

체질량지수에 따른 발 치수 비교 및 비만 성인 남성의 발 특성 연구

김남순¹⁾ · 도월희[†]

¹⁾전남대학교 의류학과 / 전남대학교 생활과학연구소 / 전남대학교 산학협력단 헬스케어웨어 R&BD 센터
전남대학교 의류학과 / 전남대학교 생활과학연구소

A Comparison of the Foot Dimensions and Foot Characteristics of Adult Obese Men using Body Mass Index

Namssoon Kim¹⁾ and Wolhee Do[†]

¹⁾Dept. of Clothing and Textiles / Research Institute of Human Ecology, Chonnam National University / Healthcare Ware Research and Business Development Center, Chonnam National University; Gwangju, Korea
Dept. of Clothing and Textiles / Research Institute of Human Ecology, Chonnam National University; Gwangju, Korea

Abstract: This study aimed to present data for the development of a shoe which is suitable for plus-size men (BMI 25kg/m² or higher) and to analyze the characteristics of each type of foot. The results of the study are as follows. To assess foot shape in relation to weight gain, participants were categorized into normal weight, overweight, and obese weight groups, according to their BMI indexes. Those in the normal weight group exhibited a smaller value than the overweight or obese weight group in all items. As a result of the cluster analysis, by type of foot, of the obese men category, men were classified into four BMI index groups: members of the type 1 group had a BMI index of 157 (18.4% of total sample), while for type 2 the figure was 213 (25.0% of sample), for type 3 it was 259 (30.4%), and for type 4 it stood at 224 (26.3% of total sample). Those from the type 1 group had thin ankles with narrow toes and flattened sides. Type 2 group members had thick ankles with well-developed outer feet and thick sides. Those within the type 3 group had medium-thick ankles with narrow feet but wide inner feet. Finally, those in the type 4 group had feet with a slanted side, as well as thick ankles, wide feet, and flat sides. Among these categories, the type 3 group members indicated the highest distribution.

Key words : obesity man (비만 남성), BMI (비만지수), foot type (발유형), Size Korea (사이즈코리아)

1. 서 론

통계청에서 발간한 「국민 삶의 질 2021」 보고서에 따르면 신종 코로나 바이러스 감염증(코로나19)으로 인해 재택근무와 외부 활동이나 운동시설 이용 제약으로 인한 활동량 감소가 비만을 증가로 나타나 코로나19 시기인 '20년에는 38.3%로 전년 대비 4.5% 증가한 것으로 나타났다. 특히 남성의 비만율은 급격히 증가하는 추세이다(Statistics Korea, 2022). 질병관리청이 발간한 국민건강통계플러스 통계집에 따르면 비만유병률은 남녀 모두 크게 늘었는데 남성의 경우 2019년 41.8%에서 2020년 48%로 조사 이래 가장 높은 수치를 기록하였고, 특히 비만 남

성의 절반 이상이 30대(58.2%), 40대(50.7%)로 그 연령이 낮아졌다고 하였다(Jang, 2022).

비만은 조기 사망, 심혈관 질환, 제2형 당뇨병, 일부 암, 골관절염 및 장애의 위험 증가를 포함하여 건강에 많은 부정적인 영향을 끼치며, 최근 연구에 따르면 과체중 및 비만인 성인은 정상 체중의 성인보다 보행 시 발 통증, 평발 및 높은 최대 파종기 압력(High peak plantar pressures)을 경험할 가능성이 더 높다고 한다(Dufour et al., 2017). 발은 신체의 주요 지지 기반이자 이동성, 균형 및 일상 생활 활동의 핵심 기반이며, 신발은 광범위한 일상, 직업, 레크레이션 및 스포츠 활동을 수행할 때 외상으로부터 발을 보호하면서 효율적이고 통증 없는 움직임을 촉진하는데 필수적인 역할을 한다(Menz & Bonanno, 2021). 신발 편안함은 신발 디자인의 구조적 및 기능적 측면뿐만 아니라 작업 요구사항 및 개인의 체질량, 골격정렬, 관절운동범위, 보행패턴, 촉각 민감도, 통증 인식 및 미적 선호도의 가변성 등 여러 요인에 영향을 받는 복잡하고 다면적인 개념(Menz & Bonanno, 2021)으로, 착용자의 발에 알맞게 맞는 신발이 가장 편안한 신발이며 발의 실제 크기와 형태를 반영하지 못할 경우 많은 불편함을 초래할 수 있다. 체중의 증가는 발

†Corresponding author: Wolhee Do

Tel. +82-62-530-1346

E-mail: whdo@jnu.ac.kr

©2023 Fashion and Textile Research Journal (FTRJ). This is an open access journal. Articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기능에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높으며, 비만한 사람일수록 발꿈치의 통증을 더 호소한다는 연구 Prichasuk(1994)와 같이 비만과 발의 통증은 연관성이 있다는 연구도 발표된 바 있다(Dufour et al., 2017). 정상 체중의 성인에 비해 비만 성인들의 경우 아치 높이가 낮아지고(Gilmour & Burns, 2001; Gravante et al., 2003; Mickle et al., 2006) 발길리와 둘째가 커지는 특징(Mickle et al., 2006; Mickle & Steele, 2015; Park, 2012)을 나타내었다. 따라서 비만 성인들은 소매 신발에 대한 만족도가 감소하며 BMI가 증가함에 따라 편안하고 적합한 신발의 선택이 점점 더 어려워져 더 넓은 발을 수용할 수 있는 스포츠 신발이나 특정 발 통증 상태를 위한 정형외과 신발에 의존하지만 일상 생활 신발에 대한 선택은 제한적이라고 하였다(Cimolin et al., 2022; Hwang et al., 2001; Jelinek & Fox, 2009; Park, 2012). 신발 사이즈를 결정하는 중요한 요소인 발길리는 신장과 함께 발너비, 체질량지수(BMI)와도 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며(Ronnins, 1986), Lee(2004)는 체질량지수의 증가가 발의 앞부분의 높이와 너비에 영향을 주며, 체중의 증가로 발바닥의 지방층과 발등의 피하지방의 두께와 변화뿐만 아니라 아치의 변화를 초래할 수 있는 골격 구조 변화의 원인이 될 수 있으므로 발의 길이나 너비와 더불어 높이, 둘째 등을 측정하는 것이 필수라고 하였다. 비만 남성과 정상 체중의 남성을 비교하였을 때 비만 남성은 정상 체중 남성보다 큰 사이즈의 신발을 착용하는 경향이 있는데(Gravante et al., 2003), 이로 인해 적합하지 않은 신발을 착용함으로써 물집, 통증, 피로, 발 변형 등 다양한 문제가 발생하기도 한다. 따라서 비만의 성인의 발에 적합한 사이즈의 신발 제공을 위해 이들 발의 치수와 형태를 정확하게 파악하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

국내 비만 성인의 발 형태 관련 선행연구를 살펴보면 50세 이상 비만 남성 시니어를 대상으로 3차원 발 형상데이터를 분석하여 표준 라스트를 개발한 연구(Lee & Kim, 2017)가 이루어졌으며, Kim and Do(2020)는 5차 Size Korea(Korean Agency for Technology and Standards, [KATS])의 20~59세 비만 여성의 3차원 발형상 데이터를 활용하여 발유형을 분류하였다. 이와 같이 국내에서는 비만성인의 발에 대한 연구가 부족한 실정으로 이들 발의 특성에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

과체중 또는 비만인 성인이 골관절염, 건염 및 발바닥 근막염과 같은 발 합병증 발병 위험이 더 높다는 증거가 있지만 비만이 발에 미치는 형태적인 영향에 대한 연구는 이루어지지 않는 실정이다. 이에 본 연구에서는 BMI 25 kg/m² 이상을 비만, 그렇지 않은 집단(BMI 25 kg/m² 미만)을 정상 체중으로 구분하여 비만 남성(BMI 25 kg/m² 이상)에게 적합한 라스트 개발을 위한 발의 형태를 파악하고 특성을 분석하고자 한다. 이를 위해 정상 체중(BMI 25 kg/m² 미만)의 남성을 준거집단으로 하여 이들과 비교·고찰함으로써 비만 남성 발의 특징에 대한 이해를 높이고, 이들 발 형태에 적합하고 맞춤세를 향상시킬 수 있는 라스트 설계를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상 및 측정항목

본 연구는 비만 남성의 발 특성을 파악하기 위하여 제8차 Size Korea(KATS, 2020~2021)의 20~69세 성인 남성 1,999명의 3차원 발 측정 데이터를 활용하였다. 제8차 Size Korea(KATS, 2020~2021) 인체치수조사 보고서의 체질량지수(BMI)를 기준으로 한 비만평가에 따라 18.5~22.9 kg/m²는 표준체중, 23.0~24.9 kg/m²는 위험체중, 25.0~29.9 kg/m²은 1단계 비만, 30.0 kg/m² 이상은 2단계 비만으로 설정되어 있으나, 본 연구에서는 25.0 kg/m² 이상을 비만 집단군으로 나누어 분류하였으며 BMI 18.4 kg/m² 미만에 해당하는 저체중(1.3%)을 제외한 1973명의 3차원 발 측정 데이터를 최종 분석자료로 활용하였다. 발의 특성 분석을 위한 발 측정 항목은 제8차 Size Korea의 측정 항목에 따라 길이 10항목, 높이 12항목, 둘째 9항목, 두께 및 너비 8항목, 각도 4항목, 계산치 1항목으로 총 44개의 항목으로 설정하였다(Table 1).

2.2. 분석방법

본 연구의 자료 분석은 IBM SPSS 27.0 프로그램을 이용하여 통계처리하였으며, 기술통계, 요인분석, 군집분석, ANOVA와 Duncan test를 실시하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 연령에 따른 비만도

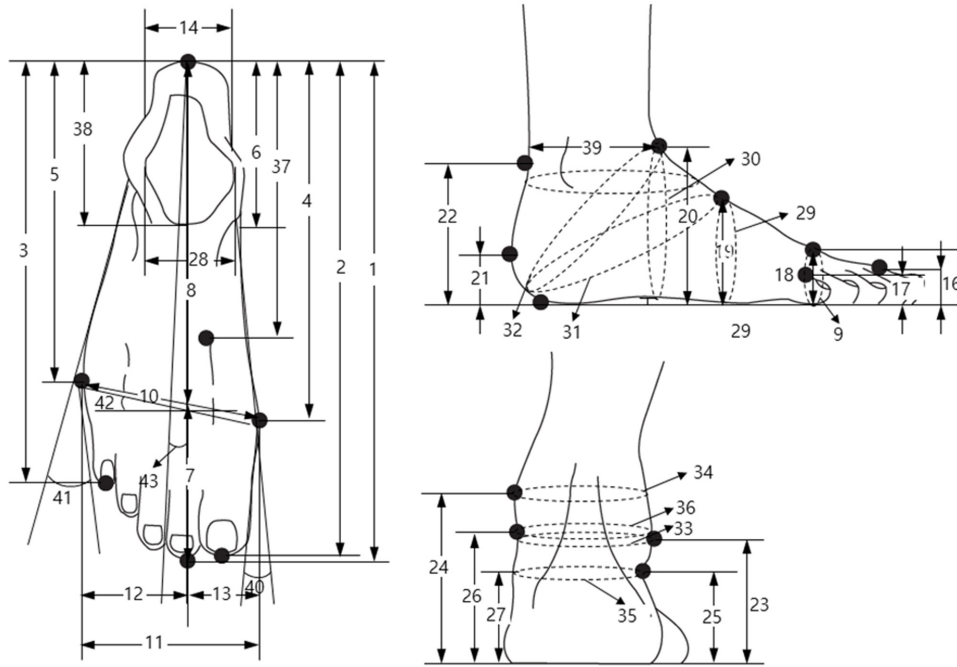
체중 증가에 따른 발 형태를 비교하기 위하여 20~69세 성인 남성 1,973명을 BMI 지수에 따라 정상체중군, 과체중군, 비만체중군으로 분류하였다. 연령에 따른 비만 집단 별 분포를 살펴보면 과체중과 비만체중군에 해당하는 분포가 20대는 61.3%, 30대 79.0%, 40대 74.2%, 50대 73.7%, 60대 78.6%의 분포로 모든 연령에서 과체중 및 비만체중군의 분포가 높게 나타났으며 30대, 40대, 60대의 비만율이 50% 이상으로 나타나 비만 인구의 연령이 낮아졌음을 알 수 있다(Table 2). 비만 집단 별 평균 신체 치수는 Table 3과 같다.

3.2. 비만집단별 발 치수 비교

20세 이상 성인 남성의 발 실측치에 대한 평균을 비만 집단 별로 ANOVA와 Duncan test를 통해 차이를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 전체 44항목 중 발꿈치발가락점길이, 발베뼈점 깊이, 발꿈치점높이, 가쪽복사아래높이, Arch높이, 엄지발가락 측각도, 발볼각도 항목을 제외한 37개 항목에서 비만집단별 유의한 차이가 나타났다.

길이항목의 경우 모든 항목에서 정상체중군이 가장 짧게 나타났다. 발직선길이, 발꿈치엄지발가락길이, 발중심점상측길이 항목에서는 과체중과 비만 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발꿈치새끼발가락길이, 발꿈치발안쪽점길이, 발꿈치발베

Table 1. 3D scanning foot measurement items



- | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1. Foot L. | 12. Lateral ball-of-foot W. | 23. Lateral malleolus H. | 34. Medial malleolus C. |
| 2. Heel to toe digit 1 L. | 13. Medial ball-of-foot W. | 24. Medial malleolus H. | 35. Sphyrion fibulare C. |
| 3. Heel to toe digit 5 L. | 14. Heel W. | 25. Sphyrion fibulare H. | 36. Sphyrion C. |
| 4. Heel-to-tibiale L. | 15. Navicular depth | 26. Sphyrion H. | 37. Heel-to-instep L. |
| 5. Heel-to-fibulare L. | 16. Toe 1 H. | 27. Arch H. | 38. Heel-to-ankle L. |
| 6. Heel to navicular L. | 17. Toe 5 H. | 28. Ankle W. | 39. Ankle thickness |
| 7. Foot center to toe digit II L. | 18. First metatarsal bone H. | 29. Vertical instep C. | 40. Toe digit 1 angle |
| 8. Foot center to heel L. | 19. Instep H. | 30. Vertical ankle C. | 41. Toe digit 5 angle |
| 9. Ball C. | 20. Ankle H. | 31. Heel-to-instep C. | 42. Ball line angle |
| 10. Ball-of-foot distance | 21. Heel H. | 32. Heel ankle C. | 43. Foot center line angle |
| 11. Foot breadth | 22. Upper heel H. | 33. Lateral malleolus C. | 44. Ball flattening ratio* |

L.: Length, H.: Height, C.: Circumference, W.: Width * (Ball-of-foot distance/Ball C.)*100

Table 2. Distribution of BMI index by age for adult men

(Unit: n (%))

BMI(kg/m ²) \ Age	20	30	40	50	60	Total
Normal (less than 22.9)	318(38.6)	101(21.0)	75(25.8)	40(26.3)	48(21.3)	582(29.5)
Over weight (23.0~24.9)	248(30.1)	124(25.7)	63(21.6)	39(25.7)	64(28.4)	538(27.3)
Obesity (over 25.0)	257(31.2)	257(53.3)	153(52.6)	73(48.0)	113(50.2)	853(43.2)
Total	823(100.0)	482(100.0)	291(100.0)	152(100.0)	225(100.0)	1973(100.0)

Table 3. Size specifications for subjects for adult men

Items	Normal (n = 582)	Over weight (n = 538)	Obesity (n = 853)	Total (N = 1973)
Stature (mm)	1735.9	1736.2	1737.2	1736.5
Weight (kg)	64.7	72.3	83.3	74.8
BMI (kg/m ²)	21.5	24.0	27.6	24.8

뼈점길이, 발중심점하측길이, 발꿈치발등길이, 발꿈치발목길이 항목에서는 과체중과 비만 집단 간 유의차를 보여 체중이 증가할수록 발가락 부분을 제외한 나머지 부분의 길이가 길어지는 것으로 판단된다.

너비항목에서는 유의한 차이를 보인 모든 항목에서 정상체 중군이 가장 작은 값을 나타내었으며 볼거리, 발너비, 외측볼너

Table 4. The result of ANOVA of measurements according to foot types for adult men (Unit: mm)

Items	Normal (n = 582)	Over weight (n = 538)	Obesity (n = 853)	Total (N = 1973)	F-value	Duncan test
Foot L.	254.55	256.53	257.65	256.43	14.297***	ABB
Heel to toe digit 1 L.	254.00	255.97	257.16	255.90	14.812***	ABB
Heel to toe digit 5 L.	209.63	211.32	212.76	211.44	19.423***	ABC
Heel-to-tibiale L.	188.35	189.89	190.96	189.90	15.387***	ABC
Heel-to-fibulare L.	162.53	163.66	163.47	163.24	2.758	
Heel to navicular L.	91.13	93.42	95.28	93.55	36.128***	ABC
Foot center to toe digit II L.	75.04	76.02	76.17	75.80	7.784***	ABB
Foot center to heel L.	179.51	180.51	181.48	180.64	9.079***	ABC
Ball C.	244.02	248.84	255.96	250.50	214.435***	ABC
Ball-of-foot distance	100.57	102.53	105.21	103.11	154.771***	ABC
Foot breadth	97.01	98.93	101.36	99.41	148.190***	ABC
Lateral ball-of-foot W.	52.01	52.85	54.89	53.48	68.804***	ABC
Medial ball-of-foot W.	45.00	46.07	46.48	45.93	22.548***	ABB
Heel W.	64.94	66.20	68.52	66.83	197.229***	ABC
Navicular depth	12.65	12.97	13.29	13.01	2.264	
Toe 1 H.	21.77	22.16	23.03	22.42	37.570***	ABC
Toe 5 H.	17.95	18.50	19.29	18.68	48.804***	ABC
First metatarsal bone H.	32.77	33.40	34.28	33.59	48.568***	ABC
Instep H.	53.93	54.58	55.65	54.85	22.291***	ABC
Ankle H.	75.29	76.02	77.37	76.39	26.765***	ABC
Heel H.	21.34	21.74	21.87	21.68	2.311	
Upper heel H.	60.99	61.22	61.68	61.35	4.314*	ABB
Lateral malleolus H.	70.08	70.71	71.31	70.78	13.723***	ABC
Medial malleolus H.	79.09	79.90	80.69	80.00	20.142***	ABC
Sphyrion fibulare H.	54.06	54.16	54.53	54.29	1.645	
Sphyrion H.	65.44	65.82	66.79	66.12	10.275***	AAB
Arch H.	45.57	45.48	46.38	45.90	2.785	
Ankle W.	70.26	71.95	73.75	72.23	140.405***	ABC
Vertical instep C.	241.33	246.79	254.13	248.35	299.009***	ABC
Vertical ankle C.	258.46	263.97	271.70	265.69	277.618***	ABC
Heel-to-instep C.	373.82	380.13	387.39	381.41	113.871***	ABC
Heel ankle C.	324.72	330.80	339.28	332.67	226.352***	ABC
Lateral malleolus C.	272.02	278.94	288.69	281.12	197.401***	ABC
Medial malleolus C.	252.04	258.45	266.99	260.25	251.018***	ABC
Sphyrion fibulare C.	334.19	342.93	353.27	344.82	107.456***	ABC
Sphyrion C.	287.45	295.13	303.88	296.65	111.069***	ABC
Heel-to-instep L.	149.26	151.53	153.63	151.77	46.002***	ABC
Heel-to-ankle L.	109.81	111.82	114.00	112.17	82.388***	ABC
Ankle thickness	99.82	101.88	103.76	102.08	87.891***	ABC
Toe digit 1 angle	7.87	8.62	8.14	8.19	2.529	
Toe digit 5 angle	12.47	13.09	13.63	13.14	9.209***	ABB
Ball line angle	19.93	20.00	20.04	19.99	0.167	
Foot center line angle	9.92	9.35	10.46	10.00	4.388*	ABB
Ball flattening ratio	41.21	41.20	41.10	41.16	6.590***	BBA

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, Duncan test: A < B < C
H.: Height, C.: Circumference, L.: Length, W.: Width

비, 발꿈치너비, 발목너비, 발목두께에서는 비만 집단별로 유의한 차이를 보인 반면 내측볼너비 항목에서는 과체중과 비만 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않아 체중이 증가할수록 발의 두께나 너비가 두꺼워지고 넓어지나 내측보다는 외측 방향으로 넓어지는 양상을 보였다.

높이항목에서는 엄지발가락높이, 새끼발가락높이, 첫째발허리뼈높이, 발등높이 발목높이, 가쪽복사높이, 안쪽복사높이 항목에서 비만 집단별로 유의한 차이가 나타나 체중이 증가할수록 전체적으로 높아지는 것을 알 수 있었다. 그러나 발꿈치위

점높이에서는 과체중과 비만 집단 간 유의차가 나타나지 않았으며 안쪽복사아래높이 항목에서는 정상체중과 과체중 집단 간 유의차를 나타내지 않았다.

둘레항목에서는 볼둘레, 발등수직둘레, 발목수직둘레, 발꿈치 발등둘레, 발꿈치발목둘레, 가쪽복사수평둘레, 안쪽복사수평둘레, 가쪽복사아래수평둘레, 안쪽복사아래수평둘레의 모든 항목에서 비만 집단별 유의차가 나타나 체중이 증가할수록 둘레가 커짐을 알 수 있다.

그 외 새끼발가락측각도, 발중심선각도 항목에서 정상체중군

Table 5. Result of the factor analysis of measured feet dimensions of obese adult men

Items	Factor	Factor score	Eigenvalue	Variance (%)	Accumulative variance (%)	Factor character
Foot L.		0.906				
Heel to toe digit 1 L.		0.903				
Heel-to-fibulare L.		0.874				
Heel-to-tibiale L.		0.873				
Heel to toe digit 5 L.		0.856	12.901	36.860	36.860	Foot length and ankle size
Heel-to-ankle L.		0.764				
Ankle thickness		0.687				
Heel ankle C.		0.641				
Ankle W.		0.451				
Foot breadth		0.900				
Ball-of-foot distance		0.892				
Ball C.		0.855				
Vertical instep C.		0.808	4.890	13.971	50.831	Midfoot size and foot lateral structure
Lateral ball-of-foot W.		0.757				
Vertical ankle C.		0.640				
Toe digit 5 angle		0.593				
Heel W.		0.429				
Sphyrion C.		0.842				
Medial malleolus C.		0.689	3.199	9.141	59.972	Ankle C.
Lateral malleolus C.		0.519				
Ankle H.		0.877				
Medial malleolus H.		0.757	2.126	6.073	66.045	Ankle H.
Sphyrion H.		0.565				
Sphyrion fibulare H.		0.909				
Upper heel H.		0.866	1.940	5.542	71.587	Lateral malleolus H.
Sphyrion fibulare C.		-0.691				
Lateral malleolus H.		0.687				
Toe 1 H.		0.887				
Toe 5 H.		0.808	1.529	4.369	75.956	Forefoot H.
First metatarsal bone H.		0.779				
Medial ball-of-foot W.		0.895	1.457	4.164	80.119	Foot medial structure
Toe digit 1 angle		0.815				
Heel-to-instep L.		0.751				
Instep H.		-0.676	1.134	3.239	83.359	Instep
Heel-to-instep C.		0.667				

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

이 과체중과 비만 집단보다 작은 값을 나타내어 유의차를 보였으나 과체중과 비만 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않아 체중의 증가로 발 외측이 변형이 쉽게 나타날 것으로 판단된다, 반면에 불편평률은 정상체중과 과체중 집단 간 유의차를 보이지 않은 반면 두집단에 비해 비만 집단의 낮은 불편평률로 유의한 차이를 나타내어 볼 부위의 크기는 체중 증가로 인한 변화가 늦은 것으로 판단된다.

3.3. 비만 남성 발 형태의 구성요인 추출

비만 남성 발 형태의 구성요인을 추출하기 위하여 요인분석을 실시하였다. 발의 형태 구성과 관련이 낮은 9항목을 제외한 35항목이 요인분석에 사용되었으며 추출된 요인은 베리맥스(Varimax) 방법으로 직교회전시켜 고유치(Eigenvalue)가 1 이상인 것으로 최종 8개의 요인이 추출되었다. 추출된 각 요인의 요인부하량은 Table 5와 같으며 전체 변량의 83.36%를 설명하였다.

요인 1은 발직선길이, 발꿈치엄지발가락길이, 발꿈치발가쪽점길이, 발꿈치발안쪽점길이, 발꿈치새끼발가락길이, 발꿈치발목길이, 발목두께, 발꿈치발목둘레, 발목너비 항목으로 구성되었으며, 이는 발길기와 발목의 두께와 둘레, 너비 항목을 포함하고 있어 발길기와 발목크기 요인이라 할 수 있다. 고유치는 12.901이고, 전체 변량의 36.860%를 설명한다.

요인 2는 발너비, 볼거리, 볼둘레, 발등수직둘레, 외측볼너비, 발목수직둘레, 새끼발가락측각도, 발꿈치너비 항목을 포함하고 있으며 발의 볼부터 발목까지 발의 너비와 측면의 크기와 발의 외측 형태에 영향을 미치는 요인으로 해석되어 발 중심의 크기와 발 외측 형태 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 4.890이고, 전체 변량의 13.971%를 설명한다.

요인 3은 안쪽복사아래수평둘레, 안쪽복사수평둘레, 가쪽복사수평둘레 항목이 포함되며 안쪽과 가쪽의 복사뼈가 위치한 발목 부위의 둘레를 나타내므로 발목둘레 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 3.199이고, 전체 변량의 9.141%를 설명한다.

요인 4는 발목높이, 안쪽복사높이, 안쪽복사아래높이 항목이 포함되며 발목 부위의 높이 특성을 나타내므로 발목높이 요인

이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 2.126이고, 전체 변량의 6.073%를 설명한다.

요인 5는 가쪽복사아래높이, 발꿈치위점높이, 가쪽복사아래수평둘레, 가쪽복사높이 항목이 구성되어 가쪽복사 위치를 나타내므로 가쪽복사높이 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 1.940이고, 전체 변량의 5.542%를 설명한다.

요인 6은 엄지발가락높이, 새끼발가락높이, 첫째발허리뼈높이 항목으로 구성되었으며 발가락이 포함된 발상측의 높이를 나타내고 있어 발상측 높이 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 1.529이고, 전체 변량의 4.369%를 설명한다.

요인 7은 내측볼너비와 엄지발가락측각도 항목이 포함되어 발 내측 형태 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 1.457이고, 전체 변량의 4.164%를 설명한다.

요인 8은 발꿈치발등길이, 발등높이, 발꿈치발등둘레 항목으로 구성되어 발등의 위치와 크기 특성을 나타내므로 발등 요인이라 할 수 있다. 이 요인의 고유치는 1.134이고, 전체 변량의 3.239%를 설명한다.

3.4. 비만 남성 발의 유형 분류

비만 남성 발의 형태를 유형별로 분류하기 위하여 요인분석 결과 추출된 각 요인을 독립변수로 군집분석을 실시하였다. 유형의 집단 수를 결정하기 위해 3~4개 집단으로 구분하여 군집분석 후 각 집단별 분포율과 요인점수에 따른 ANOVA와 Duncan test를 실시한 결과를 Table 6, 7에 나타내었다.

3개의 집단으로 구분하였을 경우 유형 1은 416명(48.8%), 유형 2는 213명(25.0%), 유형 3은 224명(26.3%)의 분포를 나타내었고, 4개의 집단으로 구분한 경우 유형 1은 157명(18.4%), 유형 2는 213명(25.0%), 유형 3은 259명(30.4%), 유형 4는 224명(26.3%)의 분포로 나타나 3개의 집단으로 구분한 경우보다 고른 분포율을 나타내었다. 또한 요인점수에 따른 평균비교 결과 가쪽복사높이 요인과 발상측높이 요인에서 3개의 집단으로 구분한 경우와 유형별 뚜렷한 차이를 나타내었다. 따라서 유형별 출현율과 군집 간 발 형태의 특징을 뚜렷이 나타나는 군집 수를 고려한 결과 최종 4개의 유형으로 분류하였다.

Table 6. The result of ANOVA of 3 foot type on 8 factor scores

Factor character	Foot type N(%)	Type 1	Type 2	Type 3	F-value	Duncan test
		416(48.8)	213(25.0)	224(26.3)		
Foot length and ankle size		-0.26	0.52	-0.02	47.547***	ACB
Midfoot size and foot lateral structure		-0.23	-0.04	0.45	36.684***	ABC
Ankle C.		-0.12	0.00	0.23	8.914***	AAB
Ankle H.		0.13	-0.14	-0.10	6.674***	BAA
Lateral malleolus H.		-0.17	0.47	-0.13	33.760***	ABA
Forefoot H.		-0.28	0.46	0.08	42.876***	ACB
Foot medial structure		0.29	-0.52	-0.05	52.917***	CAB
Instep		-0.37	-0.36	1.02	249.810***	AAB

***p<.001, Duncan test: A < B < C, H.: Height, C.: Circumference

Table 7. The result of ANOVA of 4 foot type on 8 factor scores

Factor character	Foot type N(%)	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	F-value	Duncan test
		157(18.4)	213(25.0)	259(30.4)	224(26.3)		
Foot length and ankle size		-0.49	0.52	-0.12	-0.02	37.345***	ACBB
Midfoot size and foot lateral structure		0.02	-0.04	-0.37	0.45	30.371***	BBAC
Ankle C.		-0.42	0.00	0.06	0.23	14.002***	ABBC
Ankle H.		-0.06	-0.14	0.24	-0.10	7.410***	AABA
Lateral malleolus H.		-0.78	0.47	0.20	-0.13	63.351***	ADCB
Forefoot H.		0.36	0.46	-0.66	0.08	76.050***	CCAB
Foot medial structure		0.17	-0.52	0.37	-0.05	36.840***	CADB
Instep		-0.59	-0.36	-0.23	1.02	176.909***	ABBC

*** $p < .001$, Duncan test: A < B < C < D, H.: Height, C.: Circumference

최종 분류된 4유형의 요인에 따른 ANOVA와 Duncan test 결과 모든 요인에서 유형별 유의차가 나타났다(Table 7). 유형별 특징을 살펴보면 유형 1은 발길리와 발목크기 요인, 발목둘레 요인, 발목높이 요인, 가쪽복사높이 요인, 발등 요인의 점수가 낮고, 발상측높이 요인이 점수가 높으며, 발중간과 내외측형태 요인이 중간값을 나타내었다. 유형 2는 발목높이 요인과 발 내측 형태 요인의 점수가 낮은 반면 발길리와 발목크기와 가쪽복사높이, 발상측 높이 요인의 점수가 높게 나타났으며 발중간크기와 발가쪽형태 요인과 발목둘레 요인, 발등 요인은 중간값으로 나타났다. 유형 3은 발중간크기와 발 가쪽형태 요인, 발 상측높이 요인이 가장 낮은 점수인 반면 발내측 형태 요인의 점수가 4유형 중 가장 높게 나타나 발 내측이 돌출된 형태를 특징 나타내었다. 유형 4는 4유형 중 발목높이 요인이 가장 낮은 점수를 보였으며 발중간크기와 발 가쪽형태 요인, 발목둘레 요인, 발등요인의 점수가 가장 높게 나타나 발 중간 부위가 넓고 발등이 높은 형태를 나타내었다.

각 유형의 특징을 구체적으로 살펴보기 위해 발 계측 항목별 ANOVA와 Duncan test를 실시하였다(Table 8). 분석 결과 전체 44개의 항목 중 아치높이 항목을 제외한 모든 항목에서 유의한 차이를 보였다.

유형 1은 길이 항목과 둘레 항목의 평균이 4유형 중 가장 낮은 값을 나타내어 전체적으로 발길이가 짧고 가는 특징을 보였다. 볼거리, 발너비, 내외측볼너비, 엄지발가락높이, 첫째발허리높이, 발등높이 항목의 평균은 중간 값을 나타낸 반면 발목높이, 발꿈치위점높이, 가쪽복사높이, 안쪽복사높이, 가쪽복사뼈아래높이, 안쪽복사뼈아래높이 항목의 평균이 낮게 나타나 측면에서 보았을 때 낮고 편평한 특징을 보인다. 반면에 엄지발가락측각도와 새끼발가락측각도 항목의 평균은 높게 나타나 유형 1은 낮고 편평하며 발가락이 모인 형태적 특징을 보인다.

유형 2는 발직선길이, 발꿈치엄지발가락길이, 발꿈치새끼발가락길이, 발꿈치발안쪽점길이, 발꿈치발가쪽점길이, 발꿈치발목길이 항목의 평균이 높은 값을 나타내어 발길이가 긴 특징을 보인다. 볼거리와 발너비 항목의 평균이 중간 값을 보였으나 외측볼너비가 4유형 중 가장 크고 새끼발가락측각도가 큰 값인

데 반면 내측볼너비 항목과 엄지발가락측각도 항목은 가장 낮은 평균 값으로 나타나 발외측이 넓은 형태임을 알 수 있다. 높이 항목의 평균값이 4유형 중 가장 크게 나타나 전체적으로 발이 두꺼운 특징을 보이며 발목두께, 발꿈치발목둘레, 가쪽복사뼈아래둘레, 안쪽복사뼈아래둘레 항목의 평균이 큰 값을 보여 유형 2는 발목 부위가 굵고 두꺼우며 발외측이 넓은 형태라 할 수 있다.

유형 3은 길이 항목의 평균이 중간 값을 나타내고 볼거리, 발너비 항목의 평균값이 낮게 나타나 발이 좁은 특징을 보였다. 반면에 외측볼너비와 새끼발가락측각도가 가장 작고 내측볼너비와 엄지발가락측각도 항목의 평균이 크게 나타나 발내측이 넓은 형태임을 알 수 있다. 엄지발가락높이, 새끼발가락높이, 첫째발허리높이, 볼둘레 항목의 평균이 4유형 중 가장 낮게 나타난 반면 발등높이 항목은 중간 값, 발목높이 항목은 큰 값으로 나타나 다른 유형에 비해 측면의 경사가 높은 형태라 할 수 있다.

유형 4는 발직선길이, 발꿈치엄지발가락길이, 발중심점상측길이, 발중심점하측길이, 발꿈치발등길이 항목의 평균이 크고 볼거리, 발너비, 내외측볼너비, 발꿈치너비, 발목너비 항목 역시 큰 평균값으로 나타나 발이 길고 넓은 특징을 보였다. 엄지발가락높이, 새끼발가락높이, 첫째발허리높이 항목의 평균 값이 중간이고 발등높이가 낮은 편인 반면에 발등높이가 큰 편에 속하며 모든 둘레항목의 평균값이 가장 큰 것으로 보아 유형 4는 발이 길고 넓으면서 발목이 굵은 형태라 할 수 있다.

위의 발 유형에 대한 결과를 종합해보면, 유형 1은 4유형 중 발길이가 가장 짧고 발의 너비는 중간에 속하며 발목 부위가 가늘다. 발꿈치와 발목 부위를 포함하는 발허리 부위와 발목에서 발등 부위를 포함하는 발중앙 부위가 낮고 발가락이 중심쪽으로 모인 형태를 나타내어 발목이 가늘며 발이 좁고 발가락이 모인 납작한 형태라 할 수 있다. 유형 2는 발길이가 길고 발의 너비는 중간에 속하며 발목 부위가 가장 굵다. 발허리 부위와 발중앙 부위, 발가락을 포함하는 발상측 부위가 높고 발의 내측보다는 외측이 발달한 형태를 나타내어 발목이 굵고 발이 중간 너비로 발 외측이 넓은 두꺼운 형태라 할 수 있다. 유형 3은

Table 8. The result of ANOVA of measurement according to foot types of obese adult men (Unit: mm)

Items	Type 1 (n=157)	Type 2 (n=213)	Type 3 (n=259)	Type 4 (n=224)	Total (N=853)	F-value	Duncan test
Foot L.	251.42	261.51	256.31	259.92	257.65	34.900***	ACBC
Heel to toe digit 1 L.	250.91	260.91	255.91	259.41	257.16	34.022***	ACBC
Heel to toe digit 5 L.	207.49	215.98	212.13	214.13	212.76	29.136***	ADBC
Heel-to-tibiale L.	186.42	194.80	189.16	192.58	190.96	36.422***	ADBC
Heel-to-fibulare L.	159.72	168.10	162.50	162.80	163.47	31.780***	ACBB
Heel to navicular L.	93.07	96.58	94.62	96.36	95.28	6.281***	ABAB
Foot center to toe digit II L.	74.18	75.67	76.53	77.62	76.17	13.395***	ABBC
Foot center to heel L.	177.24	185.83	179.78	182.29	181.48	13.395***	ABBC
Ball C.	253.37	255.80	252.38	262.07	255.96	38.651***	ABAC
Ball-of-foot distance	104.48	105.02	103.43	107.97	105.21	37.756***	BBAC
Foot breadth	100.86	101.40	99.73	103.57	101.36	28.244***	BBAC
Lateral ball-of-foot W.	54.23	56.40	52.71	56.42	54.89	34.881***	BCAC
Medial ball-of-foot W.	46.63	45.00	47.02	47.15	46.48	12.624***	BABB
Heel W.	66.89	69.08	67.32	70.49	68.52	50.547***	ABAC
Navicular depth	12.01	13.47	14.25	12.90	13.29	5.220***	ABCB
Toe 1 H.	23.55	24.44	21.34	23.29	23.03	56.164***	BCAB
Toe 5 H.	20.31	20.03	17.68	19.72	19.29	54.429***	CCAB
First metatarsal bone H.	34.36	35.73	33.02	34.30	34.28	36.380***	BCAB
Instep H.	56.27	58.28	55.90	52.42	55.65	61.907***	BCBA
Ankle H.	76.22	77.88	77.69	77.32	77.37	3.534*	ABBB
Heel H.	22.22	22.58	21.75	21.08	21.87	4.442**	BBAA
Upper heel H.	58.24	64.00	62.27	61.20	61.68	65.142***	ADCB
Lateral malleolus H.	69.02	72.69	72.05	70.74	71.31	30.821***	ACCB
Medial malleolus H.	79.75	81.58	81.02	80.13	80.69	6.499***	ABBA
Sphyrion fibulare H.	50.75	57.74	54.89	53.71	54.53	67.832***	ADCB
Sphyrion H.	66.46	69.39	65.79	65.68	66.79	20.295***	ABAA
Arch H.	45.52	47.12	46.02	46.69	46.38	1.481	
Ankle W.	72.46	73.52	73.51	75.14	73.75	14.998***	ABBC
Vertical instep C.	251.62	255.57	250.98	258.16	254.13	26.220***	ABAC
Vertical ankle C.	267.35	272.05	269.27	277.23	271.70	34.559***	ABAC
Heel-to-instep C.	373.39	388.62	381.68	402.65	387.39	152.477***	ACBD
Heel ankle C.	330.35	344.96	335.40	344.60	339.28	67.169***	ACBC
Lateral malleolus C.	285.39	292.63	282.57	294.34	288.69	27.127***	ABAB
Medial malleolus C.	259.90	271.34	263.57	271.77	266.99	38.290***	ACBC
Sphyrion fibulare C.	359.30	349.08	346.46	360.90	353.27	19.070***	BAAB
Sphyrion C.	293.94	303.74	303.21	311.77	303.88	23.041***	ABBC
Heel-to-instep L.	147.31	153.73	150.76	161.27	153.63	138.048***	ACBD
Heel-to-ankle L.	110.75	117.54	111.96	115.26	114.00	60.857***	ADBC
Ankle thickness	100.71	107.16	102.15	104.53	103.76	61.798***	ADBC
Toe digit 1 angle	9.45	5.295	9.55	8.29	8.14	25.967***	CACB
Toe digit 5 angle	14.58	14.74	11.88	13.93	13.63	17.170***	BBAB
Ball line angle	19.33	19.69	20.34	20.51	20.04	4.773**	ABCC
Foot center line angle	9.69	13.00	8.15	11.26	10.46	20.491***	BDAC
Ball flattening ratio	41.23	41.05	40.98	41.19	41.10	8.023***	BAAB

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, Duncan test: A < B < C < D
H.: Height, C.: Circumference, L.: Length, W.: Width

발길이가 중간에 속하고 발의 너비가 가장 좁으며 발목 부위가 중간 정도의 굽기를 나타낸다. 발상측 부위가 가장 낮고 발하측 부위가 높으며 발 외측보다는 내측이 발달한 형태를 나타내어 발목이 중간 굽기로 발이 좁고 발 내측이 발달한 경사진 형태라 할 수 있다. 유형 4는 발길이가 길고 발의 너비가 가장 넓으며 발목 부위가 굽다. 발중앙 부위가 낮고 발가락의 측각도가 완만한 형태를 나타내어 발목이 굽고 발이 넓으며 납작한 형태라 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 제8차 Size Korea의 3차원 발 측정데이터를 이용하여 20~60대 비만 남성(BMI 25 kg/m² 이상)의 발 형태를 유형별로 분류하고 유형별 특징을 분석함으로써 비만 남성에게 적합한 신발 라스트 개발을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 체중 증가에 따른 발 형태를 비교하기 위하여 BMI 지수에 따라 정상체중군, 과체중군, 비만체중군으로 분류하여 비교한 결과 모든 항목에서 정상체중군이 과체중이나 비만체중군보다 작은 값을 나타냈다. 체중이 증가할수록 발가락 부분을 제외한 나머지 부분의 길이가 전체적으로 길어지고 발의 두께나 너비가 두껍고 넓어지며 높이와 둘레가 증가는 양상을 보였으나 과체중에서 비만으로 체중이 변화하더라도 발가락 부분의 길이와 내측볼너비나 새끼발가락측각도는 유사한 값으로 나타나 더 이상 변하지 양상을 보였다.

비만 남성의 발은 정상 체중 남성의 발보다 발가락, 볼, 발등 부위가 더 두껍고 넓으며 발목 부위는 더 굵은 것을 알 수 있었다.

둘째, 비만 남성의 발 계측항목에 대한 요인분석 결과 발길이와 발목크기 요인, 발중앙부 크기와 발외측 형태 요인, 발목둘레 요인, 발목높이 요인, 가쪽복사뼈높이 요인, 발 상측 높이 요인, 발내측 형태 요인, 발등 크기 요인으로 총 8개의 요인이 추출되었으며 전체 변량의 83.36%를 설명하였다.

셋째, 비만 남성의 발 형태에 따른 유형별로 군집분석한 결과 4개의 유형으로 분류되었으며, 유형 1은 157명(18.4%), 유형 2는 213명(25.0%), 유형 3은 259명(30.4%), 유형 4는 224명(26.3%)의 분포를 나타내었다. 유형 1은 발목이 가늘며 발가락이 모인 형태의 좁고 측면이 납작한 형, 유형 2는 발목이 굽고 발의 외측이 발달한 중간 너비로 측면이 두꺼운 형, 유형 3은 발목이 중간 굽기로 발이 좁으나 내측이 넓고 측면이 경사진 형, 유형 4는 발목이 굽고 발이 넓으며 측면이 납작한 형태의 특징으로 나뉘었으며 발목이 중간 굽기로 발이 좁고 외측보다 내측이 발달하고 측면이 경사진 유형 3의 분포가 가장 높게 나타났다.

이와 같이 비만 남성 발의 형태가 유형별로 발의 두께, 발의 너비, 발목의 굽기, 발 측면의 형태, 발가락의 형태 등 다양한 차이를 보였다. 그러나 현재 국내 신발치수규격은 이러한 비만

소비자의 다양한 발 형태적 특징을 충분히 반영하지 못하는 치수체계로 판단되며, 이들을 위해 발길이에 의한 신발치수규격 이외에 발둘레와 발너비, 측면의 높이 등 발의 전체적인 부피를 고려한 신발치수규격이 필요함을 시사하는 것이라 할 수 있다. Price and Nester(2016)은 발 형태를 완전히 정의하기 위해 비만 성인의 발에 대한 치수 및 형태의 추가 정량화를 수행하고 특히, 중족부 치수의 정량화는 비만 성인들에게 중요한 요소라고 하였다. 신발 설계 시 신발 내에서 발의 중족부 치수를 반영할 수 있다면 비만 성인들에게 만족스럽지 못한 적합성과 기능성에 대한 악영향을 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 비만 남성을 위한 신발치수규격의 설정 및 검증의 작업이 필요하며, 본 연구는 이들을 위한 신발 라스트 제작 설계에 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 후속 연구로 제8차 사이즈코리아 데이터를 이용한 비만 성인 여성의 발 형태의 특징에 대한 분석까지 확대시켜 연구를 진행하고자 한다.

References

- Cimolin, V., Gobbi, M., Buratto, C., Ferraro, S., Fumagalli, A., Galli, M., & Capodaglio, P. (2022). A comparative analysis of shoes designed for subjects with obesity using a single inertial sensor - Preliminary results. *Sensors*, 22(3), 782. doi:10.3390/s22030782
- Dufour, A. B., Losina, E., Menz, H. B., LaValley, M. P., & Hannan, M. T. (2017). Obesity, foot pain and foot disorders in older men and women. *Obesity Research & Clinical Practice*, 11(4), 445-453. doi:10.1016/j.orcp.2016.11.001
- Hwang, I. K., Kim, J. H., & Kim, Y. J. (2001). A study on the needs of shoe products to improve customer satisfaction - Focused on women in their 20s and 40s. *Proceeding of the Society of Korea Industrial and System Engineering, Fall Conference, Korea*, pp. 275-280.
- Jang, I. S. (2022, January 26). 3040 Men are at risk... More than half of them are obese. *Kyunghyang*. Retrieved August 17, 2022, from <https://www.khan.co.kr/life/health/article/202201261729002>
- Jelinek, H. F., & Fox, D. (2009). Foot health and elevated body mass index. *The Foot and Ankle Online Journal*, 2(8), 4. doi:10.3827/foaj.2009.0208.0004
- Gilmour, J. C., & Burns, Y. (2001). The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot & Ankle International*, 22(6), 493-498. doi:10.1177/107110070102200607
- Gravante, G., Russo, G., Pomara, F., & Ridola, C. (2003). Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clinical Biomechanics*, 18(8), 780-782. doi:10.1016/s0268-0033(03)00123-2
- Kim, N. S., & Do, W. H. (2014). Classification of elderly women's foot type. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 38(3), 305-320. doi:10.5850/JKSC.2014.38.3.305
- Korean Agency for Technology and Standards. (2020-21). The 8th Size Korea final report and measurement data. *Size Korea*. Retrieved May 20, 2022, from <https://sizekorea.kr/human-info/meas-report?measDegree=8>
- Lee, J. Y. (2004). *The investigation of the shoe-last size classification system for Korean adults with 3D foot-scanner*. Unpublished

- doctoral dissertation, Hanyang University, Seoul.
- Lee, W. S., & Kim, S. A. (2017). Standard shoe-last development on foot characteristics of obesity male senior. *Journal of Integrated Design Research*, 16(1), 78-88.
- Menz, H. B., & Bonanno, D. R. (2021). Footwear comfort: A systematic search and narrative synthesis of the literature. *Journal of Foot and Ankle Research*, 14(1), 1-11. doi:10.1080/19424280.2021.1961879
- Mickle, K. J., & Steele, J. R. (2015). Obese older adults suffer foot pain and foot-related functional limitation. *Gait & Posture*, 42(4), 442-447. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.07.013
- Mickle, K. J., Steele, J. R., & Munro, B. J. (2006). The feet of overweight and obese young children - Are they flat or fat?. *Obesity*, 14(11), 1949-1953. doi:10.1038/oby.2006.227
- Park, J. Y. (2012). Gauging the emerging obesity footwear market an anthropometric approach. *Clothing and Textiles Research Journal*, 31(1), 3-16. doi:10.1177/0887302X12469291
- Price, C., & Nester, C. (2016). Foot dimensions and morphology in healthy weight, overweight and obese males. *Clinical Biomechanics*, 37, 125-130. doi:10.1016/j.clinbiomech.2016.07.003
- Prichasuk, S. (1994). The heel pad in plantar heel pain. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 76(1), 140-142. doi:10.1302/0301-620X.76B1.8300659
- Robbins, L. M. (1986). Estimating height and weight from size of footprints. *Journal of Forensic Science*, 31(1), 143-152. doi:10.1520/JFS11868J
- Statistics Korea. (2022, March 15). People's quality of life 2021. *Statistics Korea*. Retrieved August 17, 2022, from <https://www.khan.co.kr/life/health/article/202201261729002>
- (Received August 24, 2022; 1st Revised September 5, 2022; 2nd Revised January 2, 2023; Accepted January 5, 2023)