Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.20, No.1, pp.73-86, April 2001

한국 성인 발 형태의 좌우 및 변형 연구*

A Study on Left and Right Shape and Deformation of Feet of Korean Adults

임현균** · 박수찬** · 최경주*** · 김진호**** · 박세진**

ABSTRACT

An analysis of anthropometric data of feet of Korean adults was made in this study. Anthropometric data were measured with the direct measurement method and indirect measurement method. Martin scales and a tapeline were used for direct measurement. Digital images taken with a digital camera as an indirect measurement method were analyzed using AutoCAD program.

Total 114 adults aged from 20's to 40's participated in this study. Especially right and left feet were measured. Right and left side were compared and differences according to age were compared too. Feet shape, arch height, and deformation of toe were analyzed.

The comparison between right and left foot showed that many subjects had different anthropometric data in their feet. Feet deformation including arch height and claw toe shape showed very serious status. Close and continuous attention to feet deformation is strongly needed.

Keywords: Anthropometric, Foot, Shape, Deformation, Photogrammetry.

* 본 논문은 2000년 한국표준과학연구원 기관고유 사업으로 수행되었음
** 한국표준과학연구원 인간정보그룹
주 소 : 305-340 대전시 유성구 도룡동 1번지
전 화 : 042-868-5452
E-mail:schpark@kriss.re.kr
*** 충남대학교 기계설계공학과
**** 공주대학교 산업공학과

1. 서 론

발은 사람의 이동과 체중지지 등 매우 중요한 역할을 담담하고 있다. 한쪽의 발에는 총 26개의 뼈와 11개의 주 근육으로 구성되어 있으며, 세 방향으로 족궁(arch)이 형성되어 있어 보행, 구보, 자세유지 및 체중지지 등에 각각의 역할을 담담하고 있다.

최근 들어 발에 대한 중요성이 부각되면서 연구가 더욱 활발하게 진행되고 있다. 신발과의 관계에 대하여 수행된 연구에서 김봉옥 등(1999)은 굽의 높이 변화에 따른 보행변화를 관찰하여 굽 높이가 증가할수록 정상보행의 양상을 벗어나고 피로, 요통, 하지 통증을 초래할 수 있음을 보고하였다. 또한 이영숙(1996)은 발의 형태학적인 측면에서 신발과의 관계를 연구하여 구두의 폭은 발의 너비보다는 발의 둘레를 고려해야 함을 강조하였다. 박명애(1995)는 여대생 발과 하퇴부의 형태요인분석에서 신발 크기를 선택하는 경향이 발 길이 235 mm를 기준으로 다르게 나타나고 있음을 보고하였다. 발의 형태 분석을 실시한 연구로서 문명옥(1999a, 1999b)은 20대 초반의 대학생 남녀 200명을 대상으로 군집분석을 실시하여 각종 인자를 추출하였다. 또한 김효은(1986)은 20대 초반 여대생 800명을 대상으로 연구한 결과 신발의 크기 결정은 발길이, 발둘레가 주된 변수임을 알아냈다. 최근의 연구에서 천종숙 등(1999)은 10대에서 80대까지의 여성 386명을 대상으로 발치수 비교를 수행하여 고령층으로 갈수록 발길이는 짧으며 나이에 따라 족형이 달라야 함을 주장하였다. 또한 발길이, 발둘레 외에 엄지발가락 부분과 편평족(32.6 %)에 대한 고려가 구두제작에 추가적인 변수로 고려되어야 함을 논의하고 있다.

또한 한양대학교 재활의학교실 팀에서는 의학적인 측면에서 지속적으로 발의 연구를 수행하고 있다. 통증을 일으키는 족부변형에 대한 연구(박선구, 1994)에서 447명을 대상으로 연구한 결과 통증은 젊을수록, 무지 외반각이 클수록, 족지 변형이 많을수록, 제 5지 내반증이 심할수록 크게 나타나고 있음을 밝혔다. 또한 형태적 분류 연구(백승석, 1996)에서 201명의 대상으로 한국인 발가락 형태는 엄지발가락이 가장 긴 Egyptian 형태가 가장 많음이 드러났고, 제 2 중족골에 비해 제 1 중족골이 길수록 무지 외반증이 증가함을 밝혀냈다.

본 연구의 목적은 성별, 연령별로 한국인 성인의 발 형태 변화 및 치수를 측정하여 올바른 신발제작을 하는데 도움이 되고자 한다. 또한 좌우 발의 형태차이 및 족적의 형태를 분류하여 발 변형의 추세를 인식시켜 예방의학 차원에서 국민건강증진에 도움이 되고자 한다.

2. 연구방법

2.1 피실험자

본 연구에서의 피실험자는 대전지역에 거주하는 건강한 20-40대 남녀를 대상으로 실시하였다. 총 114명의 관절 상해 병력이 없는

건강한 20대(남:25, 여:21), 30대(남:16, 여:25), 40대(남:13, 여:14)를 측정하였으며, 피실험자에 대한 주요 인체측정치는 표 1과 같으며, 키, 몸무게를 포함한 20개 직접측정부위에 대한 남.여 인체측정치는 참고 3에 제시하였다.

표 1. 표본수 및 기본 인체측정치
(평균 ±표준편차)

구분		표본수	키 (cm)	몸무게 (kg)	발길이 (좌)(cm)	발길이 (우)(cm)
남자	20대 (24.8)	25	172.16 ± 7.16	71.39 ± 11.01	25.04 ± 1.13	25.11 ± 1.19
	30대 (35.7)	16	170.46 ± 5.27	70.50 ± 9.86	24.68 ± 1.30	24..78 ± 1.35
	40대 (44.5)	13	166.83 ± 4.36	69.07 ± 5.73	24.61 ± 0.9	24.61 ± 0.86
여자	20대 (24.5)	21	161.58 ± 5.19	53.02 ± 5.70	22.69 ± 0.78	22.71 ± 0.74
	30대 (35.8)	25	158.34 ± 3.79	55.83 ± 5.31	22.69 ± 0.88	22.84 ± 0.87
	40대 (46.2)	14	156.74 ± 5.10	57.92 ± 7.32	23.18 ± 0.96	23.29 ± 1.06

*( )은 연령 평균 임.

2.2. 측정방법

측정은 마틴자와 줄자를 이용한 직접측정과 디지털 영상을 이용한 간접측정 2가지 방법으로 이루어졌다.

2.2.1. 직접 인체측정

발의 측정은 직립자세에서 이루어졌으며, 몸무게, 키를 포함하여 20개 항목에 대하여 양쪽 발 모두 마틴자를 이용하여 직접 측정하였다. 측정은 작은 캘리퍼스, 줄자, 높이측정게이지를 이용하였다. 인체 측정 용어 및 측정방법은 KS A 7003(인체측정 용어정의)과 A 7004(인체측정 방법)에 따라 측정하였다. 발치수에 관계된 18개 인체 측정 항목을 그림 1과 표 2에서 설명하였고 참고 1과 참고 2에 각 측정방법을 제시하였다. 또 직접 측정한 인체 부위에 대한 정확도를 높이기 위해 본 연구에서 모든 측정은 전문요원 2인이 전담하여 측정하였다. 실제 측정에 들어가기 전에 총 10일의 측정 훈련이 수행되었고, 반복 측정을 통하여 동일한 대상에서 발생할 수 있는 측정오차를 최소화하도록 노력하였다.

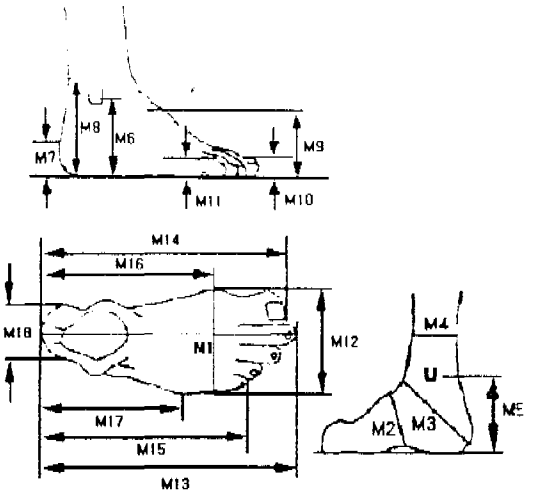


그림 1. 측정항목에 대한 그림 설명

표 2. 측정항목

M1 발둘레	M10 제1발가락높이
M2 발등둘레	M11 제5발가락높이
M3 발뒤꿈치-발등둘레	M12 발너비
M4 발목둘레	M13 발길이
M5 안쪽복사점높이	M14 제1발가락길이
M6 바깥복사점높이	M15 제5발가락길이
M7 발뒤꿈치높이	M16 발뒤꿈치-발안쪽점길이
M8 발뒤굽높이	M17 발뒤꿈치-발바깥쪽길이
M9 발등높이	M18 발뒤꿈치너비

2.2.2. 간접측정

일반적으로 많이 사용된 고전적인 간접 측정 방법은 발의 하단에 잉크를 바르고 종이 위에 서서 족적을 찍는 방법이다. 이 방법은 잉크가 번지거나 부자연스러운 자세가 발생하기 쉽다. 특히 발의 외형선을 필기 도구를 이용하여 그려야 하는데 이때 도구의 수직상태를 유지하기 어렵고 펜의 직경에 따라 실제 외형선과 오차가 발생하게 된다. 최근에는 Harris mat와 같은 종류의 족적 측정장비 등을 사용하여 측정하는 경우가 많다. 특히 이러한 장비의 특징은 동적 상태, 즉 피실험자가 보행을 하는 도중에 매트를 밟고 지나감으로써 찍히는 족적을 얻을 수 있어 정적, 동적 족압상태를 모두 획득할 수 있는 장점이 있다. 이와 같은 장비의 단점으로는 잉크를 직접 묻혀 찍는 방법과 마찬가지로 발의 외형선을 그릴 때 오차가 발생하기가 쉽다. 또한 매트를 구성하고 있는 섬유가 모두 연결되어 있어 실제 압력분포가 왜곡되는 현상을 피할 수 없다.

본 연구에서는 디지털 카메라를 이용하여 정적인 상태에서 족적을 촬영하였다. 족적의 크기를 정량적으로 획득할 수 없는 점과 동적 환경에서의 자료 획득이 불가능하다는 것이 단점으로 지적되고 있다. 그러나 족적의 형태가 분명하게 나타나고 있으며 발의 외형선 또한 명확하게 획득할 수 있는 것이 장점이며, 특히 AutoCAD와 같은 설계 프로그램을 이용하면 정확한 이미지 분석이 가능한 매우 큰 장점을 지닌다.

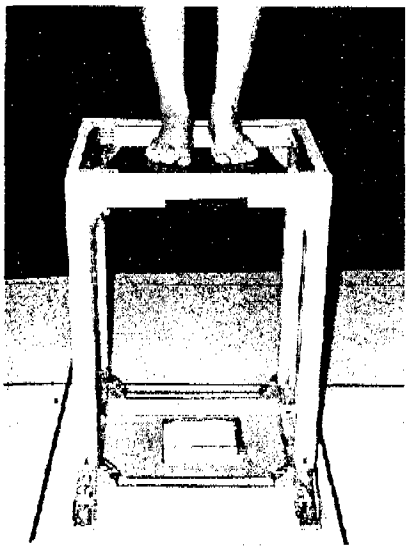


그림 2. 디지털 이미지 측정장면

측정방법은 투명 아크릴 판이 부착된 족적 촬영용 보조장비(그림 2)와 카메라 장착대, 그리고 3대의 보조조명을 사용하였다. 족적 촬영시 피실험자는 양발에 체중을 고르게 분배하도록 지시하였고 정면을 바라보게 하였다. 그림 2에서 하단 중앙에 보이는 사각형

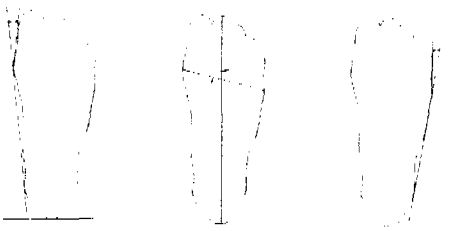
상자, 즉 카메라 장착대의 내부는 석고를 이용하여 카메라를 수직으로 고정시킬 수 있도록 하였다. 또한 그림 2에는 나타나지 않았지만 실제 촬영할 때는 발바닥 형태가 잘 나타나게 하기 위해 2대의 형광등과 1대의 백열등 스탠드를 상향 조명으로 사용하였다. 이미지 획득은 피실험자가 기립자세로 30초 경과 후에 촬영하였다.

2.3. 분석대상 및 방법

모든 자료는 공통적으로 EXCEL 프로그램에 자료가 입력되었고, SPSS 통계 프로그램을 이용하여 나이, 성별, 좌우 등의 차이를 ANOVA test를 실시하여 통계학적 차이에 대한 유의성을 검정하였다. 또한 본 실험에 앞서서 디지털 이미지의 영상왜곡에 대한 실험을 위하여 AutoCAD 프로그램으로 작도한 각도를 촬영한 후 이를 다시 AutoCAD 프로그램으로 읽어 각도를 측정하였다. 디지털 카메라의 정확도를 알아보기 위해 90도 및 45도 각도에 대한 영상에 대한 분석에서 ±0.1도 미만의 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 영상의 왜곡으로 인한 오차는 거의 없는 것으로 밝혀졌다. 또한 피실험자가 맨발로 투명한 아크릴 판위에 서는 동작으로 인한 족형의 변화가 발생할 수 있어 이에 대한 실험을 1인을 대상으로 12회의 반복 실험을 실시하였다. 이 결과 역시 매번 동일한 영상이 획득되었다. 단 족적이 명확하게 되기까지 약 30초 동안 피실험자가 정면을 바라보고 서 있도록 하였을 때의 결과이다.

2.3.1. 족적각도 A, B, C

촬영된 이미지는 AutoCAD를 이용하여 족적각도 A, B, C를 측정하였다. 족적각도 A로는 엄지발가락의 변형 정도를 알 수 있다. 족적각도 B는 제 1 중족골두와 제 5 중족 골두의 정렬을 중심선을 기준으로 측정한 것으로 제화 제작 및 구두 골 가공에 있어서는 매우 중요한 자료로 활용된다. 또한 족적각도 C는 새끼발가락의 변형 정도를 나타낸다. 그림 3은 이들의 정의를 나타내는 것이고 참고 2에는 각 간접측정 항목의 측정방법을 제시하였다.



(a) 족적각도 A (b) 족적각도 B (c) 족적각도 C

그림 3. 족적각도 A, B, C(백승석, 1996)

2.3.2. 발가락형(digital formular) 분류

촬영된 이미지를 육안 분석하여 좌우 발의 형태를 분류하였다. 발의 형태 분류는 Viladot. A(1975)가 분류한 방식에 따라 Egyptian foot(이집트인 발형), Squared foot(정돈된 발형), Greek foot(그리스인 발형)으로 분류하였다(그림 4).

정량적 방법으로는 엄지 발가락과 둘째 발가락의 차이를 2 mm 기준으로 판정하고 있으나 백승석, 박시복 등(1996)의 연구에서

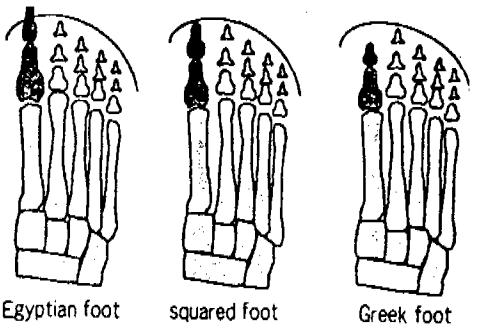


그림 4. 발의 형태에 따른 종류(백승석, 1996)

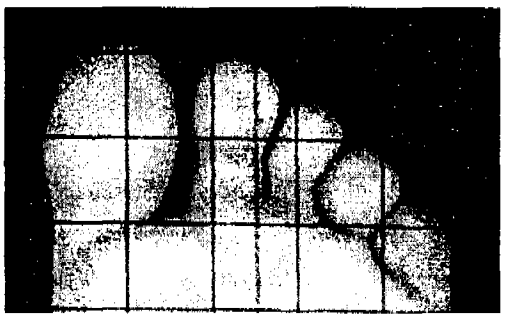


그림 5. 갈퀴족지가 2개이고 발가락 독립이 1점인 예

육안 판정법과 계측적 방법의 차이가 크지 않다고 보고하였기 때문에 본 연구에서는 육안 판정법만을 이용하였다. 이 발가락형 분류는 판정 자체는 큰 의미가 없겠으나 Viladot (1975)의 결론에 의하면 각각의 발가락형태가 index plus, index minus, index plus minus type으로 분류되는 중족골 형태(metatarsal formular)와 조합되면 특정 조합의 형태에서 강직성 굴지증(强直性 屈趾症, hallux rigidus), 무지외반증(拇趾 外反症) 등이 발현하기 쉽다고 결론하고 있어 예방의학적 측면에서 중요한 자료가 될 수 있다.

2.3.3. 발가락 독립 및 갈퀴족지 변형분석

발가락 변형은 발가락 사이가 벌어진 독립성 및 발가락이 바닥을 움켜쥐듯 변형되는 갈퀴족지(claw toe)에 대한 숫자를 조사하였다. 발가락 사이가 벌어진 독립성은 발가락 끝부분(말절골, distal phalanx)과 뿌리부분(기절골, proximal phalanx) 모두가 인접한 발가락과 떨어진 경우에는 1점을 부여하고, 뿌리 부분만 떨어진 경우는 0.5점을 부여하였다. 그림 5는 제 1 발가락과 제 2 발가락만이 완전히 떨어져 있으므로 1점이 부여된 경우이다.

또한 갈퀴족지에 대한 조사의 기준은 제 1번 발가락을 제외한 나머지 4개의 발가락은 2개의 발가락 마디 선이 보이는 것을 정상으로 보았다. 따라서 그림 5의 경우는 3번 발가락까지는 정상적이고 제 4번과 제 5번 발가락이 갈퀴족지로 변형된 것으로 보았다. 따라서 그림 5에서 보이는 피실험자의 갈퀴족지 수는 2개이다.

2.3.4. 족궁의 높이 분석

족적 형태로부터 발길이 방향(종방향)의 궁에 의한 형태를 3가지 유형(보통 궁, 높은 궁, 매우 높은 궁)으로 사진에서 육안 분석을 실시하였다(그림 6). 또한 객관적인 분석을 위하여 AutoCAD를 이용하여 족적의 중앙 족궁 폭과 발굽 폭의 비율(Arch Ratio, AR)을 구하였다(그림 7).

육안 분석에 의한 보통 궁과 높은 궁의 구별은 중족골 외측 하단부에서 종골후위까지 족적이 연속되고 있는지 그렇지 않은지로 판정하였다. 보통궁과 매우 높은 궁은 구별이

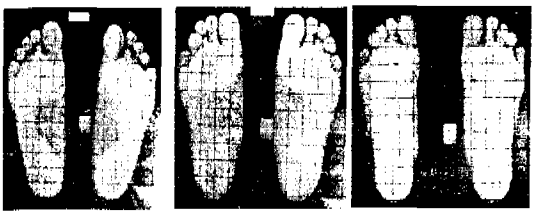


그림 6. 보통 궁(a), 높은 궁(b), 매우 높은 궁(c)

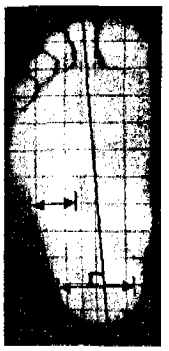


그림 7. AutoCAD 상에서 측정한 족궁 높이 비율

확실하게 되었으며, 일부 높은 궁과 매우 높은 궁의 판정에서 주관적인 판단기준이 들어가기는 하였지만 매우 적은 경우였다.

AutoCad에서 이미지를 불러들여 측정한 궁의 비율은 발뒤꿈치 부위 족적에서 가장 넓은 폭에 대한 족궁 중앙의 가장 좁은 폭의 비율이다. 식은 다음과 같다.

AR = Medial arch width / Heel width

3. 결 과

3.1. 남성의 연령별 차이를 보이는 부위

남성의 측정치에서 연령별로 유의한 차이($p<0.05$)를 보이는 항목은 M6(좌우), M5(좌), 발가락 독립(좌), 갈퀴족지(우)였다. 표 3 및 그림 8에 이들의 결과를 제시하였다. 특히 좌/우측의 차이가 고르게 발생하지 않고 있음에 관심을 가져야 할 것으로 보인다. 또한 발가락의 독립된 수는 40대로 갈수록 유의한 차이를 보이면서 줄어들고 있고, 갈퀴족지의 수는 상대적으로 늘어가고 있는 것은 신발 혹은 기타의 원인으로 인하여 장년층으로 갈수록 발의 변형이 심각해지고 있음을 알 수 있다.

표 3. 남성의 연령별 유의한 차이를 보이는 항목

항목 \ 연령	20대	30대	40대
M6 (좌) (cm)	7.60±0.71*	6.91±0.43*	6.84±0.38*
M6 (우) (cm)	7.67±0.76*	7.13±0.37	7.04±0.47*
M5 (우) (cm)	8.47±0.45*	8.33±0.47	7.96±0.61*
발가락 독립 수 (좌)	1.72±1.14*	1.56±1.20	1.08±1.00*
갈퀴족지 수(우)	1.00±0.91*	1.50±0.81	1.76±0.73*

*유의한 차이를 보이는 그룹 ($p<0.05$)

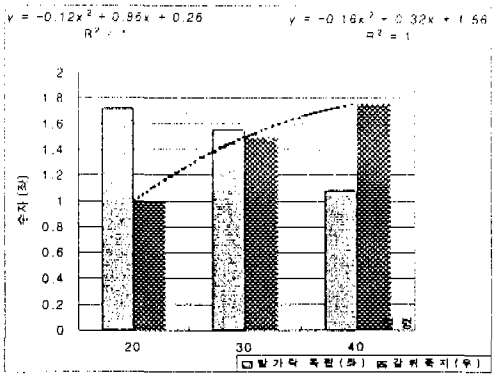


그림 8. 남성의 연령별 발가락 독립 및 갈퀴족지 변형의 경향

3.2. 여성의 연령별 차이를 보이는 부위

여성의 측정치에서 연령별로 유의한 차이($p<0.05$)를 보이는 항목은 M3(좌우), M4(좌), M10(우), 갈퀴족지(좌)였다(표 4 참조).

남성에 비하여 연령이 많아질수록 여성의 발가락 변형에 대한 정도는 더욱 심각한 것으로 나타나고 있다. 그림 9에 나타난 여성의 평균값에 대한 기울기는 남성의 경우(그림 8)는 40대 이후 수렴하는 양상을 보이고 있으나 여성의 경우는 발산하는 형태를 보였다. 또한 발가락 독립의 경우에 연령별로 유의한 차이가 없는 것은 20, 30대 여성의 발가락 변형의 정도가 이미 심각해져 있음으로 해석할 수 있을 것으로 판단된다.

표 4. 여성의 연령별 유의한 차이를 보이는 항목

항목 \ 연령	20대	30대	40대
M3 (좌) (cm)	31.02±1.18	30.43±1.20*	31.68±0.69*
M3(우) (cm)	30.67±1.38*	30.38±1.09	31.82±1.09*
M4 (좌) (cm)	20.69±1.25	20.52±0.82*	21.48±1.31*
M10 (우) (cm)	1.86±0.16	1.82±0.14*	1.96±0.12*
갈퀴족지수(좌)	0.91±1.14*	1.20±1.00	1.85±1.09*

*유의한 차이를 보이는 그룹 ($p<0.05$)

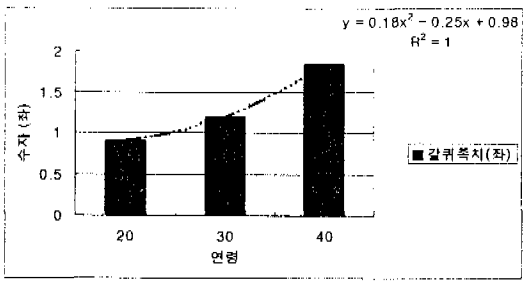


그림 9. 여성의 연령별 갈퀴족지 변형의 경향

3.3. 족형 분류

표 5에서 보이는 바와 같이 총 114명의 족형 분류에서 Egyptian foot〉 Squared foot〉Greek foot 순으로 나타났다. 이는 백승석 등(1996)의 육안 검사 결과와 비교에서 구성 비율이 다소 차이가 발생하였으나 우리나라 성인들의 발 형태는 Egyptian 형태가 가장 많고 다음으로 Squared 형, Greek 형 순서로 나타나는 양상을 확인할 수 있었다.

표 5. 발의 형태 분석

좌/우 \ 유형	Egyptian	Squared	Greek
좌측 발	67 (58.8%)	36 (31.6%)	11 (9.6%)
우측 발	68 (59.6%)	38 (33.3%)	8 (7.0%)
백승석, 박시복 등(1996)	89 (44.2%)	61 (30.3%)	51 (25.4%)

3.4. 좌우측 차이나는 항목

좌우측 비교에서 유의한 차이($p<0.05$)를 보이는 부위는 발목둘레(M 4), 바깥복사점높이(M 6), 발등높이(M 9), 발너비(M 12), 발길이(M 13), 제 1 발가락길이(M 14), 제 5 발가락 길이(M 15), 발뒤꿈치-발안쪽점길이 (M 16), 발뒤꿈치-발바깥족점길이(M 17) 등이었다. 여러 부위에서 좌우의 유의한

차이가 있음이 밝혀져 문명옥(1993)의 연구 결과와는 차이를 보였다. 표 6에 제시되어 있는 차이는 평균의 차이가 아니라 각각의 피실험자의 차이에 대한 평균값을 제시한 것이다. 따라서 평균값으로는 유의한 차이가 없는 것으로 보일 수 있다. 특히 구두의 제작에서 기준이 되고 있는 치수들 중 발길이(M 13)의 경우는 좌우 차이가 5 mm 이상은 25명으로 전체 피실험자(114명)의 21.9%에 해당하였다. 또한 발너비가 20(17.5 %), 발등 높이에서도 8명(7 %)이 5mm 이상 차이를 보였다. 발등 높이의 치수가 다른 치수보다 상대적으로 작은 값들임에도 불구하고 5 mm 이상의 차이를 보인 피실험자들이 많았음은 매우 주목해야 할 측정결과이다.

본 연구를 수행하면서 실시한 설문조사와 측정치를 비교한 결과 중 좌우 신발의 선택에 있어서 매우 흥미로운 결과가 있다. 다음 표 7은 설문지와 측정결과를 정리한 것이다.

표 6. 좌우 유의한 차이를 보이는 항목들
(단위: cm)

항목	좌	우	차이
M 4	21.41±1.36	21.31±1.36	0.38
M 6	6.74±0.72	6.81±0.72	0.26
M 9	5.89±0.59	5.97±0.61	0.19
M 12	9.46±0.73	9.35±0.70	0.26
M 13	23.76±1.43	23.84±1.43	0.26
M 14	23.67±1.43	23.81±1.39	0.31
M 15	19.87±1.30	19.76±1.20	0.39
M 16	23.67±1.43	23.81±1.39	0.42
M 17	15.78±1.02	15.62±1.06	0.40

신발의 경우 265 mm로 제품에 표기되어 있는 크기에 적합한 발의 길이는 발가락 앞 공간 10 mm가 여유 공간으로 추천되고 있으므로 255 mm의 발 크기인 사람이 착용하도록 권장되고 있다. 그러나 설문지 분석결과 피실험자들이 생각하고 있는 발의 치수는 실제 측정된 발의 크기와 비교한 결과, 피실험자의 25%(우측발 기준)는 일반적으로 제안되는 발가락 앞 공간(toe room)이 거의 없게 신발을 착용하고 있음이 밝혀졌다. 물론 신발을 선택함에 있어서 제작사에 따라 동일 치수라도 크기가 다르고 신발의 종류에 따라서도 달라지기도 하지만, 많은 경우가 여유 공간이 없는 신발을 선호하고 있었다. 이것은 연령이 높은 층에서 발의 변형이 심각해지고 있는 현상과 무관하지 않을 것으로 판단된다.

표 7. 피실험자가 알고있는 신발 크기와 실제 발의 크기 비교

구 분	좌	우
신발과 발의 차이 평균 (cm)	1.10±0.68	1.03±0.66
발이 신발보다 큰 경우	3(3%)	4(4%)
(신발-발 크기) < 0.5 cm	18(17%)	24(22%)
0.5 ≤ (신발-발 크기) < 1.5 cm	61(56%)	55(50%)
1.5 cm < (신발-발 크기)	30(28%)	30(28%)

3.5. 족궁의 높이 분석결과

표 8은 육안 분석에 의한 족궁에 대한 비율이다. 또한 표 9는 디지털 이미지를 AutoCAD에서 분석한 결과이다.

표 8. 족적에 의한 궁의 분류(단위: 명)

좌우 / 궁높이	좌측	우측
보통 궁	67 (58.8%)	80 (70.2%)
높은 궁	27 (23.7%)	21 (18.4%)
매우 높은 궁	20 (17.5%)	13 (11.4%)

표 9. 측정에 의한 족궁의 비율(AR)

항목 / 피실험자	전체		여성비율	
	좌측발	우측발	좌측발	우측발
0.6 이하	71 (62 %)	82 (72 %)	47 (66 %)	51 (62 %)
0.6-1.0	43 (38 %)	32 (28 %)	13 (30 %)	9 (28 %)
1.0 이상	0	0	0	0

높은 궁과 매우 높은 궁이 차지하는 비율은 좌측발에서 41.2%, 우측발에서는 29.8 %로 분석되었다. 이는 족궁이 정상 궁 높이보다 높은 경우가 적지 않음과 좌우 궁의 높이가 매우 다름을 나타내고 있다. 이러한 사항은 육안측정보다 디지털 이미지를 이용한 분석에서 명백하게 드러나고 있다. 일반적으로 족적 분석에서 AR 비율이 0.6보다 작으면 높은 궁(Pes cavus)으로 구분하고 있고, 0.6-1까지는 정상으로 구분하고 있으며, 1 이상은 편평족(Pes planus)으로 구분하고 있다. 디지털 이미지 분석 결과(표 9)에서 볼 수 있듯이 전체 피실험자 중에서 족궁이 높은 군(AR이 0.6이하)에 속하는 비율은 전체의 72 %(좌측은 62%)에 해당한다. 높은 족궁을 가진 피실험자 중 여성의 비율이 66 %에 해당하므로 많은 여성들은 정상 이상의 높은 족궁을 가지고 있음을 알 수 있다. 특이한 사항은 전체에서는 우측편이 높은 족궁을 지니고 있다고 나타난 반면 여성 자체에서는 좌측발이 우측발보다 높은 족궁을 지니고 있다는 사항이다. 여성들의 발에 대한 관리가 매우 절실하게 요구되는 단적인 측정결과이다.

3.6. 족적각도 분석결과

표 10은 간접분석에 의한 족적각도 A, B, C의 분석 결과이다. 족적각도의 경우, 표 10에서 나타나고 있는 바와 같이 무지 외반의 정도를 나타내는 족적각도 A의 경우는 모든 연령 그룹에서 여성이 남성보다 많은 각도로 진행되어 있음을 알 수 있다. 또한 우측 발보다는 좌측발의 변형이 더 많은 변형이 일어나고 있는 것도 매우 흥미로운 현상이다. 특이한 사항은 족형 C의 경우는 20대와 30대에서 여성보다 남성의 경우가 더 심한 변형이

표 10. 족적각도 분석결과(단위: 도)

남/녀 (인원)	족형 A(좌)	족형 A(우)	족형 B(좌)	족형 B(우)	족형 C(좌)	족형 C(우)
남20	8.32± 4.25	7.72± 4.05	76.23± 5.03	75.15± 5.16	15.65± 4.83	15.66± 4.85
여20	10.84± 4.80	9.51± 4.90	75.49± 3.24	75.34± 3.37	11.85± 5.48	12.59± 4.10
남30	7.82± 4.25	7.48± 4.58	75.68± 4.00	76.52± 3.79	16.02± 4.86	15.19± 4.63
여30	10.91± 5.70	9.64± 5.47	75.86± 3.43	76.40± 3.50	14.97± 4.11	14.44± 4.22
남40	8.32± 4.34	5.68± 3.57	75.25± 3.20	73.43± 5.28	14.01± 5.18	15.57± 4.15
여40	10.94± 4.10	9.64± 5.42	75.58± 4.84	76.11± 3.81	14.41± 4.98	16.11± 4.65

있음으로 분석된 것이다. 따라서 후천적인 환경에 의하여 발의 변형이 진행되었다고 판단해 볼 때 여성은 엄지발가락의 외반 변형이 심하게 발생되고 있고 남성은 제 5 발가락의 내반이 심하게 발생되고 있다.

4. 결론 및 논의

본 연구에서는 114명의 20-40대 남녀 발에 대한 측정조사가 직접계측 및 사진 측정법을 이용하여 실시되었다. 연령에 따라 유의한 차이를 보이는 항목은 남녀에 있어서 동일하지 않았다. 또한 좌우의 유의한 차이를 보이는 부분은 다수의 측정항목에서 차이를 보였다. 이는 지금까지 많은 연구들이 좌우의 차이가 거의 없다고 가정한 것과는 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 발생학적 관점에서 원래 차이가 있을 수도 있으나 후천적인 요인이 많이 작용되었을 것으로 생각된다.

특히 눈에 띄는 부분은 좌우 족적의 형태가 두드러진 차이를 보인 것이었다. 좌우 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 보인 부분들 이외에도 수치적으로 차이나는 부위가 적지 않았다. 따라서 신발의 크기를 항상 좌우 동일하게 제작하고 있는 기존의 제작 관념은 수정되어져야 할 것으로 보인다.

본 연구에서 사용한 방법은 정적인 상태에서 측정된 것이므로 동적인 환경에서 측정하였다면 편평족이 증가할 것이고, 궁의 높이에 대한 결과도 다소 차이가 나타날 것으로 보인다. 그러나 이미 정적 상태에서 측정한 치수에서 분명한 차이를 보이고 있는 부위가 많고 좌우 차이가 피실험자에 따라 달라지는 것 또한 간과해서는 않될 부분이다.

또한 예방의학적인 차원에서 주목해야 할 부분은 연령이 높은 집단에서 보이고 있는 발가락 변형의 정도가 매우 심각하다는 점이다. 특히 여성의 발가락 갈퀴족지로의 변형은 발산하는 추세를 보이고 있고, 남성의 경우도 발가락 독립의 경향이 나쁜 상태로 진행되고 있음을 알 수 있었다. 적절한 제화의 선택과 발 형태 변형에 대한 지속적인 관심이 요구되고 있다.

참고 문헌

곽호완, 곽지은, 이정모. (1999). 국내 웹사이트 디자인의 사용성 조사: 설문조사와 발견평가. 인지과학 (원고제출중).

김봉옥, 채진목, 조강희, 김용진, "여성의 구두굽 높이에 따른 보행 변화의 비교", 대한인간공학회 '99 추계학술대회 논문집, pp. 75-78, 1999.

이영숙, "한국인 남녀 발외곽 형태 계측치에 의한 발형태 분류", 한국생활환경학회지, 3(2), pp. 45-57, 1996.

박명애, "여대생의 발과 하퇴부의 형태 요인분석", 한국온열환경학회지, 2(4), pp. 239-250, 1995.

문명옥, "발의 형태분석을 위한 군집분석(I) - 19-23세 여자대학생을 중심으로", 한국의류학회지, 18(2), pp. 211-220, 1994.

문명옥, "발의 형태분석을 위한 군집분석(II)", 한국의류학회지, 18(5), pp. 637-645,

1994.

김효은, 김효은, "구두의 높이가 발의 쾌적감에 미치는 영향", 한국의류학회지, 10(2), pp. 21-28, 1986.

천종숙, 최선희, "한국성인 여성의 발치수 연구 비교", 대한인간공학회지, Vol. 18, No. 1, pp. 109~120, 1999.

백승석, 박시복, 이강목, "한국인 발의 형태적 분류", 대한재활의학회지, Vol. 20, No. 1, pp. 180-185, 1996.

박선구, 박시복, 이강목, "통증을 일으키는 족부 변형에 대한 연구", 대한재활의학회지, Vol. 18, No. 4, pp. 749-756, 1994.

문명옥, "한국여성 발의 유형분류와 형태분석", 부산대학교 대학원 박사학위논문, 1993.

Viladot, "A: Metatarsalgia due to biomechanical alterations of the forefoot", Orthop Clin of North Am, Vol 4, No. 1, pp. 314-319, 1973.

저자 소개

◈ 임현균

충남대학교 기계설계공학과를 졸업하고 동 대학원에서 박사학위를 취득했다. 현재 미국 텍사스 Baylor College of Medicine의 Dept. of Physical Medicine and Rehabilitation에서 박사 후 연수 중이다. 주요 관심분야 : 생체역학, 재활공학.

◈ 박수찬

한남대학교 계산통계학과를 졸업하고 충남대학교 대학원에서 박사과정을 수료하였다. 현재 한국표준과학연구원에 재직중이다. 관심분야 : 생체역학, 사무환경설계, 사무용 의자설계.

◈ 최경주

충남대학교 기계설계공학과를 졸업하고 동 대학원에서 석사학위를 취득했다. 현재 박사과정 재학중이다. 관심분야 : 생체역학.

◈ 김진호

경북대학교 통계학과를 졸업하고 서울대학교 대학원에서 박사 학위를 취득했다. 현재 공주대학교 산업공학과에 재직중이다. 관심분야 : 인간공학.

◈ 박세진

고려대학교 산업공학과를 졸업하고 동 대학원에서 박사학위를 취득했다. 현재 한국표준과학연구원에 재직중이다. 관심분야 : 인간공학.

논문접수일 (Date Received) : 2001/2/13
논문게재승인일(Date Accepted) : 2001/5/4

참고 1. 인체측정 방법(직접측정 항목)

번호	측정부위	측정방법	측정용구
직접측정 항목			
1	몸무게	o 몸의 무게 : 신발을 벗고 평상복 상태에서의 몸의 무게를 측정	체중계
2	키	o 바닥에서 머리마루점 (vertex) 까지의 수직거리 : 선자세에서 피측정자가 자연스럽게 숨을 들이 마시고 숨을 멈추듯이 할 때 신상계를 피측정자 앞쪽에 대고 바닥에서 머리마루점까지의 수직거리를 오른쪽에서 측정한다.	신장계
M1	발둘레	o 발안쪽 엎짐과 발바깥옆점을 지나는 둘레 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 발안쪽엎짐과 발바깥옆점을 지나는 둘레를 측정한다.	줄자
M2	발등둘레	o 발등에서 가장 두드러진 점을 지나 정중면과 바닥에 수직인 평면에서의 발의 둘레 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 발등에서 가장 두드러진 지점을 지나는 둘레를 앞쪽에서 측정한다.	줄자
M3	발뒤꿈치 발등둘레	o 발뒤꿈치가 바닥에서 만나는 점과 발목을 지나는 둘레선 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 바닥에 닿은 발뒤꿈치 부위와 발목을 지나는 둘레선을 측정한다.	줄자
M4	발목둘레	o 발목에서 가장 가는 부위의 둘레 : 선 자세에서 양발을 10cm정도 벌리도록 한 후 오른발의 안쪽 복사뼈 가운데를 지나는발목 둘레를 앞쪽에서 측정한다.	줄자
M5	안쪽복사점높이	o 바닥에서 안쪽복사점까지의 수직거리 : 선 자세에서 바닥으로부터 오른쪽 다리의 안쪽복사뼈의 가장 바깥으로 두드러진 점까지의 수직거리를 측정한다.	높이측정게이지
M6	바깥복사점높이	o 바닥에서 바깥쪽복사점까지의 수직거리 : 선 자세에서 바닥으로부터 오른쪽 다리의 바깥쪽복사뼈의 가장 바깥으로 두드러진 점까지의 수직거리를 측정한다.	높이측정게이지
M7	발뒤꿈치높이	o 발뒤꿈치에서 뒤쪽으로 가장 두드러진점까지의 수직 거리 : 선 자세에서 바닥으로부터 발뒤꿈치에서 뒤쪽으로 가장 두드러진점까지의 수직거리를 옆쪽에서 측정한다.	높이측정게이지
M8	발뒤축높이	o 발뒤꿈치 굽힘선 부위에서 가장 들어간 곳까지의 수직거리 : 선 자세에서 바닥으로부터 발뒤꿈치 굽힘선 부위에서 가장 들어간 곳까지의 수직거리를 옆쪽에서 측정한다.	높이측정게이지
M9	발등높이	o 바닥에서 발등의 가장 두드러진 부분(안쪽쐐기골앞뼈) 까지의 수직거리 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 바닥으로부터 엄지발가락쪽 발등에서 뒤쪽으로 가면서 첫 번째 가장 두드러진 지점으로부터 바닥까지의 수직높이를 측정한다.	높이측정게이지
M10	제1발가락높이	o 제1발가락의 수직높이 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 바닥으로부터 제1발가락까지의 수직거리를 옆쪽에서 측정한다.	높이측정게이지
M11	제5발가락높이	o 제5발가락의 수직높이 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 바닥으로부터 제5발가락까지의 수직거리를 옆쪽에서 측정한다.	높이측정게이지
M12	발너비	o 발의 최대너비 : 선 자세에서 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 엄지발가락쪽에서 바깥으로 가장 두드러진 점과 새끼발가락쪽에서 바깥으로 가장 두드러진 점사이의 직선거리를 앞쪽에서 측정한다.	작은캘리퍼스
M13	발길이	o 발뒤꿈치에서 발끝점까지의 발의 최대 직선 거리 : 선 자세에서 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 발뒤꿈치에서 발끝점까지 발의 최대 직선 거리를 오른쪽에서 측정한다.	작은캘리퍼스
M14	제1발가락길이	o 발뒤꿈치에서 제1발가락의 발끝점까지의 최대 직선 거리 : 선 자세에서 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 발뒤꿈치에서 발끝점까지 발의 최대 직선 거리를 오른쪽에서 측정한다.	작은캘리퍼스
M15	제5발가락길이	o 발뒤꿈치에서 제5발가락의 발끝점까지의 최대 직선 거리 : 선 자세에서 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 발뒤꿈치에서 발끝점까지 발의 최대 직선 거리를 오른쪽에서 측정한다.	작은캘리퍼스
M16	발뒤꿈치-발안쪽점길이	o 제2발가락과 직각인 발뒤꿈치선에서 발안쪽점까지의 직선거리 : 선 자세에서 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 오른발의 제2발가락과 직각인 발뒤꿈치선에서 발안쪽점까지의 직선거리를 왼쪽에서 측정한다.	작은캘리퍼스
M17	발뒤꿈치-발바깥쪽점길이	o 제2발가락과 직각인 발뒤꿈치선에서 발바깥쪽점까지의 직선거리 : 선 자세에서 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 오른발의 제2발가락과 직각인 발뒤꿈치선에서 발바깥쪽점까지의 직선거리를 오른쪽에서 측정한다.	작은캘리퍼스
M18	발뒤꿈치너비	o 발뒤꿈치의 최대너비 : 양발에 무게중심이 실리도록 한 후 발뒤꿈치의 최대너비를 측정한다.	작은캘리퍼스

참고 2. 인체측정 방법(간접측정 항목)

번호	측정부위	측정방법	측정용구
1	족형각도A	o 발안쪽옆점과 뒤꿈치 발안쪽돌출점의 외곽과를 연결하여 그은 선과 제-1발가락이 만드는 각도 : 사진촬영에 의한 족적상에서 측정한다.	족적
2	족형각도B	o 발중심선(발뒤꿈치점과 제 2발가락 끝점을 연결한 선)과 발너비선이 만드는 발안쪽각도 : 사진촬영에 의한 족적상에서 측정한다.	족적
3	족형각도C	o 발바깥점과 뒤꿈치바깥돌출점의 외곽을 연결한 선과 제 5발가락이 만드는 각도 : 사진촬영에 의한 족적상에서 측정한다.	족적
4	중족내측너비	o 발뒤꿈치점에서 제1발가락끝점을 연결하는 선(A)과 발안쪽점에서 A선에 내린 수직거리 : 사진촬영에 의한 족적상에서 측정한다.	족적
5	중족외측너비	o 발뒤꿈치점에서 제1발가락끝점을 연결하는 선(A)과 발바깥쪽점에서 A선에 수직거리 : 사진촬영에 의한 족적상에서 측정한다.	족적

참고 3. 20-40대 발 측정 자료(오른발, 왼발)

구분 / 측정부위	오른발				왼 발			
	남자		여자		남자		여자	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
발둘레	25.1	1.2	22.8	1.3	24.8	1.1	22.5	0.9
발등둘레	25.9	1.6	23.1	1.8	24.9	1.1	22.1	0.9
발뒤꿈치-발등둘레	33.4	1.6	30.6	1.7	34.0	1.4	30.9	1.2
발목둘레	22.4	1.3	21.4	2.9	22.1	1.3	20.8	1.2
안쪽복사점높이	8.1	0.6	7.1	0.5	8.3	0.5	7.2	0.5
바깥복사점높이	6.7	0.7	5.9	0.7	7.2	0.7	6.3	0.4
발뒤꿈치높이	2.5	0.7	2.2	0.5	2.4	0.3	2.2	0.3
발뒤축높이	7.1	1.2	6.2	0.9	6.4	0.3	5.7	0.5
발등높이	6.8	0.6	5.9	0.6	6.4	0.3	5.5	0.4
제1발가락높이	2.1	0.4	1.8	0.2	2.1	0.1	1.9	0.1
제5발가락높이	1.8	0.2	1.5	0.3	1.6	0.2	1.5	0.1
발너비	10.5	1.4	9.6	1.9	9.9	0.5	8.9	0.6
발길이	25.0	1.1	22.7	1.8	24.9	1.1	22.8	0.8
제1발가락길이	24.5	2.9	22.9	0.9	24.8	1.1	22.8	0.9
제5발가락길이	20.7	0.9	18.9	0.7	20.8	1.0	19.0	0.8
발뒤꿈치-발안쪽점길이	19.4	1.2	17.8	1.9	18.7	0.9	17.2	0.6
발뒤꿈치-발바깥쪽점길이	18.3	1.9	16.4	2.3	16.5	0.8	15.1	0.7
발뒤꿈치너비	6.5	0.6	5.9	0.5	6.4	0.4	9.7	2.2
몸무게	남자		69.7±9.7		여자		55.2±6.7	
키	남자		171.1±5.4		여자		159.2±5.4	