*Journal of the Ergonomics Society of Korea*
Vol. 28, No. 3 pp.125-134, August 2009 

# 우리나라 청년층의 어깨 및 상지관절을 이용한 근력 측정

윤 훈 용 · 김 은 식

동아대학교 산업경영공학과

# Muscle Strength Measurement using Shoulder and Upper Joint for Korean Young-aged

Hoon-Yong Yoon, Eun-Sik Kim

Department of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714

**ABSTRACT**

The muscle strengths in various postures are used in our daily life with or without our recognition. Also, many works are still performed with strengths, although mechanization and automation have been fairly accomplished at the industry site. Since the late seventies, various body measurements have been conducted periodically in Korea, however, muscle strengths have not been measured actively. For this reason, the muscle strength data have been hardly accumulated. The aims of this study are to learn more about the physical strength of young-aged Koreans and to provide basic information for designing equipments, tools and facilities in the work site and daily life. The muscle strengths that are related to shoulder and upper limbs joints, which are used frequently, are measured in this study. Eighteen muscle strengths, from seven different movements such as elbow flexion, elbow extension, shoulder abduction(seated), shoulder adduction(seated), shoulder rotation(internal and external), lifting a tray, and turning a key(inward and outward) were measured. For every movement, the muscle strengths for both hands were measured. In each measurement, five seconds averaged value and peak value were collected. Comparing the average value, the strength of shoulder adduction was the strongest for male and female, while strength of turning a key inward with left hand was the weakest for male and female. Strengths of preferred hand in elbow extension, shoulder abduction, shoulder external rotation, lifting a tray, and turning a key were stronger than those of non-preferred hand for both male and female. Rohrer's index considerably had an effect on muscle strength. The results of this study can provide some basic information not only in designing the equipment and facilities in work site or daily life, but also in selection, training and management of workers.

Keyword: Isometric Strength, Rohrer's index, Shoulder joint, Upper joint, Young-aged

*본 논문은 2006년도 동아대학교 학술연구비(공모과제)지원에 의해 연구되었음.
교신저자: 윤훈용
주 소: 604-714 부산광역시 사하구 하단동 840, 전화: 051-200-7691, E-mail: yhyoon@dau.ac.kr

# 1. 서 론

현대 산업현장 및 서비스 업종에서 대부분의 작업들이 기계화 및 자동화로 인하여 작업 특성이 조직적이거나 반복적인 특성을 가진 소품종 대량생산체제의 작업들은 기계로 대체되었지만, 여전히 작업공간이 협소하거나 비반복적인 특성을 가진 많은 산업 부문에서는 인간의 근력을 이용하여 직접 기계나 설비를 작동하는 것이 현실이며, 일상적인 생활에서도 우리가 인식하지 못하는 사이에 다양한 종류의 근력을 사용하는 경우를 많이 접할 수 있다.

인간의 근력은 음식, 글리코겐, 지방, 탄수화물, 물 등에서 얻어진 화학 에너지가 기계적 운동 에너지로 변화하는 것으로 정의될 수 있으며(Damon et al., 1971), 신체능력의 주된 척도로서 정적 근력(Static strength)과 동적 근력(Dynamic strength)으로 나누어 볼 수 있다. 정적 근력은 근육의 수축 및 이완작용 없이 근육의 힘을 자발적으로 발휘할 때의 최대 근력이며, 등척성 근육(Isometric strength) 활동을 최대로 발휘함으로써 비트는 힘 또는 완력을 산출하는 능력이라고 정의할 수 있다(Chaffin, 1975). 동적 근력은 근육의 수축 및 이완작업에 의해 근육의 힘을 자발적으로 발휘할 때의 최대 근력을 말하며, 등장성 근력(Isotonic strength), 등가속 근력(Isokinetic strength), 등관성 근력(Isoinertial strength)으로 나뉜다. 등장성 근력(Isotonic strength)은 근육이 일정한 힘에 반하여 수축하는 것으로서 근육의 긴장도가 전 동작을 통해 일정하게 유지되는 상태에서의 힘이고 등가속 근력(Isokinetic strength)은 근육이 일정한 속도로 수축하는 것으로서 동작에 관련된 신체 부분이 일정한 속도로 수축할 때의 근력을 말한다. 등관성 근력(Isoinertial strength)은 인간이 어느 일정한 구간을 자신이 정한 자유로운 속도에 의해 취급할 수 있는 최대 무게를 측정하여 초기 정적 저항을 극복하는 능력을 보여주는 근력을 말한다.

인체 측정 자료는 인간이 사용하는 모든 제품이나 시설물의 설계에 있어 기초자료로 활용되고 있으며, 우리나라의 경우 한국과학기술연구소에서 국민체위조사를 수행해 의류, 신발, 교구류 등의 공상품의 규격화 자료를 제공하였으며(1980), 1986년에는 한국표준연구소에서 마틴식 측정기를 이용한 직접계측방법에 의한 80개 측정 항목을 대상으로 제2차 국민체위조사를 수행하였다. 그 후 최근까지(2004) 주기적으로 한국인의 인체치수에 대한 전면적인 측정조사를 실시하여 다양한 부위의 인체 측정이 행하여 지고 있으며 또한, 자료도 어느 정도 축적이 되어가고 있다. 하지만, 근력의 경우 전 산업의 작업인력의 활용뿐만 아니라 근골격계 질환자의 예방 및 관리에 기초자료로 필수적인 정보임에도 불구하고 일부 항목에 대한 소수 집단을 대상으로 측정한 결과만 발표되어 있는 실정이며, 측정 방법 및 측정도구로 인한 큰 편차를 보이고 있어 우리나라의 경우 이를 제대로 활용할 수 없는 실정이다.

근력 측정은 작업자의 근력관련 능력을 나타내는 척도로 작업자 선별에 필수적인 부분으로 광범위하게 적용되고 있으며, 외국의 경우 많은 연구가 이루어졌다(Kraus, 1967; Koyl and Hanson, 1969; Rowe, 1969, 1971, 1983; Chaffin et al., 1977; Pytel and Kamon, 1981; Kamon et al., 1982; Mital and Manivasagan, 1984; Mital et al., 1986). 국내에서의 근력 측정에 관한 연구는 한국 청년의 쥐는 힘, 당기는 힘, 미는 힘, 비트는 힘 등의 주로 팔에 관련된 힘을 측정하고 표본상관계수를 이용하여 인체부위와 근력, 근력간의 관계를 분석하였고(김진수, 1990), 한국 근로자의 팔 근력, 몸통 근력, 다리 근력을 측정하여 근력 측정치와 이에 영향을 줄 수 있는 요소(성별, 신장, 체중, 연령)들간의 관계를 제시하였다(정민근, 1992). 한 손 들기 작업과 양 손 들기 작업에 대한 정적 근력을 측정하여 비교 분석하여 들기 작업 시 시점과 종점에 따른 정적 근력의 차이를 알아보는 등의 연구가 이루어 졌으며(김홍기, 2007), 2007년에는 산업자원부 기술 표준원에서 한국인에 대한 근력측정조사사업을 수행하여 기본적인 인체치수와 더불어 신체적 조건에 맞추어 제품을 설계하기 위한 80자세의 근력을 측정하였다(산업자원부 기술 표준원, 2007).

현재까지 국내에서 근력에 관한 연구는 외국에 비해 그리 활발하게 이루어지지 않아 근력에 관한 연구 및 한국인에 대한 근력의 정보가 미비한 실정이다. 이로 인해 한국의 많은 설계자, 기술자들은 미국, 유럽, 일본 등에서 얻은 데이터를 사용하여 산업설비 및 기계적 보조장치를 제작하고 있는 실정이며, 이에 한국인의 근력 특성을 고려하지 않은 장비들은 한국인의 기능에 적합하지 않고 과도한 힘을 유발하는 요인으로서 많은 부작용을 낳고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 2007년 산업자원부 기술 표준원에 의해 측정된 80자세의 근력을 제외한 작업현장 및 일상 생활에서 많이 사용되고 있는 어깨 및 상지관절을 이용한 18가지 자세에 대한 근력을 측정 및 분석하고자 하였으며, 신체충실지수와 근력과의 관계에 대해 알아보고자 한다.

# 2. 연구 방법

## 2.1 측정대상

본 연구에서는 20대의 남, 여를 대상으로 각각 116명과 113명에 대해 측정을 실시하였다. 측정대상 선정 시 측정자

의 성별, 연령을 고려하였으며, 사전에 피 측정자의 요건을 설명하였으며, 이에 적합한 사람인지를 확인하였고, 전문적인 운동 선수들은 제외하였다.

본 연구에 참여한 피 측정자들의 신체적 조건은 <표 1>과 같다.

**표 1.** 피 측정자의 신체적 조건

| 성별 | 평균연령 (세) | 평균신장 (cm) | 평균체중 (kg) |
|---|---|---|---|
| 남 | 23.76±2.40 | 175.76±5.71 | 72.17±12.60 |
| 여 | 22.13±2.88 | 161.76±4.57 | 50.93±4.68 |

## 2.2 측정 장비

본 측정에 사용된 측정도구는 체중계와 마틴식 측정자, PRIMUS를 사용하였다. 기본 조사 항목을 측정하기 위한 도구로는 체중계와 마틴식 측정자를 사용하였으며, 근력 측정 항목을 측정하기 위한 도구로는 근력측정시스템으로써 미국 BTE사의 PRIMUS이며 <그림 1>과 같다. 이 기기는 본래 작업자의 재활(Rehabilitation)을 돕기 위하여 개발된 장비로써 들어 올리기(Lifting), 밀기(Pushing) 및 당기기(Pulling) 등의 다양한 동작을 정적 근력과 동적 근력에 대해 측정할 수 있는 장비이다. 본 실험에서는 들어 올리는 동작, 내리는 동작, 돌리는 동작, 비트는 동작 등의 18가지 동작에 대한 근력을 측정하는데 사용하였다.

**그림 1.** 근력측정시스템(BTE, PRIMUS)

## 2.3 측정 절차 및 방법

피 측정자는 6인이 한 조의 그룹으로 남·여 구분 없이 구성되었으며, 측정의 절차는 측정에 앞서 각 신체부위의 스트레칭을 실시하도록 하였고, 각자 개인 신상정보를 측정 용지에 기록하도록 하였다. 그리고 각 근력 항목의 측정은 실제 측정에 앞서 측정자세, 방향, 방법을 동작으로 보여주고 예비 측정을 실시하여 피 측정자들이 측정 장비에 충분히 익숙해 질 수 있는 시간을 가진 후(familiarization session), 하나의 항목에 대하여 참여한 모든 피 측정자들을 순서대로 측정을 실시하였다.

측정 시마다 측정높이를 피 측정자의 측정부위높이에 맞추어 측정을 실시하였다. 그리고 반복되는 측정에 의한 피 측정자들의 피로를 줄이기 위해 2분 정도의 휴식시간을 부여하였으며, 측정 시 이상치가 발생하였을 경우 측정 종료 후 해당 피 측정자와 해당 측정 항목만 재 측정을 하였다.

### 2.3.1 기본 조사 항목

기본 조사 항목으로는 주 사용 손(Preferred hand), 성명, 성별, 생년월일, 연령, 거주지, 혼인여부, 운동상태, 병력 등의 12개의 항목이다. 주 사용 손(Preferred hand) 항목은 오른손과 왼손으로 구분하였으며, 생년월일은 주민등록증 및 운전면허증의 기록에 의거 하였다. 연령 항목은 생년월일과 측정날짜를 기준으로 한 연령환산프로그램을 활용하였으며, 운동상태는 상, 중, 하로 나누어 주 4회 이상 정기적으로 운동은 상, 주 2~3회 운동은 중, 주 1회 이하의 운동은 하로 구분하였다. 병력 항목은 현재까지 특정한 질병으로 입원 혹은 수술을 받은 내용을 기록하였다.

### 2.3.2 기본 측정 항목

기본 측정 항목은 총 8가지로써 몸무게, 키, 뻗은 주먹높이, 가슴높이, 허리높이, 앉은 뻗은 주먹높이, 앉은 구부린 주먹높이, 주먹너비이다.

몸무게, 키, 주먹너비의 경우 한국인 인체치수조사사업과 동일한 방법으로 측정하였으며, 뻗은 주먹높이, 가슴높이, 허리높이의 경우 각 생산현장 및 일상 생활에서의 활용을 중심으로 측정값을 도출하기 위해 한국인 인체치수조사사업의 측정 방법과는 다르게 신발을 착용한 상태에서 측정하였으며, 앉은 뻗은 주먹높이, 앉은 구부린 주먹높이의 경우 피 측정자가 측정 시 사용된 47cm 높이의 의자에 앉은 상태에서 측정하였다.

기본 측정 항목의 목적은 첫째, 각 생산현장 및 일상 생활에서의 활용을 중심으로 측정값을 도출하기 위해 개인의 신체사이즈를 측정하여 이를 측정 장비의 높이 조절에 활용하고자 하는데 있으며 둘째, 개인의 신체조건과 근력의 상관성을 알아보고자 하는데 있다.

### 2.3.3 근력 측정 항목

본 연구에서의 근력 측정 항목은 선 자세 14자세와 앉은 자세 4가지로 총 18가지 자세의 근력에 대해 측정하였으며, 측정 순서는 오른팔, 왼팔 순으로 번갈아 측정하도록 하였

다. 또한 반복되는 측정에 있어서 피 측정자의 근육 회복시간을 고려하여 사용한 근육은 휴식을 갖도록 하였는데 이에 대한 연구 결과로는 측정횟수가 15회 정도 일 때 2분 정도의 휴식시간을 갖는 것이 좋은 것으로 나타나 각 항목 측정 후 적어도 2분 이상의 휴식시간을 가질 수 있도록 측정하였다(Chaffin, 1975).

측정 항목은 들어 올리는 동작, 내리는 동작, 돌리는 동작, 비트는 동작 등의 18자세이며, 근력 측정 항목 및 측정 방법은 <표 2>와 같다.

**표 2.** 측정 항목 및 측정자세

| 근육 측정 항목 | 측정자세 |
|---|---|
| 오른팔 들어 올리는 동작 (선 자세/오른팔) | 피 측정자는 뒤돌아 양 발을 어깨너비로 벌리고 서서 패드를 부착한 오른팔(왼팔)을 편 상태에서 수평 위(아래) 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 팔을 올(내)린다. 이 때 상체를 좌로 제쳐 체중이 실리지 않도록 상체를 곧은 자세를 유지한다. |
| 왼팔 들어 올리는 동작 (선 자세/왼팔) | |
| 오른팔 내리는 동작 (선 자세/오른팔) | |
| 왼팔 내리는 동작 (선 자세/왼팔) | |
| 오른쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 (앉은 자세/오른팔) | 피 측정자는 앉은 자세에서 오른쪽(왼쪽) 위팔은 45도, 팔꿈치 각도는 90도로 유지하고 어깨높이의 오른손(왼손) 정면에 놓인 grip을 쥐고 5초 이상 최대한의 근력을 발휘하여 시계(반시계) 방향으로 회전 시킨다. 이 때 피 측정자는 허리를 곧게 펴고 등을 뒤로 기대지 않고 상체를 움직이지 않는다. |
| 왼쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 (앉은 자세/왼팔) | |
| 오른쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 (앉은 자세/오른팔) | |
| 왼쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 (앉은 자세/왼팔) | |
| 팔꿈치 굽히는 힘 (선 자세/오른팔) | 피 측정자는 측면방향으로 양 발을 어깨너비로 벌리고 서서 오른쪽(왼쪽) 위팔을 수직으로 내리고 팔꿈치는 90도로 구부린 상태에서 오른손(왼손) 주먹높이의 정면에 놓인 손잡이를 오른팔(왼팔)과 손을 중립자세로 하여 손바닥이 위를 향하게 움켜쥐고 수직 위(아래) 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 올린다(내린다). |
| 팔꿈치 굽히는 동작 (선 자세/왼팔) | |
| 팔꿈치 펴는 동작 (선 자세/오른팔) | |
| 팔꿈치 펴는 동작 (선 자세/왼팔) | |
| 오른팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 (선 자세/오른팔) | 피 측정자는 양 발을 어깨너비로 벌리고 서서 오른쪽(왼쪽) 위팔을 수직으로 내리고 팔꿈치를 90도로 굽힌 상태에서 오른손(왼손) 주먹높이의 정면에 있는 key를 오른손으로 쥐고 상체를 움직이지 않고 (반)시계방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 돌린다. |
| 왼팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 (선 자세/왼팔) | |
| 오른팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 (선 자세/오른팔) | |
| 왼팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 (선 자세/왼팔) | |
| 오른팔 쟁반 올리는 동작 (선 자세/오른팔) | 피 측정자는 측면방향으로 양 발을 어깨너비로 벌리고 서서 오른쪽(왼쪽) 팔로 쟁반을 바치는 자세를 취한 후 수직 위 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 쟁반을 수직방향 위로 올린다. 이 때 상체를 뒤로 제쳐 체중이 실리지 않도록 상체는 곧은 자세를 유지한다. |
| 왼팔 쟁반 올리는 동작 (선 자세/왼팔) | |

## 3. 결 과

본 연구에서는 20대의 남성 및 여성을 대상으로 각각 116명과 113명을 측정하였으나, 측정 내용의 특성상 신뢰성 있는 데이터를 확보하기 위하여 모든 피 실험자의 근력 측정을 완료한 후에 각 근력 항목의 평균치 및 최고치에 대한 상자 그림(Box plot)을 통해 이상치를 나타내는 데이터들을 확인한 후 결측치로 처리하였으며, 이상 데이터가 다수 발견된 피실험자는 분석에서 제외하고 남, 여 각각 90명, 총 180명에 대해 SAS 9.1을 사용하여 분석하였다.

### 3.1 기본 측정 항목 결과

측정에 동원된 피 측정자들의 기본 측정 항목 결과는 <표 3>과 같으며, 피 측정자의 키와 몸무게의 경우 산업자원부

**표 3.** 피 측정자의 기본 측정 항목 결과

| 측정 항목 | 성별 | 평균±표준편차 |
|---|---|---|
| 몸무게 (kg) | 남 | 72.17±12.60 |
| | 여 | 50.93±4.68 |
| 키 (cm) | 남 | 175.76±5.71 |
| | 여 | 161.76±4.57 |
| 뻗은 주먹높이 (cm) | 남 | 144.22±6.71 |
| | 여 | 130.75±5.36 |
| 가슴높이 (cm) | 남 | 136.67±6.71 |
| | 여 | 125.42±4.76 |
| 구부린 주먹높이 (cm) | 남 | 114.13±12.02 |
| | 여 | 105.52±5.31 |
| 허리높이(cm) | 남 | 109.75±10.07 |
| | 여 | 101.57±4.30 |
| 앉은 뻗은 주먹높이 (cm) | 남 | 100.60±5.76 |
| | 여 | 94.19±3.65 |
| 앉은 구부린 주먹높이 (cm) | 남 | 73.61±4.39 |
| | 여 | 70.69±3.95 |
| 주먹너비 (cm) | 남 | 8.33±0.60 |
| | 여 | 7.04±0.67 |

기술 표준원(2004)에서 실시한 한국인 인체치수조사사업 보고서 자료의 평균치와 비교하였을 때 연령대 구분의 차이로 인한 정확한 비교를 하기는 어려우나 큰 차이가 없었다. 뻗은 주먹높이, 가슴높이, 허리높이, 앉은 뻗은 주먹높이, 앉은 구부린 주먹높이, 주먹너비 등의 데이터는 피 측정자의 일상 생활에서의 활용을 중심으로 측정값을 도출하기 위해 인체치수조사사업과 다르게 신발을 착용한 상태에서의 선 자세와 47cm 높이의 의자에 앉은 상태에서의 측정값들이므로, 피 측정자들의 인체치수를 의미하는 것이 아니라 단순한 측정높이를 의미하는 것으로 해석되어 져야 한다.

**표 4.** 성별에 따른 근력 측정 결과

| 단위: N<br>( ): 표준편차 | 성별 | Average | Peak |
|---|---|---|---|
| 오른팔 팔꿈치 굽히는 동작 | 남 | 297.11(74.76) | 329.83(76.74) |
| | 여 | 114.3(29.79) | 133.13(28.97) |
| 왼팔 팔꿈치 굽히는 동작 | 남 | 290.47(75.10) | 319.06(78.46) |
| | 여 | 118.03(32.23) | 135.02(32.98) |
| 오른팔 팔꿈치 펴는 동작 | 남 | 245.58(57.03) | 271.16(59.69) |
| | 여 | 117.94(23.04) | 132.62(24.02) |
| 왼팔 팔꿈치 펴는 동작 | 남 | 235.75(54.89) | 267.40(66.84) |
| | 여 | 115.96(28.63) | 130.37(31.30) |
| 오른팔 들어 올리는 동작 | 남 | 207.08(62.80) | 237.29(69.49) |
| | 여 | 81.32(23.67) | 95.667(23.82) |
| 왼팔 들어 올리는 동작 | 남 | 194.23(58.99) | 222.81(63.76) |
| | 여 | 78.47(21.69) | 94.03(23.86) |
| 오른팔 내리는 동작 | 남 | 311.9(95.18) | 348.48(102.79) |
| | 여 | 136.61(44.16) | 155.85(45.25) |
| 왼팔 내리는 동작 | 남 | 311.34(92.60) | 357.25(109.24) |
| | 여 | 132.32(37.49) | 152.25(39.84) |
| 오른쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 | 남 | 232.18(62.14) | 260.49(66.62) |
| | 여 | 108.71(29.46) | 122.39(31.09) |
| 왼쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 | 남 | 226.14(64.93) | 252.65(66.63) |
| | 여 | 106.94(33.34) | 122.86(38.14) |
| 오른쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 남 | 184.87(49.25) | 204.67(50.95) |
| | 여 | 77.76(28.20) | 90.91(28.53) |
| 왼쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 남 | 173.93(43.28) | 195.06(43.93) |
| | 여 | 74.53(25.75) | 87.20(28.39) |
| 오른팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 | 남 | 119.89(40.82) | 142.36(45.92) |
| | 여 | 71.15(24.63) | 85.28(27.46) |
| 왼팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 | 남 | 105.96(37.32) | 127.91(44.34) |
| | 여 | 57.82(23.36) | 70.43(24.58) |
| 오른팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 | 남 | 128.80(45.28) | 149.84(53.16) |
| | 여 | 71.90(25.96) | 85.09(27.39) |
| 왼팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 | 남 | 117.82(36.10) | 140.51(40.62) |
| | 여 | 73.23(21.23) | 85.79(23.23) |
| 오른팔 쟁반 올리는 동작 | 남 | 236.02(102.91) | 266.23(111.99) |
| | 여 | 78.25(48.82) | 92.84(52.61) |
| 왼팔 쟁반 올리는 동작 | 남 | 217.97(96.73) | 246.82(107.30) |
| | 여 | 72.09(42.34) | 85.45(45.04) |

## 3.2 근력 측정 항목 결과

### 3.2.1 성별에 따른 근력 측정 결과

성별에 따른 근력 측정 항목의 결과는 <표 4>와 같다. 평균치(Average)는 최대 근력 각각 5초간의 평균치를 말하며, 최대치(Peak)는 5초 동안의 최대치를 의미한다.

평균치를 기준으로 남자의 경우 근력의 크기가 팔 내리는 동작, 팔꿈치 굽히는 동작, 팔꿈치 펴는 동작, 쟁반 올리는 동작, 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작, 팔 들어 올리는 동작, 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작, 반 시계방향으로 키 돌리는 동작, 시계방향으로 키 돌리는 동작 등의 순으로 나타났고, 여자의 경우 팔 내리는 동작, 팔꿈치 펴는 동작, 팔꿈치 굽히는 동작, 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작, 팔 들어 올리는 동작, 쟁반 올리는 동작, 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작, 반 시계방향으로 키 돌리는 동작, 시계방향으로 키 돌리는 동작 등의 순으로 나타났다. 또한, 각 근력 항목에 대해 평균치와 최고치를 비교한 결과 모든 항목에서의 근력 평균치가 최대치에 비해 85~90% 정도로 나타났다.

### 3.2.2 성별에 따른 근력 비교

각 근력의 평균치 측정 항목을 성별에 대해서 t-Test를 사용하여 분석하였으며, 결과는 <표 5>와 같이 성별에 대해 18가지 모든 근력 측정 항목이 유의한 차이를 보였다 ($p$<0.0001). 따라서 모든 근력 측정 항목에 대하여 남, 여간에 차이가 있다고 말 할 수 있다. 성별에 따른 근력 측정 관련 연구에 의하면 들기 관련 근력의 경우 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 60~76% 정도로 나타났고(Asmussen and Heeboll-Nielsen, 1961, 1962; Troup and Chapman, 1969; Chaffin, 1974;, Snook and Ciriello, 1974; Petrofsky and Lind, 1975; Ayoub et al., 1978; Mital et al., 1978; Snook, 1978a, b; Pheasant and Grieve, 1981; Mital, 1984a, b), 그 외 근력의 경우 여성의 근력이 남성의 근력의 경우 33~86% 정도로 나타났다(Nordgren, 1972; Mortimer, 1974; Laubach, 1976; Yates et al., 1980; Chaffin et al., 1984). 또한, 한국인에 대한 근력측정조사사업 보고서(2007)의 경우 근력의 유형과 연령대에 따라 차이는 있으나 대체로 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 50~70% 정도로 나타났는데, 특히 본 연구 결과와 비교할 수 있는 20

대의 경우 남, 여간의 편차가 가장 크게 나타났으며, 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 50% 정도로 나타났다.

앞의 <표 4>의 평균치를 이용하여 남, 여간의 근력 차이를 비교하였을 때 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 33~62% 정도로 나타났으며, 쟁반 올리는 동작에서 여성 근력이 남성 근력에 33% 정도로 근력 차이가 가장 크게 나타났고, 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작의 경우 여성 근력이 남성 근력에 62% 정도의 근력을 발휘하여 남, 여간의 근력 차이가 가장 작게 나타났다. 이는 선행 연구 결과 및 한국인에 대한 근력 측정조사사업 보고서의 결과와 비슷한 결과를 나타내었다.

**표 5.** 성별에 따른 근력의 t-Test 결과

| 근력 측정 항목 | DF | t | *p*-value |
|---|---|---|---|
| 오른팔 팔꿈치 굽히는 동작 | 167 | 20.93 | <.0001** |
| 왼팔 팔꿈치 굽히는 동작 | 169 | 19.63 | <.0001** |
| 오른팔 팔꿈치 펴는 동작 | 166 | 19.10 | <.0001** |
| 왼팔 팔꿈치 펴는 동작 | 168 | 17.96 | <.0001** |
| 오른팔 들어 올리는 동작 | 169 | 17.37 | <.0001** |
| 왼팔 들어 올리는 동작 | 165 | 16.94 | <.0001** |
| 오른팔 내리는 동작 | 168 | 15.46 | <.0001** |
| 왼팔 내리는 동작 | 167 | 16.51 | <.0001** |
| 오른쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 | 167 | 16.47 | <.0001** |
| 왼쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 | 169 | 15.18 | <.0001** |
| 오른쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 168 | 17.50 | <.0001** |
| 왼쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 168 | 18.25 | <.0001** |
| 오른팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 | 167 | 9.41 | <.0001** |
| 왼팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 | 167 | 10.09 | <.0001** |
| 오른팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 | 168 | 10.08 | <.0001** |
| 왼팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 | 167 | 9.85 | <.0001** |
| 오른팔 쟁반 올리는 동작 | 170 | 12.89 | <.0001** |
| 왼팔 쟁반 올리는 동작 | 170 | 12.86 | <.0001** |

** significant at 0.01 level

### 3.2.3 주로 사용하는 손(Preferred hand)의 근력과 주로 사용하지 않는 손(Non-Preferred hand)의 근력 비교

각 근력 측정 항목의 주로 사용하는 손(Preferred hand)의 근력과 주로 사용하지 않는 손(Non-Preferred hand)의 근력간의 차이가 있는지 알아보기 위해 paired t-Test를 실시하였다. 여기서 주로 사용하는 손은 오른손잡이일 경우 오른손을 뜻하며, 왼손잡이일 경우 왼손을 뜻한다.

<표 6>과 같이 Paired t-Test를 실시한 결과 남성의 경우 팔꿈치 펴는 동작, 팔 들어 올리는 동작, 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작, 정면 시계방향으로 키 돌리는 동작, 정면 반 시계방향으로 키 돌리는 동작, 쟁반 올리는 동작 등의 항목에서 통계적으로 Preferred Hand의 근력에 비해 Non-Preferred Hand의 근력이 통계적으로 유의($p$<0.05)하게 작은 것을 확인할 수 있고, 여성의 경우 팔 들어 올리는 동작, 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작, 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작, 정면 시계방향으로 키 돌리는 동작, 쟁반 올리는 동작 등의 항목에서 통계적으로 Preferred Hand의 근력에 비해 Non-Preferred Hand의 근력이 유의($p$<0.05)하게 작은 것을 확인할 수 있다. 팔꿈치 굽히는 동작과 팔 내리는 동작의 경우 남, 여 모두 95% 유의 수준에서 차이가 나지 않았다.

**표 6.** Preferred hand와 Non-Preferred hand 근력의 Paired t-Test 분석 결과

| 근력 항목 | 성별 | Mean | S.D | t 값 | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|
| 팔꿈치 굽히는 동작 (PH-NPH) | 남 | 6.64 | 6.41 | 1.04 | 0.3033 |
| | 여 | −2.78 | 2.57 | −1.08 | 0.2823 |
| 팔꿈치 펴는 동작 (PH-NPH) | 남 | 3.36 | 3.81 | 3.51 | 0.0007** |
| | 여 | 3.23 | 1.91 | 1.70 | 0.0937 |
| 팔 들어 올리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 10.30 | 3.62 | 2.84 | 0.0056** |
| | 여 | 4.26 | 1.66 | 2.57 | 0.0120* |
| 팔 내리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 6.12 | 6.46 | 0.95 | 0.3462 |
| | 여 | 3.07 | 2.90 | 1.06 | 0.2929 |
| 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 2.00 | 5.07 | 0.39 | 0.6943 |
| | 여 | 4.67 | 2.10 | 2.22 | 0.0290* |
| 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 8.88 | 3.74 | 2.37 | 0.0202* |
| | 여 | 5.17 | 1.93 | 2.68 | 0.0088** |
| 정면 시계방향으로 키 돌리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 16.97 | 3.89 | 4.37 | <.0001** |
| | 여 | 13.71 | 2.19 | 7.17 | <.0001** |
| 정면 반 시계방향으로 키 돌리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 10.47 | 5.49 | 1.91 | 0.006** |
| | 여 | 1.28 | 2.23 | 0.57 | 0.5672 |
| 쟁반 올리는 동작 (PH-NPH) | 남 | 17.37 | 6.37 | 2.89 | 0.0050** |
| | 여 | 7.35 | 3.05 | 2.41 | 0.0181** |

* significant at 0.05 level; ** significant at 0.01 level

### 3.2.4 각 관절에서의 반대 동작에 따른 근력의 비교

팔꿈치 펴는 동작 vs 팔꿈치 굽히는 동작

팔꿈치 펴는 동작과 팔꿈치 굽히는 동작의 근력에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <표 7>와 같다.

**표 7.** 팔꿈치 굽히는 동작과 팔꿈치 펴는 동작의 Paired t-Test 분석 결과

| 근력 항목 | 성별 | Mean | 95% CI | | $p$-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lower | Upper | |
| 팔꿈치 굽히는 동작 – 펴는 동작 | 남 | 52.25 | 44.36 | 60.15 | <0.001** |
| | 여 | −1.22 | −4.71 | 2.27 | 0.4910 |

** significant at 0.01 level

Paired t-Test을 실시한 결과 남성의 경우 두 근력의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며($p$<0.0001), 95% 신뢰구간(44.36, 60.15)이 모두 양수의 값을 나타나므로 팔꿈치 굽히는 동작이 팔꿈치 펴는 동작의 근력보다 크다는 것을 알 수 있다. 이에 반해 여성의 경우 두 동작에서의 근력의 차이가 유의하게 나타나지 않아 남성과 다르게 팔꿈치 굽히는 동작과 펴는 동작에서의 근력의 차이가 없음을 알 수 있다. 따라서 남성의 팔꿈치 굴곡(flexion) 시의 근력이 팔꿈치 신전(extension) 시의 근력보다 크다고 말할 수 있으며, 작업 설계 혹은 기계 및 설비 제작 시 작업자의 팔을 이용하여 큰 힘을 유발하는 작업은 신전 동작보다는 주로 굴곡 동작을 활용할 수 있도록 설계하도록 하여야 할 것이다.

팔 들어올리는 동작 vs 팔 내리는 동작

팔 들어올리는 동작과 팔 내리는 동작의 근력에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <표 8>과 같다.

**표 8.** 팔꿈치 펴는 동작과 팔꿈치 굽히는 동작의 Paired t-Test 분석 결과

| 근력 항목 | 성별 | Mean | 95% CI | | $p$-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lower | Upper | |
| 팔 들어 올리는 동작 – 내리는 동작 | 남 | −109.1 | −119.8 | −98.27 | <0.001** |
| | 여 | −54.68 | −59.41 | −49.95 | <0.001** |

** significant at 0.01 level

Paired t-Test을 실시한 결과 남, 여 모두 두 근력의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며($p$<0.0001), 95% 신뢰구간(−119.8, −98.27), (−59.41, −49.95)이 모두 음수의 값을 나타내므로 팔 들어 올리는 동작이 팔 내리는 동작의 근력에 비해 작다고 말할 수 있으며, 팔이 외전(abduction) 시의 근력보다 내전(adduction) 시의 근력이 크다는 것을 알 수 있다.

어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 vs 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작

어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작과 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작의 근력에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <표 9>와 같다.

**표 9.** 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작과 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작의 Paired t-Test 분석 결과

| 근력 항목 | 성별 | Mean | 95% CI | | $p$-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lower | Upper | |
| 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 – 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 남 | 48.30 | 39.91 | 56.69 | <0.001** |
| | 여 | 31.38 | 27.45 | 35.31 | <0.001** |

** significant at 0.01 level

분석 결과 남, 여 모두 두 근력의 차이는 통계적으로 유의하게 나왔으며($p$<0.0001), 95% 신뢰구간(39.91, 56.69), (27.45, 35.31)이 모두 양수의 값을 나타내므로 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작이 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작의 근력보다 크다고 말할 수 있다. 심정훈 등(2003)의 연구에서 좌식 작업에서의 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 작업은 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 작업에 비해 상당히 낮은 근지구력이 발생한다고 하였고, Rohmert 등(1996)의 연구에서 팔을 바깥쪽으로 돌리는 작업에 따른 부하는 다른 작업에 비해 작업자에게 상당히 높은 부하를 유발하고 있다고 하였다. 또한, 작업자세 측면에서 검토 시 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 자세는 부적절한 자세일 뿐만 아니라 본 연구의 실험 결과 또한 어깨 안쪽으로 돌리는 동작의 근력보다 근력 측정치 작게 나타나므로 작업 설계 혹은 기계 및 설비 제작 시 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 자세는 유발하지 않도록 설계 하여야 할 것이다.

시계방향으로 키 돌리는 동작 vs 반 시계방향으로 키 돌리는 동작

시계방향으로 키 돌리는 동작과 반 시계방향으로 키 돌리는 동작의 근력에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <표 10>과 같다.

남자의 경우 95% 유의 수준에서, 여자의 경우 99% 유의 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있으며, 95% 신뢰구간이 남자의 경우(−16.99, −3.87), 여자의 경우

**표 10.** 시계방향으로 키 돌리는 동작과 반 시계방향으로 키 돌리는 동작의 Paired t-Test 분석 결과

| 근력 항목 | 성별 | Mean | 95% CI | | $p$-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lower | Upper | |
| 시계방향으로 키 돌리는 동작 – 반 시계방향으로 키 돌리는 동작 | 남 | −10.43 | −16.99 | −3.87 | 0.02* |
| | 여 | −7.34 | −10.44 | −4.23 | <.0.001** |

* significant at 0.05 level; ** significant at 0.01 level

(−10.44, −4.23)로서 모두 음수의 값을 나타내므로 시계방향으로 키 돌리는 동작보다 반 시계방향으로 키 돌리는 동작의 근력이 일반적으로 더 크다고 말할 수 있다.

### 3.2.5 신체충실지수와 근력과의 상관관계

신체충실지수는 체중과 신장을 이용하여 몸의 영양상태를 나타내는 지수로서 로러지수(Rohre's index)라고도 하며 이 지수의 식은 아래와 같다.

$$\text{신체충실지수} = \frac{\text{체중(kg)}}{\text{신장(cm)}^3} \times 10^7$$

일반적으로 우리나라의 경우 신체충실지수가 120 이하는 허약, 120~150은 정상, 150 이상은 비만형으로 분류한다.

신체충실지수가 근력에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 분산분석을 실시한 결과 신체충실지수가 모든 항목의 근력에 대해 유의하게 나타났다($p$<0.05). 따라서 신체충실지수가 근력에 영향을 미친다고 볼 수 있으며, 던칸(duncan)의 다중범위 검정을 한 결과는 <표 11>과 같다.

던칸(duncan)의 다중범위 검정을 한 결과 모든 근력의 크기가 비만, 정상, 허약 순으로 나타났으며, 왼쪽 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 힘, 왼쪽 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 힘, 오른팔 정면 시계방향 키 돌리는 힘, 오른팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 힘, 왼팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 힘, 왼팔 쟁반 올리는 힘을 제외한 나머지의 근력데이터에서는 비만, 정상, 허약 집단의 근력들 간에 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p$<0.05).

**표 11.** 신체충실지수와 근력의 다중비교 결과

| 근력 항목 | 비만 집단 | 정상 집단 | 허약 집단 |
|---|---|---|---|
| 오른팔 팔꿈치 굽히는 동작 | 323.95 A | 248.58 B | 178.96 C |
| 왼팔 팔꿈치 굽히는 동작 | 352.05 A | 247.42 B | 175.81 C |
| 오른팔 팔꿈치 펴는 동작 | 286.68 A | 227.25 B | 159.29 C |
| 왼팔 팔꿈치 펴는 동작 | 291.68 A | 212.25 B | 156.34 C |
| 오른팔 들어 올리는 동작 | 263.48 A | 185.40 B | 125.44 C |
| 왼팔 들어 올리는 동작 | 247.52 A | 172.82 B | 123.07 C |
| 오른팔 내리는 동작 | 396.85 A | 280.33 B | 195.97 C |
| 왼팔 내리는 동작 | 374.75 A | 261.88 B | 199.40 C |
| 오른쪽어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 | 261.38 A | 206.71 B | 150.82 C |
| 왼쪽어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작 | 239.23 A | 198.28 A | 150.93 C |
| 오른쪽어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 215.67 A | 156.02 B | 115.20 C |
| 왼쪽어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작 | 178.11 A | 156.97 A | 108.36 C |
| 오른팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 | 134.78 A | 107.24 B | 91.120 B |
| 왼팔 정면 시계방향 키 돌리는 동작 | 130.36 A | 101.41 B | 75.76 C |
| 오른팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 | 142.63 A | 125.50 A | 92.31 C |
| 왼팔 정면 반 시계방향 키 돌리는 동작 | 136.18 A | 109.70 B | 91.86 B |
| 오른팔 쟁반 올리는 동작 | 268.83 A | 200.64 B | 133.13 C |
| 왼팔 쟁반 올리는 동작 | 263.17 A | 177.02 B | 125.18 B |

## 4. 결론 및 검토

본 연구에서는 우리나라 20대 남녀 180명(남성 90명, 여성 90명)를 대상으로 산업현장이나 일상 생활에서 발생하는 어깨 및 상지관절을 이용한 자세에 대한 근력을 측정 · 분석함으로써 우리나라 청년층의 근력에 대한 기초자료를 알아보고자 하였다.

근력 측정 결과 남, 여 모두 팔 내리는 동작의 근력이 가장 크게 나타났으며, 시계방향으로 키 돌리는 동작의 근력이 가장 작게 나타났다. 또한, 18가지 모든 근력 항목에 대해 남, 여간의 t-Test를 실시한 결과 18가지 모든 근력 항목에서 유의하게 나타났으며($p$<0.0001), 주로 사용하는 손(Preferred Hand)과 주로 사용하지 않는 손(Non-Preferred Hand)간의 Paired t-Test을 실시한 결과 남성의 경우 팔꿈치 펴는 동작, 팔 들어 올리는 동작, 어깨 바깥

쪽 방향으로 돌리는 동작, 정면 시계방향으로 키 돌리는 동작, 정면 반 시계방향으로 키 돌리는 동작, 쟁반 올리는 동작 등의 항목에서 유의하게 나타났다($p$<0.05).

서로 반대되는 동작에 따른 근력을 비교해본 결과 팔꿈치 펴는 동작과 굽히는 동작의 Paired t-Test을 실시한 결과 남성의 경우 두 근력의 차이가 유의하게 나타났으며($p$<0.0001), 신뢰구간의 값이 모두 양수의 값을 나타내므로 팔꿈치 펴는 동작에 비해 팔꿈치 굽히는 동작의 근력이 크다고 말할 수 있다. 팔 들어 올리는 동작과 내리는 동작의 Paired t-Test을 실시한 결과 남, 여 모두 유의하게 차이가 나는 것으로 나타났으며($p$<0.0001), 어깨 안쪽 방향으로 돌리는 동작과 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작의 경우에도 남, 여 모두 유의한 차이를 나타내고 있는데($p$<0.0001), 바깥쪽 방향으로 돌리는 동작에 비해 안쪽 방향으로 돌리는 동작의 근력이 더 크게 나타났다. 또한, 어깨 바깥쪽으로 돌리는 동작의 경우 선행 연구를 통해 상당히 낮은 근지구력을 나타냈으며, 작업 부하 또한 다른 작업에 비해 상당히 높게 나타났고, 작업자세 측면에서도 부적절한 자세임에 따라 작업 설계 혹은 기계 및 설비 제작 시 어깨 바깥쪽 방향으로 돌리는 자세는 유발하지 않도록 설계하여야 할 것이다. 시계방향으로 키 돌리는 동작과 반 시계방향으로 키 돌리는 동작의 경우 남, 여 모두 반 시계방향으로 키 돌리는 동작 시의 근력이 더 큰 것으로 나타났다.

신체충실지수가 근력에 어떠한 영향을 미치는 지 알아보기 위해 분산분석을 실시한 결과 비만, 정상, 허약 집단에 대해 모든 항목에서 유의하게 차이가 나는 것으로 나타났으며($p$<0.05), 던칸(duncan)의 다중범위 검정을 한 결과 모든 근력의 크기가 비만, 정상 허약 집단의 크기의 순으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해 우리나라 청년층의 어깨 및 상지관절을 이용한 18가지 동작에 대한 근력의 기초자료를 제공하였으며, 여러 일상 생활에서 근력을 요구하는 제품, 혹은 산업현장에서 쓰이는 설비, 시설의 설계 시 한국인의 인체특성에 적합한 설계를 위한 기초자료로 활용뿐 아니라, 작업자 선정, 훈련 및 관리의 기초자료로 산업체의 근골격계 질환자의 예방과 관리에 활용됨으로써 도움을 줄 수 있을 것이며, 또한, 근력 측정으로 통한 근력 기반의 작업역을 제공함으로써 근골격계 질환 예방 및 사용자의 편의성을 도모하는 설계가 가능하도록 해 줄 것으로 기대된다.

## 참고 문헌


김진호, 박수찬, 장명현, 김철중, 한국인 인체 측정에 관한 연구, 대한인간공학회지, 8(1), 19-29, 1989.

김진호, 박수찬, 장명현, 김철중, 한국 청년의 근력 특성에 관한 연구, 대한인간공학회지, 9(2), 37-45, 1990.

김홍기, 한 손 들기 작업과 양 손 들기 작업의 근력 능력 비교 연구, 대한인간공학회지, 26(2), 35-44, 2007.

심정훈 이상도, 작업형태 및 최대 수의적 수축에 따른 등척성 근지구력에 관한 연구, 대한인간공학회지, 22(2), 57-68, 2003.

정민근, 기도형, 김태복, 한국 근로자의 임의적 최대 근력 평가를 위한 연구, 대한산업공학회지, 18(1), 141-154, 1992.

한국과학기술연구소, "산업의 표준치설정을 위한 국민체위조사 연구", BSG 379-1442-7, 1980.

기술 표준원, 제5차 한국인 인체치수조사사업 보고서, 2004. 11.

기술 표준원, 한국인에 대한 근력 측정조사사업 보고서, 2007. 11.

한국표준연구소, 1986년 국민표준조사, KSRI-86-56-IR, 1986.

Allread, W. G., Marras, W. S and Parnianpour, M., Trunk kinematics of one-handed lifting, and the effects of asymmetry and load weight, *Ergonomics*, 39(2), 322-334, 1996.

Asmussen, E. and Heeboll-Nielsen, K., Isometric muscle strength of adult men and women, *Testing and Observation Institute of the Danish National Association for Infantile Paralysis, Communication*, 11, 1-43, 1961.

Asmussen, E. and Heeboll-Nielsen, K., Isometric muscle strength in relation to age in men and women, *Ergonomics*, 5, 167-169, 1962.

Ayoub, M. M. and El-Bassoussi, M. M., Dynamic biomechanical model for sagittal plane lifting activities, *C.G. Drury (Ed.) Safety in Manual Materials Handling* (Cincinnati, Ohio; DHEW (NIOSH) Publication No, 78-105), 88-95, 1978.

Chaffin, D. B, Human strength capability and low-back pain, *Journal of Occupational Medicine*, 16, 248-254, 1974.

Chaffin, D. B., Ergonomics Guide for the Assessment of Human Static Strength, *American of Human Association Journal*, 36(7), 505-511, 1975.

Chaffin, D. B., Herrin, G. D., Keyserling, W. M. and Foulke, J. A., Pre-employment Strength Testing in Selecting Workers for Materials Handling Jobs (Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health), *Publication CDC-99-74-62*, 1977.

Chaffin, D. B. and Andersson, G. B. J., *Occupational Biomechanics* (New York: John Wiley), 1984.

Damon, A., Stoudt, H. W., and Mcfarland, R. A., The Human Body in Equipment design, *Havard University press*, 1971.

Kamon, E., Kiser, D. and Pytel, J., Dynamic and static lifting capacity and muscular strength of steelmill workers, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 43, 853-857, 1982.

Koyl, L. F. and Hanson, P. M., Age, Physical Ability and Work Potential, *National Council on Aging Report*, 1969

Kraus, H., Prevention of low back pain. *Journal of Occupational Medicine*, 9, 555-559, 1967.

Laubach, L. L., Kroemer, K. H. E. and Thordsen, M. L., Relationships among isometric force measured in aircraft control locations, *Aerospace Medicine*, 43(7), 738-742, 1972.

Mital, A., Comprehensive maximum acceptable weight of lift database for regular 8-hour workshifts, *Ergonomics*, 27, 1127-1138, 1984a.

Mital, A., Maximum weights of lift acceptable to male and female industrial workers for extended workshifts, *Ergonomics*, 27, 1115-1126, 1984b.

Mital, A., Ayoub, M. M., Asfour, S. S. and Bethea, N. J., Relationship between lifting capacity and injury in occupations requiring lifting, *Proceedings of the 22nd Annual Meeting of the Human Factors Society*, 469-473, 1978.

Mital, A. and Manivasagan, I., Development of non-linear polynomials in identifying human isometric strength behavior, *International Journal of Computers and Industrial Engineering*, 8, 1-9, 1984.

Mital, A., Karwowski, W., Mazouz, A. K. and Orsarh, E., Prediction of maximum weight of lift in the horizontal and vertical planes using simulated job dynamic strength, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 47, 288-291, 1986.

Mortimer, R. G., Foot brake pedal force capability of drivers, *Ergonomics*, 17, 509-513, 1974.

Nordgren, B., Anthropometric measures of muscle strength in young women, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 4, 165-169, 1972.

Laubach, L. L., Comparative muscular strength of men and women: a review of the literature, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 47, 534-542, 1976.

Petrofsky, J. S. and Lind, A. R., Isometric strength, endurance, and the blood pressure and heart rate responses during isometric exercise in healthy men and women, with special reference to age and body fat content, *Pflugers Archiv European Journal of Physiology*, 360, 49-61, 1975.

Pheasant, S. T. and Grieve, D. W., The principal features of maximal exertion in the sagittal plane, *Ergonomics*, 24, 327-338, 1981.

Pytel, J. L. and Kamon, E., Dynamic strength test as a predictor for maximal and acceptable lifting, *Ergonomics*, 24, 663-672, 1981.

Rohmert, W., Wangenheim, M., Minzer, J., Zipp, P. and Lesser, W., A study stressing the need for a static postural force model for work analysis, *Ergonomics*, 29(10), 1235-1249, 1996.

Snook, S. H., The design of manual handling tasks, *Ergonomics*, 21, 963 -985, 1978a.

Snook, S. H., The design of manual handling tasks, Paper presented at Ergonomics Society Lecture, *Cranfield Institute of Technology, Bedfordshire*, England, 1978b.

Snook, S. H. and Ciriello, V. M., Maximum weights and work loads acceptable to female workers, *Journal of Occupational Medicine*, 16, 527-534, 1974.

Troup, J. D. G. and Chapman, A. E., the strength of the flexor and extensor muscles of the trunk, *Journal of Biomechanics*, 2, 49-62, 1969.

Rowe, M. L. Low back pain in industry: a position paper, *Journal of Occupational Medicine*, 11, 161-169, 1969.

Rowe, M. L., Low back pain in industry: updated position, *Journal of Occupational Medicine*, 13, 476-478, 1971.

Rowe, M. L., Backahe at Work(Fairport), *New York: Perinton Press*, 1983.

Yates, J. W., Kamon, E., Rodgers, S. H. and Champney, P. C, Static lifting strength and maximal isometric voluntary contractions of back, arm and shoulder muscles, *Ergonomics*, 23, 37-47, 1980.

## ◐ 저자 소개 ◑

❖ 윤 훈 용 ❖ yhyoon@dau.ac.kr

Texas Tech University 산업공학과 박사
현 재: 동아대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: 산업인간공학, 조직행동, 제품 설계 및 평가

❖ 김 은 식 ❖ khemsy@naver.com

동아대학교 산업경영공학과 학사
현 재: 동아대학교 산업경영공학과 석사과정
관심분야: 인간공학, 근골격계질환, 산업안전

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 06월 15일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2009년 08월 17일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2009년 08월 17일