■ 研究論文

Journal of the Ergonomics Scoiety of Korea
Vol. 12. No.1, 1993

효율적 제품설계를 위한 인체자료의 조사 및 분석+ (A Study of Anthropometric Dimensions for the Efficient Product Design)

이관석*·전영호*·김윤철*·신종석*

Abstract

The objective of this study is to collect and analyze the anthropometric data for Korean adults. These data are intended to be used for the product design in industry. Sixty three college students participated in the measurement. One hundred twenty four lengths, thirty circumferences, four strengths, weight, and age data were collected. Descriptions and statistical analysis of the anthropometric data are summarized. The results were compared with foreign data available. It was found that forty seven body dimensions were closely correlated each other. It was also found that three dimensions, stature, eye height, and hand length, can be assessed by adding other body dimensions.

Ⅰ. 연구의 배경

근래에 들어 산업이 고도로 발전하면서 복잡한 기기들의 배열, 작업 공간의 확보, 인간의 편의성과 기능을 최대화하는 제품설계 등이 보편화됨에 따라 인체측정자료의 필요성이 증대되고 있다. 1980년대 후반까지 우리 나라는 기술적으로 선진국 제품에 의존하여, 독자적인 제품개발보다는 저임금에 기초한 노동집약적 성향이 강하였다. 즉 우리 나라의 제품설계는 미국, 일본과 같은 선진국의 제품설계를 모방하는 경우가 많았다. 그러나, 그후 산업환경이 급변하여 내적으로는 임금의 급격한 상승, 근로의욕 상실, 산업기술의 취약함과 고급인력의 부족 현상을 겪고 있으며, 외적으로는 핵심기술의 규제, 시장보호장벽, 내수 시장의 개방 압력에 직면하고 있다. 따라서 이와같은 어려운 역경을 극복하기 위해서는 연구 개발에 대한 투자 확대를 통해서 독창적인 제품을 개발하여 국제경쟁력을 제고하여야 한다. 이러한 독창적인 제품 설계를 위해서는 기본적으로 인체측정자료의 다양한 활용이 선행되어야 한다.

+본 연구는 1992년도 한국 과학 재단 특정기초 연구비 지원을 받아 수행되었음.
*홍익대학교 산업공학과

선진국에서는 인체측정이 국가주도로 주기적으로 실시되어 일상 가전제품, 산업기기, 치공구, 작업환경에 이르기까지 인간이 편리하고 쾌적하게 생활하거나 작업할 수 있는 토대를 제공해 주고 있다. 미국의 경우를 살펴보면, O'Brien 과 Shelton[28]이 의복설계를 위해 59개의 인체부위를 측정하였고, National Center for Health Statistics에서는 1971년부터 1974년 사이에 인체의 건강과 영양연구의 일환으로 13,645명을 대상으로 키와 몸무게를 측정하였다[4]. 국방분야에서는 1976년에 미 공군을 대상으로 Aerospace Medical Research Lab. 에서 157개의 인체부위와 악력(Grip Strength)을 측정하였고 [6, 7], 1966년에는 해군을 대상으로 70개의 인체부위가 측정되었다. 최근에는 육군에서 1987년과 1988년에 걸쳐 전 육군의 구성원의 나이와 인종이 비례적으로 표현된 1,774명의 남자와 2,208명의 여자에 대한 인체측정이 있었다[16].

한편 이러한 인체 자료들은 산업계에서의 작업장 설계와 생체역학적 모형에 자주 이용되고 있는데, 산업계에서 수행한 인체측정의 예로는 Eastman Kodak[12] 회사에서 남녀 작업자를 대상으로 43개의 인체부위를 측정한 바 있다. 학계의 연구로는 1984년부터 1991년사이에 미국 Ohio 주립대학교의 생체역학 실험실이 주관이 되어 미국 중부의 제조업체의 작업자를 대상으로 384명의 남자와 125명의 여자를 무작위로 추출하여 12개의 인체부위와 나이에 대한 자료를 수집하였다[24].

이외의 다른 여러 나라에서도 인체측정에 관한 유사한 연구가 행하여 졌다. Al-Haboubi[5]는 사우디 아라비아의 King Fahd 대학교에서 일하는 20개의 국적을 가진 사용자집단에 관한 인체 측정을 하였고, Fernandez와 Uppergonduri[14]는 전기산업에 근무하는 남부 인도인을 대상으로 27개의 인체부위를 측정하여 중부, 서부, 북부의 인도인 및 미국, 독일, 일본 등의 작업자와 비교 하였다. Lamey et al.[23]은 여러 민족으로 구성된 자마이카 농부들을 대상으로 인체측정을 실시하였고, 이 자료를 자마이카 농부를 위한 농기계의 설계에 활용하였다. 또한 Goswami et al.[17]은 인도인을 대상으로 인체자료를 조사하였고, Ong et al.[29]은 싱가폴의 VDU(Visual Display Unit) 여성작업자에게 선호되는 작업자세 연구에서 18개의 VDU 작업에 연관된 인체측정을 하여 이 측정자료들을 중국, 말레지아, 인도, 미국, 독일 등의 인체자료와 비교하였다. Moustafa et al.[27]은 이집트 여성을 대상으로 인체측정을 실시하여 서구여성과 비교한 결과, 이집트 여성과 서구여성의 체형에서 앉은키 선키의 비가 현격하게 다름을 발표하였다.

인체측정 자료는 작업자뿐만 아니라 고령의 노인들을 대상으로도 행하여 졌다. Molenbroek[26]는 네덜란드의 노인을 대상으로 국제 규격에 근거해서 25개의 인체부위를 측정하여 영국과 독일의 자료와 비교하였다. 이 결과는 노인들을 위한 제품설계나 공간의 배치시 디자이너를 위한 인간공학적 기준을 제공하고, ADAPS(Anthropometric Design Assessment Program System)라 불리우는 CAD모델에서 실현되고 있다. 이밖에도 Gite와 Yadav[15]는 농업기계 설계를 위해 인체측정을 행하였고, Gupta et al.[18]은 인도 농장 작업자들의 인체측정을 수행하였고, Jurgens et al.[22]은 인체측정에 관한 국제 자료를 발표하였다.

한편, 인체 일부분에 대한 인체측정도 많이 연구되어 발표되었다. 특히 생체역학적인 조사 및 평가, 근력 평가 또는 인간 요소등의 평가등에 이용할 목적으로 인체의 크기, 모양, 운동범위 등이 조사되었다. 이를 기초로 인체모델이 개발되었는데, 인체

의 각 지체(Segment)를 직선으로 연결한 링크(Link)들의 조합으로 표현한 Dempster[10]의 모형과 오늘날의 많은 생체 동역학 모형의 기본으로서 각 지체의 질량공식으로부터 전 인체의 관성모멘트(Moment of Ineria)를 계산하은 Barter[8]의 모형 등이 있다. 이 두 모형에 기초하여 각 지체의 모양을 다양한 기하 모형으로 정의한 Whitsett[34]의 모형도 만들어 졌다. 이 Whitsett의 모형은 인체의 크기는 Hertzberg et al.[21]의 자료를 사용하고, 질량은 Barter의 회귀식으로 부터, 그리고 무게중심과 지체의 밀도는 Dempster의 자료를 이용하여 통합하였다. 그리고 Drillis and Contini[11]는 인체 각 지체의 길이를 신장에 대한 비례로 표현하였다. McConville et al.[25]은 31명의 피측정자를 대상으로 25개의 인체부위를 측정하여 인체부위와 부피와 관성모멘트를 측정하는 연구를 하였다.

우리나라의 경우 인체측정 자료의 중요성이 인식되어, 산업제품의 표준치 설정을 위해 그동안 세차례에 걸쳐 국민체위조사를 실시한 바 있다. 3차 국민체위 조사는 1992년에 실시되었는데 전국은 2단 층화추출법을 이용하여 6-50세의 남자 4,530명, 여자 4,356명의 대상으로 84개의 인체부위를 측정하였다[1]. 이상도와 정중희[2]는 한국인의 표준작업역 설정을 목적으로 제조업의 작업자를 대상으로 61개의 인체부위를 측정하였다. 우리나라 군사분야에서도 신체검사시 인체측정을 하지만 미국과 같이 많은 측정 부위를 대상으로 조사하지 못했고, 국민학생, 중학생, 고등학생의 인체측정이 교육부 주관으로 매년 행하여지지만 측정부위가 몇 개 안되고 아직 성장기에 있기 때문에 측정자료의 사용에 한계가 있다. 이 밖에도 Fernandez et al.[13]은 우리나라 섬유산업에 종사하는 여성근로자들을 대상으로 인체자료를 측정한 바 있다.

이와 같은 인체측정의 목적은 제품설계시 사용자의 사용성, 편의성, 안락성을 제고하는 근거 자료로 이용하는데 있다. 그러나 제품 설계시 필요한 인체자료를 모두 직접 측정에 의존하는 시간과 경비가 많이 소요되므로, 인체부위들간의 상관분석 또는 회귀분석을 이용하여 상관관계가 높거나, 회귀모형으로 추정이 가능한 부위는 추정을 통해 필요한 인체부위의 값을 구하는 것이 경제적이다. 따라서 본 연구에서는 과거에 수행된 국내외 인체측정 부위를 토대로 측정가능한 인체부위를 직접 측정하여, 측정부위들간의 상관분석이나 회귀분석을 할 수 있는 기초자료를 수집, 분석하려고 한다.

II. 연구의 목적

제품설계시 사용자의 사용성, 편의성, 안락성 등을 고려하기 위해서는 인체모델을 개발해야 한다. 인체모델 개발의 전제조건은 인체자료의 체계적 구축이 필수적이다. 그러나 현재 이러한 작업에 대한 관심이 낮을 뿐만 아니라 인체모델 구축에 필요한 측정 대상부위조차 결정되지 않은 상태에 있다. 인체모델은 인간을 실제적으로 표현할 수 있어야 하는데, 이때 가장 좋은 방법은 실제 인간을 모델로 해서 만드는 것이다. 이렇게 하기 위해서는 실제 인체의 Dimension을 측정하거나 간접적으로 추정하는 방법이 필요하다. 현재까지는 외국의 자료를 이용하거나, 인체의 여러 부위의 값이 신장과 체중에 비례한다는 개념하에서 외국의 비례식을 이용하였다. 그러나 전자는 한국사람의 체형이 외국사람과 다르기 때문에 외국의 인체자료를 적용하는데 문제가 있고, 후자 또한 구미인에 근거한 것으로 한국인의 체형에 맞지 않는 것은 자명하다.

한국인의 체형에 대한 표준치 설정을 위해 최근에 84개의 인체부위를 측정한 국민표준체위 조사[1]가 실시되었으나 제품개발을 위한 모델로 사용하기에는 더 많은 종

류의 인체자료가 필요하다. 특히, 인체의 근력에 대해서는 측정을 하지 않았으므로 이에 대한 보완이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 한국공업규격(KS A 7003)에 정의된 155개의 인체 측정부위와 4개의 근력측정 그리고 나이 등 160개의 측정치를 수집하여 분석하고, 인체 모델 개발과 현존자료를 이용한 미측정부위의 추정 가능성을 알아보기 위하여, 측정된 인체부위들간의 상관분석과 특정부위의 Percentile(5%, 25%, 50%, 75%, 95%)값을 기준으로 다른 측정부위들의 Percentile 값의 합 또는 차로 표현이 가능한지를 살펴 보는 것이다.

III. 인체측정

3-1. 인체측정부위 선정

본 연구에서는 한국공업규격에 정의된 인체부위에 4개의 근력과 나이를 추가하여 160개의 인체자료를 측정하였다. 본 연구에서 측정한 신체부위는 표 1.과 같다.

3-2. 측정방법

측정방법은 한국공업규격 인체측정방법(Body Measurement Methods for Industrial Designs, KS A 7004-1989)을 따랐다. 인체측정 순서는

① 선 자세의 길이, 너비 및 두께 부위 측정
② 선 자세의 높이 부위 측정
③ 선 자세의 둘레 부위 측정
④ 앉은 자세 부위의 측정
⑤ 머리 부위의 측정
⑥ 손 부위의 측정
⑦ 발 부위의 측정
⑧ 기타 항목 측정

순으로 실시하였다.

한편, 근력측정 방법은 다음과 같다.

측정에서 피실험자는 자신의 힘을 최대로 발휘하며 그 힘을 약 3~4초간 유지한다. 한번측정후 다음 종목을 측정할 때까지 5분이상의 휴식을 취한다.

① 팔 근 력 : 똑바로 선자세에서 위팔과 아래팔을 직각이 되게 한후 몸가까이에서 손잡이를 들어 올린다.
② 허 리 근 력 : 바닥에서 35cm떨어진 높이의 손잡이를 다리를 편 상태에서 허리를 굽혔다. 편다는 기분으로 들어 올린다.
③ 다 리 근 력 : 바닥에서 35cm떨어진 손잡이를 다리를 굽히고 양다리 사이에 위치 시키고 편한자세로 다리를 넓힌다음 허리를 곧게 하고 들어 올린다.
④ 악 력 : 선 상태에서 오른쪽손(dominent) 앞팔을 몸통과 직각이 되게 한후 테스트기의 손잡이를 자신의 손에 편리한 상태로 잡은후 힘을 측정한다.

단, ①, ②, ③의 근력은 사람마다 자기에게 알맞는 손잡이의 높이를 조정한다.

측정시 피측정자에 대한 자세는 다음과 같은 원칙하에서 실시하였다.

① 측정시 측정자는 피측정자 선자세의 오른쪽을 기준으로 한다.
② 측정시 측정용구의 조작은 왼손으로 기준을 잡아주고 오른손으로 동작을 한다.
③ 선 자세란 양 발뒤꿈치를 붙이고 발 앞쪽을 30°정도 벌리고 서서 허리를 자연스럽게 편 다음, 팔을 자연스럽게 펴서 몸통에 붙이고 손바닥을 곧게 펴

서 손등이 바깥으로 되도록 하고, 머리는 바로 하고 눈은 정면을 주시하도록 하는 자세를 뜻한다.

④ 앉은 자세란 측정의자에 허리를 자연스럽게 펴고 앉아, 무릎을 붙인 상태에서 의자와 높이를 조절하여 넓적다리와 아랫다리가 90° 정도 되도록 하고 발바닥이 바닥에 닿도록 한 다음, 머리를 바로 하고 눈은 정면을 주시하도록 하는 자세를 뜻한다.

인체측정시 사용한 측정기구와 제작회사는 다음과 같다.

① 인체측정기(Martin type Anthropometer, YAGA사), 모델명 : YM-1
② 체중계(한국형기제작소)
③ 신장계(삼화계기제작소)
④ 근력계(Stregth Dynamometer)
악 력 계(TAKEI사)
모델명 : TKK 1270A
배근력계(TAKEI사)
모델명 : TKK 1270B

3-3. 피측정자

피측정자는 남, 여 대학생을 대상으로 남자 63명(평균나이 22.2세, 평균키 171.7 cm, 평균몸무게 64.3kg), 여자 16명(평균나이 20.9세, 평균키 160.4cm, 평균몸무게 50.5kg)을 선정하여 직접 측정하였다. 피측정자들의 건강상태는 매우 양호하였고 인체부위의 동작에는 이상이 없었다. 인체측정시, 남자의 경우에는 팬티만을 착용하였고, 여자의 경우는 브레이져와 슬립만을 착용하고 측정하였다.

Ⅳ. 측정결과

부위별로 측정한 자료를 토대로 성별에 따른 측정부위별 평균, 표준편차, 변동계수를 구해보고 반복에 따른 유의성을 알아보았다. 그리고 측정부위간의 상관관계를 구하여 그에 따라 활용 가능한 부위를 확인해 보았다. 또한 신체의 한 부위를 다른 부위들의 합 또는 차로 산정할 수 있는지를 점검해보고 추후 활용 방안을 고려하였다. 이때 분석은 통계패키지 SAS의 ANOVA와 CORR 등을 사용하였다. 여자에 대한 인체측정 자료는 표본 수가 작아서 측정부위별 평균, 표준편차, 변동계수만 산정하여 보았고 기타 나머지 분석은 추후 표본수가 증가되면 수행할 예정이다.

표 1. 성별에 따른 측정위위별 평균, 표준편차 변동계수

측 정 부 위	남 자			여 자		
	평 균	표 준 편 차	변동계수(%)	평 균	표 준 편 차	변동계수(%)
나 이	22.2	2.3	10.3604	20.9	0.8	3.8278
몸 무 게	64.3	7.0	10.8865	50.5	4.9	9.7030
키	171.7	5.8	3.3780	160.4	7.0	4.3641
손 목 높 이	83.5	7.3	8.7425	77.7	3.2	4.1184
손 끝 높 이	65.4	3.2	4.8930	60.9	2.6	4.2693
뒷겨드랑이높이	128.8	5.9	4.5807	122.4	7.8	6.3725
팔 꿈 치 높 이	107.1	4.7	4.3884	99.2	4.1	4.1331
팔꿈치팔끝길이	44.9	1.9	4.2316	41.9	2.2	5.2506
아 래 팔 둘 레	25.7	1.7	6.6148	22.0	1.3	4.9091
손 목 둘 레	16.3	0.7	4.2945	14.6	0.7	4.7945

표 1. 성별에 따른 측정위위별 평균, 표준편차 변동계수(계속)

측정부위	남자			여자		
	평균	표준편차	변동계수(%)	평균	표준편차	변동계수(%)
엉덩이너비	31.7	1.8	5.6782	29.0	5.5	18.9655
양무릎너비	22.3	2.0	8.9686	20.7	1.4	6.7633
엉덩이두께	21.0	2.1	10.0000	20.5	1.8	8.7805
젖꼭지높이	124.0	4.8	3.8710	115.4	4.5	3.8995
장골릉높이	98.8	6.0	6.0729	91.9	3.9	4.2437
어깨높이	138.3	7.9	5.7122	129.6	5.3	4.0895
몸통너비	45.2	3.1	6.8584	39.4	3.9	9.8985
가슴너비	30.6	8.1	26.4706	25.9	1.1	4.2471
허리너비	25.9	2.5	9.6525	21.6	1.7	7.8704
어깨끝점사이길이	43.8	5.0	11.4155	41.3	4.4	10.6538
어깨너비	39.6	5.1	12.8788	35.8	4.2	11.7318
젖꼭지간격	—	—	—	16.9	1.5	8.8757
앞품	34.0	3.3	9.7059	31.9	2.1	6.5831
뒤품	35.7	4.1	11.4846	32.8	3.5	10.6707
가슴두께	20.4	1.5	7.3529	20.3	1.8	8.8670
밑가슴두께	—	—	—	16.8	1.3	7.7381
윗가슴두께	18.8	1.7	9.0426	16.1	1.7	10.5590
허리두께	18.9	1.8	9.5238	14.9	0.9	6.0403
배두께	19.3	1.8	9.3264	16.7	1.9	11.3772
배둘레	76.8	7.3	9.5052	74.9	5.8	7.7437
진동두께	11.7	1.6	13.6752	9.0	2.0	22.2222
팔꿈치둘레	26.8	2.5	9.3284	23.1	1.7	7.3593
손길이	18.3	0.9	4.9180	17.3	0.9	5.2023
손바닥길이	10.6	0.5	4.7170	10.3	2.3	22.3301
새끼손가락길이	6.2	1.1	17.7419	5.7	0.7	12.2807
반지손가락길이	7.2	0.7	9.7222	7.3	0.6	8.2192
가운데손가락길이	8.0	0.5	6.2500	7.7	0.4	5.1948
집게손가락길이	7.2	0.4	5.5556	6.8	0.5	7.3529
엄지손가락길이	6.1	0.4	6.4474	5.9	0.7	11.8644
손바닥너비	8.5	0.9	10.5882	7.7	0.9	11.6883
손두께	3.2	1.1	34.3750	3.3	1.4	42.4242
손둘레	20.5	4.3	20.9756	17.5	1.3	7.4286
발길이	24.7	1.3	5.2632	23.0	1.1	4.7826
발너비	9.7	0.8	8.2474	8.6	0.6	6.9767
발뒤꿈치너비	5.2	1.1	21.1538	5.3	0.6	11.3208
발등높이	6.1	0.9	14.7541	5.5	0.8	14,5455

표 1. 성별에 따른 측정위위별 평균, 표준편차 변동계수(계속)

측정부위	남자			여자		
	평균	표준편차	변동계수(%)	평균	표준편차	변동계수(%)
발목높이	10.3	1.4	13.5922	8.9	1.0	11.2360
바깥복사점높이	7.6	0.9	11.8421	7.0	0.8	11.4286
발목둘레	21.9	1.3	5.9361	20.3	1.1	5.4187
발둘레	24.0	1.2	5.000	20.5	2.7	13.1707
회음높이	80.8	8.2	10.1485	72.1	4.1	5.6865
앉은넓적다리두께	13.9	1.5	10.7914	13.4	2.8	20.8955
넓적다리두께	15.1	1.5	9.9338	14.1	1.2	8.5106
무릎높이	46.9	3.0	6.3966	43.6	2.5	5.7339
눈높이	160.6	5.8	3.6115	150.0	4.5	3.0000
턱끝높이	148.3	5.4	3.6413	138.7	4.8	3.4607
목뒤높이	144.8	5.7	3.9365	136.5	4.4	3.2234
입너비	5.0	0.6	12.0000	4.5	0.5	11.1111
머리너비	15.9	0.5	3.1447	15.3	0.7	4.5752
눈동자사이너비	6.4	0.6	9.3750	5.8	0.5	8.6207
머리길이	23.6	1.4	5.9322	21.8	0.8	3.6697
머리두께	18.3	1.3	7.1038	17.6	0.6	3.4091
눈턱끝길이	11.8	1.1	9.3220	10.9	0.7	6.4220
진동깊이	13.4	2.9	21.6418	13.9	2.1	15.1079
목둘레	36.4	1.8	4.9451	31.2	1.5	4.8077
목밑둘레	43.6	5.5	12.6147	42.3	7.2	17.0213
앉은팔꿈치높이	25.4	3.5	13.7795	22.4	2.4	10.7143
배꼽높이	102.2	7.3	7.1429	95.0	3.8	4.0000
앉아머리위로뻗은손끝높이	134.6	5.8	4.3091	126.5	10.3	8.1423
앉은키	92.2	3.4	3.6876	85.6	2.8	3.2710
양팔벌린손끝길이	171.8	7.0	4.0745	161.7	6.1	3.7724
앉은엉덩이너비	33.1	3.0	9.0634	32.9	1.7	5.1672
앉은무릎너비	21.4	4.4	20.5607	19.3	1.2	6.2176
앞중심길이	33.7	2.5	7.4184	27.5	9.5	34.5455
등길이	46.5	7.9	16.9892	52.9	6.0	13.9860
총길이	147.4	6.8	4.6133	140.0	4.6	3.2847
둔부길이	26.5	5.0	18.8679	28.8	1.9	6.5972
밑위앞뒤길이	72.1	4.7	6.5189	59.9	5.4	9.0150
어깨길이	15.4	2.1	13.6364	13.3	0.9	6.7669
소매길이	55.5	3.4	6.1261	51.7	4.5	8.7041
안소매길이	47.9	4.1	8.5595	45.3	3.7	8.1678
엉덩이오금길이	45.7	3.3	7.2210	43.9	2.5	5.6948

표 1. 성별에 따른 측정위위별 평균, 표준편차 변동계수(계속)

측정부위	남자			여자		
	평균	표준편차	변동계수(%)	평균	표준편차	변동계수(%)
엉덩이무릎길이	56.2	4.0	7.1174	53.5	2.7	5.0467
엉덩이발뒤꿈치길이	99.2	5.4	5.4435	95.1	3.7	3.8906
앞으로뻗은팔길이	77.3	10.6	13.7128	75.5	4.8	6.3576
머리둘레	57.1	1.7	2.9772	55.0	1.6	2.9091
윗가슴둘레	—	—	—	80.0	3.7	4.6250
가슴둘레	90.4	5.1	5.6416	82.4	4.8	5.8252
밑가슴들레	—	—	—	74.6	3.6	4.8257
허리둘레	75.4	6.1	8.0902	62.5	3.2	5.1200
엉덩이둘레	92.0	4.7	5.1087	88.6	3.7	4.1761
넓적다리둘레	54.5	9.4	17.2477	49.4	7.1	14.3725
무릎둘레	35.9	3.1	8.6351	34.2	1.6	4.6784
장단지둘레	36.7	3.7	10.0817	33.9	2.5	7.3746
윗팔둘레	28.8	3.2	11.1111	25.2	1.9	7.5397
앉은엉덩이둘레	98.2	5.8	5.9063	92.7	2.7	2.9126
앉은무릎두레	37.0	3.6	9.7297	34.0	3.8	11.1765
엄지손가락집게손가락둘레	3.9	0.6	15.3846	3.2	0.3	9.3750
엄지손가락가운데손가락둘레	4.5	0.7	15.5556	3.9	0.5	12.8205
손너비	9.6	0.8	8.3333	8.8	0.4	4.5455
팔근력	33.6	8.9	26.44	13.3	5.8	43.66
허리근력	77.7	15.7	20.26	34.6	16.7	48.33
다리근력	99.5	19.1	19.22	44.1	21.5	48.81
악력	58.3	12.1	20.76	26.7	10.0	37.55

4-1. 측정부위별 Percentile

남자의 측정부위별 Percentile을 나타내보면 〈표2〉와 같다. 앞에서 언급했듯이 여자는 표본수가 작아 Percentile의 의미가 적기 때문에 나타내지 않았다. 또한 이 자료는 뒤에 분석한 신체의 특정 부위를 여러 부위들의 합 또는 차로 추정시 사용하였다.

4-2. 통계분석

본 연구에서는 160개의 인체자료를 측정하였으나, 이외에도 측정자료를 더하거나 빼면 더 많은 인체변수를 구할 수 있다. 예를 들면 아래다리길이는 무릎마디 안쪽높이에서 안쪽복사점높이를 빼면 구할 수 있다. Pheasant[30]. Roozbazar et al.[31], Halsegrave[19], Molenbroek[26] 등은 적은 수의 인체부위를 이용하여 다른 부위의 인체 치수를 추정하는 연구를 행하였다. 따라서 본 연구에서도 이와 같이 적은 수의 인체자료로 다른 부위의 인체치수를 예측하는 방안으로 상관분석과 인체부위 Addition 방법을 연구하였다. 우선, 상관분석은 SAS의 CORR procedure를 이용하여 상관분석을 한 후 P값이 0.05보다 작은 것, 즉 상관

표 2. 남자의 측정 부위별 Percentile

측정부위	r-th Percentile 값(cm)					측정부위	r-th Percentile 값(cm)				
	5	25	50	75	95		5	25	50	75	95
몸무게*	55.0	60.0	62.5	67.0	77.1	넓적다리너비	11.6	14.3	15.2	15.8	17.5
키	163.6	167.8	171.2	175.0	180.9	무릎높이	42.5	44.7	45.9	48.5	52.1
손목높이	73.0	80.3	83.2	85.0	89.0	눈높이	152.2	156.6	160.6	163.7	169.2
손끝높이	59.4	63.6	65.0	66.7	71.2	턱끝높이	138.9	145.4	148.2	151.8	155.8
뒷겨드랑이높이	119.2	125.6	127.4	132.2	139.3	목뒤높이	136.2	141.0	43.6	148.1	153.7
팔꿈치높이	98.9	104.3	106.8	109.3	115.8	입너비	4.1	4.6	4.9	5.2	5.8
팔꿈치손끝길이	42.0	43.5	44.6	46.3	47.4	머리너비	14.7	15.6	15.9	16.2	16.7
아래팔둘레	23.2	24.3	25.5	26.8	28.5	눈동자사이너비	5.4	6.1	6.4	6.7	7.5
손목둘레	15.1	15.8	16.3	16.8	17.4	머리길이	21.4	22.9	23.6	24.3	25.7
엉덩이너비	28.1	30.6	31.8	32.8	34.5	머리두께	16.7	17.6	18.2	18.7	19.7
양무릎너비	18.3	20.8	22.1	23.5	25.6	눈턱끝길이	10.4	11.2	11.7	12.2	12.8
엉덩이두께	17.0	19.6	20.9	22.5	24.2	진동깊이	9.7	11.0	12.8	15.2	18.6
젖꼭지높이	116.7	120.1	123.1	127.5	131.4	목둘레	33.8	35.0	36.3	37.6	39.2
장골릉높이	87.4	95.0	98.3	103.5	108.0	목밑둘레	36.5	39.8	42.0	46.2	53.8
어깨높이	110.7	135.8	139.0	142.9	147.5	앉은팔꿈치높이	19.5	22.9	25.1	26.9	32.3
몸통너비	39.9	43.6	44.6	46.9	50.5	배꼽높이	94.2	98.2	100.8	104.4	110.0
가슴너비	26.1	28.5	29.6	30.3	34.5	앉아머리위로뻗은손끝높이	124.2	130.4	135.5	137.9	141.9
허리너비	22.4	24.0	25.8	27.3	30.0	앉은키	86.9	89.4	92.3	94.6	97.8
어깨끝점사이길이	37.2	41.5	43.5	45.7	52.4	양팔벌린손끝길이	162.0	166.7	171.1	176.2	184.6
어깨너비	31.3	36.4	39.7	41.6	47.4	앉은엉덩이너비	27.8	31.8	33.1	34.8	36.8
앞품	27.6	31.3	33.9	36.2	39.0	앉은무릎너비	17.0	19.8	20.6	21.9	27.6
뒤품	26.6	33.8	35.7	39.0	41.4	앞중심길이	29.9	32.0	33.5	34.5	38.1
가슴두께	17.8	19.3	20.6	21.2	22.7	등길이	36.0	41.0	46.0	48.2	61.2
윗가슴두께	16.6	17.5	18.6	19.8	21.2	총길이	137.0	142.2	146.6	150.3	162.1
허리두께	16.4	18.0	18.6	19.6	22.3	둔부길이	17.8	22.5	26.5	29.7	34.5
배두께	16.2	18.1	19.2	20.2	22.3	밑위앞뒤길이	62.0	69.0	73.0	75.6	78.0
배둘레	66.8	73.1	76.2	79.9	88.5	어깨길이	12.0	14.0	16.0	16.5	18.2
진동두께	9.6	10.8	11.6	12.1	13.3	소매길이	50.5	53.2	55.0	57.7	60.8
팔꿈치둘레	23.4	24.5	26.6	28.2	30.6	안소매길이	41.8	45.2	47.0	49.9	60.8
손길이	16.9	17.7	18.2	18.8	19.9	엉덩이오금길이	41.1	43.1	45.1	47.6	56.6
손바닥길이	9.7	10.3	10.6	10.9	11.2	엉덩이무릎길이	51.4	54.1	55.7	57.0	51.9
새끼손가락길이	5.0	5.6	5.9	6.1	8.7	엉덩이발뒤꿈치길이	90.5	95.8	98.5	102.1	107.8
반지손가락길이	5.9	6.9	7.3	7.5	8.4	앞으로뻗은팔길이	46.5	76.0	79.4	82.8	87.2
가운데손가락길이	7.2	7.7	7.9	8.3	8.6	머리둘레	54.7	55.8	56.8	58.0	60.3
집게손가락길이	6.4	6.9	7.2	7.4	7.7	가슴둘레	81.2	87.7	89.9	92.5	100.0
엄지손가락길이	5.2	5.8	6.1	6.4	6.6	허리둘레	68.5	70.4	73.2	78.5	85.0

표 2. 남자의 측정 부위별 Percentile(계속)

측정부위	r-th Percentile 값(cm)					측정부위	r-th Percentile 값(cm)				
	5	25	50	75	95		5	25	50	75	95
손바닥너비	7.0	7.9	8.3	8.8	10.4	엉덩이둘레	84.7	89.0	90.7	94.0	100.0
손두께	2.1	2.4	2.7	4.3	5.0	넓적다리둘레	43.6	50.3	52.9	55.1	82.7
손둘레	17.6	19.4	19.8	20.6	22.2	무릎둘레	28.4	35.0	36.0	37.2	40.1
발길이	22.5	23.7	24.5	25.5	27.0	장단지둘레	32.4	34.9	36.2	38.0	41.7
발너비	8.0	9.4	9.8	10.1	10.7	윗팔둘레	25.0	26.2	27.8	30.0	33.4
발뒤꿈치너비	3.4	4.3	5.0	6.1	6.8	앉은엉덩이둘레	91.7	94.2	96.5	100.2	112.0
발등높이	5.0	5.4	6.0	6.6	7.6	앉은무릎둘레	25.3	36.1	37.6	38.9	41.6
발목높이	7.8	9.4	10.2	11.1	13.0	엄지손가락집게손가락둘레	2.8	3.5	3.8	4.1	4.9
바깥복사점높이	6.3	6.8	7.5	8.2	9.2	엄지손가락가운데손가락둘레	3.3	4.2	4.5	4.7	5.3
발목둘레	19.5	21.1	21.9	22.6	24.3	손너비	8.2	9.2	9.7	10.3	10.7
발둘레	21.9	23.1	23.9	25.0	25.9						
회음높이	72.2	75.5	78.8	82.2	101.0						
앉은넓적다리두께	11.1	12.9	13.7	15.0	16.2						

* 이 측정치의 단위는 kg

관계가 있다고 볼 수 있는 것 중 상관계수가 0.7이상인 것을 구하였다. 상관분석중 한 측정부위가 여러 다른 측정부위와 연관이 많은 부위에 대해 표 3에 정리하여 보았다. 젖꼭지높이 눈높이, 목뒤높이, 턱끝높이, 키 등이 9~11개의 다른 측정 부위와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 목뒤높이와 눈높이가 0.93593으로 상관관계가 가장 높았고, 젖꼭지높이와 눈높이도 0.91661의 높은 상관관계를 보여 주었다. 그러나 4개의 근력(팔근력, 허리근력, 다리근력, 악력)측정값 사이에는 상관관계가 없는 것으로 나타났으며 다른 측정값과도 상관관계가 낮은 것(0.5이하)으로 나타났다.

4-3. 측정치의 추정방법 검토

본 연구에서는 아래와 같은 7개 측정부위를 선정해 앞에서 구한 Percentile을 이용하여 다른 측정부위들의 합 또는 차로 표현될 수 있는가를 알아보았다. 그 결과는 〈표 4〉와 같다.

(1) 키 = 턱끝높이 + 머리길이
(2) 눈높이 = 턱끝높이 + 눈턱끝길이
(3) 손길이 = 손바닥길이 + 가운데손가락길이
(4) 양팔벌린길이 = 소매길이 × 2 + 어깨끝점사이길이 + 손길이 × 2
(5) 소매길이 = 어깨점 팔꿈치길이 + 아래팔길이(= 팔꿈치손끝길이 − 손길이)
(6) 엉덩이발뒤꿈치길이 = 엉덩이오금길이 + 무릎높이
(7) 팔꿈치손끝길이 = 아래팔길이 + 손길이

유의수준 5%에서 t-검정을 한 결과 이 중에서 키, 눈높이, 손길이에 대하여 유의하지 않게 나타났고 나머지는 유의한 결과가 나타났다. 특히 동적인 자세에서 측정한 양팔벌린 길이, 앞으로 뻗은 팔길이, 엉덩이발뒤꿈치 길이 등은 Addition하여 본 결과 유의하게 나타났다. 따라서 키, 눈높이, 손길이는 Addition으로 추정하여도 근사치를 구할수 있는 것으로 나타났다. 엉덩이발뒤

표 3. 다른 측정부위와 상관관계가 높은 측정부위

	눈높이	목뒤높이	턱끝높이	팔꿈치손끝길이	키	뒷겨드랑이높이	양팔벌린손끝길이	팔꿈치높이	장골릉높이	젖꼭지높이	무릎높이
젖꼭지높이	0.91661	0.86174	0.84569	0.82549	0.80025	0.78199	0.77714	0.76324	0.70460	0.70243	0.70128

	목뒤높이	턱끝높이	젖꼭지높이	키	팔굽힌팔꿈치높이	양팔벌린손끝길이	뒷겨드랑이높이	팔꿈치손끝높이	앉은키	장골릉높이
눈높이	0.93593	0.91826	0.91661	0.86270	0.82887	0.82500	0.82491	0.81046	0.78704	0.76396

	눈높이	턱끝높이	젖꼭지높이	양팔벌린손끝길이	키	팔꿈치손끝길이	팔꿈치높이	뒷겨드랑이높이	앉은키
목뒤높이	0.93593	0.88316	0.86174	0.84234	0.83941	0.83369	0.82330	0.79043	0.73493

	눈높이	키	목뒤높이	젖꼭지높이	팔꿈치손끝치길이	팔꿈치높이	양팔벌린손끝길이	앉은키	앉은키
턱끝높이	0.91826	0.90770	0.88316	0.84569	0.80593	0.78842	0.77708	0.77237	0.71859

	턱끝높이	눈높이	목뒤높이	젖꼭지높이	어깨높이	팔꿈치높이	앉은키	양팔벌린손끝길이	팔꿈치높이
키	0.90770	0.86270	0.83941	0.80025	0.75316	0.73806	0.73370	0.72293	0.71537

꿈치 길이는 일정한 유형이 없는 오차를 나타내었다. 소매길이는 25, 50,75 Percentile 근처에서는 어느 정도 근사치를 구할 수 있으나 그외에는 오차가 큰것으로 나타났다.

V. 결 론

본 연구에서는 남, 여 대학생을 대상으로 인체측정을 행하였다. 인체측정 자료의 표준 체계를 확립하기 위하여 측정부위에 대해 상관분석을 행하고 상관관계가 0.7이상인 것을 상관계수 행렬로 나타냈다. 그 중 한 부위가 여러 다른 부위와 관련이 많은 부위에 대해 정리하였는데, 이는 특정 설계에서 필요한 종속변수에 관련된 독립변수를 추출하여 회귀식을 유도하는데 이용할 수 있을 것이며 추후 연구에서 이를 행하고자 한다.

Addition의 결과를 보면 키, 눈높이, 손

표 4. 각 Percentile에 대한 Addition값

	키	눈 높 이	손 길 이	양팔벌린 길 이	소매길이	엉덩이 발뒤꿈치길이	팔 꿈 치 손끝길이
5%*	160.3†	149.3	16.9	172.0	41.4	83.6	30.0
	3%	2%	6%	62%	0%	0%	0%
25%	168.3	156.6	18.0	183.3	52.6	87.8	38.1
	30%	25%	37%	95%	17.5%	3%	0%
50%	171.8	159.9	18.5	189.9	56.2	91.0	41.9
	60%	46%	62%	100%	65.1%	6%	5%
75%	176.1	164.0	19.2	198.7	58.8	96.1	43.8
	78%	76%	83%	0%	79.4%	27%	33%
95%	181.5	168.6	19.8	213.8	71.8	104.0	54.9
	98%	92%	95%	0%	0%	84%	0%

* %는 Percentile을 의미

† 표안의 숫자는 측정부위들의 합

길이는 합산 결과가 해당 측정부위와 비슷한 Percentile에 해당하므로 측정부위의 추정이 Addition으로 가능할 수 있으리라 생각된다. 동적인 자세인 양팔벌린길이, 앞으로 뻗은 팔길이, 엉덩이 발뒤꿈치 길이등은 Addition하여 사용할 수 없는 것으로 나타났으므로 특정 설계시 사용될 자료 중 동적인 자세에 대한 측정 자료는 Addition할 수 없고 반드시 직접 측정해야 될 것이다.

Addition에서는 이번 연구 대상으로 한 측정부위 이외의 항목은 미리 고려하지 못하였으며 측정에서 빠진 부분들이 있기 때문에 다른 측정부위의 합으로 표현할 수 없는 부분들이 있다. Addition 분석에서는 7개 부위에 관하여 살펴 보았고, 추후의 연구에서는 좀 더 많은 측정부위를 포함하여 Addition할 수 있는 범위를 확대해 보고자 한다. 또한 측정하기 어려운 부분은 측정이 간단한 다른 부위의 합으로 나타낼 수 있는 것이 있는가를 연구해 보겠다.

이상의 인체측정결과를 제품 설계시 반영하면 제품 사용자의 사용성, 편의성, 안락성을 제고할 수 있는 인체변수를 추출할 수 있고, 한편으로는 제품의 사용성 평가시 평가요소 변수를 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 김철중, 이남식, 김진호, 박수찬, 이응호, 최종후, 강신철, 이규금, 이상도, 이동춘, '산업제품의 표준치 설정을 위한 국민체위 조사 보고서', 공업진흥청, 한국표준과학연구소, 1992.

[2] 이상도, 정중희, '인체계측에 의한 표준작업역의 연구', 대한산업공학회지, 2권, 1호 pp. 61－78, 1976.

[3] 조암, 인간공학실험, 록원출판사, pp. 158－230, 1991.

[4] Abraham, S., Johnson, C.L. and Nahhar, M.F., 'Weight and height of adults 18－74 years of age;United States.' 1971－1974, National Center for Health Statistics, DHEW Publication No.(PHS) 79－1659, US Government Printing Office, Washington DC. 1979.

[5] Al-Haboubi, H., 'Anthropometry for a mix of different populations', Applied Ergonomics, Vol. 23, No. 3, pp. 191-196, 1992.

[6] Anthropology research project, 'Anthropometric source book'Vol. 1 : Anthropometry for designers, NASA reference publication 1024, Webb associates(ed.) National Aeronautics and Space Administration Scientific and Technical Information Office, Houston, TX. 1978.

[7] Anthropology research project, ' Anthopometric source book' Vol. 2 : Anthropometry for data, NASA reference publication 1024, Webb associated(ed.) National Aeronautics and Space Administration Scientific and Technical Information Office, Houston, TX. 1978.

[8] Barter, J.T., 'Estimation of the Mass of Body Segments' WADC TR 57-260, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1957.

[9] Chaffin, D.B. and Andersson, G.B. J., Occupational Biomechanics, John Wiley & Sons, New York, 1991.

[10] Dempster,W.T., 'Space requirements of the seated operator geometrical kinematic and mechanical aspects of the Body with special reference to the limbs.' WADC TR 55-159, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1955.

[11] Drills, R. and Contini, R., 'Body segment parameters', School of Engineering and Science, New York University, New York, Tech. Rep., No. 1166.03, 1966.

[12] Eastman Kodak Company, 'Ergonomic design for people at work' Vol.1. American Book company, New York, 1983.

[13] Fernandez, J.E., Malzahn, D.E., Eyada, O.K. and Kim, C.H., 'Anthropometry of Korean female industrial workers', Ergonomics, Vo. 32m No. 5, pp.491-495, 1989.

[14] Fernandez, J.E. and Uppugonduri, K.G., 'Anthropometric of South Indian industrial workmen', Ergonomics, Vol. 35, No. 11, pp.1393-1398, 1992.

[15] Gite, L.P. and Yadav, B.G., 'Anthropometric survey for agricultural machinery design', Applied Ergonomics, Vol. 20, No. 3, pp.191-196, 1989.

[16] Gorden, C.G., 1988 anthoropometric survey of US army personnel : method and summary statistics', Anthropology research project, Inc. Technical Report, natick/tr-89/044, Yellow Springs, OH. 1989.

[17] Goswani, A., Ganguli, S., Bose, K. S. and chatterjee, B.B., 'Anthropometric analysis of tricycle designs,' Applied Ergonomics, Vol. 17, No. 1, pp.25-29, 1986.

[18] Gupta, P.K., Gupta, M.L. and Sharma, A.P.,'Anthropomeric survey of indian farm workers', Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 14, pp. 27-30, 1983.

[19] Haslegrave, C.M., 'An anthropometric profile of British car drivers', Ergonomics, Vol. 23, No. 5, pp. 437-467, 1980.

[20] Henry, D., Human Scale, MIT

Press, 1985.

[21] Hertzberg, H.T.E., Daniels, G.S. and Churchill, E., 'Anthropometry of flying personnel', 1950, Wright air development center, wright-patterson air force base, OH, Tecnical Report 52-321, 1954.

[22] Jurgens, H.W., Aune, I.A. and Pieper, U., 'International data on anthropometry', International labour office, Geneva, 1990.

[23] Lamey, J., Aghazadeh, F. and Nye, J., 'A study of the anthropometric measurements of Jamaican agricultural workers', LSU and Agricultural Center, 1989.

[24] Marras, W.S. and Kim, J.Y., 'Anthropometric of industrial populations', Ergonomics, Vol. 36, No. 4, pp.371-378, 1993.

[25] McConville, J.T., 'Anthropometry of elderly people in the Nethralands; research ad application', Applied Ergonomics, Vol. 18. No. 3, pp.187-199, 1987.

[26] Molenbroek, J.F.M., 'Anthropometry of elderly people in the Netherlands;research and application,' Applied Ergonomics, Vol. 18 No. 3, pp.187-199. 1987.

[27] Moustafa, A. W., Davies B.T., Darwich, M.S. and Ibraheem, M.A., 'Anthropometric study of Egyptian women', Ergonomics, Vol. 30 No. 7, pp.1089-1098, 1987.

[28] O'brien,R, and Shelton, W.C., 'Woman's' measurements for garment and pattern construction', United States Department of Agriculture, Misc. Pub. No. 454, US Government Printing Office, Washington DC. 1941.

[29] Ong, C.N., Koh, D., Phoon, W.O. and Low, A., 'Anthropometrics and display station preferences of VDU operators', Ergonomics, Vol. 31, No. 3, pp.337-347, 1988.

[30] Pheasant, S.T., 'anthropometric estimates for British civilian adults', Ergonomics, Vol. 25, No. 11, pp. 993-1001, 1982.

[31] Roozbazar, A., Bosker, W. and Richeson, M.E., 'A theoretical model to estimate some ergonomic parameters from age, height and weigh', Ergonomics, Vol. 22, No. 1, pp. 43-58, 1979.

[32] Sanders, M.S. and McCormic, E.J., Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill, New York, 1987.

[33] Stoudt, H.W., 'Weight, height and selected body dimensions of adults : United States 1960-1962', Wital and health statistics. Series 11, No. 8, DHEW Pub No.(HRA), 75-1024, US government Printing Office, Washingtion DC. 1965.

[34] Whitsett, C.E,. 'Some dynamic response characteristics of weightless man.', US Air Force Institute of Technology Report AD412541, 1962.