

생체역학적 분석을 통한 보행 부하 감소용 인솔 개발

이 창 민* · 오 연 주*

The Development of the Insole for Gait Load Decreasing by Biomechanics Analysis

Chang-Min Lee*, Yeon-Ju Oh*

ABSTRACT

The mailman's shoes should be designed in due consideration of occupational features they spend most of times to walk. For that reason, the shoes required functions to reduce the foot fatigue and to protect body by dispersing the body weight to the whole foot. In this research, for the functional improvement of the insole, insoles are investigated and analyzed by biomechanics experimentation. Under the base of these experimental results, we develop insoles that can reduce the body load and muscular-skeletal disorder. The pressures are concentrated on the metatarsus and heel by the result of analyzing pressure distributions of the using shoes. Accordingly, we offer the prototype functional insole that is ranked from high pressure to low pressure on the base of a shock absorb function. This prototype functional insole is examined for statistical significance by pressure distribution areas. The experimental results show that pressure areas are dispersed to whole foot, for this reason, pressures of the metatarsus and heel are reduced. Results of this research can not only improve the function of insoles which is suitable for occupational features, but also be a base on constructing data bases for biomechanics gait insoles.

Keyword: Insole, Metatarsal, Heel, Biomechanics, Foot pressure

1. 서 론

신발 산업구조의 전반적인 흐름이 디자인 중심에서 기능성 위주로 변경됨에 따라 외형적인 모양보다는 신발의 기능성 추구에 중점을 두게 되었다. 새로운 기능, 혁신적 기능을 가진 신발을 디자인하려는 노력이 경쟁적으로 이루어지고, 이를 위하여 디자인 단계에서부터 생체역학적 연구 및 테스트를 거쳐 과학적인 설계가 가능하게 되었다. 특히, 현재 각종 기능성을 보유한 인솔들이 제작, 보급되어 사용되고 있으나 이에 대한 체계적인 생체역학적 데이터는 매우 부족한 실

정이다. 신발의 생체역학적 연구에서는 '운동 형태에 따라 신체가 받는 힘의 부하를 비롯한 운동화의 기능과 관련하여 주행동작의 일반적 운동 특성 및 하지 분절의 역학적 연구(Cavanagh, 1987), 주행에 따른 신발 움직임과 외부에서 가해진 부하의 특성에 대한 연구(Cook, Kerster, 1985), 운동화의 무게와 중저의 경도가 주행효율에 미치는 효과 및 그 적용성에 관한 연구(곽창수, 2001), 인간-보행동작과 신발 디자인 연구(최지희, 1985)' 등이 대부분이며 인간공학적 기능성을 부여하고 과학적인 설계를 하기 위한 생체역학적 기초 연구들이 매우 미흡한 실정이다.

인솔은 신발 착용 시 사람의 발바닥과 직접 접촉되어 신

*동의대학교 정보산업공학과

교신저자: 이창민

주 소: 614-714 부산광역시 부산진구 가야3동 엄광로 995번지, 전화: 051-890-1652, E-mail: equator@deu.ac.kr

발의 보행 안정성, 쿠션에 의한 충격 완화 등, 착용감을 좋게 하기 위한 필수 구성품이 되었다. 따라서 인솔 품질 정도가 신발의 기능성을 결정하게 되므로 좋은 인솔의 사용유무가 신발 전체의 품질을 결정한다고 할 수 있다. 이에 보행 안정성을 비롯한 충격 흡수 기능을 수용할 수 있는 기능성 인솔의 개발필요성이 요구된다. 최근 들어 신발의 기능성이 인솔의 기능성에 좌우되고 있으나 이에 대한 연구 및 개발이 미흡하고 현재 당뇨 및 관절염 등을 보호하기 위해 개발된 인솔은 생체역학적 데이터 및 공학적 데이터베이스가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한 작업 형태에서 신발 착용 및 인솔 착용에 따른 문제점을 찾아내고 이를 생체역학적 분석을 통하여 기능성 인솔 제작을 위한 기초 자료를 구축하고자 한다.

전반적인 신발 산업구조의 개선 및 변경이 요구되는 현 상황에서 산업현장에서는 각 업무 특성에 적합한 작업용 신발의 수요가 증가하는 추세임에도 불구하고 작업화의 특수성을 찾기 어려운 실정이다. 특히 집배원들에게 있어서 기능성 작업화의 필요성은 정보통신의 발전에 따라 우편물량이 늘어나고 취급물량이 늘어남에 따라 장시간 동안의 도보로 무릎관절과 발목에 받는 충격량이 매우 크며 하지나 요추부분에서 나타나는 근골격계질환의 증상이 심각하게 나타남에 따라 더욱 문제시 되고 있다. 이는 집배업무뿐만 아니라 장시간 정적인 standing 자세 및 도보가 이루어지는 작업에서는 더욱 심각성이 대두되고 있다. 신체 전반에 받는 압력 중 50% 이상의 압력을 받게 되는 발은 뒤꿈치가 55~60% 정도, 중족골 부위가 40~45% 정도의 압력을 받게 되며, 또한 인체치수뿐만 아니라 보행 형태, 인솔의 기능에 따라 큰 차이를 보인다. 따라서 집배업무 특성을 감안하여 충격 완화의 기능성을 높여 인체에 가중되는 부하를 최대한 줄일 수 있어야 한다.

이에 본 연구에서는 작업자의 보행 흐름 등 생체역학적 실험을 통하여 근골격계질환 발생 잠재율을 줄일 수 있도록 하고 향후 기능성 인솔 개발에 필요한 생체역학적 데이터의 DB를 구축하고자 한다. 또한 기존 인솔에 대해 보행 시의 압력 분포 변화를 조사, 분석하여 영역별 압력 조절 가능성을 확인하고 이를 바탕으로 프로토타입을 설계하여 보행 시 부하를 줄일 수 있는 충격 흡수용 기능성 인솔을 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험 배경

기존 인솔의 발 압력 측정을 중심으로 집배업무를 고려한

충격 흡수용 기능성 인솔 설계를 위해 그림 1과 같은 절차를 통하여 실험을 실시한다. 피 실험자는 최근 6개월 동안 발 관련 질병을 경험하지 않은 신체 건강한 20대 중반의 남성 실험자 9명으로 선정한다. 현재 집배원들이 사용하고 있는 기존 인솔에 대해 압력 분포도의 정도를 파악하고 피 실험자들의 발 형태를 파악하여 프로토타입 설계를 위한 기초 데이터를 수집한다. 기존 인솔(그림 2)을 기준으로 발 압력을 측정된 후 분포 영역을 기준으로 충격 흡수용 소재를 삽입한 프로토타입 인솔을 제작한다(그림 5).

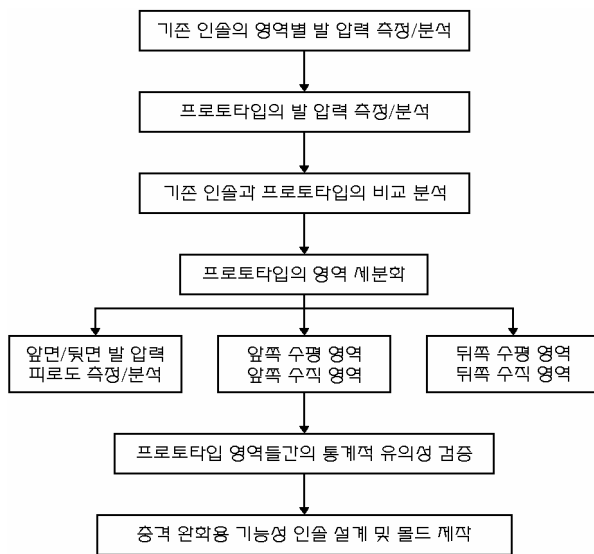


그림 1. 충격 감소용 인솔 개발을 위한 실험 계획



그림 2. 집배신발의 기존 인솔

프로토타입과 기존 인솔간의 발 압력 차이를 비교한 후 프로토타입의 상세 분석을 위하여 작업자의 보행 흐름과 좌우 흔들림에 따라 몇 가지 수평 수직 영역으로 분류한다. 첫째,

중족골과 뒤꿈치의 발 압력 분포를 측정하고 둘째, 중족골의 수평 영역과 수직 영역(앞수평 1, 앞수평 2, 앞수평 3, 앞수평 4, 앞수평 5, 앞수직 1, 앞수직 2, 앞수직 3, 앞수직 4, 앞수직 5, 앞수직 6, 앞수직 7)을 분석하고 세 번째, 뒤꿈치의 수평 영역과 수직 영역(뒤수평 1, 뒤수평 2, 뒤수평 3, 뒤수평 4, 뒤수평 5, 뒤수직 2, 뒤수직 3, 뒤수직 4, 뒤수직 5)에 대한 분석을 실시한다(그림 3). 또한 통계적 분석을 통하여 얻어진 데이터를 기초로 압력 분포도에 따른 충격 완화용 기능성 인솔을 설계한다.

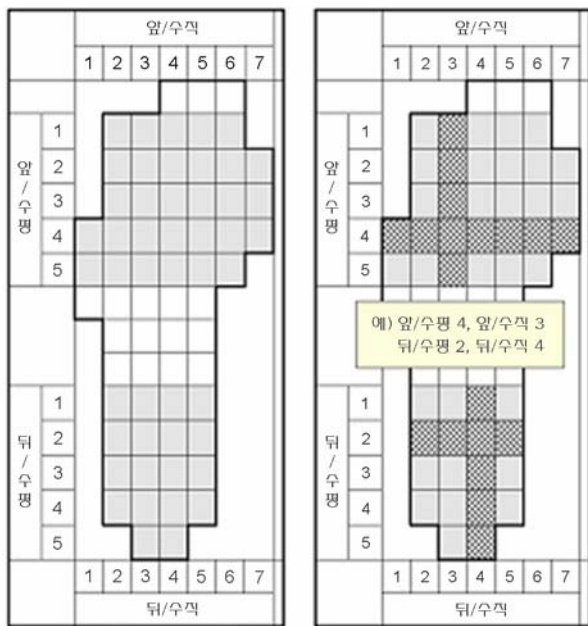


그림 3. 프로토타입을 기준으로 영역별 압력 측정을 위한 세부 영역 설계 및 예시

발 압력 측정 장비는 "FAS Dinatto(ver 3.0)"로 압력 센서가 부착된 측정용 인솔을 실험용 신발에 삽입한 후 일정한 거리를 일정한 속도로 보행하게 하여 압력 분포를 측정하고 미니랩을 통해 통계적 유의성 분석을 실시한다. 또한, 무게 변화에 따라서 발 전반에 발생하는 압력 분포를 알아보기 위해 4종류(0kg, 3kg, 5kg, 7kg)의 우편물을 제작하여 무게에 따른 압력 분포 변화를 조사한다.

본 실험에 앞서 새로운 신발 착용에 대한 불편함과 어색함으로 인한 오차를 줄이고 장시간 작업에 대한 적응을 위해 2시간 동안 신발을 착용한 후에 측정을 한다. 또한 피 실험자의 착용순서를 랜덤하게 하여 오차를 줄이고 실험 상호간의 간섭을 줄인다. 실험은 적응 훈련을 실시한 후 실험실 내에서 일정한 거리를 평소 보행 습관에 따라 보행(4km/h 유지)하게 하고 각 실험 간의 간섭을 최소화하기 위해 1회 실

시 후 편안한 자세로 5분간 휴식을 취하게 하여 5회 반복한다.

2.2 실험 분석 및 결과

집배신발의 충격 완화용 인솔을 제작하기 위해서 본 연구에서는 3가지 실험을 실시하였다. 첫 번째 실험은 현재 사용 중인 기존 인솔이 받는 압력 분포의 영역을 파악하는 것이다. 그 결과 그림 4에서 보는 바와 같이 중족골(metatarsal)부위와 뒤꿈치(heel)부위에서 높은 압력 수치를 나타냈고 높은 압력 값(50kpa)을 보이는 영역을 중심으로 충격 흡수용 소재를 이용한 프로토타입을 제작하였다(그림 5).

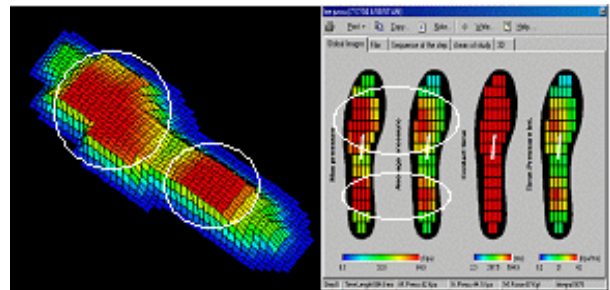


그림 4. 기존 인솔의 압력 측정 결과



그림 5. 충격 흡수용 소재를 이용한 프로토타입

집배신발의 기존 인솔과 설계된 프로토타입간에 압력 분포를 비교한 결과 그림 6과 같이 기존 인솔과 프로토타입간의 차이가 크다는 것을 알 수 있었다. 프로토타입의 압력 값은 평균 50kpa 이하의 값을 보이면서 모든 무게 요소에서 압력 값이 감소하게 됨을 알 수 있다. 또한, 기존 인솔과 프로토타입에 대한 95% 신뢰구간의 유의성 검증 결과 모두 유의한 차이가 있음을(p -value: 0.036) 알 수 있었다. 따라서 압력 분포도를 중심으로 설계된 프로토타입을 생체역학

적 분석을 통하여 보행 형태 및 발의 형태 그리고 발의 크기 및 압력 분포 영역 등을 고려하여 압력 감소를 위한 인솔 개발의 기초 자료로 사용하고자 한다.

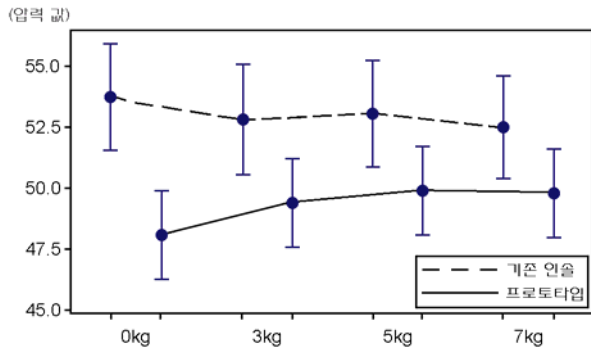


그림 6. 기존 인솔과 프로토타입간의 발 압력 분포

두 번째 실험 항목은 집배원들이 무거운 우편물을 취급한다는 점을 고려하여 집배원들에게 있어 보행 시 무게 변화에 따라 인솔이 받는 충격량과의 상관성을 알아보는 것이다. 각 무게 변화에 따른 충격량 변화 및 무게를 부여하지 않은 경우(0kg)와 무게를 부여한 경우를 3단계(3kg, 5kg, 7kg)로 구별하여 각각 5회 반복하여 측정하였다. 그 결과 그림 6에서 보는 바와 같이 기존 인솔은 각 무게에 따른 변화는 크게 나타나지 않았으며 프로토타입의 경우 역시 각 무게에 따른 변화는 크게 나타나지 않았으나 무게를 부여한 경우(3kg, 5kg, 7kg)와 부여하지 않은 경우(0kg)의 차이만을 밝힐 수가 있었다. 또한 기존 인솔에서 각 무게 별 유의성은(p -value: 0.919)로 유의성이 나타나지 않았고 프로토타입은 (p -value: 0.013)으로 95% 신뢰구간에서 유의함을 알 수 있었다. 이는 프로토타입을 기준으로 기능성 인솔 제작 시 작업자가 무게를 부여하는 경우와 무게를 부여하지 않는 경우 요구되는 인솔이 다르다는 것을 인식하여야 하고 이를 고려한 개발이 이루어져야 함을 알 수 있다.

세 번째 실험은 분석 항목을 세 종류로 나누어,

① 프로토타입 인솔의 중족골과 뒤꿈치를 기준으로 유의성을 검토하여 이들 간의 차이가 있는지를 알아보았다. 이는 인솔 설계 시 높은 압력을 보이는 두 영역(중족골, 뒤꿈치)에 있어서 어느 정도의 압력 차이를 기준으로 설계해야 하는지를 결정하기 위한 것이다.

② 보행 흐름이 뒤꿈치에서 중족골에 이동됨에 따라 수평 영역을 5개 영역으로 세분화(앞수평 1, 앞수평 2, 앞수평 3, 앞수평 4, 앞수평 5, 뒤수평 1, 뒤수평 2, 뒤수평 3, 뒤수평 4, 뒤수평 5)하여 이들 간의 압력 분포를 측정하고 유의성 분석을 실시하고 통계적 분석(Rank Test)을 실시하였다.

③ 보행 시 신체에 발생하는 좌 우 흔들림에 따라 각 수직

영역을 중족골 7개 영역(앞수직 1, 앞수직 2, 앞수직 3, 앞수직 4, 앞수직 5, 앞수직 6, 앞수직 7), 뒤꿈치 5개 영역(뒤수직 2, 뒤수직 3, 뒤수직 4, 뒤수직 5)으로 세분화 하여 수평 영역과 동일하게 분석했다.

세 번째 ①번 실험 즉, 중족골과 뒤꿈치간의 유의성은 95% 신뢰구간에서(p -value: 0.000)으로 서로 높은 유의성을 보였고 이는 중족골과 뒤꿈치 충격을 완화할 수 있는 인솔 개발 시 각 영역에 따라 압력 분포 정도를 고려하여 개별적으로 설계되어야 함을 알 수 있다.

세 번째 ②번 실험, 작업자의 보행 흐름은 뒤꿈치에서 중족골로 흐름에 따라 수평 영역을 다음의 5개 영역(앞수평 1, 앞수평 2, 앞수평 3, 앞수평 4, 앞수평 5, 뒤수평 1, 뒤수평 2, 뒤수평 3, 뒤수평 4, 뒤수평 5)으로 나누어 각각의 압력 분포를 측정하고 유의성을 검토한 결과는 그림 7과 같다.

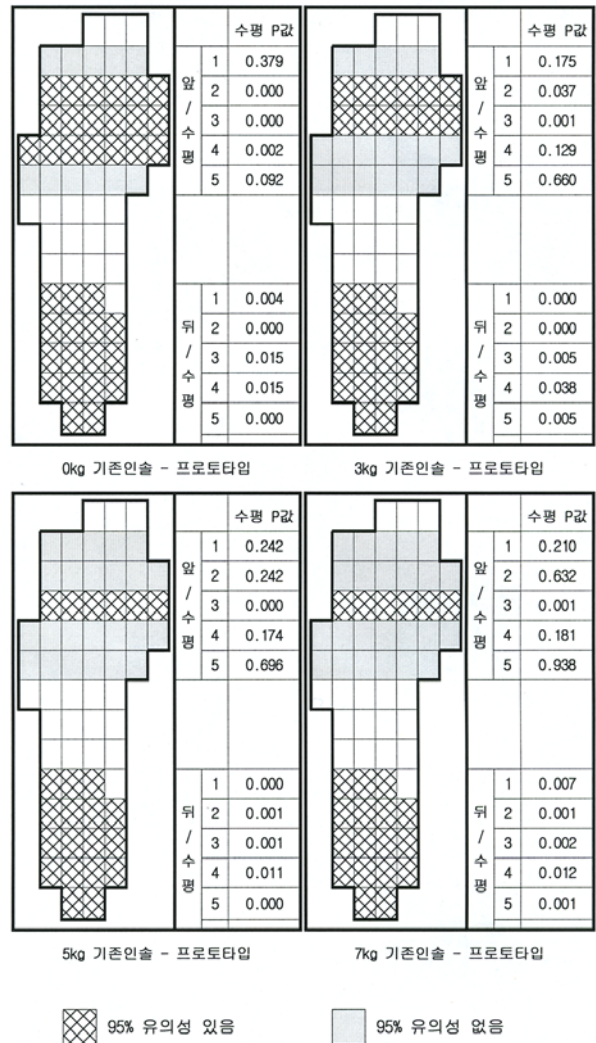


그림 7. 수평 영역별 유의성 분석

뒤꿈치 영역 5개는 95% 신뢰구간에서 모두 높은 유의성을 나타냈고 앞 영역 5개는 무게에 따라 약간의 차이를 보이며 0kg에서는 앞 2, 3, 4 영역에서 유의성이 나타났고 3kg에서는 앞 2, 3 영역 그리고 5kg와 7kg에서는 앞 3영역에 있어 유의성이 나타났다. 이는 현재 설계된 프로토타입이 충격 완화 기능을 보완하지 못하는 기존 인솔과의 차이점을 보여주는 것으로써 충격 기능성 인솔 설계를 위한 기초 자료가 된다. 또한, 이러한 데이터를 기준으로 중족골 영역과 뒤꿈치 영역의 우선순위를 결정하기 위한 통계적 분석 결과(Rank Test) 압력 분포가 가장 높은 영역은 앞수평 4 - 앞

수평 3 - 앞수평 2 - 앞수평 5 - 앞수평 1로 나타낼 수 있었다. 이는 보행 흐름이 뒤꿈치에서 중족골로 이동됨에 따라 충격 흡수를 위한 설계 시 각 영역별 세부 설계가 이루어져야 함을 명시하고 있다. 또한 발 뒤꿈치의 경우 모든 영역이 무게에 따라 충격에 노출되어 있으므로 세부적인 설계보다 전반적인 충격 완화가 시급함을 알 수 있다.

세 번째는 조사된 압력 분포 영역을 기준으로 제작된 프로토타입이 기존 인솔의 문제점을 보완할 수 있었음으로 중족골과 뒤꿈치의 압력 분포 영역별로 세분화하여 세부적인 분석을 실시하였다. 두 번째 실험 즉 수평 영역에 대한 실험 분석 후 작업자의 좌, 우 움직임에 따른 영역별 분포도를 파악하기 위해 수직 영역을 그림 3과 같이 7개 영역으로 분류하여 수평영역과 동일한 방법으로 분석하였다(그림 8).

분석 결과, 수평 영역의 분석 결과와 비슷한 경향을 보이고 있다. 뒤꿈치 영역은 무게 변화에 따른 차이는 없으나 모두 유의한 차이를 보이고 있으며 중족골에서는 압력 분포의 차가 크지는 않으나 무게가 변화함에 따라 0kg에서는 1~7 영역 모두 유의성이 나타났으며 3kg와 5kg에서는 2, 3, 4, 5, 7 영역에서 그리고 7kg에서는 2, 3, 7 영역에서 높은 유의성을 보였다. 가장 높은 압력 수치를 보이는 것은 2, 3, 7 영역으로 보행 시 발바닥의 좌, 우측에 발생하는 충격율이 높음에 따라 수직 영역 역시 영역에 따른 개별적인 설계가 필요함을 알 수 있었다.

수직 영역에 대한 Rank Test 결과 앞 2, 3 - 앞 1, 4 - 앞 5, 6, 7의 순으로 압력의 정도를 나타낼 수 있겠다. 뒤꿈치는 수평 영역과 동일한 경향성을 보이므로 영역별 세부 압력 완화를 위한 기능 보다 전반적인 영역에 있어서 충격을 완화시켜 줄 수 있는 기능이 시급함을 다시 한 번 확인할 수 있다.

집배신발의 기존 인솔과 프로토타입간의 생체역학적 분석 및 각 영역별 통계적 분석 결과 그림 9에서와 같이 좌측에는 기존 인솔의 압력 분포 영역을 각 수치 별로 표시해 놓은 것이고 우측은 프로토타입을 대상으로 압력 분포를 각 수치 별로 측정해 놓은 것이다. 이는 그림에서 보는 바와 같이 중족골(상)에서는 60~70(kpa)의 압력이 프로토타입 인솔(우측 상단)에서 제거되고 50~60(kpa)의 영역 역시 현저히 감소하게 됨을 알 수 있다. 또한 뒤꿈치(하)에서는 대부분이 60~70(kpa)의 압력을 보이는 기존 인솔(좌측 하단)에 비해 프로토타입(우측 하단)에서는 대략 70%정도 감소하게 됨을 알 수 있고 50~60(kpa)의 영역도 감소하게 됨을 알 수 있다.

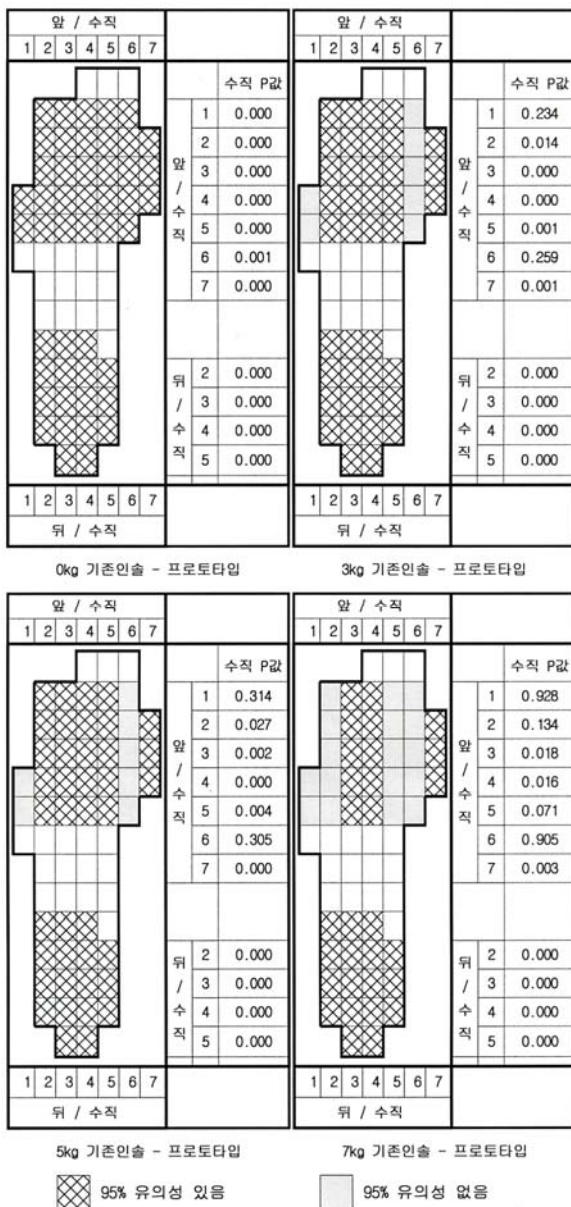


그림 8. 수직 영역별 유의성 분석

2.3 충격 흡수용 인솔 설계안 도출

집배신발은 업무 특성 상 장시간의 보행에 따라 발생하는

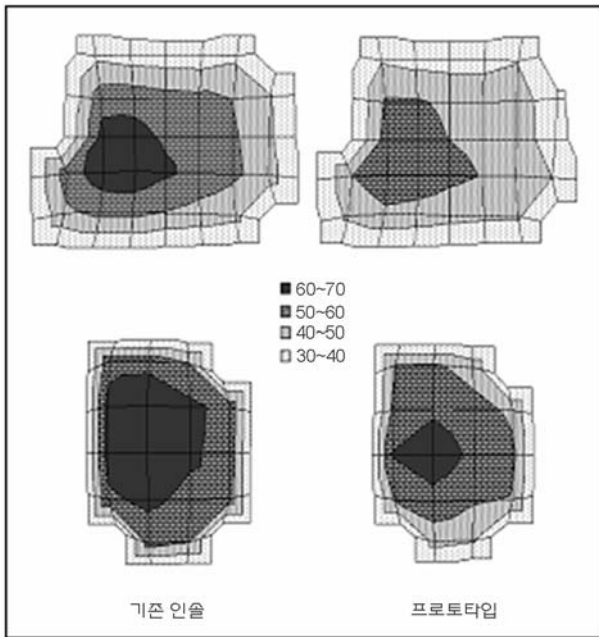


그림 9. 기존 인솔과 프로토타입간의 압력 분포 영역 비교

근골격계의 문제점들을 보완하기 위하여 신발에 인간공학적 기능을 고려하고자 했다. 따라서 신발의 구성 형태 상 가장 큰 문제를 발생시키는 인솔에 대한 생체역학적 실험을 통하여 충격 흡수용 기능성 인솔을 개발하게 되었다. 이러한 생체역학적 실험 결과 발 압력 분포가 고르지 못하고 이에 따라 발의 각 영역별 압력 차이가 크다는 것을 알게 되었다. 이는 중족골과 발 뒤꿈치의 영역 차이가 크게 나타날 뿐만 아니라 중족골과 뒤꿈치를 수평, 수직으로 세분화 시켰을 때를 분석해 본 결과 각 영역들 간의 유의성도 높게 나타나 작업자의 보행 흐름 및 압력 분포 영역 등을 고려한 설계가 이루어졌다. 설계에 필요한 인솔의 형태는 피 실험자들을 대상으로 이들의 발 형태를 측정하여 평균 형태를 찾아내었고 각 영역별 인솔 형태 및 제원은 앞서 분석된 데이터를 기준으로

표 1. 인솔 제작을 위한 설계 순서 및 방법

| 순서 | 방법 |
|----|--|
| 1 | 인솔 형태 파악을 위해 피 실험자를 대상으로 측정 후 평균 값 제시 |
| 2 | (1)에서 측정된 데이터를 기반으로 전체 틀 제작 |
| 3 | 충격 흡수용 내부 인솔 설계를 위해 요구되는 적정 두께 결정(참고문헌 및 기존 사례 참조) |
| 4 | 압력 분포 비율 및 Rank Test 값을 통한 수평/수직의 사이즈, 기울기 결정 |
| 5 | (1)~(4)를 기반으로 CAD 설계 후 Mold 제작 |

설계 하였다(표 1)(그림 10). 인솔 설계 시 필요한 인솔의 두께는 3mm 정도로 설계하였다.

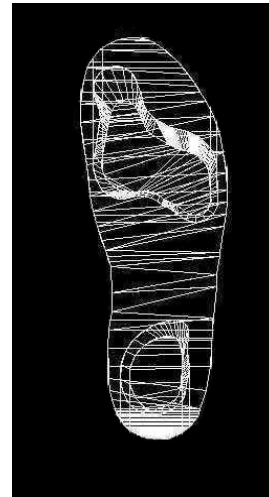


그림 10. 충격 흡수용 기능성 인솔 개발 시 설계된 CAD 도면

이는 일반적인 신발의 인솔 두께가 3mm에서 10mm로 분포되어 있음에 따라 가장 편안하고 소비자들에게 높은 선호도를 보이는 3mm 두께를 기준으로 하였다. 충격 흡수용 소재가 삽입되는 인솔에 있어서 필요한 기울기 및 각도는 압력 분포율에 따라 각 수직/수평 영역에 있어서 압력 분포가 가장 높은 부위를 중심으로 곡선 형태를 이루도록 설계하였다. 그림 9에 나타난 각 압력 범위 및 형태에 따라 곡선의 기울기 정도를 좌, 우, 앞, 뒤에 있어 세밀한 설계가 이루어졌으며 이러한 설계안을 이용하여 시제품을 제작할 수 있는



그림 11. 충격 흡수용 인간공학적 기능성 인솔

MOLD를 제작하였고 인간공학적 요소를 고려한 충격 흡수 기능성 인솔을 개발하게 되었다(그림 11).

3. 결 론

장시간 신발 착용에 따라 발생하는 문제점은 생체역학적 분석을 통하여 인솔에 인간공학적 기능성을 부여함으로써 제거할 수 있다. 본 연구에서는 장시간 보행을 유발하는 업무 특성을 고려하여 발의 피로도를 최소한으로 줄여주고 인체에 가중되는 체중을 발 전체로 분산시키고자 한다. 따라서 다양한 형태의 부상으로부터 인체를 보호하고 부하를 줄일 수 있는 인솔을 개발하고자 한다. 장시간 작업을 요구하는 집배원들을 대상으로 작업화로 착용되는 단화로 발 전반에 받게 되는 충격량 및 분포 형태를 파악할 수 있었다. 측정 결과 중족골과 발 뒤꿈치 부분에서 높은 압력을 보였으며 개인적인 특징에 따라 조금씩 차이를 보임을 알 수 있었다. 또한 발 형태에 따라 발생하는 압력 분포 영역도 다를 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 신발의 주요 기능 중 충격을 완화시켜 줄 수 있는 몇 가지 요소들을 고려한 생체역학적 실험을 실시하여 신발 설계뿐 아니라 인솔에 있어서 과학적인 설계가 가능하도록 기대한다. 무게에 따른 실험 결과 본 실험에서는 0, 3, 5, 7kg으로 무게가 증가함에 따라 발 전반에 나타나는 충격량의 변화에는 큰 차이가 없었다. 그러나 무게가 주어진 경우와 그렇지 않은 경우에 있어서는 부분적 유의성을 보임으로써 평상 시 보행보다 무게가 주어진 경우의 보행 시에는 충격 완화용 인솔의 필요성이 요구됨을 알 수 있다. 발 압력 측정 장비를 통하여 충격량 및 압력 분포를 파악하여 충격율이 높은 영역을 바탕으로 프로토타입을 설계하게 되었다.

기존 인솔과 프로토타입간의 비교 분석은 보행 흐름과 보행 시 발생하는 좌 우 움직임에 고려하여 중족골과 발 뒤꿈치를 수평, 수직 영역으로 나누어 이들 각각의 압력 수치 및 유의성 분석을 실시하였다. 기존 인솔과 프로토타입간의 압력 분포 영역은 높은 압력 수치 값을 보이는 영역이 일부 제거됨을 알 수 있었다. 유의성 분석을 통하여 각 영역별 유의성 정도를 조사하였고 Rank Test를 통하여 기능성 인솔 설계를 위한 우선순위를 결정하게 되었다. 뒤꿈치 영역에서는 수평과 수직 영역 모두 유의한 차이를 보였으며 앞 영역보다 10~15% 정도 높은 압력이 나타났음을 알 수 있었다. 중족골 영역에서는 무게에 따라 조금씩의 차이점이 나타났으나 대부분의 영역에서 유의한 차이를 나타냈으며 Rank Test 결과 앞 수평 영역에 있어서는 앞 4 - 앞 3 - 앞 2 - 앞 5 - 앞 1 순으로 나타났으며 수직 영역에 있어서는 앞 2, 3

- 앞 1, 4 - 앞 5, 6, 7 순으로 나타났다. 이러한 정량적인 데이터를 기준으로 하여 인솔 설계에 필요한 요소 - 중족골 및 뒤꿈치의 압력 분포 위치, 보행 시 발의 형태 및 흐름에 따른 충격력, 두께 및 기울기 등 - 들에 대한 생체역학적 DB를 구축하게 되었다.

기존의 충격 흡수용 인솔은 에어 장치 및 젤 형태의 인솔을 제작하여 착용하거나 바닥의 벌집 구조 형태의 인솔들을 사용하고 있었으나 본 연구에서는 경제적이고 디자인 측면을 고려할 뿐 아니라 인간공학적 기능성을 고려하여 충격 흡수용 기능성 인솔을 개발하게 되었다.

인간공학적 평가 기법을 활용한 실험을 통하여 개발된 인솔의 인체기여도 및 부하감소율 정도 등 생체역학적 평가 자료에 대한 데이터를 획득, 데이터베이스화함으로써 집배신발의 인솔에만 국한되는 것이 아니라 이러한 평가 기법 및 구축된 데이터의 적용 범위를 각종 신발의 종류별로 특성에 맞게 변형, 조절 과정을 거쳐 적용시킴으로써 각 기능성에 대한 이론적, 실증적 배경으로 활용할 수 있을 것이다.

본 연구에서 실시한 집배신발용 기능성 인솔을 포함한 대부분의 기능성 인솔의 기능에 대해 표준화된 평가 기법이 부족하므로 인간공학적 기법을 적용한 인체기여도 평가 테스트의 과정을 표준화 및 정보화 데이터베이스로 구축함으로써 향후 다른 종류의 인솔 및 신발 각 부품의 기능성 평가 시 적용할 수 있을 것이다.

참고 문 헌

곽창수, "운동화 중저의 경도가 주행시 발바닥의 압력 분포와 충격 흡수에 미치는 영향", *한림대학교 학위논문*, 1993.

곽창수, "운동화의 착용기간에 따른 신발의 기능성 평가", *한국체육학회지*, Vol. 38, No. 2, pp. 483-497, 1999.

곽창수, 이계산, 김희석 "신발의 무게가 보행효율에 미치는 영향", *한국체육학회지*, Vol. 42, No. 3, pp. 677-686, 2003.

김진호, 황인극, "단기간 보행분석을 통한 노인용 고기능성 구두 개발", *산업경영시스템학회지*, Vol. 27, No. 2, pp. 61-67, 2004

류지선, 이연종, "주행시 체중에 따른 운동화 중 저경도가 충격 흡수 및 후족 제어에 미치는 영향", *한국체육학회지*, Vol. 37, No. 2, pp. 338-348, 1998.

박경희, 권오윤, 김영호, "정상인에서 보행속도가 발관절의 관절각과 발바닥 최대 압력 분포에 미치는 영향", *KAUTPT*, Vol. 10 No. 1, pp. 77-95, 2003.

서우승, "과회내 평발 형태를 지닌 러너용 전문마라톤화 개발", *신발 생체역학 심포지엄*, 2004.

이기청, 최천진, "한국 여성노인용 신발의 인체공학적 기능 평가", *한국여성체육학회지*, Vol. 14, No. 2, pp. 121-136, 2000.

이상도, 우동필, "보행운반의 특성과 생리학적 작업 부하에 관한 연구", *Journal of the Korea institute of Plant Engineering*, pp.

185-193, 2003.

이창민, 진병운, "집배원 구두의 생체역학적 영향", *한국지식산업 시스템학회지*, Vol. 3, No. 1, 2002.

이창민, 정은희, "High Heel 인솔의 충격 흡수 기능이 인체의 근골격계에 미치는 영향에 관한 연구", *대한인간공학회, 춘계학술대회*, 2004

최규정, 권희자, "보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동 역학적 비교 분석", *한국운동역학회지*, Vol. 13, No. 2, pp. 161-173, 2003.

최순복, "발의 불편감에 영향을 미치는 구두형태 및 보행특성(성인여성 발 유형을 중심으로)", *복식문화연구*, Vol. 10, No.3, pp. 306-317, 2001.

한국전자통신연구원, "인간공학 기반 집배환경 연구 I", 2002.

한국전자통신연구원, "인간공학 기반 집배환경 연구 II", 2003.

Dom B. Chaffin, Gunnar B.J.Andersson, "Occupational Biomechanics", John Wiley & Sons, Inc.

Eastman Kodak Company, "Ergonomics Design for People at Work I"

Eastman Kodak Company, "Ergonomics Design for People at Work II"

● 저자 소개 ●

❖ 이창민(Chang-Min, Lee) ❖

테네시 공과대학 산업공학과 석사

고려대학교 산업공학과 박사

동의대학교 정보산업공학과 교수

관심분야: 인간공학, 생체역학, 작업생리학, WMSDs

❖ 오연주(Yeon-Ju, Oh) ❖

동의대학교 정보산업공학과 학사, 석사

동의대학교 정보산업공학과 박사과정

관심분야: 인간공학, 생체역학, 작업생리학, WMSDs

논문접수일 (Date Received) : 2005년 06월 14일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2005년 11월 01일