

한국인 20대 청년의 팔 관절 동작범위 측정 연구

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

이영신*, 이석기*, 박세진**, 김철중**

ABSTRACT

This paper measured the range of arm joint motion for Korean 54 male in twenties. The subjects are measured directly using Goniometer and angle gauge. The static measurement variables are seven and the dynamic measurement variables are thirteen. The anthropometric datum are analyzed by basic statistical analysis, correlation analysis and regression analysis using commercial SAS program. The results of analysis are compared with American students anthropometric data by Laubach, 1978.

1. 서론

인간이 일정한 장소에서 신체 각 부위를 움직일때 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 효율화 시키고 작업의 디자인을 개선시켜 생산비를 절감시킬수 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 동적측정 또는 동작범위의 연구들이 비교적 활발히 수행되고 있다[5-8].

Sinelnikoff와 Grigorowitsch(1931)는 100명의 건강한 유럽의 남자 노동자와 건강한 유럽 여자들에 관해 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)은 39명의 대학생을 대상으로 신체의 동작범위에 관하여 연구를 하였다. Mertz and Patrick(1971), Robbins 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

* 충남대학교 기계설계공학과

** 한국표준과학연구원

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 부위별, 신체충실지수별 기초 통계량을 산출하고 측정 변수간의 상관관계 및 회귀분석을 하였으며, 외국인의 동작범위와 본 연구 결과를 비교 및 검토하였다.

2. 팔 관절의 동작범위 측정방법

2.1 측정대상

본 연구에서 측정대상은 대전지역에 거주하는 20대 대학생을 표1과 같이 구분하여 남자 54명(평균나이 25.6, 평균키 170.7, 평균 몸무게 66.9, 신체충실지수 133.39)을 직접 측정하였다. 이때 피측정자의 건강상태는 양호하였으며, 복장상태는 팬티만 착용하고 측정하였다.

표 1. 측정 대상

분 류	평 균	표준편차	백 분 위 수			
			0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
그 룰			가	나	다	라
신체충실지수	132.65	15.05	121.4미만	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 정적상태 7개의 인체부위와 팔 관절과 관련있는 동적상태를 측정하였다. 측정부위는 정적상태 측정 7개(키, 어깨높이, 팔길이, 어깨-팔꿈치 길이, 팔꿈치-손목 길이, 손목-손끝길이, 몸무게)와 동적상태 측정 13개(손목 굴곡, 신전, 내전, 외전, 팔꿈치 굴곡, 회내, 회외, 어깨 굴곡, 신전, 내전, 외전, 내선, 외선)를 선정하였다.

2.3 측정방법

본 연구에서 정적상태 측정은 KS A 7003(인체측정용어 정의)과 KS A 7004(인체측정방법)를 따라 그림 1과 그림 2로 측정 하였으며, 동적상태 측정 13개 항목은 Laubach와 동일한 방법으로 Goniometer, 각도기를 이용하여 그림 3과 같이 측정하였다. 인체 측정순서는 정적상태의 7개 항목을 먼저 측정한 다음 동적상태의 13개 항목(손목부위, 팔꿈치부위, 어깨부위 순)을 측정하였다. 동적상태의 측정방법은 아래와 같다.

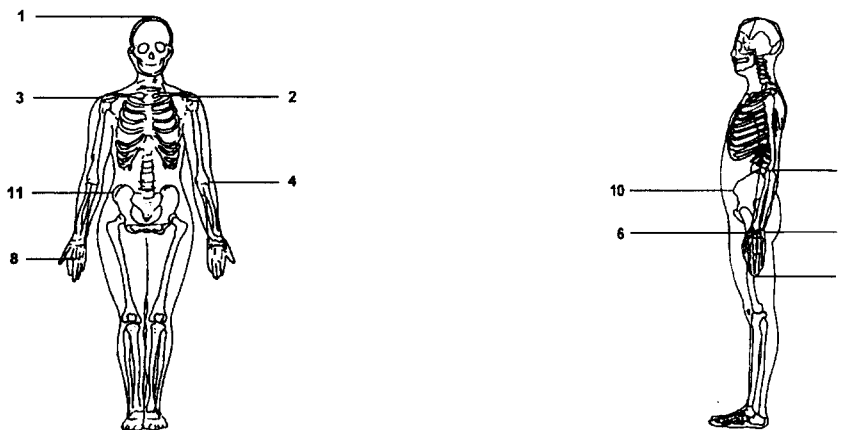


그림 1. 측정기준점

동작 종류	측 정 방 법
손목 굴곡	a. 측정자세 : 피실험자는 선자세에서 물체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손등이 책상면에 닿게하여 손바닥과 전완이 이루는 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 제3 중수골 기저, 손목 안쪽점, 팔꿈치점
손목 신전	a. 측정자세 : 피실험자는 선자세에서 물체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손바닥을 책상지면에 닿게하여 손등과 전완이 이루는 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 제3 중수골 기저, 손목 안쪽점, 팔꿈치점
손목 내전	a. 측정자세 : 피실험자는 선자세에서 물체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손을 고정대에 올려 놓고 손목 아래는 움직이지 않게 고정하고 전완을 몸쪽으로 이동한 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 제4 중수골 머리, 손목 안쪽점, 상완골의 외측상과
손목 외전	a. 측정자세 : 피실험자는 선자세에서 물체를 움직이지 않고 팔꿈치 관절 및 손목관절을 편 상태에서 손을 고정대에 올려 놓고 손목 아래는 움직이지 않게 고정하고 전완을 몸바깥쪽으로 이동한 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 제4 중수골 머리, 손목 안쪽점, 상완골의 외측상과
팔꿈치 굴곡	a. 측정자세 : 피측정자를 선 자세에서 팔 전체를 시상면과 평행하게 앞으로 펴낸 다음 가볍게 주먹을 쥔 후 팔꿈치 관절을 중심으로 전완을 얼굴쪽으로 굴곡시켜 상박과 전완이 이루는 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 견봉끝부분, 상완골의 외측상과, 손목 바깥점
팔꿈치 회내	a. 측정자세 : 피측정자는 선 자세에서 상박을 아래방향으로 수직하게 만들고 팔꿈치관절을 앞쪽으로 90도 굴곡하여 손목을 편 상태에서 손바닥이 몸쪽으로 향하게 한 후 팔꿈치 관절을 옆구리에 붙이고 손목관절을 몸쪽으로 회전한 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 상완골의 외측상과, 손목 안쪽점, 손목 바깥점
팔꿈치 회외	a. 측정자세 : 피측정자는 선 자세에서 상박을 아래방향으로 수직하게 만들고 팔꿈치관절을 앞쪽으로 90도 굴곡하여 손목을 편 상태에서 손바닥이 몸쪽으로 향하게 한 후 팔꿈치 관절을 옆구리에 붙이고 손목관절을 몸 바깥쪽으로 회전한 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 상완골의 외측상과, 손목 안쪽점, 손목 바깥점
어깨 굴곡	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. 측 정 점 : 견봉의 끝부분, 상완골의 외측상과
어깨 신전	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. 측 정 점 : 견봉의 끝부분, 상완골의 외측상과
어깨 내전	a. 측정자세 : 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. 측 정 점 : 견봉점, 상완골의 외측상과
어깨 외전	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. 측 정 점 : 견봉점, 상완골의 외측상과
어깨 내선	a. 측정자세 : 선 자세에서 피측정자의 팔을 앞쪽으로 90°가 되게 한 후 팔꿈치관절을 굴곡하여 정면으로 90°가 되게하여 손바닥이 몸쪽으로 향하게 해서 양쪽 어깨를 움직이지 않게 고정시킨 상태에서 전완을 몸쪽으로 회전시킬때 움직인 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 팔꿈치점, 손목 안쪽점
어깨 외선	a. 측정자세 : 선 자세에서 피측정자의 팔을 앞쪽으로 90°가 되게 한 후 팔꿈치관절을 굴곡하여 정면으로 90°가 되게하여 손바닥이 몸쪽으로 향하게 해서 양쪽 어깨를 움직이지 않게 고정시킨 상태에서 전완을 몸바깥쪽으로 회전시킬때 움직인 각을 측정한다. b. 측 정 점 : 팔꿈치점, 손목 안쪽점

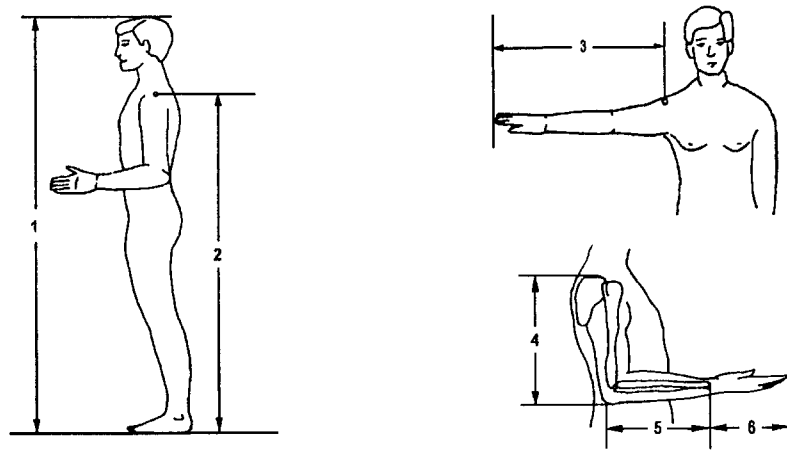
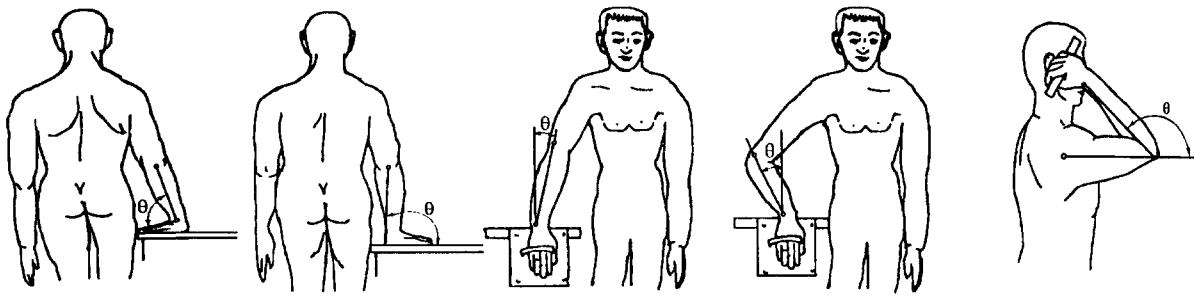
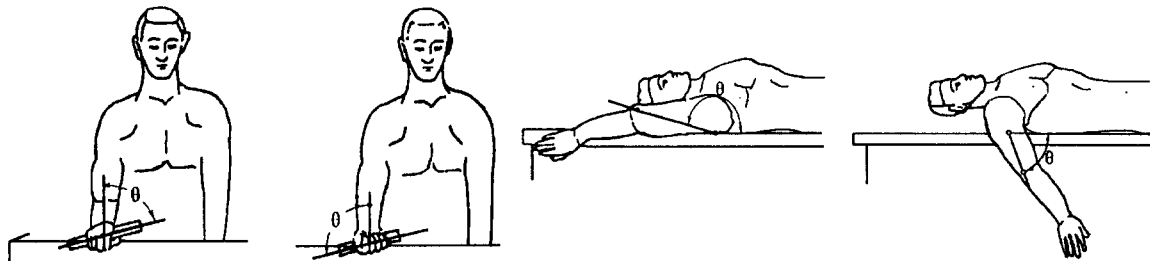


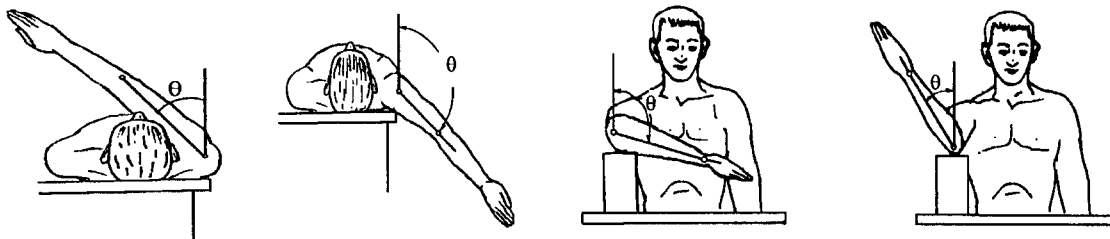
그림 2. 정적상태 측정



손목 굴곡(θ) 손목 신전(θ) 손목 내전(θ) 손목 외전(θ) 팔꿈치 굴곡(θ)



팔꿈치 회내(θ) 팔꿈치 회외(θ) 어깨 굴곡(θ) 어깨 신전(θ)



어깨 내전(θ) 어깨 외전(θ) 어깨 내선(θ) 어깨외선(θ)

그림 3. 동적 상태 측정

3. 측정결과

측정한 자료를 토대로 각 부위별 기초통계량을 평균, 표준편차, 제5, 제10, 제25, 제50, 제75, 제90, 제95 백분위수를 알아보았다. 또한 신체충실지수별로 분석하여 보았다. 그리고 측정부위간의 상관관계 및 회귀분석을 하였으며, 외국인과의 비교 및 검토를 하였다.

3.1 기초통계량 분석

측정 부위별 기초통계량은 표 2와 같다. 피측정자의 평균나이는 25.6세, 평균키는 170.7cm, 평균몸무게는 66.9kg이었다. 피측정자 팔관절의 동작범위를 5-95퍼센타일로 나타내면 손목의 굴곡각도는 73-102°, 손목 신전각도는 57-82°, 손목 내전각도는 22-39°, 손목 외전각도는 35-66°, 팔꿈치 굴곡각도는 142-158°, 팔꿈치 회내는 47-82°, 팔꿈치 회외는 111-151°, 어깨 굴곡각도는 165-192°, 어깨 외전각도는 112-146°, 어깨 내전각도는 37-63°, 어깨 외전각도는 112-146°, 어깨 내선각도는 93-118°, 어깨 외선각도는 17-44°이었다.

3.2 신체 충실지수별 분석

3.2.1 “가” 그룹 분석

신체 충실지수가 121.4 미만인 피측정자는 14명이었으며, 이들에 대한 기초통계량을 표 3에 나타내었다. 평균키는 173.4cm, 평균몸무게는 58kg, 평균팔길이는 72.3cm이었다. 다른 그룹과 50퍼센타일에서 비교하였을때 손목 굴곡은 86°, 손목 신전은 77°, 손목 외전은 49°, 팔꿈치 굴곡은 152.5°, 팔꿈치 회외는 131°로 최대이고, 손목 내전은 29.5°, 어깨 굴곡은 174.5°로 최소였다.

3.2.2 “나” 그룹 분석

신체 충실지수가 121.4-132.1인 피측정자는 12명이었으며, 이들에 대한 기초통계량은 표 4에 나타내었다. 평균키는 172.3cm, 평균몸무게는 64kg, 평균팔길이는 70.5cm이었다. 다른 그룹과 50퍼센타일에서 비교하였을때 손목 내전은 32.5°, 팔꿈치 회외는 63.5°, 어깨 내전은 51.5°로 최대이고, 손목 굴곡은 77°, 손목 신전은 72°, 어깨 외전은 26°로 최소 각도로 움직였다.

3.2.3 “다” 그룹 분석

신체 충실지수가 131.4-142.1인 피측정자는 16명이었으며, 이들에 대한 기초통계량은 표 5에 나타내었다. 평균키는 167.5cm, 평균몸무게는 64kg, 평균팔길이는 69.2cm이었다. 다른 그룹과 50퍼센타일에서 비교하였을때 어깨 신전은 62.5°, 어깨 외전은 131°, 어깨 외전은 33°로 최대이고, 팔꿈치 회외는 124°로 최소였다.

3.2.4 “라” 그룹 분석

신체 충실지수가 142.1 이상인 피측정자는 12명이었으며, 이들에 대한 기초통계량은 표 6에 나타내었다. 평균키는 171.4cm, 평균몸무게는 79.8kg, 평균팔길이는 70.6cm이었다. 다른 그룹과 50퍼센타일에서 비교하였을때 어깨 굴곡은 176.5°로 최대이고, 손목 외전은 42.5°, 팔꿈치 굴곡은 146°, 팔꿈치 회외는 60.5°, 어깨 신전은 47°, 어깨 내전은 47.5°, 어깨 외전은 121°, 어깨 내전은 98.5°로 최소를 나타내었다.

3.2 부위별 상관분석(Correlation Analysis)

표본상관계수는 표본의 크기가 n인 두 변수 x와 y 사이의 관계를 나타낸다.

x와 y의 표본상관계수(Sample Correlation Coefficient)는

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX}} \sqrt{S_{YY}}} \quad (2)$$

로 정의 된다.

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 7은 22개의 상관관계 변수, 표 8은 22개변수의 상관관계 계수표를 나타내고 있다.

측정된 22개 변수의 상관관계 계수값을 분석하면 정적상태 측정 변수간(x3-x8)의 상관관계에서 팔길이는 계수값이 0.70-0.95의 높은 값을 나타내고 있고, 동적/정적상태 측정 변수간의 상관관계는 계수값이 0.5미만의 아주 낮은 값을 보여주었다. 동적상태 값에서 가장 큰 계수값은 어깨신전(X17)과 어깨외전(X19)사이의 계수값이 0.64로 가장 크지만 상관관계가 낮음을 나타내었다. 또한 몸무게와 신체충실지수가 0.79로 상관관계가 있다는 것을 나타냈다.

3.3 선형 회귀분석

이 분석은 인과관계에 있는 독립변수와 종속변수 관계를 함수식으로 나타낸다. 즉, 하나의 종속변수(y)와 k개의 독립변수($x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$)사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다고 가정하여

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (3)$$

(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 예측할 수 있는 회귀방정식을 구하였다. 방정식은 통계 상용 프로그램인 SAS(statistical analysis system)를 이용하여 각 관절의 동작범위와 관련있는 모든 변수를 사용하여 단계별 회귀법으로 구하였다[20-24]. 단위는 각도(°)이다.

3.3.1 손목 굴곡

사용된 변수 : 나이(x3), 몸무게(x4), 키(x5), 팔길이(x7), 팔꿈치-손목길이(x9), 손목-손끝길이(x10)
 $Y = 97.05 + 0.448 \times x_3 - 0.007 \times x_4 + 0.309 \times x_5 + 0.071 \times x_7 - 2.854 \times x_9 - 0.415 \times x_{10}, R^2 = 0.109$ (4)

3.3.2 팔꿈치 굴곡

사용된 변수 : 나이(x3), 몸무게(x4), 키(x5), 팔길이(x7), 어깨-팔꿈치길이(x8), 팔꿈치-손목길이(x9), 손목-손끝길이(x10)
 $Y = 105.57 - 0.375 \times x_3 - 0.196 \times x_4 - 0.164 \times x_5 + 0.212 \times x_7 + 0.402 \times x_8 + 0.963 \times x_9 + 2.191 \times x_{10}, R^2 = 0.459$ (5)

3.3.3 어깨 내전

사용된 변수 : 나이(x3), 몸무게(x4), 키(x5), 팔길이(x7), 어깨-팔꿈치 길이(x8)
 $Y = 16.82 - 0.265 \times x_3 - 0.211 \times x_4 - 0.125 \times x_5 + 0.379 \times x_7 + 1.456 \times x_8, R^2 = 0.258$ (6)

본 연구에서 유도한 팔관절 동작범위의 회귀방정식은 선형의 상관관계가 상당히 낮기 때문에 결정계수는 0.50미만으로 추정식의 정도가 매우 낮음을 알았다. 회귀방정식 중 일부만 수록하였다.

3.4 비선형 회귀분석

비선형 회귀방정식은 다음과 같은 비선형(nonlinear)의 형태를 취한다.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \epsilon \quad (7)$$

이때 모수 $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ 에 대하여 선형의 형태로 표현되면 위의 방정식은 선형 방정식이라 할수 있다.

즉 x를 새로운 변수 x_1, x^2 을 새로운 변수 x_2 로 치환하면 위의 방정식은

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \epsilon \quad (8)$$

으로 표현된다. 그러나 아래와 같은 모형들은 순수하게 모수들의 비선형적 형태로만 표현된다.

$$y = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 x}) + \epsilon \quad (9)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 \log_e(\beta_2 x_1^{\beta_3} + (1 - \beta_2)x_2^{\beta_3}) + \epsilon \quad (10)$$

일반적으로, $y = f(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k; x_1, \dots, x_p) + \epsilon$ (11)

와 같은 방정식을 비선형 회귀 방정식이라 한다.

1) 손목 굴곡

사용변수 : 손목 굴곡(Y), 신체충실지수(x)

$$Y = -49428.4 + 1777.44 x - 25.285 x^2 + 0.178x^3 - 0.000622 x^4 + 0.00000086 x^5, R^2 = 0.16 \quad (12)$$

2) 팔꿈치 굴곡

사용변수 : 팔꿈치 굴곡(Y), 신체충실지수(x)

$$Y = -248.45 + 9.272 x + 0.0698 x^2 + 0.00017 x^3, R^2 = 0.30 \quad (13)$$

3) 어깨 외전

사용변수 : 어깨 외전(Y), 어깨-팔꿈치 길이(x)

$$Y = 136812 - 17227.9 x + 810.507 x^2 - 16.876 x^3 + 0.131 x^4, R^2 = 0.22 \quad (14)$$

신체 정적 측정치를 이용하여 각 동적 측정치의 회귀 방정식을 유도 하였다. 이들 회귀 방정식의 결정계수는 0.3 미만으로 추정식의 정도가 매우 낮음을 알았다.

3.5 외국인과의 비교 분석

본 연구결과와 미국군인 및 대학생의 팔관절 동작범위를 비교한 결과는 표 9에 나타냈다[9, 12]. 한국 대학생은 키가 158.1 - 180.4cm, 몸무게는 51.0 - 103.0 kg, 팔길이는 63.0 - 76.5 cm 범위에 있는 20대 54명이고, 외국 군인(남자 100명, Houy, 1982)은 키가 164.89 - 188.85 cm, 몸무게는 57.70 - 99.30 kg, 팔길이는 73.92 - 88.70 cm 범위에 있고 미국 대학생(남자 39명, Laubach, 1978)은 체형별로 마른 학생

10명, 중간 체격인 학생 11명, 근육형 학생 11명, 뚱뚱한 학생 7명을 측정을 하였다. 미국 대학생과 한국인 대학생은 동일한 측정방법을 적용하여 측정을 하였는데 여기에서 현저한 차이를 보이고 있는것은 손목의 신전(-25.5°), 외전(4.0°), 팔꿈치의 굴곡(+8.5°), 회내(-15.5°), 회외(+12.5°), 어깨의 굴곡(-13.0°), 외전(-6.0°), 내전(+6.5°), 외전(-5.0°)이다. 한국인은 미국인에 비해 팔꿈치-손목의 길이가 작고 손목의 굽힘, 신전, 좌우 내전, 외전이 훨씬 더 양호하다. 팔꿈치의 굴곡은 외국인에 비해 어깨-팔꿈치 길이, 근력이 작다. 이 중에서 근력이 굴곡에 더 많은 영향을 미친다는 것을 알았다. 팔꿈치의 좌우 회전 범위(약 180°)는 비슷하지만, 회내에서는 외국인에 비해 훨씬 작고, 회외는 상당히 더 크다는 것을 알수 있다. 어깨의 동작범위는 비슷하지만 어깨 굴곡은 외국인보다 유연성이 미약하다는 것을 알았다. 미국군인과는 본 연구의 측정방법이 다르기 때문에 상당한 차이를 보여주었다. 미국군인은 서있는 상태에서 다른 지지물에 구속되지 않은 상태에서 측정을 하였으므로 더 작은 값을 나타냈다.

표 2. 측정부위별 기초통계량

측정 항목	평균	표준 편차	백분위수							
			5	10	25	50	75	90	95	
1. 나이	25.57	2.87	20.0	22.0	24.0	25.0	28.0	29.0	30.0	
2. 몸무게	66.86	11.54	51.5	55.0	59.0	63.0	72.5	83.0	91.0	
3. 키	170.71	5.86	160.4	163.1	166.2	171.3	174.9	178.3	180.0	
4. 어깨 높이	138.78	5.14	131.2	132.8	135.2	138.9	141.7	146.6	147.7	
5. 팔 길이	70.44	2.96	65.0	66.6	68.2	70.6	72.7	73.5	75.8	
6. 어깨-팔꿈치길이	33.50	1.97	30.8	31.1	32.6	33.8	34.9	35.6	36.9	
7. 팔꿈치-손목길이	25.39	1.03	24.1	24.3	24.6	25.3	26.1	26.5	27.5	
8. 손목-손끝 길이	19.46	0.86	17.8	18.6	18.9	19.5	20.1	20.5	20.7	
9. 손목 굴곡	85.26	8.49	73.0	75.0	78.0	85.0	91.0	96.0	102.0	
10. 손목 신전	72.30	7.35	57.0	63.0	68.0	73.5	79.0	81.0	82.0	
11. 손목 내전	31.33	5.02	22.0	26.0	28.0	31.0	36.0	38.0	39.0	
12. 손목 외전	47.69	9.37	35.0	36.0	41.0	45.5	54.0	65.0	66.0	
13. 팔꿈치 굴곡	150.41	4.82	142.0	144.0	147.0	150.5	154.0	157.0	158.0	
14. 팔꿈치 회내	62.19	10.55	47.0	48.0	54.0	61.5	68.0	76.0	82.0	
15. 팔꿈치 회외	128.43	11.50	111.0	113.0	121.0	125.5	136.0	143.0	151.0	
16. 어깨 굴곡	176.07	7.18	165.0	169.0	172.0	175.0	180.0	186.0	192.0	
17. 어깨 신전	58.67	10.16	42.0	45.0	52.0	59.0	66.0	71.0	77.0	
18. 어깨 내전	50.11	6.75	37.0	42.0	47.0	50.5	54.0	59.0	63.0	
19. 어깨 외전	127.80	10.22	112.0	114.0	120.0	128.0	134.0	142.0	146.0	
20. 어깨 내전	103.83	7.56	93.0	95.0	98.0	103.5	109.0	114.0	118.0	
21. 어깨 외전	29.30	8.06	17.0	18.0	23.0	29.0	34.0	41.0	44.0	
22. 신체 중심지수	133.39	16.84	111.0	115.0	119.0	132.0	141.0	154.0	174.0	

표 3. “가”그룹 기초통계량

측정 항목	평균	표준 편차	백분위수							
			5	10	25	50	75	90	95	
1. 나이	25.20	2.75	20.0	20.0	24.0	25.5	28.0	28.0	29.0	
2. 몸무게	58.36	5.79	51.0	51.0	53.0	58.0	63.0	64.5	70.0	
3. 키	171.61	5.08	164.1	164.7	166.5	173.4	174.9	177.0	180.4	
4. 어깨 높이	139.50	4.05	132.8	134.6	136.5	140.0	141.2	145.4	146.8	
5. 팔 길이	71.05	2.72	65.0	67.0	68.6	72.3	72.7	73.3	73.9	
6. 어깨-팔꿈치길이	34.27	1.21	32.5	32.6	32.8	34.5	35.3	35.7	35.9	
7. 팔꿈치-손목길이	25.59	1.07	22.9	24.5	25.0	26.2	26.3	26.5	26.7	
8. 손목-손끝 길이	19.56	0.61	18.7	18.7	18.9	19.6	20.1	20.3	20.4	
9. 손목 굴곡	88.21	9.67	73.0	78.0	81.0	86.0	95.0	105.0	105.0	
10. 손목 신전	72.36	9.04	53.0	63.0	65.0	77.0	79.0	81.0	83.0	
11. 손목 내전	30.79	4.61	26.0	26.0	27.0	29.5	32.0	38.0	39.0	
12. 손목 외전	49.29	10.08	32.0	37.0	43.0	49.0	56.0	65.0	66.0	
13. 팔꿈치 굴곡	153.00	3.66	148.0	148.0	150.0	152.5	157.0	158.0	158.0	
14. 팔꿈치 회내	61.50	12.02	43.0	47.0	53.0	61.0	72.0	76.0	82.0	
15. 팔꿈치 회외	133.42	14.44	116.0	117.0	120.0	131.0	142.0	155.0	160.0	
16. 어깨 굴곡	173.21	6.77	160.0	166.0	169.0	174.5	176.0	182.0	186.0	
17. 어깨 신전	60.14	10.26	42.0	43.0	55.0	61.0	67.0	75.0	75.0	
18. 어깨 내전	52.14	7.56	37.0	46.0	50.0	51.0	54.0	61.0	70.0	
19. 어깨 외전	127.28	9.20	112.0	115.0	122.0	126.0	136.0	141.0	142.0	
20. 어깨 내전	103.29	5.76	94.0	98.0	99.0	101.5	108.0	111.0	114.0	
21. 어깨 외전	30.29	7.44	18.0	22.0	25.0	28.5	35.0	41.0	43.0	
22. 신체 중심지수	114.64	3.75	106.0	109.0	113.0	115.5	117.0	119.0	119.0	

표 4. “나”그룹 기초통계량

측정 항목	평균	표준 편차	백분위수							
			5	10	25	50	75	90	95	
1. 나이	24.75	4.05	20.0	20.0	21.5	24.5	27.5	29.0	30.0	
2. 몸무게	64.83	6.14	54.0	58.0	61.0	64.0	69.5	73.5	74.0	
3. 키	171.93	5.96	160.4	164.3	168.4	172.3	176.6	179.0	179.5	
4. 어깨 높이	138.83	5.04	131.2	135.5	136.6	139.8	143.4	147.2	147.4	
5. 팔 길이	70.93	3.20	66.2	66.9	69.0	70.5	73.0	75.8	76.5	
6. 어깨-팔꿈치길이	33.64	2.52	26.8	32.2	33.2	33.8	35.3	35.7	36.8	
7. 팔꿈치-손목길이	25.33	1.10	24.3	24.4	24.5	25.0	26.1	26.7	27.7	
8. 손목-손끝 길이	19.66	1.05	17.4	18.7	19.2	19.5	20.5	20.7	21.2	
9. 손목 굴곡	81.67	8.48	71.0	73.0	76.0	77.0	90.0	91.0	96.0	
10. 손목 신전	72.00	5.39	64.0	65.0	68.0	72.0	75.0	79.0	82.0	
11. 손목 내전	33.75	3.31	30.0	31.0	31.0	32.5	36.0	38.0	40.0	
12. 손목 외전	49.75	11.94	36.0	36.0	39.5	46.5	63.5	66.0	66.0	
13. 팔꿈치 굴곡	152.25	4.29	142.0	149.0	150.5	152.5	154.5	157.0	158.0	
14. 팔꿈치 회내	62.67	9.32	48.0	52.0	56.0	63.5	67.0	76.0	79.0	
15. 팔꿈치 회외	127.00	9.26	107.0	121.0	121.5	125.5	133.5	136.0	143.0	
16. 어깨 굴곡	175.42	6.80	165.0	169.0	171.0	175.0	178.5	180.0	192.0	
17. 어깨 신전	61.42	9.71	50.0	52.0	54.5	59.5	66.0	78.0	80.0	
18. 어깨 내전	50.75	4.88	39.0	47.0	49.0	51.5	53.5	54.0	59.0	
19. 어깨 외전	131.58	12.24	112.0	117.0	124.0	129.5	143.0	146.0	150.0	
20. 어깨 내전	107.67	8.53	97.0	97.0	101.0	108.0	113.0	118.0	124.0	
21. 어깨 외전	28.33	8.95	16.0	20.0	22.5	26.0	31.0	44.0	46.0	
22. 신체 중심지수	126.75	3.52	122.0	122.0	123.0	128.0	130.0	130.0	131.0	

표 5. “다”그룹 기초통계량

측정 항목	평균	표준 편차	백분위수							
			5	10	25	50	75	90	95	
1. 나이	25.68	2.06	22.0	23.0	25.0	25.5	27.0	28.0	30.0	
2. 몸무게	65.63	6.30	56.0	59.0	61.5	64.0	70.0	73.5	79.5	
3. 키	168.48	4.94	161.1	161.2	165.2	167.5	171.5	174.5	178.3	
4. 어깨 높이	136.98	4.79	132.2	132.2	133.2	135.3	139.3	142.1	149.8	
5. 팔 길이	69.73	2.32	66.5	66.6	68.0	69.2	71.9	73.1	73.5	
6. 어깨-팔꿈치길이	32.73	2.01	26.5	30.8	32.0	33.6	34.1	34.3	34.4	
7. 팔꿈치-손목길이	25.06	0.68	24.1	24.2	24.5	25.0	25.6	26.1	26.1	
8. 손목-손끝 길이	19.39	0.61	18.5	18.6	18.8	19.5	20.1	20.1	20.1	
9. 손목 굴곡	83.94	7.02	75.0	75.0	78.0	83.0	89.0	94.0	99.0	
10. 손목 신전	72.25	8.13	55.0	57.0	68.0	73.5	79.5	82.0	82.0	
11. 손목 내전	30.25	5.99	19.0	21.0	27.0	30.0	35.0	38.0	39.0	
12. 손목 외전	46.94	8.76	35.0	35.0	41.5	45.0	52.5	61.0	66.0	
13. 팔꿈치 굴곡	149.56	4.77	142.0	144.0	146.0	148.5	153.0	157.0	158.0	
14. 팔꿈치 회내	63.94	11.01	43.0	54.0	58.5	61.5	68.5	84.0	87.0	
15. 팔꿈치 회외	126.75	8.47	113.0	118.0	121.5	124.0	134.0	138.0	144.0	
16. 어깨 굴곡	177.81	7.05	169.0	171.0	173.5	175.0	181.0	192.0	194.0	
17. 어깨 신전	61.00	7.24	46.0	52.0	54.5	62.5	67.5	70.0	70.0	
18. 어깨 내전	50.81	7.09	42.0	42.0	45.0	50.0	54.5	63.0	64.0	
19. 어깨 외전	130.50	8.90	113.0	114.0	128.5	131.0	134.5	143.0	144.0	
20. 어깨 내전	103.81	8.19	93.0	93.0	97.0	104.0	107.5	116.0	121.0	
21. 어깨 외전	30.63	8.66	14.0	18.0	23.5	33.0	37.0	40.0	46.0	
22. 신체 중심지수	136.44	3.44	132.0	132.0	133.0	136.0	140.0	141.0	142.0	

표 6. “라”그룹 기초통계량

측정 항목	평균	표준 편차	백분위수							
			5	10	25	50	75	90	95	
1. 나이	26.67	2.50	23.0	23.0	25.0	27.0	29.0	30.0	30.0	
2. 몸무게	80.46	14.48	58.0	60.0	72.0	79.8	90.5	102.0	103.0	
3. 키	171.40	7.46	158.1	158.3	168.3	171.4	177.6	180.0	180.1	
4. 어깨 높이	139.39	6.61	127.1	128.2	137.1	139.9	144.2	147.7	148.1	
5. 팔 길이	70.16	3.77	63.0	64.8	67.7	70.6	72.9	73.4	75.9	
6. 어깨-팔꿈치길이	33.48	1.89	30.8	30.9	31.7	33.6	35.2	35.3	36.3	
7. 팔꿈치-손목길이	25.65	1.27	23.4	24.7	25.1	25.4	26.2	27.5	28.2	
8. 손목-손끝 길이	19.24	1.17	16.8	17.8	18.6	19.4	19.9	20.6	21.0	
9. 손목 굴곡	87.17	8.11	72.0	79.0	82.5	86.0	92.5	97.0	102.0	
10. 손목 신전	72.58	6.68	59.0	63.0	69.0	74.5	77.5	79.0	81.0	
11. 손목 내전	31.00	5.29	22.0	26.0	26.0	31.5	35.5	37.0	38.0	
12. 손목 외전	44.75	6.17	36.0	38.0	41.0	42.5	52.0	53.0	53.0	
13. 팔꿈치 굴곡	146.67	4.27	139.0	143.0	144.0	146.0	149.0	152.0	155.0	
14. 팔꿈치 회내	60.17	10.21	47.0	48.0	49.5	60.5	67.5	74.0	76.0	
15. 팔꿈치 회외	126.25	12.83	111.0	111.0	113.0	126.0	139.0	142.0	144.0	
16. 어깨 굴곡	177.75	7.85	164.0	170.0	173.0	176.5	181.5	188.0	193.0	
17. 어깨 신전	51.08	11.22	39.0	42.0	44.5	47.0	56.0	66.0	77.0	
18. 어깨 내전	46.17	5.94	37.0	37.0	41.0	47.5	51.0	52.0	54.0	
19. 어깨 외전	121.00	8.29	108.0	110.0	115.5	121.0	127.5	132.0	133.0	
20. 어깨 내전	100.67	7.55	92.0	93.0	96.0	98.5	105.5	110.0	111.0	
21. 어깨 외전	27.33	7.48	17.0	18.0	20.0	28.5	32.0	34.0	42.0	
22. 신체 충실 지수	157.83	12.70	146.0	146.0	148.0	152.5	160.0	176.0	181.0	

표 7. 상관관계 변수명

변수	변수명	변수	변수명
X 1	나이	X12	손목 외전
X 2	몸무게	X13	팔꿈치 굴곡
X 3	키	X14	팔꿈치 회내
X 4	어깨 높이	X15	팔꿈치 회외
X 5	팔 길이	X16	어깨 굴곡
X 6	어깨-팔꿈치 길이	X17	어깨 신전
X 7	팔꿈치-손목 길이	X18	어깨 내전
X 8	손목-손끝 길이	X19	어깨 외전
X 9	손목 굴곡	X20	어깨 내전
X10	손목 신전	X21	어깨 외전
X11	손목 내전	X22	신체 충실 지수

표 8. 측정부위별 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
X 1	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	0.15	-0.02	-0.14	-0.14	-0.06	-0.13	-0.09	0.07
X 2	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	0.09
X 3	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
X 4	0.08	0.64	0.95	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
X 5	0.06	0.45	0.78	0.80	1	0.73	0.63	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	-0.02	-0.03
X 6	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
X 7	-0.08	0.49	0.64	0.65	0.63	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
X 8	0.11	0.39	0.70	0.68	0.76	0.67	0.63	1	-0.06	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
X 9	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	0.54	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	0.09	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 9. 한국인과 외국인의 팔 관절 동작범위 비교

관 절	동작 종류	퍼센 타일	한국 대학생	미국 군인[12]	미국 대학생[9]	관 절	동작종류	퍼센 타일	한국 대학생	미국 군인[12]	미국 대학생[9]
손 목 (wrist)	flexion	5 %	73.0	50.5	70.0	어 깨 (shoulder)	flexion	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
	extension	5 %	57.0	47.0	78.0		extention	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
	adduction	5 %	35.0	22.0	35.0		adduction	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
	abduction	5 %	22.0	14.0	12.0		abduction	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 (elbow)	flexion	5 %	142.0	122.5	126.0	어 깨 (shoulder)	medial roatation	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
	pronation	5 %	47.0	42.5	37.0		rateraal roatation	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	56.0
	supination	5 %	111.0	86.0	77.0						
		50 %	125.5	107.5	113.0						
		95 %	151.0	135.0	149.0						

4. 결론

본 연구는 신체적, 정신적으로 거의 성숙한 남자 대학생 54명의 각 부위별 인체 치수와 팔 관절의 동작범위 측정 결과를 다음과 같이 요약 할 수 있다.

- (1) 한국 남자 대학생 54명 키는 158.1-180.4cm, 몸무게는 51.0-103.0 kg, 팔길이는 63.0-76.5 cm, 어깨-팔꿈치 길이는 63.0-76.5 cm, 팔꿈치-손목 길이는 63.0-76.5 cm이었다.
- (2) 신체중실지수별 50퍼센타일에서 신체중실지수가 “가”그룹인 피측정자는 손목 굴곡, 신전, 외전, 팔꿈치 굴곡, 회외가 최대이고, 손목 내전, 어깨 굴곡은 최소이다. “나”그룹인 피측정자는 손목 내전, 팔꿈치 회내, 어깨 내전이 최대이고, 손목 굴곡, 신전, 어깨 외전이 최소이다. “다”그룹인 피측정자는 어깨 신전, 외전, 외전이 최대이고, 팔꿈치 회외는 최소이다. “라”그룹의 피측정자는 어깨 굴곡이 최대이고, 손목 외전, 팔꿈치 굴곡, 회내, 어깨 신전, 내전, 외전, 내전이 최소이다.
- (3) 각 부위별 상관관계는 정적 측정 변수 사이에는 0.70-0.95의 비교적 높은 상관계수를 가진다. 그러나 동적 측정 변수간에는 0.4 미만의 아주 낮은 상관계수를 가졌다. 정적측정변수와 동적측정변수의 상관관계는 0.6 미만이었다.
- (4) 선형 회귀방정식의 결정계수는 0.50미만이고, 비선형회귀방정식의 결정계수는 0.30으로 추정식의 정도가 상당히 낮음을 알았다.
- (5) 외국인과 비교에서는 외국인에 비해 손목의 유연성은 양호하고 팔꿈치의 굴곡 및 회전범위는 비슷하다. 또한 어깨의 동작범위는 비슷하나 굴곡의 유연성이 약간 미약하다는 것을 알았다.

본 연구에서 보다 정확한 값을 얻기 위해서는 더 많은 피측정자를 대상으로 측정하고 측정장비를 보완하면 더 정확한 값을 얻을 수 있다. 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 될것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1]. The U.S. Army Human Engineering Laboratory , “Military Standardization Handbook, Human Factors Engineering Design for Army Material”, pp. 148-153, 1975
- [2]. Johannes, W.R., and Chihiro Yokochi, “Color Atlas of Anatomy”, Igagushin, 1983
- [3]. 송기택 역, “Wirhed, R. : 움직일때 변화하는 동작, 해부학”, 형설출판사, 1994
- [4]. 허동국, “설계자를 위한 인체 동작 치수 도집”, 기문당, pp. 66-103, 1994
- [5]. 김철중 외???명, “인체의 간접 측정 기술 개발 연구”, 과학기술처, 1988
- [6]. 김철중 외5명, “인체의 간접 측정기술 개발 연구(2차년도)”, KSRI-89-101-IR, 과학기술처, 1989
- [7]. 조암, “도해 에르고노믹스”, 한국공업표준협회, pp. 270-285, 1990
- [8]. 한석우, “디자이너를 위한 인간공학”, 조형사, 1994
- [9]. Chaffin, .D.B., and Andersson, G.B., “Occupational Biomechanics”, John Wiley & Sons, 1984
- [10]. Weimer, J., “Handbook of Ergonomic and Human Factors Tables”, Prentice-Hall, pp. 73-76, 1993
- [11]. Pheasant, S., “Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design”, Taylor & Francis, 1988.
- [12]. Kroemer, K.H.E., Kroemer, H.B., and Kroemer-Elbert K.E., “Ergonomics How to Design for Ease and Efficiency”, Prentice-Hall, pp. 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, 제18권, 제7호, pp. 1952-1966, 1994
- [18]. 윤남식, “한국인의 체위”, 이화 여자대학교 출판부, 1987
- [19]. 예종이, “생체역학”, 형설출판사, pp. 27-46, 1988
- [20]. 조암, “인간공학 실험”, 연원출판사, pp. 478-493, 1988
- [21]. 김기영, “SAS 입문 및 기초통계 처리”, 자유아카데미, 1993
- [22]. 허명희 외 3인, “PC를 위한 SAS 가이드”, 자유아카데미, 1992
- [23]. 허명희, “SAS 회귀분석”, 자유 아카데미, 1991
- [24]. 구자홍 외 4인, “통계학”, 자유아카데미, 1992