Choi, K. J. & Kwon, H. J. (2003). Sport biomechanical comparative analyses between general sporting shoe and functional walking shoe. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 13(2), 161-173.

Elizabeth, E. M., Katherine, K. W., Daniel, E. L., Heather, L. N., Rachael, E. D. (2014). The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *Journal of Sport and Health Science*, 3, 74-85.

Jang, H. J. (2008). An Influence of Reactive Force on Ground in Walking by Koreandance Execute, Unpublished Master's Thesis, Graduate School of HanYang University.

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*, 81(4), 1725-1789.

Kim, J. S., & Choi, H. H. (2012). The effect of form of outsole on lower leg electromyography during gait. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 13(1), 227-235.

Kong, Y. K., Kim, D. M., Lee, S. J., Lee, J. H., Lee, Y. H., Lee, K. S. & Sohn, S. T. (2009). Evaluation of the effects of lower-limb postures on the subjective discomfort, heart rate and EMGs of lower extremity muscles. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(1), 9-19.

Kwak, C. S. & Jeon, M, J. (2011). The biomechanical analysis of optimal hardness of walking shoes sole with additional weight. *Korean Journal of Sport Science*, 22(4), 2347-2357.

Landry, S. C., Nigg & K. E. Tecante. (2010). Standing in an unstable shoe increases postural sway and muscle activity of selected smaller extrinsic foot muscles. *Gait and Posture*, 32(2), 215-219.

Lee, C. H., & Nam, K. J. (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.

Lee, J. H. & Sung, B. J. (2008). Biomechanical analysis according to the types of shoe and speed. *The Journal of Physical Education*, 47(2), 421-433

Lee, J. S., Kim, D. H., Jung, B. W., Han, D. W., & Park D. M. (2011). The effects of the height and the quality of the material of popular heel-up insole on the mean plantar foot pressure during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(4), 479-486.

Lee, O. J. & Kim, M. Y. (2003). Obesity and limits of Stability in Posture. Korean Journal of Sport Psychology, 14(4), 149-158.

Miriam, K., Jennie, E., Grace A. & William, R. B. (2015). Differences in kinetics and coordination between walking barefoot and walking in rocker bottom shoes. *Journal of Sports Research*. 2(3), 77-88.

Nigg, B. M. (Ed.) (1986). *Biomechanics of Running Shoes*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Nigg, B. M., Hintzen, S. & Ferber, R. (2006). Effect of an unstable ahoe construction on lower eztremity gait characteristics. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 82-88.

Park, S. B., & Lee, J. S. (2007). Analyses of GRF & insole Foot-pressure distribution: gait patterns and types of trekking boots. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(4), 191-200.

Park, S. B., Lee, K. D., Kim, D. W., Yoo, J. H. Kim, K. H., An, C. S. & Park, J. J. (2010). Analysis of foot pressure & muscle fatigue by change in the hardness of the comfort shoes. KAHPERD Conference, 194.

Park, S. B., Lee, K. D., Kim, D. W., Yoo, J. H. & Kim, K. H. (2011). Comparative analysis of foot pressure distribution by functional insole to be transformed and restored during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(2), 231-241.

Ramanathan, A. K., Kiran, P., Arnold, G. p., Wang, W., & Abboud, R. J. (2010). Repeatability of the Pedar-X in-shoe pressure measuring system. *Foot & Ankle Surgery*, 16, 70-73.

Ryew, C. C., & Hyun, S. H. (2013). Comparative analysis of the mechanical movement of the 20 weight gait and heel height women. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 51(2), 563-575.

Shin, D. D. (2007). *The Different Energy Consumption Essect between the Power-Walking Shoes and Common Shoes when Middle School Girls' Walking for Exercise with the Shoes on*, Unpublished Master's Thesis, Graduate School of KongJu National University.

Shin, S. A., Choi, D. S., Kim, C. Y., Han, B. R., Lee, H. D., & Lee, S. C. (2012). The influence of raised heel insole on lower extremity joint kinematics of young male during walking. *Korean Journal of Sport Science*, 23(2), 232-243.

Song, J. H., Lee, C. H. & Sung, B. J. (2008). A comparative analysis in Kinetics between Spring Shoes and normal Shoes. *Korean Journal of Sport Science*, 19(1), 1-8

Stewart, L., J. N. A. Gibson & C. E. Thomson. (2007). In-shoe pressure distribution in unstable MBT shoes and flat-bottomed trining shoes: A comparative study. *Gait & Posture*, 25(4), 648-651.

Woo, J. H., Lee, J. S., Yang, J. O., Lee, B. J., Bae, K. H., Han, D. W., Park, S. M., & Bae, J. W. (2015). Analyses of plantar foot pressure according to insole types during treadmill gait. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(1), 113-122.

Yi, K. O. (2007). Effects of elevated midfoot walking shoes on foot shape, balance, flexibility, and body composition. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, 21(2), 39-50.

Yi, K. O. (2008). Immediate differences in gait strategies according to rocker sole configurations. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, 22(4), 1-13.

Yi, K. O. (2010). The effect of shoe type on plantar pressure distributions. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Woman*, 24(4), 1-12.

Yoon, S. W., Lee, J. W., & Choi, M. S. (2014). Effect of shoes sole form on knee and ankle muscle activity. *Korean Society of Physical Medicine*, 9(4), 347-354.