

☒ 연구논문

결합된 수동물질취급 작업에서의 인체심리학적 연구
- Psychophysical Study of Combined Manual Material
Handling Tasks -

윤 훈 용*
Yoon, Hoon Yong

Abstract

Most psychophysical studies in manual material handling (MMH) have paid more attention to two-handed MMH activities than to one-handed MMH activities. Also, studies are involved only with single MMH activities - lifting, lowering, carrying, holding, pushing or pulling. Very few studies are reported on the determination of workers' capacities for combinations of one-handed MMH activities (lifting a box, then carrying the box, and lowering the box). The objective of this study was to find the psychophysical and physiological responses of human subjects from a simulated industrial task involving one-handed and two-handed combined tasks. The capacities that were determined as the maximum acceptable weight workloads for 1 hr work period for one-handed and two-handed combined tasks - lifting a box from floor to knuckle height, carrying the box for 4.3 m, and lowering the box from knuckle to floor height - were determined psychophysically under three frequencies: six handlings per minute, one handling per minute and one handling per five minutes. In addition to maximum acceptable weight, heart rate and RPE values on wholebody, back, and arm were also measured as responses.

1. 서론

경제발전과 산업화로 인하여 최근 우리나라의 작업장에서도 자동화가 많이 이루어져 사람에 의한 수동작업 (manual handling tasks)이 감소되어 가고 있는 추세이다. 하지만 작업의 특성상 기계나 로봇에 의한 자동화 작업이 인력에 의한 작업을 완전히 자동화시키기는 어려운 일일 것이며 아직도 서비스업이나 제조업에서는 상당부분의 작업이 사람을 필요로 하고 있는 실정이다.

일반적으로 산업현장에서 발생하는 대부분의 근골격계 상해의 주요원인은 수동물질 취급작업 (Manual material handling task; MMH)에 의한 것으로서 MMH작업이란 들기(lifting), 옮기기 (carrying), 내려놓기(lowering), 밀기(pushing), 당기기(pulling) 등에 의하여 목적물을 어느 한 곳에서 다른 한 곳으로 이동시키는 것을 의미한다. MMH 작업에 있어서 작업자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 하기 위한 연구방법에는 생체역학적 접근방법 (Biomechanical approach), 생리학적 접근방법 (Physiological approach), 인체심리학적 접근방법 (Psychophysical approach), 그리고 역학적 접근방법 (Epidemiological approach) 등 크게 4가지로 볼 수 있으며, 이러한 연구방법을 통해 안전한 작업조건을 제시하고자 하는 것이 목적이지만 각각의 연구방법에서 제시하고 있는 안전한

* 이 논문은 1997학년도 동아대학교 학술연구조성비(신진과제)에 의하여 연구되었음

* 동아대학교 산업시스템공학과

작업기준은 인간의 신체부위별 특성과 작업조건에 따라 조금씩 차이가 있는 것은 사실이다[1].

많은 연구들이 수동물질취급작업에 있어서 한손작업 보다 두손작업에 더욱 관심을 가져 왔다. 들기 작업에서의 한손 근력 측정과 운반작업에서 한손작업에 대한 몇몇 연구가 이루어졌으며, 한손작업의 경우 빈번하지 않은 운반작업에 대한 최대허용중량 (Maximum Acceptable Weight)을 결정하는 연구가 이루어 졌다[7][9][11]. 또한 많은 MMH작업 연구에 있어서도 하나의 작업동작 - 들기, 내리기, 운반하기, 밀기, 당기기-을 대상으로 한 연구가 주종을 이루었으나 다양한 작업동작이 결합되어 이루지는 작업에 대해서는 연구가 거의 이루어지지 않았다. 하지만 산업현장이나 일상생활에서 어떤 물건을 들어서 일정거리를 운반하고 다시 내려놓는것과 같은 결합적인 작업을 흔히 볼 수 있다. 미국의 경우 Jiang(1986)은 인체심리학적 방법을 이용하여 두손 결합작업에서의 최대허용중량 결정에 대한 연구를 하였으며 Yoon(1996, 1997)은 한손과 두손 결합작업에 대한 인체심리학적, 생리학적 연구를 하였다. 하지만 우리나라의 경우 산업현장이나 일상생활에서 여전히 많이 사용되어 지고 있는 반복적인 한손 및 두손 결합작업에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 인체심리학적, 생리학적 접근방법을 이용하여 한국인의 한손과 두손 결합작업에 있어서의 최대허용중량을 결정하고, 생리학적 측면에서 작업자의 심장박동수를 측정하였으며, 작업이 어느정도 힘들었는지를 RPE 척도를 이용하여 작업자의 주관적 척도를 알아보고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 피실험자

20세에서 25세의 10명의 신체 건강하며 근골격계에 이상 경험이 없는 남자를 신장과 체중의 특성을 고려한 층화추출표본(stratified sampling) 방법을 이용하여 선정하였다. 평균연령은 22.5세 (표준편차 2.3), 평균신장 173.7cm (표준편차 5.7cm), 평균체중 74.2kg (표준편차 7.3kg)이었다. 기본적인 인체측정을 마틴식 인체측정기를 이용하여 측정하였으며 팔, 허리의 isometric strength를 Asfour (1980)가 행한 방식을 통하여 측정하였다. 팔과 허리의 isometric strength값의 평균은 각각 35.3kg (표준편차 8.7)과 64.3kg (표준편차 13.5)였으며 선행연구들과 비교할 만한 값이었다[8][12].

2.2 실험변수

독립변수(independent variables)들로는 작업빈도수(frequency rate of task)와 수동작업의 종류 (한손작업과 두손작업)에 따른 변화를 연구하였다. 작업빈도수는 1분에 6회 (6회/분), 1분에 1회 (1회/분), 그리고 5분에 1회 (1회/5분)등 3가지로 하였으며, 한손작업과 두손작업 각각에 대하여 적용하였다. 한손작업의 경우 피실험자의 자주 사용하는 손을 사용하도록 하였다 (즉, 왼손잡이인 경우 왼손을 사용하도록 함).

본 연구에서의 종속변수(dependent variables)들로서는 피실험자가 한손작업과 두손작업 각각에 대해서 인체심리학적 방법에 의한 최대허용중량(Maximum Acceptable Weight ; MAW)을 결정하게 하였으며, 작업이 끝나는 57분에서 60분까지 매분 심장박동수를 측정하였다. 작업이 끝난 후 피실험자의 허리, 팔부분과 온몸의 힘든정도를 알아보기 위해 RPE (Ratings of Perceived Exertion) 치수를 측정 하였다.

2.3 실험절차

본 연구에서는 인체심리학적 연구방법(Psychophysical methodology)을 사용하여 들기, 운반하기, 내려놓기의 결합작업에 있어서의 한손과 두손 작업의 최대허용중량을 구하도록 하였다.

작업에 사용된 상자(container)는 미국자료와의 비교를 위해 미국에서 가장 일반적으로 쓰이는 상자를 선택하였는데, 두손작업의 경우 46cm × 30cm × 30cm 크기의 것을 사용하였고, 한손작업의 경우 일반적으로 많이 쓰이는 도구상자(tool box) 크기의 49cm × 16cm × 20cm를 사용하였다. 하중을 더하거나 감하기 위하여 불규칙한 임의의 무게를 가진 쇠덩어리, 납덩어리, 돌 등이 사용되었다. 각각의 상자에는 스티로폼(styrofoam)을 이용하여 무게의 중심이 중앙으로 오게 하였으며, 상자 밑바닥에 피실험자는 알지 못하는 공간을 만들어 실험자가 그 속에 무게를 채워 놓을 수 있게 하여 처음 작업을 시작할 때 상자의 무게를 무겁게 혹은 가볍게 조절할 수 있게 하였다. 작업의 빈도수는 1회/분, 6회/분, 1회/5분으로 하였으며, 운반 거리는 4.3m, 들기 및 내리기, 운반하기 스타일 및 운반속도는 각자 피실험자가 정하도록 (free style) 하였으며 본 실험에서의 4.3m 운반 거리는 산업현장에서 중간거리 정도로 많이 쓰여지는 것을 대표하는 것으로서 정하였다. 기존의 많은 연구에서는 8시간 작업을 기준으로 하여 20분~40분 동안 실제 작업을 통하여 8시간동안의 최대허용중량값을 구하도록 하였다. 하지만 본 연구에서는 8시간의 작업 대신 1시간 작업을 기준으로 하였으며 1시간 작업의 최대허용중량을 구하도록 하였다. 이는 본 연구에서의 작업과 같은 '들어서 운반하고 다시 내려놓는' 경우 1시간 기준의 작업이 하루에 간헐적으로 일어나는 경우가 작업장에서 더 많이 일어날 수 있기 때문이었다. 운반속도는 조절하지 않았으며 무게의 조절은 45분동안 이루어지게 하였으며 나머지 15분 동안에는 각자가 정한 MAW값을 가지고 작업을 하도록 하였다. 각 조건에서의 작업 마지막 57분에서 60분까지 매분 작업자의 심장박동수를 기록하였으며 매분 심장박동수의 평균을 그 작업에서의 심장박동수로 하였다. 각각의 조건에 따른 작업을 각 피실험자는 2번을 행하였으며 작업순서는 랜덤하게 하였다. 각 조건에 따른 작업이 끝난 후 피실험자에게 Borg scale에 따른 허리,팔 부위와 온몸의 주관적 힘든 정도를 RPE 치수를 통해 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

작업빈도수와 수동작업의 종류에 따른 최대허용중량 (MAW)값 및 심장박동수를 <표 1>에 보여주고 있다. 종속변수 값들의 차이를 알아보기 위하여 SAS 프로그램 (SAS 6.17, SAS Institute, Inc)을 사용하여 통계처리를 하였다[10].

<표 1> 종속변수들의 평균과 표준편차

	6/min		1/min		1/5min	
	one hand	two hand	one hand	two hand	one hand	two hand
MAW (kg)	10.0 (2.80)*	12.9 (2.35)	19.7 (5.21)	27.0 (7.03)	24.7 (6.24)	36.8 (8.27)
Heart Rate (bpm)	124.0 (10.5)	139.0 (9.3)	104.1 (6.3)	114.7 (8.7)	107.2 (10.4)	119.2 (8.9)

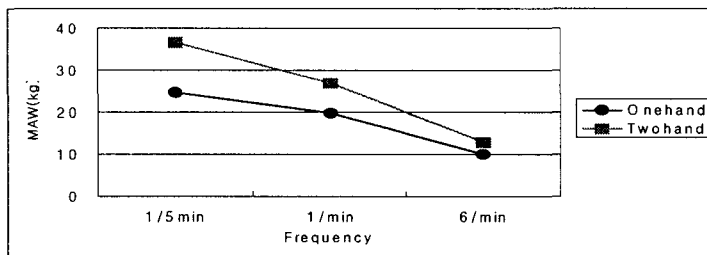
* 괄호속의 수치는 표준편차를 나타냄.

3.1 최대허용중량 (Maximum Acceptable Weight)

각 작업조건에 따른 최대허용중량을 결정하도록 하였다. 한손작업에 있어서 두손작업에 대한 최대허용중량 비율은 두손작업과 비교하여 작업빈도 6회/분인 경우 77.5%, 1회/분인 경우 73.0%, 1회/5분인 경우 67.2% 이었다. 분산분석 결과 작업빈도수와 수동작업의 종류 사이에 교호작용(interaction effect)이 통계적으로 유의하게 나타났으므로 (p<0.0001), 주효과(main effect)에 대한 더 이상의 분석은 의미가 없게 되었으며, <그림 1>에 두 변수간의 교호작용을

보여주고 있다. <그림 1>에 의하면 최대허용중량은 작업빈도수가 많아질수록 현저하게 작아지고 있음을 보여주고 있으며, 작업빈도수가 많을경우가 작업빈도수가 적을 경우보다 한손작업과 두손작업의 최대허용중량 차이가 작아짐을 보여주고 있다.

통계적으로 최대허용중량에 대한 교호작용을 분석하기 위하여 작업빈도수와 수동작업의 종류에 따른 6가지의 작업(task)종류를 분류하였다. 즉 '작업1'은 작업빈도수가 6회/1분인 한손작업을 가리키며 '작업2'는 작업빈도수가 6회/1분인 두손작업을, '작업3'은 작업빈도수가 1회/1분인 한손작업, '작업4'는 작업빈도수가 1회/1분인 두손작업, '작업5'는 작업빈도수가 1회/5분인 한손작업, '작업6'은 작업빈도수가 1회/5분인 두손작업을 나타낸다. Tukey 다중비교분석(Tukey's multiple comparison)을 통해 6가지 서로다른 종류의 작업을 분석한 결과를 <표 2>에 보여주고 있다. <표 2>에 의하면 각 수동작업에서 각각의 작업빈도수에 따른 최대허용중량은 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 같은 작업빈도수에서는 두손작업의 최대허용중량이 한손작업보다 많게 나타났다. 이러한 결과는 <그림 1>에서 보여주는것과 일치하였다. 1회/5분이나 1회/분과같이 작업빈도수가 적은 경우에는 각 작업사이 긴 휴식 시간중의 생리학적인 회복(physiological recovery)으로 인해 작업자의 근력(strength)이 최대허용중량을 결정하는데 중요한 요소가 되었으나, 빈번한 작업빈도수일 경우, 특히 6회/분일 경우에는 매 10초마다 허리를 계속해서 굽히고 펴야하는 연속결합 작업의 특성상 (물건을 들어서 운반하고 다시 내려놓는) 각 작업사이에 휴식을 할 여유가 없음으로 인해 한손을 사용했을때보다 두손을 사용했을 때 더 얻을 수 있는 근력의 이점을 살릴수가 없는 것으로 나타났으며 이로인해 한손작업과 두손작업 중량의 차이가 다른 두 빈도수에 비해 작음을 알 수 있다.



<그림 1> 최대허용중량(MAW)에 있어서의 작업빈도수와 수동작업 종류와의 Interaction plot

<표 2> 6가지 작업에 대한 최대허용중량 Tukey 테스트

Tukey Grouping	Mean MAW(kg)	Task
A	36.8	1/5min with two hands
B	27.0	1/min with two hands
C	24.7	1/5min with one hand
D	19.7	1/min with one hand
E	12.9	6/min with two hands
F	10.0	6/min with one hand

3.2 심장박동수(Heart Rate)

심장박동수를 분석한 결과 작업빈도수와 수동작업의 종류에 따른 교호작용은 나타나지 않았으나 작업빈도수와 수동작업 종류 각각에 대해서는 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다

($p < 0.0001$). 따라서 주효과에 대하여 Tukey 다중비교분석을 하였으며 그 결과를 <표 3>과 <표 4>에 보여주고 있다. 작업빈도수에서는 6회/분의 경우 다른 두 작업빈도수보다 심장박동수가 많이 나타났으며, 1회/분과 1회/5분의 경우에는 통계적으로 차이를 보이지는 않았다. 하지만 1회/분이 1회/5분보다 작업빈도수가 빈번함에도 불구하고 심장박동수는 오히려 1회/5분 작업에 좀 더 많이 나타남을 보였다. 이 두 작업빈도수의 경우에는 작업중에 휴식시간이 생리학적인 회복을 하기에 충분하기 때문에 작업자들의 생리학적인 한계는 중요한 요소가 되지 못하였다. 오히려 심리학적으로(psychologically) 1회/5분이 1회/분 보다 빈도수보다 덜하기 때문에 작업자들이 1회/분 작업시 보다 1회/5분 작업시 좀 더 많은 양의 무게를 들어서 운반해야 한다는 생각을 가지므로써 심장박동수는 오히려 1회/5분이 더 많게 나타나지 않은가 생각된다. 같은 작업빈도수에서는 두손작업일 경우 한손작업보다 높은 심장박동수를 나타내었다.

<표 3> 작업빈도수에 따른 심장박동수 Tukey 테스트

Tukey Grouping*	Mean (bpm)	Frequency Rate
A	131.7	6/min
B	113.2	1/5min
B	109.4	1/min

<표 4> 수동작업종류에 따른 심장박동수 Tukey 테스트

Tukey Grouping	Mean (bpm)	Hand Condition
A	124.3	two-handed
B	111.9	one-handed

3.3 Ratings of Perceived Exertion (RPE) 측정

어떤 육체적 작업을 할 경우 작업자 자신이 주관적으로 느끼는 힘든 정도를 알아보기 위하여 가장 많이 쓰여지는 측정 방법중의 하나가 Borg에 의하여 개발된 RPE 측정법이다. 이 측정법은 심리학 분야에서도 많이 쓰여지고 있는데 RPE 척도는 6점에서 20점까지 15단계로 나뉘어져 있으며 각 홀수 숫자에 대한 설명이 되어있는데 7점인 경우 'very very light'으로, 맨 마지막 19점인 경우 'very very hard'로 설명하고 있다. <표 5>에 RPE척도를 보여주고 있다[5]. <표 6>에는 온몸(RPE(WB)), 허리(RPE(BK)), 팔(RPE(A)) 부분의 각 작업조건에 대한 RPE 값을 보여주고 있다.

3.3.1 온몸 (Whole Body)에 대한 RPE값, RPE(WB)

분산분석 결과 작업빈도수와 수동작업의 종류 사이에 교호작용 (interaction effect)이 통계적으로 유효하게 나타났으므로 ($p < 0.005$), 주효과 (main effect)에 대한 더 이상의 분석은 의미가 없게 되었으며, <그림 2>에 두 변수간의 교호작용 보여주고 있다. <그림 2>에 의하면 RPE 값은 작업빈도수가 6회/분인 경우 한손작업에 비해 두손작업이 현저하게 높음을 보여주고 있으며, 1회/5분이나 1회/분과 같이 작업빈도수가 빈번하지 않을 경우에는 한손작업과 두손작업의 힘든 정도가 크게 차이가 나지 않음을 보여주고 있다. 통계적으로 온몸의 RPE치수에 대한 교호작용을 좀 더 분석하기 위하여 최대허용중량 분석때와 마찬가지로 작업빈도수와 수동작업의 종류에 따른 6가지의 작업(task)종류를 분류하였다. Tukey 다중비교분석을 통해 6가지 서로다른 종류의 작업을 분석한 결과를 <표 7>에 보여주고 있다. 6회/분 두손작업일 경우 다른 작업들에 비해 월등히 힘들었다는 것을 보여주고 있는데 RPE 값 16.2는 작업자들이 일한 후그 일이 '힘들다 (hard)'라는 생각을 가졌다는 것을 말해주고 있다. 하지만 그의 다른작

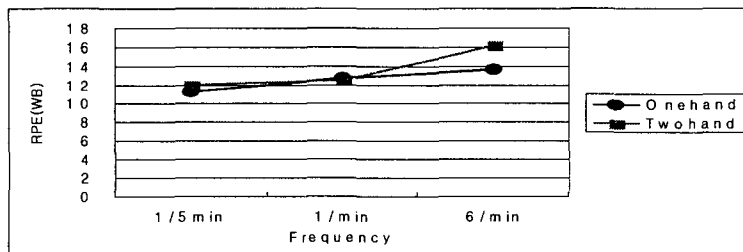
<표 5> Ratings of Perceived Exertion Scale (Borg, 1974)[5]

Ratings	Exertion Level
6	
7	very very light
8	
9	very light
10	
11	fairly light
12	
13	somewhat hard
14	
15	hard
16	
17	very hard
18	
19	very very hard
20	

<표 6> RPE 값의 평균과 표준편차

	6/min			1/min			1/5min		
	A	WB	BK	A	WB	BK	A	WB	BK
one handed	15 (1.6)	13.7 (1.6)	15.3 (1.5)	13.9 (1.3)	12.8 (1.9)	11.7 (0.9)	12.1 (1.2)	11.4 (1.2)	12.0 (0.8)
two handed	14.3 (1.0)	16.2 (0.9)	16.6 (0.8)	11.9 (1.0)	12.6 (1.0)	13.2 (0.9)	11.9 (1.0)	12.1 (0.7)	12.3 (0.7)

* 괄호속의 수치는 표준편차를 나타냄.



<그림 2> RPE(WB)에 있어서 작업빈도수와 수동작업종류의 Interaction plot

<표 7> 6가지 작업에 대한 RPE(WB) Tukey 테스트

Tukey Grouping*	Mean RPE(WB)	Task
A	16.2	6/min with two hands
B	13.7	6/min with one hand
C B	12.8	1/min with one hand
C B	12.6	1/min with two hands
C	12.1	1/5min with two hands
C	11.3	1/5min with one hand

업들 간에는 큰 차이를 보이지는 않았다.

3.3.2 허리(Back)부분에 대한 RPE값, RPE(BK)

분산분석 결과 작업빈도수와 수동작업의 종류 사이의 교호작용은 없었으며($p>0.1$), 작업빈도수와 수동작업종류 각각에 대해서는 서로간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$). 따라서 주효과에 대한 Tukey 다중비교분석을 하였으며 그 결과를 <표 8>과 <표 9>에 보여주고 있다. 작업빈도수에 따른 허리부분에 느끼는 힘든 정도는 6회/분 작업인 경우 다른 두 작업 (1회/분, 1회/5분) 보다 통계적으로 유의하게 크게 나타났다 ('많이 힘든 작업' 작업이라고 느낌). 하지만 다른 두 작업 간에 느끼는 힘든 정도는 통계적으로 차이가 나지 않았다. 수동작업 종류에 따른 분석에 의하면 두 손작업이 한손작업보다 통계상으로 볼 때 허리부분에 좀 더 힘들게 느껴짐을 알 수 있다. 이는 두 손작업과 한손작업의 최대허용중량의 차이로 인한 것으로 추정된다.

<표 8> 작업빈도수에 따른 RPE(BK) Tukey 테스트

Tukey Grouping*	Mean	Requency Rate
A	15.5	6/min
B	12.9	1/min
B	11.6	1/5min

<표 9> 수동작업 종류에 따른 RPE(BK) Tukey 테스트

Tukey Grouping	Mean	Hand Condition
A	14.1	two-handed
B	13.0	one-handed

3.3.3 팔(ARM)부분에 대한 RPE값, RPE(A)

팔 부분의 힘든 정도를 알아보기 위해 두손작업일 경우에는 두팔 모두에 대한 힘든정도를, 한손작업의 경우에는 작업시 사용한 팔에 대해 힘든 정도를 알아보았다.

분산분석 결과 작업빈도수와 수동작업의 종류 사이의 교호작용은 없었으며($p>0.05$), 작업빈도수와 수동작업종류 각각에 대해서는 서로간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.005$). 따라서 주효과에 대한 Tukey 다중비교분석을 하였으며 그 결과를 <표 10>과 <표 11>에 보여주고 있다. 작업빈도수에 있어서 세가지 작업빈도수간에 통계적으로 유의한 차이를 보였는데, 6회/분일 경우 팔 부분에 힘든 정도를 가장 많이 느꼈으며 1회/분, 1회/5분 순으로 힘들었음을 보여주고 있다. 수동작업의 종류에 대한 분석에서는 한손작업일 경우가 두손작업일 경우보다 팔부분에 더 힘들었음을 보여주고 있다. 이는 두손작업일 경우에는 무게가 두 팔에 양분되어 있고 한손작업일 경우에는 사용하는 그 팔에만 무게가 집중되기 때문에 팔 부분에 대한 힘든 정도가 한손작업일 경우 더 크게 느껴짐을 알 수 있다.

<표 10> 작업빈도수에 따른 RPE(A) Tukey 테스트

Tukey Grouping*	Mean	Requency Rate
A	14.7	6/min
B	12.9	1/min
C	12.0	1/5min

<표 11> 수동작업 종류에 따른 RPE(A) Tukey 테스트

Tukey Grouping	Mean	Hand Condition
A	13.6	one-handed
B	12.7	two-handed

4. 결론

본 연구에서는 수동물질작업 중에서 들어서 운반하고 내려놓는 일련의 연속적 결합작업에 대해서 인체심리학적방법을 사용하여 작업빈도수와 수동작업 종류에 따른 최대허용중량을 결정하고 심장박동수를 측정하였으며, 또한 작업자가 실제로 느끼는 힘든 정도를 RPE척도를 이용하여 측정하였다. 최대허용중량에 있어서 한손 결합작업의 경우 작업빈도수에 따라 조금씩은 차이가 있지만 두손작업 최대허용중량의 약 73% 정도가 되었으며 작업빈도수가 많아질수록 최대허용중량은 통계적으로 유효하게 감소되었다. 작업빈도수가 많지 않을 경우에는 작업자의 근력이 최대허용중량을 결정하는데 중요한 요소가 되었으나 작업빈도수가 많아지면서 작업자의 생리학적 능력이 최대허용중량을 결정하는데 중요한 역할을 하였다. 심장박동수에 있어서는 빈도수가 높은 6회/분의 작업에서 다른 두 작업보다 통계적으로 높은 심장박동수를 보였다. 하지만 1회/분과 1회/5분 간에는 통계적으로 유효한 차이를 보이지 않았는데 두 작업의 경우 작업자들이 작업중에 생리학적으로 회복될 수 있는 충분한 휴식시간이 있었기 때문인 것으로 나타났다. 각 작업조건에 따른 작업이 끝난 후 허리와 팔부위 그리고 온몸에서 작업자가 실제로 느끼는 힘든 정도를 RPE척도를 통해 측정하였다. 온몸의 경우 작업빈도수가 6회/분 두손작업일 경우 다른 작업들에 비해 월등히 힘들었다고 나타났으며 허리부분의 경우에도 작업빈도수가 많은 6회/분일 경우 다른 두 경우보다 힘든 정도 심한 것으로 나타났다. 팔부위의 경우 작업빈도수에 있어서 6회/분, 1회/분 그리고 1회/5분 순으로 힘들었음을 보여주고 있으며 한손작업일 경우 사용한 팔에 모든 무게가 집중되었으므로 해서 한손작업이 두손작업보다 팔 부분에 있어서는 더 힘들게 느껴짐을 알 수 있다. 추후 한손결합작업과 두손결합작업간의 관계를 모델링을 통해 수식화 함으로서 두손결합작업량을 통해 한손결합작업의 최대허용한계를 추정할 수 있으리라 기대한다.

참고문헌

- [1] 정성학, 김흥기, "인력물자취급시 작업빈도에 따른 인체심리학적 최대허용중량의 비교연구," 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 39-49, 1997.
- [2] 윤훈용, "한손연속작업의 심리육체학적 모델링," 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 95-99, 1997.
- [3] Asfour, S.S., "Energy cost prediction models for manual lifting and lowering," Ph.D. dissertation, Texas Tech University, Lubbock, TX, 1980.
- [4] Ayoub, M. M., and McDaniel, J. W. "Effects of operator stance on pushing and pulling tasks," *Transactions of the American Institute of Industrial Engineers*, 6, pp. 185-195,

1974.

- [5] Borg, G.A.V., and Noble, B.I., "Perceived exertion," *Exercise and Sports Science Review*, Academic Press, New York, 1974
- [6] Chaffin, D. B., "Human strength capability and low-back pain," *Journal of Occupational Medicine*, 16, pp. 248-254, 1974.
- [7] Davis, P. R., and Stubbs, D. A., "Force Limits in Manual Work," (Guilford: IPC Science and Technology Press), 1980.
- [8] Jiang, B. C., Smith, J. L., and Ayoub, M.M., "Psychophysical modelling for combined manual materials handling activities," *Ergonomics*, 29, pp. 1173-1190, 1986.
- [9] Mital, A., and Manivasagan, I., "Subjective estimates of one-handed carrying tasks," *Applied Ergonomics*, 14, pp. 265-269, 1983.
- [10] SAS Users Guide : Statistics. SAS Institute Inc. Box 8000, Cary, NC 27511, Version 5 Edition, 1985.
- [11] Warwick, D., Novak, G., Schultz, A., and Berkson, M., "Maximum voluntary strengths of male adults in some lifting, pushing, and pulling activities," *Ergonomics*, 23, pp. 49-54, 1980.
- [12] Yoon, H., and Smith, J.L., "Psychophysical and physiological study of one-handed combined tasks," *Advances in Occupational Ergonomics and Safety I*, Vol 2, 1996.

