



## 달리기 속도의 증가에 따른 운동화 중저의 경도와 신발바닥의 두께가 신발의 볼 굴곡각도에 미치는 영향

### The Influence of Midsole Hardness and Sole Thickness of Sport Shoes on Ball Flex Angle with the Increment of Running Velocity

곽창수\* · 목승한(한림대학교) · 권오복(성균관대학교)

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

---

#### ABSTRACT

C. S. KWAK, S. H. MOK, O. B. KWON, The Influence of Midsole Hardness and Sole Thickness of Sport Shoes on Ball Flex Angle with the Increment of Running Velocity, Vol. 15, No. 4, pp.153-168, 2005. The purposes of this study were to determine the influence of midsole hardness and sole thickness of sports shoes on ball flex angle and position with increment of running velocity.

The subjects employed for this study were 10 college students who did not have lower extremity injuries for the last one year and whose running pattern was rearfoot striker of normal foot. The shoes used in this study had 3 different midsole hardness of shore A 40, shore A 50, shore A 60 and 3 different sole thickness of 17cm, 19cm, 21cm. The subjects were asked to run at 3 different speed of 2.0m/sec, 3.5m/sec, 5.0m/sec and their motions were videotaped with 4 S-VHS video cameras and 2 high speed video cameras and simultaneously measured with a force platform. The following results were obtained after analysing and comparing the variables.

Minimum angle of each ball flex position were increased with the increment of running velocity and shoe sole thickness( $P<0.05$ ), but mid-sole hardness did not affect minimum ball flex angle. The position which minimum angle was shown as smallest was 'D'. Midsole hardness and sole thickness did not affect time to each ball flex minimum angle, total angular displacement of ball flex angle, and total angular displacement of torsion angle( $P<0.05$ ). The position which minimum angle was appeared to be earliest was similar at walking velocity, and E and F of midfoot region at running velocity. Total angular displacement of ball flex position tended to increase as shifted to heel.

It was found that running velocity had effects on ball flex angle variables, but shoe sole thickness partially affected. It would be considered that running velocity made differences between analysis variables at walking and running when designing shoes. Also, it was regarded that shoes would be developed at separated region, because ball flex angle and position was shown to be different at toe and heel region. It is necessary that midsole hardness and thickness required to functional shoes be analyzed in the further study.

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성

주행(running)은 인간의 기본운동중의 하나로서 보행(walking)과는 달리 2중 지지기(support phase)가 없고 공중기(non-support phase)가 있는 이동운동이다. 주행 시 수직방향의 최대지면반력은 체중의 2-3 배가 되며 (Mann, 1980), 지면과 신발에 따라 약 20-50g의 가속도가 후족부위(rearfoot region)에 발생한다(Cavanagh 등, 1985; Guenther, 1967). 이와 같은 큰 힘은 곧바로 발을 통하여 우리 몸에 전달되어 관절이나 건, 인대에 부하(load)로 작용하게 된다. 발과 지면사이의 반복된 충격에 의해 발생된 충격파는 피로골절(Milgrom, 1985), 연골연하증(Radin 등, 1972, 1980), 연골과피(Simon, 1972), 요추통증(Voloshin과 Wosk, 1982) 등의 부상의 원인이 된다. 또한 반복된 충격은 장거리 선수들의 적혈구 세포 파괴율을 증가시키며 체내 이온의 평형상태를 깨트리기도 한다(Falsetti 등, 1983; Miller 등, 1988). 실제로 스포츠에 있어서 착지시 발생하는 충격력은 부상 발생과 깊은 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Bahr, Karlsen, Lian, & Overb, 1994; NCAA, 1990; Watkins & Green, 1992). 또한 착지시 불균형은 부상의 잠재적 원인이 될 수 있다고 하였다(McCaw & Bates, 1992).

인체에 미치는 이러한 부하를 감소시키기 위하여 그동안 많은 연구와 노력을 하였는데, 그 중에서 대표적인 부하감소방안이 신발이다. 신발은 지면으로부터 받은 충격을 흡수하여 발을 보호하는 역할을 하며 부상 방에 가장 큰 역할을 한다(Nigg 등, 1986). 인체에 미치는 부하의 크기는 운동형태, 속도, 자세, 반복횟수, 지면 상태, 개인적인 특성 등에 따라 다르게 나타나며 신발을 제외한 다른 요인들은 변화의 정도가 제한되어 있는데 비하여 신발은 가장 쉽게 바꿀 수 있기 때문에 신발은 주로 인체에 미치는 부하를 감소시키기 위한 부상방지 측면에서 개발되기 시작하였다.

달리기와 관련된 부상발생 부위를 살펴보면, 이경옥과 이영숙(1999)은 고등학교, 대학교, 일반실업 육상선수들을 대상으로 부상부위와 부상빈도를 조사한 결과

인체 부위중에서 발이 가장 많이 나타났으며, 부상의 종류로서 근육과 건의 상해가 가장 많이 나타났고 그 다음이 관절의 부상이었다고 하였다. 이러한 원인은 선수의 기술부족, 과도한 훈련, 긴장, 준비운동 부족, 기구 및 장비의 부족 등이라고 지적하였다. 따라서 신발을 운동장비의 범주로 본다면 잘못된 신발의 착용도 상해 발생에 직접적으로 영향을 미친다고 할 수 있다.

볼 굴곡각도(Ball flex angle)는 발이 굴곡 될 때 볼에 생기는 각도를 말한다(한국신발연구소, 1990). 여기서 볼은 보통 발의 모지관절의 내측표면관절과 볼에 대한 다섯 번째 발가락 관절의 외측면의 관절이다. 볼 굴곡각도가 너무 크면 장모지의 기능적 제한으로 장모지 굴근염(Flexor hallucis longus tendinitis. FHL)이 발생할 뿐만 아니라(Thomason, 1982), 모지 외반증, 전방충돌증후군, 후방충돌증후군 등이 발생한다(최성이, 1995). 따라서 이러한 부상을 예방하기 위해서는 적절한 볼 굴곡각도를 유지해야 한다.

볼 굴곡각도의 크기에 미치는 요인으로는 달리기 속도, 중저의 경도, 신발바닥의 두께, 신발의 내적구조 등을 들 수 있다. 달리기 속도가 크면 클수록 볼 굴곡각도도 커지고 또한 각속도도 크기 때문에 부상의 위험에 항상 노출되어 있다고 해도 과언이 아니다. 중저의 경도가 크면 클수록 볼 굴곡각도는 작아지겠지만 관절 운동을 제한하기 때문에 운동수행능력(performance)을 발휘하는데 장애가 될 수 있다. 신발바닥의 두께가 두꺼울수록 이 또한 중저의 경도와 같은 현상을 나타내어 운동수행능력 발휘에 적합하지 않다. 신발의 내적구조도 볼 굴곡각도의 크기에 영향을 미치지만 개인마다 발의 해부학적 구조가 다르기 때문에 일반화시키기에는 많은 어려움이 따른다. 또한 신발회사마다 신발의 내적구조를 기밀사항으로 취급하기 때문에 보편화시키기에는 무리가 있다고 사료된다. 그리고 볼 굴곡각도의 크기뿐만 아니라 굴곡지점도 실제 발가락이 굴곡 되는 지점과 일치해야 하기 때문에 매우 중요하다. 문제는 운동화 제작 시 사용되는 굴곡지점을 구두 제작 시 사용하는 것을 사용하고 있다는 것이다. 구두는 동적인 측면보다는 정적인 측면에 중점을 두고 개발된 신발로서 운동화의 기능과는 상당한 차이가 있다.

한편 지금까지 신발개발의 일차적 목적은 지면으로

부터 발생하는 부하를 감소하여 우리 인체의 부상을 예방하는데 있었다. 이에 따라 주로 발 뒤꿈치부위(rearfoot region)에 발생하는 수동적인 힘(passive force)인 충격력을 감소시키는 방안에 대하여 연구하였다. 달리기 시 발앞꿈치 부위(forefoot region)는 능동적인 힘(active force)이 발휘되는 부위로서 주로 추진력이 발휘된다. 추진력이 최대로 발휘될 수 있도록, 또한 빠른 시간 내에 발휘될 수 있도록 하기 위해서는 발 앞꿈치 부위를 개발해야 한다. 볼 굴곡각도는 이러한 추진력을 발휘하는데 있어서 가장 크게 영향을 미치는 요인이라고 할 수 있다.

이상과 같이 운동화 제작 시 볼 굴곡각도는 부상에 방편만 아니라 운동수행능력 발휘에도 절대적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 운동수행자의 부상예방과 최적의 운동수행능력을 발휘하기 위하여 볼 굴곡각도에 가장 크게 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인인 운동화 중저의 경도와 신발바닥의 두께를 달리기 속도의 변화에 따른 양상과 굴곡지점을 정확히 파악할 필요가 있다고 사료된다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 운동수행자의 부상예방과 최적의 운동수행능력을 발휘하기 위하여 볼 굴곡각도에 가장 크게 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인인 운동화 중저의 경도와 신발바닥의 두께를 달리기 속도의 변화에 따른 양상과 굴곡지점을 정확히 분석하는데 그 일차적인 목적이 있으며, 이차적으로 분석된 볼 굴곡각도와 굴곡지점을 이용하여 새로운 패턴의 운동화를 개발하는데 그 목적이 있다.

## 3. 용어의 정의

- 1) 신발굴곡각도(Ball flex angle) : 신발 굴곡점을 기준으로 신발 앞쪽의 A점과 뒤꿈치 끝 B점이 이루는 각도
- 2) 착지각(Heel strike angle) : 뒤꿈치 B점을 기준으로 신발 앞쪽의 A점과 지면이 이루는 각도.

- 3) 배측굴곡(Dorsi-flexion)각 : 발이 발등을 향하여 움직이는 동안 발과 하퇴가 이루는 각.
- 4) 저측굴곡(Plantar-flexion)각 : 발이 바닥을 향하여 움직이는 동안 발과 하퇴가 이루는 각.
- 8) 내반(Inversion) : 발목운동 중 발바닥이 내측으로 향하는 운동.
- 9) 외반(Eversion) : 발목운동 중 발바닥이 외측으로 향하는 운동.
- 10) 회내(Pronation) : 발목의 배측굴곡과 전족의 외전 및 종골의 외반이 복합된 운동으로 후면에서 본 하퇴 중앙선에 대한 종골의 외반각으로 표시
- 11) 회외(Supination) : 발목의 저측굴곡과 전족의 내반 및 종골의 내반이 복합된 운동으로 그 크기의 표시는 회내와 같다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 피험자의 선정 및 훈련

본 연구의 피험자는 최근 1년 동안 하지(lower extremity)부위에 부상 경험이 없는 정상적인 발의 형태를 지니고 있으면서 후족착지형(heel striker)인 성인 남자 10명이다. 본 연구에서 후족착지형을 선정한 이유는 전체 달리기 인구의 80% 이상이 후족착지형이라는 Kerr, Beauchamp, Fisher 와 Veil(1983)의 연구결과에 따라 일반적인 착지형태라고 판단되었기 때문이다. 후족착지형은 1차적으로 육안적인 방법에 의하여 선정하였으며, 2차적으로 압력분포측정을 통한 압력중심선(center of line)으로부터 선정하였다. 본 연구의 실험 전에 실험오차를 줄이기 위하여 피험자가 자연스럽게 후족 착지 형태로 지면반력판을 정확히 밟고 지나갈 수 있도록 충분한 연습을 하였다.

### 2. 실험 기자재

본 연구에 사용되는 실험 기자재는 크게 영상분석장비와 지면반력측정장비로 나눌 수 있다. 영상분석장비는 고해상도 고속 비디오 카메라 2대, S-VHS용 비디오

카메라 4대(D5100, panasonic), VCR 4대, SMPTE 시각 코드 합성기(Horita SR-50), Light 통제점 틀(Control Object), 영상분석용 소프트웨어 프로그램 등이며, 지면 반력측정장비는 Force Platform(AMTI OR-6)이 있다. 그 외에 지면반력자료와 영상분석자료를 동조시키는 이벤트 동조기(Peak ESU-4000)와 주행속도를 조절하는 구간속도측정기가 있다.

**3. 실험용 운동화의 시작품 제작**

본 연구의 실험에 사용된 실험용 운동화의 경우 중저의 경도는 shore A 40도, shore A 50도, shore A 60도의 세 가지이었으며, 운동화 전족부위(forefoot region)의 바닥두께는 17mm, 19mm, 21mm의 세 가지로서 이들을 조합한 총 9 가지 운동화였다.

**4. 표식점(landmark)의 부착**

+

본 연구에서 촬영된 영상을 수치화하는 과정에서 올수 있는 오차를 최소화하기 위해서 표식점(landmark)을 부착하였다. 발 굴곡각도 및 전족부위의 움직임을 분석하기 위하여 <그림 1>과 <그림 2>에서 보는 바와

같이 12개의 표식점을 부착하였다. 12개의 표식점 중에서 오른쪽 발의 내측에 8개의 표식을 지면과 평행이 되도록 신발의 Midsole부분에 부착을 하였고, 나머지 4개는 발의 외측부위에 부착하였다. 여러 가지 운동면에 대한 운동은 신발의 내측면과 외측면의 표식점으로 부터 구하였다.

- 1) A : 운동화의 내측 엄지발가락 끝마디뼈(distal)부위
- 2) B : 운동화의 내측 발꿈치뼈(calcaneus)부위
- 3) C : 운동화의 내측 엄지발가락의 끝마디뼈(distal)와 첫마디뼈(proximal)의 관절
- 4) D : 운동화의 내측 엄지발가락의 첫마디뼈(proximal)와 첫 번째 발허리뼈 (metatarsal bone)의 관절부위
- 5) E : 운동화의 내측 첫 번째 발허리뼈(metatarsal bone)의 중간부위
- 6) F : 운동화의 첫 번째 발허리뼈(metatarsal bone)와 안쪽췌기뼈(medial cuneiform bone)의 관절부위
- 7) G : 운동화의 내측에 발아치가 접지하는 부위
- 8) H : 하퇴의 측면 정중앙
- 9) I : 운동화 외측의 새끼발가락 끝마디뼈 부위
- 10) J : 운동화 외측의 새끼발가락 첫마디뼈 부위
- 11) K : 운동화 외측의 제5중족지골 관절 부위
- 12) L : 운동화 외측의 발뒤꿈치 측면 부위

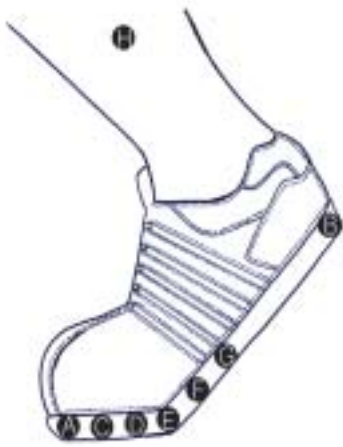


그림 1. 운동화 내측부위의 landmark의 위치



그림 2. 운동화 외측부위의 landmark의 위치

## 5. 실험방법

실험장비의 배치는 <그림 3>과 같이 지면반력판이 매설된 주로 옆에 달리기 속도를 통제하기 위하여 구간 속도측정기를 설치하였다. 3차원 영상분석법을 이용한 볼 굴곡각도를 분석하기 위하여 고속비디오 카메라 2대를 주행방향의 내측 측면에 설치하였다. 발 앞꿈치 부위의 움직임을 분석하기 위하여 4대의 일반 비디오 카메라를 양 측면의 두 곳에 각각 설치하였다. 영상분석자료와 지면반력자료의 동조는 지면반력판의 전압 변화에 따른 타이머의 작동을 이용하였다.

실제실험은 모든 실험장비가 배치된 다음 먼저 실공간좌표를 산출하기 위하여 실험 전과 후에 통제점 틀을 1분간 촬영하였고, 각 피험자에게 landmark가 부착된 운동화를 착용하고 무작위 방법(random order)으로 달리기 속도의 증가에 따른 실험을 실시하였다. 주행속도는 2.0m/sec, 3.5m/sec, 5m/sec의 3단계로 하였다. 따라서 한 피험자의 실험횟수는 경도 3가지 x 두께 3가지 x 속도 3가지의 총 27회이었다. 관찰자와 피험자가 동시에 만족한 시기만을 성공한 횟수로 간주하고 만족스러울 때까지 계속 실험을 실시하였다.

## 6. 자료처리방법

영상분석변인을 분석하기 위하여 일차적으로 12개의 표식점을 수치화하였다. 수치화할 때 나타나는 오차를 줄이기 위하여 Burthworth low pass digital filtering 방법을 사용하여 평활화(smoothing)를 하였다. 각 점의 좌표를 이용하여 <그림 4>와 <그림 5>에서 정의된 볼 굴곡각과 착지각을 구하였고 각각의 각속도는 각변위 함수를 1차 미분하여 구하였다. 전족부위의 뒤틀림현상과 같은 움직임은 <그림 6>와 같이 전족부위의 두 수치화점을 잇는 벡터에 후족부위의 두 수치화점을 잇는 벡터를 투영시켜 분석하였다. 이러한 뒤틀림현상은 전족부위와 후족부위사이의 값을 분석할 뿐만 아니라 전족부위의 수치화점을 이용하여 전족부위 내에서의 뒤틀림현상을 분석하였다.

이러한 영상분석변인 자료를 표준화(normalization)하여 통계처리에 이용하였다. 즉, 피험자간의 구간별 시간이 일치하지 않기 때문에 모든 변인들의 비교를 위하여 지면과의 접지시간을 1로 보고 동일 시간으로 나누어 표준화하였다.

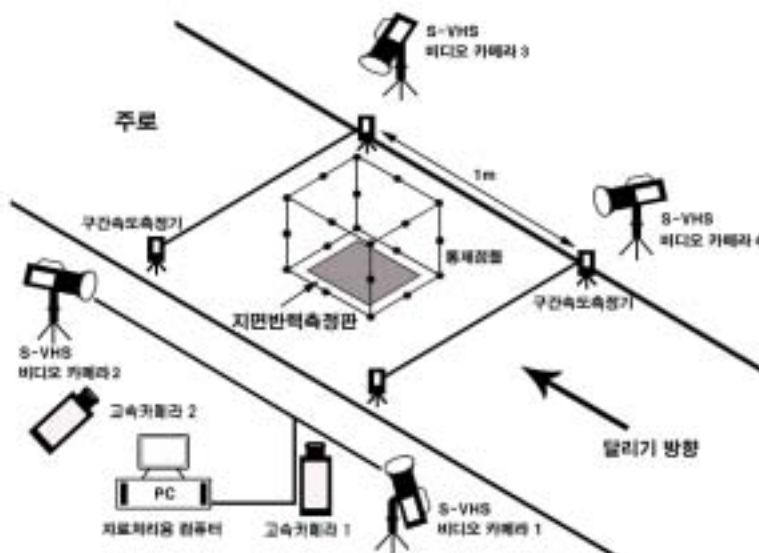


그림 3. 실험장비의 배치





그림 4. 볼 굴곡각의 정의

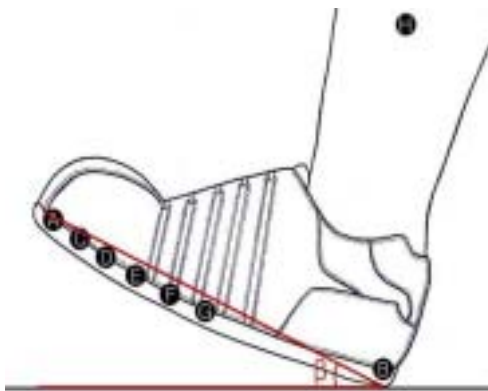


그림 5. 착지각의 정의



그림 6. 뒤틀림각의 정의

### 7. 통계처리

운동화 중저의 경도 및 운동화바닥의 두께, 달리기 속도에 따른 볼 굴곡각도 값에 대한 각각의 평균과 표준편차를 구하였다. 그리고 달리기 속도의 증가에 따른 운동화 중저의 경도와 운동화바닥의 두께가 볼 굴곡각도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 다변량 분석을 실시하였다. 이 때 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였으며, 통계적인 유의차가 있을 경우 사후검정은 Duncan multiple range test를 이용하였다.

## III. 연구결과 및 분석

### 1. 최소각

#### 1) 중저의 경도와 신발바닥의 두께의 영향

최소각은 신발이 지면과 접지할 때 각 굴곡지점에서 나타나는 제일 작은 각도를 말한다. <표 1>은 달리기 속도의 증가에 따른 중저의 경도별 각 굴곡지점의 최소각을 나타낸 것이고, <표 2>는 신발바닥의 두께별 각 굴곡지점의 최소각을 나타낸 것이다.

<표 1>에서 나타난 바와 같이 달리기 속도는 각 굴곡지점의 최소각의 크기에 영향을 미치는 것으로 나타났으나( $p<0.05$ ), 중저의 경도는 각 굴곡지점별 최소각의 크기에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ). 달리기 속도가 2.0m/sec 속도에서는 최소각의 크기가 144.0°-150.7°의 범위로서 가장 작게 나타났으며 3.5m/sec 속도에서는 148.1°-155.8°, 5.0m/sec 속도에서는 149.9°-155.9°를 나타내어 3.5m/sec 속도와 5.0m/sec 속도사이에는 차이가 거의 없었으나 2.0m/sec 속도와 이들 속도와는 차이를 나타냈다. 중저의 경도는 최소각의 크기에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 당초 신발바닥의 경도가 연질일수록 최소각이 작게 나타날 것으로 예상했으나 본 연구결과 경도사이에는 차이를 나타내지 않았다. 이러한 연구결과는 중저의 경도는 최소각의 크기에 영향을 미치지 않는다는 선행연구결과(목승한 등, 2004)와 일치하였다. 중저의 경도에 따른 최소각의 크기는 선행연구의 149.9°-160.0° 범위로서 본 연구의 결과가

표 1. 중저의 경도에 따른 각 굴곡지점별 최소각의 크기

(단위 : 도)

속도	경도	각 도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
2.0m/s	40	146.2±5.097	143.7±4.506	147.7±4.916	148.6±5.121
	50	144.6±6.775	144.2±5.041	147.8±6.214	150.7±6.764
	60	144.0±4.784	144.8±3.805	149.0±4.540	150.9±4.809
	M	144.9±1.137	144.2±0.551	148.2±0.723	150.1±1.174
3.5m/s	40	150.4±6.026	148.1±6.962	153.1±6.328	153.9±6.381
	50	151.0±3.409	150.8±4.493	153.9±3.596	154.9±4.969
	60	151.1±4.179	151.4±5.440	154.7±2.255	155.8±1.889
	M	150.8±0.379	150.1±1.758	154.0±0.800	154.9±0.950
5.0m/s	40	149.9±4.125	149.6±2.237	153.1±2.625	154.6±4.173
	50	150.6±5.093	150.8±3.493	152.9±5.498	155.1±6.296
	60	150.8±2.563	151.2±3.388	153.2±2.191	155.9±2.440
	M	150.4±0.473	150.5±0.833	153.1±0.153	155.2±0.656

약간 작게 나타났다. 선행연구에서 맨발의 경우는 145.9°-157.3°를 나타내어 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다.

접지 중 최소각이 가장 작게 나타난 굴곡지점은 D 지점으로서  $\angle ADB$ 였다. 당초 E지점이 가장 작게 나타날 것으로 예측하였으나 본 연구결과 D지점이 가장 작게 나타났고 F점이 가장 크게 나타났다. 이는 실제로 중족골과 중지골이 관절하는 부위에서 최소각이 나타나는 것이 아니라 제1중지골과 제2중지골이 관절하는 부위에서 최소각이 나타나는 것을 의미하는 것으로 신

발 제작시 이를 고려해야 할 것으로 사료된다. 또한 전 반적으로 최소각은 발앞꿈치 부위의 C굴곡지점과 D굴곡지점이 중족부위(midfoot region)의 E점과 F점보다 더 크게 나타나서 발의 부상을 예방하기 위해서는 발앞꿈치 부위에 대한 고려가 절대적으로 필요하다고 사료된다.

<표 2>는 신발바닥의 두께에 따른 각 굴곡지점별 최소각의 크기를 나타내 것으로 중저의 경도와 마찬가지로 달리기 속도는 최소각의 크기에 영향을 미쳤지만 ( $p<0.05$ ) 신발바닥의 두께는 영향을 미치지 않았다

표 2. 신발바닥의 두께에 따른 각 위치별 최소각의 크기

(단위 : 도)

속도	두께	각 도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
2.0m/s	17	143.5±1.513	141.3±1.127	145.0±0.231	148.7±0.954
	19	142.7±2.152	145.1±1.079	145.4±1.258	147.8±2.762
	21	148.2±3.534	146.3±0.781	153.7±1.274	154.7±1.901
	M	144.8±1.033	144.2±0.187	148.0±0.598	150.4±0.904
3.5m/s	17	149.5±1.311	147.8±1.054	150.9±2.524	154.1±2.600
	19	148.8±2.371	149.0±5.024	152.7±0.404	154.1±1.852
	21	154.2±2.281	153.5±0.907	158.2±0.321	156.7±0.436
	M	150.8±0.588	150.1±2.336	153.9±1.248	155.0±1.099
5.0m/s	17	150.7±1.365	149.1±1.793	151.6±1.375	151.5±0.850
	19	149.4±1.041	151.2±1.401	153.3±0.286	156.1±0.764
	21	151.3±1.012	151.9±1.153	154.4±0.764	157.9±0.643
	M	150.5±0.196	150.8±0.322	153.1±0.330	155.2±0.104

( $p > 0.05$ ). 그러나 통계적으로 최소각의 크기에 영향을 미치지 않았으나 각각의 달리기 속도에서 신발바닥의 두께가 두꺼울수록 최소각이 크게 나타났다. 즉 신발바닥의 두께가 두꺼울수록 굴곡이 작게 되는 것으로 나타났다. 각 달리기 속도별 최소각의 범위는 2.0m/sec 속도에서는 144.2°-150.4°, 3.5m/sec 속도는 150.1°-155.0°, 5.0m/sec 속도는 150.5°-155.2°의 범위를 각각 나타냈다. 중저의 경도와 같이 걷기 속도에서는 가장 작게 나타났고 달리기를 할수록 최소각이 크게 나타났다. 이러한 현상도 당초 달리기 속도가 증가하면 할수록 최소각이 더 작게 나타날 것으로 예측하였으나 달리기 속도인 3.5m/sec 속도와 5.0m/sec 속도 사이에는 거의 차이가 없지만 걷기보다 더 크게 나타났다. 이러한 원인은 아마도 걷기의 경우 전방으로 추진을 할 때 발 앞꿈치 전체 부위가 발뒤꿈치 부위에서 앞꿈치 부위로 순차적으로 힘이 작용하는데 비하여 달리기를 할 때는 각 부위 보다는 순간적으로 발 앞꿈치 전체부위에 거의 동시에 힘이 작용하기 때문에 이러한 현상이 발생했다고 사료된다.

신발바닥의 두께에서도 최소각이 가장 작게 나타난 굴곡지점은 D점으로서 중저의 경도와 비슷한 결과를 나타냈다. 즉 발 앞꿈치 부위의 굴곡지점인 C점과 D점이 발 중간부위인 E점과 F점보다 최소각이 더 작게 나타났다.

2) 최소각 ∠ADB의 크기에 미치는 요인 분석

본 연구결과 접지 중 최소각이 가장 작게 나타난 부위는 D굴곡지점이다. 따라서 이 굴곡지점의 최소각에 어떠한 요인이 영향을 미쳤는가를 분석해 보면 <표 3>에 나타난 바와 같다. <표 3>은 달리기 속도와 중저의 경도 및 신발바닥의 두께에 따른 ∠ADB의 최소각을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 달리기 속도가 증가할수록 최소각은 커지고 중저의 경도가 연질일수록 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 신발바닥의 두께가 두꺼울수록 최소각이 증가하는 것으로 나타났다.

달리기 속도가 2.0m/sec에서는 최소각의 범위가 140.0°-146.8°, 3.5m/sec에서는 146.7°-154.5°, 5.0m/sec에서는 148.0°-152.8°를 각각 나타내어 달리기 속도인 3.5m/sec속도와 5.0m/sec속도사이에는 차이가 거의 나타나지 않았으나 걷기인 2.0m/sec속도와는 차이를 나타냈다. 중저의 경도는 속도가 증가하거나 신발바닥의 두께가 두꺼워져도 일정하게 증가하는 경향을 나타냈다. 반면 신발바닥의 두께는 중저의 경도와는 큰 상호작용을 나타내지 않았으나 달리기 속도가 클 때는 큰 영향을 나타내지 않았고 달리기 속도가 작을 경우 두께가 두꺼울수록 크게 증가하는 경향을 나타냈다.

표 3. 달리기 속도, 중저의 경도, 신발바닥의 두께에 따른 최소각 ∠ADB의 크기 (단위 : 도)

속도	두께	경도		
		40	50	60
2.0m/s	17	141.9±1.978	140.0±4.280	142.0±3.142
	19	143.9±2.386	145.9±2.574	145.6±6.135
	21	145.4±2.574	146.7±3.929	146.8±7.481
	M	143.7±4.506	144.2±5.041	144.8±3.805
3.5m/s	17	146.7±7.320	147.9±2.358	148.8±5.451
	19	143.2±4.811	151.8±4.084	152.0±5.791
	21	154.5±2.130	152.7±1.935	153.4±2.376
	M	148.1±6.962	150.8±3.493	151.4±5.440
5.0m/s	17	148.2±6.287	151.2±5.655	148.0±0.424
	19	150.1±2.138	150.8±3.019	152.8±3.710
	21	150.6±5.362	152.3±3.545	152.8±7.632
	M	149.6±2.237	150.8±3.493	151.2±3.833



## 2. 최소각이 나타나는 시점

### 1) 중저의 경도와 신발바닥의 두께의 영향

접지 중 최소각이 나타나는 시점, 즉 각 굴곡지점마다 언제 굴곡이 가장 많이 발생하는가를 이해하면 신발을 개발할 때 많은 참고자료로서 활용될 수 있다.

<표 4>는 중저의 경도가 각 굴곡지점의 최소각이 나타나는 시점에 어떠한 영향을 미쳤는가를 나타낸 결과표이며, <표 5>는 신발바닥의 두께가 각 굴곡지점의 최

소각이 나타나는 시점에 어떠한 영향을 미쳤는가를 나타낸 결과표이다.

<표 4>와 <표 5>에서 나타난 바와 같이 달리기 속도는 각 굴곡지점별 최소각이 나타나는 시점에 영향을 미쳤으나 중저의 경도와 두께는 영향을 미치지 않았다. 다만 통계적인 차이는 나타나지 않았으나 신발바닥의 두께의 경우 모든 속도에서 신발바닥의 두께가 두꺼울수록 늦게 나타나는 경향을 보였다. 중저의 경도의 경우 달리기 속도가 2.0m/sec인 경우 최소각이 나타나는

표 4. 중저의 경도에 따른 각 굴곡지점별 최소각이 나타나는 시점

(단위 : ms)

속도	경도	각도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
2.0m/s	40	82.5(83.5)	84.0(83.2)	82.7(83.46)	82.5(83.5)
	50	84.4(83.12)	85.5(82.9)	84.8(83.04)	83.1(83.38)
	60	86.5(82.7)	85.3(82.94)	84.8(83.04)	84.8(83.04)
	M	84.5(83.1)	84.9(83.02)	84.1(83.18)	83.5(83.3)
3.5m/s	40	27.6(86.2)	35.6(82.2)	39.9(80.05)	39.6(80.2)
	50	30.4(84.8)	38.4(80.8)	41.3(79.35)	41.8(79.1)
	60	31.1(84.45)	38.9(80.55)	39.4(80.3)	40.2(79.9)
	M	29.7(85.15)	37.6(81.2)	40.2(79.9)	40.5(79.75)
5.0m/s	40	29.0(85.5)	34.1(82.95)	34.6(82.7)	34.7(82.65)
	50	29.4(85.3)	35.7(82.15)	35.6(82.2)	35.7(82.15)
	60	30.7(84.65)	35.9(82.05)	35.5(82.25)	36.2(81.9)
	M	29.7(85.15)	35.2(82.4)	35.2(82.4)	35.5(82.25)

\* ( )는 총 접지시간에 대한 백분율을 나타냄  
\* ( )는 총 접지시간에 대한 백분율을 나타냄

표 5. 신발바닥의 두께에 따른 각 굴곡지점별 최소각이 나타나는 시점

(단위 : ms)

속도	두께	각도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
2.0m/s	17	82.0(80.9)	81.0(81.2)	80.0(81.4)	79.6(81.5)
	19	84.2(83.16)	85.8(82.84)	84.8(83.04)	84.1(83.18)
	21	86.6(83.66)	88.7(83.3)	86.5(83.7)	86.8(82.64)
	M	84.2(83.16)	85.2(82.96)	83.8(83.24)	83.5(83.3)
3.5m/s	17	23.0(88.5)	32.5(83.75)	38.6(80.7)	39.3(80.35)
	19	30.6(84.7)	38.9(80.55)	40.6(79.7)	40.7(79.65)
	21	35.0(82.5)	41.0(79.5)	41.4(79.3)	41.6(79.2)
	M	29.7(85.15)	37.5(81.25)	40.2(79.9)	40.5(79.75)
5.0m/s	17	29.7(85.15)	33.1(83.45)	33.1(83.45)	33.4(83.3)
	19	29.4(85.3)	36.0(82.0)	36.2(81.9)	36.4(81.8)
	21	32.0(84.0)	36.7(81.65)	36.5(81.75)	37.0(81.5)
	M	30.4(84.8)	35.3(82.35)	35.3(82.35)	35.6(82.2)

시점은 82.5ms-86.5ms의 범위로서 총 접지시간의 82.7%-83.5%에서 나타났고, 3.5m/sec속도는 27.6ms-41.8ms로서 총 접지시간의 79.35%-86.2%, 5.0m/sec속도는 29.0ms-36.2ms로서 총 접지시간의 81.9%-85.5%로 나타났다. 이러한 수치는 목승환 등(2004)의 연구결과인 80%-82%보다 약간 늦게 나타난 것이다. 이러한 차이는 아마도 실험 당시 피험자의 차이나 달리기 속도의 차이 때문인 것으로 사료된다. 최소각이 가장 빨리 나타나는 지점은 걷기에서는 비슷하게 나타났으나 달리기에서는 발 중간부위인 E점과 F점이었다. 가장 늦게 나타나는 지점은 일반적으로 예상된 바와 같이 발 앞꿈치 부위에 가장 가까운 C점이었다. 이는 발이 지면과 이지(take-off)할 때 가장 늦게까지 지면과 접지하기 때문인 것으로 사료된다. 전체적으로 최소각이 나타나는 시점은 속도가 증가할수록 짧게 나타났지만 총 접지시간에 대한 비율은 비슷하게 나타났다.

신발바닥의 두께의 경우 달리기 속도가 2.0m/sec인 경우 최소각이 나타나는 시점은 79.6ms-88.7ms의 범위로서 총 접지시간의 80.9%-83.7%에서 나타났고, 3.5m/sec속도는 23.0ms-41.6ms로서 총 접지시간의 79.2%-88.5%, 5.0m/sec속도는 29.4ms-37.0ms로서 총 접지시간의 81.5%-85.1%로 나타났다. 전반적으로 두께가 두꺼울수록 각 굴곡지점별 최소각이 늦게 나타났다. 최소각이 가장 빨리 나타나는 지점은 중저의 경도와 마찬가지로 비슷한 경향을 나타냈다.

2) 최소각 ∠ADB가 나타나는 시점

<표 6>은 달리기 속도와 중저의 경도 및 신발바닥의 두께에 따른 최소각 ∠ADB가 나타나는 시점을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 달리기 속도가 증가할수록 최소각이 나타나는 시점은 빠르게 나타났다. 또한 중저의 경도는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나 신발바닥의 두께는 두꺼울수록 늦게 나타나는 경향을 나타냈다. 달리기 속도가 2.0m/sec에서는 79.0ms-88.9ms의 범위를 보였고 3.5m/sec속도에서는 29.3ms-42.0ms, 5.0m/sec속도에서는 32.6ms-37.6ms의 범위를 보여 3.5m/sec속도와 5.0m/sec속도사이에는 큰 차이가 없으나 이들 속도와 2.0m/sec속도사이에는 차이를 나타냈다.

3. 볼 굴곡각도의 총 각변위

볼 굴곡각도의 총 각변위는 접지 중 볼 굴곡각도의 최대각에서 최소각을 뺀 차이를 말한다. 볼 굴곡각도의 총 각변위가 크면 그 만큼 신발 전체의 굴곡이 크다는 것을 의미한다. <표 7>은 중저의 경도에 따른 볼 굴곡각도의 총 각변위를 나타낸 것이고 <표 8>은 신발바닥의 두께에 따른 볼 굴곡각도의 총 각변위를 나타낸 것이다.

표에서 보는 바와 같이 달리기 속도는 볼 굴곡각도의 총 각변위에 영향을 미쳤으나(p<0.05), 중저의 경도

표 6. 달리기 속도와 중저의 경도 및 신발바닥의 두께에 따른 최소각 ∠ADB가 나타나는 시점 (단위 : ms)

속도	두께	경도	40	50	60
2.0m/s		17	79.0±4.22	79.2±9.24	84.8±7.19
		19	84.6±5.68	87.0±5.25	85.8±7.19
		21	88.4±2.19	88.7±3.50	88.9±4.28
		M	84.0±6.95	85.5±10.78	85.3±6.27
3.5m/s		17	29.3±9.97	33.3±16.94	34.8±18.36
		19	36.4±2.98	39.8±9.56	40.6±2.57
		21	39.8±3.71	42.0±5.37	41.2±1.98
		M	35.6±3.06	38.4±11.58	38.9±2.35
5.0m/s		17	33.2±7.37	32.6±8.91	33.5±3.08
		19	34.1±5.69	36.8±3.77	37.0±4.24
		21	35.2±4.79	37.6±3.05	37.2±3.51
		M	34.1±6.12	35.7±5.88	35.9±3.46

표 7. 신발바닥의 두께에 따른 볼 굴곡각도의 총 각변위

(단위 : 도)

속도	두께	각 도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
2.0m/s	17	11.0±1.843	11.2±1.274	14.1±0.364	20.7±0.964
	19	10.5±2.954	11.0±1.057	14.8±1.348	16.5±3.641
	21	9.6±3.467	8.2±0.861	8.1±1.364	9.0±2.651
	M	10.4±0.709	10.1±1.677	12.3±3.683	15.4±5.927
3.5m/s	17	12.0±1.322	13.1±1.064	17.2±2.614	15.4±2.600
	19	11.8±2.364	12.1±4.031	14.6±0.405	17.2±1.853
	21	11.9±2.614	9.3±0.908	11.2±0.361	13.3±0.462
	M	11.9±0.100	11.5±1.970	14.3±3.009	16.0±1.039
5.0m/s	17	12.0±1.365	15.6±1.793	14.3±1.375	18.3±0.850
	19	12.7±1.031	13.7±1.401	16.3±0.286	16.7±0.760
	21	13.4±1.024	11.9±1.315	13.6±0.762	12.8±0.134
	M	12.7±0.700	13.7±0.850	14.7±1.401	15.9±2.829

표 8. 중저의 경도에 따른 볼 굴곡각도의 총 각변위

(단위 : 도)

속도	경도	각 도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
2.0m/s	40	10.4±5.624	10.6±4.506	13.1±4.916	14.4±5.131
	50	10.8±6.781	9.9±5.314	13.5±6.214	14.5±6.751
	60	9.8±4.278	9.9±3.086	12.8±4.560	16.8±4.604
	M	10.3±0.503	10.1±0.404	13.1±0.351	15.2±1.358
3.5m/s	40	11.4±6.024	11.3±6.952	13.7±6.381	15.4±6.215
	50	11.6±3.407	12.3±4.485	14.0±3.561	15.5±4.521
	60	12.8±4.216	11.6±5.446	15.2±2.355	15.0±1.889
	M	11.9±0.757	11.7±0.513	14.3±0.794	15.3±0.265
5.0m/s	40	12.7±4.135	14.1±2.238	14.7±2.625	16.4±4.183
	50	12.5±5.067	14.0±3.462	15.2±5.496	15.8±6.298
	60	12.9±2.652	13.2±3.381	14.2±2.191	15.6±2.460
	M	12.7±0.200	13.8±0.493	14.7±0.500	15.9±0.416

와 신발바닥의 두께는 영향을 미치지 않았다( $p>0.05$ ). 중저의 경도의 경우 달리기 속도가 2.0m/sec일 때 각 굴곡지점의 총 각변위는 9.8°-16.8°의 범위를 나타냈고, 3.5m/sec 속도에서는 11.3°-15.5°, 5.0m/sec 속도에서는 12.5°-16.4°를 각각 나타냈다. 속도가 증가할수록 총 각 변위는 증가하는 경향을 보였다. 같은 속도 내에서 중 저의 경도는 볼 굴곡각도의 총각변위에 통계적으로 의 미있는 영향을 나타내지 않았다. 걷기에서는 중저의 경 도가 연질일수록 총 각변위가 크게 나타나는 경향을 보 였고, 달리기에서는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.

각 굴곡지점별 총 각변위의 크기는 발 앞부위인 C지 점과 D지점이 발 중간부위인 E점과 F점보다는 작게 나 타났다. 당초 발 앞꿈치부위가 발 중간부위보다 총 각 변위가 더 클 것으로 예상했으나 실제로는 발 중간부위 가 더 크게 나타났다. 이는 아마도 발 앞꿈치부위의 최 대각이 작았기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 사료 된다.

신발바닥의 두께의 경우 중저의 경도에서 나타난 경 향과 비슷하게 나타났다. 즉 달리기 속도가 2.0m/sec일 때 각 굴곡지점의 총 각변위는 8.1°-20.7°의 범위를 나

타냈고, 3.5m/sec 속도에서는 9.3°-17.2°, 5.0m/sec 속도에서는 12.0°-18.3°를 각각 나타냈다. 달리기 속도가 증가할수록 총 각변위는 증가하는 경향을 보였다. 같은 속도 내에서 신발바닥의 두께는 볼 굴곡각도의 총각변위에 통계적으로 의미있는 영향을 나타내지 않았다. 다만 걷기에서는 신발바닥이 두꺼울수록 총 각변위가 작게 나타나는 경향을 보였고, 달리기에서는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.

각 굴곡지점별 총 각변위의 크기는 발앞꿈치에서 발뒤꿈치부위로 이동할수록 증가하는 경향을 나타냈고, 또한 발 앞부위인 C지점과 D지점이 발 중간부위인 E점과 F점보다는 작게 나타났다. 당초 발 앞꿈치부위가 발 중간부위보다 총 각변위가 더 클 것으로 예상했으나 실제로는 발 중간부위가 더 크게 나타났다. 이는 아마도 중저의 경도에서와 마찬가지로 발 앞꿈치부위의 최대각이 작았기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 사료된다.

4. 착지각

접지 시 착지각은 지면과 신발의 바닥이 이루는 각도를 말한다. 조성초(1990)의 선행연구에 의하면 중저의 경도는 착지각의 크기에 영향을 미치지 않았고 신발바닥의 두께는 영향을 미친다고 하였다. 본 연구결과

<표 9>에서 보는 바와 같이 달리기 속도가 증가할수록 착지각이 감소하는 것으로 나타났다. 즉 달리기 속도가 2.0m/sec에서는 27.3°-31.5°의 범위를 나타냈고 3.5m/sec 속도에서는 18.2°-23.5°, 5.0m/sec 속도에서는 19.9°-22.4°의 범위를 나타냈다. 달리기 속도가 3.5m/sec과 5.0m/sec사이에는 큰 차이를 나타내지 않았으나 2.0m/sec과 이들 속도사이에는 큰 차이를 나타냈다.

중저의 경도는 착지각의 크기에 통계적인 영향을 미치지 않았으나 경도가 연질일 때 가장 크게 나타나는 경향을 보였다. 이는 중저의 경도가 연질이면 발뒤꿈치부위가 쉽게 bottom up현상이 되어 착지각이 그 만큼 더 커지게 된다는 것을 예견할 수 있다. 신발바닥의 두께는 착지각의 크기에 영향을 미쳐서 두께가 두꺼울수록 착지각이 크게 나타나는 경향을 보였다.

5. 뒤틀림각(torsion angle)의 총 변화량

뒤틀림각의 총 변화량은 발이 지면과 접지할 때부터 이질할 때까지 최대 뒤틀림각에서 최소 뒤틀림각을 뺀 차이를 말한다. <표 10>은 달리기 속도와 중저의 경도 및 신발바닥의 두께에 따른 뒤틀림각의 총 변화량을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 뒤틀림각의 총 변화량은 달리기 속도가 증가하면 할수록 감소하는 경향을 나타냈고(p<0.05), 중저의 경도가 연질이면 연질일수

표 9. 달리기 속도와 중저의 경도 및 신발바닥의 두께에 따른 착지각의 크기 (단위 : 도)

속도	두께	경도		
		40	50	60
2.0m/s	17	29.2±2.124	27.3±3.420	28.0±2.767
	19	29.6±4.606	29.0±1.052	30.9±2.608
	21	30.5±2.506	31.0±3.616	31.5±2.386
	M	29.7±3.528	29.2±3.032	30.1±2.952
3.5m/s	17	21.3±2.531	18.2±5.294	21.0±3.289
	19	22.2±4.985	20.5±7.377	19.6±7.855
	21	22.8±1.018	23.5±2.778	20.6±4.782
	M	22.4±3.776	20.7±5.627	20.4±5.628
5.0m/s	17	21.3±3.677	20.6±5.241	19.9±6.543
	19	21.7±4.216	20.6±3.454	21.5±4.879
	21	22.4±7.258	22.1±5.141	20.3±5.072
	M	21.8±3.476	21.1±4.401	20.5±6.063

표 10. 달리기 속도와 중저의 경도 및 신발바닥의 두께에 따른 최대 뒤틀림각의 변화량 (단위 : 도)

속도	두께	경도		
		40	50	60
2.0m/s	17	24.37±4.21	21.97±2.98	20.36±4.16
	19	24.24±3.48	21.12±2.14	21.80±3.97
	21	20.32±5.76	19.29±2.09	17.97±6.29
	M	21.64±3.71	21.13±4.59	20.04±5.72
3.5m/s	17	19.23±2.01	18.18±2.16	20.67±7.60
	19	19.91±2.77	20.40±5.30	18.38±4.31
	21	17.51±3.14	16.55±3.48	21.56±6.86
	M	18.88±3.34	18.38±6.27	20.20±3.13
5.0m/s	17	17.61±8.05	16.2±1.54	17.60±2.3
	19	17.60±3.53	18.38±3.51	16.28±4.29
	21	17.11±2.26	16.45±2.18	15.61±6.33
	M	17.44±3.42	17.01±2.45	16.50±3.97

록 커지는 경향을 나타냈다. 또한 신발바닥의 두께는 두꺼울수록 뒤틀림각의 총 변화량이 감소하는 것으로 나타났다. 비록 중저의 경도와 신발바닥의 두께의 경우 통계적인 차이는 나타나지 않았지만 뒤틀림각의 총 변화량에 일정한 경향을 보였다.

달리기 속도에서 2.0m/sec의 경우 뒤틀림각의 총 변화량은 17.97°-24.37°의 범위를 나타냈고, 3.5m/sec 속도는 16.55°-21.56°, 5.0m/sec 속도는 15.61°-18.38°의 범위를 나타냈다. 이러한 뒤틀림각의 총 변화량의 범위는 콤팩트 등(1997)이 마라톤화를 대상으로 보고한 18.15°-25.80°의 수치보다 약간 낮게 나타났다. 이러한 차이가 나타난 원인은 아마도 본 연구에 사용된 신발이 마라톤화보다 약간 더 두껍고 신발바닥의 재질이 달랐기 때문으로 사료된다. 대부분의 영상분석변인에서 나타난 경향과 같이 뒤틀림각의 총 변화량에서도 조깅과 빠른 달리기 사이에는 큰 차이를 나타내지 않았으나 걷기와 다른 달리기 사이에는 큰 차이를 나타냈다.

본 연구에서 중저의 경도와 신발바닥의 두께는 뒤틀림각의 총 변화량에 통계적으로 의미있는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 콤팩트 등(1997)이 보고한 연구결과와 다르게 나타났다. 이러한 원인 역시 마라톤화의 실험과는 달리 본 연구의 피험자의 숙련도, 달리기 속도, 신발의 재질 등에 차이가 있었기 때문이라고 사료된다.

## 6. 신발굴곡각도와 최대 추진력과의 상관관계

<표 11>은 신발의 굴곡각도와 지면반력과의 상관관계를 알아보기 위하여 볼 굴곡지점의 최소각과 최대 추진력과의 상관계수를 구한 결과표이다. 본 연구결과 두 변인사이의 상관계수가 낮게 나타나 볼 굴곡지점의 최소각과 최대 추진력 사이에는 관계가 낮은 것으로 나타났다. 즉 중저의 경도의 경우 상관계수가 0.09-0.20의 범위를 나타내어 낮은 상관을 보였고, 신발바닥의 두께

표 11. 볼 굴곡지점의 최소각과 최대 추진력과의 상관계수

변수	각도	각도			
		ACB	ADB	AEB	AFB
경도	상관계수 유의확률	0.13	0.18	0.20	0.09
		0.23	0.32	0.25	0.85
두께	상관계수 유의확률	0.18	0.22	0.27	0.11
		0.25	0.30	0.20	0.78

는 0.11-0.27의 범위를 나타내어 중저의 경도보다는 높게 나타났으나 역시 낮은 상관을 보였다. 중저의 경도의 경우  $\angle AFB$ 가  $r=0.09$ 로서 가장 낮게 나타났고  $\angle AEB$ 가  $r=0.20$ 으로서 가장 높게 나타났다.  $\angle AEB$ 와 최대 추진력과의 상관계수가 가장 높게 나타난 것은 굴곡지점 E가 중족골과 중지골이 관절하는 부위로서 최대 추진력이 이 부위가 최소각이 될 때 발휘되기 때문이라고 사료된다. 신발바닥의 두께의 경우 중저의 경도와 같이  $\angle AFB$ 와의 상관계수가  $r=0.11$ 로서 가장 낮게 나타났고  $\angle AEB$ 가  $r=0.27$ 로서 가장 높게 나타났다. 신발바닥의 두께가 중저의 경도보다 상관관계가 높게 나타난 원인에 대해서는 확실하지 않지만 다른 분석변인에서도 마찬가지로 중저의 경도보다는 신발바닥의 두께가 더 신뢰할 수 있는 변수라고 사료된다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 운동수행자의 부상예방과 최적의 운동수행능력을 발휘하기 위하여 볼 굴곡각도에 가장 크게 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인인 운동화 중저의 경도와 신발바닥의 두께를 달리기 속도의 변화에 따른 양상과 굴곡지점을 정확히 분석하는데 그 일차적인 목적이 있으며, 이차적으로 분석된 볼 굴곡각도와 굴곡지점을 이용하여 새로운 패턴의 운동화 개발에 도움을 주는데 그 목적이 있다.

본 연구에 동원된 피험자는 후족착지형으로서 정상적인 발의 형태를 지닌 성인남자 10명이었다. 각 피험자마다 운동화 경도 3가지와 두께 3가지를 조합한 9가지 종류의 신발을 각각 착용하고 달리기 속도를 3가지로 변화시켜 주행실험을 하였다. 3차원 영상분석법과 지면반력 측정용을 이용하여 볼 굴곡각도와 같은 영상분석변인과 추진력 등과 같은 지면반력변인을 분석하였다. 연구결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 달리기 속도와 신발바닥의 두께가 증가하면 할수록 각 굴곡지점별 최소각은 증가하였으나 ( $p<0.05$ ), 중저의 경도는 최소각의 크기에 영

향을 미치지 않았다( $p>0.05$ ). 접지 중 볼 굴곡지점별 최소각이 가장 작게 나타난 지점은 D 점이었다.

2. 달리기 속도는 각 굴곡지점별 최소각이 나타나는 시점에 영향을 미쳤지만( $p<0.05$ ) 중저의 경도와 신발바닥의 두께는 영향을 미치지 않았다. 최소각이 가장 빨리 나타나는 지점은 걷기 속도에서는 비슷하게 나타났으나 달리기 속도에서는 발 중간부위인 E점과 F점이었다.
3. 달리기 속도는 볼 굴곡각도의 총 각변위에 영향을 미쳤으나( $p<0.05$ ) 중저의 경도와 신발바닥의 두께는 영향을 미치지 않았다. 각 굴곡지점별 총 각변위의 크기는 발앞꿈치에서 발뒤꿈치로 이동할수록 증가하는 경향을 나타냈다.
4. 달리기 속도와 신발바닥의 두께는 착지각의 크기에 영향을 미쳤지만( $p<0.05$ ) 중저의 경도는 영향을 미치지 않았다. 뒤틀림각의 총 각변위는 달리기 속도가 증가하면 감소하는 경향을 나타냈고( $p<0.05$ ), 중저의 경도와 신발바닥의 두께는 통계적으로 유의한 차이는 나타내지 않았지만 경도가 경질일수록 두께가 두꺼울수록 감소하는 경향을 나타냈다.
5. 신발굴곡각도와 최대 추진력과의 상관관계는 낮게 나타났다.

본 연구를 통하여 달리기 속도는 볼 굴곡각도에 가장 크게 영향을 미쳤고, 신발바닥의 두께는 일부 변인에 영향을 미쳤으며, 중저의 경도는 거의 영향을 미치지 않는 사실을 발견하였다. 이동 속도가 걷기와 조깅속도 이상의 달리기를 할 때 분석변인 간에 많은 차이를 나타내기 때문에 기능별 신발을 디자인 할 때 이를 고려해야 한다고 사료된다. 또한 볼 굴곡각도 및 굴곡지점도 발앞꿈치부위와 발뒤꿈치부위에서 많은 차이를 나타내기 때문에 신발을 개발할 때 전족부위와 중족부위 및 후족부위를 독립된 기능 부위로 분리하여 개발해야 한다고 판단된다. 따라서 추후연구에서는 기능별 신발에서 요구되는 적정경도 및 두께의 분석이 이루어져야 한다고 사료된다.



## 참고 문헌

- 곽창수(1993). 운동화 중저의 경도가 주행 시 발바닥의 압력분포와 충격흡수에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 곽창수 등(1997). 전족과 후족의 부위별 경도가 후족제어 및 Torsion의 크기에 미치는 영향. 한국체육학회지. 제36권, 제4호, pp. 337-347.
- 곽창수 등(1997). 마라톤 경기화의 개발을 위한 중저의 적정경도 분석, 기간행 외부수탁과제 연구보고서.
- 목승한, 곽창수, 권오복(2004). 달리기 시 운동화 중저의 경도가 신발굴곡각도의 크기에 미치는 영향. 한국운동역학회지, 제14권, 제2호, pp.85-103.
- 이경옥, 이영숙(1999). 육상선수의 운동상해에 관한 조사, 한국유산소운동과학회지, 제3권, 제1호, pp.89-100
- 조성초(1990). Running화 중저의 높이와 경도가 달리기의 생체역학적 측면에 미치는 영향. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
- 최성이(1995). 발레무용수의 족관절 상해 유형에 관한 연구, 대한 무용학회, 제18집, pp.256-266.
- 한국신발연구소(1990). 신발용어집. 한국신발연구소 출판부.
- Ariel, G.B.,(1973). Biomechanics of athletic shoe design. In Biomechanics V-B, P.V. Komi(ed.), Baltimore: University Park Press, pp.361-367.
- Bahr, B., Karlsen, R., Lian, O., & Ovreb, R.V.,(1994). Incidence and mechanisms of acute ankle inversion injuries in volleyball. A retrospective cohort study. America Journal of Sports Medicine, 22(5), 595-600.
- Cavanagh, P.R., Andrew, G.C., Kram, R., Rodgers, M.M., Sanderson, D.J., and Henning, E.M.(1985). An approach to biomechanical profiling of elite distance runners. Int. J. of Sport Biomech. 1(1): 36-62.
- Falsetti, H.L., Burke, E.R., Feld, R.D., Frederick, E.C and Ratering, C.(1983). Hematological variations after endurance running with hard and soft-soled running shoes. Physician and Sportmed. 11: 118-127.
- Frederick, E. C., Clarke, T. E., and Hamil, C. L.(1984). The effect of running shoe design on shock attenuation. In Sport Shoes and Playing Surfaces, E. C. Frederick(eds.), Champaign, Ill : Human Kinetics Publishers, Inc., pp.190-198.
- Guenther, R.(1967). Ueber stosserschuetterungen beim gang des menschen. Unpublished doctoral dissertation. Universitat Saarbruecken.
- Kerr, B. A., Beauchamp, L., Fisher, V., and Veil, R.(1983). Footstrike patterns in distance running. In: B. M. Nigg and B. A. Kerr(eds.), Biomechanical aspects of sport shoes and playing surfaces, pp. 135-142. University of Calgary, Canada.
- Milgrom, C., et al.(1985). Foot & Ankle, 6: 101-104.
- Miller, B.J., Pate, R.R., and Burgess, W.(1988). Foot impact forces and intravascular hemolysis during distance running. Int. J. of Sport Med. 9: 56-60.
- NCAA(1990). National Athletic Injury/Illness Reporting system. The Pennsylvania State University.
- Nigg, B.M., Bahlsen, A.H., Denoth, J.(1986). Factors influencing kinematics variables in running. In Biomechanics of Running Shoes. B.M. Nigg (ed.), Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers, Inc., pp.139-159.
- Nigg, B.M.(1986). Some comments for runners. In Biomechanics of Running Shoes. B.M.Nigg (ed.), Champaign, Ill : Human Kinetics Publishers, Inc., pp.139-159.
- Radin, E.L., Paul, I.L., and Rose, R.M.(1972). Role of mechanical factors in pathogenesis of primary osteoarthritis. The Lancet, March 4, 519-521.
- Radin, E.L., et al.(1980). Arthritis and Rheumatism 22: 649.
- Simon, S.R., Radin, E.R, Paul, I.R., and Rose, R.M.(1972).

The response of joints to impact loading-II. In vivo behavior of subchondral bone. J. of Biomechanics. 5: 267-272.

Thomason, E.(1982). Diseases and injuries of ballet dancers. Arhus. Denmark : Universitetsforlaget. I.

Voloshin, A. and Wosk, J.(1982). An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system. J. of Biomech. 15: 21-27.

Watkins, J. & Green, B.N.(1992). Volleyball injuries: a survey of injuries of Scottish National League male players. British Sports Medicine, 26(2).

투 고 일 : 10월 30일

심 사 일 : 11월 20일

심사완료일 : 12월 07일