

3차원 인체 측정 조사사업을 위한 필수 동적자세 탐색 -다양한 산업 요구를 기반으로-

홍유화 · 김현욱 · 박주연*†

서울대학교 생활과학연구소

*서울대학교 의류학과/서울대학교 생활과학연구소

Identification of Key Dynamic Postures for 3D Anthropometric Projects -Based on Various Industrial Demands-

Yuhwa Hong · Hyunwook Kim · Juyeon Park*†

Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

*Dept. of Fashion and Textiles, Seoul National University/ Research Institute of Human Ecology,
Seoul National University

Received June 21, 2024; Revised August 27, 2024; Accepted September 24, 2024

Abstract

This research aimed to identify key dynamic postures required by various industries for future population-based 3D anthropometric projects such as Size Korea. Therefore, we first compiled a list of relevant industry sectors with a demand for dynamic measurement data and listed representative firms in each industry sector. We then conducted one-on-one interviews to identify the precise postures and measurement points required for dynamic anthropometric assessment, concentrating on posture requirements specific to each industry. Furthermore, we convened a consultative session with anthropometric specialists to confirm high-demand postures and necessary measurement points. The research outcomes identified four principal postures: daily working posture, maximum bending posture, seated work posture, and stair-climbing posture, which represent a range of daily movements. Further, the shoulder, elbow, and neck joint flexion were identified as critical measurement points. These findings are anticipated to substantiate the application of human measurement data in motion, satisfying a wide variety of industrial demands in product design and development practices.

Key words: Dynamic postures, 3D anthropometric projects, Industrial demands; 동적 자세, 3차원 인체측정, 산업 요구

I. 서 론

인체 측정(anthropometry)은 인체의 크기, 모양 및 기타 특징의 측정을 다루는 학문 분야로써(Pheasant & Haslegrave, 2018), 인간공학적 제품(의류 포함) 및 공간 등의 설계에 필수적으로 고려되어야 하는 요소이

†Corresponding author

E-mail: juyeon.park@snu.ac.kr

다. 특히 1980년대 후반 인체 측정에 3D 스캐너가 사용됨에 따라, 시간과 비용이 많이 소요되는 기존의 인체 측정 작업(i.e., 직접측정)은 자동화되었으며, 이는 다양한 학계와 산업계 현장에서 활용되어 오고 있다(Choi & Ashdown, 2011; Makiewicz et al., 2017). 특히, 의복 설계를 위한 인체 치수 측정항목을 규정한 ISO 8559(2017)나 ISO 7250(2017)과 같은 표준들은 주로 기본적인 선 자세와 앉은자세 등의 정적인 자세에 기

반해 왔다. 그동안 학계에서 서 있는 자세 이외에 다양한 자세를 설계 과정에 활용하기 위한 다양한 시도가 계속되어 왔지만(Bragança et al., 2016; Carvalho et al., 2009; Choi & Ashdown, 2011), 이러한 자세는 상지, 하지들 각각 연구(Choi & Ashdown, 2011; Lee & Ashdown, 2005)하거나 특정 움직임만을 고려한 것(Carvalho et al., 2009; Klepser & Morlock, 2020; Yu & Kim, 2023)이다. 또한, 제5차 사이즈 코리아와 같은 국가 차원의 측정 사업에서도 동적 측정에 대한 요구에 따라 경직된 자세가 아닌 동적 범위를 측정할 사례가 존재하였으나(Korean Agency for Technology and Standards, 2004), 해당 데이터는 단순히 관절의 움직임 범위를 제공하는 데 그쳐 실제 작업 자세를 충분히 반영하지 못한 한계가 있었다. 따라서, 학계와 산업계가 요구하는 수요를 통해 일반화된 자세를 도출하거나 일상적인 움직임을 담는 데에는 한계가 있다고 하겠다(Klepser & Morlock, 2020). 즉, 정적자세 외에 다양한 자세를 추가하고자 하는 연구가 진행되었음에도 불구하고 실제 인체측정 데이터와 이를 활용하는 산업계 사이에는 여전히 간극이 존재한다(Dianat et al., 2018).

이러한 간극을 좁히기 위해서는 동적인 자세에서 인체를 측정하고 이에 따른 인체특성을 연구하는 동적 인체측정(dynamic anthropometry)이 필수적이다. 특히 동적자세에서 측정된 데이터는 의복을 비롯하여, 운동 분석, 자동차 설계, 로봇공학, 공간 설계 등 다양한 분야에서 중요한 도구(tool)로 사용될 수 있으므로(Werghi, 2007), 산업계의 많은 응용 분야에서는 동적인 인체 측정이 요구되어왔다. 예를 들어, 실제 인체 동작의 세부적인 움직임과 자세를 정량적으로 측정하여 피험자의 기능적인 상태를 평가하고 개선하는 훈련 및 재활에 활용될 수 있으며, 여러 공학 제품 개발 시 인간의 동작을 모델링하고 분석함으로써 기계의 인터페이스를 개선하고, 인간과 기계 간의 상호작용을 최적화하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 이때 가장 중요한 점은 동적인 인체측정에 앞서 실제 다양한 산업군에서 필요로 하는 동적 자세를 파악하고, 요구되는 인체 측정 데이터를 구체적으로 파악하여, 사이즈코리아(Size Korea)와 같은 인구기반 3차원 인체측정 사업에 적용함으로써, 측정 데이터가 다양한 산업군에서 유용하게 활용될 수 있도록 하는 것이다.

따라서 본 연구에서는 3차원 동적인 인체측정의 산업계 및 학계의 활용을 위하여, 1) 동적측정 관련 연구동

향 및 관련 수요기업을 조사 및 분류하여 수요조사 사업군을 선정하고, 2) 동적인 인체측정시 필요한 자세와 항목에 대한 심층 인터뷰를 진행하였다. 이후, 3) 인터뷰 내용을 바탕으로 도출한 자세 및 측정항목에 관하여 인체측정 전문가를 대상으로 자문회의를 실시하여 수요가 높은 특정 동작과 측정항목들을 정리하고 이를 바탕으로 추후 활용방안을 모색하고자 하였다. 이러한 연구 결과는 산업계의 다양한 인체측정자료 요구에 부응하고, 인체 측정 결과의 활용성과 신뢰성을 높여 국내 산업계 및 학계에서 인체 치수 및 형태 정보를 활용할 수 있는 기반이 될 것이다.

II. 연구방법

1. 수요조사 사업군의 선정

활용도 높은 동적인 인체측정에 관한 의견을 파악하기 위해서 인체측정 데이터를 적용하여 R&D가 이루어지는 국내 산업분야를 우선적으로 파악하는 것이 필요하다. 이에 수요대상 선정을 위한 과정은 다음 3 단계로 진행하였다. 먼저 1) 연구동향을 파악하기 위하여 논문 데이터베이스, RISS와 Google Scholar를 이용하여 최근 10년(2012~2022) 동안 국내에서 수행된 연구를 조사하여 정리하였으며, 2) R&D사업 및 과제 동향을 파악하기 위하여 국가 과학기술지식정보서비스(NTIS)를 이용하여 동적 측정과 관련이 있다고 판단되는 정부 사업 및 과제를 탐색하여 정리하였다. 이후, 3) 앞선 두 단계에서 수합한 자료를 통계청 한국표준산업분류(KSIC) 기준에 따라 분류하여 두 부분에 모두 해당하는 사업군을 동적 측정의 주요 수요를 가진 사업군으로 정의하였다. 각 데이터베이스의 검색에 사용한 주요 키워드는 ‘동적측정’, ‘동작측정’, ‘인체측정’으로 인체측정데이터가 활용되는 주요 분야(Dianat et al., 2018; Jones & Rioux, 1997; Werghi, 2007)의 키워드인 ‘인체’, ‘의복’, ‘재활’, ‘디자인’, ‘제품’, ‘가구’, ‘감성공학’, ‘인간공학’, ‘보건’ 등을 ‘AND’ 연산자를 사용하여 검색하였다. 연구대상과 관련이 없는 논문을 피하기 위하여, 1차적으로 키워드 검색으로 문헌을 도출한 후, 2차로 연구자가 제목과 초록을 기준으로 최종선정하였다. 제목과 초록이 적격 여부를 결정하기에 충분한 정보를 제공하지 않는 경우, 전체 본문을 저자가 검토하여 선정하였다.

2. 수요조사 인터뷰

1) 참여자 모집

선정된 사업군 중 동적 측정에 대한 수요가 예상되는 업체 리스트를 작성한 후, 연구목적과 참여과정을 담은 이메일을 보냈으며, 답장을 통하여 수요조사 인터뷰 참여의사를 밝힌 8개 업체를 대상으로 인터뷰를 실시하였다(IRB No. 2210/004-013). 각 업체를 대표하여 참여한 참여자들은 해당 업종에서 3년 이상 근무한 경력을 가진 사람들로 선정하였으며, 참여자들의 신분보호를 위해 업체명, 업무 성격, 근무 연수를 제외한 개인정보는 수집하지 않았다.

2) 심층인터뷰 및 분석

심층 인터뷰는 2022년 9~10월 중 수행되었으며 COVID-19 상황으로 인하여 1:1 비대면으로 진행되었으며 각 인터뷰 시간은 30~60분 가량 소요되었다. 심층 인터뷰에는 연구자 두 명이 참여하여 질문 진행 및 필사(notetaking)하였으며 연구참여자의 동의 하에 인터뷰 내용은 녹음되었다.

산업체에서 요구하는 동적 측정항목에 대한 수요 및 세부항목의 도출을 위하여 아래 <Table 1>과 같이 총 4가지 카테고리의 10개 질문으로 인터뷰를 구성하였다. 구체적으로는 연구참여자가 근무하는 기업체명 및 담당 주요업무, 업체에서 디자인, 개발, 제조중인 제품 및 서비스 중 동적 인체 측정이 관여된 사례(중점적으로 고려하는 부분, 관여가 깊다고 생각하는 인체 부위, 추가적으로 필요하다고 생각하는 동적 형상 정

보 등), 제5차 한국인 인체 치수 조사사업에서 진행되었던 동적 측정의 인지, 사용여부 및 활용도 등이다.

산업계 요구항목을 구체적으로 탐색하기 위해 수집된 인터뷰 데이터는 Strauss and Corbin(2014/2015)의 근거이론(grounded theory) 방법을 바탕으로 분석하였다. 연구자는 인터뷰를 통해 수집된 녹화 및 녹음 파일은 전사과정을 거쳐 문서화하였으며, 개방코딩(open coding)을 진행하여 유사한 개념으로 이루어진 범주를 생성하고 이를 상위 범주와 하위 범주로 나누어 분류해 보고, 이를 조합하여 최종 필요 측정 동작을 도출하였다. 연구자 1인이 1차 코딩을 선 수행하였으며, 다른 연구자 2인이 코딩내용을 검수하였고(audit coding), 이후 전체 연구자가 논의를 통해 최종 동작을 선정하였다.

3. 산업계 요구항목의 타당성 확인을 위한 자문평가

심층면접 데이터를 분석하여 도출된 필요 측정 동작과 항목을 최종 확정하기 위하여 동적 측정 관련 학계 전문가 자문을 진행하였다. 동적 형상을 필요로 하는 각 산업분야의 전문가를 통해 요구사항에 근거하여 선정한 동작이라고 하더라도, 실제 3차원 동적 형상 측정을 실시하는 경우 시간, 장소, 피측정자의 자세 유지 등 다양한 시점의 고려가 필수적이다. 때문에 그동안 국가기술표준원에서 실시한 한국인 인체치수조사사업(i.e., Size Korea)에 실무연구자로 참여하였거나 동작의 유지, 활용측면 등과 관련 있는 의류분야, 인

Table 1. Interview questions

Category	Questions
Introduction	1. Please introduce the name of the company you are currently employed by and describe the nature of your work.
Company's current practice	2. During the product development process, do you consider human body measurements?
	3. If so, which body parts do you consider most significantly?
	4. Which body measurements or dynamic shape information are most critical in your company's product development process?
Thoughts on Size Korea	5. Which body measurements or dynamic shape information are least critical in your company's product development process?
	6. Are you familiar with 3D anthropometric projects, such as <i>Size Korea</i> ?
	7. Have you ever utilized <i>Size Korea</i> data at your work?
	8. Do you have any suggestions for the existing <i>Size Korea</i> measurement items? Do you have any items you would like to add or delete?
	9. Do you have any particular dynamic measurement items you would like to add to <i>Size Korea</i> ? Why?
Closing	10. Do you have additional insights you would like to share?

간공학분야, 보건·의료분야, 스포츠 관련 분야에서 박사학위 이상을 소지한 전문가 총 8인으로 자문위원회를 구성하였다.

1) 자문위원 모집

선정한 분야의 전문가에게 자문위원회를 설명하며 참가를 의뢰하는 이메일을 보냈으며, 답장을 통하여 자문 참여의사를 밝힌 8인을 대상으로 자문을 진행하였다(IRB No. 2210/004-013). 전문가 자문 평가는 총 3차로 진행되었으며, 1차 자문은 산업 분야별 도출된 동적 인체 측정 자세에 대한 의견 수렴 및 피드백, 2차 자문은 산업 분야별 요구항목과 측정방법의 타당성에 대한 의견 수렴 및 피드백, 3차 자문은 최종 항목 도출 및 전문가 종합의견으로 이루어졌다. 각 전문가 자문 평가 시간은 60분 내외로 진행하였다.

2) 자문평가

자문 평가는 2022년 11월 중 수행되었으며 COVID-19 상황으로 인하여 ZOOM을 이용한 화상회의로 진행하였다. 자문회의에는 연구자 두 명이 참여하여 질문 진행 및 필사(notetaking)하였으며 연구참여자의 동의 하에 회의 내용은 녹화되었다. 실시간 참여가 불가능한 자문위원의 경우 서면으로 의견을 수렴하였으며, 총 8명 중 3명이 서면으로 참여하였다.

III. 연구결과

1. 수요조사 사업군의 선정

1) 선행연구 분류

키워드 검색된 485편의 논문 중 동적 인체치수 항목을 활용하여 제품이나 서비스를 개발한 논문을 스크리닝한 결과, 총 47편의 논문이 최종 분류 대상으로 선정되었다. 이 논문들은 산업 분야별로 분류하여 총 10개 산업(센서 및 로봇, 의료 및 재활, 의류, 장애인용 제품, 작업장 및 작업도구, 일상 생활용품, 농업, 스포츠 및 헬스케어, 가구, 군)으로 나누었다. 이 중, 센서 및 로봇 분야가 13편(23.6%)으로 가장 높은 비중을 차지했으며, 대표적인 사례로는 인체 모사 로봇 혹은 웨어러블 로봇 제작을 위하여 특정 부위와 자세에서의 치수 및 각도를 측정하여 개발에 활용한 Park and Hong (2018), Yang et al.(2012)의 연구가 있다. 또한, 의료 및

재활 분야는 10편(18.2%)으로, 대표적인 사례로는 치료 및 훈련을 위한 보조기기를 개발한 Huh(2015), Kang et al.(2017) 등의 연구가 포함되며, 일부 연구는 장애인용 제품 및 로봇 분야와 중복되기도 한다. 이외에도, Park(2018) 등 작업 안전 및 작업 부하와 관련된 작업장 설계에 동적 인체 치수를 활용한 연구가 5편(9.1%) 확인되었다. 이 외의 사용 분야로는 일상 생활용품(4편, 7.3%), 농업(4편, 7.3%), 헬스케어(4편, 7.3%), 가구(2편, 3.6%), 군(1편, 1.8%) 등이 있었다. 종합적으로, 동적 자세 및 치수를 활용한 연구는 주로 인체 착용 제품 개발이나 작업환경 개선에 초점을 맞추고 있으며, Kim et al.(2018), Moon et al.(2017)와 같은 일부 연구는 작업이나 운동 평가를 위한 측정 사례도 포함하고 있었다.

2) 선행 사업/과제 분류

국내 정부지원 사업 및 과제동향을 파악하기 위하여, 국가 과학기술지식정보서비스(NTIS)를 이용하여 동적 측정과 관련이 있다고 판단된 사업명 및 과제명을 탐색하여 정리한 결과, 제품 디자인업, 신발부품 제조업, 그 외 기타 의료용 기기제조업, 시스템 소프트웨어 개발 및 공급업, 애니메이션 영화 및 비디오물 제작업, 기타 공학연구개발업, 속옷 및 잠옷 제조업을 포함한 15건의 사업/과제가 도출되었다. 세부적으로는 디자인·제조업이 11건(73.3%)으로 가장 많았으며 의류, 신발, 가구, 위생제품, 애니메이션, 의료용 기기 등이 주요 상품군이었다. 또한 3D나 소프트웨어 관련 상품 1건, 공학 및 연구 개발 1건, 물질검사와 측정·분석 기구 1건, 산업진흥행정 등과 관련된 업체도 1건(각 6.7%) 조사되었다.

3) 수요조사 사업군 도출 및 업체선정

동적 인체 치수 항목 사용 연구논문 현황과 NTIS에서 도출된 사업/과제에 참여한 업체 사이에서 중복되는 4가지 업종을 도출하였다(Fig. 1). 한국표준사업분류에 따르면, 도출된 4개의 업종은 제조업(C; 논문 24건, 사업 12건), 전문과학 및 기술서비스업(M; 논문 31건, 사업 3건), 공공행정·국방 및 사회보장행정업(O; 논문 2건, 사업 4건), 보건업 및 사회복지서비스업(Q; 논문 17건, 사업 1건)이다. 도출된 업종은 선행연구(Dianat et al., 2018; Jones & Rioux, 1997; Werghi, 2007)에서 인체측정이 활발하게 활용된다고

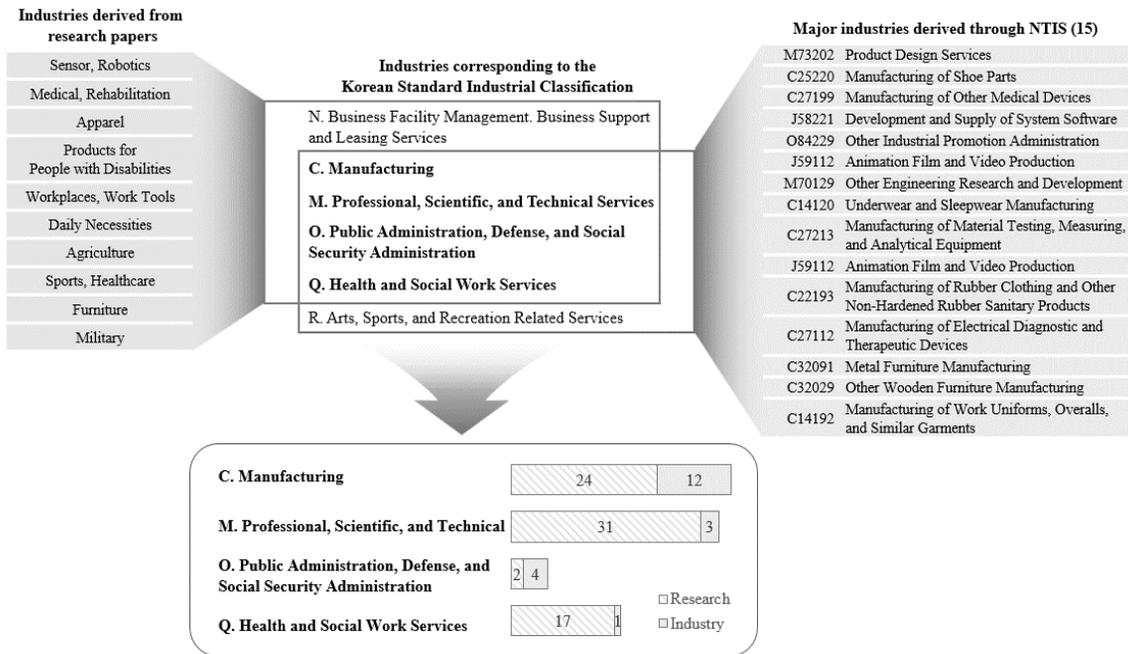


Fig. 1. Selection and categorization of final interviewees.

연급되었던 ergonomics, product design, medicine, engineering 분야와도 일부 일치하였다. 도출된 업종 중 동적 측정에 대한 수요가 예상되는 업체 리스트를 작성한 후 연구목적과 참여과정을 담은 이메일을 보내 참여의사를 밝힌 업체를 심층 인터뷰 대상 업체로 선정하였다. 최종 선정된 업체는 총 8개이며 업종 및 회

사규모, 부서와 직책, 기업에 대한 정보는 <Table 2>와 같다.

2. 수요조사 인터뷰 결과

참여자들은 각 분야에서 주요 업무를 담당하고 있

Table 2. Participants' work profiles

ID	Category	Product	Department/Position	Company description
P1	C	Furniture	Product Planning Team/Team Leader	Office chair development and manufacturing
P2	C	Footwear	Shoes Research Lab/Manager	Manufacturing and distribution of footwear, clothing, and outdoor products
P3	C, M, Q	Medical Devices	CEO	Development of medical devices for measuring physical balance
P4	C	Textiles, Fabrics	Human Fusion Business Division/Director	Development and distribution of new materials and functional clothing
P5	C, M	Robotics	Product Planning, Marketing	Design and development of wearable robots
P6	C, O	Apparel & Sewing	Apparel Business Division R&D Director	Military uniform production, overall sewing
P7	C, M	Home Appliances	HE Design Lab/Leader	Design and development of home appliances
P8	C	Apparel	CEO	Apparel pattern design

C=Manufacturing, M=Professional, Scientific, and Technical Services, O=Public Administration, Defense, and Social Security Administration, Q=Health and Social Work Services

3차원 인체 측정 조사사업을 위한 필수 동적자세 탐색
-다양한 산업 요구를 기반으로-

으며, 인체 치수 및 인체 형태 정보를 활용하여 제품 및 서비스를 개발하는 데 있어서 인체 치수 및 인체 형태 정보의 중요성을 강조하였다. 8인 중 7인(87.5%)의 참가자들이 동적 자세 측정이 필요하다고 답하였으며, 각 분야별로 특정 자세에서의 동적 측정 자세를 요구하였다. 참여자 별 심층면접 결과를 요약한 것은 다음 <Table 3>과 같다.

분야별 필요 자세를 종합하여 비슷한 자세끼리 분류한 결과, 총 6가지의 항목(선 자세, 앉은 자세, 다리 동작, 팔 동작, 목 및 손 동작, 발 관련 자세)으로 분류되었다.

1) 선 작업자세

선자세에서는 허리 굽힌 동작, 걷는 동작, 팔을 들어 올리는 동작, 팔을 벌린 동작, 다리를 들어 올리는 동작이 언급되었으며, 일상가전 개발을 위한 작업 동작, 재단 작업 동작 등이 포함되었다. 참여자들은 기존의 반듯하게 선 자세뿐만 아니라 실제 업무나 생활을 반영한 구체적인 자세가 있으면 좋겠다고 의견을 제시하였다. 특히, 가전제품 개발자인 인터뷰 참여자 7은 주방에서의 가사노동 자세, 봉제 작업장에서 책임자로 근무하는 인터뷰 참여자 6은 재단판에서 서서 업무를 수행하는 자세를 대표적으로 꼽았다.

“요리할 때는 좀 자세가 그래도 살짝 앞으로 구부려져서 하는 것 같아요. 네, 그렇게 했을 때의 자세 혹은 팔의 위치(생략) 실제로 서서 뭔가 작업을 하거나 할 때도 필요한 거라서 그런 것들도 의미가 있을 것 같습니다. (인터뷰 참여자 7)”

“재단이나, 재단은 서서 하는 작업이에요. (생략) 어떤 사람은 허리가 아프다고, 거의(체형을) 서서 하면 어깨나 나중에 아프다고 그러시고 이렇게, 그래서 책상을 높이거나 낮추면 어깨는 안 아프는데도 허리가 아프다 하시거든요. (인터뷰 참여자 6)”

참여자들은 실제 업무나 생활자세에 대한 필요성을 제시하였으며, 해당 자세가 중요한 이유뿐만 아니라 해당 자세를 유지할 수 있게 돕는 지지대나 보조기기 등의 활용, 관련 측정항목의 필요성도 함께 언급하였다.

2) 앉은 작업자세

앉은 자세에서는 앉은 상태에서 작업을 하기 위해 허리를 굽힌 동작, 허리를 최대한 굽힌 동작의 수요가 있었으며, 특히 현대 직장인들의 사무 업무 및 작업과 관련된 자세를 위주로 한 동작이 중요하게 언급되었다. 특히 기존 한국인 인체측정 조사 사업에서 앉은 자세를 측정하지만 똑바로 앉은 상태만을 측정하고 있는 것에 대해 매우 아쉬워하였다. 최근 나이를 불문하고 목이나 허리통증을 호소하는 사람들이 증가하고 있는데, 해결책이 바르게 앉는 것이라고 언급된 기사만 보더라도(An, 2024), 실제로 바른 자세를 취하는 경우가 많지 않음을 추측할 수 있다. 이러한 이유로 참여자들은 바른 자세만큼이나 작업 시의 앉은 자세도 중요하게 여길 필요가 있다고 언급하였다. 의자 디자이너인 인터뷰 참여자 1은 앉은 자세에 대한 정보가 부족하기 때문에 의자 설계에 어려움을 겪는다고 응답하였다.

“이렇게하면 사무원들이 현재 컴퓨터 레이아웃과 화면을 보고 업무를 처리함에 있어서 목이 몇 도로 굽는가 허리가 얼마나

Table 3. A summary of interview findings

ID	Main Duties	Required Postures, Parts, Items
P1	Design, manufacturing, and sales of furniture like chairs	Sitting posture (office work), spine tilt, neck tilt, etc.
P2	Development and performance evaluation of functional footwear	Exercise postures for evaluating functional apparel product
P3	Utilizing functional materials for scrubs	Bending posture, squatting posture, etc., during patient care
P4	Digital healthcare and medical devices	As many different postures as possible for posture identification
P5	Product planning (related to robotics)	Detailed circumference between joints
P6	Sewing workshop (military-related)	Sitting posture (sewing), maximum arm length, workbench height, etc.
P7	Product planning (related to home appliances)	Standing posture (housework), walking posture, hand measurements
P8	Pattern and apparel development	Distance between the arm and torso at different arm joint angles

굽는가 사실 그런 치수가 없기 때문에 저희도 이 헤드레스트라는 거를 어느 정도 깊이로 설계를 해야 되는지가 좀 고민일 때가 있거든요. (인터뷰 참여자 1)”

또한 봉제 작업장에서 의류사업부 R&D 책임자로 근무하는 인터뷰 참여자 6 또한 선자세와 앉은 자세에서 모두 구체적인 작업시의 가구나 동선 설계를 위하여 관련 측정이 진행되면 좋겠다고 응답하였다.

“검사 작업은 대부분 앉아서 합니다. 왜냐하면은 손이 움직이고 다리가 움직이는 작업은 거의 아니기 때문에 그래서 앉은 작업대의 높이가 필요하겠죠. 그리고 미싱하실 때는 아시다시피 약간 기울어줘야요. 앞으로 앞으로 수그러서 하기 때문에 그냥 반듯하게 서는 앉은 키보다는 약간 집중하는 자세에 기울인 앉은 키... (인터뷰 참여자 6)”

3) 다리 동작

오랜 시간 의류설계 전문가로 활동한 인터뷰 참여자 8은 하의류의 패턴 설계 시 다리를 벌리는 동작을 고려함에 있어서 일상생활 동작 관련한 데이터가 부족함을 언급하면서 관련 동작자세가 추가되면 좋겠다고 하였다.

“하의 같은 경우는 이제... 무릎 관절 기준으로 해서 무릎을 이제 내가 들어올렸을 때, (생략) 예를 들어 무릎을 90도로 들었을 때 각도와 거리(가 필요합니다). (인터뷰 참여자 8)”

또한 기능성 의류나 의료용 스크립 개발을 하고 있는 인터뷰 참여자 4는 허리나 무릎의 움직임(특히 굽히는 동작)에 대한 데이터 필요성을 언급하였다.

“일단 굽힘 동작이 상당히 많거든요. 굽힘 동작. 그리고 쪼그림 동작! 아시겠지만 많은 것들을 쪼고 도와주고 하는 부분에서는 많이 구부리는 동작이 많이 나온다고 저는 생각을 해요. (생략) 허리 굽힘, 무릎 굽힘 (팔이죠). (인터뷰 참여자 4)”

4) 팔 동작

가전제품을 개발하고 있는 인터뷰 참여자 7은 전 연령층이 함께 쓰는 제품을 개발하기 위해서는 고령 소비자의 관절 가동범위에 관심을 가질 필요가 있다고 이야기하였다.

“나이가 들면 제가 알기로는 어깨의 움직임이 더 범위가 좁아지는 걸로 알고 있는데 그러면 어느 연세가 됐을 때 가동 범위가 어느 정도 줄어드는지 이런 거에 대한 데이터는 필요할 것 같습니다. 왜냐하면 앞으로 노령화 시대가 되면서 고객들의 나이가 점점 많아지거든요. (인터뷰 참여자 7)”

유사한 요구사항으로 인터뷰 참여자 8은 상의류 패턴을 설계할 때에 팔의 최대 가동범위에 대한 정보가 있으면 좋겠다고 언급하였다.

“우리가 팔을 들었을 때의 치수가 필요하면 좋을 것 같아요. 예를 들어서 내가 90도 들었을 때 45도일 때 아니면 팔을 이렇게, 135도 들었을 때 여기에 이제 이 측정 치수가 있으면 내가 패턴을 뜨는데 소매산을 결정하는 데 도움이 될 것 같아요. (인터뷰 참여자 8)”

웨어러블 로봇 개발에 참여하고 있는 인터뷰 참여자 5는 그동안 측정되지 않았던 부위의 치수의 필요성을 제안하기도 하였다. 특히, 관절을 보조하거나 지지하는 웨어러블 로봇의 경우 관절점을 기준으로 측정되었던 기존의 치수뿐만 아니라 기준 사이의 치수들도 필요하다는 점을 강조하였다.

“둘레 정보가 많이 필요한데, 예를 들면 상체랑 팔 같은 경우는 사실은 이 팔꿈치 관절을 중심으로 이렇게 위아래로 착용을 하게 되거든요. (생략) 이런 웨어러블 디바이스(개발)하다 보니까(기준 치수 외에) 어중간한 길이의 치수 정보들이 좀 더 필요하더라고요. (인터뷰 참여자 5)”

또한 다리와 팔 등 사지 동작의 경우, 의류, 가전제품, 로봇분야에서 관절의 가동범위 특성에 맞추어 설계하는 경우가 많았기 때문에 이러한 사지 움직임과 관련된 수요들이 있었다. 이와 같은 수요는 최근 전세계에서 겪고 있는 인구고령화에 발맞춰 관련 사업이 성장하고 있으므로 주목할 만하다.

5) 목, 손 동작

가전제품 중 마사지 기기 개발에 참여한 경험이 있는 인터뷰 참여자 7은 손의 동작과 관련한 측정항목이 추가되면 좋겠다고 하였다.

“앞으로 나올 제품이나 저희 지금 제품들을 보면 권 상태에

3차원 인체 측정 조사사업을 위한 필수 동적자세 탐색
-다양한 산업 요구를 기반으로-

서 버튼을 눌러야 되는 부분이 있거든요. 그러면 권 상태에서 버튼을 눌렀을 때 누를 수 있는 범위나 혹은 위치 이런 게 꽤 중요해요. (인터뷰 참여자 7)”

또한 의자를 설계하는 인터뷰 참여자 1은 자연스러운 업무자세의 필요성과 동시에 제품군에 따라서 다양한 동작시의 관찰각도가 필요하다고 하였다.

“사무원들이 현재 컴퓨터 레이아웃과 화면을 보고 업무를 처리함에 있어서 목이 몇 도로 굽는가 허리가 얼마나 굽는가 사실 그런 치수가 없기 때문에 저희도 이 헤드레스트라는 거를 어느 정도 깊이로 설계를 해야 되는지가 좀 고민일 때가 있거든요. (인터뷰 참여자 1)”

6) 발, 걸음과 보폭

신발을 개발하는 인터뷰 참여자 2는 다이나믹한 동작이 필요함을 강조했다. 특히 신체에 가까운 제품일 수록 다양한 동작이 필요할 것이라고 하였다.

“발 같은 경우에는 발가락 발허리 관절을 굽혔다 폈다 하는 동작이 있고요...(중략)... 발 볼 너비의 변형을 가장 크게 만들 수 있는 그런 동작들이 있고 발의 앞꿈치 뒤꿈치를 들어 올리면서 그 쿠션감을 평가하기 위한 동작들도 있고요. (인터뷰 참여자 2)”

또한, 인간의 보행과 관련된 보폭, 보행 속도 등 걷는 동작뿐만 아니라 걷는 동작에서 도출되는 치수 데이터 이외의 데이터에도 필요성이 언급되었다. 이는 가전제품, 공간설계, 웨어러블 기기 등에 모두 사용될 수 있다.

“기획하다 보면 걸음과 보폭에 대한 것 그리고 걷는 속도에 대한 것도 이제 필요할 때가 있습니다. (생략) 저희가 데이터를 알게 되면 센싱을 어느 정도에서 먼저 해야 되는지 그래서 이 사람이 어느 정도에 왔을 때 작동해서 문을 열어주면 부딪히지 않고 자연스럽게 걸어 나갈 수 있는지 이런 것들은 이제 동적인 인공학적인 연구가 필요합니다. (인터뷰 참여자 7)”

이 밖에도 인체의 대관절을 기준으로 하는 큰 동작, 허벅지둘레와 무릎둘레 사이의 다리둘레 등 관절간 세분화된 둘레 치수, 손잡이나 그림 설계 등에 활용하기 위한 손가락간 길이 및 막대손안둘레와 같은 세

부항목이 필요하다는 의견도 제시되었다.

심층면접을 통해 도출된 동작과 활용 분야, 분류된 의견들을 종합해 보면, 동적 인체측정을 필요로 하는 기업들은 제품 혹은 작업장의 전반적인 규격을 설정할 수 있는 동적 자세에 대한 수요가 높았다. 각 분야에서 필요로 하는 자세를 주요 관절의 움직임에 따라 분류한 결과, 선 자세와 앉은 자세를 기본으로 한 7가지의 주요 변형 자세로 압축할 수 있었으며, 그 외에는 손과 팔다리 등 부위별 항목에 대한 수요가 존재하였다. 각 자세에서 수요가 있었던 필요 측정 항목들은 일상 작업 자세 혹은 부위별 변화 파악을 위한 항목들이 주를 이루었다.

3. 자문회의 결과

1) 핵심 측정항목 선정

인터뷰를 통해 수집된 다양한 의견을 정리하여 기본 항목을 도출하였다. 인터뷰 결과, 가장 우선적으로 필요한 자세와 각 동작에서 측정 가능한 최소한으로 측정해야 할 항목을 선정하는 것이 가장 중요하다는 것으로 의견이 수렴되었다. 특히 동작과 측정항목을 구성할 때 기본자세, 보통, 최대치를 포함할 필요가 있으며, 모든 산업분야의 동작 및 자세에 대한 의견을 반영하는 것은 불가능하므로 3차원 측정에 참여하는 대상자와 측정기기를 고려하여 일상생활과 밀접한 필수 동작들 위주로 선정하는 것이 바람직하다는 의견이 제시되었다. 또한 측정항목과 관련하여, 3차원 측정의 경우 언제든지 형상을 통해서 추가 치수 측정이 가능하기 때문에 어떤 자세와 측정항목이 가장 필요할 것인가에 대해 집중적으로 논의가 이루어졌다. 이에 연구진은 자문회의에서 도출된 주요 의견을 기반으로, 실제 활용도와 측정 효율성을 고려하여 비슷한 관절의 움직임으로 분류한 최소한의 필수 동작 항목을 선정하는 것이 적합하다고 판단하였다.

세부적인 자세와 관련하여, 선 자세에서 허리 굴곡은 최대각도 및 중간각도 정도로 조정하는 것이 적절하다는 의견과 굽혔을 때의 높이 항목이 작업대의 높이 설정에 중요하다는 의견이 제시되었다. 보행 동작과 팔 벌린 동작은 자세 유지가 힘들거나 결측이 발생하여 현재의 3D 스캔 장비로 정확한 측정이 어려운 항목이기에, 팔 부위는 직접측정으로 대체하여 선정하였으며, 보폭을 포함한 보행 관련 항목은 개인차가 큰

항목이므로 계단 오르기로 대체하였다. 또한, 기존의 길이 관련 항목 외에도 동적 측정을 위해 체표면 변화와 같은 새로운 측정개념이 필요하다는 의견도 제시되었다. 특히 업무 시 활용하는 앉은 자세에 대한 측정 수요가 높아 앉은 자세와 관련한 측정방법의 필요성이 강조되었다. 인터뷰에서 언급되었던 손가락 관련 항목은 직접측정으로 정확한 측정 및 데이터 확보가 가능하므로, 이는 직접측정항목으로 추가 제안하였다.

2) 산업 분야별 요구항목과 측정방법의 타당성에 대한 의견 수렴 및 피드백

자문위원들은 동적 자세에서 도출된 세부 측정항목의 타당성을 검토하고, 자세별 활용도를 검토하여 산업체에서 실제로 활용이 가능한지를 논의하였다. 제안된 자세와 항목을 검토한 결과, 선 자세에서는 주방이나 작업실에서 서서 작업할 때 허리와 목 관절, 체표면 변화를 측정하는 것이 중요하다는 결론에 도달하였다. 또한, 측정 시 자연스러운 자세 유도를 위한 구체적인 가이드와 보조기구의 필요성, 그리고 키에 따

른 테이블 높이의 조사가 필요하다는 점이 발견되었다. 마찬가지로 앉은 자세에서도 작업 시 허리와 목 관절, 체표면 변화를 측정하는 것이 중요하게 여겨지며, 자연스러운 자세 유지를 위한 보조 가이드 테이블 및 적절한 높이 설정이 필요할 것으로 사료된다.

부위별 동작의 경우, 다리 부위 측정을 위한 계단 높이 및 각도 기준점 설정, 팔 부위의 관절 중심점을 기준으로 한 랜드마크 설정 등이 주요 요구사항으로 도출되었다. 현재는 3D측정을 전제로 연구를 진행하였기 때문에 걸음과 보폭에 대한 측정은 포함하지 않았으나, 이에 대한 필요성이 지속적으로 언급되고 있어 추후 이를 위한 측정 기준이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 최소한의 필수 동작 항목으로 핵심 동작 구성은 가능하나, 특정 분야의 기업에서 데이터를 실제로 잘 활용할 수 있으려면 도메인별 측정이 추후 이루어져야 하겠다.

수정된 결과는 다음 <Table 4>에 정리되어 있으며, <Fig. 2>는 최종 도출된 자세를 요약한 것이다.

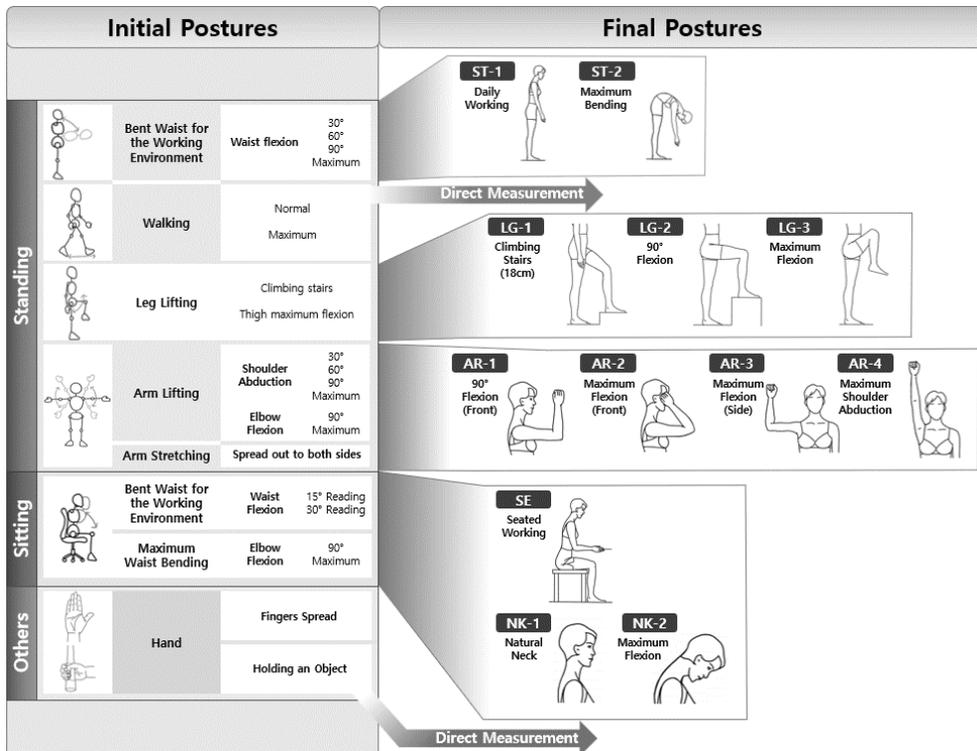


Fig. 2. Postures selected by an advisory meeting.

3차원 인체 측정 조사사업을 위한 필수 동적자세 탐색
-다양한 산업 요구를 기반으로-

Table 4. Key postures derived from interviews

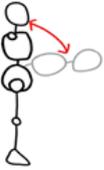
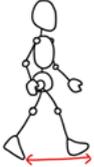
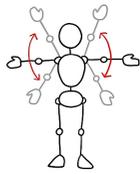
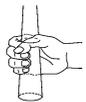
Posture	Industry category	Product or services	Potential applications	Movement	Required measurements	Key dynamic postures	
Standing posture	C, M, O, Q	Apparel, Home Appliances, Medical & Healthcare, Work Place Design	<ul style="list-style-type: none"> Development of household appliances (e.g., vacuum cleaner). Height adjustment for a cutting workstation Posture for the development of a medical skeletal analysis device. Development of medical scrubs for healthcare professionals who need to bend at the waist while caring for patients. 	Bent waist for the working environment	Waist flexion	<ul style="list-style-type: none"> Height from the floor to shoulder Height from the floor to eye Back length Front center length Back neck length Vertical trunk length (using a tape measure, following the surface of the body) 	
	C, M, Q	Apparel, Home Appliances, Medical & Healthcare, Robotics	<ul style="list-style-type: none"> Motions for the most frequent daily activities. Posture while using household appliances (e.g., vacuum cleaner). Setting the length of trouser slits in clothing design. Designing wearable robots for walking assistance. 	Walking	Normal	<ul style="list-style-type: none"> Stride length Incline or speed during walking 	
					Maximum		
C, M, Q	Apparel, Medical & Healthcare, Robotics	<ul style="list-style-type: none"> Maximum ROM for hip joints Utilization in product and workplace design Design of wearable robots for walking assistance Setting anchoring points in the design of wearable robots 	Leg lifting	Climbing stairs	<ul style="list-style-type: none"> Stride length during climbing stairs Height from the floor at maximum flexion of the thigh joint waist-popliteal length (waist level to popliteal) Circumference measurement between hip joint-knee joint-ankle joint (divided into up to 3 parts) 		
				Maximum flexion of the thigh joint			
C, M, Q	Apparel, Home Appliances, Medical & Healthcare, Robotics	<ul style="list-style-type: none"> Maximum ROM for shoulder joints Setting a safe working distance in the workplace Design of household appliances (e.g., refrigerator handle position, beauty device grip) Evaluation of fit for upper clothing Setting anchoring points in the design of wearable robots 	Arm lifting	Shoulder abduction	<ul style="list-style-type: none"> Straight distance between the torso and wrist Surface length of the armpit area Shoulder length Shoulder angle 		
				Elbow flexion			Maximum

Table 4. Continued

Posture	Industry category	Product or services	Potential applications	Movement	Required measurements	Key dynamic postures
	C, O, Q	Medical & Healthcare Work Place Design	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum ROM for shoulder joints • Setting a safe working distance in the workplace • Evaluation of fit for upper clothing • Designing sleeve patterns for clothing • Development of medical skeletal analysis devices 	Arm stretching	Spread out to both sides	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum distance from fingertip to fingertip
Sitting posture	C, Q	Furniture, Apparel, Medical & Healthcare	<ul style="list-style-type: none"> • Movements during seated posture tasks • Development of chairs for office and sewing work 	Bent waist for the working environment	Waist flexion 15° (Light reading) 30° (Bent reading)	<ul style="list-style-type: none"> • Elbow height while sitting • Spinal angle according to waist flexion angle • Neck (cervical-spine angle) • Elbow flexion angle
	C, Q	Apparel, Medical & Healthcare	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum ROM for the waist area • Utilization in product and workplace design • Development of medical scrubs for healthcare professionals who bend at the waist while caring for patients 	Maximum waist bending	Waist flexion Maximum	<ul style="list-style-type: none"> • Spinal angle according to waist flexion angle • Maximum reach when stretching out the hand
Others	C, M	Home Appliances	<ul style="list-style-type: none"> • Setting design dimensions for handheld appliances 	Standing (part measuring)	Fingers spread	<ul style="list-style-type: none"> • Distance between middle finger and thumb
					Holding an object	<ul style="list-style-type: none"> • Inner circumference of the hand holding a rod



3차원 인체 측정 조사사업을 위한 필수 동적자세 탐색
-다양한 산업 요구를 기반으로-

3) 최종 종합 의견

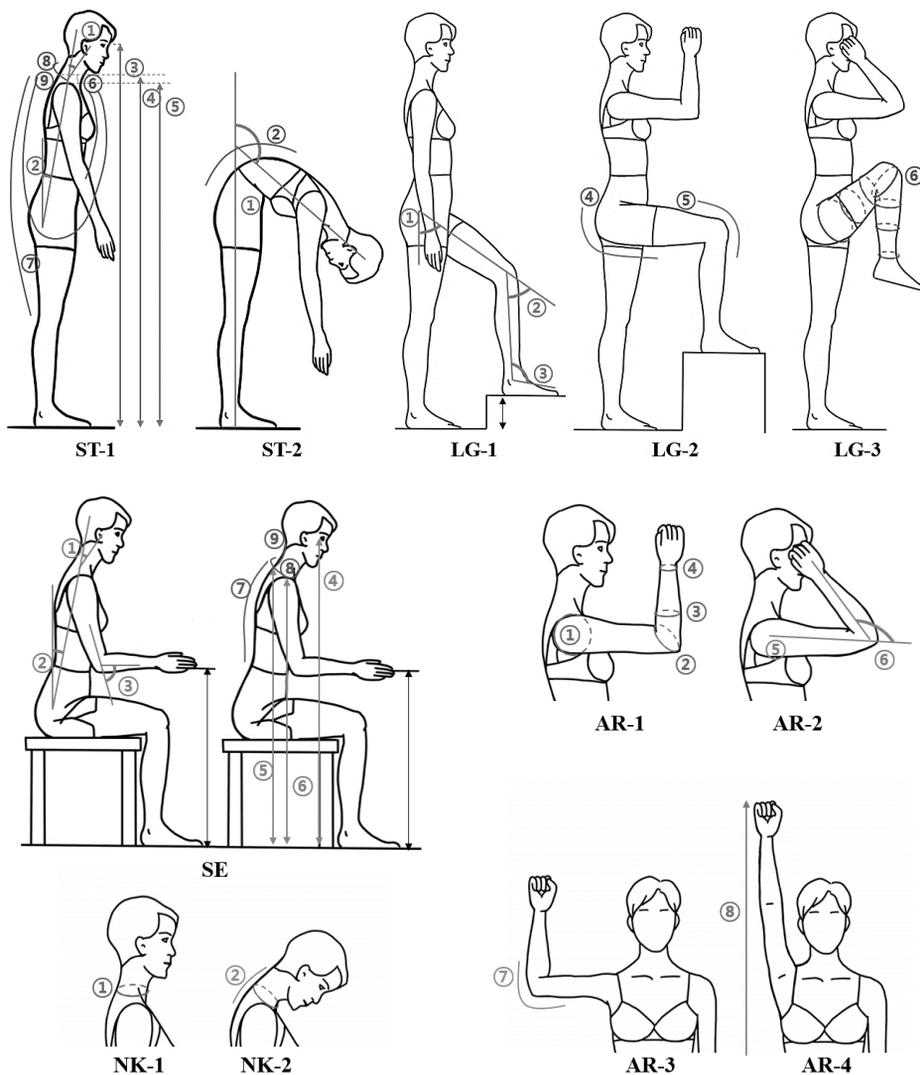
총 3회의 자문회의를 통해 도출된 최종 자세와 측정 항목은 <Table 5>에 정리되어 있다. 이러한 항목들은 특히 제조업 분야에서의 활용 가능성이 높을 것으로 기대되며, 특정 제품 및 워크스테이션의 전반적인 형상과 작업 동작에 맞추어 유용성을 극대화하기 위해

서는 향후 특정 수요처의 니즈 분석이 필수적이라는 의견이 도출되었다. 또한, 실무자의 관점에서 평가가 이루어져야 한다는 제언도 있었다. 일상 작업자세의 경우, 바른 자세와 자연스러운 작업 자세의 차이를 명확히 구별해야 하며, 측정자세는 피측정자의 협조도에 따라 데이터의 정확성이 달라질 수 있으므로, 측정

Table 5. Final derived postures and measurement items

Postures	Code	Measurement Items
Everyday working posture	ST-1	Angle ① Neck flexion angle during work in a naturally standing posture ② Waist flexion angle during work in a naturally standing posture
		Height ③ Height from the floor to the eye level ④ Height from the floor to the back of the neck point ⑤ Height from the floor to the shoulder point
		Length ⑥ Length from the front neck point to the front waist point ⑦ Length from the back of the neck point to the popliteal fossa ⑧ Distance between shoulder points
		Circumference ⑨ Vertical circumference of the torso
Maximum bending posture	ST-2	Angle ① Maximum angle of the waist joint when fully bent
		Length ② Change in surface length around the waist joint
Seated working posture	SE	Angle ① Neck flexion angle during work in a seated posture ② Waist flexion angle during work in a seated posture ③ Elbow flexion angle during work in a seated posture
		Height ④ Height from the floor to the eye level ⑤ Height from the floor to the back of the neck point ⑥ Height from the floor to the shoulder point
		Length ⑦ Back length ⑧ Distance between shoulders ⑨ Surface length during neck joint flexion
		Circumference ⑩ Circumference based on landmarks
Leg lifting	LG-1 LG-2 LG-3	Angle ① Hip joint angle during stair climbing ② Knee joint angle during stair climbing ③ Ankle joint angle during stair climbing
		Length ④ Change in surface length (or area) around the hip joint ⑤ Change in surface length (or area) around the knee joint
		Circumference ⑥ Circumference based on landmarks
Shoulder and elbow joint flexion	AR-1 AR-2 AR-3 AR-4	Circumference ① Shoulder circumference ② Elbow circumference ③ Circumference based on landmarks ④ Wrist circumference
		Angle ⑤ Shoulder angle ⑥ Elbow angle
		Length ⑦ Change in surface length around the elbow
		Height ⑧ Height in the maximum arm extension posture
		Circumference ① Neck circumference
Neck joint flexion	NK-1 NK-2	Length ② Change in surface length (or area) around the neck joint

Table 5. Continued



프로토콜의 정립이 매우 중요하다고 판단되었다.

향후 동적 측정의 발전 방향에 대해 자문위원들은 현재의 정적 측정 방식이 측정자와 피측정자 모두에게 부담을 주고 데이터의 정확성에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 연속 동작 측정 방식으로의 전환이 필요하다고 강조하였다. 특히 동적 측정의 경우, 작업복 착용 시의 동적 인체 측정이 중요하므로, 향후 웨어러블 및 운동 작업 보조기기의 개발이 진행될 경우, 동작 수행 시 착용 부위 관련 치수의 집중 측정이 필요할 것으로 사료되었다.

IV. 결 론

본 연구는 실제 산업군에서 필요로 하는 3차원 동적 인체 측정에 자세 및 측정항목을 구체적으로 탐색하기 위하여, 산업체를 대상으로 심층면접을 수행하여 각 분야에서 필요로 하는 요구 동작에 대한 정보를 수집·분석하고, 구체적인 동작 및 측정항목을 제안하고자 하였다. 그 결과 일상의 동작을 반영한 작업자세와, 최대-최소의 인체 움직임을 고려한 4개의 자세(일상 작업자세, 최대속인자세, 앉은작업자세, 계단오르기)가

도출되었으며, 추가측정부위로 어깨, 팔꿈치, 목관절의 굴곡이 주요 측정을 요하는 부위로 선정되었다. ISO 8559(2017)나 ISO 7250(2017), ISO 20685(2018) 등 기존 인체측정 자세는 정자세이거나 깨끗한 앉은 자세가 주로 반영되어 있으며, 제5차 사이즈코리아의 경우, 동적측정으로서 각 관절의 최대-최소 가동범위를 반영한 바 있다(KATS, 2004). 새롭게 도출된 자세들은 최대-최소 가동범위를 포함하여, 특히 경직된 자세가 아닌 인체 주요 관절의 자연스러운 일상생활 자세 및 일반적인 작업자세를 반영하고 있다는 것이 가장 큰 차이라고 볼 수 있다. 또한, 관절각도 및 동적자세에서의 체표면적 측정 등 기존의 측정항목과는 다른 형태의 항목들이 제안되었다. 이는 기존의 연구가 다양한 산업 분야에서 인간의 실제 사용환경을 충분히 반영하지 못한 한계로 인해, 산업계와 학계에서 동적 인체 치수 및 형태 정보에 대한 높은 수요가 발생한 결과라고 할 수 있다. 또한 많은 연구자와 기업들이 의류, 신발, 의자, 패딩, 로봇 등 다양한 분야에서 제품 개발 및 작업자의 작업 효율 개선을 위해 동적 인체 치수 및 형태 정보의 중요성을 인식하고 있음을 나타낸다. 따라서 산업계와 학계에서 인체 치수 및 인체 형태 정보를 활용할 수 있는 기반을 마련하는 것은 매우 중요한 작업이라 할 수 있다. 도출된 자세 및 측정항목을 활용한 3차원 측정이 진행된다면 의료, 의류 및 패션, 자동차 및 가전제품 등 다양한 분야에서의 활용을 기대할 수 있을 것이다. 또한 이를 통해 개인 맞춤형 의류기기 및 의료용품, 사이즈체계 및 패딩 개발, 제품 디자인 향상, 작업장 개선에 활용하는 등 1차적 활용을 넘어 새로운 제품 및 서비스 개발에도 기여할 수 있다. 아울러, 추후 3차원 인체형상 측정 조사사업을 위한 구체적인 동작 및 측정항목 선정 시 기초 자료로서 유의하게 활용될 수 있을 것이다.

본 논문의 결과는 전국민을 대상으로 한 측정사업에서 포괄적으로 사용할 수 있는 동적 프로토콜 개발에 앞서, 모집된 일부 산업체를 대상으로 주요 동작에 대한 수요조사를 수행한 결과이므로 취급 제품군, 지역 등 추가적으로 파악될 동적자세와 측정항목에 대한 수요까지 다루지 못했다는 한계가 있다. 추후 특정 산업군을 대상으로 심도 있는 데이터를 수집해야 할 경우에는, 실제 산업에 종사하는 피험자를 대상으로 실제 작업 환경 조사 및 인터뷰, 작업동작의 촬영, 실험

실 차원의 3차원 스캔 및 모션 캡처 촬영 등 다각화된 동작분석 방식이 필요할 것이다. 현재는 공간적, 비유적 문제로 모든 산업군에 대한 측정연구 수행이 현실적으로 어려우므로, 특별한 수요가 있을 경우, 순차적으로 별도의 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 3차원 동적 측정을 통해 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 인체형태 및 인체치수 정보를 수집·제공하기 위해서는 측정 기술의 개선과 표준화에 대한 연구가 매우 필요하다. 특히, 동적 측정에서는 기존의 측정기준점보다 더 많은 기준점이 필요하기에 스캔데이터 상 기준점 부착 부위에 결측이 일어나지 않도록 자세의 보정과 기준점 위치선정이 중요하며, 또한 측정자가 정확한 위치에 랜드마크를 부착하는 숙련도가 매우 중요하다. 따라서 3차원 동적측정에 관련된 다양한 분야의 전문가들과의 협력 및 포괄적인 분석에 대한 연구는 필수적으로 진행되어야 한다. 또한 3차원 동적인체 측정 방법을 활용해 수집된 인체치수가 실제 현장에서 가치있게 쓰일 수 있도록 제품 및 사이즈의 실제 현장의 적용가능성에 대한 연구도 진행될 필요가 있다. 이러한 연구들을 통해 3차원 동적 인체측정에 기반한 인체 치수 및 인체 형태 정보의 활용이 산업발전과 개인의 편의성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 사사

본 연구는 대한민국 국가기술표준원의 2022년 3차원 동적 인체표면형상 측정 프로토콜 개발 사업의 연구비를 지원받아 수행되었음.

2. 연구윤리

본 연구는 서울대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았음(IRB No. 2210/004-013).

3. 데이터 및 자료 가용성

본 연구에 사용된 데이터는 합당한 요청이 있어 서울대학교 생명윤리위원회가 승인하는 경우 교신저자가 학술적인 증거로서 제공 가능함.

4. 이해관계 상충

해당사항 없음.

5. 연구비 지원

본 연구는 대한민국 국가기술표준원의 2022년 3차원 동적 인체표면형상 측정 프로토콜 개발 사업의 연구비를 지원받아 수행되었음.

6. 저자의 기여

YH, HK과 JP는 연구 디자인을 처음부터 구상하고 설계 하였음. YH와 HK는 데이터 수집 및 결과분석을 담당하고 원고 초안을 작성하였음. JP는 논문을 재구성하고 원고를 수정, 보완하였음. 모든 저자는 최종 원고를 읽고 승인하였음.

7. 저자 정보

홍유화 서울대학교 생활과학연구소, 연수연구원

김현욱 서울대학교 생활과학연구소, 연수연구원

박주연 서울대학교 의류학과, 교수/

서울대학교 생활과학연구소, 겸무연구원

References

- An, H. (2024, March 20). *직장인 목·허리 디스크, 자세만 고쳐도 된다* [Office workers' neck and back disc issues: Fixing your posture can make a difference]. Health Chosun. https://health.chosun.com/healthyLife/column_view.jsp?idx=11108
- Bragança, S., Arezes, P., Carvalho, M., & Ashdown, S. (2016). Effects of different body postures on anthropometric measures. In F. Rebelo, & M. M. Soares (Eds.), *Advances in ergonomics in design* (pp. 313–322). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41983-1_28
- Carvalho, M., Duarte, F., Heinrich, D., & Woltz, S. (2009). *WeAdapt: Inclusive clothing design proposal for product development*. The Royal College of Art, Helen Hamlyn Centre.
- Choi, S., & Ashdown, S. P. (2011). 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions. *Textile Research Journal*, 81(1), 81–93. <https://doi.org/10.1177/0040517510377822>
- Dianat, I., Molenbroek, J., & Castellucci, H. I. (2018). A review of the methodology and applications of anthropometry in ergonomics and product design. *Ergonomics*, 61(12), 1696–1720. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1502817>
- Huh, B. M. (2015). A study on active walking assistance device of inclusive design. *A Journal of Brand Design Association of Korea*, 13(1), 75–84. <https://doi.org/10.18852/bdak.2015.13.1.75>
- ISO 20685. (2018). *Ergonomics-3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/63260.html>
- ISO 7250. (2017). *Basic human body measurements for technological design*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/65246.html>
- ISO 8559. (2017). *Size designation of clothes*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/61686.html>
- Jones, P. R. M., & Rioux, M. (1997). Three-dimensional surface anthropometry: Applications to the human body. *Optics and Lasers in Engineering*, 28, 89–117. [https://doi.org/10.1016/S0143-8166\(97\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0143-8166(97)00006-7)
- Kang, S. R., Yoon, Y. H., Yu, C. H., Nah, J. W., Hong, C. U., & Kwon, T. K. (2017). The development and verification of balance insole for improving the muscle imbalance of left and right leg using based sound feedback. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 11(2), 115–124. <https://doi.org/10.21288/resko.2017.11.2.115>
- Kim, J. H., Hwang, J. J., Joeng, M. C., & Mo, S. M. (2018, November 9). *The ergonomic evaluation of trunk movement for different walking speed* [Poster presentation]. 2018 Fall Conference of Korean Institute of Industrial Engineers, Seoul, Republic of Korea. <https://kiie.org/Conference/ConferenceView.asp?AC=0&CODE=CC20180401&CpPage=148#CONF>
- Klepser, A., & Morlock, S. (2020). 4D scanning-dynamic view on body measurements. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 1(1), 30–38. <https://doi.org/10.25367/cdatp.2020.1.p30-38>
- Korean Agency for Technology and Standards. (2004). *제5차 한국인 인체치수조사사업 보고서 (2차년도 최종보고서)* [The 5th Korean Anthropometric Survey Project Report (Final Report of the 2nd Year)]. Korean Agency for Technology and Standards, Ministry of Trade, Industry and Energy. <https://sizekorea.kr/support/pds/view?currentPageNo=1&searchType2=&searchWord1=%EC%A0%9C+5%EC%B0%A8&bbsCntntsSeq=>
- Lee, J., & Ashdown, S. P. (2005). Upper body surface change analysis using 3-D body scanner. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(12), 1595–1607.
- Markiewicz, Ł., Witkowski, M., Sitnik, R., & Mielińska, E. (2017). 3D anthropometric algorithms for the estimation of measurements required for specialized garment design. *Expert Systems with Applications*, 85, 366–385. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.052>
- Moon, S.-J., Kyun, S.-N., Kim, B., Lee, S.-J., Eo, S.-J., Lee, S.-S., & Jang, J.-H. (2017). ROM characteristics of shoulder and hip joint in competitive swimmers. *The Korean Journal of Sport*, 15(4), 743–754.
- Park, J. (2018). *Evaluation of work safety and risk of musculoskeletal disorders* [Conference session]. 2018 Spring Conference of the Ergonomics Society of Korea, Jeju, Republic of Korea. https://www.esk.or.kr/conference_history

- Park, S., & Hong, S. (2018). A study on the application of ergonomic dimensions in the wearable back-muscular strengthen robot design. *Journal of Industrial Design*, 12(1), 19–28. <http://dx.doi.org/10.37254/ids.2018.03.43.03.19>
- Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2018). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315375212>
- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (2015). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (M. Y. Kim, & S. E. Jeong, Trans.) (4th ed.). Hyunmoon-sa. (Original work published 2014)
- Werghi, N. (2007). Segmentation and modeling of full human body shape from 3-D scan data: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(6), 1122–1136. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2007.905808>
- Yang, E., Hwang, W., Park, T., & Hwang, J. (2012). Human motion analysis for silver robots. *Journal of Korean Society of Design Science*, 25(3), 1–9.
- Yu, M., & Kim, D. E. (2023). The development of dress forms in standing and sitting postures using 3D body scanning and printing. *Fashion and Textiles*, 10, 25. <https://doi.org/10.1186/s40691-023-00343-x>