

발계측 자료에 기초한 신골 할출 시스템의 검증에 관한 연구

박 해 수

동서대학교 응용생명공학부 신발지식공학전공

A Study on Verification of Shoe Last Grading System Based on Foot Measuring Data

Hae Soo Park

Department of Footwear Engineering, Dongseo University, Pusan, 617-716

ABSTRACT

Shoe's size and shape are determined by the last that takes shape of foot because last is the mold of shoe in development and manufacturing process. Then adaptation between foot and shoe is dependent on the last. In mass shoe production, model size is developed in the first place, other sized lasts are made through the grading process based on model size. The most important factor in grading system is grading deviation that must be same amount induced from foot measuring database. At present, most of the last manufacturing companies in Korea using 260mm as a standard foot model size. When length grading deviation is 5mm, the ball girth grading deviation is 3.7mm and the ball width grading deviation is 1.2mm. I verified existing grading system by comparing grading results with foot measuring data. Also, I proposed reasonable grading deviation and application method of grading system. From the analysis of foot measuring database, reasonable grading deviations are 1.22mm in ball width and 0.84mm in ankle height in case of length grading deviation is 5mm. I confirmed that the current grading system is very accurate. When we grade last from 230mm to 290mm by current grading system based on model size 260mm, there is grading error over 1mm in the front outside area of foot. This error level of 1mm is no problem in normal walking shoe's last, but it induces adaptation problems in sports and special purposed shoe's last. Therefore using of three standard model size is recommended in grading men's last for reducing grading deviation error under the level of 1mm. It is specifically described as 235mm in 225~245mm, 260mm in 250~270mm, 285mm in 275~295mm. According to the above recommended grading system, it is enough to measure only three foot sizes in case of foot measuring project for men's last development.

Keyword: Foot measure, Shoe last, Grading system, Grading deviation

1. 서 론

인간의 신체에 착용하는 제품을 개발하기 위해서는 인체

계측치를 충분히 고려하여야 한다. 의복 이상으로 인체에 밀착되어 기능을 발휘하고 있는 신발은 인체 계측의 중요성이 더욱 강조된다. 신발의 크기와 형태는 발등을 덮는 부위에 사용되는 갑피(upper) 재료의 신축성 및 공정에 따라

약간은 차이가 나지만, 대부분 발의 형상을 하고 있는 신발 제작 형틀인 신골(last)에 의해 결정된다. 따라서 신골을 어떻게 설계하는가에 따라 발과의 적합성이 달라진다(NSRA, 1993; SAST, 1996).

맞춤신발인 경우는 한 사람의 발치수에 꼭 맞는 한 개의 신골을 설계하면 된다. 그러나 대량 생산을 위한 신발개발 공정에서는 모델사이즈(model size) 즉 기준문대의 신골을 개발한 후, 이 기준문대의 신골을 할출(grading)이라는 방법으로 확대 축소시켜 다른 문대의 신골을 개발하고 있다(김영만, 1995). 어렵게 신발의 기능성과 피팅성을 만족시키는 기준문대의 신골을 개발하였다 하더라도 다른 문대의 신골을 개발하는 과정에서 정확한 할출편차를 적용하지 않으면 많은 사람들을 만족시킬 수 있는 신골을 개발할 수 없다. 이 할출작업에서 가장 중요한 것이 할출편차인데 이 편차는 바로 발계측치로부터 추출한 사이즈 별 치수편차와 동일해야 한다.

할출이라는 것은 3차원상에서 각각 독립적으로 X, Y, Z 방향에 대해 선형적으로 확대 혹은 축소된 모델을 생성하는 것을 말한다(Jan Pivecka, Siegfried Laure, 1995). 일반적으로 생명체의 몸은 사이즈가 커질수록 프로포션(proportion)도 변화하는 '알로메트리(allometry)'라고 하는 현상을 가지고 있다(유무열, 1993). 프로포션은 물체의 크기나 길이에 대하여 갖고 있는 양들 사이의 관계를 말하며, 인체도 예외는 아니어서 연령 성별이 같더라도 발길이가 길수록 상대적으로 발이 좁아지는 경향을 가지고 있다. 종래의 신골 할출방법이 인체발의 "알로메트리"를 만족시키는지 검증한 연구가 국내에서는 없었다. 제품의 사이즈 분포를 소비자 그룹의 사이즈 분포에 맞춘다 하여도 제품의 사이즈를 변화시키는 기법이 인체의 치수 변화 패턴과 일치하지 않으면 의미가 없어진다. 공업제품의 설계 생산에서는 가능하면 적은 사이즈 종류로 많은 소비자를 만족시켜야 하기 때문에 발의 형태와 사이즈 변화에 대한 법칙성을 명확히 하고, 이에 맞는 할출방법을 적용해야 할 것이다. 인체발의 경우 크기가 다른 발 사이즈들 간에 각 부분의 상대적인 위치 비율이 조금씩 다르다. 기준문대를 하나로 고정하고 전체 사이즈를 할출할 때 인체발 내부에서 각 부분들의 상대적인 위치가 고정되게 되어 할출 시 실제 발치수와 오차가 발생한다. 그러므로 할출작업 시 실제 발치수와 할출결과 사이의 오차를 사람이 신발을 착용하였을 때 적합성에 문제가 없는 범위 내에서 최소화할 수 있는 기준문대 지정 방법을 계측자료에 근거하여 도출하는 것은 의미가 크다 하겠다.

현재 한국 신골생산업체 대부분이 통상적으로 할출 시 기준문대로 신발사이즈 265mm(발길이 260mm)를 사용하며 할출편차로 발길이 5mm, 발둘레 3.7mm, 볼너비 1.2mm를 사용하고 있다(김영만, 1995). 본 연구에서는 이러한 할출과정을 겪은 제품이 실제 인체발 형상과 얼마만큼 일치하는지

확인하여 현재 사용하고 있는 할출편차의 합리성을 검증하였다. 아울러 바람직한 할출편차의 양과 이의 적용 방법에 대해 제안하고자 한다.

2. 연구 방법

기존 국내에서 이루어진 발계측 자료를 통계분석하여 주요 계측점에 대한 회귀식을 구하고, 이 회귀식을 사용하여 발길이 5mm 단위의 치수체계로 분할하였을 경우 주요 계측점의 사이즈 별 치수차이를 계산하였다. 기준문대로부터 라스트를 할출할 때 사용하는 길이, 너비, 둘레편차와 실제 발계측치 자료로부터 유도된 회귀식에 의해 계산한 발의 사이즈 별 치수편차를 비교하여 기존 신골 할출 시스템의 정확도를 평가한다.

2.1 각국의 신발치수체계 분석

신발치수는 각 나라마다 고유하게 사용되어 온 체계가 있어 표준화를 이루기가 매우 어려운 상황이다. 유럽은 영국식표기와 프랑스식표기, 북미는 미국식표기(inch), 아시아는 일본을 중심으로 한 센티미터(cm)표기를 주로 사용하고 있다. 이러한 다양한 치수체계 사이의 변환적용을 위해 치수 변환표가 이용되고 있다. 영국식과 미국식표기에서는 치수당 길이편차 1/3inch(8.47mm), 볼둘레편차 1/4inch(6.35mm), 볼너비편차 1/12inch(2.12mm)를 국내에서는 길이편차 5mm, 볼둘레편차 3.7mm, 볼너비편차 1.2mm를 적용하고 있다(Jan Pivecka, Siegfried Laure, 1995). 동서양 모두 볼둘레/발길이=0.75, 볼너비/발길이=0.25의 비율을 적용하고 있다. 이렇게 편차를 적용하여 신발의 치수를 결정하는 신골을 제작하였을 경우 과연 인체발의 기하학적 크기 비율과 얼마나 일치하는지에 대한 검증이 필요하다.

2.2 국내 발계측 결과 통계분석

2.2.1 주요 계측 부위의 명칭

국내에서 다수의 인체발 계측 사업이 이루어져 왔지만 신골을 개발하기 위한 자료분석이 부족하였으며 미국 등 선진국에서 사용하는 사이즈 별 할출편차를 그대로 적용해 오고 있다(조맹섭 등, 1985; 김효은, 1986; 남직현, 1986; 이영숙, 2000; 김성욱, 2004). 국내는 1980년도 이후 젊은이의 체격이 그 전 세대보다 많이 커졌으므로 발의 치수에서도 평균값이 커졌다. 그러나 평균값이 커진 것과 알로메트리가 변하는 것은 다른 차원의 문제다. 평균값은 커졌더라도 알로메트

리가 변하지 않았다면 업체의 사이즈 별 제품 생산 비율과 할출 기준모델사이즈만 바뀔 뿐이지 개발과정에서 적용하는 할출 시스템은 여전히 유효하기 때문이다. 2004년에 수행된 한국신발피혁연구소의 20대 초반 남자를 대상으로 한 발계측 결과를 분석해 보면 기준문대 사이즈인 260mm에서 제1중족골두와 제5중족골두의 발길이에 대한 비율이 20년 전과 비교해서 변화가 없음을 보여주고 있다(김성욱, 2004). 그러나 이 때의 연구는 20대 초반의 남자에 국한되어 있어 전체 국민을 대상으로 한 계측 결과를 이용한 연구가 필요하다.

과거의 발계측 사업 중 1985년에 수행된 조맹섭의 연구가 신골 설계를 위한 연구였으며 자료 정리와 분석이 우수하여 본 연구에서 사용하였다. 조맹섭의 자료 중 성인남자에 대한 자료만을 선택하여 사용하였다. 조맹섭은 조사 대상 지역을 대도시, 중소도시, 벽지로 구분하여 측정함으로써 전국을 대표할 수 있는 자료가 되게 하였으며, 대상 지역 별로 남녀 각각의 연령 그룹의 최소 표본크기를 60명으로 정함으로써 통계학적으로 타당한 자료가 되게 하였다.

주요 계측 부위의 명칭을 그림 1에 나타내었다.

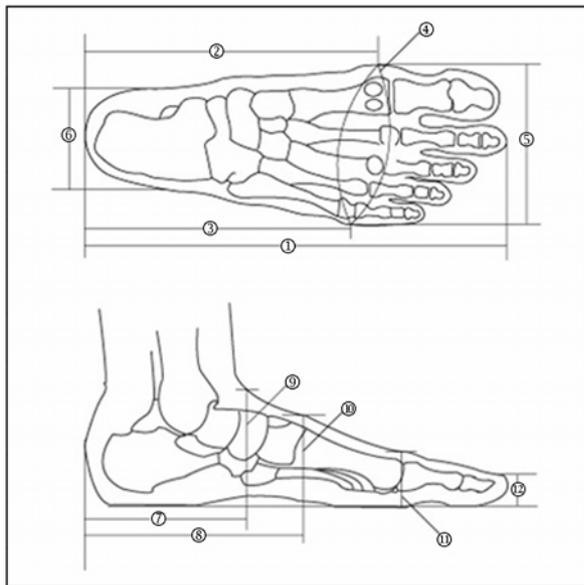


그림 1. 주요 발계측 부위

- ① 발길이 (Foot length)
- ② 뒤꿈치 ~ 제1중족골두의 수평거리
- ③ 뒤꿈치 ~ 제5중족골두의 수평거리
- ④ 볼둘레 (Ball girth)
- ⑤ 볼너비 (Foot width)
- ⑥ 발꿈치너비

- ⑦ 뒤꿈치 ~ 발목수직점의 수평거리
- ⑧ 뒤꿈치 ~ 발등수직점의 수평거리
- ⑨ 발목높이
- ⑩ 발등높이
- ⑪ 발볼높이
- ⑫ 엄지발가락 높이

2.2.2 주요 계측점의 좌표화

신골 할출 시 의미가 있는 부위를 그림 2에 나타내었다. 발의 평면도 상에서 점A는 힐포인트(Heel point, pternion)를 말하며, 좌표상의 원점(0,0,0)이다. 가장 돌출된 발가락의 끝점을 점 B라 하면, 선분AB는 발길이가 되고 좌표상에서(발길이, 0, 0)로 나타내어진다. 점C의 X좌표값은 뒤꿈치에서 제1중족골두까지의 거리인 내측볼길이가 되고 Y좌표값은 내측볼너비가 된다. 좌표상으로는(내측볼길이, 내측볼너비, 0)로 나타내어진다. 마찬가지로 점D의 X좌표값은 뒤꿈치에서 제5중족골두까지의 거리인 외측볼길이가 되고 Y좌표값은 외측볼너비가 된다. 좌표상으로는(외측볼길이, -외측볼너비, 0)로 나타내어진다. 점E와 점F의 X좌표값은 발길이의 20%값에 해당하는 발꿈치너비길이가 되고, 점E와 점F의 Y좌표값의 차이가 발꿈치너비에 해당한다. 점E의 좌표값은(발꿈치너비길이, 발꿈치너비/2, 0), 점F의 좌표값은(발꿈치너비길이, -발꿈치너비/2, 0)으로 나타내어진다. 발의 측면도에서 점G의 X좌표값은 발볼길이, Z좌표값은 발볼높이가 되어 좌표상으로는(발볼길이, 0, 발볼높이)가 된다. 점H의 X좌표값은 발등길이, Z좌표값은 발등높이가 되어 좌표상으로는(발등길이, 0, 발등높이)가 된다. 마찬가지로 점I의 X

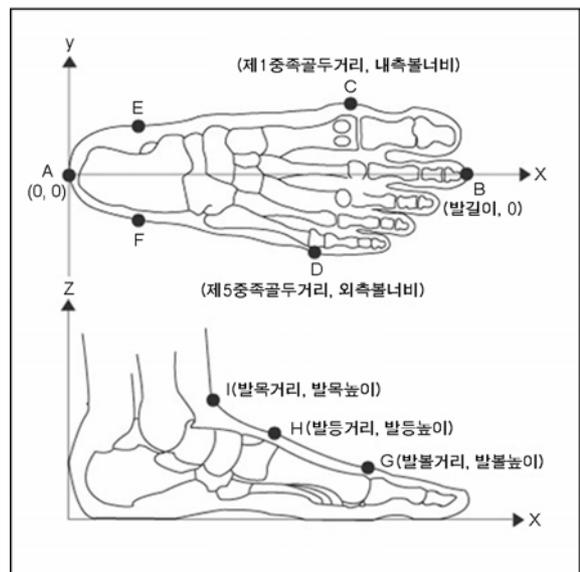


그림 2. 주요 발계측 부위의 좌표설정

좌표값은 뒤꿈치에서 발목까지의 거리인 발목길이(발목높이)가 되고 Z 좌표값은 발목높이가 된다. 좌표상으로(발목길이, 0, 발목높이)로 나타내어 진다.

3. 연구 결과 및 검토

3.1 발계측 회귀식 결과와 할출 결과 비교

본 연구에서는 주요 계측점을 X, Y, Z 좌표로 분리하여 분석하였다. 왜냐하면, 신골의 할출 방법이 X축, Y축, Z축 각각에 대해 독립적으로 축소 및 확대하기 때문이다.

3.1.1 계측점의 X축 방향 회귀식

X축 방향 즉 발의 길이 방향으로는 발길이(B_x)를 독립변수로 하고, 내측볼길이(C_x), 외측볼길이(D_x), 발등길이(H_x), 발목길이(I_x)를 종속변수로 하여 회귀식을 각각 구하였다.

$$C_x = 0.7221 \times B_x + 2.7836 \quad (1)$$

$$D_x = 0.5932 \times B_x + 14.1396 \quad (2)$$

$$H_x = 0.2899 \times B_x + 86.3948 \quad (3)$$

$$I_x = 0.4086 \times B_x + 4.1679 \quad (4)$$

식 (1)~(4)를 발길이(B_x)에 대한 비율식으로 고쳐쓰면

$$C_x/B_x = 0.7221 + 2.7836/B_x \quad (5)$$

$$D_x/B_x = 0.5932 + 14.1396/B_x \quad (6)$$

$$H_x/B_x = 0.2899 + 86.3948/B_x \quad (7)$$

$$I_x/B_x = 0.4086 + 4.1679/B_x \quad (8)$$

3.1.2 계측점의 Y축 방향 회귀식

Y축 방향 즉 발의 너비 방향으로는 발길이(B_x)와 볼너비(\overline{CD}_y)를 독립변수로 하고 뒤꿈치너비(\overline{EF}_y)를 종속변수로 하여 회귀식을 구하였다.

$$\overline{EF}_y = 0.6152 \times \overline{CD}_y + 5.4506 \quad (9)$$

$$\text{여기서 } \overline{CD}_y = 0.2433 \times B_x + 40.2916 \quad (10)$$

식 (9)를 볼너비(\overline{CD}_y)에 대한 비율식으로 고쳐쓰면

$$\overline{EF}_y/\overline{CD}_y = 0.6152 + 5.4506/\overline{CD}_y \quad (11)$$

3.1.3 계측점의 Z축 방향 회귀식

Z축 방향 즉 발의 높이 방향으로는 발길이(B_x)와 발목높이(I_z)를 독립변수로 하고, 발볼높이(G_z), 발등높이(H_z)를 종속변수로 하여 회귀식을 구하였다.

$$G_z = 0.4336 \times I_z + 2.0721 \quad (12)$$

$$H_z = 0.7854 \times I_z + 3.7532 \quad (13)$$

$$\text{여기서 } I_z = 0.1686 \times B_x + 38.3189 \quad (14)$$

식 (12)(13)를 발목높이(I_z)에 대한 비율식으로 고쳐쓰면

$$G_z/I_z = 0.4336 + 2.0721/I_z \quad (15)$$

$$H_z/I_z = 0.7854 + 3.7532/I_z \quad (16)$$

3.1.4. 회귀식의 검증

유기체에서 아주 중요한 많은 것들이 크기와 함께 변하는데 이것을 알로메트리라 한다. 몸의 크기와 생체 부분들 간의 관계를 기술하는 알로메트릭식은 다음과 같이 표현된다(Huxley, J.S. & G. Teissier, 1936).

$$Y = aX^b \quad (17)$$

여기서 Y는 생체 부분들 간의 비율, X는 몸의 크기, a는 척도(scaling factor), b는 알로메트릭 상수이다.

그림 3에 진원에 대해 길이편차 5mm, 너비편차 1.2mm를 적용한 산술적 할출 결과를 나타내었는데 처음의 진원이 타원으로 바뀌는 형태적 변화가 심하게 발생하는 것을 볼 수 있다. 산술적 할출의 경우 형태적인 변형은 발생하지만 측정점들 간의 상대적인 위치 변화는 발생하지 않는다. 인체발의 사이즈 변화가 이 산술적 할출과 일치한다면, 발길이 변화에 대해 발계측 항목들 간의 상대위치 비율은 변하지 않을 것이다. 그러나 실제 인체 발계측치로부터 유도된 회귀식에 의하면 발의 크기 별로 측정점들의 상대위치가 미소하게 바뀌고 있음을 알 수 있다.

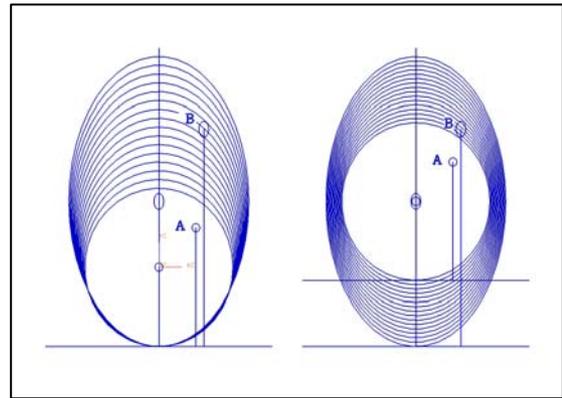


그림 3. 진원에 대해 산술적 할출을 적용한 결과

일본의 연구사례

1991~1992년에 계측된 18세에서 29세까지의 일본인

신체치수에 의하면, 발길이는 남자가 229~289mm의 범위에 있는 것으로 나타났으며 발길이가 작은 사람에 비해 발길이가 큰 사람이 상대적으로 발이 좁은 형태를 보이고 있다 (이대석, 2003). 발크기와 관련된 상대위치의 비율은 측정항목에 따라 다르게 나타난다. 두 항목 간의 관계를 식(17)의 양변에 log를 취한 다음 식으로 표현하였다.

$$\log(Y) = a + b \times \log(X) \quad (18)$$

X는 발길이, Y는 측정항목, b는 알로메트리 계수이다. 이 계수가 '1'이면 발길이가 변하여도 상대위치가 변하지 않는 경우이고, 계수가 '1' 미만이면 발길이가 길 때 상대적으로 작게 되는 '-'의 알로메트리 경우이며, 계수가 '1' 이상이면 발길이가 길 때 상대적으로 크게 되는 '+' 알로메트리적인 경우이다. 길이 방향의 항목은 알로메트리 계수가 거의 '1'을 나타내어 발길이 방향의 상대비율이 발길이의 크기에 따라 변하지 않는 것으로 나타났다. 한편 너비, 둘레, 높이 항목은 알로메트리 계수가 '1' 보다 작아서, 발길이가 길수록 상대적으로 발너비가 좁고 발등높이나 발가락 높이가 낮은 것으로 나타났다.

본 연구 결과

볼너비와 발길이 관계식(10)과 발목높이와 발길이 관계식(14)의 우변 2번째 항의 존재가 너비와 높이 항목에서 알로메트리 계수가 '1' 보다 조금 작은 미세한 '-' 알로메트리 관계가 존재함을 나타내주고 있다. 즉 일본의 결과와 같다. 그러나 길이 방향의 항목인 식(1)~(4)에서도 미세한 '-' 알로메트리가 존재하는 것으로 나타났다. 식 (1), (2), (4)의 항목인 내측볼길이, 외측볼길이, 발목길이는 너비와 높이 항목처럼 '-' 알로메트리가 얻어졌지만 특히 발등길이에 대해서는 일본의 결과와 비교해 보면 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 발의 골격 중 유독 발등 부분 만이 특이한 비율관계를 나타내는 것은 생물체에서는 이해하기 어려운 부분이다. 그러나 이 문제는 추후 다른 발계측 자료와의 비교를 통하여 검증할 필요성이 있다. 발등길이에 대해 이러한 결과가 얻어진 이유를 다음의 대략 3가지 정도로 추정해 볼 수 있겠다.

첫째는 발의 길이 방향 중 발등길이는 실제로 알로메트리 계수가 '1' 보다 작은 값을 가지는 것이다.

둘째는 발등길이가 실제로는 내측볼길이, 외측볼길이, 발목길기와 거의 동일한 알로메트리 계수를 갖지만 측정 시 오류를 범하여 계측자료가 왜곡되었을 가능성이 있다. 계측 시 발등의 최고점을 찾기가 쉽지 않기 때문이다.

셋째는 측정 집단으로 추출된 그룹 중에 발길이가 큰 집단이 자신의 모집단을 대표하지 못하는 것이다. 즉 발등길이 비율이 평균치보다 작은 집단이 샘플링된 것이다.

본 연구에서는 발의 길이 방향으로 알로메트리 계수가 '1'

보다 작은 값을 가지는 것으로 하여 연구를 진행하였다. 그러나 발등길이의 경우는 계측오류가 있는 것으로 판단하여 분석항목에서 제외하였다.

그림 4에서 보면 알로메트리 계수가 '1'일 경우가 A type이며 '1' 보다 작은 경우가 B type에 해당한다. 인체발의 경우 길이, 너비, 높이 모두 B type의 특성을 나타낸다고 볼 수 있다. B type의 경우는 각 사이즈 별로 항목들 간의 상대위치가 바뀌므로 하나의 사이즈를 기준으로 하여 활출하면 항목들 간의 상대위치가 고정되어 활출 시 오차가 누적되게 된다. 인체발 계측치와 활출 결과치 사이의 차이값인 활출 오차를 평가한 후 이를 바탕으로 바람직한 활출 방법을 제안 할 수 있겠다.

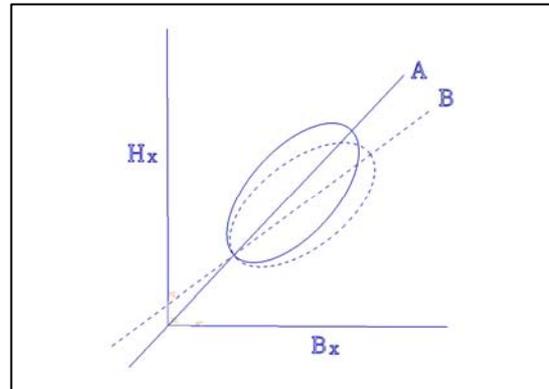


그림 4. 알로메트리 계수 변화와 회귀식 변화의 관계

3.1.5 발계측 치수와 발의 활출 치수와의 비교

길이 방향(X축)

표 1에 인체발 230~290mm에 대해 식(5)~(8)을 적용한 값을 나타내었다. 식(5)와 (8)의 우변 2번째 항은 분모(발길이)에 비해 분자가 상대적으로 작기 때문에 좌변의 값에 미치는 영향이 미미하다. 즉 발길이에 대한 측정점의 상대적인 위치가 발길이가 변하더라도 거의 일정한 위치에 존재한다는 것을 의미한다. 그러나 식(7)은 무시하더라도 식(6)의 우변 2번째 항은 좌변의 값에 미치는 영향이 무시할 만큼 작지는 않다. 즉 발길이에 대한 측정점의 상대적인 위치가 발길이가 변하면서 함께 변한다는 것을 의미한다.

너비 및 높이 방향(Y, Z축)

식(11), (15), (16)의 우변 2번째 항 모두 분모(볼너비, 발목높이)에 비해 분자가 상대적으로 작기 때문에 좌변의 값에 미치는 영향이 미미하다. 즉 Y축 방향의 볼너비, Z축 방향의 발목높이에 대한 측정점의 상대적인 위치가 발길이가 변하더라도 거의 일정한 위치에 존재한다는 것을 의미한다. 그러므로 너비와 높이 방향으로의 선형적인 확대 축소의

할출과정에서 전모델에 대해 고정된 하나의 기준문대를 사용하여도 발계측 결과와 할출의 결과에는 큰 차이가 없다.

표 1. 길이 방향 계측점의 발길이 상대비율 변화

B_x	C_x/B_x	D_x/B_x	H_x/B_x	I_x/B_x
230	0.7342	0.6547	0.6655	0.4267
235	0.7339	0.6534	0.6575	0.4263
240	0.7337	0.6521	0.6499	0.4260
245	0.7335	0.6509	0.6425	0.4256
250	0.7332	0.6498	0.6355	0.4253
255	0.7330	0.6487	0.6287	0.4249
260	0.7328	0.6476	0.6222	0.4246
265	0.7326	0.6466	0.6159	0.4243
270	0.7324	0.6456	0.6099	0.4240
275	0.7322	0.6446	0.6041	0.4238
280	0.7320	0.6437	0.5985	0.4235
285	0.7319	0.6428	0.5930	0.4232
290	0.7317	0.6420	0.5878	0.4230
평균	0.7329	0.6481	0.6252	0.4248
사이즈 편차(mm)	3.61	2.97	1.45	2.04

표 2. 너비, 높이 방향 계측점의 발길이 상대비율

B_x	\overline{CD}_y	$\overline{EF}_y/\overline{CD}_y$	I_z	H_z/I_z	G_z/I_z
230	96.3	0.6718	77.1	0.8341	0.4605
235	97.5	0.6711	77.9	0.8336	0.4602
240	98.7	0.6704	78.8	0.8330	0.4599
245	99.9	0.6698	79.6	0.8325	0.4596
250	101.1	0.6691	80.5	0.8320	0.4594
255	102.3	0.6685	81.3	0.8316	0.4591
260	103.5	0.6678	82.2	0.8311	0.4588
265	104.8	0.6672	83.0	0.8306	0.4586
270	106.0	0.6666	83.8	0.8302	0.4583
275	107.2	0.6660	84.7	0.8297	0.4581
280	108.4	0.6655	85.5	0.8293	0.4578
285	109.6	0.6649	86.4	0.8289	0.4576
290	110.8	0.6644	87.2	0.8284	0.4574
평균		0.6680		0.8312	0.4589
사이즈 편차(mm)	1.22	0.75	0.84	0.66	0.37

인체발의 사이즈 별 치수편차는 식(10), 표 1, 표 2에 나타난 것처럼 발길이편차가 5mm일 때, 볼너비 1.22mm, 발

목높이 0.84인 것으로 나타났다. 기존 할출 시스템에서 사용하고 있는 볼너비편차 1.2mm가 상당히 정확한 수치임을 알 수 있다.

발길이 260mm를 기준으로 230mm와 290mm를 할출했을 때 발생하는 각 측정점들의 오차를 표 3에 나타내었다. 발의 앞부분 외측부의 계측점인 제5중족골두(D)와 제2중족골두(G)지점의 오차가 1mm 이상 발생하였다. 발과 신발의 적합성을 높이기 위해서는 230~260mm, 260~300mm 각각의 사이에 기준문대를 하나 더 지정하여 할출하는 방법이 있다. 즉 225~245mm 사이는 235mm, 250~270mm 사이는 260mm, 275~295mm 사이는 285mm를 기준문대로 사용하면 된다. 그러므로 신발을 개발하기 위한 인체발 계측은 성인남자의 경우는 235, 260, 285mm에 근접한 발만을 계측하면 되는 것이다.

표 3. 260mm를 기준으로 할출한 경우 발생 오차(mm)

	C	D	E	F	G	I
230	0.44	1.64	0.11	0.11	0.92	0.44
290	0.30	1.66	0.20	0.20	1.02	0.44

4. 결 론

기준문대로부터 할출과정을 겪은 신발이 실제 인체발 형상과 얼마만큼 일치하는지 확인하는 과정을 통하여 현재 업계에서 널리 사용하고 있는 할출시스템의 합리성을 검증하였다. 아울러 한국신발치수체계에서 너비와 높이의 바람직한 할출편차와 착화감 개선과 경제성을 함께 고려했을 경우에 적용할 수 있는 할출방법을 제안하였다.

편안한 착화감을 제공하는 신발을 설계하기 위해서는 인체발에 가장 근접한 신발을 개발해야 하며 이를 위한 바람직한 할출편차로는 발길이편차가 5mm일 때, 볼너비는 1.22mm, 발목높이는 0.84mm인 것으로 나타났다. 즉 현재 사용하고 있는 할출 시스템의 편차가 상당히 정확한 값임을 확인하였다.

발길이 260mm를 기준으로 230~290mm 사이 치수의 신발을 할출했을 때 발의 앞부분 외측부의 계측점인 제5중족골두(D)와 제2중족골두(G)지점의 오차가 1mm 이상 발생하였다. 정밀한 라스트를 제작하기 위해서는 225~245mm 사이는 235mm, 250~270mm 사이는 260mm, 275~295mm 사이는 285mm를 기준문대로 사용하는 방법이 추천된다. 그러므로 신발을 개발하기 위한 인체발 계측은 성인남자의 경우는 235, 260, 285mm에 근접한 발만을 계측하면 되는 것이다.

1985년에 실시한 한국인의 발계측 자료를 이용하여 약 100년 전부터 사용되어 온 신골 활출 시스템을 검증한 결과 활출과정을 겪은 신골이 실제 발의 치수 변화와 거의 일치함을 확인하였다. 20년이 지난 현재 한국인의 발길이 평균값이 커졌지만 인체의 알로메트리 계수가 변하지 않았다면 현재 한국인의 신골 설계에 그대로 적용될 수 있을 것이다. 그러나 최근의 발계측 자료에 바탕을 둔 연구를 통하여 확인할 필요가 있다.

본 연구에서는 성인남자만을 다루었지만 추후 최근의 계측 자료를 이용하여 유아, 청소년에 대해서도 동일한 연구가 이루어지고, 각 연령층의 남녀 사이의 차이에 대한 연구도 이루어지면 보다 더 편안함을 제공하는 신골을 설계하는데 많은 도움이 될 것이다.

참고 문헌

조맹섭, 인체(발) 계측 및 운동화(Jogging Shoe)의 화형설계기준 설정에 관한 연구보고서, 한국과학기술원 시스템공학센터, 1985.
 김효은, 발의 계측과 성인여자구두의 기본치수에 관한 연구-경상도 지역의 여대생을 중심으로, 대한가정학회, 1986.
 남직현, 운동종목별 선수들의 족형에 관한 통계적 고찰, 고려대학교대학원 석사학위논문, 1986.

NSRA, Professional shoe fitting, National Shoe Retailer Association, 1993.
 Huxley, J. S. & G., Teissier, Terminology of relative growth, Nature, 1936.
 유무열, 알로메트리 분석을 통한 청소년 체격과 체력에 관한 종단적 연구, 동아대학교 대학원 박사학위논문, 1993.
 김영만, 제화기술 화형설계편, (주)금천코퍼레이션, 1995.
 Jan pivecka & Siegfried Laure, The shoe last, Jan Pivecka Foundation, 1995.
 SAST, Lasts and Fitting, SATRA, 1996.
 이영숙, 제품설계를 위한 한국인의 발 치수 데이터, 산업자원부 기술표준원, 2000.
 이대석, 발측정 데이터에 기초한 신골 그레이딩 시스템에 관한 연구, 동서대학교 경영정보대학원 석사학위논문, 2003.
 김성욱, 전투화 골 개선 사업, 한국신발피혁연구소, 2004.

● 저자 소개 ●

❖ 박 해 수 ❖ phsioc@gdsu.dongseo.ac.kr
 KAIST 기계공학과 박사
 현 재: 동서대학교 응용생명공학부 신발지식공학과 교수
 관심분야: 생체역학, CAD/CAE, 인체착용 제품설계

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 12월 19일
 논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 01월 29일
 논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 02월 08일