JESK J Ergon Soc Korea 2022; 41(4): 317-325
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2022.41.4.317
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Comparative Study on Domestic and Foreign Human Dimension for Product Design: Focused on Korean and American Anthropometric data

Jaekyu Park[1], Youngjae Im[2]

[1]LG Electronics, H&A R&D Center, Changwon, 51533
[2]Dong-Eui University, Division of Design Engineering, Busan, 47340

제품 설계를 위한 국내외 인체치수 비교 연구: 한국과 미국 인체측정치를 중심으로

박재규[1], 임영재[2]

[1]LG전자 H&A사업본부
[2]동의대학교 디자인공학부

Corresponding Author
Youngjae Im
Dong-Eui University, Division of Design Engineering, Busan, 47340
Email : ergoim@deu.ac.kr

Received : June 29, 2022
Revised : July 05, 2022
Accepted : July 08, 2022

Copyright@2022 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: This study aims to identify how height and width-related variables change among Korean and American anthropometric data, and to find out whether width-related variables are suitable for product design.

Background: Although domestic human dimensional surveys are continuously conducted, the reflection of width and clearance according to the westernized body is insufficient. Therefore, users who use the products are complaining. Especially, width-related variables have safety problems as well as convenience, so it is necessary to consider whether they are appropriate for anthropometric aspects.

Method: Korean data were analyzed based on the 6th and 7th human dimension surveys of Size Korea. American data were collected based on anthropometric values of MIL-STD-1472H and NATICK/TR-15/007. In order to analyze width-related product design elements, the sitting hip breadth and bideltoid breadth were investigated. In addition, the corresponding U.S. human body dimensions, hip breadth and bideltoid breadth, were extracted.

Results: The acceptance of human dimension was analyzed through case study on the design of airplane and train. The width of seat for both airplane and train was acceptable up to 95th percentile Korean. However, it is difficult for 95th percentile American to accept the width of seat. In case of airplane, the width of aisle was acceptable up to 95th percentile Korean. The width of aisle for train was not acceptable up to 95th percentile Korean and American.

Conclusion: The 95th percentile standard for domestic and foreign human dimension is steadily increasing. Therefore, average or minimum design due to product cost or spatial constraint can be reduced the usability and user satisfaction.

Application: It is expected that domestic and foreign human dimension can be appropriately used when designing the width and clearance of the product.

Keywords: Human dimension, Anthropometric data, Product design, Ergonomic guideline

1. Introduction

국내의 인체측정 데이터는 한국인 인체치수조사(Size Korea; 사이즈코리아) 사업에 따라 주기적으로 측정이 되어왔다. 1979년 '국민 표준체위조사'라는 명칭으로 시작되어 2015년도에 수행된 제7차, 2021년도에 진행된 제8차 조사를 통해 인체측정 데이터가 확보되어 있다. 한편 국외 인간공학 기준으로 많이 사용되고 있는 MIL-STD-1472H (Department of Defense, 2020)는 2020년도에 발표된 내용이 가장 최근 기준으로 활용이 되고 있다. 하지만 해당 기준에서 제공하고 있는 주요 인체측정 데이터는 MIL-HDBK-759C (1995)의 기준으로 과거의 데이터를 기반으로 하고 있다. 이 기준 또한 Gordon et al. (1989)의 관련 데이터를 기반으로 하고 있어 사실상 1989년도의 인체측정 데이터를 현재까지 사용하고 있는 실정이다.

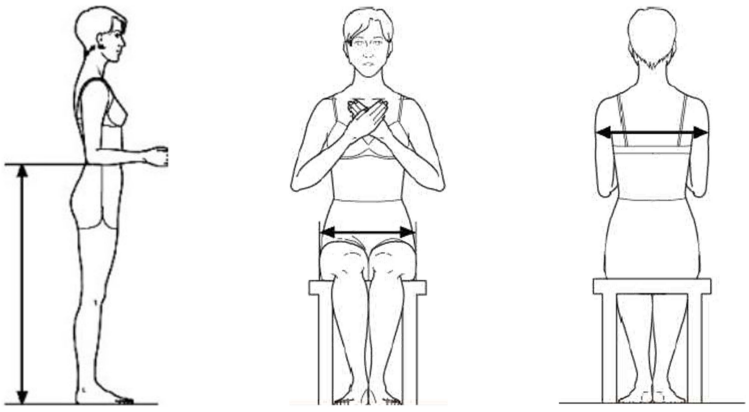
국내의 많은 제조 기업들이 국외 수출을 하고 있으며 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 이러한 인체측정치를 고려한 제품 설계가 필요한 실정이지만, 비교적 오래된 데이터를 기반으로 설계하고 있어 제품의 경쟁력을 높이는데 한계가 있다. 특히 기차와 비행기와 같은 대중교통 시설은 한번 제품 개발이 이루어지면 관련된 설계 치수에 대한 변경이 어렵기 때문에 제품 개발 초기부터 인체치수에 대한 고려가 중요하다고 할 수 있다.

시간에 따른 변화 추세로 보면 한국인의 체형은 상대적으로 하체의 길이가 길어지고 전반적인 체격이 커지는 등 갈수록 서구화 되고 있다. 따라서 너비 및 여유공간에 대한 고려는 국내 인체치수 만으로는 제품 설계에서 정확한 반영이 어려운 상황이다. 예를 들어, 우리나라 학생용 책상 및 의자는 2001년 정해진 표준 신장을 기초로 규격이 도입되었다. 이에 따라 체격이 큰 남자 학생의 경우 책상에 앉으면 허벅지가 서랍 바닥에 닿아서 불편함을 호소하는 경우가 발생할 수 있다. 특히 너비 관련 변수들은 편의성뿐만 아니라 안전성에도 문제가 될 수 있어 제품 설계 시에 인체측정치에 대한 적절성 여부를 고려해야 한다. 두꺼운 옷이나 가방 착용시 통로의 비좁음으로 두 사람 이상이 지나가기 어려운 실정이며 안전사고 시에 대피 통로의 크기는 피난 시간에 큰 영향을 미친다(Hwang et al., 2009; Park et al., 2014).

본 연구는 한국, 미국 인간공학 가이드라인에서 다루고 있는 인체측정치들이 과거 대비 어떻게 변화되었는지를 확인하고 제품 설계 시에 인체측정치를 적용하기 위한 방법을 알아보고자 한다. 다음으로 한국, 미국의 인체측정치들 중에 높이, 너비 관련 변수들이 어떻게 변화되어 왔는지 검토하고 제품 설계 시에 너비 관련 변수들이 인간공학적으로 적합한지 사례를 통해 검증해 보고자 한다.

2. Method

한국과 미국의 인체측정치 비교를 위해, 국내 사이즈코리아의 6차, 7차 인체치수조사 데이터와 미국의 MIL-STD-1472H, NATICK/TR-15/007의 인체측정치를 비교 분석하였다(Department of Defense, 1995; Gordon et al., 2014b). Figure 1에서 보는 바와 같이 일차적으로



(a) Elbow Height (b) Hip Breadth, sitting (c) Bideltoid Breadth

Figure 1. Anthropometric items related to height and width

제품과 관련된 수치들 중에서 시대 흐름에 따라 변화가 많은 높이 관련 변수를 선정하여 비교 분석을 수행하였다. 한국 인체측정치로는 '굽힌팔꿈치높이'를 이에 상응하는 미국 인체치수에는 'Elbow Rest Height, Standing'와 'Waist Height (OMPHALION)'를 조사하였다. 다음으로 너비 관련 제품 설계 요소 분석을 위해 사이즈코리아에서 제공하고 있는 '앉은엉덩이너비'와 '위팔사이너비' 데이터를 조사하였다. 또한 이에 상응하는 미국 인체치수인 'Hip Breadth', 'Bideltoid Breadth' 수치를 조사하였다.

인간공학적 적합성 평가를 위한 사례분석 대상 제품으로는 높이 관련 변수 평가를 위해 마트 계산원들의 작업대를, 너비 관련 변수 평가를 위해 비행기 및 기차의 좌석과 통로에 대한 설계 치수들을 직접 측정하였다.

3. Results

3.1 The state of American anthropometric data

가장 최신 자료로 활용되고 있는 미국인 인체측정치인 MIL-STD-1472H (Department of Defense, 2020)는 MIL-HDBK-759C (Department of Defense, 1995)를 참고하였다고 기술하고 있으며, 이는 Gordon et al. (1989)의 인체측정치 데이터를 기반으로 작성된 것임을 확인할 수 있었다. Gordon et al. (1989) 상에 수록된 내용은 1988년도 인체측정치에 대한 자료이며, 2012년에 수행된 Gordon et al. (2014a)의 인체측정치를 반영하지는 못하고 있다.

키(Stature)에 대한 데이터 확인 결과, 최근 발표된 인체측정치가 참고하고 있는 과거 인체측정치와 동일한 것으로 확인되는 바 최근 인간공학 가이드라인으로 활용하기에는 부적절 하다고 볼 수 있다. Table 1에서 보는 바와 같이 남성 및 여성 5퍼센타일에 해당하는 키 치수는 각각 166.3cm, 161.2cm이었다. 이는 Table 2에서 참조하고 있는 과거 치수 데이터와 동일함을 알 수 있다. 마찬가지로 Table 1에서 남성 및 여성 95퍼센타일에 해당하는 키 치수는 각각 187.8cm, 176.0cm이었다. 이는 Table 2에서 참조하고 있는 과거 치수 데이터와 동일함을 알 수 있다.

Table 1. MIL-STD-1472H (Department of Defense, 2020, reduced statistics)

Anthropometric variables	Percentile values in cm (inch)			
	5th percentile		95th percentile	
	Male	Female	Male	Female
Stature	166.3 (65.5)	161.2 (63.5)	187.8 (73.9)	176 (69.3)
Eye height (standing)	154.5 (60.8)	150.1 (59.1)	175.6 (69.1)	164.2 (64.6)
Elbow (radiale) height	100.8 (39.7)	97.5 (38.4)	116 (45.7)	108.8 (42.8)
Waist (omphalion) height	97.7 (38.5)	90.3 (35.6)	114.7 (45.1)	107.1 (42.2)

Table 2. Anthropometric survey of US army personnel (Gordon et al., 1989)

Anthropometric variables	Percentile values in cm (inch)			
	5th percentile		95th percentile	
	Male	Female	Male	Female
Stature	166.33 (65.49)	161.17 (63.45)	187.75 (73.92)	175.95 (69.27)

3.2 Comparison of anthropometric trend related to height variables

국내 인체측정치 데이터베이스인 사이즈코리아의 데이터 추세를 비교한 결과, 시간 흐름에 따라 인체측정치가 계속 증가되는 경향성이 나타났다. 예를 들어, 여성(20~24세) 굽힌팔꿈치높이의 경우 6차 인체측정 조사(2010년) 시에는 평균값이 971.9mm이었으나 7차 인체측정 조사(2015년)에서는 평균값이 979.8mm로 증가하였다. Figure 2는 각 분위 별로 굽힌팔꿈치높이의 변화 추세를 보여주고 있다.

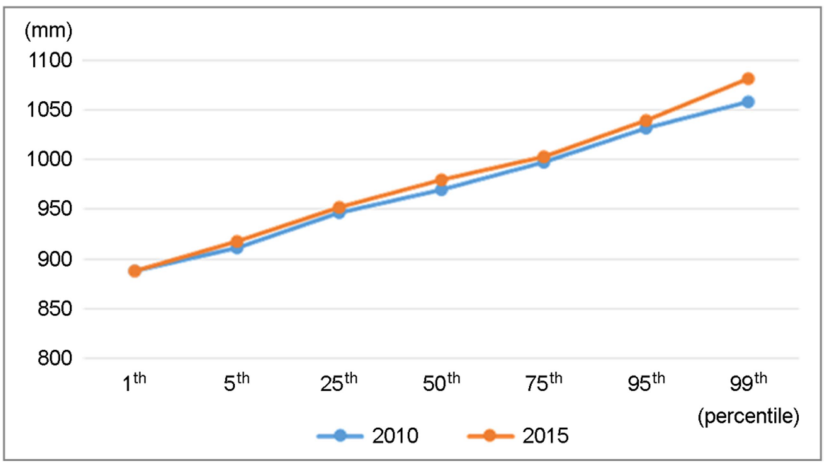


Figure 2. Year-Over-Year changes in elbow height (Korean Female)

미국 인간공학 가이드라인에서 다루고 있는 인체측정치인 US Army의 데이터를 기반으로 Elbow Rest Height, Standing와 Waist Height (OMPHALION) 추세를 비교하였다. Figure 3, 4에서 Elbow Rest Height, Standing의 경우에는 여성 그리고 남성 모든 퍼센타일 그룹에서 과거 조사(1988년) 대비 비교적 최근 데이터(2012년)에서 인체측정치 수치가 증가되는 경향성을 보였다. 반면에, Figure 5, 6에서 Waist Height (OMPHALION)는 1, 5, 25분위 그룹에서는 2012년 조사 결과에서 증가된 수치 경향을 보였으나 높은 퍼센타일 그룹일수록 그 변화가 거의 없고, 99분위 그룹 경우에는 2012년도 수치가 오히려 낮게 나타났다. 이러한 결과의 원인으로 국내 조사 여건과는 다르게, 측정을 수행했던 연도의 차이가 커서 인체치수 경향성에 대한 설명이 어려운 것으로 볼 수 있다.

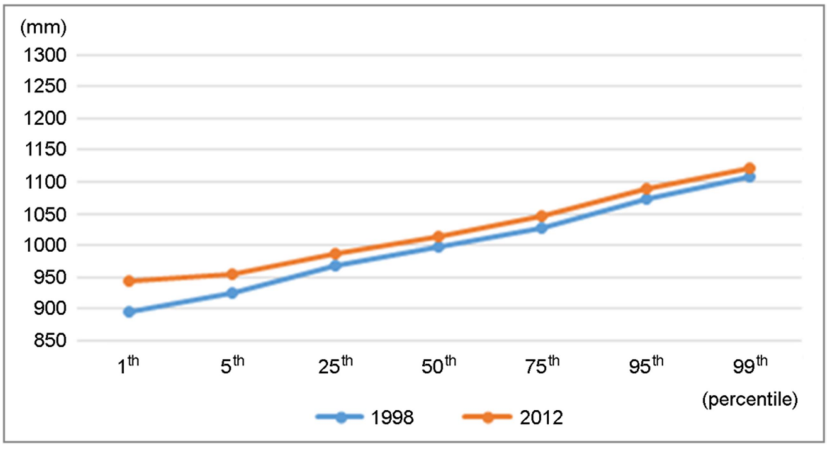


Figure 3. Year-Over-Year changes in elbow rest height (American Female)

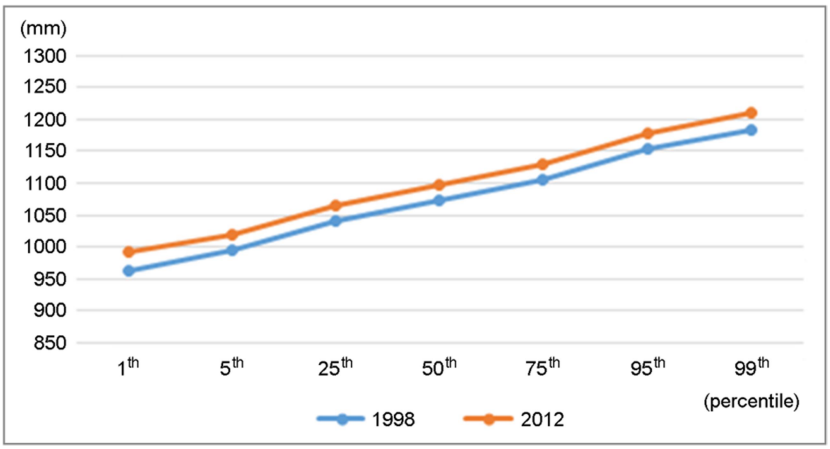


Figure 4. Year-Over-Year changes in elbow rest height (American Male)

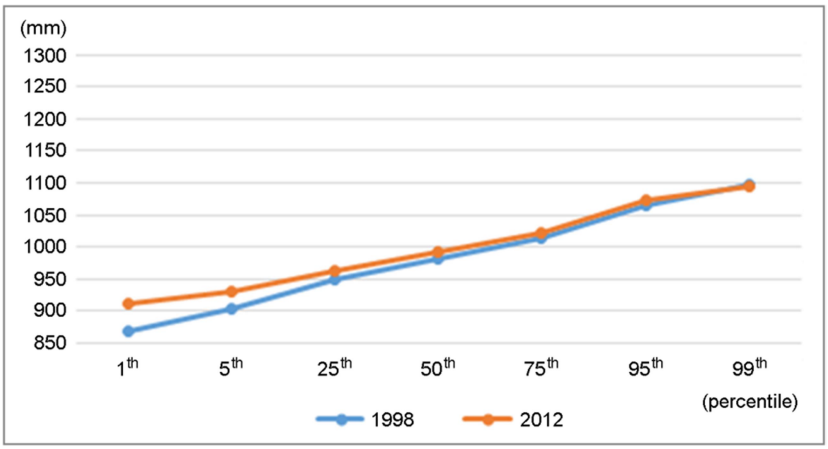


Figure 5. Year-Over-Year changes in waist height (American Female)

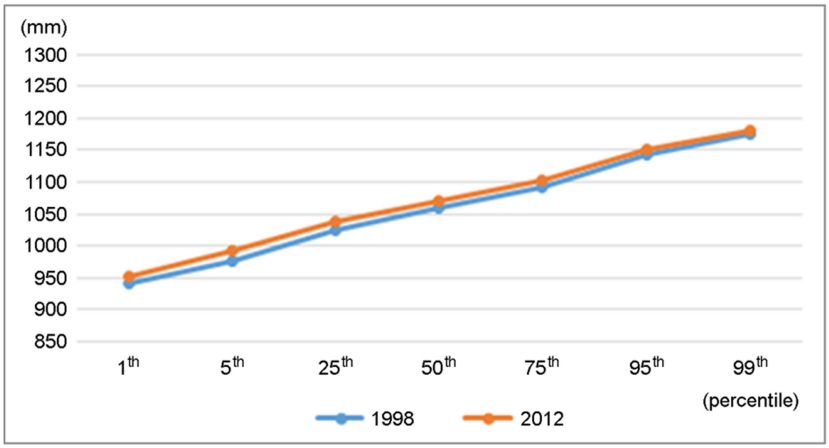


Figure 6. Year-Over-Year changes in waist height (American Male)

3.3 Comparison of anthropometric trend related to width variables

국내 인체측정치는 사이즈코리아 6차 및 7차 사업의 결과를 활용하였다. 35~39세 여성 기준으로 데이터를 추출하였으며 분석 대상인 앉은엉덩이너비와 위팔사이너비를 5, 50, 95퍼센타일 그룹별로 추세를 비교하였다. 앉은엉덩이너비를 비교한 결과, 95퍼센타일에서만 치수가 증가하는 경향을 보였다(Table 3). 마찬가지로 위팔사이너비를 비교한 결과에서도, 95퍼센타일에서만 증가하는 경향을 보였다(Table 4).

너비 변수의 대부분이 작업 시 여유공간이라는 측면에서 95퍼센타일 인체측정치를 활용한 최대 설계를 적용 한다면 문제가 없을 것이다. 하지만 제품의 생산 단가, 수익성 등을 고려하여 50퍼센타일 인체측정치를 적용한 평균 설계를 한다면 다수의 인체 특성을 반영하지 못해, 사용자들의 불만을 야기할 수 있다.

Table 3. Trend of Hip Breadth for Korean

Percentile	5th	50th	95th
6th Size Korea Database (KATS, 2010)	335	364	404
7th Size Korea Database (KATS, 2015)	327	358	409

Table 4. Trend of Bideltoid Breadth for Korean

Percentile	5th	50th	95th
6th Size Korea Database (KATS, 2010)	384	419	457
7th Size Korea Database (KATS, 2015)	379	414	470

국외 인체측정치 추세 비교는 인간공학 기준으로 많이 사용되고 있는 MIL-STD-1472H (Department of Defense, 2020)의 기준 인체측정치 데이터인 MIL-HDBK-759C (Department of Defense, 1995)와 최근 미 육군 인체측정치인 NATICK/TR-15/007 (Gordon et al., 2014b)를 비교하였다. 여성 기준으로 데이터를 추출하였으며, 한국 기준의 '앉은엉덩이너비'에 상응하는 변수로 미국 기준은 'Hip breadth', 한국 기준의 '위팔사이너비'에 상응하는 변수로 미국 기준은 'Bideltoid breadth'를 각각 선정하였다.

Table 5. Trend of Hip Breadth for American

Percentile	5th	50th	95th
MIL-HDBK-759C (Department of Defense, 1995)	355	397	446
NATICK/TR-15/007 (Gordon et al., 2014b)	348	397	456

Table 6. Trend of Bideltoid Breadth for American

Percentile	5th	50th	95th
MIL-HDBK-759C (Department of Defense, 1995)	404	438	477
NATICK/TR-15/007 (Gordon et al., 2014b)	406	450	499

너비 관련 변수 중 'Hip breadth' 치수에 대한 비교결과, 95퍼센타일에서만 증가하는 경향을 보였다(Table 5). 'Bideltoid breadth'를 비교한 결과, 5, 50, 95퍼센타일 에서 전체적으로 증가하는 추세를 나타냈다(Table 6). 국내외 마찬가지로, 95퍼센타일 치수를 적용한 최대 설계를 한다면 문제가 없지만, 평균 설계를 한다면 적합한 인체치수를 반영하지 못할 수 있다.

3.4 Evaluation of the effectiveness for product use

높이 관련 사용 적합성 평가를 위해 마트의 계산대를 평가 대상으로 선정하였다. 이때 계산대 높이는 작업자가 장시간 선 자세에서 과업을 수행하며 물건 확인, 바코드 스캔, 결재 완료 등의 행위 시에 직접적인 영향을 미친다. 계산대 높이 관련 기존 연구(Hwang et al., 2011)에서 여성 50퍼센타일 팔꿈치 높이를 기준으로 설계하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서 마트를 직접 방문하여 계산대 높이를 실측한 결과, 중형 마트는 855mm, 대형 마트는 876mm로 조사되었다. Figure 7은 실측한 높이를 보여주고 있다.

한국 인체치수 기준인 사이즈코리아 7차(KATS, 2015) 데이터 상에서의 '굽힌팔꿈치높이' 여성 50퍼센타일 수치는 979mm이다. 또한 미국 인체치수 기준 상의 'ELBOW REST HEIGHT, STANDING' 여성 50퍼센타일 수치는 1,014mm이었으며, 'Waist Height' 여성 50퍼센타일 수치는 992mm이다. 이상의 국내외 인체치수와 마트 계산대 높이를 비교하면, 작업을 위한 계산대 높이가 관련 인체치수에 비해 낮게 설계되어 있음을 알 수 있다. 따라서 계산 업무 시에 상당수의 작업자는 사용 적합성이 떨어진다고 판단할 수 있다.

Figure 7. Workbench height at grocery store

너비 관련 제품의 사용 적합성 사례 분석은 비행기와 기차의 좌석 및 통로 너비를 대상으로 선정하였다. 우선 비행기(에어부산 국내선 기종) 좌판너비 실측 결과 455mm, 통로너비 실측 결과 481mm로 측정되었다. 좌판너비 설계 측면에서 '앉은엉덩이너비' 기준, 국내 사용자는 95퍼센타일까지 수용 가능하며 'Hip breadth' 기준, 국외 사용자는 95퍼센타일까지는 수용하기 어려웠다. 이는 겨울과 같이 두꺼운 옷을 착용한 경우를 가정하면 사용자들이 신체적인 불편함을 호소할 수 있다. 통로너비 설계 측면을 보면 '위팔사이너비' 기준, 국내 사용자는 95퍼센타일까지 수용 가능하며 'Bideltoid breadth' 기준, 국외 사용자는 95퍼센타일까지는 수용하기 어려운 것으로 나타났다. 따라서 가방과 같은 짐을 들고 지나간다고 할 경우 통행에 불편함을 호소할 수 있다. 특히 별도의 짐이 없더라도 비상 상황, 위험 상황 발생 시에 원활한 대피를 고려하면 문제가 될 수 있다.

다음으로 기차(SRT 국내 고속열차) 좌판너비 실측 결과 447mm, 통로너비 실측 결과 454mm로 측정되었다. Figure 8은 실측 대상 열차의 좌판 및 통로너비를 보여주고 있다. 좌판너비 설계 측면에서 '앉은엉덩이너비' 기준, 국내 사용자는 95퍼센타일까지 수용 가능하며 'Hip breadth' 기준, 국외 사용자는 95퍼센타일까지는 수용하기 어려웠다. 한편 통로너비 설계 측면을 보면 '위팔사이너비' 기준, 국내 사용자와 'Bideltoid breadth' 기준, 국외 사용자 모두 95퍼센타일까지 수용하기가 어려운 것으로 분석되었다. 최근 2015년도 사

이즈코리아 기준으로, 여성 90퍼센타일까지 수용 가능한 범위이며 최근 2014년도 미국 육군 기준으로, 여성 50퍼센타일 및 남성 5퍼센타일까지 수용 가능 범위를 나타내었다.

(a) Width of seatpan (b) Width of aisle

Figure 8. Indoor dimension of SRT express train

4. Conclusion and Discussion

국제적으로 많이 활용되고 있는 미국 인간공학 가이드라인이 최신 인체측정치를 반영하지 못하고 있어 이에 대한 수정 및 보완이 필요한 것으로 나타났다. 미국 인체측정 치수의 경우 남성은 증가한 수치도 있지만, 여성의 경우 감소하는 항목도 있어 제품 설계 시에 이러한 경향에 대한 고려가 필요하다고 볼 수 있다. 연도별 인체치수의 변화를 살펴보기 위해서는 국내 인체측정치를 활용하는 것이 보다 적절할 수 있다. 1979년 1차 인체치수조사가 실시된 이후로 8차 조사에 이르기까지 연속적으로 진행되어 왔으며, 시기에 따른 체형의 변화를 고려한 인간공학적 제품 설계를 위한 기초자료 제공 목적으로도 해당 조사의 유지 필요성이 있다.

비교분석 결과 국외(미국인 기준) 인체측정치가 일반적으로 한국인에 비해 상대적으로 크다. 하지만 1988년도 이후로 몇몇 기관에서 인체측정을 하고 있지만 측정 연도의 차이가 커서 그 변화에 대한 반영이 어려운 실정이다. 이에 대한 대책을 마련하는 한편 점차 확대되는 글로벌 소비재 시장에 대응을 위해 미국뿐 아니라 타 국가의 인체치수와의 비교 분석도 필요하다. 제품 경쟁력 측면에서 국가, 산업계 측면에서의 꾸준한 인체측정치 관리가 요구된다.

국내외의 너비 관련 인체측정 치수의 경우, 95퍼센타일만 증가하는 추세이며 최대 설계에 의한 제품 설계가 아닌, 제품의 단가, 공간적인 제약 등으로 평균 설계 및 최소 설계 시에는 사용자의 만족도를 저하시킬 수 있다. 너비 관련 인체측정치는 높이 관련 변수들에 비해 연도별 차이가 크지 않아, 국내, 국외 연도에 따른 대한 추이 변화를 통한 분석이 요구된다. 공공 시설, 대중 교통 등의 다양한 사용자를 고려한 제품 설계 시에 너비 관련 변수는 사용성뿐만 아니라, 안전성과도 직결되는 문제로 볼 수 있다.

본 연구에서는 일반 사용자를 대상으로 분석 결과를 제시 했지만, 신체 장애가 있는 휠체어를 타고 있는 상황 등을 고려할 경우 화재 대피, 통로 이동 등에 안전성에 큰 문제를 야기할 수 있다. 따라서 국내 너비 관련 인체측정치들의 연도별 추이를 반영하지 못하는 부분에 대한 꾸준한 후속 연구가 수행되어야 한다. 이를 통해 제조 업계 전반에서 사용자 중심의 설계 관점과 글로벌 경쟁력 확보를 기대할 수 있을 것이다.

References

Department of Defense., Human Engineering Design Guidelines (MIL-HDBK-759C), 1995.

Department of Defense., Human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities (MIL-STD-1472H), 2020.

Gordon, C.C., Churchill, T., Clauser, C.E., Bradtmiller, B. and McConville, J.T., *Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics 1988*. Anthropology Research Project Inc Yellow Springs OH, 1989.

Gordon, C.C., Blackwell, C.L., Bradtmiller, B., Parham, J.L., Barrientos, P., Paquette, S.P. and Kristensen, S., *2012 Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics*. Army Natick Soldier Research Development and Engineering Center MA, 2014a.

Gordon, C., Blackwell, C. and Bradtmiller, B., *2012 Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics*. Technical Report Number: NATICK/TR-15/007, 2014b.

Hwang, J.J., Jung, M.C., Kim, H.J., JungChoi, K.H., Bahk, J.W. and Lee, I.S., Evaluation of risk factors of musculoskeletal disorders in cashier work activities. *Journal of the Korean Society of Safety*, 26(3), 75-82, 2011.

Hwang, K.I., Shin, D.K., Kim, Y.J., Youn, J.H., Lee, S.I. and Hong, W.H., A Case Study on the Passengers' Evacuation Times according to the Fire Smoke Density On a Ship, *Journal of Advanced Marine Engineering and Technology*, 33(2), 336-343, 2009.

Korean Agency for Technology and Standards (KATS), 6th Size Korea Database, 2010, Size Korea, https://sizekorea.kr/ (retrieved August 04, 2022).

Korean Agency for Technology and Standards (KATS), 7th Size Korea Database, 2015, Size Korea, https://sizekorea.kr/ (retrieved August 04, 2022).

Park, Y.G., Kim, D.K., Park, J.K. and Kim, K.H., A Study on the Safety and Improvement of Small Theatres in Korea, *Journal of the Korean Society of Safety*, 29(6), 22-27, 2014.

Author listings

Jaekyu Park: ergopark@gmail.com
Highest degree: PhD, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Principal Researcher, H&A R&D center, LG Electronics
Areas of interest: UX Design, Ergonomics, Affective Design

Youngjae Im: ergoim@deu.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Assistant Professor, Division of Design Engineering, Dong-Eui University
Areas of interest: Human-computer Interaction, Product Development, Usability Evaluation