

# 안전화 형태와 인솔착용 유무에 따른 보행동작시 하지부위에 대한 운동학적 부하 분석

김중진 · 최상복<sup>†\*</sup> · 차상은<sup>\*\*</sup>

삼성전자(주) 구미사업장 · <sup>†</sup>대구한의대학교 보건학부 · <sup>\*\*</sup>OHSREC  
(2007. 3. 28. 접수 / 2008. 2. 5. 채택)

## A Study on the Kinematic Variables in Different Safety Shoes and Applying Insole During Walking

Jung-Jin Kim · Sang-Bock Choi<sup>†\*</sup> · Sang-Eun Cha<sup>\*\*</sup>

Gumi complex, Samsung Electronics Co., LTD

<sup>†</sup>Division of Public Health, Daegu Hanny University

<sup>\*\*</sup>Occupational Health and Safety Resource Center

(Received March 28, 2007 / Accepted February 5, 2008)

**Abstract :** This study was performed to compare the kinematics among three different safety shoes(type 1: ergonomically designed and high quality shoes, 2: curved and cushioned safety shoes, and 3: regular safety shoes) and to find the effect of insole during walking. Ten healthy subjects were recruited for this study. The range of motion of knee and ankle joint, angle of rear foot and angle of heel contact were measured using a three dimensional motion analysis system. In the second peak, the angle of heel contact showed statistically significant difference between safety shoes and insole, however, there was no statistical significance among three different safety shoes. The angle of ankle increased significantly at initial contact, first peak, the second peak and the toe off phase compared with type 1 and 2 safety shoes, and the angle of ankle showed statistically significant difference between with and without applying the insole. During the first peak, the second peak and the toe off phase, the angle of knee was statistical significance between safety shoes and insole. In heel contact, the angles of Achilles' tendon showed statistically significant difference between safety shoes and insole. The rear foot angles showed statistically significant difference between safety shoes and insole during heel contact and early heel contact. These results suggest that the type 1 safety shoes were superior to others in the statistics, and applying insole could be a possible method to prevent fatigue of lower extremity and musculoskeletal disorders. Further studies are needed to find the effect of ergonomically designed safety shoes and insole on practical value in prevention of musculoskeletal disorder, fatigue and satisfaction of workers.

**Key Words :** safety shoes, insole, walking, kinetics and kinematics, musculoskeletal disorder

### 1. 서 론

이족보행(bipedal locomotion) 또는 보행(gait)은 신체, 특히 하체의 주요 관절 대부분의 복잡한 상호작용과 협동을 필요로 하는 기능적인 일이다.

산업현장에서 이동 또는 물건을 운반할 때 가장 기본이 되는 동작이 바로 보행 동작이다. 이러한 보행 동작을 수행할 때 필수적으로 착용하는 보호구

인 안전화는 작업자에게 커다란 영향을 미치고 있다.

보호구 검정 규정에 따르면 가죽제 안전화의 경우 가죽에 대한 두께, 인열강도, 결렬 등의 기준과 선심 및 결창의 두께, 봉합사의 인장강도, 결창의 인장강도, 신장율, 노후인장강도, 내유체적 변화율, 내유부피 강도율, 내유경도 증가율 등에 해당 기준을 명시하고 있다<sup>1)</sup>.

보호구 검정규정과 같이 안전화는 기본 특성을 중시하므로 산업현장에서의 작업시 발의 보호 및 작업 능률 향상을 위한 신발들의 연구는 많이 이루

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
csb43@hanmail.net

어지고 있지만 안전화의 인체에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 또한 최근 작업수행 관련 근골격계질환의 발생이 급증하고 있으며, 2004년도 작업관련성 근골격계질환의 인체 발생 부위 분포 조사<sup>2)</sup>에서 요부 35.7%, 목과 어깨 37.4%, 상지 19.1%에 비해 다소 낮지만 하지의 경우도 7.3%를 차지하여 작업수행 관련 힘 부하 등의 직접적인 원인과 더불어 간접적인 영향인자로 안전화의 구조적 특징과 기능성 등에 의한 영향 변수 등이 작용할 것으로 추측이 된다.

보행의 분석방법으로 활보분석(stride analysis), 각도의 운동형상학적 분석, 압력판(force plate)과 족압 분석(foot pressure), 근전도(EMG) 등의 분석방법이 있으며<sup>3)</sup>, Elftman<sup>4)</sup>은 영상분석과 지면반발력을 동시에 기록하여 보행의 운동학적 분석과 근 모멘트를 산출하여 보행동작에 대한 기본방법을 확립하였다. 최근에 이루어지고 있는 신발에 대한 연구는 지면반발력 측정기를 이용하여 충격력을 분석하고 이를 토대로 신발 중저(mid-sole)의 경도 및 외부구조를 개선하는 분야, 영상분석법을 이용하여 후족 제어(rear-foot control) 기능을 연구하고 신발의 안정성을 증진시키는 분야, 압력분포측정기를 이용하여 신발 밑바닥의 압력분포를 측정하는 분야, 근전도(EMG)를 이용하여 보행 동안 근육활동을 기록하여 보행분석에 활용하고 있다. 근전도의 경우 근육활동 양상에 대한 정보를 제공하기 위해 활보나 각도의 운동형상학적 분석과 결합할 수 있으며, 각 분야별 독립적 연구보다는 복합적으로 수행하는 경향을 나타내고 있다<sup>5,6)</sup>.

신발을 신은 상태에서 인체가 지면으로부터 받는 힘을 측정한 선행연구를 보면, 주행 시 수직 방향의 최대지면 반발력이 체중의 2~3배에 이르며<sup>7)</sup>, 관절에 걸리는 토크는 서있을 때보다 7~8배에 달하고<sup>8)</sup>, 발목에서 작용하고 있는 힘들은 걷기 동안 체중의 5배와 달리기 동안 체중의 13배를 초과하는 수준으로 도달할 수도 있다<sup>9)</sup>.

Nigg<sup>9)</sup>는 신발이 충격력을 흡수하여 발을 포함한 인체의 여러 관절을 보호하고 부상을 예방하는 역할을 한다고 보고하였다. 한상덕<sup>10)</sup>은 신발은 발이 갖고 있는 고유의 형태에 가장 잘 맞는 것이 더욱 중요하며, 이를 '신발의 순응성' 이라고 하였다.

인체공학적인 연구에는 안전화 착용과 업무수행 관련 운동학적, 운동역학적, 운동생리학적 및 인체공학적인 디자인 등에 대한 분석이 포함될 수 있다. 이 가운데에서도 특히 안전화 고유의 구조와 기능에

관련된 운동학적, 운동역학적 분석 및 평가는 안전화가 갖는 기본적인 기능에 관한 것으로서 평가가 필요하다고 사료되며, 이러한 연구를 통하여 근로자들이 작업수행 관련 보행 동작에 따른 안전화 고유의 안전성과 더불어 운동효과도 증진시키고, 하지의 피로와 부하를 고려한 근골격계질환의 예방과 운동효과를 높일 수 있어야 할 것이다. 아울러 이와 유사한 다른 기능성 안전화의 개발을 선도할 수 있는 효과를 기대할 수 있으며, 보호구로서 안전화의 기능성과 하지 관련 근골격계질환과 피로 예방에도 기여할 수 있을 것으로 고려되어 연구의 필요성을 제기할 수 있다.

산업현장 근로자들의 근골격계질환 예방과 안전화의 안전성과 쾌적성을 고려한 생산성을 증대시키는 목적에 부응하기 위하여, 본 연구에서는 3차원 영상분석을 통한 생산현장에서 사용 또는 연구 개발된 안전화로 인체공학적인 디자인 제품 2종(고급형)과 시판 제품(보급형) 1종과 아울러 안전화의 기능성과 착용편리성을 높여주는 특수금속디자인 지지형태 인솔(inside)의 착용 유무에 따른 안전화의 운동학적(운동형상학적, kinematics), 특성의 차이점을 규명하는데 목적을 두었다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1. 연구 대상

본 연구는 사업장에서 근로자들이 주로 착용하는 안전화의 종류별 및 인솔의 착용유무에서 안전화의 구조적 디자인 특성에 따른 보행의 인체공학적인 기능 분석(운동학적 및 운동역학적 조사)에 주안점을 두었기 때문에 평소 안전화 착용 경험이 전혀 없는 일반 성인 남자 10명을 대상으로 하였다. 그리고 안전화의 기능이 같더라도 발의 종류에 따라 실험결과가 달라질 수 있기 때문에 이 점을 배제하기 위하여 연구 대상은 편평 족궁이나 고 족궁이 아닌 정상 족궁을 지닌 사람으로 한정하였다. 연구 대상의 체격 및 일반적 특성은 Table 1과 같았다.

### 2.2. 연구 내용

#### 2.2.1. 분절의 운동학적 변인

보행에 따른 하지 분절 사이의 각도와 하퇴와 지면이 이루는 각도의 변화 형태를 분석하였으며, 발목 각, 무릎 각, 착지 각 이 포함되었다(Fig. 1). 이 외에도 인체 이동에 따른 지지시간도 포함시켰다.

Table 1. General characteristics of subjects

| Volunteer | Height(m)  | Body weight(kg) | Age(yrs)    | Foot size(mm) |
|-----------|------------|-----------------|-------------|---------------|
| 1         | 1.70       | 68.6            | 38          | 265           |
| 2         | 1.65       | 71.2            | 44          | 265           |
| 3         | 1.68       | 67.4            | 34          | 265           |
| 4         | 1.62       | 61.9            | 53          | 260           |
| 5         | 1.68       | 57.3            | 38          | 260           |
| 6         | 1.76       | 72.9            | 38          | 260           |
| 7         | 1.73       | 67.5            | 37          | 265           |
| 8         | 1.71       | 66.9            | 35          | 265           |
| 9         | 1.75       | 68.2            | 40          | 265           |
| 10        | 1.68       | 63.4            | 53          | 260           |
| M±SD      | 1.70±0.044 | 66.53±4.56      | 41.00±6.880 | 263.00±2.582  |

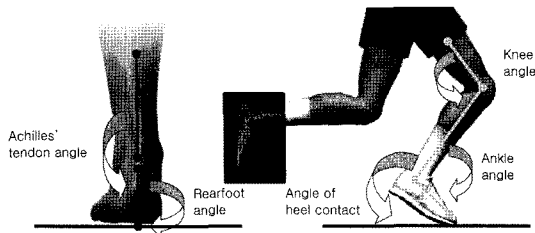


Fig. 1. Angles of lower limb.

### 2.2.2. 후족 제어 기능에 관한 운동학적 변인

착지 시, 하퇴 뒷부분의 운동 형태와 신발의 움직임에 대하여 분석하였으며, 후족 각과 아킬레스건 각 이 포함되었다(Fig. 1).

### 2.2.3. 측정 및 분석 장비

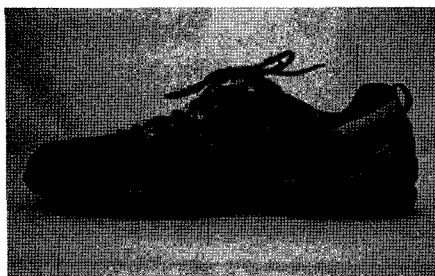
본 실험에 사용된 측정 및 분석 장비는 영상분석 장비, 구간속도측정기, 통제점 틀 등이 사용되었다.

영상분석 장비에는 촬영 장비(분석용 비디오카메라, 비디오테이프 레코더, 시각 코드 발생기(time code generator), 모니터와 촬영을 통하여 얻은 영상을 분석하기 위한 장비(비디오 디지털라이저와 마이크로컴퓨터)가 포함되었다.

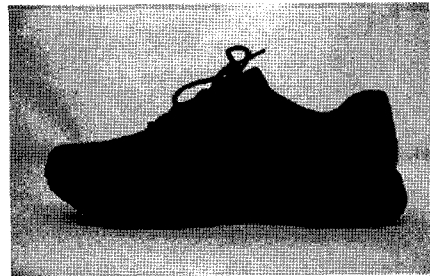
구간속도측정기는 보행동작 분석 시, 피험자의 보행 속도에 따라 지면반발력이 달라지기 때문에 보행 속도를 일정하게 유지해야 한다. 이를 위하여 국내에서 제작한 PKS-3000 구간속도측정기를 사용하였다. 그리고 보행 속도는 2.0초(보통 속도)에 지나도록 설계하였다.

통제점 틀은 3차원 영상 분석 시, 공간 기준좌표 설정을 위하여 사용한 장비이다. 본 연구에 사용된 것은 32개의 통제점을 갖고 있는 1×2×2m 크기의 직육면체로서, 운동이 일어나는 공간 내에서 선형성(linearity)을 높일 수 있도록 설계되었다.

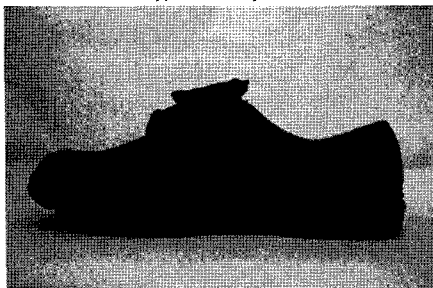
본 연구에 사용된 안전화는 생산현장에서 사용 또는 연구 개발된 안전화로 인체공학적으로 디자인된 고급형(1번)과 outsole의 전면부의 곡선형 및 후면부 쿠션기능성을 보강한 디자인 제품(2번)과 기업체 보급형 일반 안전화(3번)를 선택 하였으며, 인솔은 국내 특허를 획득한 특수금속 아치형 디자인 제품으로 착용 유무에 따른 비교분석 대상으로 활용하였다(Fig. 2).



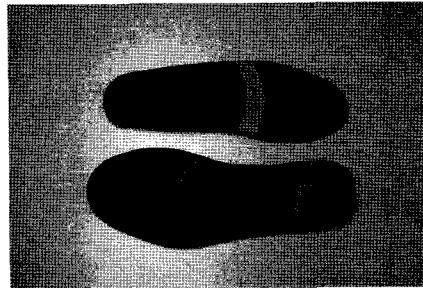
\* Type 1 safety shoe



\* Type 2 safety shoe



\* Type 3 safety shoe



\* Insole

Fig. 2. Tested samples of safety shoes and insole.

## 2.3. 실험 방법

### 2.3.1. 실험 장비 설치

보행 시 하퇴와 발의 후족부 움직임을 촬영하기 위하여 연구 대상 후면에 두 대, 우측에 한 대의 카메라를 지면반발력 측정기 보드의 중심으로부터 약 7m 지점에 설치하였다. 그리고 렌즈의 광축(光軸)이 지면과 가급적 수평을 유지하도록 카메라 받침대를 최대한 낮추어 지면으로부터 약 0.6m 높이로 설치하였다. 촬영속도는 60 필드/초였으며, 카메라에 연결된 별도의 모니터를 이용하여 영상을 관찰하면서 좋은 상을 얻도록 하였다.

일정한 보행속도를 유지하도록 구간속도측정기 센서 2조를 3m 간격으로 설치하였다. 한 조의 센서는 지면반발력 측정기 보드 중앙을 중심으로 1.5m 전 지점에, 다른 한 조는 1.5m 전 지점에, 다른 한 조는 1.5m 후 지점에 설치하였다. 그리고 피실험자가 이 구간을 정해진 시간(2초)±0.05초 범위 내에 지나는 것을 분석 자료로 활용하였다. 영상 자료와 측정 자료는 분석 시 자료의 동시성이 중요하기 때문에 실험 장비를 동조(synchronization)시키는 것이 요구된다.

### 2.3.2. 실험 대상 선정 및 사전 준비

발 형태에 따른 자료의 오염을 방지하는 것은 필수적이라고 할 수 있다. 국내 신발 관련 선행 연구<sup>11,12)</sup>에서 수행한 것처럼 본 연구에서도 육안으로 살펴봐도 편평 족궁이나 고족궁이 아니고 정상 족궁 형태의 발을 가진 사람만 연구 대상으로 선정하였다. Kerr 등<sup>13)</sup>과 Munro 등<sup>14)</sup>에 의하면, 지면반발력은 착지 형태에 따라서도 영향을 받게 된다고 한다. 착지 형태는 맨 처음 착지시 지면과 접촉하는 부위에 따라 후족 착지형, 중족 착지형, 전족 착지형 등으로 구분하는데, 이 가운데 후족 착지형이 일반적인 것으로서 Kerr 등<sup>13)</sup>에 의하면 80% 이상이라고 한다. 따라서 본 연구에서는 일반적인 착지 방법이라고 할 수 있는 후족 착지형만을 선정하였다. 안전화의 형태가 기존의 신사화(단화) 또는 운동화와는 달리 바닥의 미끄럼 방지를 위한 기능과 전족부 중심에 충격보호용 철 구조물(아치형)이 삽입되어 있어 착용감과 걸음걸이가 평소와 다르게 부자연스럽게 되는 것을 방지하기 위하여 안전화 착용 및 보행 방법에 대하여 설명하고 2주일 동안 착용하여 충분히 적응하도록 하였다.

본 연구는 하지와 신발의 움직임에 국한되므로 촬영을 통한 영상 자료의 디지털이징이 용이하다.

따라서 실험을 실시하기 전에 미리 신발과 인체 관절에 빛을 받아 잘 반사하는 표시 점(landmark)을 부착하였고, 표시 점 외에 반사되는 부분은 테이프를 붙여 반사를 막았다. 본 연구를 위하여 부착한 인체 표시 점을 착지발의 고관절, 무릎관절, 발목관절의 중앙 점과 하퇴에 두 점을 부착하였다. 그리고 신발에는 세 개의 표시점(신발의 뒤꿈치받이 상단 중앙부, 신발의 뒤꿈치받이 하단 중앙부 및 새끼발가락 중족골 인위단)을 부착하였다.

### 2.3.3. 실험 절차

정해진 속도에 맞추어 자연스러운 보폭으로 걸어 보드의 중앙을 밟을 수 있도록 연습하고, 출발 지점을 다시 표시해 두었다. 그리고 실험실 안에서 반복적으로 주어진 속도에 맞추어 걷는 연습을 하였다. 충분한 연습 후, 연구 대상이 준비가 되었다고 하면, 실험자의 출발 신호와 함께 연습 시 표시해 둔 지점으로부터 보행을 시작하여 자연스런 보폭으로 오른발이 정확히 측정기 보드 위를 밟고 지나가도록 하였다. 이 때 연구 대상의 착지 발이 보드를 벗어나거나 정해진 보행속도 범위(보통속도, 3m를 2.0 ± 0.05초 사이에 이동하는 속도)를 벗어나거나 자연스런 보폭으로 보행을 하지 않았다고 판단되면 다시 실험을 실시하였다. 전체 실험은 안전화의 종류(3) × 인솔 착용유무(2)의 6개의 실험조건에 대해 모든 피실험자가 수행되었으며, 한 실험자 내에서 착용순서는 무작위 표집(random sampling)으로 정했다. 그리고 각 조건에 대하여 성공적인 시기를 3 회씩 반복 측정하였다. 모든 변인에 대하여 무작위 표집 방식으로 실험을 설계하였지만, 동일한 보행 속도에 대해서는 3 회 연속적으로 측정하였다. 출발 신호에 맞추어 연구 대상이 표시한 지점에서 걸어오면, 실험자가 연구 대상이 보드를 밟기 전에 지면반발력 측정기 시작기를 누른다. 이와 동시에 동조된 비디오카메라에 신호가 입력되고 측정치도 기록되었다. 영상 자료는 실험을 시작하면서부터 끝날 때까지 계속 작동시켰으며, 피험자의 보행동작을 모두 기록하였다. 그리고 영상분석을 위한 기준좌표계 설정을 위하여 본 실험 시작 전에 통제점 틀을 미리 촬영해 두었다.

## 2.4. 자료 처리 방법

공간 좌표 설정을 위해 얻은 통제점 틀 영상 자료와 보행에 관한 신발 및 인체 분절 표시 점의 영상 자료를 계수화하기 위하여 디지털이징 하였다. 통

제점은 수동 방식으로, 신발 및 분절 표시 점은 착지 5필드 전부터 자동 방식으로 디지털이징 하여 표시 점의 위치 자료를 추출하였다.

본 연구에 사용된 좌표축은 운동역학에서 가장 많이 사용되는 방식으로서, 보행자가 진행하는 방향을 Y축으로 하였다. 그리고 지면에 수직인 방향을 Z축으로 하였으며, Y축에서 Z축으로 벡터의 외적(오른손 법칙)을 X축, 즉, 피험자의 오른쪽을 +X축으로 정의 하였다.

본 연구에서 분석한 각도는 발목 각, 무릎 각, 착지 각, 아킬레스건 각, 후족 각이 있다. 이 각도들은 두 벡터의 내적(inner product)으로 구하였다. 두 벡터를  $A(A_x, A_y, A_z)$ ,  $B(B_x, B_y, B_z)$ 라 하면, 그 내적  $A \cdot B = |A| |B| \cos\theta$ 에서 원하는 각도  $\theta$ 를 다음과 같이 구하였다.

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}} \right)$$

실험을 통하여 얻은 자료는 네 가지 주요 이벤트(event) - 착지 시, 제 1정점 발현 시, 제 2정점 발현 시, 이지 시 - 별로 정리하고 분석하였다. 분석된 변인들의 자료를 연구 목적에 적합하도록 구성하기 위하여 MS Excel 2000을 이용하였다. 통계 분석은 SPSS(version 12.0) 프로그램을 사용하여 반복이 있는 2원 분산분석법(two way Analysis of Variance for repeated measure)을 사용하였으며, 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 하지 분절의 운동학적 변인

##### 3.1.1. 착지 각

착지 각은 연구대상자의 우측측면에서 보았을 때, 하퇴 분절의 후면이 지면과 이루는 각도를 의미한다.

다. 착지 각은 발이 지면에 접촉한 다음 떨어질 때까지 지속적으로 증가하는 형태를 보였다(Fig. 3).

착지 각이 이와 같이 지속적으로 증가하는 것은 착지 후 발을 지면에 접촉시킨 채로 인체가 점차 앞으로 이동하면서 하퇴가 지면으로부터 점점 멀어져 각도가 증가하고, 안정적인 지지기에는 증가율이 둔화된다. 그리고 이지 시에는 하퇴 후면이 지면과 더욱 멀어지기 때문에 각도가 지속적으로 증가하는 보행의 일반적인 형태를 반영한 것으로 보여진다<sup>3,5)</sup>.

주요 이벤트 별 착지 각은 Table 2에 제시하였으며, 이벤트 별로 안전화의 종류 및 인솔의 착용유무에 따른 착지 각에 미치는 영향을 나타내었다.

Heel 착지 각에 대해서는 안전화별, 인솔착용유무 별 모두 차이가 없는 것으로 나타났다. 단 제2정점에서 안전화와 인솔착용유무간에 교호작용이 있었다( $p < 0.01$ ). 착지 시에는 안전화의 종류와 인솔의 착용유무에 따라 착지 각의 차이는 없었으나 제 1정점에서는 1번 안전화가 1~2°크게 나타났고, 제 2정점에서는 낮았으며, 이지 시에는 3~4°높게 나타났다. 운동화 등에 대한 보행동작의 착지 각 조사<sup>5)</sup>에서는 안전화에 비해 3~8°(보통속도 기준)정도 높게 나타내어 착지 시 착지 각이 크다는 것은 지면에 대해 수직으로 걷는 것을 의미하며, 직립보행 동작을 위한 바른 자세로 보인다. 안전화의 경우 그 구조와 기능이 안전성에 초점을 맞춰 디자인된 형태로 운동화 등에 비하여 부하가 다소 크게 나타났다.

##### 3.1.2. 발목 각

주요 이벤트 별 발목 각의 범위는 Table 4와 같다.

인솔의 착용유무에 따른 차이는 크지 않으나 안전화의 종류에 따라 1번과 2번 안전화는 유사하였으나 3번 안전화의 경우 착지 시에는 6~7°, 제 1정점에서는 8~9°정도, 제 2정점에서는 10°내의 그리고 이지 시에는 10°범위에서 차이가 났다.

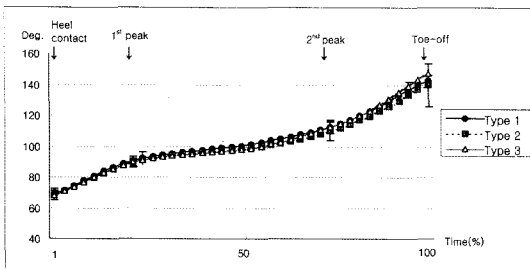


Fig. 3. Curves of angles of heel contact to safety shoe types during gait.

Table 2. Angles of heel contact during gait

(unit : degree)

| Types of safety shoes | Insole | Angles of heel contact (unit : degree) |           |            |             |
|-----------------------|--------|--|-----------|------------|-------------|
|                       |        | Heel contact                           | 1st peak  | 2nd peak   | Toe-off     |
| 1                     | In     | 69.9±2.94                              | 92.6±3.08 | 116.7±3.90 | 143.4±2.95  |
|                       | Out    | 69.7±3.84                              | 92.1±4.17 | 117.3±4.19 | 143.8±3.61  |
| 2                     | In     | 70.7±3.39                              | 92.0±3.78 | 119.6±4.75 | 139.8±2.23  |
|                       | Out    | 70.0±3.03                              | 91.9±3.54 | 121.5±6.20 | 136.1±14.01 |
| 3                     | In     | 69.4±3.34                              | 91.3±3.09 | 118.2±4.09 | 139.8±2.72  |
|                       | out    | 68.7±2.92                              | 90.8±2.77 | 118.9±4.11 | 141.8±3.09  |

Table 3. Analysis of variance of angles of heel contact to safety shoes and insole

| Stance phase         | Factors                         | N  | SS    | df | MS    | F     | p      |
|----------------------|---------------------------------|----|-------|----|-------|-------|--------|
| Heel contact         | Insole(A)                       | 10 | 7.5   | 1  | 7.5   | 3.354 | .100   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 20.2  | 9  | 2.2   | -     |        |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 2.0   | 2  | 1.0   | 0.313 | .735   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 56.6  | 18 | 3.1   | -     |        |
|                      | A × B                           | 10 | 13.0  | 2  | 6.5   | 1.693 | .212   |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 68.9  | 18 | 3.8   | -     |        |
| 1 <sup>st</sup> peak | Insole(A)                       | 10 | 12.9  | 1  | 12.9  | 3.431 | .097   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 33.8  | 9  | 3.8   | -     |        |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 8.4   | 2  | 4.2   | 1.078 | .361   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 69.8  | 18 | 3.9   | -     |        |
|                      | A × B                           | 10 | 0.5   | 2  | 0.3   | 0.067 | .936   |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 67.6  | 18 | 3.8   | -     |        |
| 2 <sup>nd</sup> peak | Insole(A)                       | 10 | 41.8  | 1  | 41.8  | 1.855 | .206   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 203.0 | 9  | 22.6  | -     |        |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 28.0  | 2  | 14.0  | 0.850 | .444   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 296.9 | 18 | 16.5  | -     |        |
|                      | A × B                           | 10 | 78.9  | 2  | 39.4  | 6.766 | .006** |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 104.9 | 18 | 5.8   | -     |        |
| Toe-off              | Insole(A)                       | 10 | 146.3 | 1  | 146.3 | 4.196 | .071   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 313.8 | 9  | 34.9  | -     |        |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 41.0  | 2  | 20.5  | 0.793 | .468   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 465.2 | 18 | 25.8  | -     |        |
|                      | A × B                           | 10 | 220.5 | 2  | 110.3 | 3.343 | .058   |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 593.8 | 18 | 33.0  | -     |        |

- SS: sum of squares, df: degree of freedom, MS: mean squares  
 \*\*: p<0.01

Table 4. Angles of ankle during gait

| Types of safety shoes | insole | (unit : deg.) |            |           |             |
|-----------------------|--------|---------------|------------|-----------|-------------|
|                       |        | Heel contact  | 1st peak   | 2nd peak  | Toe-off     |
| 1                     | In     | 110.3±6.90    | 108.9±3.12 | 97.6±5.19 | 120.0± 4.45 |
|                       | Out    | 109.6±2.41    | 109.9±4.26 | 97.5±5.07 | 121.5± 4.23 |
| 2                     | In     | 111.0±2.73    | 107.8±3.02 | 97.5±5.07 | 120.8± 4.37 |
|                       | Out    | 112.3±3.32    | 107.1±3.04 | 99.8±5.19 | 120.6± 8.02 |
| 3                     | In     | 103.4±4.35    | 100.3±4.16 | 89.8±5.07 | 111.7± 4.33 |
|                       | out    | 104.6±4.00    | 100.6±4.37 | 88.4±3.93 | 110.4± 6.55 |

보행동작의 지지 구간에서 발목 각이 변화하는 형태를 전체적으로 파악하기 위해 Fig. 4에 나타냈다. 발목 각은 착지 후 약간 증가하다가 지면 반발력의 제 1정점이 나타나는 시점부터 지속적으로 감소한다. 그리고 제 2정점 이후 다소 감소하다가 이 지 시에는 다시 증가하는 양상을 보인다.

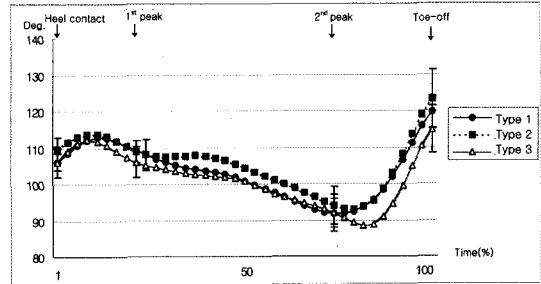


Fig. 4. Curves of ankle angles to safety shoe types during gait.

서있을 경우 발목 관절은 최대로 배면 굴곡이 이루어졌을 때 가장 안정적이라고 하였다<sup>10)</sup>. 보행이나 주행 시에도 발목의 충분한 배면 굴곡이 요구된다. 인체이동에 따라 발목 각은 지면과의 접촉에 따른 충격력을 완충시키기 위하여 변화되며, 이러한 충격력의 완충 역할이란 측면에서 운동역학적 의미를 갖는다.

발목 각에 대한 이벤트 별 분포조사에서 운동화의 경우<sup>5)</sup> 안전화에 비해 높게 나타났다. 일반 운동화에 비해 보행용 전문 운동화의 경우 이벤트 별 변위 폭이 크지 않았으며, 제 2정점에서 발목 각의 차이가 크게 나타난다고 보고 하였다. 본 조사에서는 기능성이 다소 떨어지는 3번 안전화의 경우 이벤트 별로 차이가 크게 나타났다. 발목 각에 영향을 주는 요인을 분석하기 위하여 주요 이벤트 별 발목 각에 대한 분산분석의 결과는 Table 5와 같다.

안전화의 종류와 인솔 착용 유무 간에는 착지 시 (P<0.01), 제 1정점, 제 2정점 및 이지 시(P<0.001)에는 유의한 수준을 나타내었다. 착지 시에는 인솔(P<0.05), 안전화(P<0.01), 제 1정점에서는 인솔(P<0.001), 안전화(P<0.001), 제 2정점에서는 인솔(P<0.01), 안전화(P<0.001), 이지 시에는 인솔(P<0.001), 안전화(P<0.05) 등의 유의한 차이를 나타내어 안전화의 종류와 인솔간 또는 안전화 종류와 인솔 착용유무에 따른 발목 각의 상당한 차이를 나타내고 있다. 최규정<sup>5)</sup>의 운동화의 종류에 따른 발목 각의 연구에서 보행용 신발과 일반운동화 사이에 유의할만한 차이가 없다고 하였으나 본 조사에서는 안전화의 형태에 따라서 발목 각의 영향에 차이가 있으며, 인솔의 착용 유무에 따라 발목 각의 영향은 다소 있는 것으로 고려된다. 보행동작은 다른 인체 활동에 비해 상대적으로 빠른 동작은 아니다. 관절의 운동은 인접한 분절 사이의 운동 결과로 나타나며, 분절 사이의 위치 변화가 적을 때 보다 안정적이라고 할 수 있다.

Table 5. Analysis of variance of ankle angles during gait

| Stance phase         | Factors                         | N  | SS    | df | MS    | F      | p       |
|----------------------|---------------------------------|----|-------|----|-------|--------|---------|
| Heel contact         | Insole(A)                       | 10 | 189.3 | 1  | 189.3 | 8.813  | .016*   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 193.3 | 9  | 21.5  | -      |         |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 245.8 | 2  | 122.9 | 7.758  | .004**  |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 285.2 | 18 | 15.8  | -      |         |
|                      | A × B                           | 10 | 227.5 | 2  | 113.8 | 10.262 | .001**  |
| 1 <sup>st</sup> peak | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 199.5 | 18 | 11.1  | -      |         |
|                      | Insole(A)                       | 10 | 575.3 | 1  | 575.3 | 89.648 | .000*** |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 57.8  | 9  | 6.4   | -      |         |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 158.3 | 2  | 79.1  | 26.080 | .000*** |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 54.6  | 18 | 3.0   | -      |         |
| 2 <sup>nd</sup> peak | A × B                           | 10 | 162.1 | 2  | 81.0  | 12.090 | .000*** |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 120.6 | 18 | 6.7   | -      |         |
|                      | Insole(A)                       | 10 | 352.7 | 1  | 352.7 | 14.942 | .004**  |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 212.5 | 9  | 23.6  | -      |         |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10 | 392.8 | 2  | 196.4 | 25.263 | .000*** |
| Toe-off              | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 139.9 | 18 | 7.8   | -      |         |
|                      | A × B                           | 10 | 378.8 | 2  | 189.4 | 22.928 | .000*** |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 148.7 | 18 | 8.3   | -      |         |
|                      | Insole(A)                       | 10 | 637.9 | 1  | 637.9 | 43.123 | .000*** |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 133.1 | 9  | 14.8  | -      |         |
| Toe-off              | Safety shoes(B)                 | 10 | 241.1 | 2  | 120.5 | 6.067  | .024*   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 357.6 | 18 | 19.9  | -      |         |
|                      | A × B                           | 10 | 382.5 | 2  | 191.3 | 25.270 | .000*** |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 136.2 | 18 | 7.6   | -      |         |

- SS: sum of squares, df: degree of freedom, MS: mean squares  
\* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.001

이러한 관점에서 1번과 2번 안전화가 3번 안전화에 비해 착지에 따른 발목 각 변화가 적게 일어나고 따라서 발목의 움직임이 보다 더 안정적인 것으로 유추할 수 있다.

### 3.1.3. 무릎 각

무릎 각은 대퇴와 하퇴 분절이 이루는 각도를 말하며, 무릎 각의 전체적인 변화 형태에 대한 이벤트별 무릎 각 변화곡선은 Fig. 5와 같다.

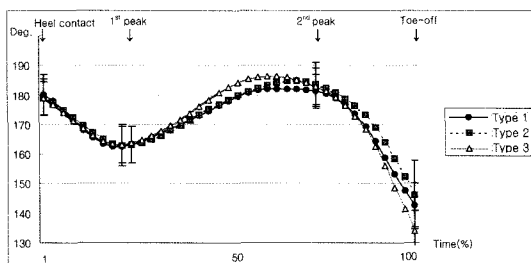


Fig. 5. Curves of knee angles to safety shoe types during gait.

보행 시에는 무릎을 거의 곧게 편 상태로 착지하기 때문에 무릎 각이 거의 80°에 가까우며, 착지를 시작한 다음, 체중이 착지발로 이동되면서 이 부하를 완충시키기 위하여 무릎을 약간 구부린다. 무릎 각 변화곡선에서 제 1정점까지는 감소하고 있으며(177°부근에서 163°내외), 추진력을 얻기 위하여 무릎을 펴면서 무릎 각은 증가하여 제 2정점에서는 착지 시 범위로 증가하고, 이지 국면에서는 지지하고 있던 발을 들어 올리면서 무릎 각이 다소 감소하는 경향을 보인다.

본 연구를 통하여 Fig. 5에서도 증감 주기형태를 나타내고 있으며 최규정<sup>5)</sup>의 연구와 유사한 형태를 보였다. 또한 주요 이벤트 별 무릎 각에서 제 1정점(P<0.05)과 제 2정점(P<0.01) 및 이지 시(P<0.05)에 안전화와 인솔 간의 유의한 차이를 나타내었고(Table 6), 착지 시에는 안전화 종류와 인솔의 착용 유무 시에 따라 별 차이가 없었으나, 인솔을 착용했을 때가 착용하지 않았을 때 보다 제 1정점, 제 2정점 및 이지 시에 2°정도 높게 나타났다. 무릎 각의 변위 폭은 운동화의 경우<sup>5)</sup>에서는 보통 속도에서 유사한 경향을 나타내고 있으며, 1번과 3번 안전화의 경우 인솔의 착용조건이 증가하였으나 2번 안전화의 경우 제 1정점과 이지 시에 오히려 감소하여 2번 안전화의 아웃솔의 후족 부위 특수 구조에 영향을 받은 것으로 사료된다. 무릎 각에 대한 분석 결과에서 안전화 종류와 인솔의 착용 유무에 따라 제 1정점, 제 2정점 및 이지 시에 무릎 각의 변화에 영향을 미치는 것으로 보여진다.

## 3.2. 후족 제어 변인

### 3.2.1. 아킬레스건 각

아킬레스건 각은 하지의 뒷면에서 보았을 때, 발목 관절을 중심으로 하퇴부의 아킬레스건이 지나가는 선과 신발을 신지 않은 상태에서 신발 뒤꿈치가 지

Table 6. Angles of knee during gait

(unit : deg.)

| Types of safety shoes | insole | Heel contact | 1st peak   | 2nd peak   | Toe-off     |
|-----------------------|--------|--------------|------------|------------|-------------|
| 1                     | In     | 176.7±5.77   | 162.1±3.99 | 177.7±2.92 | 142.6±6.70  |
|                       | Out    | 177.9±6.83   | 162.6±6.20 | 177.4±5.78 | 140.6±7.49  |
| 2                     | In     | 176.8±7.07   | 165.5±5.73 | 174.8±5.68 | 146.5±6.49  |
|                       | Out    | 177.5±6.21   | 166.1±6.93 | 172.9±7.36 | 148.4±11.56 |
| 3                     | In     | 177.5±5.60   | 164.6±5.40 | 177.0±5.00 | 146.5±5.72  |
|                       | Out    | 177.8±5.48   | 163.5±6.17 | 175.2±6.07 | 142.6±6.74  |

Table 7. Analysis of variance of knee angles during gait

| Stance phase         | Factors                         | N     | SS    | df   | MS    | F     | p      |
|----------------------|---------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| Heel contact         | Insole(A)                       | 10    | 3.6   | 1    | 3.6   | 1.087 | .324   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          | 30.0  | 9     | 3.3  | -     | -     | -      |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10    | 3.5   | 2    | 1.8   | 0.249 | .782   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          | 127.7 | 18    | 7.1  | -     | -     | -      |
|                      | A × B                           | 10    | 5.4   | 2    | 2.7   | 0.417 | .665   |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> | 116.9 | 18    | 6.5  | -     | -     | -      |
| 1 <sup>st</sup> peak | Insole(A)                       | 10    | 27.4  | 1    | 27.4  | 3.665 | .088   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          | 67.3  | 9     | 7.5  | -     | -     | -      |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10    | 8.3   | 2    | 4.2   | 1.108 | .352   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          | 67.7  | 18    | 3.8  | -     | -     | -      |
|                      | A × B                           | 10    | 92.1  | 2    | 46.1  | 4.840 | .021*  |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> | 171.3 | 18    | 9.5  | -     | -     | -      |
| 2 <sup>nd</sup> peak | Insole(A)                       | 10    | 38.3  | 1    | 38.3  | 1.993 | .192   |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          | 172.9 | 9     | 19.2 | -     | -     | -      |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10    | 55.0  | 2    | 27.5  | 1.268 | .305   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          | 390.2 | 18    | 21.7 | -     | -     | -      |
|                      | A × B                           | 10    | 75.3  | 2    | 37.7  | 7.263 | .005** |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> | 93.4  | 18    | 5.2  | -     | -     | -      |
| Toe-off              | Insole(A)                       | 10    | 101.4 | 1    | 101.4 | 5.432 | .045*  |
|                      | Error(A <sub>E</sub> )          | 168.0 | 9     | 18.7 | -     | -     | -      |
|                      | Safety shoes(B)                 | 10    | 36.4  | 2    | 18.2  | 1.002 | .387   |
|                      | Error(B <sub>E</sub> )          | 326.9 | 18    | 18.2 | -     | -     | -      |
|                      | A × B                           | 10    | 314.7 | 2    | 157.3 | 4.837 | .021*  |
|                      | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> | 585.5 | 18    | 32.5 | -     | -     | -      |

- SS: sum of squares, df: degree of freedom, MS: mean squares  
 \* : p<0.05, \*\* : p<0.01

면과 수직을 이루는 선분이 이루는 각도로 정의되며, 보행을 하게 되면 변형이 생기면서 각도가 변한다.

발의 회내운동에 대한 연구에서 Mann<sup>7)</sup>는 발의 회내운동은 주로 착지 초기에 많이 운동으로서 이루어진다. 전체 지지구간의 1/10시점은 충격력이 나타나는 시기와 거의 같기 때문에 충격력 흡수와 부상에 깊은 관련이 있다고 하였으며, 관련이 있으며, 이 시점을 ‘착지초기’라고 하였다.

안전화 종류와 인솔의 착용유무에서 보행에 따른 아킬레스건 각의 전반적인 변화 형태를 살펴보기 위해 전체 연구대상의 아킬레스건 각을 표준화한 결과는 Fig. 6과 같다.

일반적으로 착지 후 발의 회내운동은 아킬레스건 각의 증가를 유발한다. 또한 다른 관절에서의 움직임의 양이 작지만 그 변화량이 많으면 관절 손상을 가져오기 쉽기 때문에 운동역학적으로 매우 중요하다. 2번 안전화의 경우 아웃솔의 후족부 쿠션기능성 보장을 위하여 특수구조로 디자인되어 착지 및

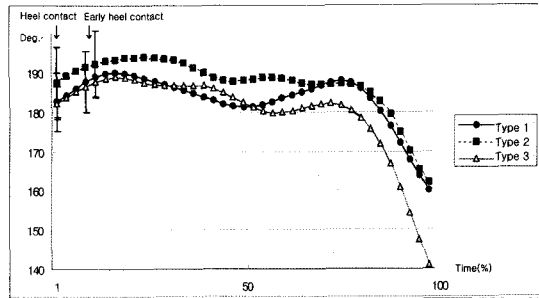


Fig. 6. Curves of achilles' tendon angles to safety shoe types during gait.

착지 초기 변화량을 다소 크게 나타내고 있으며 아킬레스건 각에 영향을 주는 것으로 사료된다.

이지 후반부에서는 아킬레스건 각이 약 30° 정도 줄어드는 급격한 변화 형태를 보였다. 이러한 변화 형태는 이지 시 후족부를 들어 올리면서 후족부가 안쪽으로 회전되면서 생긴 결과일 뿐, 체중과 이동 속도가 합성된 부하에 의한 후족부의 회내운동에 기인된 것이 아니기 때문에 중요한 의미는 아니다<sup>9)</sup>. 또한 아킬레스건 각은 착지에 따른 변화가 중요하기 때문에 발목 각, 무릎 각, 착지 각처럼 착지 시, 제 1정점, 제 2정점, 이지 시 등과 같은 주요 이벤트 별로 분석하지 않았다<sup>9)</sup>. 2번 안전화가 1번과 3번 안전화에 비해 착지 시 및 착지 초기 3~5° 정도 높은 경향을 보였으며(Table 8), 분산분석 결과에서(Table 9) 착지 시에는 안전화와 인솔간의 유의한 차이(P<0.05)을 보였고 착지 초기에는 안전화에서 유의한 차이(P<0.05)를 나타내었다. 따라서 2번 안전화의 경우 아웃솔의 후족부에 쿠션 기능이 있기 때문에 1번과 3번 안전화 보다 연결이라 할 수 있고, 착지 시와 착지 초기 아킬레스건 각의 차이가 있어 아킬레스건 각의 초기 변화가 중요하며 과도한 변화량을 방지하고, 안전화가 가져야 할 운동 조절 기능 측면에서는 오히려 1번과 3번 안전화가 기능성 면에서 차이가 있을 가능성을 시사하고 있으나 보다 더 아킬레스건 각의 부하에 대한 원인 규명을 위한 추가적인 연구가 요구된다.

Table 8. Angles of achilles' tendon during gait

| Types of safety shoes | Insole | (unit : deg.) |                    |
|-----------------------|--------|---------------|--------------------|
|                       |        | Heel contact  | Early heel contact |
| 1                     | In     | 179.2±6.36    | 188.0±5.95         |
|                       | Out    | 177.0±7.50    | 184.7±7.80         |
| 2                     | In     | 183.8±6.45    | 190.1±4.20         |
|                       | Out    | 183.5±8.89    | 191.9±8.37         |
| 3                     | In     | 180.4±4.20    | 187.2±3.48         |
|                       | out    | 178.6±4.19    | 186.2±4.05         |



Table 9. Analysis of variance of achilles' tendon angles during gait

| Stance phase       | Factors                         | N  | SS    | df | MS    | F     | p     |
|--------------------|---------------------------------|----|-------|----|-------|-------|-------|
| Heel contact       | Insole(A)                       | 10 | 10.1  | 1  | 10.1  | 0.425 | .531  |
|                    | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 214.3 | 9  | 23.8  | -     |       |
|                    | Safety shoes(B)                 | 10 | 88.5  | 2  | 44.2  | 1.729 | .206  |
|                    | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 460.7 | 18 | 25.6  | -     |       |
|                    | A × B                           | 10 | 276.1 | 2  | 138.0 | 5.563 | .013* |
| Early heel contact | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 446.7 | 18 | 24.8  | -     |       |
|                    | Insole(A)                       | 10 | 10.5  | 1  | 10.5  | 0.599 | .459  |
|                    | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 157.6 | 9  | 17.5  | -     |       |
|                    | Safety shoes(B)                 | 10 | 165.7 | 2  | 82.8  | 3.577 | .049* |
|                    | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 416.9 | 18 | 23.2  | -     |       |
|                    | A × B                           | 10 | 171.5 | 2  | 85.8  | 2.726 | .092  |
|                    | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 566.4 | 18 | 31.5  | -     |       |

- SS: sum of squares, df: degree of freedom, MS: mean squares  
\* : p<0.05

3.2.2. 후족 각

후족 각은 관상면 후면에서 보았을 때 신발 뒤꿈치가 지면과 이루는 각도를 나타내며, 신발의 지면에 대한 위치 변화를 나타낸다. 이러한 후족 각은 발의 운동을 통하여 신발이 변형된 결과이므로 발의 운동학적 분석을 위하여 사용된다.

이기광<sup>15)</sup>은 일반 등산화에 비해 아웃솔에 독립적 서스펜션을 적용한 등산화의 후족 각 조사에서 독립적 서스펜션 기능성 등산화가 발목의 외변이 40% 정도 감소하였다고 보고하였다. 전체 연구대상의 후족 각은 표준화하여 Fig. 7에 제시하였다.

후족각은 착지 시 거골하 관절을 중심으로 이루어지는 회내운동 결과, 착지 시에는 1번 안전화가 96° 범위로 제일 높게 나타내었으며, 2번 안전화가 제일 낮게 나타났다. 착지 초기에는 1번과 3번 안전화는 유사하였으며, 역시 2번 안전화가 낮게 나타났다. 이지 시에는 큰 변화 없이 증가하는 형태를 보여 최규정<sup>5)</sup>의 운동화에 대한 후족 각 연구와

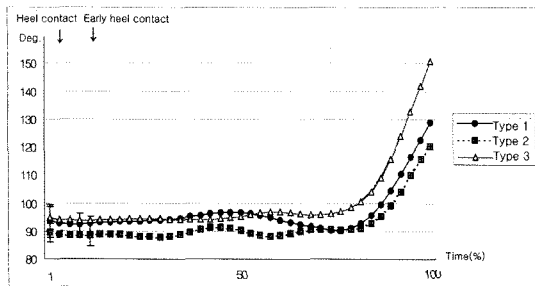


Fig. 7. Curves of rearfoot angle to safety shoe types during gait.

비슷한 경향을 보이고 있다(Table 10). 이지 국면에서 후족 각이 갑자기 증가하는 것은 아킬레스건 각에서처럼 발뒤꿈치가 지면에서 떨어지면서 후족부가 안쪽으로 향하고 신발의 뒤축이 오른쪽으로 기울어 각도가 증가하는 것을 의미한다. 후족 각은 아킬레스건 각과 같이 변화 량이 미세한 수준이지만, 그 변화량이 많으면, 관절의 손상을 초래할 위험성이 높다. 후족 각에 대한 착지 시 및 착지 초기 분산분석 결과 착지 시 안전화와 인솔간에 유의한 차이(P<0.05)을 보였고, 착지 초기에도 유의한 차이(P<0.01)를 나타내었다(Table 11). 후족 각의 변화는 아킬레스건 각의 변화에도 영향을 준다. 따라서 2번 안전화의 경우 아웃솔의 후족부가 1번과 3번 안전화에 비해 특수디자인의 쿠션가능성이 강화된 형태로 아킬레스건 각에서는 착지 및 착지초기에 제일 높게 나타내었고, 후족 각에서는 제일 낮게 나타나 변화량이 많은 2번 안전화가 관절의 손상을 초래할 가능성이 다소 높다고 추정이 가능하나 안전화와 인솔에 의한 영향 변수가 있어 추가적으로 원인 규명을 위한 연구가 필요하다고 하겠다.

Table 10. Angles of rear foot during gait

|                       |        | (unit : deg.) |                    |  |
|-----------------------|--------|---------------|--------------------|--|
| Types of safety shoes | Insole | Heel contact  | Early heel contact |  |
| 1                     | In     | 96.4±5.09     | 90.6±4.16          |  |
|                       | Out    | 96.6± 6.00    | 92.3±3.84          |  |
| 2                     | in     | 91.9± 4.55    | 87.8±3.18          |  |
|                       | out    | 93.8±3.40     | 88.4±3.95          |  |
| 3                     | in     | 94.5±3.03     | 90.9±2.44          |  |
|                       | out    | 95.4±4.13     | 91.3±1.35          |  |

Table 11. Analysis of variance of rear foot angles during gait

| Stance phase       | Factors                         | N  | SS    | df | MS   | F     | p      |
|--------------------|---------------------------------|----|-------|----|------|-------|--------|
| Heel contact       | Insole(A)                       | 10 | 3.0   | 1  | 3.0  | 0.184 | .678   |
|                    | Error(AE)                       |    | 148.6 | 9  | 16.5 | -     |        |
|                    | Safety shoes(B)                 | 10 | 38.7  | 2  | 19.4 | 1.870 | .183   |
|                    | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 186.3 | 18 | 10.3 | -     |        |
|                    | A × B                           | 10 | 113.8 | 2  | 56.9 | 4.123 | .034*  |
| Early heel contact | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 248.5 | 18 | 13.8 | -     |        |
|                    | Insole(A)                       | 10 | 0.1   | 1  | 0.1  | 0.005 | .947   |
|                    | Error(A <sub>E</sub> )          |    | 140.8 | 9  | 15.6 | -     |        |
|                    | Safety shoes(B)                 | 10 | 59.1  | 2  | 29.6 | 5.059 | .018*  |
|                    | Error(B <sub>E</sub> )          |    | 105.2 | 18 | 5.8  | -     |        |
|                    | A × B                           | 10 | 92.6  | 2  | 46.3 | 6.505 | .007** |
|                    | A <sub>E</sub> × B <sub>E</sub> |    | 128.1 | 18 | 7.1  | -     |        |

- SS: sum of squares, df: degree of freedom, MS: mean squares  
\* : p<0.05, \*\* p<0.01

#### 4. 결론

본 연구는 보행동작의 지지구간에서 안전화의 종류 및 인솔의 착용유무에 따른 발의 운동학적 변인, 후족 제어 변인에 미치는 영향을 비교·분석하고, 이를 기초로 하여 안전화의 구조적 특징과 인솔의 사용과 안전화의 착용에 따른 하지 부위의 피로와 근골격계질환의 예방을 위한 안전화의 개선방향에 목적을 두고 수행되었다. 연구대상은 정상 족궁을 가지고 후족 착지 형인 성인 남자 10명을 대상으로 하였다. 보행 동작은 3대의 비디오 카메라로 촬영하고 측정하였으며, 착지 발 하지의 지지구간에 대한 운동역학적 분석을 실시하였다. 하지 분절의 운동학적 변인으로는 발목 각, 무릎 각, 착지 각 등이며, 후족 제어 변인으로는 아킬레스건 각, 후족 각 등이었다. 측정치를 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

1) 운동학적 변인조사에서 착지 각의 경우 제 2정점에서 안전화와 인솔간의 유의한 차이를 보였고, 발목 각에서는 착지 시, 제 1정점, 제 2정점 및 이지 시 안전화와 인솔간의 유의한 차이를 나타내었으며, 무릎 각의 경우 제 1정점, 제 2정점 및 이지 시에 안전화와 인솔간의 유의한 차이를 보였다.

2) 후족 제어 변인조사에서 아킬레스건 각은 착지 시에는 안전화와 인솔간에, 착지초기에는 안전화에 유의성을 보였고, 후족 각에서는 착지 시와 착지초기에서 안전화와 인솔간에 유의성을 나타내었다.

3) 운동학적 변인, 후족 제어 변인 등에서 1번 안전화가 통계적으로 우수하다고 볼 수 있고 2번 안전화의 경우 후족 제어 변인에서 아웃솔의 형태와 관련되어 부하가 다소 있는 것으로 생각되며, 인솔의 착용에 따른 하지의 피로와 근골격계질환의 예방효과는 다소 있는 것으로 생각된다.

본 조사에서 안전화의 종류 및 인솔의 착용유무에 따른 운동역학적 특성을 비교·분석한 결과 1번 안전화가 통계적으로 우수하다고 볼 수 있다. 그러나 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었지만, 이 결과는 안전화에 한하여 10명의 연구대상에 대한 결과이고, 3종류의 안전화와 1종류의 인솔을 이용한 분석결과이므로 일반화를 시키기는 다소 어렵다고 보여진다. 또한 안전화의 구조적 특징에 대한 법적 설계디자인 한계성과 제작 단가를 고려한 생산이므로 운동역학적 기능의 차이에 대한 좀 더 근원적인 원인 규명과 안전화의 종류 및 특징 등을 충분히 고

려한 평가와 인솔의 구조, 디자인, 재질, 근로자의 만족도 조사가 필요하다. 아울러 근골격계질환의 예방과 근로자들의 피로와 착용에 따른 만족감을 고려한 실용적 가치를 병행하여 평가하는 것이 절실하기 때문에 이에 대한 추가적인 관심과 연구노력이 필요할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- 1) 최상복, 김중배, 장영호, 신대혁, 최상구, “안전보건 보호구”, 동화기술, pp. 167~184, 1998.
- 2) 노동부, “산업재해 통계”, 2005.
- 3) 권미지, 김경, 김영민, 김주상, 소재무, 엄기매, 정형국, 채윤원. “근골격계 생체역학” (개정 3판) 영문출판사, pp. 243~281, 2003.
- 4) H. Elftman, “A cinematic study of the distribution of pressure in the human foot”, *Anat. Rec.*, Vol. 59, pp. 481~492, 1934.
- 5) 최규정, “일반 운동화와 mBT 보행 신발 착용에 따른 보행 동작의 운동역학적 비교 분석”, 성균관대학교 박사학위논문, 2003.
- 6) 이창민, 오연주. “생체역학적 분석을 통한 보행 부하 감소용 인솔 개발”, 대한인간공학회지 제 24권, 제4호, pp. 23~30. 2005.
- 7) R.A. Mann, “Biomechanics in Running”, In *Symposium on the Foot and Leg in Running Sports*, R. P. Mack(ed.) St. Louis, The C.V Mosby Co, pp. 1~29, 1980.
- 8) P.R. Cavanagh, G.C. Andrew, R. Kram, M.M. Rogers, D.J. Sanderson, and E.M. Henning, “An Approach to biomechanical profiling of elite distance runners”, *International J. of Sport Biomechanics*, Vol. 1, No. 1, pp. 36~62, 1985.
- 9) B.M. Nigg, “Some comments for runners, In *Biomechanics of Running Shoes*”, III : Human Kinematics Publishers, Inc. pp. 205~219, 1986.
- 10) 한상덕. “<http://www.shoedb.com>”, 1990.
- 11) 곽창수. “운동화 중저의 경도가 주행 시 발바닥의 압력 분포와 충격 흡수에 미치는 영향”, 서울대학교 대학원 박사학위논문, pp. 64~87, 1993.
- 12) 이연중. “주행 시 체중에 따른 운동화 중저 정도의 차이가 충격 흡수와 후족 제어에 미치는 영향”. 한국체육대학교 대학원 박사학위논문, pp. 32~58, 1997.
- 13) B.A. Kerr, L. Beauchamp, V. Fisher, and R. Veil, “Foot-strike patterns in distance running. In, B.M.

- And B.A. Kerr(eds.) Biomechanical aspects of sport shoes and playing surfaces”, University of Calgary, Canada, pp. 135~142, 1983.
- 14) C.F. Munro, D.I. Miller, and A.J. Fuglevand, “Ground reaction forces in running, A reexamination”, J. of Biomechanics, Vol. 20, pp. 147~155, 1987.
- 15) 이기광. “등산화 아웃솔의 독립적 서스펜션 기능이 발의 안정성에 미치는 효과”, 대한인간공학회 학술대회 논문집, pp. 68~71, 2006.