



## 기능성 스프링신발과 일반 운동화의 운동학적 비교분석

### The Kinematical Comparative Analysis Between Spring Shoe and General Shoe

이종훈\*(서울산업대학교) · 성봉주 · 송주호(체육과학연구원)  
Lee, Chong-Hoon\*(Seoul National University of Technology) ·  
Sung, Bong-Ju · Song, Joo-Ho(Korea Institute of Sport Science)

---

#### ABSTRACT

C. H. LEE, B. J. SUNG, and J. H. SONG, The Kinematical Comparative Analysis Between Spring Shoe and General Shoe. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 17, No. 1, pp. 99-109, 2007. The purpose of the study is to examine the effect of the spring shoe through the comparison of spring shoe to general shoe. For this, 12 healthy females in the age from 20 to 30 years participated in the E.M.G. experiment with testing kinematic variables. Results indicated that there was significant differences in angle of ankle between the general and spring shoe. Specifically, the spring shoe showed a bigger angle of take on and a smaller angle of take off in walking than the general shoe. This means that the spring shoe does not have a significant effect to produce efficient and smooth walking. In addition, the spring shoes revealed a bigger rear-foot angle than the general shoe in the evaluation of rear-foot control function. This means that the rear-foot control function of the spring shoe is low compared to the general shoe. Meanwhile, there is no significant differences in angle of knee and angle of Achilles tendon between both shoes. In an analysis of E.M.G., the significant differences were found in gastrocnemius muscle, anterior tibial musculi, musculi rectus femoris, biceps muscle of thigh between both the general and spring shoe groups by the section. In the case of gastrocnemius muscle, the spring shoe showed a low muscle production of anterior tibial musculi than the general shoe. This is a result from structural nature of the sole of a foot of the spring shoe. The spring shoe performs a rolling movement through slightly large pronation toward front-foot from rear-foot in support time before taking-off of toe and the power for this movement is mainly produced from musculi rectus femoris.

KEYWORDS: SPRING SHOE, REAR FOOT ANGLE, ANGLE OF ACHILLES TENDON, PRONATION.

---

\* leejh36@snut.ac.kr

## I. 서론

걷기는 우리 몸을 이동시키는 가장 보편적인 수단으로서 인류 문명이 발달되기 전에는 맨발을 사용하였지만, 오늘날에는 신발을 신고 걷는 것이 일반화 되었다. 신발개발의 연대를 정확히 알 수 없으나 인간은 더욱 안전하고 편리한 걸기를 위하여 신발을 개발 하였고, 이것은 마치 맨 땅에서 효율적인 운송을 위하여 인류가 바퀴를 개발한 것처럼 인류 문명의 발달과 그 역사를 함께 한다고 할 수 있다. 따라서 보행, 조깅, 주행 동작은 우리 인간들의 주요한 이동수단이며 체력향상을 위한 활동의 수단으로 사용되기도 한다. 신발은 이와 같은 활동 시, 착지에 따른 충격력을 흡수하여 발목을 포함한 인체의 여러 관절을 보호하고 부상을 예방하는 역할을 한다(최규정, 권희자, 2003). 효율적인 걷기 동작에 관련된 연구가 인체의 동작 분석 영역에만 국한되지 않는 경향을 보이고, 신발의 종류, 형태, 사용된 소재 등의 효과 검증까지 포함하게 되었다. 이러한 차원에서 효과적 걷기 운동을 가능케 하는 신발이 개발되었다면, 그에 따른 효과 검증이 체계적으로 수행되는 것이 요구된다고 하겠다. 오랜 세월을 두고 점진적으로 발달된 신발이 갖는 기능은 사용 목적이 많아짐에 따라 다양화되었으며, 학자에 따라 신발의 기능을 다르게 주장하는 경향이 있다. 한상덕(1990)은 신발이 발을 보호하고 여러 가지 기능성을 갖는 것도 중요하지만, 발이 갖고 있는 고유의 형태에 가장 잘 맞는 것이 더욱 중요하며, 이를 신발의 순응성이라 하였으며, 광창수(1999)는 신발 기능의 평가요인으로 충격력, 마모도, 피로도, 인장력, 안정성 및 편안함 등을 들었으며, 신발 개발업체들이 이 요인들을 시간적, 공간적, 경제적인 사정으로 인해 인체에 적용되는 직접적인 상관관계를 규명하지 못하고 있다고 지적하였다. 신발의 기능과 관련하여 김석관(2000)은 운동화를 설계할 때 고려해야 할 주요 기능으로 충격 흡수, 안정성, 운동 조절, 경량성, 접지 능력, 착화감(fit and comfort), 유연성, 통풍성, 내구성, 환경친화성, 10가지 요인을 제시하였다. 이 가운데 충격 흡수와 안정성 및 운동 조절 기능은 운동화의 본래 기능과 관련된다고 하였으며, 최규

정 등(2003)은 운동 조절 기능은 운동역학에서 말하는 후족 제어 기능과 관련된 것이라고 하여 기능성 신발이 갖는 운동역학적 분석을 실시하였다. 기능성 신발에 대한 연구 또는 신발이 갖는 기능에 대한 연구가 점차 활발해지는 경향을 보이고 있으며, 최근에는 신발 무게가 보행 효율에 미치는 영향(광창수, 이계산, 김희석, 2003), 보행용 전문신발과 일반운동화의 운동역학적 분석(최규정 등, 2003), 신발 종류에 따른 족저압 연구(김용재 등, 2004), 신발 인솔 높이와 재질이 발의 압력과 운동 효과에 미치는 영향(정병렬, 하현보, 2004), 다이어트 신발 착용 후 8주간 걷기운동이 호흡 순환기능 및 에너지 소비량에 미치는 영향(김우규, 2005a), 신발의 무게와 보행속도가 호흡 순환기능 및 에너지소비량에 미치는 영향(김우규, 2005b), 단계적 점증부하 트레드밀 걷기 운동 시 하지부위 중량부하가 에너지 소비량 및 심박 수 반응에 미치는 영향(정일규 등, 2003), 걷기 형태가 에너지소비량 및 호흡 순환기능에 미치는 영향(정정욱, 김훈, 2004), 힐러파워업 슈즈의 기능성 및 생리적 효능검사 평가(이순호 등, 2005)처럼 발과 건강의 중요성 증대에 따라 걷기나 신발과 관련된 연구도 증가되고 있다. 또한 박광철(2006)은 신발산업에서의 신발디자인이 경영에 미치는 영향에 대하여 언급을 하였고, 성봉주 등(2006)은 기능성 신발과 일반신발의 운동학적 분석을 시도 하였다.

Denoth와 Nigg(1981)는 충격력을 줄이기 위해서 신발을 특수한 형태로 제작하거나 특수한 바닥면을 사용하는 것이 일반적인 방법이라 하였으며, Niggdnhk와 Bahlens(1988)은 발의 충격력에 영향을 주는 변인들 가운데 인체 이동속도가 중요한 작용을 한다고 하였으며, 이와는 달리 Fredeick, Hagy(1986)와 Kinoshia, Ikuta, Okada(1990)는 체중이 더 중요한 작용을 한다고 보고 하였다. 그러나 이러한 연구들이 어느 한 분야에 한정되어 있는 실정이며, 각 종목별 전문신발이 개발되어 보급되는 추세지만, 일상생활에서 많이 사용되고 있는 보행용 전문신발에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이를 위해 본 연구에서는 3차원 영상분석과 E.M.G를 이용하여 일반적으로 사용되는 운동화와 새로 개발된 기능성 전문 신발(스프링)의 운동학적 특성의 차이점을 규명하고 일반인들의 걷기운동 효과를 증진시킬 수 있는 체육

과학적 근거를 마련할 수 있으며, 이를 통하여 일반인들의 걷기 운동효과를 높일 수 있음은 물론, 이와 유사한 다른 기능성 신발의 개발을 유도하고, 나아가 스포츠산업 발전에도 기여 할 수 있을 것으로 사료된다.

## II. 연구방법

연구에서는 영상분석, 지면반력, 압력분포, 근전도 분석을 실시하였으나 본 연구에서는 운동학적인 변인과 근전도만을 비교 분석 하였다.

### 1. 연구대상

본 연구의 실험 대상자는 정상체중( $20 < BMI < 30$ )을 지닌 20~30대 건강한 여성 12명을 대상으로 실시하였으며, 남성은 실험참여의 어려움으로 인해 제외하였으며 이들은 편평족이나 고궁족위의 이상 발 소유자를 제외한 정상족의 후족 착지형을 대상으로 하였으며, 피험자의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

### 2 연구의 제한점

본 연구의 목적을 달성하기 위해 체계적인 실험 및 분석을 시도하였으나 현실적 어려움으로 다음과 같은 연구의 제한점이 있었다.

- 1) 연구 대상을 발바닥이 정상 족궁(arch)인 20~30대 여성 12명(20대와 30대 각 6명)으로 한정하였으며, 편평 족궁과 고족궁을 지닌 피험자는 제외시켰다.
- 2) 착용한 신발에 가려 보이지 않는 종골의 움직임은 신발에 두 개의 점을 표시하여 사용하였으며, 따라

표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자 (n)	통계	나이 (yr)	키 (Cm)	몸무게 (Kg)	체지방률 (%)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
12	M	29.08	161.54	57.40	27.22	22.01
	MS	±5.81	±3.41	±4.63	±4.08	±1.89

서 실제 종골의 움직임과 신발의 움직임이 불일치할 수 있으나 이에 따른 오차는 무시하였다.

- 3) 비교 대상인 일반신발은 많은 종류가 있지만, 아킬레스건 패드와 뒤꿈치의 높이가 가장 유사하고 부드러운 제품 하나만을 선택하였기 때문에 모든 일반신발에 대한 결과 비교 및 일반적 해석은 어렵다.

### 3. 용어 및 이벤트의 정의

#### 1) 용어의 정의

(1) 스프링신발 : 발바닥에 스프링을 장착해 균형각을 유지하며 재미와 충격완화 효과로 인한 부상방지 및 운동효과를 증대시켜주기 위해 개발한 신발로 한쪽 중량이 950g, 높이 7cm<그림 1>.

(2) 일반 신발 : N사에서 개발한 N-free 5.0 시리즈로 맨발에 가까운 신발로 개발되어 가볍고 부드러운 운동화로 무게는 한쪽이 200g으로 기능성 운동화에 비해 상대적으로 가볍고 경쾌한 움직임이 가능함<그림 2>.

(3) 무릎 각(angle of knee) : 시상면 상에서 대퇴와 하퇴가 이루는 각

(4) 발목 각(angle of ankle) : 시상면 상에서 하퇴와 발이 이루는 각

(5) 아킬레스건 각(angle of Achilles tendon) : 관상면의 뒤편에서 보았을 때, 발목 관절을 중심으로 아킬레스건과 발뒤꿈치가 이루는 내측 각도

(6) 착지 각(angle of heel contact) : 착지 시 시상면 상에서 하퇴와 지면이 이루는 각도

(7) 후족 각(rear-foot angle) : 관상면의 뒤편에서 보았을 때, 신발 뒤꿈치 중앙선과 지면이 이루는 안측 각도



그림 1. 스프링신발



그림 2. 일반신발(N사, N-free 5.0)

## 2) 이벤트(Event)의 구분

본 연구에서의 이벤트 정의는 다음과 같다.

- (1) E<sub>1</sub> - 뒷꿈치 착지
- (2) E<sub>2</sub> - 하퇴와 대퇴가 수직을 이루는 시점
- (3) E<sub>3</sub> - 뒤꿈치 이지
- (4) E<sub>4</sub> - 앞꿈치 이지

## 4. 실험 장비

본 연구의 실험에 사용된 장비는 크게 영상분석 장비, 근전도기, 기타장비 등 3가지로서 자세한 특성은 <표 2>와 같다.

## 5. 실험 방법 및 자료처리

본 실험은 스포츠과학 연구원 역학 실험실에서 <그림 3>처럼 실시되었으며 12명의 여성들을 대상으로 2가지의 신발을 가지고 1가지 속도(3m의 거리를 1.7±0.05초 사이에 이동)로 걸음에 따라 동작분석, 근전도 분석 등



그림 3. 운동역학 실험 장면



그림 4. 근전도 전극 부착부위

을 수행하였다. 분석을 수행하기 위해 본 연구에서는 보행동작을 1국면(발뒷꿈치 접지에서부터 발목 관절과 고관절이 수직을 이루는 스탠스 까지), 2국면(발목관절과 고관절이 수직을 이루는 스탠스 자세에서 발뒤꿈치가 떨어질 때 까지), 3국면(발뒤꿈치가 떨어진 후 발 앞꿈치가 떨어질 때 까지)나누어 분석하였다.

보행동작 분석 시, 피험자의 보행 속도는 구간속도 측정기를 이용하여 3m구간을 1.7m/s로 이동하는 시간을 분석하였다. 동작분석을 위해 2개의 카메라를 보행 후면에 1개, 측면에 1개를 설치하고 3D DLT법을 통해 접촉각, 발목각, 무릎각, 이저각, 아킬레스각, 후족각을 측정하였다.

신발에 따른 걷기 동작 시 EMG활동양상을 파악하기 위하여 MegaWin EMG분석 시스템을 활용하였다.

Sampling Rate는 1/1000으로 걷기 시 신발에 따른 근활동의 변화가 심하게 일어날 수 있는 하지근에 표면전극을 붙이고 근 활동전위를 파악하였다<그림 4>.

본 연구를 위한 자료처리 방법은 Windows SPSS 12.0 Version을 이용하여 각 항목별 측정값의 평균과 표준편차

표 2. 역학실험 분석 장비

구분	명칭	용도	모델명	제조회사
영상 분석 장비	비디오 카메라	보행동작 촬영	PD-150	Sony, 일본
	컴퓨터	영상분석 및 자료 처리	펜티엄 III	삼성, 한국
EMG	근전도 측정장비	근육의 전기활동 측정 및 분석	Megawin Ver 2.1	Mega Electronics, 핀란드
기타 장비	구간 속도 측정기	보행속도 측정용 타이머	PKS-3000	풍광, 한국

를 산출하였다. 각각의 신발에 따른 시공간 그룹 간 차이를 검증하기 위해 반복 분산분석(2×2 또는 2×3 repeated ANOVA)법을 이용하여 분석하였다. 통계적 유의수준은  $P<0.05$ 로 설정하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 운동학적 변인

스프링화는 신발 본체와 바닥 사이에 스프링이 견착되어 있어 지면과 접촉하는 바닥의 특이성으로 인해 일반 운동화와는 외형적인 구조에서부터 다르게 제작되었다. 따라서 스프링화를 착용한 상태에서의 보행은 하지운동에 따른 분절 상호간의 운동학적 관계가 일반 운동화와는 다른 패턴을 보일 것으로 생각된다. 보행동작은 상지보다는 주로 하지 분절의 상호 협응 동작에 의해 이루어지기 때문에 하지 분절 상호간의 움직임, 즉 하지 관절의 각도 변화를 통해 운동학적 변인들을 분석하였다. 분절의 운동학적 변인으로는 착지와 이징구간의 각 이벤트별 발목각, 무릎각, 접촉각과 이징각, 아킬레스건각, 후족각 등을 3차원각도로 조사하였으며, 실험을 위해 연구대상자의 좌우측에서 촬영한 2개의 영상자료를 통해 3차원 좌표값을 산출하였다. 집단 간 각 국면에 따른 차이 검정은 독립 t-test (independent t-test)를 사용하였으며, 또한 집단 간 국면 시기에 따른 검정은 반복이원분산분석(Two way repeated measure Anova)을 사용하였다.

##### 1) 발목각

발목각은 발과 하퇴가 이루는 각으로서 발목각의 변화를 통해 체중 이동에 따른 발목관절에서의 충격흡수 정도를 살펴볼 수 있다. 연구대상자의 각 이벤트별 신발의 종류에 따른 발목각은 <표 3>에 제시하였다. 우선 발목각의 전체적인 변화를 살펴보면, 두 신발 모두 최대 중간지지기인 E<sub>2</sub>에서 가장 작은 각도를 보였고 이징적인 E<sub>4</sub>에서 가장 큰 각도를 나타냈다.

이는 두 신발 모두 체중을 앞으로 진행시키는 과정

에서 발목을 최대한 배측 굴곡시키고 발이 지면에서 떨어지는 순간에 최대한 저측 굴곡시키면서 보행이 이루어지고 있음을 의미한다. 하지만 관절각의 크기에 있어서는 두 신발이 약간의 차이를 나타냈는데, E<sub>1</sub>부터 E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>까지 즉 뒤꿈치가 지면에 닿는 순간부터 뒤꿈치가 다시 지면에서 떨어지는 순간까지는 일반화에 비해 스프링화의 발목각이 더 크게 유지되는 것으로 나타났고, 앞꿈치가 이징되는 순간인 E<sub>4</sub>에서는 일반화에 비해 좀 더 작은 발목각으로 이징하는 것으로 나타났다. 일반적으로 발목각은 신체가 앞으로 추진되는 과정에서 가장 작아지게 되고 이징 직전에 가장 커지게 된다. 따라서 지면에 수직으로 서 있는 상태에서는 발목관절이 최대한 배측굴곡 된 상태가 가장 안정적인 상태이므로 (한상덕,1990), 발목각이 가장 작아지는 최대중간지지기, 즉 E<sub>2</sub>에서의 발목관절각이 작게 나타날수록 배측 굴곡의 정도가 크고 안정성도 높다고 볼 수 있다. 더불어 배측굴곡의 정도가 클수록 최대충격력의 감소 효과도 높아지게 되므로 착지 직후 체중의 전방 이동에 따른 갑작스러운 충격을 줄이기 위해서는 충분한 배측굴곡을 이끌어낼 수 있도록 신발이 제작되어야 한다. 따라서 E<sub>3</sub>까지의 일반화의 발목각이 더 작으므로 스프링화는 발목관절에서의 안정성 측면에서는 일반화에 비해 그 효과가 낮다고 판단된다. 또한 E<sub>4</sub>에서는 지면에 힘을 가하고 능동적인 추진력을 얻어야 하는 구간이므로 충분한 저측굴곡이 필요함에도 불구하고 스프링화의 발목각이 일반화에 비해 작게 나타났다는 것은 발목관절 신전근들의 효율적인 운동을 방해한 결과라고 판단되며, 충격흡수의 측면에서 일반화는 신체내부에서의 충격흡수를 위한 동작을 통해 만들어내지만, 스프링화의 경우 충격력의 감소를 신체내부에서 이끌어내는 것이 아니라 자체적인 시스템에 의해 만들어내므로 지면반력분석 결과와 동시에 살펴보는 것이 보다 합당할 것으로 사료된다.

##### 2) 무릎각

무릎각은 하퇴와 대퇴가 이루는 사이각으로 정의하였으며 무릎각의 변화를 통해 발목각과 마찬가지로 지지기 동안의 무릎관절 신전근들의 충격흡수 정도를 파악할 수 있다. 연구 대상자의 각 이벤트별 신발의 종류

표 3. 이벤트별 발목각 결과분석

변인	M	SD	t	df	p	
E <sub>1</sub>	일반	104.6	3.98	-2.212	22	.038*
	스프링	109.7	6.98			
E <sub>2</sub>	일반	97.6	4.27	-3.057	22	.006**
	스프링	101.9	2.50			
E <sub>3</sub>	일반	91.0	6.93	-4.660	22	.000***
	스프링	102.8	5.35			
E <sub>4</sub>	일반	132.9	5.99	2.316	22	.030*
	스프링	127.1	6.40			

\*. p< .05, \*\*: p< .01, \*\*\*: p< .001

표 4. 이벤트별 무릎각 결과분석

변인	M	SD	t	df	p	
E <sub>1</sub>	일반	174.6	3.24	.629	22	.536
	스프링	173.4	5.80			
E <sub>2</sub>	일반	166.2	4.98	.476	22	.638
	스프링	165.1	5.87			
E <sub>3</sub>	일반	170.9	4.51	-1.276	22	.215
	스프링	173.1	3.89			
E <sub>4</sub>	일반	132.7	5.98	-2.405	22	.025
	스프링	138.5	5.76			

에 따른 무릎각은 <표 4>에 제시하였다. 지지기 동안의 무릎관절각은 두 신발 모두 뒤꿈치가 착지하는 순간에 가장 큰 것으로 나타났으며 최대 지지기에서 체중 지지로 인해 약간 굴곡 된 후 전방추진을 위해 다시 신전되었다가 이지 직전에 가장 작아지는 패턴을 보였다. 이벤트별로 두 신발의 무릎각 변화를 살펴보면 뒤꿈치가 지면에 닿는 순간부터 다시 뒤꿈치가 지면에서 떨어지는 순간까지 두 신발간에 특별한 차이가 관찰되지는 않았다. 하지만 앞꿈치가 이지되는 순간의 무릎각에 있어서는 스프링화가 더 큰 각도를 나타냈는데 이러한 결과는 신발의 높이와 무게가 다름으로 인해 발생한 구조적 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

### 3) 접촉각 및 이지각

본 연구에서 분석한 접촉각은 착지 시 지면과 신발이 이루는 각도로서, 보행 동작을 수행하는 과정에서 발의 스윙을 통해 신발이 처음 지면에 닿는 시점에서

의 동작 특성을 파악하기 위하여 분석한 것이다. <표 5>에 제시한 두 신발의 접촉각에 대한 결과를 살펴보면 p<.001 수준에서 일반화에 비해 스프링화의 접촉각이 유의하게 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스프링화에 비해 일반화를 신었을 경우 지면과 더 큰 각도로 착지한다는 사실을 의미하는데 이를 보행 자세와 연결하여 살펴보면 접촉각이 작을수록 지면과 수직에 가까운 상태로 착지하게 되는 것을 의미한다. 즉 착지 시 접촉각이 작을수록 착지각(지면과 하퇴가 이루는 각도)이 커지게 되면서 지면에 대해 수직으로 걸게 되어 직립 보행 동작을 위한 바른 자세를 가질 수 있게 되므로(곽창수와 김희석, 2004), 스프링화보다는 일반화의 보행 안정성이 높다고 볼 수 있을 것이다. 이지각은 착지와 지지기를 지나 발 앞 부위가 지면에서 떨어질 때 신발의 바닥면과 지면이 이루는 각도를 말한다. 본 연구에서 나타난 두 신발의 이지각에 대한 차이는 <표 5>에 제시하였다.

분석 결과에 따르면 스프링화에 비해 일반화의 이지각이 유의하게 큰 것으로 나타났는데 이 결과는 발목각에 대한 분석 결과에서 E4에서의 결과와 무관하지 않은 것으로 사료된다. 즉 이지 시 일반화의 발목각이 커지게 되면 이지각 역시 커지게 되므로 스프링화의 이지각이 작다는 것은 발목관절 신전근의 활동이 충분히 발휘되지 못했다는 것을 의미한다. 따라서 스프링화는 전방으로의 추진이나 효율적이고 부드러운 보행을 이끌어내는 데는 효과가 크지 않은 것으로 사료된다.

### 4) 아킬레스건각

본 연구에서 아킬레스건각은 관상면의 뒤편에서 보았을 때 발목 관절을 중심으로 아킬레스건과 발뒤꿈치가 이루는 내측 각도로 정의하였으며 신발의 후족제어

표 5. 접촉각, 이지각 결과분석

변인	M	SD	t	df	p	
접촉각	일반	26.9	5.31	-3.911	22	.001***
	스프링	37.1	7.35			
이지각	일반	78.9	6.93	13.552	22	.001***
	스프링	53.0	5.55			

\*\*\*: p< .001

표 6. 이벤트별 아킬레스건각 결과분석

변인	M	SD	t	df	p	
E <sub>1</sub>	일 반	171.7	6.93	-1.868	22	.075
	스프링	176.5	5.55			
E <sub>2</sub>	일 반	170.7	6.28	-.850	22	.405
	스프링	173.3	8.34			
E <sub>3</sub>	일 반	169.7	8.87	-1.004	22	.326
	스프링	173.8	10.81			
E <sub>4</sub>	일 반	269.3	59.52	4.370	13.918	.001***
	스프링	189.3	21.87			

\*\*\*: p < .001

기능을 평가하기 위해 분석하였다. 보행과 주행 동작의 착지 시, 발은 발목 관절을 중심으로 회내 운동(pronation)을 일으키고, 그 결과 아킬레스건각의 증가와 후족각의 감소를 가져온다. 신발은 이러한 각도의 과도한 변화를 방지하는 후족제어(rear foot control) 기능이 있다. Mann(1980)에 의하면 이러한 회내 운동은 전체 지지 구간의 1/10 시점에 해당하는 착지 초기에 나타나며 이 시기에 착지에 따른 수동적 힘이 나타나는 시기이기 때문에 초기 구간에서 나타난 최대치는 수동적 충격력으로 충격력 흡수 및 부상과 많은 관련이 있다고 하였다. 본 연구에서 살펴본 일반화와 스프링화의 아킬레스건각에 대한 분석 결과는 <표 6>에 제시하였다.

두 신발간 차이에 대한 유의성은 E<sub>4</sub>에서만 관찰되었으나 대체적으로 모든 국면에서 일반화의 아킬레스건각이 약간 큰 것으로 나타났다. 특히 후족제어기능의 평가에 있어서 가장 중요한 착지 초기의 아킬레스건각이 스프링화가 큰 것으로 나타났다는 사실은 스프링화의 후족제어기능이 일반화에 비해 낮다는 것을 의미한다. 한편 E<sub>4</sub>에서의 아킬레스건각 차이는 발뒤꿈치가 지면에서 떨어진 후 족부가 안쪽으로 향하고 신발의 뒤축이 바깥쪽으로 기울어짐에 따라 각도가 증가하는 것으로 거의 부하가 작용하지 않은 상태에서의 각도 변화이기 때문에 운동학적인 의미는 없는 것으로 사료된다.

### 5) 후족각

후족각은 아킬레스건각과 마찬가지로 신체의 후면에 서 연구 대상을 관찰할 때, 신발 뒤축의 지면에 대한

표 7. 이벤트별 후족각 결과분석

변인	M	SD	t	df	p	
E <sub>1</sub>	일 반	90.2	3.10	1.523	22	.142
	스프링	88.4	2.71			
E <sub>2</sub>	일 반	90.5	2.89	.688	22	.498
	스프링	89.8	2.12			
E <sub>3</sub>	일 반	92.0	3.27	-.344	22	.734
	스프링	92.4	2.15			
E <sub>4</sub>	일 반	37.6	26.45	-3.379	14.043	.004**
	스프링	65.2	9.94			

\*\* : p < .01

각도이다. 따라서 신발 자체의 절대적인 위치 변화라고 볼 수 있지만, 이 각도 역시 발 운동에 대한 변형의 결과이므로 발의 운동학적 분석에서 중요한 의미를 갖는다(최규정과 권희자, 2003). 본 연구에서 나타난 두 신발의 후족각에 대한 결과 분석은 <표 7>에 제시하였다.

결과표를 살펴보면 후족각 역시 아킬레스건각과 마찬가지로 두 신발간의 유의한 차이는 나타나지 않았다. 후족각의 분석에 있어서 가장 중요한 시점인 착지 초기의 결과에서는 스프링화가 약 2도 가량 작은 것으로 나타났지만 의미 있는 결과는 아닌 것으로 생각되며, E<sub>4</sub>에서의 유의한 차이 역시 부하가 가해지지 않은 상태에서의 결과이므로 운동학적 의미는 없는 것으로 사료된다.

## 2. 근전도(EMG) 분석

근전도는 근육의 수축을 전기적 활동력, 즉 근육의 활동전위를 측정하는 방법으로 근수축이 일어나는 동안 근섬유에서는 미세한 전위차가 발생하게 되는데 이 전위차를 전극으로 감지하여 기록한 것으로 요인별 하지 주요 근육의 근전도 분석결과는 <표 8>과 같다. 또한 하지 주요 근전도 반복 분산분석 결과는 <표 9>와 같다.

### 1) 비복근

착지구간에 따른 비복근의 변화는 <그림 5>와 같다. 근전도 부착부위인 <그림 4>에서 보는바와 같이 비복근은 대퇴골의 내측과 외측과의 뒤쪽으로부터 시작한다. 그것의 건은 가자미근의 건과 합쳐져서(가끔 족저근과도 합쳐짐) 아킬레스건을 형성하는데 이것은 중

표 8. 국면에 따른 근전도 결과 및 t-검증결과 (단위 :  $\mu V$ )

변 인	착지가-지지기				지지가-이지기				
	측정값	t	df	p	측정값	t	df	p	
비복근	일반	107.2±85.91	1.704	22	.103	82.0±57.01	.604	22	.552
	스프링	60.5±40.12				69.5±43.19			
전경골근	일반	89.0±52.56	.927	22	.364	55.3±40.04	1.034	22	.316
	스프링	70.2±46.22				41.7±21.59			
대퇴직근	일반	73.9±68.77	1.387	22	.179	27.0±24.34	-.623	22	.540
	스프링	43.8±30.24				34.7±35.11			
대퇴이두근	일반	52.6±34.75	.064	22	.949	25.5±22.73	-.563	22	.579
	스프링	51.5±44.59				33.5±43.25			

골의 뒷면에 종지한다. 이 근육의 주작용은 발목을 족저굴곡시키는 것이다.

비복근의 근전도 분석결과 구간에 따라 일반신발과 스프링신발 사이에 유의한 차이를 보였다. 이는 스프링신발이 일반신발 보다 보행 중 근 활동이 적은 것으로 나타났다.

<그림 5>에서 볼 수 있듯이 일반신발은 근 발현 크기가 감소하는 반면, 스프링신발은 근 발현 크기가 증가한 것으로 나타났으며, 통계적으로는 유의한 차이를 보였다. 이러한 이유는 스프링신발의 무게가 일반신발 보다 상대적으로 무겁고, 또한 스프링신발은 스프링으로 인해 높이가 높은 것으로 나타난 결과로 판단된다.

2) 전경골근

전경골근의 집단간 국면별 변화는 <그림 6>과 같다.

표 9. 하지 주요 근전도 반복 분산분석 결과

주요 근육	제공 합	df	MS	t	p	
비복근	집 단	10478.292	1	10478.292	4.684	0.053
	오 차	24606.728	11	2236.975		
	구 간	788.537	1	788.537	0.268	0.615
	오 차	32338.314	11	2939.847		
	집단 * 구간	3499.135	1	3499.135	11.703	0.006**
	오차	3288.847	11	298.986		
전경골근	집 단	3132.372	1	3132.372	4.583	.056
	오 차	7518.047	11	683.459		
	구 간	11603.258	1	11603.258	13.529	.004**
	오 차	9434.259	11	857.660		
	집단 * 구간	79.819	1	79.819	.219	.649
	오차	4014.225	11	364.930		
대퇴직근	집 단	1503.504	1	1503.504	4.254	.064
	오 차	3887.372	11	353.397		
	구 간	9396.827	1	9396.827	9.478	.010**
	오 차	10906.078	11	991.462		
	집단 * 구간	4276.986	1	4276.986	3.211	.101
	오차	14652.942	11	1332.086		
대퇴이두근	집 단	142.111	1	142.111	.229	.642
	오 차	6839.165	11	621.742		
	구 간	6113.037	1	6113.037	7.957	.017*
	오 차	8450.877	11	768.262		
	집단 * 구간	242.330	1	242.330	1.439	.255
	오차	1852.150	11	168.377		

\*: p< .05, \*\*: p< .01



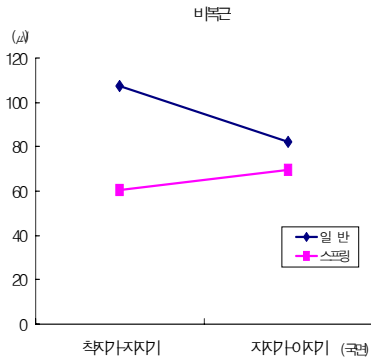


그림 5. 착지구간에 따른 비복근 변화

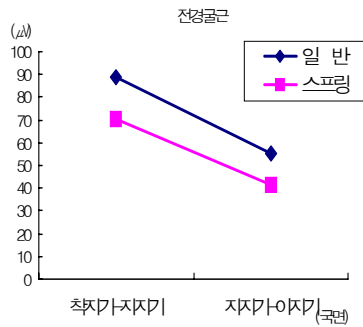


그림 6. 전경골근의 집단 간 국면별 변화

전경골근은 경골, 비골, 골간막의 앞쪽 면에서 기시하며 족관절을 배측 굴곡 하는데 사용된다. 전경골근의 근전도 분석결과 구간에 따른 집단간 유의한 차이가 나타났다. 스프링신발 착용 시 일반화보다 전경골근의 근 발현이 작게 나타나는 경향을 보이고 있다.

### 3) 대퇴직근

대퇴직근의 집단간 국면별 변화는 <그림 7>과 같다.

대퇴직근은 골반의 전하장골극 부근에서 기시하여 대퇴사두근건에 종지하며 슬관절을 신전시키는 4개의 근육군의 대퇴 사두근의 하나로서 참여할 뿐 아니라 고관절부를 굴곡 시킨다. 분석결과 대퇴직근은 구간에 따른 집단간 유의한 차이를 보였다.

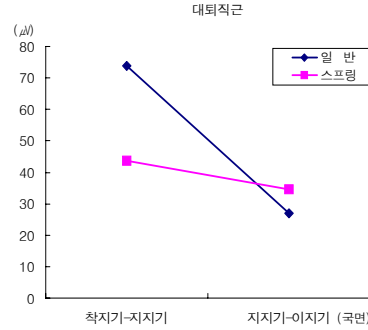


그림 7. 대퇴직근의 집단 간 국면별 변화

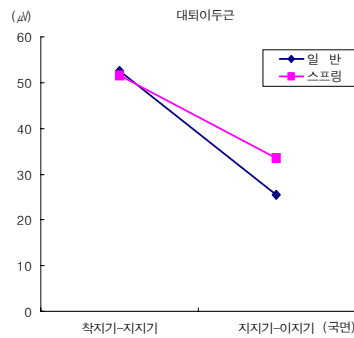


그림 8. 대퇴이두근의 집단 간 국면별 변화

<그림 7>에서 보는 바와 같이 착지에서 지지기까지의 국면에서는 일반신발이 스프링신발보다 근 발현이 크게 나타난 반면, 지지기에서 이지기까지의 국면에서는 스프링신발이 일반신발보다 근 발현이 다소 크게 나타났다. 이는 스프링신발이 발바닥 부위의 구조적 특성으로 인해 지지기에서 이지기까지 후족에서부터 전족쪽으로 다소 큰 회내 운동을 통해 구르는 동작을 수행하게 되는 데 이러한 동작을 수행하는 데 필요한 힘이 대퇴직근에서 많이 발현되는 것으로 스프링신발을 착용할 경우 지지기에서 이지기까지 미세하지만 근 강화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

### 4) 대퇴이두근

대퇴이두근의 집단간 국면별 변화는 <그림 8>과 같다.

대퇴이두근은 슬와부근육군 중 3번째 근육이며, 기시부가 두 부위인데, 장두는 치골근에서 오고 단두는 대퇴골의 간부 중간에서 온다. 종지부는 경골의 외과이

고 고관절을 신전시키고 슬관절을 굴곡시키는 작용을 한다.

<그림 8>의 결과에서 보는 바와 같이 대퇴이두근의 경우 구간에 따른 집단 간 유의한 차이를 보였다. 따라서 보행 시 주요 근육인 비복근, 전경골근, 대퇴직근, 대퇴이두근에서 구간에 따른 집단 간에 통계적으로 유의한 근 활동 차이를 보여 신발 간 유의하게 차이가 나타났다. 이는 스프링신발의 경우 일반신발보다 보행 시 근 발현 크기가 작으므로 장시간 보행 시 피로 감소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

#### IV. 결론

신체 건강한 20~30대 여성 12명을 대상으로 실험용 신발(스프링)의 효과검정을 위해 동일인이 비교용 신발(일반 운동화)을 반복적으로 착용한 후 운동역학적 변인 및 EMG 실험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 발목각은 일반화와 스프링신발의 집단 간 유의한 차이가 나타났다. 특히 뒤꿈치 이지 시 일반신발의 발목각이 더 작으므로 스프링신발은 발목관절에서의 안정성 측면에서는 일반화에 비해 다소 낮은 것으로 나타났으며, 접촉각은 스프링신발이 유의하게 큰 것으로 나타났으며, 반면에 이지각은 일반신발이 유의하게 큰 것으로 나타났다. 이는 스프링신발은 전방으로의 추진이나 효율적이고 부드러운 보행을 이끌어내는 데는 효과가 크지 않은 것으로 사료된다. 무릎각과 아킬레스건각에서는 일반신발과 스프링신발 간의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 후족각은 후족제어기능의 평가로 스프링신발이 큰 것으로 나타났다. 근전도 분석에 있어 비복근, 전경골근, 대퇴직근, 대퇴이두근에서 구간에 따른 집단 간 유의한 차이가 있었다. 비복근은 구간에 따라 일반신발과 스프링신발 사이에 유의한 차이를 보였다. 이는 스프링신발이 일반신발 보다 보행 중 근 활동이 적은 것으로 나타났다. 스프링신발 착용 시 전경골근의 근 발현이 작게 나타나는 경향을 보이고 있다. 스프링신발이 발바닥 부위의 구조적 특성 때문에 발 앞꿈치 이지 전 지지기에서 후족에서부터 전족 쪽으로

다소 큰 회내 운동을 통해 구르는 동작을 수행하게 되는 데 이러한 동작을 수행하는 데 필요한 힘이 대퇴직근에서 많이 발현되는 것으로 이러한 결과로 인해 스프링신발을 착용할 경우 지지기에서 이지기까지 미세하지만 근 강화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 이후의 기능성 신발에 대한 연구에서는 신발의 높이, 연령수준, 성별, 그리고 걷기훈련 유무에 따른 연구들과 운동시간과 운동 강도에 대한 추가 연구가 요구된다.

#### 참 고 문 헌

- 곽창수(1999). 운동화 착용기간에 따른 신발의 기능성 평가. **한국체육학회지**, 제38권, 제2호, 483-497.
- 곽창수, 이계산, 김희석(2003). 신발의 무게가 보행효율에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 제42권, 제3호, pp.677-686.
- 곽창수, 김희석(2004). 유산소 운동능력 향상을 위한 중량물 부가 신발의 기능성평가. **한국운동역학회지**, 제14권 3호, 67-82
- 김석관(2000). 산업기술의 혁신 패턴과 전개방향. 과학기술정책연구원. pp.72.
- 김용재, 지진구, 김정태, 홍준희, 이중숙, 이훈식, 박승범(2004). 20대 여성의 신발종류에 따른 족저압 영역별 비교 연구. **한국운동역학회지**, 제14권, 제3호, pp.83-99.
- 김우규(2005a). 다이어트 신발 착용 후 8주간 걷기운동이 호흡순환기능 및 에너지소비량에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 제16권, 제4호, pp.113-122.
- 김우규(2005b). 신발의 무게와 보행속도가 호흡순환기능 및 에너지소비량에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 제16권, 제2호, pp.155-164.
- 박광철(2006). 신발산업에서의 신발디자인 경영의 필요성에 관한연구. **디지털디자인학연구**, 제11권, pp.367-375.
- 성봉주, 고병구, 문영진, 송홍선, 윤성원, 최규정, 이종훈, 최재원(2005). **MBT신발착용후 걷기 시 운동**

- 역학적, 운동생리학적, 스포츠심리학적, 효과 검증.** 체육과학연구원 수탁과제연구보고서
- 이순호, 윤성원, 최규정, 백진호, 문영진(2005). 「힐러 파워업슈즈」의 기능성 및 생리적 효능 검증 평가. 체육과학연구원 수탁과제 보고서.
- 정병열, 하현보 (2004). 신발인솔 높이와 재질이 발의 압력과 운동효과에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 제15권, 제1호, pp. 913-926.
- 정일규, 윤진환, 김영표, 오명진, 서태범(2003). 단계적 점증부하 트레드밀 걷기 걷기 운동시 하지 부위 중량부하가 에너지 소비량 및 심박수 반응에 미치는 영향. **대한 스포츠의학회지**. 제21권, 제2호, pp. 913-926
- 정정욱, 김훈(2004). 걷기형태가 에너지소비량 및 호흡 순환기능에 미치는 영향. **한국체육학회지**. 제 43권, 제5호, pp.321-330.
- 최규정, 권희자(2003). 보행용 전문신발과 일반운동화의 운동역학적 비교분석. **한국운동역학회지**. 제13권, 제2호, pp.161-173.
- 한상덕(1990).<http://www.shoedb.com>.
- Denoth, J. and Nigg, M. M. (1981). The influence of various sports floors on the load on the lower extremities. In A Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior and A. Wit.(ed), *Biomechanics VII* -B Warsawa : PWW-Polish Scientific publishers : 100-105.
- Frederick, E. C. and Hagy, J.L.(1986). Factors affecting peak vertical ground reaction force in running. *Int. J. Sport Biomech.* 2(1) : 41-49.
- Kinoshia, H., Ikuta, K and Okada, S. (1990). The effect of body weight and foot type of runners upon the function of running shoe. *J. of Human Movement Studies*, 19, 1990.
- Kwon Y. H.(2002). *KWON3D Flim motion analysis Package 3.1version user, reference manual*. The penn state university Park.
- Nigg, B. M. and Bahlsen, H. A.(1988). Influence of heel flare and midsole construction on pronation, supination, and impact force for heel-toe running. *Int J. Sport Biomach.* 4(3) : 205-219.

투 고 일 : 1월 30일  
 심 사 일 : 2월 6일  
 심사완료일 : 3월 7일