Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 15, No.1, 1996

한국인 20대 청년의 팔 관절 동작범위 측정 연구

A Study of Measurement on Range of Arm Joint Motion of Korean Male in Twenties

이 영 신* · 이 석 기* · 김 철 중** · 박 세 진**

ABSTRACT

This paper measured the range of arm joint motion for Korean 54 males in twenties. The range of the arm joint motion of the subjects was measured directly using Goniometer and protractor. The number of the static and the dynamic anthropometric variables are seven and thirteen, respectively. The anthropometric data are analyzed by basic statistical analysis(four group), correlation analysis and regression analysis using commercial SAS program. The results of analysis are compared with American students anthropometric data by Laubach(1978). Thin subjects have larger movement angle as wrist flexion, wrist abduction, elbow flexion, and elbow supination and have smaller as wrist adduction and shoulder flexion. Fat subjects have larger movement angle as shoulder flexion and are smaller wrist abduction, elbow flexion, pronation, shoulder extension, shoulder adduction, shoulder abduction, and shoulder medial rotation

Korean are more flexible than American in wrist and ranges of elbow flexion and elbow rotation. The shoulder movement is similar to that of American, but shoulder flexion is less flexible.

* 충남대학교 기계설계공학과
** 한국표준과학연구원
본 연구는 한국표준과학연구원의 연학지원과제로 수행되었음

1. 서 론

인간이 일정한 장소에서 신체 각 부위를 움직일 때 평면적 또는 입체적인 어떤 범위의 공간을 작업역이라 한다. 산업장에서 각종 작업대의 위치를 설정할 때는 이 작업역을 고려하여 설계하지 않으면 안전사고, 작업능률 저하, 작업자의 피로 등을 초래한다. 이러한 것들을 피하기 위한 방법론적 연구와 작업장 단순화 작업은 인간의 동작을 효율화시키고 작업의 디자인을 개선시켜 생산비를 절감시킬 수 있다. 이러한 연구의 가장 기본적인 골격을 이루고 있는 것이 인체치수의 전반적인 분포를 파악하는 것이다[1-4].

인체치수의 정보에서 더 나아가 다양한 공학적 설계 및 계획에 직접 도움을 주는 정보를 확보하기 위해 동적인 인체측정 또는 동작범위의 연구가 필수적으로 요구되는데 최근의 인간공학 연구에서는 이러한 동적 측정 또는 동작범위의 연구들이 비교적 활발히 수행되고 있다[5-8].

Sinelnikoff와 Grigorowitsch(1931)는 100명의 건강한 유럽의 남자 노동자와 여자들에 관한 신체의 동작범위를 측정하였고, Glanville과 Kreezer(1937)는 10명의 건강한 남자에 대하여 측정하였다. Daniels와 Hertzberg(1952)는 79명의 미공군 병사를 대상으로 신체의 동작범위를 측정하였다. Dempster(1955)와 Barter, Emanuel과 Truett (1957)는 39명의 대학생을 대상으로 신체의 동작범위에 관하여 연구를 하였다. Mertz와 Patrick(1971), Robbibs 등(1974), Snyder 등(1975)은 목의 동작 범위에 관하여 연구하였다. Krieger(1976)는 머리, 몸통, 손목, 엉덩이, 무릎, 어깨, 팔꿈치 관절에 관하여 연구하였고, Nyquist와 Murton (1975), Mital 등(1978, 1979)은 척추에 관하여 연구하였다. Engin(1979, 1980, 1981), Engin과 Kaleps(1980), Engin과 Kazarian (1981) 등은 어깨, 팔, 다리에 관하여 연구하였다[9-12].

우리나라에서는 한국표준과학연구원의 인간공학연구실을 중심으로 다양한 분야의 연구가 수행되고 있는데, 이들은 인체의 치수를 간접적으로 측정하는 연구나 모니터 앞의 작업자가 가장 편리한 자세를 취할 수 있는 작업대의 높이와 모니터와의 거리 등과 산업제품의 표준치를 설정하기 위한 국민체위를 연구하였다[13-16]. 최근에 이영신 등은 한국인의 인체 분절의 질량, 질량중심, 관성모멘트에 관한 연구를 수행하였다[17]. 실질적으로 한국인의 작업역에 관련이 있는 동작범위에 관계된 연구는 거의 없는 상태이며, 많은 영역에서 필요로 하는 자료가 부재인 상태로 놓여있다. 따라서 본 연구에서는 한국인 20대 청년의 팔 관절 동작범위에 관한 연구를 수행하였다.

그리고 팔 관절 동작범위와 관련된 각 부위를 측정하고, 이들 측정치를 신체충실지수별로 4개 그룹으로 나누어 기초 통계량을 산출하고 측정 변수간의 상관관계 및 회귀분석을 하였으며, 외국인의 동작범위와 본 측정 결과를 비교 및 검토하였다.

2. 팔 관절의 동작범위 측정방법

2.1 측정대상

본 연구의 측정대상은 대전지역에 거주하는 20대 대학생을 표 1과 같이 구분하여 남자 54명(평균나이 25.6세, 평균키 170.7㎝, 평균 몸무게 66.9㎏, 신체충실지수 133.39)을 측정하였다. 이들은 신체충실지수[15]별로 25퍼센타일씩 4개 그룹으로 나누면 A그룹 14명, B그룹 12명, C그룹 16명, D그룹 12명이었다. 이들 피측정자의 건강상태는 양호하고, 복장상태는 팬티만 착용하였다.

표 1. 인체 측정 대상

분 류	평 균	표 준 편 차	백분위수			
			0-25	25-50	50-75	75-100
그 룹			A	B	C	D
체중비	132.65	15.05	121.4 이하	121.4-131.4	131.4-142.1	142.1 이상
인 원			14	12	16	12

2.2 측정부위 선정

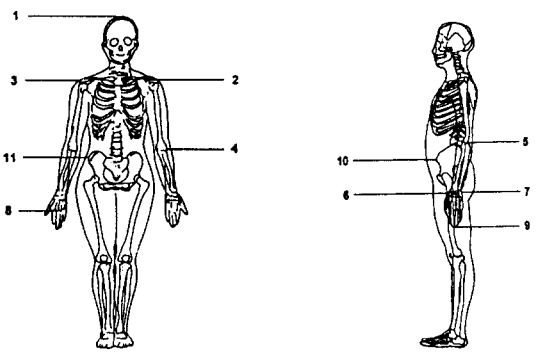
본 연구에서는 한국공업규격에 정의된 팔 관절과 관련이 있는 정적상태와 동적상태의 부위를 측정하였다. 측정부위는 7개의 정적상태 측정변수와 13개의 동적 상태 측정변수를 표 2와 같이 선정하였다.

표 2. 인체 측정 항목

분 류		항 목	
정적 인체 측정		1	키
		2	어깨높이
		3	팔 길이
		4	어깨-팔꿈치 길이
		5	팔꿈치-손목 길이
		6	손목-손끝 길이
		7	몸무게
분류		항 목	
동적 인체 측정	손목	a	굴 곡
		b	신 전
		c	내 전
		d	외 전
	팔꿈치	e	굴 곡
		f	회 내
		g	회 외
	어깨	h	굴 곡
		i	신 전
		j	내 전
		k	외 전
		l	내 선
		m	외 선

2.3 측정방법

본 실험에서 정적상태 측정은 KS A 7003(인체측정용어 정의)과 KS A 7004(인체 측정방법)를 따라 그림 1의 인체 측정기준점과 그림 2의 인체 측정치수를 측정하였으며, 동적 상태 측정 13개 변수는 Laubach와 동일한 방법으로 Goniometer, 각도기를 이용하여 그림 3과 같이 측정하였다. 인체 측정순서는 먼저 실험복장을 갖추고, 인체 측정기준점에 랜드마크를 부착하고 정적상태의 7개 변수를 측정한 다음 동적상태의 13개 변수(손목부위, 팔꿈치부위, 어깨부위 순)를 측정하였다. 동적 상태의 측정방법은 아래와 같다.



1. 머리마루점 2. 어깨점 3. 어깨끝점
4. 팔꿈치 바깥점 5. 팔꿈치점 6. 손목 안쪽점
7. 손목 바깥점 8. 제3중수골 9. 손끝점
10. 장골극점 11. 장골릉선점

그림 1. 인체 측정 기준점

<동적상태 인체 측정방법>

1) 손목굴곡

a. 측정자세 : 피실험자는 선 자세에서 몸체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목 관절을 편 상태에서 손등이 책상면에 닿게 하여 손바닥과 전완이 이루는 각을 측정한다.

b. 측정점 : 제3중수골 기저, 손목 안쪽점, 팔꿈치점

2) 손목신전

a. 측정자세 : 피실험자는 선 자세에서 몸체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손바닥을 책상지면에 닿게 하여 손등과 전완이 이루는 각을 측정한다.
b. 측정점 : 제3중수골 기저, 손목 안쪽점, 팔꿈치점

3) 손목내전

a. 측정자세 : 피실험자는 선 자세에서 몸체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손을 고정대에 올려 놓고 손목 아래는 움직이지 않게 고정하고 전완을 몸쪽으로 이동한 각을 측정한다.
b. 측정점 : 제4중수골 머리, 손목 안쪽점, 상완골의 외측상과

4) 손목외전

a. 측정자세 : 피실험자는 선 자세에서 몸체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손을 고정대에 올려 놓고 손목 아래는 움직이지 않게 고정하고 전완을 몸바깥쪽으로 이동한 각을 측정한다.
b. 측정점 : 제4중수골 머리, 손목 안쪽점, 상완골의 외측상과

5) 팔꿈치굴곡

a. 측정자세 : 피측정자를 선 자세에서 팔 전체를 시상면과 평행하게 앞으로 뻗은 다음 가볍게 주먹을 쥔 후 팔꿈치 관절을 중심으로 전완을 얼굴쪽으로 굴곡시켜 상박과 전완이 이루는 각을 측정한다.
b. 측정점 : 견봉끝부분, 상완골의 외측상과 손목 바깥점

6) 팔꿈치 회내

a. 측정자세 : 피측정자는 선 자세에서 상박을 아래방향으로 수직하게 만들고 팔꿈치관절을 앞쪽으로 90° 굴곡하여 손목을 편 상태에서 손바닥이 몸쪽으로 향하게 한 후 팔꿈치 관절을 옆구리에 붙이고 손목관절을 몸쪽으로 회전한 각을 측정한다.
b. 측정점 : 상완골의 외측상과, 손목 안쪽점, 손목 바깥점

7) 팔꿈치 회외

a. 측정자세 : 피측정자는 선 자세에서 상박을 아래방향으로 수직하게 만들고 팔꿈치관절을 앞쪽으로 90° 굴곡하여 손목을 편 상태에서 손바닥이 몸쪽으로 향하게 한 후 팔꿈치 관절을 옆구리에 붙이고 손목 관절을 몸 바깥쪽으로 회전한 각을 측정한다.
b. 측정점 : 상완골의 외측상과, 손목 안쪽점, 손목 바깥점

8) 어깨굴곡

a. 측정자세 : 피측정자는 실험대에 누운 자세에서 상체를 움직이지 않고 팔꿈치관절 및 손목관절을 편 상태에서 손바닥을 몸쪽으로 향하게 하여 어깨관절을 중심으로 팔을 머리 위쪽으로 들어올린 각을 측정한다.
b. 측정점 : 견봉의 끝부분, 상완골의 외측상과

9) 어깨신전

a. 측정자세 : 피측정자는 실험대에 누운 자세에서 상체를 움직이지 않고 팔꿈치관절 및 손목관절을 편 상태에서 손바닥을 몸쪽으로 향하게 하여 어깨관절을 중심으로 팔을 등 뒤쪽으로 내린 각을 측정한다.
b. 측정점 : 견봉점, 상완골의 외측상과

10) 어깨내전

a. 피측정자는 실험대에 누운 자세에서 상체를 움직이지 않고 팔꿈치관절 및 손목관절을 편 상태에서 팔을 수직으로 세워

손바닥은 앞쪽으로 향하게 하여 어깨관절을 중심으로 팔을 몸쪽으로 회전시킨 각을 측정한다.

b. 측정점 : 견봉점, 상완골의 외측상과

11) 어깨외전

a. 측정자세 : 피측정자는 실험대에 누운 자세에서 상체를 움직이지 않고 팔꿈치관절 및 손목관절을 편 상태에서 팔을 수직으로 세워 손바닥은 앞쪽으로 향하게 하여 어깨관절을 중심으로 팔을 몸바깥쪽으로 회전시킨 각을 측정한다.

b. 측정점 : 견봉점, 상완골의 외측상과

12) 어깨내선

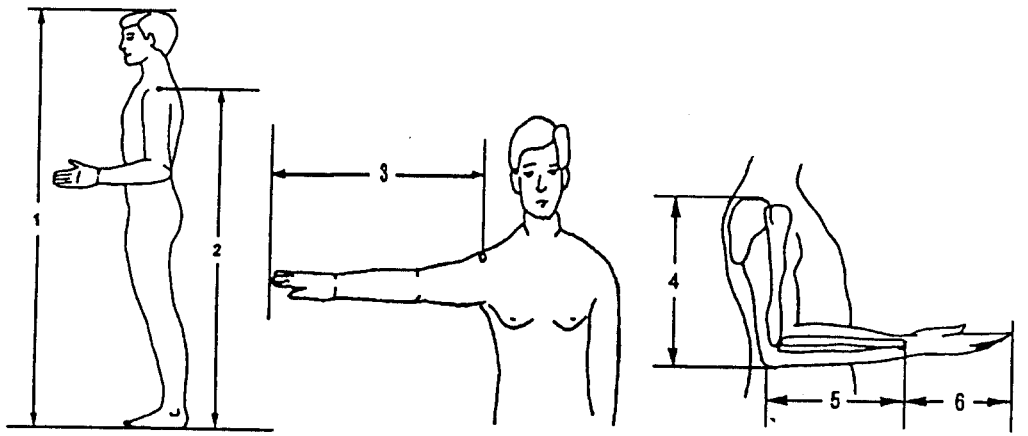
a. 측정자세 : 선 자세에서 피측정자의 팔을 앞쪽으로 90°가 되게 한 후 팔꿈치관절을 굴곡하여 정면으로 90°가 되게 하여 손바닥이 몸쪽으로 향하게 해서 양쪽 어깨를 움직이지 않게 고정시킨 상태에서 전완을 몸쪽으로 회전시킬 때 움직인 각을 측정한다.

b. 측정점 : 팔꿈치점, 손목 안쪽점

13) 어깨외선

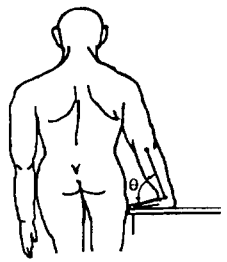
a. 측정자세 : 선 자세에서 피측정자의 팔을 앞쪽으로 90° 되게 한 후 팔꿈치관절을 굴곡하여 정면으로 90°가 되게하여 손바닥이 몸쪽으로 향하게 해서 양쪽 어깨를 움직이지 않게 고정시킨 상태에서 전완을 몸바깥쪽으로 회전시킬 때 움직인 각을 측정한다.

b. 측정점 : 팔꿈치점, 손목 안쪽점

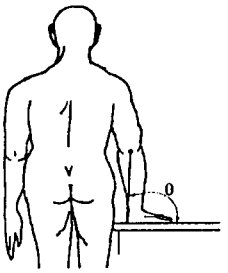


1. 키 2. 어깨높이 3. 팔길이 4. 어깨-팔꿈치 길이
5. 팔꿈치-손목 길이 6. 손목-손끝 길이 7. 몸무게

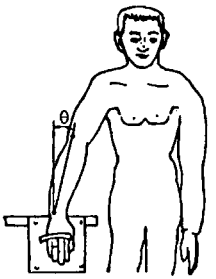
그림 2. 정적 인체 측정



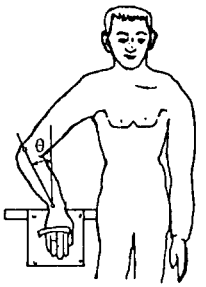
a. 손목 굴곡(θ)



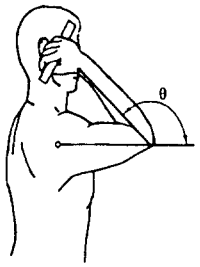
b. 손목 신전(θ)



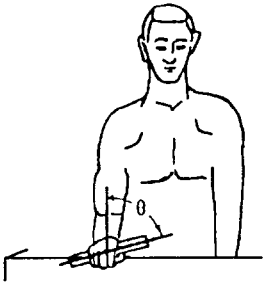
c. 손목 내전(θ)



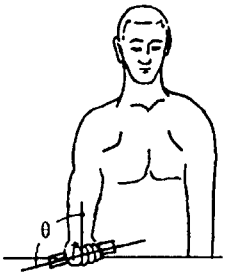
d. 손목 외전(θ)



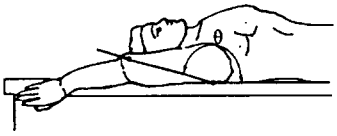
e. 팔꿈치 굴곡(θ)



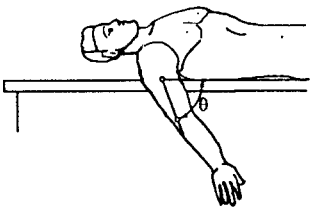
f. 팔꿈치 회내(θ)



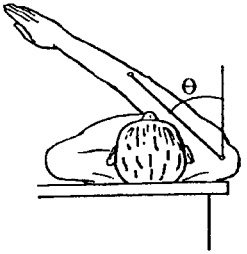
g. 팔꿈치 회외(θ)



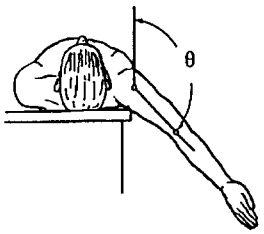
h. 어깨 굴곡(θ)



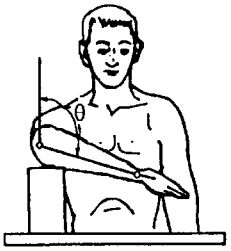
i. 어깨 신전(θ)



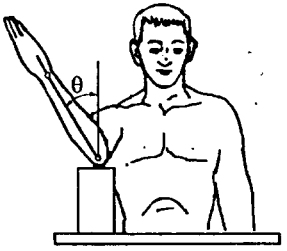
j. 어깨 내전(θ)



k. 어깨 외전(θ)



l. 어깨 내선(θ)



m. 어깨 외선 (θ)

그림 3. 동적 인체 측정

3. 측정결과

본 실험은 신체 부위 중 팔 관절과 관련 있는 신체 부위에 인체기준점을 선정하고 정적 인체 측정치와 동적 인체 측정치를 측정하였다. 이들 측정한 자료를 기초로 상용 통계 프로그램인 SAS(statistical analysis system)을 이용하여 각 부위별 기초통계량을 평균, 표준편차, 제5, 제10, 제25, 제50, 제75, 제90, 제95 백분위수를 알아보았으며, 신체충실지수별로 4개의 그룹으로 분석하였다. 그리고 측정 부위간의 상관관계 및 회귀분석을 하였으며, 외국인의 동적 인체 측정치와 비교 및 검토를 하였다.

3.1 기초통계량 분석

측정부위별 기초통계량에 관련된 22개의 변수들은 표 3에 나타내었고, 평균, 표준편차, 퍼센타일별 기초 통계량을 표 4에 나타내었다. 피측정자의 평균나이는 25.6세, 평균키는 170.7㎝, 평균몸무게는 66.9㎏이었다. 피 측정자 팔 관절의 동작범위를 5-95 퍼센타일로 나타내면 손목 굴곡각도 73-102°, 손목 신전각도 57-82°, 손목 내전각도 22-39°, 손목 외전각도 35-66°, 팔꿈치 굴곡각도 142-158°, 팔꿈치 회내 47-82°, 팔꿈치 회의 111-151°, 어깨 굴곡각도 165-192°, 어깨 신전각도 42-77°, 어깨 내전각도 37-63°, 어깨 외전각도 112-146°, 어깨 내선각도 93-118°, 어깨 외선각도 17-44°를 나타내었다. 이들 측정치들은 평균±3×표준편차의 범위 내에 있다.

표 3. 측정 변수

변수	변 수 명	변수	변 수 명
X1	나이	X12	손목 외전
X2	몸무게	X13	팔꿈치 굴곡
X3	키	X14	팔꿈치 회내
X4	어깨높이	X15	팔꿈치 회외
X5	팔 길이	X16	어깨 굴곡
X6	어깨-팔꿈치 길이	X17	어깨 신전
X7	팔꿈치-손목 길이	X18	어깨 내전
X8	손목-손끝 길이	X19	어깨 외전
X9	손목 굴곡	X20	어깨 내선
X10	손목 신전	X21	어깨 외선
X11	손목 내전	X22	신체 충실지수

3.2 신체 충실지수별 분석

다음은 기초 통계량을 25퍼센타일씩 신체 충실지수별로 4개의 그룹(A, B, C, D그룹)으로 나누어 다음과 같이 분석을 하였다(표5-표8참조).

1) "A" 그룹 분석

신체 충실지수가 121.4미만인 피측정자는 14명 이었으며, 이들의 평균 키는 173.4㎝, 평균 몸무게는 58㎏, 평균 팔 길이는 72.3㎝이며, 이들에 대한 기초통계량을 표 5에 나타내었다. 또한 다른 그룹과 50퍼센타일에서 서로 비교하였을 때 손목 굴곡은 86°, 손목 신전은 77°, 손목 외전은 49°, 팔꿈치 굴곡은 152.5°, 팔꿈치 회외는 131°로 최대각도를 나타내었고, 손목 내전은 29.5°, 어깨 굴곡은 174.5°로 최소각도를 나타내었다.

2) "B" 그룹 분석

신체 충실지수가 121.4-132.1인 피측정자는 12명 이었으며, 이들의 평균 키는 172.3㎝, 평균 몸무게는 64㎏, 평균 팔 길이는

표 4. 측정 부위별 기초 통계량

변수	평균	표준편차	백분위수						
			5	10	25	50	75	90	95
x1	25.57	2.87	20.2	22.0	24.0	25.0	28.0	29.0	30.0
x2	66.86	11.54	51.5	55.0	59.0	63.0	72.5	83.0	91.0
x3	170.71	5.86	160.4	163.1	166.2	171.3	174.9	178.3	180.0
x4	138.78	5.14	131.2	132.8	135.2	138.9	141.7	146.6	147.7
x5	70.44	2.96	65.0	66.6	68.2	70.6	72.7	73.5	75.8
x6	33.50	1.97	30.8	31.1	32.6	33.8	34.9	35.6	35.9
x7	25.39	1.03	24.1	24.3	24.6	25.3	26.1	26.5	27.5
x8	19.46	0.86	17.8	18.6	18.9	19.5	20.1	20.5	20.7
x9	85.26	8.49	73.0	75.0	78.0	85.0	91.0	96.0	102.0
x10	72.30	7.35	57.0	63.0	68.0	73.5	79.0	81.0	82.0
x11	31.33	5.02	22.0	26.0	28.0	31.0	36.0	38.0	39.0
x12	47.69	9.37	35.0	36.0	41.0	45.5	54.0	65.0	66.0
x13	150.41	4.82	142.0	144.0	147.0	150.5	154.0	157.0	158.0
x14	62.19	10.55	47.0	48.0	54.0	61.5	68.0	76.0	82.0
x15	128.43	11.50	111.0	113.0	121.0	125.5	136.0	143.0	151.0
x16	176.07	7.18	165.0	169.0	172.0	175.0	180.0	186.0	192.0
x17	58.67	10.16	42.0	45.0	52.0	59.0	66.0	71.0	77.0
x18	50.11	6.75	37.0	42.0	47.0	50.5	54.0	59.0	63.0
x19	127.80	10.22	112.0	114.0	120.0	128.0	134.0	142.0	146.0
x20	103.83	7.55	93.0	95.0	98.0	103.5	109.0	114.0	118.0
x21	29.30	8.06	17.0	18.0	23.0	29.0	34.0	41.0	44.0
x22	133.39	16.84	111.0	115.0	119.0	132.0	141.0	154.0	174.0

표 5. "A" 그룹 기초 통계량

변수	평균	표준편차	백분위수						
			5	10	25	50	75	90	95
x1	25.20	2.75	20.0	20.0	24.0	25.5	28.0	28.0	29.0
x2	58.36	5.79	51.0	51.0	53.0	58.0	63	64.5	70.0
x3	171.61	5.08	164.1	164.7	166.5	173.4	174.9	177.0	180.4
x4	139.50	4.05	132.8	134.6	136.5	140.0	141.2	145.4	146.8
x5	71.06	2.72	65.0	67.0	68.6	72.3	72.7	73.3	73.9
x6	34.27	1.21	32.5	32.6	32.8	34.5	35.3	35.7	35.9
x7	25.59	1.07	22.9	24.5	25.0	26.2	26.3	26.5	26.7
x8	19.56	0.61	18.7	18.7	18.9	19.6	20.1	20.3	20.4
x9	88.21	9.67	73.0	78.0	81.0	86.0	95.0	105.0	105.0
x10	72.36	9.04	53.0	63.0	65.0	77.0	79.0	81.0	83.0
x11	30.79	4.61	26.0	26.0	27.0	29.5	32.0	38.0	39.0
x12	49.29	10.08	32.0	37.0	43.0	49.0	55.0	65.0	65.0
x13	153.00	3.66	148.0	148.0	150.0	152.5	157.0	158.0	158.0
x14	61.50	12.02	43.0	47.0	53.0	61.0	72.0	76.0	82.0
x15	133.42	14.44	116.0	117.0	120.0	131.0	142.0	155.0	160.0
x16	173.21	6.77	160.0	166.0	169.0	174.5	176.0	182.0	186.0
x17	60.14	10.26	42.0	43.0	55.0	61.0	67.0	75.0	75.0
x18	52.14	7.59	37.0	46.0	50.0	51.0	54.0	61.0	70.0
x19	127.28	9.20	112.0	115.0	122.0	126.0	136.0	141.0	142.0
x20	103.29	5.76	94.0	98.0	99.0	101.5	108.0	111.0	114.0
x21	30.39	7.44	18.0	22.0	25.0	28.5	35.0	41.0	43.0
x22	114.64	3.75	106.0	109.0	113.0	115.5	117.0	119.0	119.0

표 6. "B" 그룹 기초 통계량

변수	평균	표준편차	백분위수						
			5	10	25	50	75	90	95
x1	24.75	4.05	20.0	20.0	21.5	24.5	27.5	29.0	30.0
x2	64.83	6.14	54.0	58.0	61.0	64.0	69.5	73.5	74.0
x3	171.93	5.96	160.4	164.3	168.4	172.3	176.6	179.0	179.5
x4	138.83	5.04	131.2	135.5	135.6	139.8	143.4	147.2	147.4
x5	70.93	3.20	66.2	66.9	69.0	70.5	73.0	75.8	76.5
x6	33.64	2.52	26.8	32.2	33.2	33.8	35.3	35.7	36.8
x7	25.33	1.10	24.3	24.4	24.5	25.0	26.1	26.7	27.7
x8	19.66	1.05	17.4	18.7	19.2	19.5	20.5	20.7	21.2
x9	81.67	8.48	71.0	73.0	76.0	77.0	90.0	91.0	96.0
x10	72.00	5.39	64.0	65.0	68.0	72.0	75.0	79.0	82.0
x11	33.75	3.31	30.0	31.0	31.0	32.5	36.0	38.0	40.0
x12	49.75	11.94	36.0	36.0	39.5	46.5	63.5	66.0	66.0
x13	152.25	4.29	142.0	149.0	150.5	152.5	154.5	157.0	159.0
x14	62.67	9.32	48.0	52.0	56.0	63.5	67.0	76.0	79.0
x15	127.00	9.26	107.0	121.0	121.5	125.5	133.5	136.0	143.0
x16	175.42	6.80	165.0	169.0	171.0	175.0	178.5	180.0	192.0
x17	61.42	9.71	50.0	52.0	54.5	59.5	66.0	78.0	80.0
x18	50.75	4.88	39.0	47.0	49.0	51.5	53.5	54.0	59.0
x19	131.58	12.24	112.0	117.0	124.0	129.5	143.0	146.0	150.0
x20	107.67	8.53	97.0	97.0	101.0	108.0	113.0	118.0	124.0
x21	28.33	8.95	16.0	20.0	22.5	26.0	31.0	44.0	46.0
x22	126.75	3.52	122.0	122.0	123.0	128.0	130.0	130.0	131.0

표 7. "C" 그룹 기초 통계량

변수	평균	표준편차	백분위수						
			5	10	25	50	75	90	95
x1	25.68	2.06	22.0	23.0	25.0	25.5	27.0	28.0	30.0
x2	65.63	6.30	56.0	59.0	61.5	64.0	70.0	73.5	79.5
x3	168.48	4.94	161.1	161.2	165.2	167.5	171.5	174.5	178.3
x4	136.98	4.79	132.2	132.2	133.2	135.3	139.3	142.1	149.8
x5	69.73	2.32	66.5	66.6	68.0	69.2	71.9	73.1	73.5
x6	32.73	2.01	26.5	30.8	32.0	33.6	34.1	34.3	34.4
x7	25.06	0.68	24.1	24.2	24.5	25.0	25.6	26.1	26.1
x8	19.39	0.61	18.5	18.6	18.8	19.5	20.1	20.1	20.1
x9	83.94	7.02	75.0	75.0	78.0	83.0	89.0	94.0	99.0
x10	72.25	8.13	55.0	57.0	68.0	73.5	79.5	82.0	82.0
x11	30.25	5.99	19.0	21.0	27.0	30.0	35.5	38.0	39.0
x12	46.94	8.76	35.0	35.0	41.5	45.0	52.5	61.0	66.0
x13	149.56	4.77	142.0	144.0	146.0	148.5	153.0	157.0	158.0
x14	63.94	11.01	43.0	54.0	58.5	61.5	68.5	84.0	87.0
x15	126.75	8.47	113.0	118.0	121.5	124.0	134.0	138.0	144.0
x16	177.81	7.05	169.0	171.0	173.5	175.0	181.0	192.0	194.0
x17	61.00	7.24	46.0	52.0	54.5	62.5	67.5	70.0	70.0
x18	50.81	7.09	42.0	42.0	45.0	50.0	54.5	63.0	64.0
x19	130.50	8.90	113.0	114.0	128.5	131.0	134.5	143.0	144.0
x20	103.81	8.19	93.0	93.0	97.0	104.0	107.5	116.0	121.0
x21	30.63	8.66	14.0	18.0	23.5	33.0	37.0	40.0	46.0
x22	136.44	3.44	132.0	132.0	133.0	136.0	140.0	141.0	142.0

표 8. "D" 그룹 기초 통계량

변수	평균	표준편차	백분위수						
			5	10	25	50	75	90	95
x1	26.67	2.50	23.0	23.0	25.0	27.0	29.0	30.0	30.0
x2	80.46	14.48	58.0	60.0	72.0	79.8	90.5	102.0	103.0
x3	171.40	7.46	158.1	158.3	168.3	171.4	177.6	180.0	180.1
x4	139.39	6.61	127.1	128.2	137.1	139.9	144.2	147.7	148.1
x5	70.16	3.77	63.0	64.8	67.7	70.6	72.9	73.4	75.9
x6	33.48	1.89	30.8	30.9	31.7	33.6	35.2	35.3	36.3
x7	25.65	1.27	23.4	24.7	25.1	25.4	26.2	27.5	28.2
x8	19.24	1.17	16.8	17.8	18.6	19.4	19.9	20.6	21.0
x9	87.17	8.11	72.0	79.0	82.5	86.0	92.5	97.0	102.0
x10	72.58	6.68	59.0	63.0	69.0	74.5	77.5	79.0	81.0
x11	31.00	5.29	22.0	26.0	26.0	31.5	35.5	37.0	38.0
x12	44.75	6.17	36.0	38.0	41.0	42.5	52.0	53.0	53.0
x13	146.67	4.27	139.0	143.0	144.0	146.0	149.0	152.0	155.0
x14	60.17	10.21	47.0	48.0	49.5	60.5	67.5	74.0	76.0
x15	126.25	12.83	111.0	111.0	113.0	126.0	139.0	142.0	144.0
x16	177.75	7.85	164.0	170.0	173.0	176.5	181.5	188.0	193.0
x17	51.08	11.2	39.0	42.0	44.5	47.0	56.0	66.0	77.0
x18	46.17	5.94	37.0	37.0	41.0	47.5	51.0	52.0	54.0
x19	121.00	8.29	108.0	110.0	115.5	121.0	127.5	132.0	133.0
x20	100.67	7.55	92.0	93.0	96.0	98.5	106.5	110.0	111.0
x21	27.33	7.48	17.0	18.0	20.0	28.5	32.0	34.0	42.0
x22	157.83	12.70	146.0	146.0	148.0	152.5	169.0	176.0	181.0

표 9. 측정 부위별 상관관계 계수표

구분	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22
x1	1	0.13	0.13	0.08	0.06	0.04	-0.08	0.11	0.20	0.14	-0.04	-0.09	-0.03	0.23	0.05	-0.02	-0.14	-0.14	-0.06	-0.13	-0.09	0.07
x2	0.13	1	0.64	0.64	0.45	0.38	0.49	0.39	-0.03	0.00	-0.05	-0.09	-0.25	-0.06	0.02	0.20	-0.06	-0.21	-0.03	-0.04	-0.14	0.79
x3	0.13	0.64	1	0.95	0.78	0.74	0.64	0.70	-0.01	-0.04	-0.05	0.11	0.10	-0.12	0.20	0.07	0.15	0.09	0.13	0.19	-0.14	0.04
x4	0.08	0.64	0.96	1	0.80	0.71	0.65	0.68	-0.04	-0.03	-0.06	0.03	0.12	-0.13	0.23	0.06	0.10	0.10	0.13	0.14	-0.18	0.08
x5	0.06	0.45	0.78	0.80	1	0.73	0.83	0.76	-0.12	-0.09	-0.02	0.12	0.33	0.04	0.31	0.12	0.28	0.22	0.20	0.09	-0.12	-0.03
x6	0.04	0.38	0.74	0.71	0.73	1	0.52	0.67	0.11	-0.07	-0.08	0.20	0.29	0.07	0.20	0.03	0.20	0.33	0.24	0.07	-0.16	-0.08
x7	-0.08	0.49	0.64	0.65	0.83	0.52	1	0.63	-0.23	-0.10	0.05	0.11	0.30	-0.05	0.26	0.11	0.27	0.19	0.05	0.12	0.07	0.13
x8	0.11	0.39	0.70	0.68	0.76	0.67	0.63	1	-0.08	0.03	0.05	0.11	0.38	0.12	0.14	0.12	0.30	0.21	0.26	0.09	-0.06	-0.06
x9	0.20	-0.03	-0.01	-0.04	-0.12	0.11	-0.23	-0.08	1	0.10	-0.36	-0.17	-0.27	0.04	-0.8	-0.22	-0.25	0.03	-0.23	-0.23	-0.02	-0.03
x10	0.14	0	-0.04	-0.03	-0.09	-0.07	-0.10	0.03	0.10	1	0.10	-0.28	0.07	-0.15	-0.33	-0.04	0.06	-0.11	-0.03	0.02	-0.17	0.04
x11	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.02	-0.08	0.05	0.05	-0.36	0.10	1	0.31	0.05	0.00	0.10	0.30	0.18	-0.14	0.22	0.13	-0.04	0.01
x12	-0.09	-0.09	0.11	0.03	0.12	0.20	0.11	0.11	-0.17	-0.28	0.31	1	0.18	-0.09	0.02	0.12	0.48	0.25	0.37	0.18	0.12	-0.18
x13	-0.03	-0.25	0.10	0.12	0.33	0.29	0.30	0.38	-0.27	0.07	0.05	0.18	1	0.17	0.21	-0.01	0.47	0.51	0.41	0.23	0.02	-0.42
x14	0.23	-0.06	-0.12	-0.13	0.04	0.07	-0.05	0.12	0.04	-0.15	0.00	-0.9	0.17	1	0.05	-0.07	0.21	0.01	0.14	0.08	0.27	0.01
x15	0.15	0.02	0.20	0.23	0.31	0.20	0.26	0.14	-0.08	-0.33	0.10	0.02	0.21	0.05	1	0.10	0.16	0.22	0.28	0.08	-0.02	-0.13
x16	-0.02	0.20	0.07	0.06	0.12	0.03	0.11	0.12	-0.22	-0.04	0.30	0.12	-0.01	-0.07	0.10	1	0.21	-0.08	0.26	0.05	-0.16	0.23
x17	-0.14	-0.06	0.15	0.10	0.28	0.20	0.27	0.30	-0.25	0.06	0.18	0.48	0.47	0.21	0.16	0.21	1	0.24	0.64	0.32	0.13	-0.21
x18	-0.14	-0.21	0.09	0.10	0.22	0.33	0.19	0.21	0.03	-0.11	-0.14	0.25	0.51	0.01	0.22	-0.08	0.24	1	0.16	0.26	0.11	-0.33
x19	-0.06	-0.03	0.13	0.13	0.20	0.24	0.05	0.26	-0.23	-0.03	0.22	0.37	0.41	0.14	0.28	0.26	0.64	0.16	1	0.22	-0.05	-0.14
x20	-0.13	-0.04	0.19	0.14	0.09	0.07	0.12	0.09	-0.23	0.02	0.13	0.18	0.23	0.08	0.08	0.05	0.32	0.26	0.22	1	0.02	-0.19
x21	-0.09	-0.14	-0.14	-0.18	-0.02	-0.16	0.07	-0.06	-0.02	-0.17	-0.04	0.12	0.02	0.27	-0.02	-0.16	0.13	0.11	-0.05	0.02	1	-0.10
x22	0.07	0.79	0.04	0.08	-0.03	-0.08	0.13	-0.06	-0.03	0.04	0.01	-0.18	-0.42	0.01	-0.13	0.23	-0.21	-0.33	-0.14	-0.19	-0.10	1

표 10. 한국인과 미국인의 팔 관절 동작범위 비교

관절	동작	백분위수	한국 대학생	미국 군인[12]	미국 대학생[9]	관전	동작	백분위수	한국 대학생	미국 군인[12]	미국 대학생[12]
손목	굴곡	5%	73.0	50.5	70.0	어깨	굴곡	5%	165.0	161.0	168.0
		50%	85.0	67.5	90.0			50%	175.0	178.0	188.0
		95%	102.0	85.0	110.0			95%	192.0	193.5	208.0
	신전	5%	57.0	47.0	78.0		신전	5%	42.0	41.5	38.0
		50%	73.5	62.0	99.0			50%	59.0	57.5	61.0
		95%	82.0	76.0	120.0			95%	77.0	76.0	84.0
	내전	5%	35.0	22.0	35.0		내전	5%	37.0	36.0	33.0
		50%	45.5	30.5	47.0			50%	50.5	50.5	48.0
		95%	66.0	40.0	59.0			95%	63.0	63.0	63.0
	외전	5%	22.0	14.0	12.0		외전	5%	112.0	106.0	106.0
		50%	31.0	22.0	27.0			50%	128.0	123.5	134.0
		95%	39.0	30.0	42.0			95%	146.0	140.0	162.0
팔꿈치	굴곡	5%	142.0	122.5	126.0		내선	5%	93.0	68.5	61.0
		50%	150.5	138.0	142.0			50%	103.5	95.0	97.0
		95%	158.0	150.0	159.0			95%	118.0	114.0	133.0
	회내	5%	47.0	42.5	37.0		외선	5%	17.0	16.0	13.0
		50%	61.5	65.0	77.0			50%	29.0	31.5	34.0
		95%	82.0	86.5	117.0			95%	44.0	46.0	55.0
	회외	5%	111.0	86.0	77.0						
		50%	125.5	107.5	113.0						
		95%	151.0	135.0	149.0						

70.5cm이며, 이들에 대한 기초통계량을 표 6에 나타내었다. 또한 다른 그룹과 50퍼센타일에서 서로 비교하였을 때 손목 내전은 32.5°, 팔꿈치 회내는 63.5°, 어깨 내전은 51.5°로 최대각도를 나타내고, 손목 굴곡은 77°, 손목 신전은 72°, 어깨 외선은 26°로 최소 각도를 나타내었다.

3) "C" 그룹 분석

신체 충실지수가 131.4-142.1인 피측정자는 16명 이었으며, 이들의 평균 키는 167.5 cm, 평균 몸무게는 64kg, 평균 팔 길이는 69.2cm이며, 이들에 대한 기초통계량을 표 7에 나타내었다. 또한 다른 그룹과 50퍼센타일에서 서로 비교하였을 때 어깨 신전은 62.5°, 어깨 외전은 131°, 어깨 외선은 33°로 최대각도를 나타내고, 팔꿈치 회의는 124°로 나타내었다.

4) "D" 그룹 분석

신체 충실지수가 142.1 이상인 피측정자는 12명 이었으며, 이들의 평균 키는 171.4 cm, 평균 몸무게는 79.8kg, 평균 팔 길이는 70.6cm이며, 이들에 대한 기초통계량을 표 8에 나타내었다. 또한 다른 그룹과 50퍼센타일에서 서로 비교하였을 때 어깨 굴곡은 176.5°로 최대각도를 나타내고, 손목 외전은 42.5°, 팔꿈치 굴곡은 146°, 팔꿈치 회내는 60.5°, 어깨 신전은 47°, 어깨 내전은 47.5°, 어깨 외전은 121°, 어깨 내선은 98.5°로 최소각도를 나타내었다.

3.3 부위별 상관분석(Correlation Analysis)

표본상관계수는 표본의 크기가 n인 두

변수 x와 y사이의 관계를 나타낸다.

x와 y의 표본상관계수(Sample Correlation Coefficient)는

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX}}\sqrt{S_{YY}}} \quad \cdots\cdots (1)$$

로 정의된다.

여기서,

$$s_{XY} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}),$$
$$s_{XX} = \sum (x_i - \bar{x})^2,$$
$$s_{YY} = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

으로 표현된다. 표 9는 22개 변수의 상관관계 계수표를 나타내었다.

측정된 22개 변수의 상관관계 계수값을 분석하면 정적상태 측정 변수간(X3-X8)의 상관관계는 계수값이 0.70-0.95의 높은 값을 나타내고 있고, 동적 및 정적상태 측정 변수간의 상관관계는 계수값이 0.5미만의 아주 낮은 값을 나타내었다. 동적 상태 측정값에서 가장 큰 계수값은 어깨신전(X17)과 어깨외전(X19) 사이의 계수값이 0.64로 가장 크지만 상관관계가 낮음을 알 수 있었다. 또한 몸무게와 신체충실지수 사이에는 0.79로 상관관계가 높은 것을 알았다.

3.4 선형회귀분석

이 분석은 상관관계가 있는 독립변수와 종속변수 관계를 함수 식으로 나타낸다. 즉, 하나의 종속변수(y)와 k개의 독립변수(x_1, x_2, x_3, …, x_k)사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다고 가정하여

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k \quad \cdots\cdots (2)$$

(K+1)개의 회귀 계수는 최소자승법에 의하여 추정되었으며, 추정된 회귀식의 정도를 나타내는 표본결정 계수 R^2(sample coefficient of determination)에 의하여 알 수 있다.

측정 자료를 이용하여 팔 관절의 동작범위를 예측 할 수 있는 회귀방정식을 구하였다. 방정식은 통계 상용프로그램인 SAS를 이용하여 각 관절의 동작범위와 관련있는 모든 변수를 사용하여 단계별 회귀법으로 구하였다[18-21]. 단위는 각도(°)이다.

1) 손목 굴곡

사용된 변수 : 나이(x3), 몸무게(x4), 키(x5), 팔 길이(x7), 팔꿈치-손목길이(x9), 손목-손끝길이(x10)

$$Y = 97.05 + 0.448 \times X3 - 0.007 \times X4 + 0.309 \times X5 + 0.071 \times X7 - 2.854 \times X9 - 0.415 \times X10 \quad \cdots\cdots (3)$$
$$(R^2 = 0.109)$$

2) 팔꿈치 굴곡

사용된 변수 : 나이(X3), 몸무게(X4), 키(X5), 팔 길이(X7), 어깨-팔꿈치길이(X8), 팔꿈치-손목길이(X9), 손목-손끝길이(X10)

$$Y = 105.57 - 0.375 \times X3 - 0.196 \times X4 - 0.164 \times X5 + 0.212 \times X7 + 0.404 \times X8 + 0.963 \times X9 + 2.191 \times X10 \quad \cdots\cdots (4)$$
$$(R^2 = 0.459)$$

3) 어깨 내전

사용된 변수 : 나이(X3), 몸무게(X4), 키(X5), 팔 길이(X7), 어깨-팔꿈치 길이(X8)

$$Y = 16.82 - 0.265 \times X3 - 0.211 \times X4 - 0.125 \times X5 + 0.379 \times X7 + 1.456 \times X8 \quad \cdots\cdots (5)$$
$$(R^2 = 0.258)$$

본 연구에서 유도한 팔 관절 동작범위의 회귀방정식은 선형의 상관관계가 상당히

낮기 때문에 결정계수는 0.50미만으로 추정식의 정도가 매우 낮음을 알았다. 회귀방정식 중 일부만 수록하였다.

3.5 외국인 동작범위와 본 실험결과 비교분석

본 실험결과와 미국의 군인 및 대학생의 팔 관절 동작범위를 비교한 결과를 표 10에 나타내었다[9, 12]. 한국 대학생의 키가 158.1-180.4㎝, 몸무게는 51.0-103.0㎏, 팔 길이는 63.0-76.5㎝ 범위에 있는 20대 54명이고, 미국 군인(Houy, 1982)은 키가 164.89-188.85㎝, 몸무게는 57.70-99.30㎏, 팔 길이는 73.92-88.70㎝ 범위내 있는 남자 100명이고, 미국 대학생(Laubach, 1978)은 체형별로 마른 학생 10명, 중간 체격인 학생 11명, 근육형 학생 11명, 뚱뚱한 학생 7명을 측정하였다. 미국 대학생과 한국 대학생은 동일한 측정방법을 사용하여 한국 대학생의 측정각에서 미국 대학생의 측정각을 뺀 차이값 중 현저한 차이를 보이고 있는 것은 손목 신전(-25.5°), 손목 외전(4.0°), 팔꿈치 굴곡(+8.5°), 팔꿈치 회내(-15.5°), 팔꿈치 회외(+12.5°), 어깨 굴곡(-13.0°), 어깨 외전(-6.0°), 어깨 내선(+6.5°), 어깨 외선(-5.0°)이다. 한국인은 미국인에 비해 팔꿈치-손목의 길이가 짧고 손목의 굽힘, 신전, 좌우 내전, 외전이 훨씬 더 양호하다. 팔꿈치의 굴곡은 미국인에 비해 어깨-팔꿈치 길이와 팔꿈치-손목 길이가 작지만 굴곡은 더 컸다. 팔꿈치의 좌우 회전 범위(약 180°)는 비슷하지만, 회내에서는 외국인에 비해 훨씬 작고, 회외는 더 크다는 것을 알 수 있었다. 어깨의 동작범위는 비슷하지만 어깨 굴곡은 미국인보다 유연성이 미약하다는 것을 알았다. 미국 군인과는 본 연구의 측정방법이 다르기 때문에 상당한 차이를 나타내었다. 미국군인은 선 자세로 다른 지지물에 구속되지 않은 상태에서 측정을 하였으므로 더 작은 값을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구는 신체적, 정신적으로 거의 성숙한 남자 대학생 54명의 팔 관절과 관련 있는 각 부위별 인체 치수와 팔 관절의 동작범위를 측정하였다. 이 측정치를 이용하여 상관관계, 회귀 방정식을 유도하였으며, 미국인의 동작범위와 비교하여 보았다.

본 실험결과를 다음과 같이 요약 하였다.

(1) 한국 남자 대학생 54명 키는 158.1-180.4㎝, 몸무게는 51.0-103.0㎏, 팔 길이는 63.0-76.5㎝, 어깨-팔꿈치 길이는 63.0-76.5㎝, 팔꿈치-손목 길이는 63.0-76.5㎝, 손목-손끝길이는 63.0-76.5㎝이었다.

(2) 신체충실지수별 50 퍼센타일에서 신체충실지수가 "A"그룹인 피측정자는 손목 굴곡, 손목 신전, 손목 외전, 팔꿈치 굴곡, 팔꿈치 회외가 최대각도를 나타내었고, 손목 내전, 어깨 굴곡은 최소각도를 나타내었다. "B"그룹인 피측정자는 손목 내전, 팔꿈치 회내, 어깨 내전이 최대각도를 나타내었고, 손목 굴곡, 손목 신전, 어깨 외선이 최소각도를 나타내었다. "C"그룹인 피측정자는 어깨 신전, 어깨 외전, 어깨 외선이 최대각도를 나타내었고, 팔꿈치 회외는 최소각도를 나타내었다. "D"그룹의 피측정자는 어깨 굴곡이 최대 각도를 나타내었고, 손목 외전, 팔꿈치 굴곡, 팔꿈치 회내, 어깨 신전, 어깨 내전, 어깨 외전, 어깨 내선이 최소각도를 나타내었다.

(3) 각 부위별 상관관계는 정적 측정 변수 사이에서 0.70-0.95의 비교적 높은 상관계수를 나타내었다. 그러나 동적 측정 변수간에는 0.4미만의 아주 낮은 상관계수를 가졌다. 또한 정적 측정변수와 동적 측정변수의 상관관계는 0.6미만으로 두 변수간 상관관계가 낮음을 알았다.

(4) 선형 회귀방정식의 결정계수는 0.5미만으로 추정식의 정도가 상당히 낮음을 알았다.

(5) 미국 대학생의 동작범위와 비교 하였을 때 한국 대학생은 미국 대학생에 비해 손목의 유연성은 양호하였으며, 팔꿈치의 굴곡 및 회전 범위는 비슷하였다. 또한 어깨의 동작범위는 비슷하나 굴곡의 유연성이 약간 미약하다는 것을 알았다.

본 실험에서 보다 정확한 값을 얻기 위해서는 더 많은 피측정자를 대상으로 측정하고 측정장비를 보완하면 더 정확한 값을 얻을 수 있을 것이다. 그리고 이들 자료를 기초로 차후에 팔 관절 외에 다리관절, 척추, 경추 등의 동작범위를 더 연구 발전시켰으면 한다. 본 연구의 동작범위 측정자료는 스포츠 과학, 의학계통, 산업제품 설계, 작업환경을 구현하는 데 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] The U.S. Army Human Engineering Laboratory, "Military Standardization Handbook, Human Factors Engineering Design for Army Material", 148-153, 1975.

[2] Johannes, W.R. and Chihiro Yokochi, "Color Atlas of Anatomy", Igagushin, 1983.

[3] 송기택 역, "Wirhed, R. : 움직일 때 변화하는 동작, 해부학", 형설출판사, 1994.

[4] 허동국, "설계자를 위한 인체 동작 치수 도집", 기문당, 66-103, 1994.

[5] 김철중 외 10명, "인체의 간접 측정 기술 개발 연구", 과학기술처, 1988.

[6] 김철중 외 5명, "인체의 간접 측정기술 개발 연구(2차년도)", 과학기술처, 1989.

[7] 조암, "도해 에르고노믹스", 한국공업표준협회, 270-285, 1990.

[8] 한석우, "디자이너를 위한 인간공학", 조형사, 1994.

[9] Chaffin, D.B. and Anderson, G.B., "Occupational Biomechanics", John Wiley & Sons, 1984.

[10] Weimer, J., "Handbook of Ergonomic and Human Factors Tables", Prentice-Hall, 73-76, 1993.

[11] Pheasant, S., "Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design", Taylor & Francis, 1988.

[12] Kroemer, K.H.E., Kroemer, H.B. and Kromer-Elbert K.E., "Ergonomics How to Design for Ease and Efficiency". Prentice-Hall, 54-60, 1994.

[13] 김철중 외 5인, "인체 측정방법 및 용어의 표준화 연구", 한국표준연구소, 1988.

[14] 김동우 외 7인, "1986년 국민표준체위 조사 보고서", 한국표준연구소, 1986.

[15] 김철중 외 9인, "산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서", 한국표준과학연구원, 1992.

[16] 김철중 외 8인, "VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구", 한국표준과학연구원, 1993.

[17] 이영신, 임현균, 김철중, 이남식, 박세진, "한국인의 인체분절의 질량, 질량중심, 관성모멘트에 관한 연구", 대한기계학회 논문집, 18(7), 1952-1966, 1994.

[18] 김기영, "SAS 입문 및 기초통계 처리", 자유아카데미, 1993.

[19] 허명회 외 3인, "PC를 위한 SAS 가이드", 자유아카데미, 1992.

[20] 허명회, "SAS 회귀분석", 자유 아카데미, 1991.

[21] 구자홍 외 4인, "통계학", 자유아카데미, 1992.