



한국운동역학회지, 2004, 제14권 2호, pp. 85-103  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2004, Vol. 14, No. 2, pp. 85-103

## 달리기 시 운동화 중저의 경도가 신발굴곡각도의 크기에 미치는 영향

목승한\* · 곽창수\*\*(한림대학교) · 권오복\*\*\*(성균관대학교)

### ABSTRACT

#### The Influence of Midsole Hardness of Running Shoes on Shoes Flex Angle during Running

Mok, Seung-Han\* · Kwak, Chang-Su\*\*(Hallym University)  
Kwon, Oh-Bok\*\*\*(SungKyunkwan University)

S. H. MOK, C. S. KWAK, O. B. KWON. The Influence of Midsole Hardness of Running Shoes on Shoes Flex Angle during Running. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 2, pp. 85-103, 2004. This study was conducted to determine what effects would the midsole hardness of running shoes have on shoe flex angle and maximum propulsive force. Furthermore, the relationship between the shoes flex angle and maximum propulsive force was elucidated in order to provide basic data for developing running shoes to improve sports performances and prevent

---

투 고 일 : 2004년 6월 30일 접수

심 사 일 : 2004년 7월 6일

심사완료일 : 2004년 8월 14일

\* Corresponding Author, 대학원생, 200-702 강원도 춘천시 옥천동 한림대학교 체육학부

연락처: mok96@hallym.ac.kr, Tel: 011-266-9497

\*\* 교수, 한림대학교 체육학부

injuries. The subjects employed in the study were 10 college students majoring in physical education who did not have lower limbs injuries for the last one year and whose running pattern was rearfoot strike pattern of normal foot. The shoes used in this study had 3 different hardness, shore A 40(soft), 50(medium) and 60(hard). The subjects were asked to run at a speed of  $4 \pm 0.08$  m/sec, and their movements were videotaped with 2 S-VHS video-cameras and measured with a force platform. And the following results were obtained after analyzing and comparing the variables.

1. Although the minimum angle of shoes flex angle was estimated to appear at SFA4, it appeared at SFA2 except in those shoes with the hardness of 40.
2. The minimum angle of shoes flex angle was  $145.1^\circ$  with barefoot. Among the shoes with different hardness, it was the smallest when the hardness was 50 at  $149.9^\circ$ . The time to the minimum angle was 70.7% of the total ground contact time.
3. Maximum propulsive force according to midsole hardness was the largest when the hardness was 50 at  $1913.9 \pm 184.3$  N. There was a low correlation between maximum propulsive force and shoes flex angle.

KEY WORDS : SHOES FLEX ANGLE(SFA), MAXIMUM PROPULSIVE FORCE

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성

달리기는 걷기와는 다르게 두발 지지기(support phase)가 없고 공중기(non-support phase)가 있는 이동운동이다. 달리기는 기본적인 신체 활동뿐만 아니라 스포츠 활동에서도 기본이 되는 운동이다. 또한 최근에 와서는 일반 사람들이 건강을 위해서 달리기를 하고 있으며, 그 인구는 점점 늘어나고 있다. 걷고 달리는 운동이 단순한 신체의 움직임으로 생각하기 쉬우나 수십 개, 혹은 그 이상의 골격근이 상지와 하지의 여러 협응을 이루고 있는 복잡한 신체 운동으로서 대부분 스포츠 기술은 달리기를 전제로 한다(홍성표, 1990). 걷기와 달리기를 하는 동안 인체는 항상 지면으로부터 충격(Impact)을 받는다. 보통 달리기 시 수직방향의 최대 지면반력은 체중의 약 2~3배가 되며(Mann, 1980), 스포츠지면(sports surface)이나 신발에 따라 20~50배의 가속도가 후족부위(rearfoot region)에

서 발생한다(Cavanagh, P. R., Andrew, G. C., Kram, R., Rogers, M. M., Sanderson, D. J. & Henning, E. M., 1985; Guenther, 1967). 스키, 야구, 축구 등의 부상은 일시적인 손상인데 비하여 달리기 시 부상은 반복적인 과도한 사용이 주된 원인이다. 이처럼 반복된 충격부하는 부상의 원인이 되는데, 발은 지면으로부터 받은 충격파를 흡수하기도 하고 신체의 전 부분으로 전달하는 역할을 하기도 한다(Ariel, 1973). 이와 같은 인체의 부상을 방지하기 위하여 신발을 신으며, 신발은 지면으로부터 받은 충격량을 흡수하여 발을 보호하는 역할을 하며 부상예방에 가장 큰 역할을 한다(Nigg, B. M., Bahlisen, H. A., Denoth, J. & Luethi, S. M., 1986). 이러한 신발바닥의 적정경도는 우리 인체에 미치는 부하를 최소화 할 수 있으므로 부상예방의 측면에서 매우 중요하며(곽창수와 이계산, 1997), 운동화의 내부 구조 중 충격량을 흡수하는 기능을 지닌 중저의 연구와 뒤틀림(Torsion)각의 크기와 같은 상해 예방 측면에서 여러 연구들이 계속 되어져 오고 있다. 또한 지금까지 신발의 후족제어(rearfoot control) 및 압력분포(foot pressure distribution)와 같은 신발의 기능 중 충격량을 완화시키는 실험이 많이 이루어지고 있다.

신발의 주 기능 중 하나인 추진력(propulsive force), 또는 능동적인 힘(active force)은 인체가 전진할 때 지면의 후방으로 작용하는 힘으로서 신체중심이 발의 중간 부위를 통과하고 난 이후의 힘을 말한다. 추진력을 향상시키기 위한 방안은 신발의 경도, 신발의 두께, 신발 바닥의 구조(geometry) 등을 최적화(optimization)시키는 것이다. 지금까지의 연구 결과는 신발의 경도가 경질일수록 추진력 향상에 도움을 주며(Nigg, 1986 : Cavanagh, 1978 : Cavanagh, P. R. & Lafortune, M. A., 1980), 그 외의 변인들에 대해서는 연구된 바가 거의 없는 실정이다.

신발 바닥에서 중저의 경도는 신발굴곡각도(Shoes Flex Angle)와 추진력 및 인체 부상 예방에 큰 영향을 미친다. 인체가 추진할 때 신발굴곡각도가 너무 크면 추진력의 크기에 부정적인 영향을 미치게 되고 반복적으로 운동이 수행될 경우 인체에 부상이 발생할 소치가 있다. Bates(1980)은 중저의 경도가 비교적 밀도가 낮은 물질로 사용되면 발의 내측면(mediolateral)에서 불안정한 자세가 발생되고 거골하 관절(subtalar joint)에 회전이 생긴다고 보고하였다(White, 1982). 이러한 신발굴곡각도의 크기에 가장 크게 미치는 요인은 중저의 경도이다. 중저의 경도는 신발의 내적 구조에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로서 적절하게 유지되어야 한다. 또한 신발을 개발할 때 지금까지 운동화의 굴곡지점은 주로 제화의 내적 구조를 모방하여 설계해 왔다. 맨발로 달리기 시 발굴곡지점의 위치는 신발의 종류에 따라 내적 구조가 다르기 때문에 달라질 수 있다. 그러므로 추진력을 향상시키기 위해서는 발굴곡지점의 위치를 정확히 파악해야 한다.

그러나, 지금까지 이에 대한 정량적인 연구는 없었고, 단지 신발회사에서 신발을 개발할 때 주먹구구식으로 설계해 왔다. 따라서 신발의 내적 구조에 영향을 미치는 신발 바닥 중저의 경도에 따라 신발의 신발굴곡각도의 위치를 규명할 필요가 있다. 또한 이들 경도에 따른 각도 변인과 그때 발생하는 지면반력 중에서 추진력과의 관계를 규명할 필요가 있다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 달리기 시 신발 중저의 경도가 신발굴곡각도와 최대 추진력의 크기에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는데 일차적인 목적이 있으며, 신발굴곡각도의 크기에 따른 최대 추진력과의 관계 등을 규명하여 경기력 향상 및 부상방지를 위한 신발을 개발하는데 기초 자료를 제공하는 데 이차적인 목적이 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 피험자 선정

본 연구에 참여하는 피험자는 최근 1년 동안 하지(Lower extremity)부위에 부상 경험이 없고, 발 형태가 정상족(Normal foot)으로서 달리기 시 착지형태가 후족 착지형(Heel striker)이며 신발사이즈가 265mm인 20대의 H대학교 체육학과 학생 10명이었다. 피험자의 신체적인 특성은 아래의 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자	측정인원(n)	연령(yr)	신장(cm)	체중(kg)
평 균	10	20.7	174.9	70.6
표준편차	-	2.2	4.4	6.4

### 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비는 크게 촬영장비와 영상분석 장비 및 지면반력측정 장비로 분류할 수 있다. 촬영장비는 고해상도 비디오카메라(Panasonic high sensitivity D-5100) 2대와 카메라를 동조(Synchronize)시키기 위한 동조 장치, 비디오테이프 레코더(Panasonic AG-5700 VCR) 2대, 모니터(SONY PVM-P041Q) 1대와 달리기 속도를 일정하게 유지시키기 위한 구간속도 측정기(Running timer PKS-3000D), 시각코드 발생기(Horita SR-50)와 통제점틀(Control Object)을 사용하였으며, 영상 분석 장비로는 컴퓨터(RACK-360 Industrial Computer)한대와 영상분석프로그램 Kwon3D 3.0을 사용하였고, 지면반력분석 장비로는 AMTI ORG-6을 사용하였다.

그리고 실험에 사용된 운동화는 K사에서 실험을 위해서, 신발의 경도를 Shore A 40(연질), 50(중질), 60(경질) 3가지의 신발을 특별히 제작하였으며 신발의 두께는 같도록 하였다.

## 2. 실험 절차

본 연구에서는 피험자들의 발 형태(Foot type)가 정상족(Normal foot)이며, 착지형태가 후족 착지형이며 신발사이즈가 265mm인 피험자를 선정하였으며, 실험장비는 <그림 1>과 같이 배치하였다.

특히 두 대의 카메라는 지면으로부터 90cm높이에 설치하여 최대한 왼발과 평행이 되도록 만들었다. 이는 왼발의 마커가 오른발에 의해 가려지는 현상을 줄일 수 있기 때문이다.

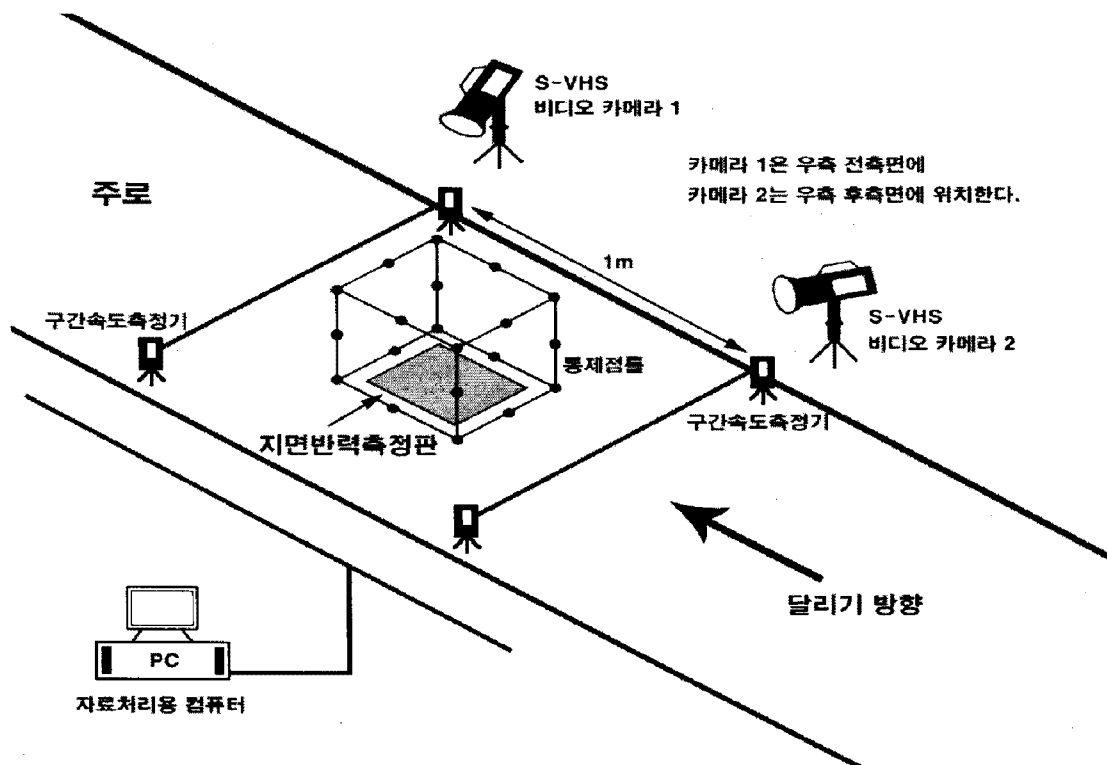


그림 1. 실험장비의 배치

실험 장비의 배치가 완료되면 피험자들에게 실험의 목적에 대한 취지를 설명한 후 실험에 익숙해 지도록 충분한 연습과 준비운동을 시켰다. 실험 기기의 작동을 점검한 후 본 실험에 들어가기 전에 한 번이 50cm인 통제점들을 달리기 동작을 완전히 포함할 수 있는 정도의 촬영범위에 설치하여 10초간 촬영한 후 제거하였다. 이때 DLT의 오차는 0.47cm로 나왔다.

피험자는 신호에 의하여 주로의 10M 후방에 위치하여 자연스러운 동작으로 달리기한 후 피험자의 왼쪽발이 지면반력판 안에 완전히 밟고 지나가도록 하였다. 이때 피험자와 관찰자가 동시에 만족스럽다고 나타난 동작만을 유효시기로 간주하였다. 실험설계에 맞추어 피험자 10명이 3가지 운동화 경도의 조건에 따라 각각 1회를 반복해서 측정하였다. 이때 달리기속도는 일반인의 조깅속도로 여겨지는  $4 \pm 0.08 \text{ m/sec}$ 로서 구간속도 측정기를 이용하여 통제하였다. 지면반력기 자료의 표집을

(Sampling rate)은 200Hz로 하였으며, 매 시기마다 모니터를 통하여 그래프를 확인한 후 자료를 컴퓨터에 저장시켰다.

표식점(Landmark) 부착은 본 연구에서 촬영된 영상을 수치화하는 과정에서 올 수 있는 오차를 최소화하기 위해서 신발에 빛의 반사가 잘 되는 반사 마커(Reflective marker)를 부착하였다. 신발 굴곡 각도를 알아보기 위해서 7개의 표식점을 왼쪽 발의 내측에 지면과 평행이 되도록 신발의 Midsole부분에 부착을 하였다. 부착된 위치는 다음과 같다<그림 2>.

- A : 왼쪽 신발의 내측 엄지발가락 끝마디뼈 중간(Distal Toe Medial)부분.
- B : 왼쪽 신발의 내측 엄지발가락의 끝마디뼈(Distal)와 첫마디뼈(Proximal)의 관절 (Interphalangeal joint).
- C : 왼쪽 신발의 내측 엄지발가락의 첫 마디뼈 중간(Proximal phalange medial).
- D : 왼쪽 신발의 내측 첫 마디뼈(Proximal phalange)와 발허리뼈(Metatarsal bone)의 관절 (Metatarsophalangeal joint).
- E : 왼쪽 신발의 첫 번째 발허리뼈 중간(First metatarsal bone medial).
- F : 왼쪽 신발의 내측 발꿈치뼈(Calcaneus)부분.
- G : 하퇴의 측면 정중앙.

### 3. 자료처리방법

#### 1) 영상분석

촬영된 비디오 영상을 불러들여 편집할 때 편리하게 하기 위하여 아날로그 방식의 영상을 디지털로 변환하였다. 영상의 편집은 Adobe Premiere 6.0을 이용하여 통제점들의 촬영 부분, 그리고 피험자의 뒤꿈치 착지 시와 발앞꿈치 이지 시의 구간 전·후를 여유 있게 잘라내어 피험자와 신발의 경도의 종류, 맨발을 구분하여 파일명을 다르게 하여 따로 컴퓨터에 저장하였다.

각각 두 대의 비디오 카메라는 시간 해상도가 30frames/sec이므로 각 카메라에서 나온 데이터를 보간(Interpolation) 한 후 동조의 시점으로부터 측정 하고자 하는 구역을 동조 장치와 시각코드 발생기의 동일한 시점을 동조용 프레임으로 정하여 두 대의 카메라에서 나온 데이터를 동조하였다. 이러한 동조 방법은 3차원 스플라인 함수(Cubic spline function)에 의한 보간법을 이용하였다.

촬영된 영상은 Kwon3D Motion Analysis Package를 이용하여 각각의 파일을 자동으로 디지털이 정을 하였으며, 위의 프로그램에서 찾고자 하는 Event를 정의하여 3차원으로 분석하였다. 3차원 좌표값을 계산할 때 여러 가지의 원인으로 인해 잡음(Noise)이 발생하는데 이러한 잡음에 의한 오차를 제거하기 위하여 스무딩(Smoothing)을 하였다. 본 연구에서는 저역 통과 필터(Lowpass filter)방법에 의해 스무딩 하였으며 차단주파수(Cutoff-frequency)는 6.0Hz로 하였다.

## 2) 자료의 표준화(Normalization)

본 연구에서는 지면반력측정기에 의해 측정된 수직력은 체중의 영향을 받기 때문에 이 자료를 직접 집단 간 비교할 경우 잘못된 결과가 나타날 수 있다. 따라서 체중에 의한 영향을 제거하기 위하여 각 피험자의 체중으로 나누어 자료를 표준화 하였다. 수직지면반력 분석 시 신발굴곡각도와 수직 지면반력과의 상관관계를 구하는데 있어서 피험자간의 구간별 시간이 일치하지 않기 때문에 모든 변인들의 비교를 위하여 지면과의 접지시간을 100%로 보고 동일 시간으로 나누어 표준화하였다.

## 3) 각도의 정의

본 연구에서는 신발 중저의 재질에 따라서 신발굴곡각도의 크기, 나타나는 시점, 신발굴곡각도가 추진력의 크기에 어떠한 영향을 미치는지 등을 분석하기 위해서 다음과 같은 각도를 측정하였다.

신발굴곡각도(Shoes flex angle : SFA) : 왼쪽 신발 굴곡점(B,C,D,E)을 기준을 신발 앞쪽의 A점과 뒤꿈치끝 F점이 각각 이루는 각도. 이들은 각각 SFA2( $\angle ABF$ ), SFA3( $\angle ACF$ ), SFA4( $\angle ADF$ ), SFA5( $\angle AEF$ )의 각으로 정의하였다<그림 2>.

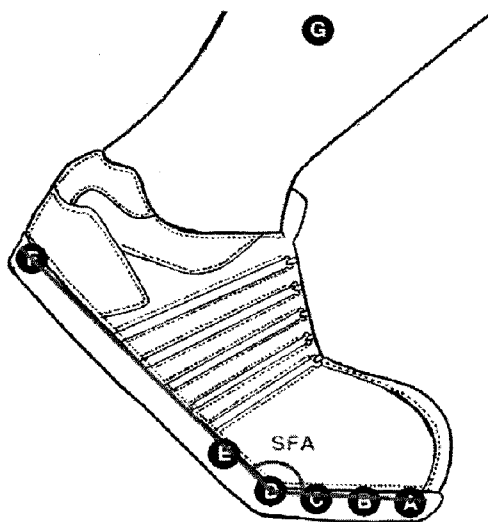


그림 2. 신발굴곡각도

## 4) 통계처리

본 연구의 통계처리는 SAS 8.01 통계 패키지를 이용하여 영상분석과 지면반력으로부터 측정하여 얻은 자료를 표준화시킨 후 기본적인 기술통계와 신발의 중저의 경도가 신발 굴곡각도의 크기에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 두 변인간의 ANOVA를 이용하여 유의수준 5%내에서 분석하였으며, 사후 검증은 Fisher의 최소 유의차 (LSD : Least-Significant Different)방법, Duncan's의 분석방법 2가지를 사용하였다. 그리고 착지각과 수직지면반력( $F_{z2}$ )과의 관계를 구하기 위하여 두 변인간의 상관관계에 대한 유의확률을 구하였다.

### Ⅲ. 결과 및 논의

#### 1. 신발의 각도 변인

##### 1) 신발굴곡점의 위치에 따른 각도 변화

본 연구에서는 신발 중저의 경도에 따라서 신발굴곡점의 위치별 신발굴곡각도가 어떻게 변하는지를 알아보았다. <그림 3>은 신발굴곡점의 위치에 따른 경도 40의 평균 굴곡각도 변화를 나타낸 그래프이다. 이를 보면 신발이 착지했을 때 신발굴곡각도의 크기가 SFA5, SFA4, SFA3, SFA2 위치의 순서로 값이 작아지는 것을 볼 수 있다. 즉, SFA4 위치가 가장 크게 굴곡되었고, SFA5의 위치가 가장 작게 굴곡되었음을 의미한다.

이는 신발이 지면에 착지하는 순간 발가락에 힘이 들어가면서 발등굴곡이 일어나서 발의 중족(Midfoot)부위보다는 전족(Forefoot)부위가 더 많이 꺾이기 때문이다.

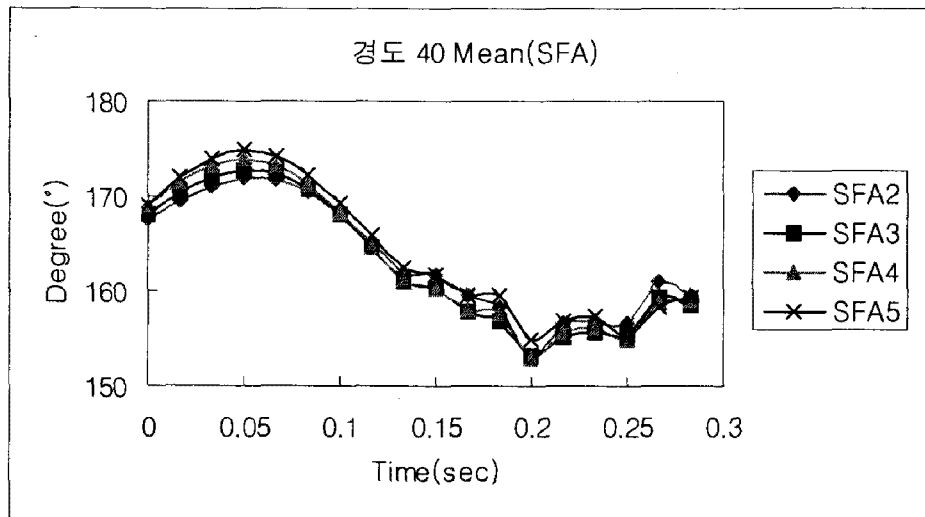


그림 3. 신발굴곡점의 위치에 따른 경도 40의 평균 굴곡각도의 변화

인체가 전방으로 진행하면서 발바닥이 지면에 완전히 닿을 때, 즉 지지기 때 각도가 가장 크게 되어 신발굴곡이 가장 작게 일어난다. 이후 지지기를 지나 발뒤꿈치가 들리기 시작하면서 신발굴곡각도가 작아지기 시작한다. 이때부터 신발굴곡이 나타나기 시작하며 경도 40에서는 최소값이 153.2°로 나타났다.

신발굴곡각도가 초기에 갑자기 감소한 이유는 지면으로부터 추진력을 얻기 위해서 갑자기 힘을 가했기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다.



<그림 4>는 신발굴곡점의 위치에 따른 경도 50의 평균 굴곡각도의 변화를 나타낸 것이다. 신발이 꺾이는 지점의 신발굴곡각도를 보면 보통 육안으로 신발의 굴곡을 관찰했을 때는 SFA4(Metatarsophalangeal joint) 부분이 가장 많이 꺾인다고 예측하였으나 실제 실험을 한 결과 SFA2 부분이 가장 많이 꺾이는 것을 볼 수 있었으며, 크게 발가락 전체가 끝마디뼈 부분(SFA2)과 첫마디뼈 부분(SFA3, SFA4), 그리고 발허리뼈 부분(SFA5)으로 나뉘어 지는 것을 볼 수 있었다.

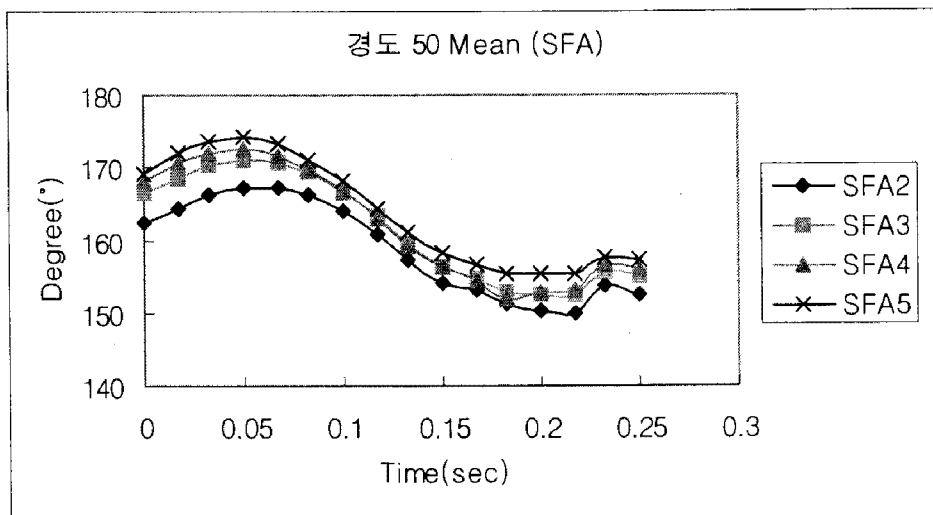


그림 4. 신발굴곡점의 위치에 따른 경도 50의 평균 굴곡각도의 변화

<그림 5>는 신발굴곡점의 위치에 따른 경도 60의 평균 굴곡각도 변화를 나타낸 것이다. 경도 50과 마찬가지로 3가지의 굴곡형태인 SFA2와 SFA3, SFA4 그리고 SFA5로 나뉘어 지며, 굴곡각도의 차이가 경도 40과 50 보다 더 큰 편차를 나타냈다. 이는 신발이 제작될 때 런닝화의 경우 신발의 앞코들림(Toe spring)을 볼 수 있는데, 중저의 경도가 강해질수록 굴곡은 잘 이루어지나 신전은 잘 이루어지지 않음을 알 수 있었다. 이러한 앞코들림과 신발경도에 대한 추후 연구가 필요하다고 생각된다. 그리고 추진력을 발휘하는 시점에서의 신발굴곡각도는 보통의 신발이 구부러지는 발허리발가락뼈 관절(Metatarsophalangeal joint, SFA4)이 제일 많이 구부러진다고 생각을 했으나 본 연구의 결과로는 발가락뼈 사이 관절(Interphalangeal joint, SFA2)이 더 많이 구부러지는 경향을 볼 수 있다.

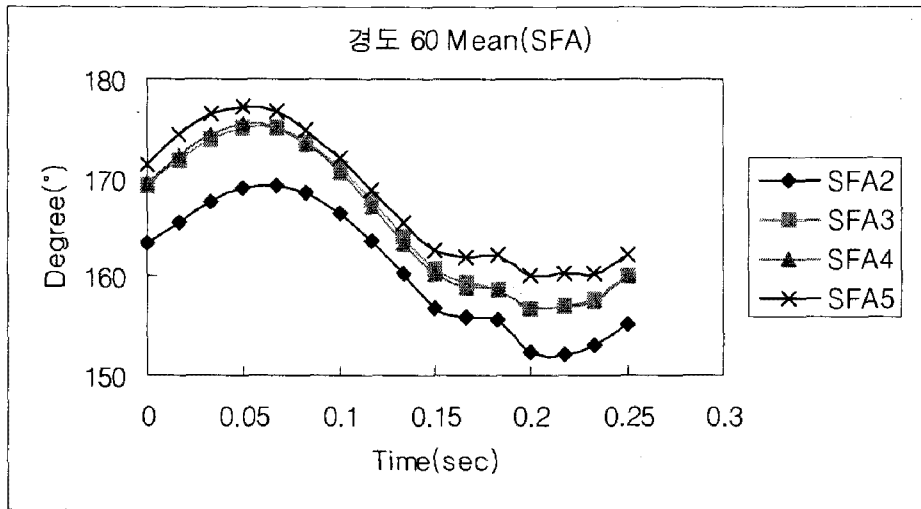


그림 5. 신발굴곡점의 위치에 따른 경도 60의 평균 굴곡각도의 변화

<그림 6>은 신발굴곡점의 위치에 따른 맨발의 평균 굴곡각도의 변화를 나타낸 것이다. 신발굴곡각도의 SFA2, SFA3, SFA4, SFA5 위치를 맨발(Barefoot)에 적용하였을 때 신발굴곡각도가 어떻게 변하는지를 관찰하였다. 맨발의 경우 신발의 경도가 40인 경우와 비슷하게 나타났다. 전족부위의 경우에는 3가지의 점(SFA2, SFA3, SFA4)이 초기에는 굴곡이 함께 일어난다. 그리고 SFA5의 경우에는 보통 육안으로 관찰되는 신발굴곡점의 뒤에 위치하고 있기 때문에 다른 점들에 비해서 신발굴곡각도의 값이 크게 나타났으며, 이는 중저의 경도나 맨발에서 비슷한 경향을 나타내고 있다. 신발굴곡이 일어나는 곳의 지점에서 맨발의 경우에는 발이 점점 앞으로 나아감에 따라서 굴곡되었던 지점(SFA4)에서 신전이 늦게 일어나는 것을 볼 수 있었으며, SFA2 지점이 가장 늦게까지 굴곡되는 것을 볼 수 있었다.

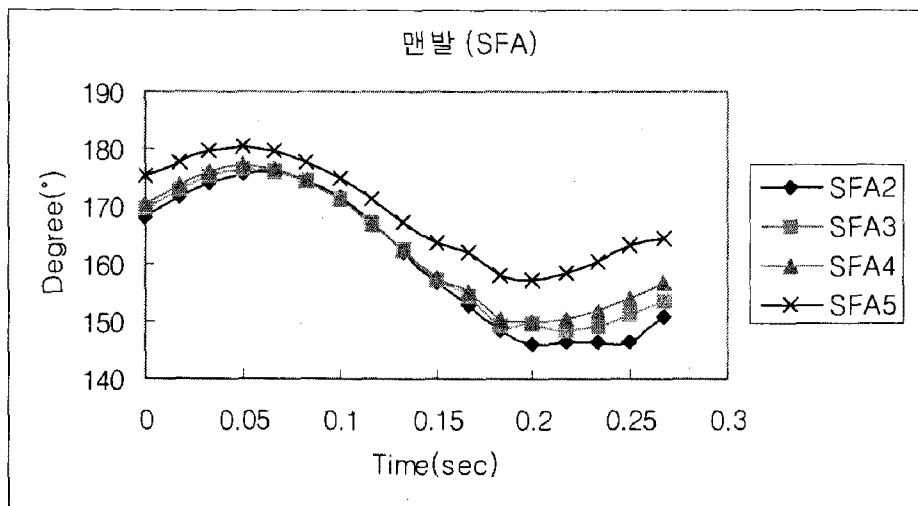


그림 6. 신발굴곡점의 위치에 따른 맨발의 평균 굴곡각도의 변화

## 2) 중저의 경도에 따른 굴곡각도의 변화

신발의 굴곡지점에 대한 정보를 이해하면 신발을 디자인할 때 부상예방 및 최적의 부위별 경도를 구할 수 있기 때문에 매우 중요하다. 본 연구는 신발의 굴곡위치에 대한 신발경도의 영향을 분석한 것이다.

<그림 7>은 중저의 경도에 따른 SFA2에서의 평균 굴곡각도의 변화를 나타낸 것이다. 신발굴곡각도의 지점이 SFA2인 곳에서 중저의 경도와 맨발의 각도 변화는 서로 다른 양상을 보였다. 착지 이후에 신발의 중저의 경도에 비해서 맨발은 지지기때 각도가 크게 나타났으며, 최소각이 나타나는 시점은 맨발의 경우가 제일 작게 나타났다. 중저의 경도의 경우 경도가 50일 때 가장 작게 나타났으며 그 다음으로 경도 60, 경도 40 순으로 나타났다. 이러한 현상은 맨발의 경우 발의 운동범위가 나타난 것으로 사료되며, 가장 많이 신전되었다가 다시 가장 많이 굴곡되는 것으로 나타났다.

그러나 신발을 착용했을 경우 이러한 과도한 굴곡과 신전을 방지해 줌으로써 발의 상해를 보호할 수 있다고 사료된다. 신발의 중저의 경도가 40인 경우에 신발굴곡각도가 최소일 때 갑자기 작아지는 현상을 볼 수 있다.

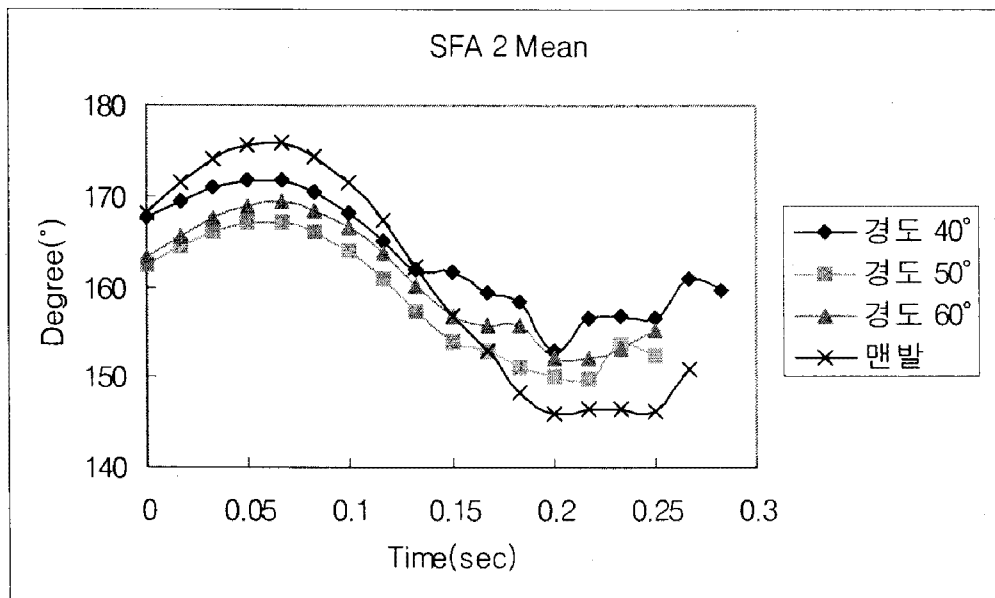


그림 7. 중저의 경도에 따른 SFA2지점의 평균 굴곡각도의 변화

<그림 8>은 중저의 경도에 따른 SFA3지점의 평균 굴곡각도의 변화를 나타낸 것이다. SFA3의 지점과 SFA2의 지점을 비교하였을 때 맨발의 굴곡각도의 변화가 비슷하며, 신발굴곡각도는 신발의 경도가 50인 경우 최소값이 가장 작게 나타났으며, 그 다음으로 경도 40, 경도 60의 순으로 나타났다. 이는 중저의 경도가 경질이어서 굴곡각도가 제한되었기 때문이라고 사료된다. 맨발의 경우 신발굴곡각도의 지점이 뒤로 옮겨감에 따라 신발을 신었을 경우와 비슷해졌으나, SFA3의 최소값은 맨발이 크나 경도가 40인 경우에는 최소값이 나타나는 지점에서 너무 급하게 작아져 발가락이나 발목의 부

상이 위험이 있다고 사료된다.

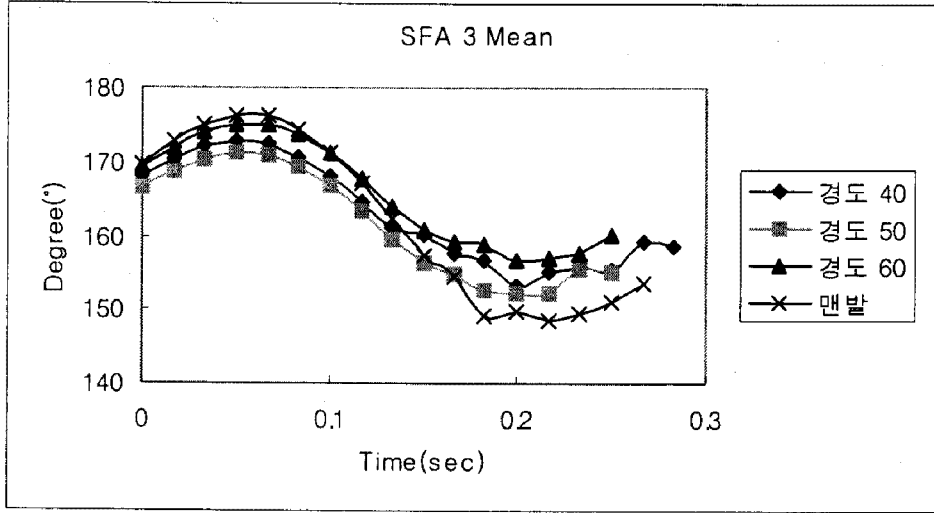


그림 8. 중저의 경도에 따른 SFA3지점의 평균 굴곡각도의 변화

<그림 9>는 중저의 경도에 따른 SFA4위치의 평균 굴곡각도의 변화를 나타낸 것이다. 중저의 경도와 맨발 사이에 그래프의 유형은 SFA2, SFA3 지점과 비슷한 형태를 나타냈다. 경도 50과 맨발은 경도 40, 60보다도 먼저 최소값이 나타났으며, 이는 경도 50과 맨발이 SFA4 지점에서 비슷한 움직임이 나타난 것으로 사료된다. 이 지점에서 경도 40의 굴곡의 변화는 크게 나타났으며, 경도 60은 커다란 차이를 보이지 않았다. 위의 경우를 보았을 때 시중에 판매되고 있는 보통 신발들의 경도를 50으로 제작하는 이유가 바로 여기에 있다고 사료된다.

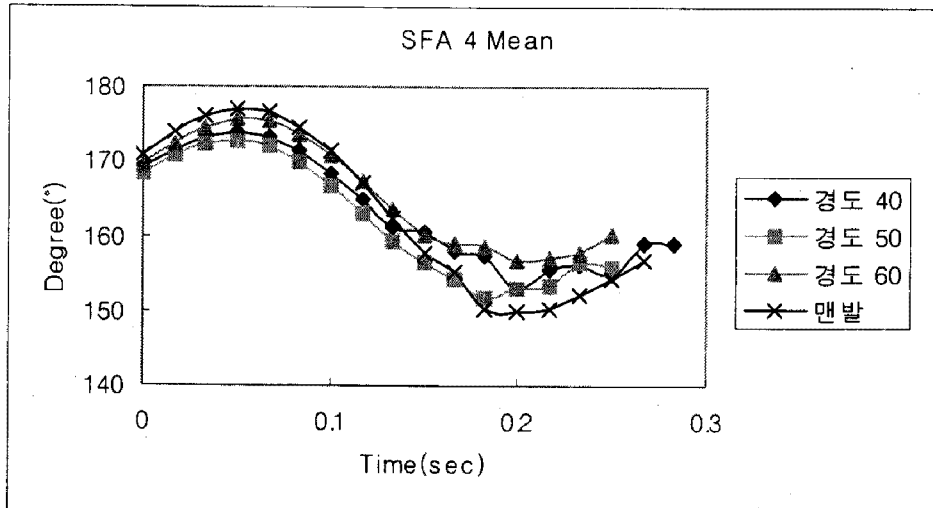


그림 9. 중저의 경도에 따른 SFA4지점의 평균 굴곡각도의 변화

<그림 10>은 중저의 경도에 따른 SFA5지점의 평균 굴곡각도의 변화를 나타낸 것이다. SFA5의 지점에서의 신발굴곡각도는 다른 SFA2, SFA3, SFA4에서의 값들과는 다르게 나타났다. 맨발의 경우 다른 세 가지 중저의 경도보다도 각도가 완만하게 나타났다. 이러한 현상은 SFA5의 지점이 SFA4의 위치보다 각도의 값이 크게 나타난 것을 미루어 보아 최대 신발 굴곡각도가 일어나는 지점이 SFA4의 위치라는 것을 시사하고 있다. 경도 50에서는 신발굴곡각도가 완만한 변화를 나타냈다. 이는 달리기 시 신발의 안전성과 연관이 있다고 사료된다. 그리고 경도 40 지점의 최소값은 SFA5의 위치 역시 각도의 편차가 심한 것으로 나타났다. 이러한 심한 편차는 발 부위에 힘이 순간적으로 작용할 수 있기 때문에 부상을 일으킬 위험성이 크다고 사료된다.

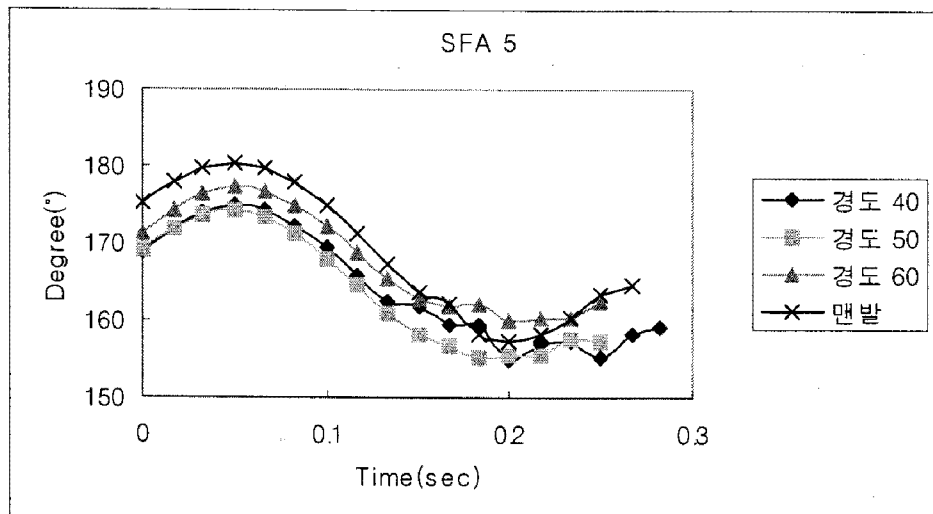


그림 10. 중저의 경도에 따른 SFA5지점의 평균 굴곡각도의 변화

## 2. 신발굴곡위치와 경도가 최소각의 크기에 미치는 영향 분석

### 1) 최소각

<표 2>는 중저의 경도에 따른 신발굴곡위치별 굴곡각도의 평균값들이다. 맨발의 경우 신발의 중저의 경도와 비교했을 때 최소각이 제일 작았으며, 이는 신발의 중창의 경우 신발의 굴곡의 제한을 받으나, 맨발의 경우 관절의 굴곡각 만큼 움직이기 때문이다. 위 결과에서 맨발의 각도가 제일 작게 나타났으며, 경도 50의 각도가 그 다음으로 작게 나타났다.

표 2. 중저의 경도에 따른 신발의 굴곡 위치별 최소각의 크기 (단위 : °)

경도 \ 각도	SFA2	SFA3	SFA4	SFA5
경도 40	153.0	153.2	152.9	155.0
경도 50	149.9	152.3	151.9	155.3
경도 60	152.1	156.8	156.8	160.0
맨발	145.9	148.4	149.8	157.3

일반적으로 경도가 연질일 때 각도가 제일 작게 나타날 것으로 예상되었으나 본 연구의 결과에서는 경도 50의 경우가 제일 작게 나타났다. 신발을 제작할 경우 보통 경도 50의 중창을 사용한다. 이것은 경도 50에서 맨발의 움직임과 매우 흡사하기 때문이라 사료된다.

<표 3>은 신발굴곡위치에 따른 경도 간 최소각 차이를 분석한 분산분석표이며, 분석결과 신발굴곡위치에 따라 경도간의 최소각은 통계적으로 차이를 나타냈다. 즉 사후검증결과 경도 40과 60은 차이를 나타내지 않았으나 이들과 경도 50사이에는 차이를 나타냈으며( $P < .0001$ ), 경도 40은  $156.0^\circ$ , 60은  $156.3^\circ$ 의 평균값이 나타났으며, 경도 50은  $152.4^\circ$ , 맨발은  $150.7^\circ$ 의 평균값을 나타냈다.

표 3. 중저의 경도에 따른 신발굴곡각도에 대한 분산 분석 결과표

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	3	904.2	301.4	14.3	<.0001
Error	156	3292.6	21.1		
Corrected Total	159	4196.7			

<표 4>는 신발굴곡위치에 따른 신발굴곡각도에 대한 분산 분석 결과표이다. 신발굴곡위치 사이의 최소각은 통계적으로 차이를 나타냈다. 사후검증결과 SFA3과 SFA4의 위치에 비해서 SFA5의 위치와 SFA2의 위치는 차이를 나타냈으나( $P < .0001$ ), SFA3과 SFA4의 위치는 서로 차이를 나타내지 않았다. SFA5의 굴곡각도는 동떨어진 그룹으로 간주하였으며, 이때 평균값은  $157.5^\circ$ 이었다. SFA4와 SFA3은 같은 그룹으로 간주하며 각각  $153.8^\circ$ 와  $153.1^\circ$ 의 평균값을 각각 나타냈다. SFA2의 굴곡각도 역시 다른 그룹으로 나타났으며, 평균값은  $151.0^\circ$ 이었다.

이들을 살펴보면 SFA3과 SFA4 위치에서 비슷한 신발굴곡각도의 변화를 나타냈다. 그 중 SFA4에서 최소값이 나타난 것으로 보아 신발의 굴곡이 실제 일어나는 위치로 볼 수 있었으며, 이는 SFA5에서의 최소값이 SFA4보다 크게 나타난 것을 미루어보아 알 수 있었다. SFA2 또한 다른 그룹으로 나뉘었는데 이러한 결과는 신발의 굴곡이 SFA2지점에서 뒤꿈치 이지(Toe off) 직전까지 굴곡이 되는

것으로 사료된다.

표 4. 신발굴곡위치에 따른 신발굴곡각도에 대한 분산 분석 결과표

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	4	893.1	297.7	14.1	<.0001
Error	156	3303.7	21.2		
Corrected Total	159	4196.7			

<표 5>는 중저의 경도와 신발굴곡위치가 신발굴곡각도에 어떠한 영향을 미치는지를 분석한 분산 분석 결과표이다. 분석결과 신발굴곡위치와 중저의 경도는 신발굴곡각도의 크기에 서로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다 ( $P<.0001$ ).

경도에 따른 사후검증결과를 살펴보면 경도 60과 40일 때 156.3°와 156.0°로 같은 그룹으로 나타났으며, 경도 50과 맨발은 152.4°와 150.7°로 같은 그룹으로 나타났다. 이는 경도 50일 경우 맨발의 움직임과 비슷하다는 것을 의미하며, 신발 제작에 있어서 적절한 경도를 결정하여 주는 원인이라 사료된다.

신발굴곡 위치에 따른 결과는 SFA2의 그룹(151.0°)과, SFA3(153.1°), SFA4(153.8°)의 그룹 그리고 SFA5(157.5°)의 그룹은 총 3 그룹으로 나뉘어졌으며, SFA2는 신발이 이지 때까지 굴곡이 일어났으며, 최대 추진력을 얻기 위한 신발굴곡의 위치는 SFA4로 나타났다. 이는 SFA5의 최소값이 SFA4보다 크게 나타나는 것을 미루어 짐작할 수 있었다.

표 5. 중저의 경도와 신발굴곡위치에 따른 신발굴곡각도에 대한 분산 분석 결과표

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	7	1797.2	299.5	19.1	<.0001
Error	153	2399.5	15.7		
Corrected Total	159	4196.7			
hardness	3	904.1	301.4	19.2	<.0001
Shoes Flex Angle	4	893.1	297.7	19.0	<.0001

## 2. 최소각이 나타난 시점

<표 6>은 신발이 지면에 닿았을 때의 총 접지 시간을 1이라고 보았을 때 경도별 신발굴곡의 최

소값이 나타나는 시점을 위치마다 걸린 시간과 비율(%)로 나타낸 것이다.

결과를 살펴보면 경도 40일 경우 모든 신발굴곡위치에서 같은 시점인 0.2초(70.7%)에서 최소값이 나타났으며, 경도 50인 경우 총 접지시간에서 SFA4와 SFA5의 위치는 가장 빠른 0.183초(73.2%)의 시점에서 나타났으며, 그 다음은 SFA3의 위치로서 0.2초(70.7%), 그리고 마지막으로 SFA2의 위치는 0.217초(86.8%)에서 각각 나타났다.

경도 60인 경우 최소각이 나타나는 시점은 SFA3, SFA4, SFA5의 위치에서 0.2초(80.0%)로 나타났으며, SFA2 위치에서는 0.217초(86.8%)를 나타냈다. 맨발의 경우 SFA2, SFA4, SFA5의 위치에서는 최소각이 나타나는 시점이 0.2초(74.9%)에 나타났으며, SFA3의 위치에서는 0.217초(81.3%)에 나타났다.

이들을 종합하여 살펴보면 전체적으로 신발굴곡의 최소각이 나타나는 시점과 비율은 신발의 경도가 높아질수록 최소각은 후반부에 나타났다. 굴곡위치 SFA2와 SFA3의 시점은 경도 50과 60의 경우 같게 나타났으며, 전체적으로 다른 위치보다도 최소각의 시점이 더 늦게 나타났다.

표 6. 최소각이 나타난 시점과 비율

(단위 : sec)

경도 \ 각도	SFA2	SFA3	SFA4	SFA5
Shore A 40	0.2 (70.7%)	0.2 (70.7%)	0.2 (70.7%)	0.2 (70.7%)
Shore A 50	0.217 (86.8%)	0.2 (80.0%)	0.183 (73.2%)	0.183 (73.2%)
Shore A 60	0.217 (86.8%)	0.2 (80.0%)	0.2 (80.0%)	0.2 (80.0%)
Barefoot	0.2 (74.9%)	0.217 (81.3%)	0.2 (74.9%)	0.2 (74.9%)

맨발의 경우에는 최소각이 나타나는 시점이 경도 50과 비슷하게 나타났으며, 다른 곳에 비해서 SFA3의 위치가 제일 늦게 나타났다.

### 3. 지면반력 변인

중저의 경도에 따른 최대 추진력( $F_{z2}$ )의 크기

중저의 경도에 따른 지면반력의 관계를 일원변량분석을 통하여 신발 중저의 경도에 따라서 최대 추진력( $F_{z2}$ )의 크기에 어떠한 차이를 나타냈는지 분석하였다.

<표 7>과 같이 경도 40의 경우 최대 추진력( $F_{z2}$ )의 크기는  $1870.8 \pm 203.9N$ 으로 나타났으며, 경도 50은  $1913.9 \pm 184.3N$ , 경도 60은  $1890.1 \pm 210.3N$ , 맨발(Barefoot)은  $1817.1 \pm 197.9N$ 을 나타냈다. 그러나



이들의 분산 분석의 결과는 <표 10>과 같이 최대 추진력의 크기에 대한 경도 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 7. 중저의 경도에 따른 최대 추진력( $Fz_2$ )의 크기 (단위:N)

지면반력 \ 경도	Shore A 40	Shore A 50	Shore A 60	Barefoot
$Fz_2$ Mean	1870.8 ±203.9	1913.9 ±184.3	1890.1 ±210.3	1817.1 ±197.9

<표 8>의 최대 추진력의 크기를 비교해 보았을 때, 맨발인 경우에는 가장 작은 값이 나왔으며, 나머지 세 가지 경도의 값들을 비교해 보았을 때 경도 50의 값이 가장 크게 나타났다. 이는 신발굴곡각도가 가장 최소값이 나왔을 때 경도 50인 신발이 최대 추진력( $Fz_2$ )을 발휘할 수 있는 것으로 사료된다.

표 8. 중저의 경도에 따른 최대 추진력( $Fz_2$ )의 분산 분석표

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	3	47747.4	15915.8	0.4	0.7535
Error	35	1391102.3	39745.8		
Corrected Total	38	1438849.6			

#### 4. 신발굴곡각도와 최대 추진력( $Fz_2$ )과의 상관관계

<표 9>는 신발굴곡각도(SFA)와 최대 추진력( $Fz_2$ )의 상관관계가 있는지를 보기 위해서 통계처리를 하였다. 그 결과 상관계수의 값은 신발굴곡각도의 SFA2 지점에서는 0.12가 나타났으며, SFA3은 0.15, SFA4는 0.17, SFA5는 0.04로 나타났다. 그러므로 신발굴곡각도(SFA)와 최대 추진력( $Fz_2$ )은 상관계수가 낮게 나타나 두 변수간의 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 그러나 <표 9>의 데이터를 살펴보면 SFA4지점은 다른 신발굴곡각도의 지점보다는 상관계수가 높게 나타나 최대 추진력이 발휘될 수 있는 확률이 좋은 것으로 사료된다.

표 9. 신발굴곡각도와 최대 추진력(Fz)의 상관계수

지면반력 \ 각도	SFA2	SFA3	SFA4	SFA5
상관계수	0.12	0.16	0.17	0.04
유의확률	0.46	0.33	0.31	0.83

#### IV. 결 론

본 연구는 달리기 시 신발 중저의 경도가 신발굴곡각도와 최대 추진력의 크기에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는데 있으며, 또한 자료로부터 신발굴곡각도와 최대 추진력과의 관계 등을 규명하여 경기력 향상 및 부상방지를 위한 신발을 개발하는데 기초 자료를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

본 연구의 피험자는 최근 1년 동안 하지 부위에 부상 경험이 없고, 정상족의 후족 착지형(Heel Strike)인 체육학과 학생 10명이었다. 본 연구에 사용된 신발은 경도가 각각 40(연질), 50(중질), 60(경질)의 3종류이었으며,  $4 \pm 0.08 \text{m/sec}$  속도로 달리기를 할 때의 동작을 비디오 카메라와 지면반력측정기를 이용하여 분석하였다.

분석변인들의 측정치를 비교, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 신발굴곡각도의 최소각이 발생하는 지점은 보통 SFA4에서 나타날 것으로 예측하였으나 실험결과 경도 40을 제외하고 SFA2 지점에서 발생하였다.
2. 신발굴곡각도의 최소각의 크기는 맨발이  $145.1^\circ$ 로 가장 작았으며, 세 가지 경도 중에서 경도 50일 때 가장 작았으며 그 크기는  $149.9^\circ$ 로 나타났다. 최소각이 나타나는 시점은 총 접지시간의 70.7%로 나타났다.
3. 중저의 경도에 따른 최대 추진력은 경도 50일 때  $1913.9 \pm 184.3 \text{N}$ 으로 가장 큰 추진력을 발휘하는 것으로 나타났다. 최대 추진력과 신발굴곡각도와 상관관계는 낮은 것으로 나타났다.

본 연구를 통하여 중저의 경도는 달리기 시 신발굴곡각도와 신발굴곡지점에 영향을 미친다는 결론을 얻었으며, 경도가 경질일수록 신발굴곡지점은 점점 전족부위로 이동한다는 결론을 얻었다. 그러나 중저의 경도는 착지각의 크기에는 영향을 미치지 않는다는 결론을 얻었다. 최대 추진력을 발휘하는 측면에 있어서는 기존의 운동화 제작 시 일반적으로 사용되는 경도인 50에서 가장 크다는 선행 연구결과를 재확인하였다. 추후연구에서는 신발굴곡지점별 경도 및 두께를 다르게 제작하여 신발굴곡각도와 굴곡지점, 최대추진력의 크기 등의 분석변인을 비교 분석하여 경기력 향상 및 부상방지에 이바지하도록 해야 할 것이다.

## 참고문헌

- 곽창수, & 이계산(1997). 전족과 후족의 부위별 경도가 후족제어 및 Torsion의 크기에 미치는 영향, **한국체육학회지**, 제36권, 제4호, 337-347.
- 홍성표(1990). 보행 시 하지 비대칭성의 역학적 분석, 한양대학교 대학원 박사 학위 논문.
- Ariel, G. B.(1973). *Biomechanics of athletic shoe design*, In Biomechanics V-B, P. V. Komi(ed.), Baltimore : University Park Press, 361-367.
- Bates, B. T.(1980). *Functional evaluation of footwear*, Proceedings of Biomechanics Symposium Indiana State Board of Health.
- Cavanagh, P. R.(1978). A technique for averaging center of pressure paths from a force platform, *J. Biomechanics*, 11 : 487-491.
- Cavanagh, P. R. & Lafortune, M. A.(1980). Ground reaction forces in distance running, *J. Biomechanics*, 13 : 397-406.
- Cavanagh, P. R., Andrew, G. C., Kram, R., Rogers, M. M., Sanderson, D. J. & Henning, E. M.(1985). An approach to biomechanical profiling of elite distance runner, *Int. J. of Sport Biomechanics*, 1(1) : 36-63.
- Guenther, R.(1967). *Ueber stosses schuetterungen beim gang des menschen*, unpublished doctoral dissertation, Universitat Saarbruecken.
- Mann, R. A.(1980). *Biomechanics of Running*, In Symposium on the Foot and Leg in Running Sports, R. P. Mack(ed.), St. Louis : The C. V. Mosby Co., 1-29.
- Nigg, B. M.(1986). *Biomechanics of Running Shoes*, Champaign, IL : Human Kinetics.
- Nigg, B. M., Bahlsen, H. A., Denoth, J. & Luethi, S. M.(1986). Factors influencing kinetics and kinematic variables in running, In B. M. Nigg(Ed.), *Biomechanics of Running Shoes* (1-25), Champaign, IL : Human kinetics.
- White, C. A.(1982). *The effects of selected running shoes and orthotic devices on ground reaction force parameters*, University Oregon, University of Oregon.