

한국근로자의 임의적 최대근력 평가를 위한 연구⁺

정민근* · 기도형* · 김태복*

A Study of Maximum Voluntary Strength Evaluation for Korean Workers

Min Keun Chung*, Dohyung Kee* and Tae Bok Kim*

Abstract

In order to evaluate task loads required by a majority of manual materials handling(MMH) jobs, we have performed the assessment of arm strength, leg strength and torso strength for Korean workers in a scientific and systematic manner. Two hundred and eighty five employees from two local manufacturing plants in Pohang participated in this project. Maximum voluntary strengths were assessed for the aforementioned three postures, and these data were classified by gender. These strength data were also used to generate a strength prediction model, which can estimate the maximum voluntary strength for a population with specific age, height and weight. These strength data will be used for the prevention of occupational injuries which are frequently incurred by overexertion in manual materials handling jobs.

1. 서 론

최근 우리나라의 급격한 경제발전과 산업화 과정은 기계설비의 대형화, 작업 공정의 다양화, 생산의 대규모화를 수반하였다. 그러나 공업화의 진전에 따른 산업안전보건시설과 산업재해방지 대책에 대한 연구가 미비하여, 안전사고와 직업병의 발생이 증가하고 있다. 1985년도 우리나라의 산업재해 현황을 보면 산업재해 보상보험 적용사업장 66,803개소에 종사하는 근로자 4,495,185명 중에서

4일 이상 요양을 요하는 재해자는 141,809명으로 이중 1,718명이 사망하고 19,824명이 영구적 또는 부분적 노동불구자가 되었다. 이로 인한 경제적 손실액은 무려 9,300여억원에 이른다[1]. 특히 중공업 분야에 종사하는 근로자의 경우 물체의 이동이나 중장비(Heavy Equipment) 조작을 하는 인력 운반(Manual Materials Handling) 작업에서 신체적 충격에 계속적으로 노출되어 신체장애를 경험하는 사례가 많다[12, 9]. 따라서 이의 방지를 위해서는 작업이 요구하는 하중의 평가와 함께 작업상

⁺ 이 논문은 1990년도 문교부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

*포항공과대학 산업공학과

황 및 작업자세를 고려한 생체역학적 분석(Bio-mechanical Analysis)을 통한 작업개선이 이루어져야 한다. 이를 위해서는 우선적으로 한국 근로자의 최대근력의 평가를 통한 표준근력 데이터가 구축되어야 하며, 이를 기반으로 작업에 대한 과학적, 체계적인 인간공학적 분석을 시행해야 한다. 현재 산업체에서는 근로자의 채용시 신체검사를 통해 간단한 근력측정이 행하여지고는 있으나 측정자세에 대한 표준화의 미비, 측정의 부정확, 데이터에 대한 체계적 관리의 결여 등으로 측정결과의 신빙성이 의문시 되어 표준데이터로써 활용하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 한국 근로자의 최대근력(Maximum Voluntary Strength)을 실험적으로 측정하고 그 결과를 통계적으로 분석하여, 작업개선을 위한 표준근력 데이터를 얻고자 한다. 따라서 인력운반 작업에서 일반적으로 사용되는 자세에서의 하중을 측정하기 위하여 팔근력(Arm Strength), 다리근력(Leg Strength), 몸통근력(Torso Strength)에 대한 최대근력을 과학적 방법으로 측정, 평가하고자 한다. 따라서 동일 직종에 종사하는 근로자를 대상으로 상기한 세 가지 자세에 대해 최대근력을 측정하고 그 결과를 비교 검토한다. 또한 무리한 작업으로 인해 척추에 가해지는 과도한 하중은 인력운반작업에 종사하는 근로자들에 흔히 발생하는 요통(Low Back Pain)의 주 요인이므로, 인체의 생체역학적 모델을 이용하여 최대근력 발휘에 따른 척추의 하중도 고찰하고자 한다.

한국 근로자들이 발휘할 수 있는 최대근력의 성별, 연령별 평가는 산업체에서 흔히 행해지는 인력운반작업에 의한 잠재적 산재 위험을 이해하는데 있어서 매우 중요한 자료이다. 이러한 표준근력 데이터는 생체역학적 분석을 통하여 작업자에게 미치는 신체적 하중(Physical Stresses)을 추정하는데 활용될 뿐만 아니라 모든 산업설비 및 기계의 기계적 보조장치(Mechanical Aid)를 제작할 때에도 표준 인체부위측정 데이터와 함께 설계의 기본적

데이터로써 활용될 것이다.

물론 최근에 와서 현대적 장비가 도입되고 자동화로의 전환이 많이 시도되고 있어서 근로자의 직접노동이 줄어들 것이라고 생각하기 쉽다. 하지만 실제적으로는 인간이 가진 감각기능(Sensing), 사고기능(Reasoning)은 물론 섬세한 손동작기능(Hand Dexterity) 및 융통성(Flexibility)등을 Robot로 대체할 수 없기 때문에 부속품이나 물체의 Loading/Unloading 작업이나 고장난 연장을 대체하는 등의 작업에서의 인간의 역할은 여전히 중요하게 된다[12]. 따라서 이러한 인력운반작업에서의 산업재해를 방지하기 위해서는 작업의 위험요소를 파악하여 제거하는 노력은 물론 이러한 작업으로 인한 신체적 충격(Physical Stresses)을 체계적으로 분석하여 작업개선을 시도하는 노력이 필요하다. 따라서 이를 위한 첫 단계 연구로서의 한국 근로자의 최대근력의 측정과 평가는 반드시 선행되어야 하며, 이러한 근력 측정은 앉은 자세에서 행하는 작업(Seated Tasks)을 비롯한 여러 다른 자세에 대해서도 후속 연구가 진행되어야 한다. 선진국에서는 이러한 연구가 상당히 진행되고 있으며 미국의 경우에는 National Institute of Health (NIH), National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH) 등의 기구를 통해 국가적 차원에서의 많은 연구지원이 이루어지고 있다. 한국인에 대한 최대근력 평가결과는 우리나라에서 이 분야의 연구발전을 위한 기본적 자료로 활용될 뿐만 아니라, 현재 미국의 경우에도 동양인의 이민이 급격히 증가하여 산업현장에서의 동양인 근로자수가 증가함에 따라서 이런 동양인에 대한 자료에 상당한 관심을 보이고 있어서 그들에게도 중요한 자료로 제공될 수 있을 것이다.

본 연구를 통해 개개의 현장 작업이 신체에 주는 부하를 평가조차 못하는 우리의 실정을 개선하고 보다 효과적인 정책수립에 참고가 되는 자료를 제공하고자 한다. 최근 정부가 노동부의 산업안전과를 산업안전국으로 승격시키는 등의 산업재해 방지

및 직업병 예방에 역점을 두고있는 시점에서 노사 문제의 쟁점이 되는 작업환경의 향상과 체력에 맞는 작업개선을 위한 기초연구로서의 가치가 크다 하겠다.

2. 연구배경

국내에서는 인력운반작업과 관련된 최대근력 평가에 관한 연구는 전혀 시도되지 않았으나, 일부 관련성 있는 연구로는 근전도를 이용한 배근 피로의 분석[2]과 역도경기의 자세, 무게중심, 가속도가 발뒤근력에 미치는 영향에 관한 생체역학적 연구 등 몇 편[3, 4, 5]이 있다. 이에 대조적으로 구미지역의 산업안전에 관련한 전문가들의 연구결과에 의해 인력운반작업은 신체장애를 일으키는 주요인으로 알려져 있어서 이에 대한 연구가 수십년간 수행되어 왔다. 1962년에 국제노동기구(ILO)에서는 <표 1>에서 보듯이 가끔 물체를 드는 작업(Occasional Weight Lifting Tasks)에 대한 하중의 한계를 성별, 연령별로 제시하였으며[16], 그 후로도 여러 다양한 작업상황에 대한 하중의 관계를 결정하기 위한 연구가 많이 진행되어 왔다.

Snook등의 연구는 <표 2>에 나타난 바와 같은

간헐적인 Lifting 작업에 대한 한계를 제시하고 있다[20]. 이러한 한계는 통제된 실험실에서 여러 작업자가 보여준 물건을 들어 올리는 능력에 대한 정신물리학적 방법에 기초하고 있다.

Chaffin등이 실시한 5개 공장의 400명 작업자에 대한 역학적 연구에서는 25에서 60lbs.의 '적절한' 무게로 분류되는 Lifting 작업도 요통발생의 위험을 증가시키고 있음을 보여주고 있다[9]. 또한 60에서 100lbs.의 '무거운' 무게에 대한 Lifting 작업에서는 가벼운 무게를 드는 작업을 수행하는 작업자에 비해서 요통재해 발생률이 8배나 높다는 사실을 동일한 연구에서 찾아볼 수 있다. 흥미로운 사실은 남자가 같이 '적절한' 무게를 드는 작업에

<표 1> 가끔 물체를 드는 작업에서의 ILO추천 하중한계

(단위 : kg)

연 령	남 자	여 자
14-16	14.6	9.8
16-18	18.5	11.7
18-20	22.6	13.7
20-35	24.5	14.6
35-50	20.6	12.7
50이상	15.6	9.8

<표 2> 여러 백분위에 따른 19×13.5×5.5" Tote 상자를 들 수 있는 최대무게 (lbs.)

lift의 종류	표본그룹	백분위수				
		90%	75%	50%	25%	10%
어깨높이에서 팔을 뻗친곳까지	산업체남자	29	39	49	59	68
	산업체여자	24	26	29	32	35
	가정주부	13	15	18	21	23
주먹높이에서 어깨높이까지	산업체남자	34	43	53	62	71
	산업체여자	25	29	34	38	42
	가정주부	16	18	21	23	26
바닥에서 주먹높이까지	산업체남자	37	45	54	63	70
	산업체여자	28	33	37	42	47
	가정주부	14	17	21	24	27

종사할 때에도 남녀간의 요통 발생률에는 유의한 차이가 나타나지 않는다는 것이다. '적절한' 무게를 드는 작업에 종사하는 여자의 근력은 앉은 자세의 직업에 종사하는 여자의 근력과 비교할 때 더 크게 나타남이 밝혀졌다. 힘든 작업에 종사하는 여자는 '자연적'이거나 다른 어떤 방법에 의해 선발되었고, 이러한 선발이 같은 직업에 종사하는 여자들의 능력을 남자와 대등하게 하였다고 위의 결과에서 유추해 볼 수 있다.

지금까지의 대부분의 연구는 신체의 움직임이 거의 없는 정자자세(Isometric Posture)에서 피측정자가 임의적인 근육 활동(Voluntary Muscular Activity)에 의해 지탱할 수 있는 최대의 힘(Strength) 또는 모우멘트(Moment)를 측정하였다[13, 18]. 여러가지 조건에서 근력을 측정한 결과 성별, 연령, 자세, 신장 및 체중 등이 최대근력에 영향을 미치는 중요한 요소라고 알려졌다[15]. 근력측정에는 실험조건 및 측정방법은 매우 큰 영향을 미치는데 임의적인 근력 발휘는 4-6초간 유지되어야 하며, 정상상태(Steady-State)에서 측정된 힘 또는 모우멘트의 오차를 줄이기 위하여 3초 동안의 자료를 평균처리하고, 실험을 반복 수행할 때는 적어도 30초 이상의 휴식기간이 피측정자에게 필요하며, 실험의 안전성에 대해서도 피측정자에게 주지시켜야 한다고 보고되었다[11].

물체를 드는 작업에서는 팔, 다리, 몸통 등 신체 부위의 일부를 따로 사용하기 보다 팔-어깨-몸통-다리를 총체적으로 사용하게 된다. 실제로는 근로

자가 가장 편하다고 판단되는 자세에서 물체를 들겠지만, 실험을 체계적으로 수행하기 위해서는 자세를 표준화할 필요가 있다. Chaffin, Herrin 및 Keyserling은 551명의 근로자를 대상으로 팔, 다리, 몸통 중 어느 하나를 주로 사용하는 세가지 자세를 표준화하여, 각 자세에 대해서 근로자가 들 수 있는 최대하중을 측정하고 그 분포를 얻어냈다[12].

3. 근력측정 대상 및 측정방법

본 연구에서는 우선적으로 한국인 근로자의 최대 근력을 평가하여 생체역학적 접근(Biomechanical Approach)을 하기 위한 표준데이터를 구축하고자 하였다. 이러한 데이터를 구축함에 있어서 산업현장의 현업에 근무하고 있는 근로자를 대상으로 인력 운반작업에서 일반적으로 사용되는 팔근력, 다리근력 및 몸통근력을 과학적인 방법을 통해서 측정하였다.

1) 측정대상의 선정

산업현장에 종사하는 한국인 근로자의 근력데이터를 구축하기 위하여 본연구에서는 본대학이 위치한 포항에 있는 철강제품 제조업체인 K사의 현장직 남성근로자 179명과 사무직 여성근로자 58명을 대상으로 1차 측정을 실시하였으며, 또한 본대학의 환경미화 용역업체인 D사 소속의 현장직 여

〈표 3〉 피측정자의 인체측정자료

		평균값	중간값	편 차	최소값	최대값
신장(cm)	남	168.8	169.0	4.9	152.	183.0
	여	156.9	156.7	4.7	145.6	168.3
체중(kg)	남	65.5	64.0	7.9	50.0	95.0
	여	54.1	52.0	7.8	42.0	83.0
나이(세)	남	35.3	35.0	6.3	24.0	68.0
	여	31.7	27.0	9.2	18.0	52.0

성근로자 48명을 대상으로 2차 측정이 이루어졌다. 본 연구에서의 근력측정은 K사의 경우에는 직접 현장에 측정기구를 옮겨놓고 간이 측정실을 설치하여 실시하였으며, D사의 경우에는 본대학의 실험실내에서 피측정자의 방문을 통해서 이루어졌다.

근력측정의 대상이 되었던 피측정자들에 관한 인체측정자료는 <표 3>에 나타나 있다.

2) 측정방법

본 연구에서는 아래의 세가지 부위에 대한 근력 측정술을 실시하였다.

① 팔근력(Arm Strength) - 직립자세를 유지한 상태에서 전완(Fore Arm)은 수평상태를 유지하고 상완(Upper Arm)은 팔꿈치에서 전완에 수직인 상태를 유지하며 가능한한 몸에 가깝게 밀착시킨다. 이 자세에서 손잡이를 수직으로 들어 올린다[그림 1].

② 몸통근력(Torso Strength) - 이 측정은 바닥에서 35cm 정도 위에 위치해 있는 긴 손잡이를 이용하는데, 다리를 수직으로 세운 자세에서 허리를 적당히 숙인 다음, 팔을 충분히 편 상태에서 허리를 펴는 기분으로 손잡이를 수직으로 들어 올린다[그림 2].

③ 다리근력(Leg Strength) - 이 측정은 바닥에서 35cm 정도 위에 위치해 있는 짧은 손잡이를 이용해서 이루어지는데, 무릎을 적당히 굽힌 상태에서 상체는 가능한한 수직인 상태를 유지한 자세에서 다리를 펴는 기분으로 손잡이를 수직으로 들어 올린다[그림 3].

실제의 측정에 있어서는 여러 제약으로 같은 자세를 여러 번 반복하면서 그 결과를 측정하지는 못하였고, 상황에 따라서 두 번 내지 세 번의 반복을 통해서 각 자세에서의 근력을 측정하였다.

3) 측정장비

상기한 세가지 자세에서의 근력측정을 위하여

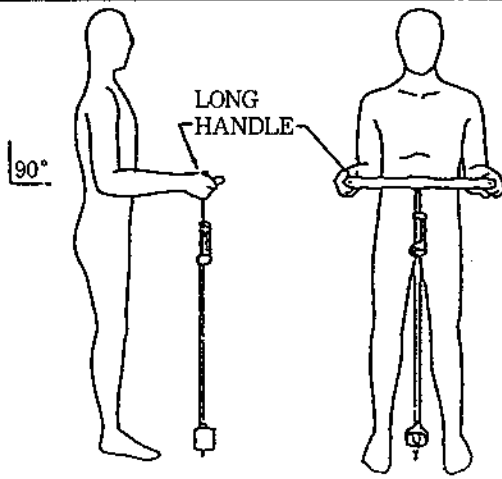
University of Michigan의 Center for Ergonomics에서 개발한 Isometric Strength Testing Equipment를 측정장비로 사용하였다[그림 4]. 아래 그림에 나타나 있는 바와 같이, 실제 측정에 있어서는 어떠한 작업물을 이동시키는 것이 아니라 손잡이를 통해서 피측정자가 발휘하는 힘이 Force Monitor의 계기판에 나타나게 되어 있다. 실제 측정에 있어서 유의해야 할 사항으로는 힘을 발휘하는 시간, 휴식시간, 피측정자의 자세등이 있는데, 각 항목들의 측정결과와 관련된 사항은 다음과 같다[10].

① 힘을 발휘하는 시간(Exertion Duration) - 기본적으로는 4 내지 6초간의 시간이 필요하다. 대부분의 경우에 있어서는 이 정도의 시간이 유지될 때 피측정자의 근력이 안정된 상태(Steady State)에 도달하는 것에 기인하는 것이다.

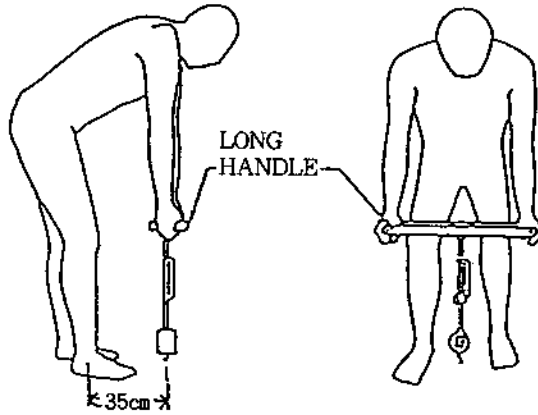
② 휴식시간(Rest Periods) - 반복되는 측정에 있어서는 피측정자의 피로(Fatigue)를 줄이기 위해서 적절한 양의 휴식시간이 꼭 필요하다. 이에 대해서는 많은 연구의 결과가 15 번 정도의 측정을 하는 경우에 있어서는 2분 정도의 휴식시간을 갖는 것이 좋은 것으로 나와 있다.

③ 피측정자의 자세(Body Position) - 측정에 있어서 피측정자의 자세는 매우 중요한 영향을 갖는다. 피측정자의 자세가 정해져 있지 않고 통제가 이루어지지 않는 경우에 있어서는 피측정자의 체중이나 크기가 측정된 근력에 큰 영향을 미치게 된다.

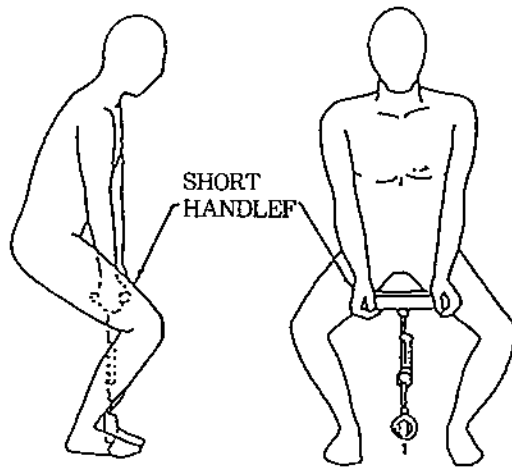
앞에서 언급된 측정관련 사항이외에도 근력측정에 영향을 미치는 중요한 요소로는 피측정자의 심리적인 상황이 있다. 즉, 피측정자가 측정에 임하는 데에 있어서 동기의식(Motivational Effects)의 유무에 따라 그 결과는 큰 변화를 줄 수 있다. 일종의 경쟁심리도 이러한 부류에 속하는 것이다. 이러한 영향을 줄이기 위해서 피측정자에게는 사전



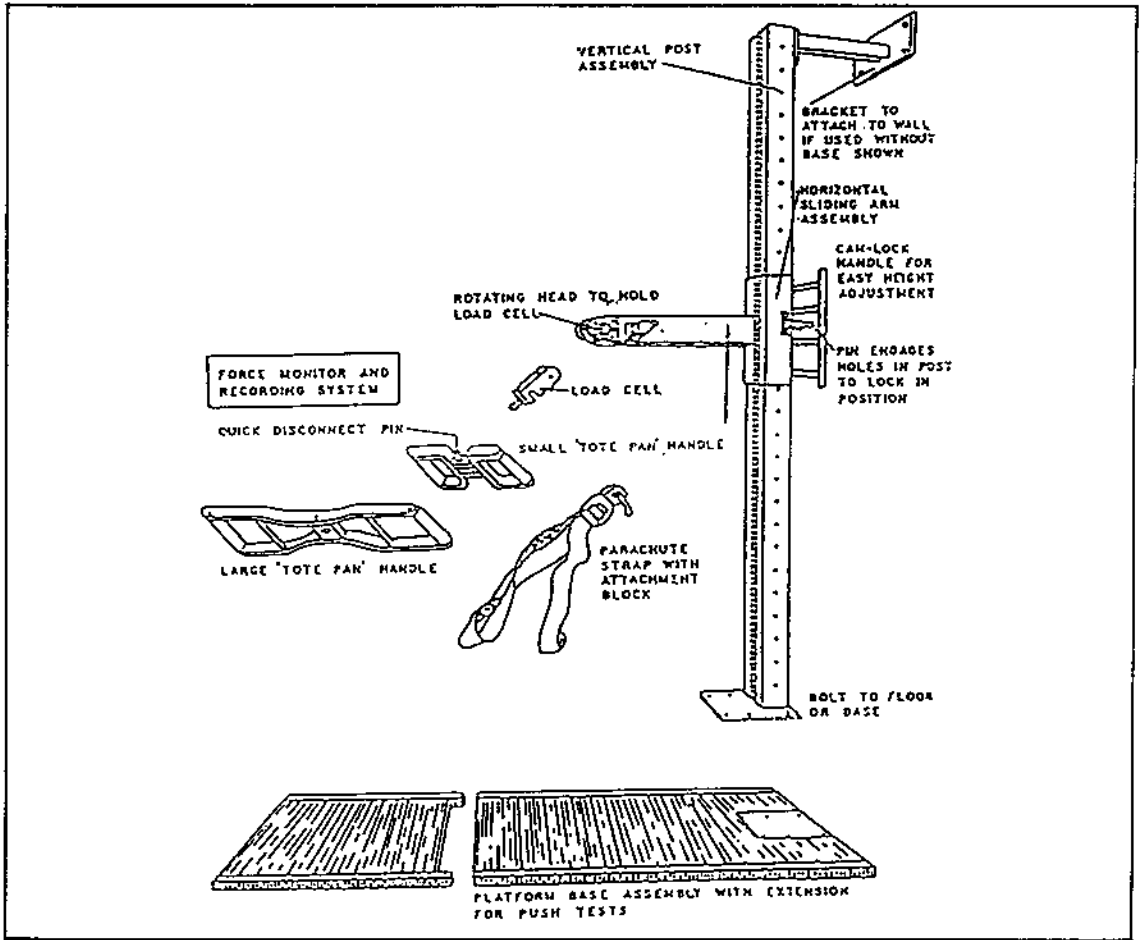
[그림 1] 팔근력을 측정하기 위한 자세



[그림 2] 몸통근력을 측정하기 위한 자세



[그림 3] 다리근력을 측정하기 위한 자세



[그림 4] 근력측정에 사용된 장비

에 아래와 같은 내용을 주지시켜야 한다.

- ① 피측정자는 근력측정의 목적에 대해서 알고 있어야 한다.
- ② 피측정자는 측정중에 일어날 수 있는 위험 (Risk)에 대해 사전에 알고 있어야 한다. 측정 도중에 피측정자가 무리를 느끼는 경우에는 중지하여야 한다.
- ③ 피측정자는 강제적으로 측정에 임해서는 안 된다.

4. 측정자료의 분석 및 결과

1) 회귀분석 결과

위에서 기술한 측정방법을 통해서 이루어진 측정 결과는 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 통해서 근력측정치와 이에 영향을 줄 수 있는 요소(Factor)들간의 관계를 알아보고자 하였다. 피측정자와 관련하여 측정전에 조사되는 자료로는 피측정자의 성별(Gender), 신장(Height), 체중(Weight) 그리고 연령(Age)등이다. 이 4가지의 신체 특성 요소는 기존의 연구결과를 바탕으로 각각의 요소가 각 개인의 근력 한계에 대하여 나름대로 중요한 의미를 지니고 있다[7, 8, 14, 17, 21]

이와같은 4가지 요소에 대한 회귀분석을 통해서 가장 적합한 Model을 구해 보았다. 각 부위에서의 근력에 대한 분석은 근력에 영향을 줄 수 있는 가능한 요소들의 조합(Combination)을 이용한 회귀 분석을 통해서 가장 적합한 요소집합(Set)을 찾아 내는 것에서부터 시작한다. 분석에서 사용되는 주 효과와 교호작용에 대한 다중회귀분석 모델은 다음과 같다.

$$Y_i = a_0 + a_1S_i + a_2H_i + a_3W_i + a_4A_i + a_5H_iW_i + a_6H_iA_i + a_7W_iA_i + e_i \dots\dots\dots(4-1)$$

- 여기서 Y_i = 측정된 근력(Newton, N)
- S_i = 성별(1 = 여자, 0 = 남자)
- H_i = 신장(cm)
- A_i = 나이(세)
- W_i = 체중(kg)

가) 팔 근력(Arm Strength)에 대한 분석

위의 식(4-1)에서 설정된 모델에 대해 Best Regression을 이용한 예비분석을 통하여 유의한 변수를 선정한 다음 회귀분석을 행한다. 팔근력에 대한 예비분석 결과가 다음 <표 4>에 제시되어 있다.

위의 <표 4>에서와 같이 여러 가지의 조합중에서 화살 표시가 있는 조합이 가장 적합한 회귀모형을 나타내고 있다. 즉, 위에 표시된 조합을 이용한 회귀모형의 결정계수(Coefficient of Determination, R^2)의 값이 가장 높고, 추정치와 실제치간의 차이에 대한 표준편차(Standard Deviation) s 가 가장 낮게 나타나므로 이로 미루어 보아 가장 적합한 모형이라 할 수 있다. 이를 통해서 결정된 요소 조합을 이용해서 실제의 회귀모형을 구해보면 식 (4-2)에 나타나 있는 형태를 갖는다.

$$\text{팔근력}(N) = 167 - 164 * (\text{성별}) + 0.0242 * (\text{신장} * \text{체중}) - 0.0134(\text{체중} * \text{나이})$$

<표 4> 적합한 회귀모형을 찾기 위한 예비분석

Vars	R^2	Adj. R^2	C-p	s	성별	신장	체중	나이	신장 * 체중	신장 * 나이	체중 * 나이
1	69.4	69.3	57.4	15.931	X						
1	52.8	52.6	235.7	19.780		X					
2	74.8	74.6	1.1	14.480	X				X		
2	74.3	74.1	6.7	14.629	X		X				
3	75.1	74.8	0.5	14.436	X				X		X
3	75.0	74.8	0.6	14.438	X			X	X		
4	75.1	74.7	2.5	14.462	X		X		X		X
4	75.1	74.7	2.5	14.462	X		X	X	X		
5	75.1	74.6	4.2	14.481	X	X	X		X		X
5	75.1	74.6	4.2	14.482	X	X	X	X	X		
6	75.1	74.5	6.1	14.506	X	X		X	X	X	X
6	75.1	74.5	6.2	14.508	X	X	X	X	X	X	
7	75.1	74.4	8.0	14.530	X	X	X	X	X	X	X

← Best Regression Set

(성별: 남자 0, 여자 1) ... (4-2)

Standard prediction error(s)=64.23(N)

R=0.87

위의 식을 보면, 팔근력은 남자의 경우, 체중이 많이 나갈수록, 키가 클수록, 나이가 작을수록 크게 나타남을 알 수 있다. 체중이 많은 사람은 신장이 클수록 팔근력이 크며(신장*체중의 교호작용), 나이가 적을수록 크게 나타난다(체중*나이의 음의 교호작용). 팔근력에서는 성별과 체중이 중요한 요인이 됨을 위식에서 알 수 있다. 외국자료와 비교를 위해 NIOSH에 의한 연구결과에서 보고된 다중회귀식을 보면 다음과 같다.(注: 미국인의 회귀식에 있어서는 신장은 inch단위로 체중은 lbs. 단위로 나타내었다.)

팔근력 (lbs) = 56.848 - 32.36*(성별) + 0.0035*(신장*체중) - 0.002647*(나이*체중)(4-3)

standard prediction error(s)=25.7lbs R=0.56

식 (4-2)와 식 (4-3)을 비교해 보면, 독립변수의 내용과 그 영향의 방향(계수의 부호)이 같게 나타나고 있다. 그리고 다중회귀식의 상관계수(Correlation Coefficient) R값은 우리나라의 경우가 미국의 연구결과보다 높게 나타나 좋은 모델임을 보여 주고 있다.

나) 몸통근력(Torso Strength)에 대한 분석

몸통근력에 대한 분석은 팔근력에서와 같은 방법으로 이루어지는데 가장 적합한 회귀분석을 구하면 식(4-4)와 같은 형태로 나타난다.

몸통근력(N) = -39 - 39.6*(성별) - 0.69*(신장) + 8.58*(나이) + 0.0381*(신장*체중) - 0.130(체중*나이)(4-4)

standard prediction error(s)=53.93(N)

R=0.67

몸통근력은 남자의 경우, 신장이 작을수록, 나이가 많을수록 크게 나타나며, 체중이 많이 나가는 사람은 키가 클수록, 나이가 적을수록 크게 나타남

을 알 수 있다.

이와의 비교를 위한 미국의 NIOSH 연구결과는 다음과 같다.

몸통근력(lbs.) = 21.736 + 0.01102*(신장*체중) - 0.006296(나이 * 체중) - 0.24974*(성별*체중).....(4-5)

standard prediction error(s)=46.8lbs(N)

R=0.56

신장, 체중, 성별은 두 나라 모두에서 같은 방향으로 영향을 미치고 있으나, 연령의 경우는 우리나라에서는 양의 방향으로, 미국에서는 음의 방향으로 나타나 차이를 보이고 있다. 이것은 남자의 경우에 몸통근력을 측정하는 자세가 어려웠기 때문에 직업경력이 많은 사람이 측정자세에 빨리 익숙해졌기 때문이라 생각된다. 그러나 여자의 경우에는 20대 여성은 주로 사무적이고 30-40대는 현장직이었던 점을 감안할 때 연령의 차이라기 보다는 사무직, 현장직의 차이로 해석되어야 할 것이다. 그리고 성별과 신장의 주요효과 우리나라에서만 유의한 변수로 선택된 것은 우리나라와 미국의 인체측정학적 차이와 문화, 관습의 차이로 여겨진다. 몸통근력에서도 우리나라의 상관계수값(R)이 높게 나타나고 있다.

다) 다리 근력(Leg Strength)에 대한 분석

앞에서와 같은 분석방법에 의해 아래와 같은 회귀모형을 구할 수 있다(식 4-6).

다리근력(N) = 3778 - 449*(성별) - 19.8*(신장) - 34.5*(체중) + 0.269*(신장*체중) - 0.0693*(체중*나이)(4-6)

standard prediction error(s)=179.6(N)

R=0.76

다리근력은 남자일수록, 신장이 작을수록, 체중이 작을수록 크게 나타나며, 교호작용을 보면 체중이 무거운 사람은 신장이 크고 나이가 적을수록 크게 나타나고 있다. 이러한 교호작용은 팔근력과 몸통근력의 경우와 같은 방향으로 나타나고 있다.

한편 미국의 NIOSH 연구결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{다리근력(lbs.)} &= 128.07 - 95.125 * \text{성별} + 0.0111 \\ &\quad * (\text{신장} * \text{나이}) - 0.000143 * (\text{나이} * \\ &\quad \text{신장} * \text{체중}) \dots\dots\dots(4-7) \\ \text{standard prediction error(s)} &= \\ 67.5\text{lbs. } R &= 0.59 \end{aligned}$$

성별, 신장과 체중의 교호작용, 체중과 나이의 교호작용은 두 나라에서 같은 방향으로 영향을 미치고 있고, 신장과 체중의 주효과는 우리나라에서만 나타나고 있다. 이러한 차이점은 위에서 언급한 바와 같이 신체적인 차이때문이라 생각된다. 여기서도 우리나라의 상관 계수값(R)이 크게 나타나고 있다.

위에서 제시된 다중회귀식을 이용하여 몇 가지 대표적인 신체 특성치에 대하여 각각의 자세에서 근력예측을 해보면 다음 <표 5>와 같다. 위의 예측값은 회귀분석에서 구한 식에 나이에 25와 55세, 체중에 45.4kg(100lbs.)와 90.8kg(200lbs.), 신장에 152.4cm(5feet)와 183cm(6feet)를 대입하여 구한 값이다. 우리나라의 다리근력에서는 체중이 45.4kg, 신장이 183cm인 50대 여자, 몸통근력에서는 체중이 45.4kg, 신장이 152.4cm인 20대 여자에게서 최소를 보이고 있는 것을 제외하고는, 두 나라에서 공통적으로 남녀 각 자세에서의 최대는 체중이 90.8kg, 신장이 183cm인 20대 남자에게서,

<표 5> 한국인과 미국인의 평균근력예측치의 비교

팔근력(kg)

		<본 연구 결과>				<NIOSH 결과>			
		남 자		여 자		남 자		여 자	
신 장		체중(kg)		체중(kg)		체중(kg)		체중(kg)	
		45	90	45	90	45	90	45	90
20대	150(cm)	32.55	48.07	15.84	31.37	72.5	88.3	41.2	55.9
	183(cm)	35.96	54.93●	19.25	38.18	34.87	43.9●	20.16	29.10
50대	150(cm)	30.74	44.45	13.98○	27.65	29.32	32.87	14.66○	18.16
	183(cm)	34.41	50.76	17.38	34.46	30.96	36.68	16.57	21.97

● : 최대치 ○ : 최소치

몸통근력(kg)

		<본 연구 결과>				<NIOSH 결과>			
		남 자		여 자		남 자		여 자	
신 장		체중(kg)		체중(kg)		체중(kg)		체중(kg)	
		45	90	45	90	45	90	45	90
20대	150(cm)	19.02	30.83	14.98○	26.79	34.19	58.48	22.83	35.77
	183(cm)	22.25	39.45●	18.2	35.46	40.18	70.46●	28.83	47.8
50대	150(cm)	27.2	20.9	23.2	16.9	25.6	41.3	14.3○	18.6
	183(cm)	30.5	29.6	26.4	25.6	31.6	53.3	20.2	30.6

몸통근력(kg)

<본 연구 결과>

<NIOSH 결과>

	남 자		여 자		남 자		여 자		
	체중(kg)		체중(kg)		체중(kg)		체중(kg)		
신 장	45	90	45	90	45	90	45	90	
20대	150(cm)	101.3	124.9	55.4	79.1	53.3	103.1	37.4	59.8
	183(cm)	77.7	139.3●	31.8	93.5	85.1	112.0●	41.9	68.8
50대	150(cm)	91.6	105.6	45.8	59.9	68.9	79.6	25.7○	36.4
	183(cm)	68.0	120.0	21.8○	74.3	71.1	83.9	27.8	40.7

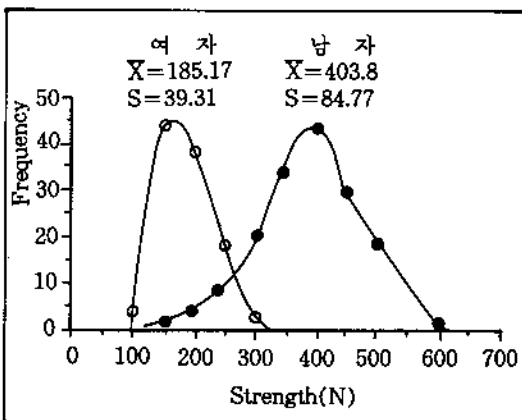
● : 최대치 ○ : 최소치

최소는 체중이 45.4kg, 신장이 152.4cm인 50대 여자에게서 나타나고 있다.

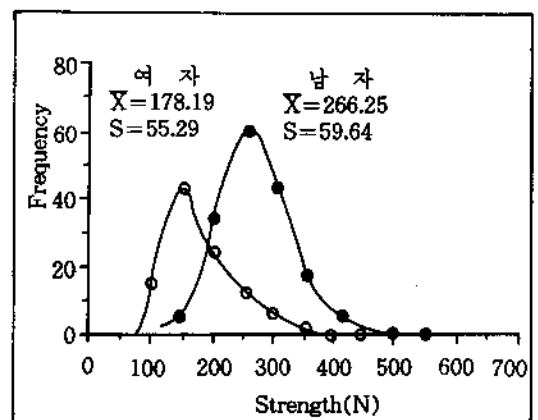
2) 근력분포

[그림 5, 6, 7]에서와 같이 팔근력에 있어서는 전반적으로 고른 분포를 나타내고 있으나, 몸통근력과 다리근력에 대해서는 남녀에 대한 분포가 많은 차이를 보이고 있다. 즉, 여자보다 남자에 있어서 분포에 대한 Peakness가 크게 나타나고 있다. 이러한 것은 여성에 대한 자료의 부족에 기인한 것으로 보이며, 향후 충분한 분석을 위해서는 꾸준한 자료수집이 진행되어야 할 것으로 생각된다. 여기에서도 회귀분석에서와 같이 외국자료와의 비교를 위하여 NIOSH에서 보고한 내용을 제시하면 다음 [그림 8, 9, 10]과 같다.

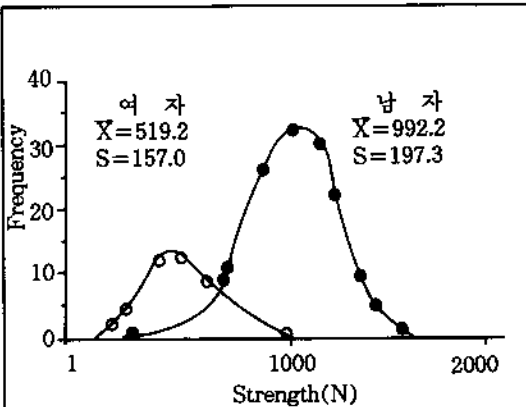
우리나라와 미국의 연구결과를 비교해보면, 팔근력의 분포는 매우 유사한 경향을 보이고 있으나, 몸통근력과 다리근력에서는 차이를 보이고 있다. 특히 우리나라의 남자에 있어서 그 분포의 Peakness가 높게 나타나고 있다. 그리고 두 나라에서 여자의 근력은 남자보다 그 크기가 작을뿐만 아니라, 표준편차도 작아서 분포의 모양이 좁게 나타나고 있다. 두나라의 남녀의 근력의 크기를 보면, 팔근력과 다리근력의 평균값은 큰 차이를 보이고 있지 않으나, 우리나라의 남자의 몸통근력은 미국의 절반에도 못미치는 수준으로 작다. 특이한 점은 남녀의 다리근력과 남자의 팔근력은 우리나라가 미국보다 오히려 크게 나타났다는 것이다.



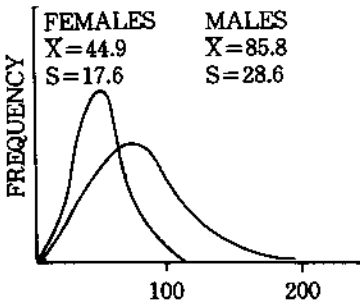
[그림 5] 한국인의 팔근력 분포



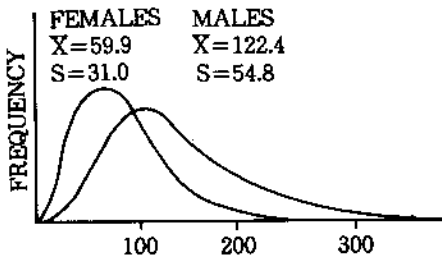
[그림 6] 한국인의 몸통근력 분포



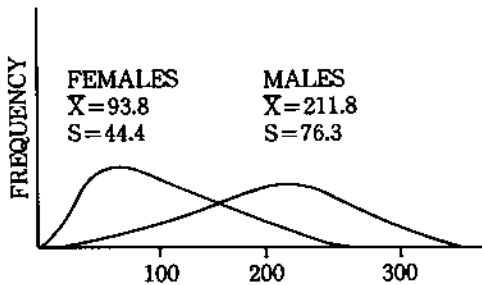
[그림 7] 한국인의 다리근력 분포



[그림 8] 미국인의 팔근력 분포



[그림 9] 미국인의 몸통근력 분포



[그림 10] 미국인의 다리근력 분포

5. 향후 연구방향

앞에서 분석되고 언급된 내용들은 해당 작업에서 작업자가 나타내는 힘의 측정에 머물러 있고, 구체적으로 해당 작업에 대한 필요 하중의 추정을 위한 작업분석은 이루어지지 않았기 때문에 작업자와 작업하중의 적합성이라는 개념은 도입되어 있지 않다. 실제로 작업자의 근력측정과의 연관성은 해당 작업에 있어서의 작업자의 잠재적인 위험요소 (Potential Risk Factor)를 찾아낼 수 있는 기준의 설정이 이루어져야만이 바람직한 연구방향이라고 할 수 있다. 예를 들어, 전선 및 가스등의 보수작업에 많이 일어나는 Manhole 개방작업의 경우에 뚜껑을 제거하는 작업이 이러한 작업을 오랜 시간에 걸쳐서 행해온 작업자에게 심각한 상해를 유발할 수 있다는 결론이 본 연구팀이 참여한 연구결과에서 얻어진 바 있다[6]. 이러한 위해작업의 경우에 있어서 작업방법 자체의 재설계가 어려운 경우에는 작업에서 필요로 하는 힘을 발휘할 수 있는 적절한 작업자를 선정하는 준비작업의 필요성을 절실하게 느낀다.

가장 바람직한 것은 각 사업장내에서 해당 작업별로 위험요소가 높은 것들부터 작업자의 선정에 있어서의 지침을 하나 하나씩 만들어 나가는 것이지만, 아직도 우리나라에서는 이러한 부분에 대한 관심이 결여되어 있는 것이 가장 큰 방해물로 작용한다. 앞으로는 이러한 분야에 대한 지속적인 관심의 확대와 꾸준한 자료의 수집이 이루어짐과 동시에 작업의 종류에 따른 작업자를 선정하기 위한 지침을 마련하기 위한 연구가 함께 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

[1] 한국일보, 1986년 8월 14일.
 [2] 이궁계, "EMG를 이용한 배근 피로의 분석," 서울대학교 공과대학 산업공학과 박사학위논문.

문, 1983.

[3] 이면우, "A Biomechanical Analysis of Selection and Training for Weight-lifting using EMG," 서울대학교 생산기술연구소 보고서, 1983.

[4] 이면우, 정경호, 한성호, 이금세, 이춘식, "역도경기의 자세, 무게중심, 가속도가 발뒤근력에 미치는 영향에 관한 생체역학적 연구," 대한산업공학회지, Vol.11, No.2, pp.87-100, 1985.

[5] 이면우, "Expert System과 CAD를 이용한 역도경기 동작의 분석, 평가방안," 대한산업공학회지, Vol.12, No.2, pp.1-12, 1986.

[6] 차철관, "한국통신 작업환경 측정보고서," 고려대학교 환경의학연구소 보고서, pp.608-617, 1991.

[7] Aberg, U. "Physiological and Mechanical Studies of Material Handling", Ergonomics Research Society Ann. Conf., 1961.

[8] Asmussen, E. and Heeboll-Neilson, K. "Isometric Muscle Strength in Relation to Age in Men and Women." Ergonomics, 5(1) : 167-169, 1962.

[9] Chaffin, D.B. and Park, K.S. "A Longitudinal Study of Low-Back Pain as Associated with Occupational Weight Lifting Factors." Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 34 : 513-525, December 1973.

[10] Chaffin, D.B., "Ergonomics Guide for the Assessment of Human Static Strength", Amer. Ind. Hyg. J., Vol.36, pp.505-510, 1975.

[11] Chaffin, D.B. "What Basis Exists for Determining How Much We Can Safely Lift?", Proceedings of AIIE, 1975

[12] Chaffin, D.B., G.D. Herrin, and W.M. Keyserling, "Preemployment Strength Testing",

J. Occup. Med., Vol.20, No.6, pp.403-408, 1978.

[13] Chaffin, D.B. and G. Andersson, *Occupational Biomechanics*, John Wiley, New York, 1984.

[14] Garg, A. "A Metabolic Rate Prediction Model for Manual Materials Handling Jobs." Ph. D. Dissertation, The University of Michigan, University Microfilms, 1976.

[15] Hunsicker, P. and G. Greey, "Studies in Human Strength", Research Quarterly, Vol.28, No.2, pp.109-122, 1957.

[16] International Labour Organization. "Tailor Weight Lifting to Worker and Task, ILO Advises." Saf. Stand., 15(2) : 12-13, March-April, 1966.

[17] Kamon, E. and Belding, H.S. "The Physiological Cost of Carrying Loads in Temperate and Hot Environment", Human Factors, 13(2) : 153-161, 1971.

[18] Laubach, L.L., "Comparative Muscular Strength of Men and Women : A Review of the Literature", Aviat. Space Environ. Med., Vol. 47, No.5, pp.534-542, 1976.

[19] Schultz, A.B. and G.B.J. Andersson, "Analysis of Loads on the Lumbar Spine", Spine, Vol.6, No.1, pp.76-82, 1981.

[20] Snook, S.H. and Ciriello, V.M. "Maximum Weights and Work Loads Acceptable to Female Workers." J. Occup. Med., 16(8) : 527, August 1974.

[21] Tauber, J. "An Unorthodox Look at Backache." J. Occup. Med., 12(4) : 128-130, April 1970.