3차원 스캔 데이터에 의한 노년 남성의 발 측면유형 분류

김남순 · 도월희[†]

전남대학교 의류학과/전남대학교 생활과학연구소

Classification of Elderly Men's Foot Side Type from 3D Scan Data

Nam-Soon Kim · Wol-Hee Do[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Chonnam National University/
The Research Institute of Human Ecology, Chonnam National University
접수일(2013년 9월 9일), 수정일(2014년 4월 4일), 게재확정일(2014년 4월 21일)

Abstract

This study identifies the foot side shapes of elderly men by classifying foot types according to 3D foot shapes and analyzing individual characteristics. The subjects were 284 elderly men over 60 years of age who lived in Gwangju and did not have foot related diseases. They were measured with a scanner (Nexcan[®] of K&I Technology) to obtain three dimensional feet shapes. Anthropometric measuring items consisted of 28 items estimated on the right foot of each subject. 3D scan data were analyzed by various statistical methods such as factor analysis, ANOVA and cluster analysis using the statistical program SPSS 19.0. A total of 7 factors were extracted through a factor analysis and these factors represent 77.56% of total variance. The 8 factors were: inside height and side gradient, ankle thickness, size from foot center to ankle, lateral malleolus height, forefoot height, instep and heel height and gradient. A total of 3 clusters (as foot type) were categorized using 7 factor scores by cluster analysis. Type 1 was classified as high forefoot and low midfoot compared to the length. Type 2 was classified as low forefoot and high midfoot, and type 3 was classified as low forefoot and low midfoot.

Key words: Elderly men, Foot side type, 3D scanner; 노년 남성, 발 형태, 3D 스캐너

I. 서론

경제성장에 따른 생활 개선과 과학, 의학의 발달은 사망률의 저하와 함께 인간의 수명 연장에 크게 기여하여 노년층의 비율이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. Report on the estimated future population(Statistics Korea, 2010)에 따르면 고령 인구 전체에서 65~74세에 해당되는 고령 인구가 2010년에는 62.4%, 2060년에는 37.7%로 감

소될 예정이고, 75~84세는 30.8%에서 2060년 36.9%로 증가할 예정이며, 85세 이상은 6.8%에서 2060년 25.4%로 3.7배 이상 증가하여 초고령 사회로의 진입을 예측하고 있다. 이와 같이 증가되는 노년층은 과거에 비해 경제력과 시간, 양호한 건강상태를 지니고 있으며, 사회활동의 기회가 증가하면서 경제적 독립성을 바탕으로 적극적이고 주체적인 소비활동을 한다. 따라서 이와 같은 노년층을 대상으로 한 여러 분야의 실버산업이 활기를 띠고 있어 노년층만을 타겟으로 상품기획 및 마케팅 전략이 개발되고 있다. 이를 위해 노년층의 다양한 특징을 정확히 파악할 필요가 있으며, 형태적합성이 중요한

[†]Corresponding author

E-mail: whdo@chonnam.ac.kr

본 논문은 박사학위 논문의 일부임.

신발의 기초 자료가 되는 발에 대한 연구 또한 필요하며 특히 노년 남성의 발에 대한 연구는 부족한 실정이다 (Seok & Park, 2007). 이는 노년 남성이 노년 여성이나 성인 남성에 비해 측정에 부정적인 반응을 보이는데 원인이 있으나(Kim, 2003), 최근 체형학 연구에서 많이 활용하고 있는 3차원 스캐너(Scanner)에 의한 3차원 측정은 빠르고 간편하게 세밀한 정보를 수집할 수 있어 활용도가 매우 높아지고 있다.

발의 3차원 측정은 인체 전체를 측정하는 것에 비해 데이터의 양이 적으므로 보다 전문적이고, 과거에는 측정이 어려웠던 각도나 높이 항목을 포함한 다양한 발 측정항목을 짧은 시간 안에 자동으로 측정, 저장해 줌으로 효율적으로 이용가능하며, 최근에는 3차원 데이터의 양을 효율적으로 줄여, 데이터의 정리 과정을 개선하고, 측정데이터를 맞춤형신발로 형상화할 수 있는 시스템이 개발되는(Park & Lee, 2001) 등 많은 진전이 이루어지고 있다(Park, 2003).

현재 국내에서 발 부위에 관하여 3차원 스캔 장비를 활용한 연구가 늘어나고 있는 추세이며 주로 사용하는 기기로는 일본 I-ware사의 INFOOT와 한국의 K&I사의 Nexcan[®] 가장 많이 활용하고 있다. 발의 3차원 데이터를 이용하여 발 형태를 분석한 선행연구를 살펴보면, Lee and Kwon(2008), Leem and Shin(2007), Seok and Park(2007)은 제5차 한국인 인체치수조사사업의 3차원 발 측정데이터를 이용하여 발 유형을 분류하였으며, Choi and Chun(2007), Lee(2005), Lee et al.(2009), Park et al.(2004)은 I-Ware사의 Infoot system을 이용하여 발을 스캔한 후 유형을 분류하였다.

이와 같이 발의 3차원 스캐너를 이용한 연구의 증가는 발에 대한 다양한 항목의 측정데이터가 발의 형태분석에 유용한 자료를 제공하고 있음을 알 수 있으며, 주문 맞춤형 신발 생산뿐 아니라 인솔(Insole) 및 발과 관련된 기능성 부품의 설계와 제품화에 도움이 될 것이다.

더불어 노화로 인해 체력이 감소하고 신체활동이 부자연스러워지는 노년층에게 적합한 신발의 설계와 치수체계 설정을 위해서는 인체공학적인 라스트(Last) 제작이 필요하며, 이를 위해서 노년층 발바닥과 발 측면의 세부적인 형태분석을 통한 정확한 이해와 적절한 유형화가 선행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 60세 이상 노년 남성의 발을 측정하여, 노년 남성 발의 형태적 특징을 밝혀 신발의 맞춤새 향상을 위한 기초 자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 발에 심각한 질병이 없는 60세 이상 남성을 대상으로 2012년 7월 10일부터 7월 18일까지 광주광역시에 위치한 노인복지관에서 자료를 수집하였으며, 총 계측인원 313명 중 자료가 미비한 29명을 제외한 284명을 최종 분석에 이용하였다.

2. 측정방법 및 측정항목

본 연구의 3차원 계측을 위해 사용된 기기는 제6차 한국인 인체치수조사사업(Korean Agency for Technology and Standards, 2010)에서 사용한 기기와 동일한 한국 K&I사의 Nexcan[®]을 이용하였다. 3D 스캐너의 사양은 <Table 1>과 같다. 측정을 위한 발은 오른발을 측정하였으며, 측정기기과 자세는 <Fig. 1>과 같다.

3차원 발 측정 시 기준점과 계측항목은 제5차 한국인

Table 1. Foot scanner specification (Nexcan[®])

Measuring speed	18sec/foot
Measuring method	Laser-triangulation
Accuracy	±0.5mm
Scanning space	320×200×200mm
Sizes	700×550×400mm
Weight	25kg

Fig. 1. 3D foot scanner (K&I Technology).

인체치수조사사업의 기준점과 측정항목을 참고로 3D 스캔 장치의 자동 측정항목인 25개 항목을 선정하였으며, 3차원 측정된 발의 측면사진을 통해 엄지발가락-발등각도(Toe 1-instep angle), 발등각도(Instep angle), 발꿈치각도(Heel angle) 3항목을 추가로 측정하여 총 28항목을 측정하였다. 발 측측을 위한 기준점은 <Table 2>, <Fig. 2>와 같으며, 측정항목은 <Table 3>, <Fig. 3>에 나

Table 2. 3D scanning measurement foot landmarks

No.	Landmark
1	Toe 1 end point
2	Toe 2 end point
3	Toe 1 joint
4	Toe 2 joint
5	Sesamoid bone point (toe 1)
6	Instep point
7	Ankle point
8	Lateral malleolus
9	Medial malleolus
10	Sphyrion fibulare
11	Sphyrion
12	Pternion
13	Landing point of the heel
14	Upper point of the heel

Fig. 2. Foot landmarks.

타내었다.

III. 연구내용 및 분석방법

본 연구의 자료는 SPSS 19.0 Package를 이용하여 통계처리 하였으며, 각 항목에 대하여 데이터 탐색을 통하여 각 항목의 기술통계, 치수분포를 확인하고 최극단값을 추출하여 제거하였다. 노년 남성의 발 형태를 분류함에 있어 형태적인 요인이 나타날 수 있도록 하기 위해 측정치를 발길이에 대한 지수치를 사용하여 분석하였다.

Table 3. 3D foot dimensions

No.	Dimension
1	Foot length
2	Heel-to-instep length
3	Heel-to-ankle length
4	Ankle thickness
5	Heel width
6	Ankle width
7	Toe 1 height
8	Toe 5 height
9	Ball height
10	Instep height
11	Ankle height
12	Lateral malleolus height
13	Medial malleolus height
14	Sphyrion fibulare height
15	Sphyrion height
16	Heel height
17	Height of upper point of heel point
18	Arch height
19	Ball circumference
20	Instep circumference
21	Perpendicular ankle circumference
22	Heel-to-instep circumference
23	Heel-to-ankle circumference
24	Horizontal ankle circumference
25	Sphyrion circumference
26	Toe 1-instep angle*
27	Instep angle*
28	Heel angle*

*Measurement items in this study.

Fig. 3. Foot dimensions.

발에 관련된 형태요인을 추출하기 위하여 3차원 측정데이터에 대해 요인분석을 실시하였으며, 요인의 수를 결정하는 기준으로는 고유치(Eigenvalue)가 1.0 이상이고 설명력이 크게 변화하지 않는 점에서 결정하였다. 추출된 요인과 각 변수들의 요인적재량을 명확하게 하기 위하여 추출된 요인을 베리맥스(Varimax) 방법으로 직교회전(Orthogonal rotation)하여 요인의 내용을 밝혔다. 발을 유형화하기 위하여 요인분석 결과 추출된 각 요인점수를 독립변수로 군집분석(Cluster analysis)을 행하고, 표본들의 유사성을 측정하는 기준으로는 유클리드거리(Euclidean distance) 측정방법을 사용하였으며, Ward의 최소분산방법에 의해 계층적 기법으로 대상들을 군집화하였다. 또한 군집분석으로 구별한 집단의 발 형태의 특징을 알아보기 위하여 요인점수와 주요 측정항목의 지수치, 절대치에 대하여 항목별 기술통계, 분산분석으로 검증하였으며, 통계적으로 집단 간 유의적 차이가 있는 것으로 판단된 항목에 대해서는 다중비교(Duncan's multiple range test)로 집단 간의 차이를 비교검토하였다.

IV. 연구결과 및 고찰

1. 발 형태의 구성요인 추출

노년 남성의 3차원 형상에 대한 발 형태의 구성요인을 도출하기 위하여 요인분석을 실시하였다. 요인분석

에 사용한 항목은 3차원으로 측정된 40개 항목 중 발바닥 유형과 관련된 길이와 너비, 각도 항목은 제외하였으며, 발등, 발목, 발꿈치와 관련된 발꿈치-발등길이, 발꿈치-발목길이, 발목두께(Ankle thickness), 발목너비(Ankle width), 발꿈치너비(Heel width) 항목은 발 뒷부분 형태를 구성하는 중요한 항목으로 판단되어 분석에 포함하였다. 따라서 길이항목 2항목, 높이항목 13항목, 너비항목 3항목, 둘레항목 7항목의 3차원 계측항목 25항목과 직접 계측한 각도항목 3항목을 포함하여 총 28항목으로 요인분석을 실시하였으며, 발의 형태구성과 관련이 낮은 발배뼈점높이항목을 제외한 27항목이 최종 분석에 사용되었다. 요인분석 결과 7개의 요인이 추출되었으며 전체 변량의 77.56%를 설명하였다. 추출된 각 요인의 요인부하량은 <Table 4>와 같다.

<Fig. 4>~<Fig. 10>은 추출된 요인에 대해 각 요인별 요인점수의 최소값(Left)과 최대값(Right)을 갖는 발 형태를 발길이를 동일하게 조정하여 제시한 것이며, 요인과 관련된 측정항목을 발 형태 위에 표시하였다.

요인1은 안쪽복사높이, 안쪽복사뼈아래높이, 발목높이, 발등각도, 측면발끝각도, 아치높이 항목이 주요인으로 나타났으며, 이들 항목은 발안쪽의 계측항목과 측면의 기울기 특성을 나타내는 요인이므로 ‘발안쪽높이 및 측면기울기(Inside height and side gradient)’ 요인이라 할 수 있다. 고유치는 8.87이고 변량의 기여율은 32.76%이다(Fig. 4).

Table 4. Factor analysis of elderly men's foot

Factors	Items	Factor loading	Eigenvalue variance % (Cumulative variance %)
Inside H. and side gradient	Medial malleolus H. / Foot L.	.850	8.87 32.76 (32.76)
	Sphyrion H. / Foot L.	.822	
	Ankle H. / Foot L.	.752	
	Instep angle	.727	
	Toe 1-instep angle	.711	
	Arch H. / Foot L.	.651	
Ankle thickness	Ankle thickness / Foot L.	.890	4.25 15.73 (48.49)
	Sphyrion C. / Foot L.	.821	
	Horizontal ankle C. / Foot L.	.812	
	Heel-to-ankle L. / Foot L.	.763	
Size from foot center to ankle	Perpendicular ankle C. / Foot L.	.794	2.27 8.41 (56.90)
	Instep C. / Foot L.	.757	
	Ball C. / Foot L.	.708	
	Ankle width / Foot L.	.606	
	Heel width / Foot L.	.596	
	Heel-to-ankle C. / Foot L.	.563	
Lateral malleolus H.	Lateral malleolus H. / Foot L.	.858	1.86 6.87 (63.77)
	Sphyrion fibulare H. / Foot L.	.834	
Foot anterior H.	Toe 1 H. / Foot L.	.767	1.54 5.70 (69.47)
	Ball H. / Foot L.	.718	
	Toe 5 H. / Foot L.	.651	
Instep	Heel-to-instep L. / Foot L.	.969	1.14 4.20 (73.67)
	Heel-to-instep C. / Foot L.	.860	
	Instep H. / Foot L.	-.631	
Heel H. and gradient	Heel H. / Foot L.	.622	1.05 3.89 (77.56)
	Heel angle	-.573	
	H. of upper point of heel point / Foot L.	.555	

H.: Height, C.: Circumference, L.: Length

요인2는 발목두께, 복사뼈아래둘레, 발목수평둘레, 발꿈치-발목길이 항목이 주요인으로 나타나 발목의 굵기에 대한 특성을 나타내므로 ‘발목굵기’ 요인이라 할 수 있다. 고유치는 4.25이고 전체 변량의 15.73%를 설명한다(Fig. 5). 요인3은 발목수직둘레, 발등둘레, 볼둘레, 발목너비, 발꿈치너비, 발꿈치-발목둘레 항목을 포함하는데 발목수직둘레, 발등둘레, 볼둘레 항목은 발의 중반부의 크기를 나타내고, 발목너비, 발꿈치너비, 발꿈치-발목둘레 항목은 발 후반부의 크기에 대한 특성을 나타내어 ‘발

중후반부 크기(Size from foot center to ankle)’ 요인이라 할 수 있으며, 고유치는 2.27이고 전체 변량의 8.41%를 설명한다(Fig. 6).

요인4는 가쪽복사높이와 가쪽복사뼈아래높이 항목을 포함하여 ‘가쪽복사뼈높이(Lateral malleolus height)’ 요인이라 할 수 있으며, 고유치는 1.86이고 전체 변량의 6.87%를 설명한다(Fig. 7).

요인5는 엄지발가락높이, 볼높이, 새끼발가락높이 항목을 포함하여 발가락의 높이특성을 나타내므로 ‘발앞

Fig. 4. Inside height and side gradient factor.

Fig. 5. Ankle thickness factor.

Fig. 6. Size from foot center to ankle factor.

쪽높이(Foot anterior height)' 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 1.54이고 전체 변량의 5.70%를 설명한다

(Fig. 8).

요인6은 발꿈치-발등길이, 발꿈치-발등둘레, 발등높

Fig. 7. Lateral malleolus height factor.

Fig. 8. Foot anterior height factor.

이 항목을 포함하고 있어 ‘발등(Instep)’ 요인이라 할 수 있으며 고유치는 1.14이고 전체 변량의 4.20%를 설명한다(Fig. 9).

요인7은 발꿈치점높이, 발꿈치각도, 발꿈치위점높이 (Height of upper point of heel point) 항목을 포함하고 있어 ‘발꿈치높이 및 기울기(Heel height and gradient)’ 요인이라 할 수 있다. 고유치는 1.05이고 3.89%의 설명력을 갖는다(Fig. 10).

2. 발 형태의 유형화

요인분석에서 추출된 7개 요인의 요인점수를 독립변수로 하여 군집분석을 실시하였다. 군집 수는 발 유형의 출현율과 연구결과의 활용성을 고려하여 3개의 군집으로 유형화하였다. 3유형의 유형별 분포상태를 살펴보면, 유형1은 88명(31.0%), 유형2는 71명(25.0%), 유형3은 125명(44.0%)의 분포로 유형3이 가장 높은 분포를 나타

Fig. 9. Instep factor.

Fig. 10. Heel height and gradient factor.

내었다.

분류된 유형별로 발 형태의 특징을 살펴보기 위하여 각 유형별 요인점수와 측정항목의 지수치 및 실측치에 대하여 분산분석을 실시하고 사후검증으로 Duncan test를 사용하여 비교한 결과 <Table 5>~<Table 7>과 같이 발꿈치-발등길이, 발등높이, 발꿈치-발등둘레 항목을 제외한 모든 항목에서 유의차가 나타났으며 유형별로 요인점수와 지수치, 실측치에 대해 비교한 결과를 종합하여 유형별 특징을 비교해보면 다음과 같다.

유형1은 가쪽복사뼈높이의 요인4, 발앞쪽높이의 요인5, 발꿈치높이 및 기울기를 나타내는 요인7의 점수가 세 유형 중 가장 크게 나타났다. 요인2의 점수가 중간에 속하며, 발등의 위치를 나타내는 요인6은 세 유형 중 중간 정도의 점수로 발의 측면높이가 중간에 속함을 알 수 있다. 발안쪽의 높이 및 측면기울기를 나타내는 요인1의 점수는 세 유형 중 가장 낮게 나타났으며 발 중후반부의 크기를 나타내는 요인3의 점수는 가장 낮은 값을 보였다. 지수치를 살펴보면 발길이에 비해 가쪽복사뼈높이, 엄지발가락높이, 볼높이, 발꿈치점높이, 발꿈치위점높이가 세 유형 중 가장 높아 전반적으로 발의 높이가

높은 형태를 나타내었다. 발목두께는 작은 편이나 복사뼈아래둘레가 큰 편에 속하고 발목수평둘레는 중간 정도의 크기를 나타내어 발목의 굵기는 중간 정도로 나타났다. 발길이에 비해 발등높이는 높으나 발꿈치-발등둘레와 길이가 짧은 형태를 나타내었으며, 복사뼈아래높이가 낮고 엄지발가락높이와 발등높이의 차이가 크지 않아 발끝각도가 작은 형태를 이룬다. 또한 발길이에 비해 발목수직둘레가 중간정도의 크기이고 발꿈치-발목둘레는 작아 발의 중후반부의 크기가 작은 형태를 나타내었다. 이는 실측치에서도 같은 결과를 나타내며 발끝각도와 발꿈치각도가 작은 값을 나타내어 발 앞부분이 낮고 발꿈치가 곧은 형태임을 알 수 있다. 즉, 유형1은 발의 높이가 높은 경향이 있으며 발목은 중간 정도의 굵기로 발 앞부분이 두꺼우며 측면의 기울기가 낮고 발꿈치는 곧은 형태를 이루어 발 앞부분이 높고 발 중앙부가 낮은 유형이라 할 수 있다.

유형2는 요인1과 요인2를 제외한 나머지 요인의 점수가 낮은 값을 나타내었다. 발안쪽높이 및 측면기울기를 나타내는 요인1과 발목두께를 나타내는 요인2의 점수가 크게 나타나 발목이 두껍고 측면의 기울기가 큰 형

Table 5. The ANOVA results of 3 foot types on 7 factor scores

Factor contents		Type 1	Type 2	Type 3	F-value
Factor 1	Inside height and side gradient	-0.28 A	0.31 B	0.02 B	6.99**
Factor 2	Ankle thickness	-0.04 B	0.90 C	-0.49 A	62.78***
Factor 3	Size from foot center to ankle	-0.28 A	-0.25 A	0.34 B	13.65***
Factor 4	Lateral malleolus height	0.41 C	-0.58 A	0.04 B	22.21***
Factor 5	Foot anterior height	0.40 B	-0.21 A	-0.16 A	11.03***
Factor 6	Instep	-0.14 B	-0.48 A	0.37 C	19.12***
Factor 7	Heel height and gradient	0.64 B	-0.15 A	-0.37 A	33.58***

** $p < .01$, *** $p < .001$

Duncan test: A<B<C

Table 6. The ANOVA results of indices value by foot length according to 3D foot type

Items		Type 1 (n=88)	Type 2 (n=71)	Type 3 (n=125)	Total (N=284)	F-value
Length / Foot length	Heel-to-instep L.	.544 A	.536 A	.559 B	.548	11.91***
	Heel-to-ankle L.	.430 A	.447 B	.431 A	.435	25.47***
Width / Foot length	Ankle thickness	.389 A	.407 B	.384 A	.391	53.41***
	Heel W.	.274 A	.273 A	.278 B	.275	5.74**
	Ankle W.	.298	.297	.297	.297	0.21
Height / Foot length	Toe 1 H.	.099 B	.097 A	.097 A	.098	3.75*
	Toe 5 H.	.079	.077	.077	.078	2.16
	Ball H.	.158 B	.154 A	.154 A	.155	5.81**
	Instep H.	.265 B	.272 B	.254 A	.262	13.42***
	Ankle H.	.329 B	.317 A	.327 B	.325	7.50***
	Lateral malleolus H.	.298 C	.274 A	.290 B	.288	20.36***
	Medial malleolus H.	.352	.353	.357	.355	1.34
	Sphyrion fibulare H.	.232 B	.213 A	.227 B	.225	17.87***
	Sphyrion H.	.289 A	.290 A	.296 B	.293	3.28*
	Heel H.	.131 B	.115 A	.116 A	.120	26.23***
	H. of upper point of heel point	.313 B	.298 A	.297 A	.302	8.50***
	Arch H.	.045	.044	.042	.043	1.70
Circumference / Foot length	Ball C.	1.032	1.034	1.041	1.036	1.29
	Instep C.	1.024	1.035	1.034	1.031	1.48
	Perpendicular ankle C.	1.093 B	1.079 A	1.113 C	1.098	18.17***
	Heel-to-instep C.	1.467 A	1.460 A	1.493 B	1.477	10.81***
	Heel-to-ankle C.	1.359 A	1.377 B	1.369 B	1.368	4.86**
	Horizontal ankle C.	1.098 B	1.131 C	1.081 A	1.099	30.93***
	Sphyrion C.	1.194 B	1.202 B	1.144 A	1.174	4.26***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Duncan test: A<B<C

H.: Height, C.: Circumference, L.: Length

태임을 알 수 있다. 이는 지수치와 실측치에서 알 수 있듯이 발목두께, 복사뼈아래둘레, 발목수평둘레, 발꿈치 발목길이 항목이 큰 값을 나타내어 발목의 굵기가 굵은 형태를 나타내며, 엄지발가락높이와 볼높이가 낮은 반면 발등높이가 높아 발끝각도가 가장 크게 나타나 측면의 기울기가 큰 것을 알 수 있다. 발길이에 비해 발목수직둘레, 발꿈치-발목둘레가 크지 않으며, 가쪽복사뼈높이도 낮다. 발등높이는 높으나 발꿈치-발등길이와 발꿈치-발등둘레는 작아 발등이 발목점과 가깝게 위치함으로 발목과 더불어 발등이 높은 경향을 나타내었다. 발꿈치점높이와 발꿈치위점높이 모두 낮아 발꿈치의 경사가

작게 나타났다. 즉, 유형2는 세 유형 중 발목이 가장 굵으며, 발 앞부분의 높이가 낮고 발등점이 발목 근처에 위치해 발등점의 높이가 높아 측면의 기울기가 크며 발꿈치의 높이가 낮고 곧은 형태를 이루어 발 앞부분이 낮고 발 중앙부가 높은 유형이라 할 수 있다.

유형3은 요인2의 점수가 작아 세 유형 중 발목이 가장 가늘지만 요인3의 점수가 세 유형 중 가장 큰 값을 나타내어 발이 넓은 형태를 나타내었다. 요인1의 점수가 높은 편에 속해 발목높이를 비롯한 발안쪽높이가 높고 요인5의 점수가 낮아 엄지발가락높이와 볼높이가 낮다. 요인6의 점수는 세 유형 중 가장 높은 값을 나타내어 발

Table 7. The ANOVA results of measurements according to 3D foot data

(Unit: mm)

Items		Type 1 (n=88)	Type 2 (n=71)	Type 3 (n=125)	Total (N=284)	F-value
Length	Heel-to-instep L.	133.65 A	132.25 A	137.05 B	134.80	7.07***
	Heel-to-ankle L.	105.56 A	110.28 B	105.83 A	106.86	18.96***
Width	Ankle thickness	95.45 A	100.55 B	94.34 A	96.23	41.73***
	Heel W.	67.30	67.29	68.17	67.68	2.46
	Ankle W.	73.17	73.36	72.87	73.09	0.52
Height	Toe 1 H.	24.40 B	23.91 A	23.70 A	23.97	3.88*
	Toe 5 H.	19.46	18.98	18.94	19.11	1.86
	Ball H.	38.78 B	37.99 A	37.66 A	38.09	5.25**
	Instep H.	65.01 B	67.08 C	62.34 A	64.35	16.77***
	Ankle H.	80.68 B	78.13 A	80.24 B	79.85	5.68**
	Lateral malleolus H.	73.02 C	67.71 A	71.09 B	70.84	19.17***
	Medial malleolus H.	86.37	87.23	87.61	87.13	1.15
	Sphyrion fibulare H.	56.98 B	52.50 A	55.69 B	55.29	16.96***
	Sphyrion H.	71.02	71.56	72.71	71.90	2.60
	Heel H.	32.07 B	28.37 A	28.33 A	29.50	25.76***
	H.of upper point of heel point	76.69 B	73.71 A	72.85 A	74.25	6.97***
	Arch H.	11.05	10.85	10.20	10.63	1.69
Circumference	Ball C.	253.21	255.24	255.29	254.63	0.98
	Instep C.	251.45	255.49	253.60	253.41	2.51
	Perpendicular ankle C.	268.44 A	266.43 A	272.97 B	269.93	8.37***
	Heel-to-instep C.	360.25 A	360.35 A	366.25 B	362.92	4.60*
	Heel-to-ankle C.	333.61 A	339.98 B	335.98 A	336.25	4.80**
	Horizontal ankle C.	269.59 B	279.28 C	265.11 A	270.04	26.20***
	Sphyrion C.	293.23 B	296.80 B	280.61 A	288.57	25.99***
Angle	Toe 1-instep angle	22.38 A	22.95 B	21.93 A	22.32	5.93**
	Instep angle	27.52	28.20	27.53	27.70	1.20
	Heel angle	15.10 A	14.58 A	16.83 B	15.73	12.78***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Duncan test: A<B<C

H.: Height, C.: Circumference, L.: Length

등높이는 높지 않지만 발꿈치-발등길이와 발꿈치-발등둘레가 길어 발등에서 발가락까지의 길이가 짧은 경향을 나타낸다. 요인7의 점수가 작아 발꿈치의 높이는 가장 낮고 발꿈치의 기울기는 가장 크게 나타나 다른 유형에 비해 발꿈치가 튀어나온 형태를 나타내었다. 지수치를 살펴보면 발길이에 비해 발꿈치-발등길이가 크며 발꿈치와 발목까지의 길이는 작아 발 앞부분이 긴 형태임을 알 수 있다. 발목두께는 작은 편이며 발꿈치너비는 세 유형 중 가장 크게 나타났다. 엄지발가락높이, 볼높이, 발등

높이가 작아 발 앞부분이 납작한 형태를 이루며, 발목높이, 안쪽복사뼈높이, 안쪽복사뼈아래높이 항목이 발길이에 비해 큰 값으로 나타났다. 발길이에 비해 발목수직둘레와 발꿈치-발등둘레, 발꿈치-발목둘레 항목은 크게 나타나 발의 뒷부분이 발크기에 비해 큰 것으로 보인다. 그러나 발목수평둘레와 복사뼈아래둘레가 가장 작은 것으로 보아 발목은 가는 형태임을 알 수 있다. 실측치를 살펴보면 발꿈치-발등길이가 가장 큰 반면 발꿈치-발목둘레는 가장 작게 나타났으며, 발목두께는 큰 편으로 나타

났다. 그러나 발목수직둘레와 발목높이, 발꿈치-발등둘레가 큰 것으로 보아 발목의 높이가 높은 것으로 보이며 발꿈치각도 역시 가장 큰 값을 나타내어 앞으로 기운 형태임을 알 수 있다. 즉, 유형3은 세 유형 중 발목이 가장 가는 형태로 발 앞부분 높이가 낮다. 발등이 발의 앞쪽에 위치하여 측면의 경사가 작아 납작한 형태를 이루며 발꿈치는 낮고 둥글게 돌출한 형태를 이루어 발 앞부분이 낮고 발 중앙부가 낮은 유형이라 할 수 있다.

각 유형의 3차원 특징을 나타내는 대표적인 입체 발 형태는 <Fig. 11>에 나타내었다.

3. 3차원 발 형태의 실루엣 비교

유형별로 분산분석과 Duncan test를 통해 비교한 결과를 종합하여 유형별 형태적 특징을 살펴보면 <Fig. 12>와 같다.

V. 결 론

본 연구는 60세 이상 노년 남성을 대상으로 3차원 발 형태에 대한 유형을 분류하고 유형별 특징을 분석함으

Fig. 11. Foot type according to 3D data of elderly men.

Fig. 12. Comparison of silhouette according to sole types of elderly men.

로써 노년 남성의 발 형태의 특징을 밝히고자 하였다. 결과는 다음과 같다.

첫째, 3차원 발 계측항목을 발길이에 대한 지수치로 요인분석한 결과, 발안쪽높이 및 측면기울기, 발목굽기, 발 중후반부 크기, 가쪽복사뼈높이, 발앞쪽높이, 발등, 발꿈치높이 및 기울기의 7요인이 추출되었으며, 전체 변량의 77.56%를 설명하였다. 둘째, 7개의 요인점수를 독립변수로 군집분석한 결과, 발 앞부분이 높고 발 중앙부가 낮은 유형, 발 앞부분이 낮고 발 중앙부가 높은 유형, 발 앞부분이 낮고 발 중앙부가 낮은 유형 등 3유형으로 분류되었다.

유형1은 31.0%의 분포로 전체적으로 발의 높이가 높고 엄지발가락과 볼높이가 세 유형 중 가장 높아 앞부분이 높다. 발꿈치점높이와 발꿈치위점높이 또한 가장 높으나 발꿈치각도는 작아 발꿈치가 곧은 형태를 이룬다. 발등높이는 중간 정도의 높이이나 측면의 기울기가 낮아 발 앞부분이 높고 발 중앙부가 낮은 유형이라 할 수 있다.

유형2는 25.0%의 분포로 전체적으로 발의 높이가 낮고 엄지발가락과 볼높이가 세 유형 중 가장 낮아 발 앞부분이 낮다. 발꿈치점높이와 발꿈치위점높이가 낮고 발꿈치각도 또한 작아 발꿈치가 곧은 형태를 이룬다. 그러나 발등점이 발목 근처에 위치하여 발등높이는 세 유형 중 가장 높으며 측면의 기울기가 큰 형태를 이루어 발 앞부분이 낮고 발 중앙부가 높은 유형이라 할 수 있다.

유형3은 44.0%로 가장 높은 분포를 이루며 유형2와 같이 발의 앞부분의 높이가 낮고 발꿈치높이와 발꿈치위점높이는 가장 낮으나 발꿈치각도가 세 유형 중 가장 크게 나타나 발꿈치가 뒤로 돌출한 형태를 이룬다. 발

등높이가 가장 낮아 전체적으로 발 앞부분이 높고 발 중앙부의 높이가 낮은 유형이라 할 수 있다.

이와 같이 본 연구에서 노년 남성의 3차원 발 형태는 발등점의 위치에 따른 측면기울기의 차이로 발 앞부분과 발 중간 부분의 높이에 따라 측면유형이 구분되어졌다. 이는 신발 착용 시 통증부위나 불편부위와 관련이 있으며 노년 남성의 신발 설계 시 높이항목의 반영이 필요함을 알 수 있다. 본 연구에서 사용한 3차원 측정기기는 랜드마크를 인식하지 않아 3차원 형상에 기준점 설정 시 발배뼈점, 안쪽복사점, 안쪽복사뼈아래점과 같이 돌출되지 않은 기준점은 정확한 위치를 설정하는데 어려움이 있었다. 따라서 계측자의 발에 기준점을 직접 랜드마크를 표시한 후 계측이 이루어진다면 발에 대한 정확한 데이터를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 신발의 적합성과 관련하여 고려되어야 할 점으로 발 측면의 높이와 더불어 발꿈치의 형태 또한 중요하다 할 수 있다. 발꿈치의 형태와 신발 발꿈치의 곡률이 맞지 않을 경우 불편을 초래하고 통증을 유발하기도 한다. 발꿈치와 다리 뒤쪽의 외곽선이 이루는 실루엣에 따라 발꿈치의 형태는 다르게 해석될 수 있는데 3차원 측정은 발목부분까지의 형상에 이터에 대한 정보만 제공하므로 정확한 발꿈치의 형태를 분석하기 위해서는 발목 윗부분의 형태에 대한 추가적인 계측을 통해 밝혀져야 할 것으로 생각된다. 본 연구는 광주광역시에 거주하는 60세 이상 고령자를 대상으로 분석이 이루어졌으며, 대부분 60~70대로 80대 이상의 분포는 매우 낮아 고령자 전체로 확대 해석하는데 신중을 기해야 할 것이며, 평균 수명이 연장된 만큼 80세 이상의 초고령자들의 발 형태에 대한 연구가 추가로 이루어져 할 것이다.

References

- Choi, S. H., & Chun, J. S. (2007). The comparison of foot shape classification methods. *The Research Journal of the Costume Culture*, 15(2), 252–264.
- Kim, S. H. (2003). *Upper garment sizing systems and patternmaking of jacket of elderly males*. Unpublished doctoral dissertation, Pusan University, Busan.
- Korean Agency for Technology and Standards. (2010). *The 6th Size Korea 3D Scan & Measurement Technical Report*. Seoul: Government Printing Office.
- Lee, J. E., & Kwon, Y. A. (2008). The classification of men's foot shape according to age. *Journal of the Korea Society for Clothing Industry*, 10(5), 644–651.
- Lee, J. H. (2005). Foot shape of college men for design of footwear. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 11(4), 165–172.
- Lee, S. J., Kim, M. W., Lee, H. C., Park, J. Y., Kim, M. H., Woo, Y. H., & Park, G. D. (2009). Analysis of measured data for foot-dimension of the elder for ergonomic design of last. *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea, Spring Conference, Korea*, 369–372.
- Leem, Y. M., & Shin, K. J. (2007). A study on men's foot for size establishment of safety shoes. *Proceedings of the Korea Safety Management & Science, Fall Conference, Korea*, 263–268.
- Park, J. K. (2003). *Classification of foot types of elderly women and their characteristics*. Unpublished doctoral dissertation, Seoul National University, Seoul.
- Park, S. J., Jeong, S. K., & Lee, H. J. (2004). A study on the dimensions and the characteristics of Korean man's left and right feet using 3D scanner-The subject of young age people in twenties-. *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea, Fall Conference, Korea*, 369–372.
- Park, S. K., & Lee, B. K. (2001). System integration of custom shoe & wig using 3D scanning technology. *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 18(5), 12–16.
- Seok, H. J., & Park, J. E. (2007). The classification of elderly men's foot-With the three-dimensional body scanner data of Size Korea-. *Journal of the Korean Society of Costume*, 57(10), 50–59.
- Statistics Korea. (2010). *장래인구추계: 2010년~2060년* [Report on the estimated future population: 2010-2060]. Daejeon: Author.