

신발 디자인을 위한 3차원 발 측정기기 개발

Development of Three Dimensional Foot Measurement Device for Shoes Design

변승남* · 정성학

* 경희대학교 공과대학 기계·산업공학부

Abstract

본 연구에서는 다양한 부위의 발 치수를 측정할 수 있는 3차원 디지털 발 측정기기 시스템을 개발하였다. 측정기기의 구성은 길이 측정기기, 너비 측정기기, 높이 측정기기로 이동성이 좋으면서 빠른 시간 내에 많은 피측정자를 계측 할 수 있도록 설계하였다. 정밀도는 $\pm 0.01\text{mm}$ 로써 Digital Calipers, Digimatic Height, Computer Interface를 갖춘 3차원 발 측정 시스템이다. 디지털 발 길이 측정기기는 가로축과 세로축으로 이동하면서 발뒤꿈치 끝점에서 다섯 개의 발가락 길이 측정과 발의 내·외과점 그리고 발의 아치(Arch)길이까지 측정하여 컴퓨터로 데이터를 전송 보관 저장 할 수 있다.

신발 산업이 사양화를 견뎌온 주요 원인은 제품 개발을 위한 기반 기술의 부재가 근본적인 원인이라 할 수 있다. 특히 우리 나라의 경우 신발 제조에 있어서 가장 기초가 되는 신발의 족형을 만들기 위한 인체 측정을 실시하여 다양한 부위에 대한 발의 치수를 측정하고, 이를 database화함으로써 한국인에게 맞는 인체 족형 설계를 위한 기반 기술의 database구축이 반드시 필요하다. 추후연구에서는 개발된 측정기기를 통하여 우리나라의 인체 족형 데이터 베이스를 구축 할 것이다.

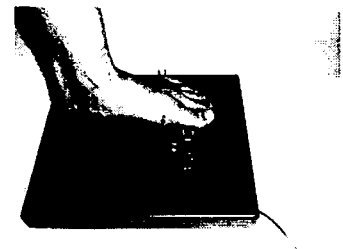
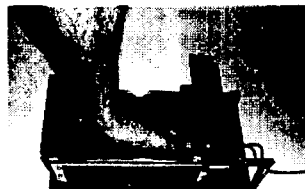
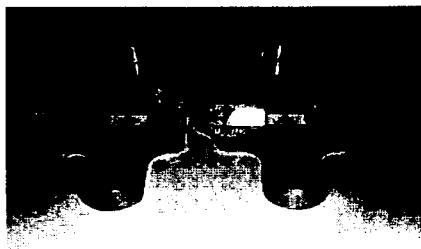
과거 50년에서 86년까지 우리나라의 인체측정자료는 여러 정부기관에서 발표되었었지만 측정기관마다 사용하는 측정용어와 측정방법이 다르고 측정치에 차이가 많이 나타났다. 이러한 문제점으로 인해 한국표준과학연구원과 공업진흥청의 노력으로 인체측정용어 및 인체측정방법의 표준화와 국민표준체위조사가 수행되었다. 하지만 발에 관한 측정 치수는 발길이, 발 너비, 발등둘레, 발목둘레 등 겨우 4개 부위에 불과하여 최적의 신발설계를 위해서 인체측정 부위가 더욱 추가 되어야 할 것이다.

외국의 경우 군인 및 일반인을 대상으로 발의 치수 측정과 관련된 연구 수행은 활발한 실정이다 (Martin & Saller, 1957; Montagu, 1960; Stone & Jones 1968; Baba, 1975; Rossi, 1983; Webb Associates, 1978). Dahlberg et al.(1948)은 8232명의 남성 군인을 대상으로 발의 길이와 관련된 측정이 2개 부위, 발의 너비 5개 부위, 발의 둘레 및 거스 11개 부위 등 총 18개 부위를 측정하였다.

Armed Research Medical Laboratory에서는 미 육군에 소속된 군인 중 6,278명의 백인과 1,281명의 흑인을 대상으로 발 높이 6개 부위, 발 길이 7개 부위, 발 둘레 4개 부위, 발 너비 5개 부위를 포함한 총 27개 부위에 대한 치수 측정하고 그 결과에 대한 발의 형태학적(foot morphology)인 분석을 시도하였다 (Freedman et al. 1946). 또한 White(1982)는 12개 부위에 대한 1942에서 1977년까지 발표된 26개 집단 12개 부위에 대한 측정 결과를 치수적, 형태학적 측면에서 비교 분석하였다. 가장 최근에 수행된 연구로서 Hawes et al.(1994)는 1197명의 캐나다 민간인 남성을 대상으로 22개 부위에 대해 치수를 측정, 이들에 대한 발의 족형을 제시하고, 다른 집단과의 비교 분석을 수행하였다. NASA Anthrometric Source Book (1978)에는 이러한 측정치 973종을 예시하고 91종에 관한 세계적 측정 자료를 실었다.

발에 대한 실측에 관한 연구 뿐 만 아니라 측정 오차를 최소화하기 위한 다양한 측정 기법에 관한 연구도 더욱 활발하게 진행되어 왔다(Robinson et al, 1984; Roebuck et al, 1975; Roebuck, 1993). 인체 측정방법에 대한 기술은 더욱 과학적으로 연구되기 시작하여 마틴식 측정기기(Martin Type Anthropometer)을 이용하는 직접 측정 방법(direct measurement method) 뿐만 아니라 사진 및 컴퓨터를 이용한 영상처리방법 레이저 등을 이용하는 간접 측정 방법(indirect measurement method) 등이 개발되어 활용되고 있다(Kroemer et al. 1994). 직접 측정기기에 의한 인체 측정은 비용이 적게 들며, 도구가 간단하여 이동 측정이 용이하다는 장점이 있다. 그러나 기록자에 의한 기록 오차(inter-observer error)가 발생하기가 쉬워 측정자의 분포가 편중될 가능성이 있다. 따라서 이러한 오차를 줄이기 위한 측정자의 실측 훈련이 대단히 중요하다. 이에 반해 간접 측정 방법은 최근 첨단 장치들을 부착한 장비의 개발로 측정의 정확도를 향상시킨다는 장점이 있지만, 이들 대부분의 장비들은 이동하기가 불편하며 대체로 고가의 장비라는 단점이 있어서 많은 사람을 전국각지에서 측정하기에는 많은 문제점을 내포하고 있다. 따라서, 발의 치수를 측정하기 위한 방법으로는 기존의 Martin식 인체 측정기를 계량하여 사용하는 직접 측정 방법에 의해 수행되고 있으나 사진과 영상 처리 방법을 이용한 간접 측정 방법도 병행하여 측정하고 있다.

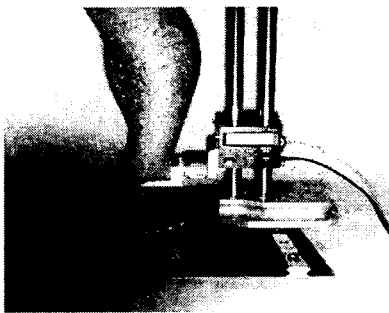
기존의 측정 장치로는 고전적으로 마틴식 인체측정기를 이용하는 방법이 있다. 정확한 측정부위에 대한 계측이 어렵고, 눈금을 읽기 위해 많은 시간을 소모하는 문제가 있다. 이러한 번거로움을 없애기 위해서 Brannock Foot Measurement Device Company에서 개발한 발 측정기가 있다. 그림 1에서와 같이 Bran-nock 발 측정기기는 측정이 간편하고, 시간이 적게 걸리는 장점이 있으나 발너비와 발길이의 측정만 가능하다는 한계점이 있다.



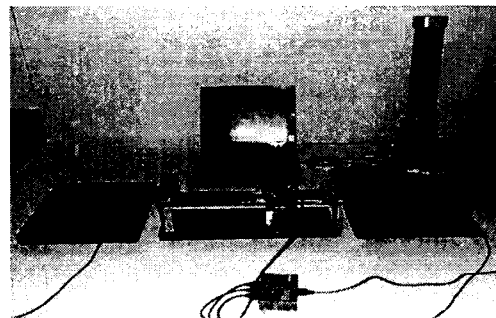
[그림 1] Brannock Device Co.의 발 측정기기 [그림 2] 디지털 발길이 측정기기 [그림 3] 디지털 발 너비 측정기기

또한, Genovation의 Foot-Fitter가 있는데 이는 1.2kg으로 가볍고, 휴대하기 편리하며 디지털로 되어 있다. 하지만 측정부위가 발길리와 발너비에 한정되어 있다. 고가의 Electronics 장비로써 연구실에서 사용할 수 있는 발 측정 시스템이 있는데, Genovation's Foot-Station Imaging System과 Vorum사 Foot Device가 있다. CANFIT-PLUS Yeti 3D Foot Scanner는 대략 3초 안에 3차원 발형태를 정확하게 scan할 수 있다. 정확도는 $\pm 0.5\text{mm}$ 로서 광학 전자 이미지 영상장치이며, 양말을 신은 상태에서도 측정이 가능하다. 발에 무게가 실리지 않은 상태, 부분적으로 실린상태, 완전히 실린 상태에서의 3차원 표면으로 데이터를 읽을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 최소 22개 이상의 다양한 부위의 발 치수를 측정할 수 있는 발 측정기기를 개발하였다. 측정기기의 구성은 길이 측정기기, 너비 측정기기, 높이 측정기기로 이동성이 좋으면서 빠른 시간내에 많은 피측정자를 계측 할 수 있도록 설계하였다. 정밀도는 $\pm 0.01\text{mm}$ 로써 Mitutoyo's Digital Calipers를 이용하여 설계 제작하였다. 그림 2의 디지털 발 길이 측정기기는 컴퓨터로 데이터를 전송할 수 있으며, 가로와 세로측으로 이동하면서 발뒤꿈치끝점에서 다섯 개의 발가락 길이 측정과 발의 내·외과점 그리고 발의 아치(Arch)길이까지 측정할 수 있다. 그림 3의 디지털 발 너비 측정기기는 발 너비와 발뒤꿈치너비 등을 측정 할 수 있다.



[그림 4] 디지털 발 높이 측정기기



[그림 5] 개발한 디지털 발 측정 기기 시스템의 구성

그림 4의 디지털 발 높이 측정기기는 Mitutoyo's Digimatic Height Calipers외과높이, 발등높이, 발뒤꿈치 높이에서부터 5 발가락 높이 까지 모든 높이에 대한 측정을 할 수 있다.

3가지의 디지털 측정기기는 Mux10-Multi plexer Converter를 통하여 노트북 컴퓨터에 데이터가 수집, 저장된다. 디지털 측정기기와 Converter의 연결은 그림 5와 같다.