

대칭형 들기 작업에서 사회심리적 요인이 근육 동원 형태에 미치는 영향 분석

송영웅^{*} · 이욱기^{**} · 김상호^{***}

^{*}대구가톨릭대학교 산업보건학과 · ^{**}금오공과대학교 산업경영학과

^{***}금오공과대학교 산업시스템공학전공

Effects of Box Color and Precision Demand on the Muscles' Recruitment Pattern in Repetitive Lifting Tasks

Young Woong Song^{*} · Wook Gee Lee^{**} · Sang Ho Kim^{***}

^{*}Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu

^{**}Department of Industrial Management, Kumoh National Institute of Technology

^{***}Department of Industrial & Systems Engineering, Kumoh National Institute of Technology

Abstract

In this study, the effects of psychosocial stress (box color and precision demand) on muscle activity were evaluated in laboratory setting. Eight subjects performed sagittally symmetric lifting tasks. Box color (yellow, black), precision demand (yes, no), and box weight (5 %MVC, 10%MVC, 15 %MVC) were varied and surface EMG signals from seven muscles(medial deltoid right, biceps brachii right, lateral triceps right, latissimus dorsi right, erector spinae right, external oblique right, internal oblique right) were recorded. EMG signals were band-pass filtered(10~400 Hz), rectified, RMS smoothed and normalized (NEMG). Analysis of variance tests were conducted on the total NEMG (TNEMG: the sum of the seven muscles' NEMGs) and on the individual muscle's NEMGs. Box color had no effect on the TNEMG and on the seven muscles activities($p>0.05$). When precision demand was required at the end point of lifts, the mean NEMG showed higher values than no precision demand conditions: TNEMG (14% increase) and medial deltoid(40% increase), biceps brachii(10% increase), lateral triceps(26% increase), latissimus dorsi(25% increase) muscles. Those increases showed more conspicuous as the box weight increased in the msucle of medial deltoid, lateral triceps, and latissimus dorsi.

Keywords: Musculoskeletal Disorders(MSDs), MMH(manual materials handling), Repetitive Lifting Tasks, Psychosocial Risk Factors, Precision Demand, Box Color

1. 서 론

인력운반(Manual Materials Handling : 이하 MMH) 작업은 기계나 동력기구의 도움 없이 작업자의 근력을 이용하여 작업물을 원하는 위치까지 이동시키는 작업으로 근육을 매개로 하는 대표적인 작업이다. MMH

작업 시 행해지는 작업형태로는 들기(lifting), 내리기(lowering), 밀기(pushng), 당기기(pulling), 운반(carrying), 들고 있기(holding) 등이 있다(Klein 등, 1984).

MMH 작업은 과거 40 여 년간 인간공학을 비롯한 여러 관련분야에서 끊임없이 연구되어온 주제로서, 자동화와 기계화가 많이 진행되었지만, 아직도 산업 현장에는

† 교신저자: 김상호, 경상북도 구미시 양호동 1번지 금오공과대학교 산업시스템공학전공

M · P :019-502-4387, E-mail: kimsh@kumoh.ac.kr

2009년 7월 15일 접수; 2009년 8월 28일 수정본 접수; 2009년 8월 28일 게재 확정

다양한 형태의 MMH 작업이 이루어지고 있다.

이렇게 폭 넓게 사용되고 있는 MMH 작업은 작업 시 과도한 중량물의 취급이나 작업과정에서 발생하는 반복적인 몸통의 뒤틀림 등으로 인해 요통(Lowback Pain: 이하 LBP)이나 누적성외상질환(Cumulative Trauma Disorder: 이하 CTD)과 같은 근골격계질환(Musculo-Skeletal Disorder)을 유발할 수 있다. 특히 동일한 동작이 오랜 시간동안 지속되는 단순반복 작업에 대해서는 LBP나 CTD와 같은 근골격계질환의 위험성이 높은 것으로 보고되고 있다(Ayoub, 1991). 국내에서 근골격계질환은 1998년 이후 지속적인 증가추세를 보이고 있으며, 특히 LBP는 작업장에서 발병하는 근골격계질환 중에서 가장 빈번하게 일어나며 비용이 많이 드는 질환 중의 하나이다 (Marras, 2000). 국내의 경우, 2005년도 근골격계질환자수는 2,901명이고, 이 중 요통은 34% (975명)를 차지하였으며 (노동부, 2005), 이는 2004년도 보다 6% 포인트 증가한 결과이다.

근골격계질환에 영향을 미치는 위험 인자로는 작업 요인, 개인적 요인과 함께 사회심리적 요인이 꼽히고 있다. 관련연구 초기기에는 작업물의 무게, 위치, 빙도와 같은 작업 요인에 대한 연구가 많이 이루어졌으나, 근래에는 사회심리적 요인의 영향에 대한 연구가 시도되고 있다. Marras 등(2000)은 심리사회적 스트레스, 성별, 성격유형이 요구의 기계적 부하에 미치는 영향에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구는 대칭형 들기작업을 수행하도록 하면서 상반되는 성격유형을 가진 사람들을 비교하여 특정 성격유형이 척골부하의 변화와 관련이 있고 피실험자 간에 부하 차이가 있음을 밝혔다. 즉, 심리사회적 스트레스와 척골부하 간의 잠재적인 경로가 존재하며, 이는 심리사회적 스트레스가 어떻게 요통의 위험을 증가시키는지 설명 해주는 것으로 간주된다.

Mats 등(1993)은 천에 레이스를 다는 작업자의 작업 자세에 대한 연구에서, 작업자가 작업을 할 때 목의 기울어짐 각도는 폭이 넓은 레이스를 박음질 할 때 보다 폭이 좁은 레이스를 박음질 할 때 더 크고, 이로 인해 어깨와 목 부위에 근골격계질환을 당할 위험이 더 크다고 보고하였다.

Milerad와 Ericson (1994)은 수공구를 이용한 작업에서 정확도의 요구는 자세의 안정화 기능을 수행하는 두개의 주동근인 요측수근신근(extenso carpi radialis)과 극하근(infra-spinatus)의 활동에 유의한 영향을 미친다고 보고하였다. 이 두 가지 연구는 지금까지 고려된 작업 관련 요인 외에도, 정확도 요구와 같은 부가된 사회심리적 스트레스가 사용 근육의 작업부하에 영향을 준다는 증거를 제시해 준다고 할 수 있다.

이상과 같은 연구결과들을 바탕으로 본 연구에서는

반복적인 중량물 들기작업에서 사회심리적 스트레스 요인이 작업자의 요통발생에 미치는 잠재적 영향의 통로가 존재하는지를 확인해보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 실험계획

본 연구에서 채택한 가설은 동일한 작업조건에서 반복적인 들기작업을 실시하더라도 사회심리적 스트레스 요인의 특성에 따라 작업자가 느끼는 작업부하가 달라지며, 이로 인해 작업과정에서 사용되는 근육활동의 정도가 달라진다는 것이었다. 이러한 가설을 입증하기 위해 작업자의 부하에 영향을 미칠 수 있는 사회심리학적 스트레스 요인으로 정확도의 요구와 중량물 상자의 색상을 선택하였으며, 작업자의 부하정도를 평가하기 위한 도구로서 작업에 동원되는 허리와 팔 부위 근육의 활동정도를 채택하였다.

실험에 사용된 독립인자는 ① 정확도 요구(2 수준: 있음, 없음) ② 상자 색상(2 수준: 황토색, 검정색), ③ 무게(3 수준: 5%MVC, 10%MVC, 15%MVC) 였다.

근육활동의 측정과정에서 나타나는 피실험자들의 개인 차에 의한 영향을 배제하기 위하여 각 피실험자가 모든 실험조건($2 \times 2 \times 3 = 12$ 조건)을 모두 수행하도록 하는 Within Subject Design이 사용되었고, 무작위순으로 결정된 각 실험조건에서 3 회씩 반복 측정을 실시하였다.

중량물 상자의 색상을 독립변수의 하나로 채택한 이유는 중량물의 무게에 대한 사전정보가 주어지지 않을 경우 작업자는 작업 이전에 자신이 추정한 중량물의 하중을 바탕으로 작업방법을 선택할 것이며, 이 과정에서 상자나 작업물의 색상에 따라 그 하중에 대한 추정치가 영향을 받을 것이라는 가정에서 비롯되었다.

2.2 피실험자

본 연구에 참여한 피 실험자는 어깨 및 허리부위에 수술 경험이 없고, 최근 6 개월간 어깨나 허리의 통증을 경험한 적이 없는 건강한 남자 대학생 8 명이었다.

실험이 Within Subject Design으로 구성되었으며, 측정되는 종속변수가 근전도 특성임을 감안할 때 피실험자의 수는 충분한 것으로 판단된다. 피 실험자들은 평균연령 25 세 (24~26), 평균신장 173.3 cm (170~176), 평균체중 69.6 kg (58~80)이었으며, 정확한 실험결과를 얻기 위해 피실험자가 실험기간 중 무리한 운동이나 과음을 삼가도록 하였다.

2.3 실험 방법

피실험자별 작업물의 무게수준을 결정하기 위해 10일 동안 피실험자의 근력치(자유 들기 자세)를 측정한 후 평균값의 5%, 10%, 15%MVC에 해당하는 3 수준의 무게를 결정하였으며, 상자에 모래주머니를 넣어 무게를 조절하였다.

실험에서 적용된 들기 작업은 바닥에 놓인 상자를 76 cm 높이의 테이블 위에 올려놓은 작업으로서, 들기 자세는 무릎을 굽혀 드는 방법을 취하도록 하였다. 들기 속도는 피 실험자가 자의적으로 결정하되 급격한 동작이 발생하지 않도록 하였다. 사용된 상자는 가로, 세로, 높이가 각각 $34 \times 34 \times 24 \text{ cm}^3$ 이고 손잡이의 높이가 18 cm인 나무 상자(황토색, 검정색)를 사용하였다.

정확도 요구가 있는 경우는 상자를 테이블 위에 올려놓을 때 $37 \times 37 \text{ cm}^2$ 의 영역 안에 올려놓게 하였으며, 정확도 요구가 없는 경우는 테이블 위 임의의 위치에 올려놓도록 하였다.

2.4 근전도 측정 및 분석

근전도를 측정한 근육들은 들기 작업에 동원되는 상완과 어깨, 허리 등의 신체 부위에서 선정하였으며, 선정된 근육은 우측의 상완이두근(Biceps Brachii), 상완삼두근(Lateral Triceps), 삼각근(Medial Deltoid), 광배근(Latissimus Dorsi), 내복사근(Internal Oblique), 외복사근(External Oblique) 그리고 척추기립근(Erector Spinae)의 총 7개 근육이었다. 전극 부착시 일반적인 근전도 수집절차에 따라 두 전극 사이의 간격은 3 cm로 유지하였으며, 접지 전극은 근육활동이 발생하지 않는 부위인 쇄골에 부착하였다(김상호, 1995). 근전도 측정은 미국 Noraxon 사의 Telemyo 900 근전도 측정시스템을 사용하였으며, sampling rate는 1 kHz를 사용하였다. 실험 전에 전극을 부착할 위치를 면도한 후 알코올로 닦고, 전극을 부착하였다. 이후, 누운 자세, 엎드려 누운 자세, 직립한 자세의 3 가지 자세로 휴식상태의 근전도(EMGREST)를 측정하였다. 근전도의 최대값(EMGMAX)은 5 가지 자세에서 측정한 값들의 최대값을 사용하였으며, 1) 정적 들기 자세, 2) 등을 대고 누운 채 윗몸 일으키기 자세, 3) 배를 바닥에 대고 누운 채 상체 신전시키기, 4) 앉아서 팔을 앞으로 뻗은 자세에서 팔을 지지한 다음 팔을 아래로 내리기, 5) 마지막으로 4 번과 동일한 자세에서 팔을 위로 올리기 자세였다.

실험 중 상자를 잡는 순간부터 목표 지점에 위치시킬 때까지의 근전도 변화를 측정하였으며, 3 분간 휴식

을 취한 후 다음 실험을 준비하여 모든 수준 조합에 대해 완료 될 때까지 반복하였다. 각 피 실험자의 각 수준조합에 대해 측정된 EMG 데이터는 밴드패스 필터(10 Hz ~ 400 Hz)를 통과시킨 후 Rectification을 거친 다음 RMS 값(윈도우 크기: 300 ms)을 구하였다. 휴식시 근전도(EMGREST)와 최대 근전도(EMGMAX)에 대해서도 같은 처리를 한 다음, NEMG를 구하였다. 분석에서는 들기 작업 동안의 NEMG 평균을 구하여 사용하였다. 각 독립변수들이 근육의 근전도에 미치는 영향을 알아보기 위해 7 개 근육들의 평균 NEMG의 합인 TNEMG와 7 개 개별근육들의 평균 NEMG 각각에 대해서 분산분석을 수행하였다.

3. 연구 결과

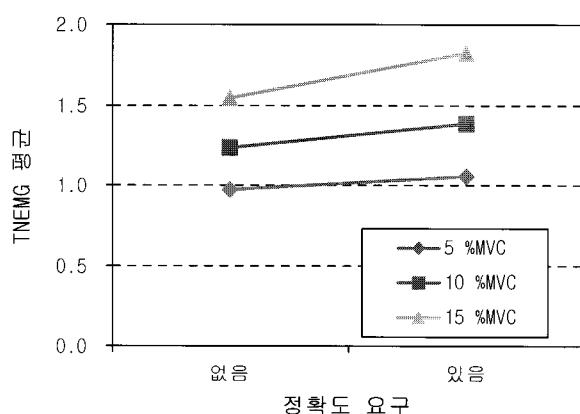
3.1 TNEMG

7개 근육들의 평균 NEMG를 모두 합친 TNEMG 값에 대한 무게, 정확도, 색상의 효과를 분산분석한 결과를 정리하면 다음 <표 1>과 같다. 주요인에 대한 분산분석 결과 무게와 정확도에 대해서는 TNEMG값이 유의한 영향을 받는 것으로 나타났으나, 상자 색상의 경우에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 상자 색상과 관련된 교호작용들도 모두 유의하지 않았으며 ($p>0.05$), 무게와 상자의 교호작용($W \times P$)은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. ($p<0.01$)

무게에 따른 TNEMG값의 평균은 각 조건에서 1.0(5 % MVC), 1.3(10 %MVC), 1.7(15 %MVC)이었다. 정확도 요구가 있을 경우에는 TNEMG 평균이 1.4였으며, 정확도 요구가 없을 경우에는 1.2로서 정확도 요구가 있는 경우 TNEMG값이 없는 경우에 비해 14 % 증가하였다. 이러한 정확도의 효과는 무게가 무거울수록 더 커지는 것으로 분석되었다(<그림 1>). 즉, 5 %MVC에서는 정확도 요구가 있는 경우의 TNEMG가 없는 경우에 비해 8 % 증가하였으나, 15 %MVC에서는 18 % 증가하였다.

<표 1> TNEMG에 대한 분산분석 결과

요인	df	SS	MS	F	p
무게(W)	2	21.90574	10.95287	376.0	<.0001
정확도(P)	1	2.13814	2.13814	86.0	<.0001
색상(C)	1	0.00020	0.00020	0.0	0.9175
W*P	2	0.48208	0.24104	24.3	<.0001
W*C	2	0.02296	0.01148	1.0	0.404
P*C	1	0.00001	0.00001	0.0	0.9817
W*P*C	2	0.00445	0.00222	0.2	0.7971



<그림 1> TNEMG에 대한 무게*정확도의 교호작용

3.2 7 개 근육의 NEMG

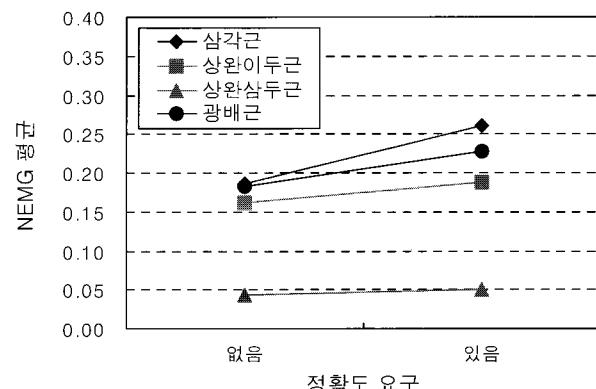
7 개 근육 각각의 NEMG 평균값에 대한 분산분석 수행결과를 정리하면 다음 <표 2>와 같다. 상자 색상의 주효과는 7 개 근육에서 모두 유의하지 않았다($p > 0.05$). 주요인 중 무게 요인은 7 개 근육의 근전도 크기에 모두 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 무게가 증가할수록 NEMG평균값은 모두 증가하였으며, 5 %MVC에서 10 %MVC로 증가할 때, 각 근육들의 NEMG 평균은 15 %(척추기립근)~70 %(상완이두근) 증가하였다. 10 %MVC에서 15 %MVC로 증가할 때에는, 16 %(척추기립근)~41%(상완이두근) 증가하였다. 팔 동작과 관련된 삼각근, 상완이두근, 상완삼두근, 광배근의 증가폭이 허리 동작과 관련된 척추기립근, 외복사근, 내복사근보다 더 컸다.

정확도 요인의 주효과는 팔의 동작과 관련된 삼각근, 상완이두근, 상완삼두근, 광배근의 NEMG에는 통계적으로 유의한 영향을 미치지만($p < 0.01$), 척추기립근($p = 0.83$), 외복사근($p = 0.32$), 내복사근($p = 0.13$)에서는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 즉, 정확도 요구가 있을 경우 종점에서의 미세조절을 위해 팔 근육은 정확

도 요구가 없는 경우보다 더 큰 힘이 요구되지만, 허리 근육들에서는 힘의 변화가 없었다.

다음 <그림 2>는 정확도 요인의 주효과를 팔 동작과 관련된 4개 근육에 대하여 나타낸 것이다. 삼각근의 NEMG 평균은 정확도 요구가 있을 경우 없는 경우에 비해 가장 큰 증가폭을 보였으며($0.19 \rightarrow 0.26$), 광배근($0.18 \rightarrow 0.23$), 상완이두근($0.16 \rightarrow 0.19$), 상완삼두근($0.04 \rightarrow 0.05$) 순이었다.

2차 교호작용 중에서, 무게와 정확도 요인의 2차 교호작용은 내복사근을 제외한 6개 근육에서 모두 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다($p < 0.05$). 다음 <그림 3>에는 삼각근에서의 무게와 정확도 요인의 2차 교호작용이 표시되어 있다. 무게가 증가할수록 정확도 요구가 있는 경우의 평균 NEMG와 정확도 요구가 없는 평균 NEMG 차이는 증가하였다 (5 %MVC: 32 % 증가, 10 %MVC: 40 % 증가, 15 %MVC: 44 % 증가). 즉, 무게가 무거울수록 정확도 요구 효과가 커졌다. 이러한 교호작용 효과는 상완삼두근, 광배근에서 동일하게 관찰되었다.

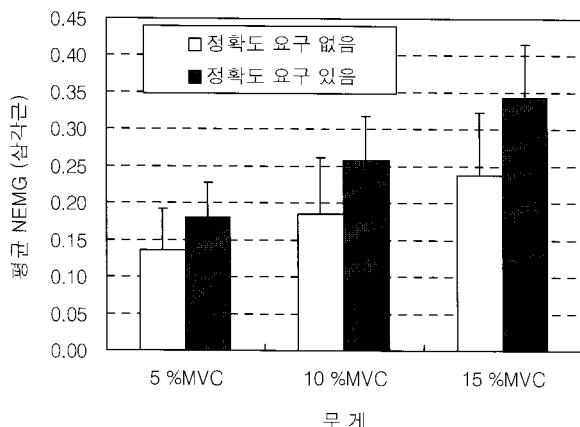


<그림 2> 정확도 요구에 따른 NEMG 변화 (삼각근, 상완이두근, 상완삼두근, 광배근)

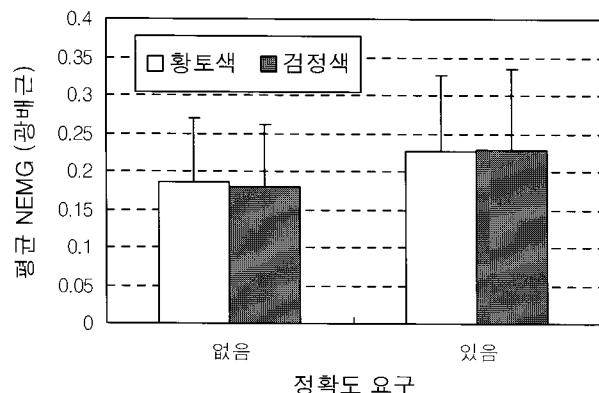
<표 2> 7 개 근육의 NEMG에 대한 분산분석 결과(p 값)

요인	DF	근육의 종류						
		삼각근	상완이두근	상완삼두근	광배근	척추기립근	외복사근	내복사근
무게(W)	2	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	.0001**	.0001**
정확도(P)	1	.0002**	.0024**	.0007**	.0011**	.8313	.3164	.1313
색상(C)	1	.6895	.1638	.5394	.6094	.4473	.3120	.2367
W*P	2	.0004**	.0189*	.0068**	.0008**	.0293*	.0457*	.3799
W*C	2	.2933	.5529	.6519	.6854	.6146	.6528	.2683
P*C	1	.1746	.1745	.7021	.0229*	.2220	.7725	.4700
W*P*C	2	.3316	.7836	.3307	.5407	.8071	.1289	.4829

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$



<그림 3> 삼각근 NEMG에 대한 무게와 정확도 요구의 2차 교호작용



<그림 4> 광배근의 NEMG에 대한 정확도와 상자색상의 2차 교호작용

상완이두근의 경우에는 정확도 요구 효과가 무게에 따라 거의 비슷한 값을 나타냈다(14 %~18 % 증가).

척추기립근과 외복사근의 경우에는 5 %MVC와 10 %MVC에서는 정확도 요구에 따른 차이가 거의 없었으나(척추기립근: 1%, 2%, 외복사근: 1%, 7%), 15 %MVC에서는 정확도 요구에 따라, 평균 NEMG가 3 %(척추기립근)와 20 %(외복사근) 증가하였다.

정확도 요구와 상자 색상의 2차 교호작용은 광배근에서만 통계적으로 유의한 것으로 분석되었으나($p < 0.05$), <그림 4>에서와 같이 그 효과는 크지 않았다.

4. 토의 및 결론

본 연구에서는 반복적인 중량물 들기작업에서 정확도의 요구와 중량물 상자의 색상과 같은 사회심리적 스트레스 요인이 작업자의 근육활동에 미치는 영향을 분석해보았다. 이를 통해 사회심리적 스트레스 요인이

요통과 같은 근골격계질환의 발생에 미치는 잠재적 영향의 통로가 존재하는지를 확인하고 그에 따른 대비책을 모색해보고자 하였다. 실험계획을 통해 이미 언급했던 바와 같이 본 연구에서 채택한 가설은 동일한 작업 조건에서 반복적인 들기작업을 실시하더라도 사회심리적 스트레스 요인의 특성에 따라 작업자가 느끼는 작업부하가 달라지며, 이로 인해 작업과정에서 사용되는 근육활동의 정도가 달라진다는 것이었다. 연구가설을 검증하기 위해 정확도 요구여부, 상자 색상과 함께 작업물의 무게를 변화시키면서 파실험자들이 반복적인 들기작업을 수행하도록 한 후 팔과 허리 부위 7 개 근육의 근전도 신호를 측정하여 TNEMG, 개별 근육의 NEMG값에 대한 분산분석을 실시하였다. 분산분석 결과를 통해 본 연구에서 도입한 두 가지 사회심리적 스트레스 요인인 정확도 요구와 상자 색상 중에서 정확도 요구가 작업에 동원되는 근육의 활동에 유의한 영향을 미치며, 작업물의 무게와 정확도의 교호작용 역시 유의한 영향을 미침을 확인하였다.

정확도 요구가 있는 경우 TNEMG는 없는 경우에 비해 평균적으로 14 % 증가하였으며($p < 0.05$), 이러한 연구 결과는 Mats 등(1993)의 연구, Milerad와 Ericson (1994)의 연구 결과와 일치한다고 할 수 있다.

정확도 요구에 따른 근육활동의 증가효과는 작업물의 무게가 무거울수록 더 커지는 것으로 분석되었다.

즉, 5 %MVC에서는 정확도 요구가 있는 경우의 TNEMG가 없는 경우의 TNEMG에 비해 8 % 증가하였으나, 15 %MVC에서는 18 % 증가하였다. 이러한 정확도의 주효과 및 작업물의 무게와의 교호작용의 존재를 통해 반복적인 들기작업에서 정확도가 요구되는 경우 근육활동의 증가에 따라 더 높은 작업부하를 발생시키며, 특히 중량물의 하중이 무거운 경우 정확도 요구에 따른 근골격계질환의 발생 가능성이 더욱 높아질 것임을 알 수 있다.

개별근육의 NEMG에 대한 분산분석 결과 정확도의 요구 시 삼각근(40 %), 상완이두근(17 %), 상완삼두근(18 %), 광배근(25 %) 근육의 평균 NEMG값이 크게 증가함을 확인하였다($p < 0.05$). 그러나, 척추기립근, 외복사근, 내복사근의 NEMG 크기에서는 정확도 요구에 따른 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($p > 0.05$). 이것은 정확도 요구가 있을 경우 종점에서의 미세조정을 위해 특히 팔의 움직임과 관련된 근육들에서 더 큰 힘이 동원되어 미세 조정의 요구가 없는 경우 보다 더 큰 부하를 발생시키기 때문으로 해석되며, 앞서 분석한 TNEMG의 증가 중 상당부분이 팔 근육의 NEMG 증가에 따른 결과임을 알 수 있다.

정확도 요구의 주효과가 허리부위 근육(척추기립근, 외복사근, 내복사근)에서는 유의하지 않았으나, 척추기

립근과 외복사근의 경우 무게와 정확도 요구 요인의 2차 교호작용은 통계적으로 유의한 영향을 가지는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 특히 15% MVC에서 정확도 요구에 따른 허리근육들의 NEMG 증가가 크게 나타났다.

이것은 무게가 5%MVC와 10%MVC에 해당하는 가벼운 경우에는 정확도 요구에 따른 허리근육의 활동이 크게 증가하지 않지만, 무게가 15%MVC 수준으로 증가할 경우 정확도 요구에 따라 팔 근육과 함께 허리 근육에서도 상당한 추가적 힘이 발휘되는 것으로 해석된다. 이러한 결과를 뒷받침하기 위해서는 본 연구에서 채택한 무게수준에 비해 좀 더 무거운 중량물 무게(30%MVC) 수준에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

상자 색상의 변화에 대해서는 모든 근육의 NEMG값에서 통계적으로 유의한 변화가 없었으며($p > 0.05$), 광배근의 NEMG에 대해서만 정확도 요구와 상자 색상의 2차 교호작용이 유의한 것으로 나타났지만 그 효과는 크지 않았다. 이것은 중량물의 무게에 대한 사전정보가 주어지지 않을 경우 작업자가 작업 이전에 자신이 추정한 중량물의 하중을 바탕으로 작업방법을 선택할 것이며, 이 과정에서 상자나 작업물의 색상에 따라 그 하중에 대한 추정치가 영향을 받을 것이라는 본 연구의 가설과 위배되는 결과이다. 이러한 결과는 본 연구에서 채택한 상자의 색상인 황토색과 검정색이 피실험자들의 시각감성과 연계된 무게추정치의 변화를 유도할만큼 충분하지 않았거나, 상자 색상의 효과가 존재하지 않기 때문인 것으로 판단된다. 이와 관련한 보다 명확한 결론을 유도하기 위해서는 본 연구에서 채택한 색상이외에 흰색과 같이 보다 가벼운 느낌의 색상에 대한 추가적 연구가 필요한 것으로 판단된다. 또한 상자 색상 이외에도 상자의 크기 등과 같이 작업물의 무게에 대한 추정을 위해 사용될 수 있는 기타인자들에 대한 연구가 필요할 것이다.

서론을 통해서 정리한 바와 같이 MMH작업과정에서 호발하는 근골격계질환의 예방을 위해서는 주어진 작업조건과 작업자 개인특성, 작업환경적 요소와 사회심리적 스트레스 요인들의 영향을 분석하여 적정한 작업부하 이내로 작업을 설계할 필요가 있다. 특정작업의 작업부하 정도를 측정하기 위해서 기존의 연구들에서 채택하고 있는 방식은 생체역학적 또는 물리적 작업부하, 생리적 작업부하, 심물리적 작업부하를 독립적으로 측정하거나 이를 중 주어진 작업특성 상 가장 큰 부하를 유발할 것으로 예상되는 지표를 선택적으로 채택하는 것이 일반적이었다. 이러한 방식의 근본적 한계는 작업자가 실제로 느끼는 작업부하는 이를 부하들의 영향이 잠재적 통로를 통해 연결되어 종합적으로 반영

되기 때문에 이를 개별적으로 파악할 경우 작업조건에 따라 발생하는 개별부하들의 상승효과 등이 올바로 파악되기 어렵다는 점이다. 최근의 연구에서는 이러한 단점을 보완하고자 각 부하요소들의 잠재적 통로와 상호간의 영향정도를 파악하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 반복적인 들기작업에서 작업부하에 영향을 미칠 수 있는 다양한 사회심리적 스트레스 요인들 중 정확도와 상자 색상에 대하여 근육의 활동정도라는 생체역학적 작업부하와의 잠재적 통로를 확인해보고자 하였다. 본 연구결과를 통해 유사한 선행연구들에서와 마찬가지로 정확도의 요구가 관련근육의 활동에 유의한 영향을 미치며, 특히 무게가 무거운 반복 들기 작업에서 이러한 영향이 더욱 두드러짐을 확인하였다. 연구에서 채택한 독립변수의 수준이나 규모의 부족 등으로 작업물의 무게에 대한 추정을 유발할 수 있는 기타요인의 영향을 파악하지는 못했으나, 향후 보다 다양한 사회심리적 스트레스 요인들과 작업에 동원되는 근육활동간의 연관성을 연구할 필요성을 제기하였다. 이러한 연구들의 활성화를 통해 개별부하들의 변동이 작업자에게 미치는 영향을 종합적으로 파악할 수 있는 모형을 개발함으로써, 보다 정확한 작업부하의 추정과 함께 근골격계질환 예방을 위한 안전한 작업의 설계가 가능해 질 것으로 기대된다.

5. 참고 문헌

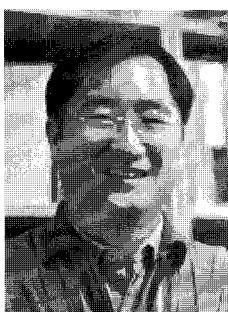
- [1] 김상호, “반복적인 들어올리기 작업에서 작업조건이 몸통근육의 활동과 피로도에 미치는 영향”, 포항공과대학교, 박사학위논문, 47-48, 1995.
- [2] 노동부, “산업재해현황”, 200-205, 2005.
- [3] Ayoub, MM, "Psychophysical basis for manual lifting guidelines," In Scientific Support Documentation for the Revised 1991 NIOSH Lifting Equation: Technical Contract Reports, U.S. Department of Commerce, 175-278, 1991.
- [4] Klein, B.P., Roger, M.A., Jensen, R.C., and Sanderson, LM, "Assessment of workers' compensation claims for neck sprain/strains", Journal of Occupational Medicine, 26, 443-448, 1984.
- [5] Marras, W.S., "Occupational low back disorder causation and control, Ergonomics", 43(7), 880-902, 2000.
- [6] Marras, W.S., Davis, K.G., Hearn, C.A., Maronitis, A.B., Allread, W.G., "The Influence of Psychosocial Stress, Gender, and Personality on Mechanical Loading of the Lumbar Spine", Spine, 25(23), 3045 -

3054, 2000.

- [7] Mats L, Karin F K, Hakan L, Jorgen E, "Musculoskeletal Disorders, Posture and EMG Temporal Pattern in Fabric-Seaming Tasks", International Journal of Industrial Ergonomics, 11, 267-276, 1993.
- [8] Milerad, E, Ericson, M O, "Effect of Precision and Force Demands, Grip Diameter, and Arm Support during Manual Work : An Electromyographic Study", Ergonomics, 37(2), 255-264, 1994.

저 자 소 개

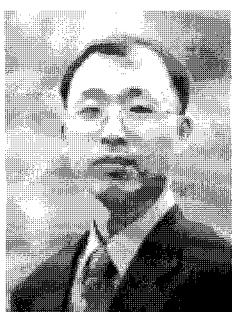
송 영 웅



포항공과대학교 산업공학과를 졸업하고, 동 대학원에서 석, 박사학위를 취득하였다. 현재 대구가톨릭대학교 산업보건학과 조교수로 재직 중이며, 관심분야는 근골격계질환 관리 및 위험요인 평가, 인체역학 모델, 근육 생리학, 문자 가독성 등이다.

주소: 경북 경산시 하양읍 금락리 대구가톨릭대학교

이 육 기



부산대학교 산업공학과를 졸업하고, 포항공과대학교에서 석사, University of Louisville에서 박사학위를 취득하였다. 현재 금오공과대학교 산업경영학과 부교수로 재직 중이며, 관심분야는 생산시스템 분석, 시뮬레이션, 품질경영과 폐지/인간공학 등이다.

주소: 경북 구미시 양호동 1번지 금오공과대학교

김 상 호



성균관대학교 산업공학과를 졸업하고, 포항공과대학교 대학원에서 석, 박사학위를 취득하였다. 인간공학기술사이고 현재 금오공과대학교 산업시스템공학전공 교수로 재직 중이며, 관심분야는 작업시스템 설계 및 평가, 산업안전공학, 디스플레이에 대한 사용자 중심의 품질평가 등이다.

주소: 경북 구미시 양호동 1번지 금오공과대학교