

# 작업 요인이 push-pull strength와 근육 동원 패턴에 미치는 영향

심정훈 · 이상도

동아대학교 산업시스템공학과

## Effect of various work factors on push-pull strength and muscle recruitment pattern

Joung-Hoon Sim · Sang-Do Lee

Dept. of Industrial & Systems Engineering, Dong-A University

Push-pull strength has been found to be associated with various work factors such as height, distance, repetition, duration, posture and individual factors. Therefore, this study was performed to investigate the effect of various work factors on push-pull strength and muscle recruitment pattern. Work factors were consisted of grip height(elbow, shoulder), grip distance(100%, 50%, and 25% of maximum grip distance) and shoulder angle(neutral( $90^\circ$ ), and abduction( $45^\circ$ ,  $0^\circ$ )) during sitting work. The results showed that the normalized strength and EMG value were higher at the elbow height than the shoulder height, and increased with grip distance and shoulder adduction. The results of ANOVA showed that there was significant difference on muscle recruitment patterns among the task conditions. Therefore, it is necessary to consider work factors as well as strength to prevent workers from work-related injuries.

**Keywords** : push-pull strength, EMG, grip height, grip distance, shoulder angle

### 1. 서론

효과적인 작업장, 장비 그리고 공구를 설계하고 작업자를 잠재적인 상해로부터 보호하기 위해서는 작업강도에 따른 육체적 능력(physical capability)이 파악되어야 한다. 특히 작업자의 힘 발휘 능력들(strength exertion capabilities)은 이러한 설계 및 상해 예방을 위한 중요한 요소 중의 하나이다(Mital and Faard, 1990). 또한 작업자의 힘 발휘 능력들은 생체역학과 생리학에 상당한 영향을 미쳐 왔으며, 인간공학 분야에 있어서도 상당한 중요성을 가져왔다(David, Donald and Stephen, 1991). 이러한 작업자의 힘 발휘 능력 중 push-pull strength는 다양한 업종에서 반복적으로 수행되고 있으며, 또한

NIOSH에 따르면 과도한 힘 발휘에 의한 상해의 거의 20%가 push-pull 활동에 의해 설명되고 있으며, 그로 인한 직업적 상해 보상액의 약 5%에 해당한다고 보고하고 있다(NIOSH, 1981). 그러나 이러한 과도한 힘 발휘에 의한 상해에 있어 push-pull 활동의 정확한 영향 정도의 문제가 분명하진 않지만, 이론적으로 이전보다 이러한 활동에 의한 영향이 증가되고 있는 것으로 해석되고 있으며, 최근의 MMH(Manual Materials Handling) 관련 연구의 절반 정도를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다(Baril-Gingra and Lortie, 1995). 이러한 push-pull 활동들에 대한 연구들은 일반적으로 입식작업(standing work)하에서 몸무게, 힘 적용의 높이, 몸과 힘의 위치 사이의 거리, 바닥과 신발사이의 마찰 계수, 신

체 구성요소에 대한 지지, 힘 발휘의 빈도 그리고 자세와 같은 다양한 변수들에 대한 영향이 연구되어 왔다 (Kumar, 1995). 따라서 기존 연구의 주 대상은 주로 입식작업(standing work) 자세에서 양손을 사용한 push-pull strength 측정을 통한 MMH시의 작업부하 측정에 관심을 가져온 반면, 좌식작업(sitting work) 및 한손을 사용한 push-pull strength 측정에 관한 연구는 부족한 실정이다. 이는 오늘날 대부분의 작업들이 좌식 작업화 되어 감에 따라 이에 대한 연구들이 필요함을 보여주고 있다. 기존의 연구들을 살펴보면 Kothiyal과 Kayis(2001)는 좌식작업하에서 물자취급을 통한 작업장 배치에 대하여 근전도(electromyogram:EMG) 분석을 통하여 작업장 배치를 평가하였으며, Strasser와 Müller(1999)는 근전도와 주관적 불편도를 통하여 좌식 작업시의 선호도에 따른 팔의 움직임 동작을 평가하였다. 또한 Stasser 등(1989)은 좌식 수동 취급 작업의 수평면에 대한 움직임의 방향과 작업비율 그리고 부하의 크기를 고려하여 작업을 평가하였으며, Mital 등(1993)은 좌식작업하에서 시상면을 기준으로 전후 부하를 이동시키기 위한 최대 수용 빈도수에 대한 연구를 수행하였다. 따라서 좌식작업시에 대한 근골격계 상해 예방을 위한 이러한 연구들은 주로 작업자세에 초점을 맞춘 작업부하 평가에 역점을 두고 있다. 한국의 경우 이러한 좌식 작업하에서 push-pull의 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이며, 또한 이러한 연구를 위한 기초데이터인 힘의 발휘 형태, 즉 push-pull 및 up-down에 따른 기초적인 작업자의 힘 발휘 능력에 관한 연구는 김진호 등(1992)에 의한 한국 청년에 대한 근력 특성에 관한 연구외에는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 좌식작업(sitting work)시 발생하는 근골격계 장애(musculoskeletal disorders : MSDs)에 가장 중요하게 영향을 미치는 근력 또는 무게(strength or weight), 자세(posture), 반복수(repetition), 지속시간(working duration) 등의 요인들 중 작업자세와 근력을 중심으로 좌식작업에 따른 push-pull 작업시에 동원되는 근육의 사용정도를 근전도를 이용하여 평가하고, 이러한 작업요인들이 힘 발휘 능력과 근육의 동원 정도에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

## 2. 연구 방법 및 절차

### 2.1 피실험자 및 실험기기

피실험자는 신체 상지의 상해 및 장애가 없는 남자 대학생 5명을 선정하였으며, 평균 나이는 27.5세이며, 기본적인 인체계측 데이터는 <Table 1>과 같다. 피실험자는

실험 전에 실험목적에 대한 충분한 내용을 전달받은 후, 실험방법 및 절차에 대하여 충분히 숙지하도록 하였다.

<Table 1> 인체측정 항목 및 평균

측 정 항 목	평 균
몸무게(kg)	70.55
신장(cm)	174.15
앉은키(cm)	93.30
앉은팔꿈치높이(cm)	30.00
어깨점손끝 길이(cm)	70.75
취기거리(cm)	60.53
앉은어깨높이(cm)	63.10

최대 push-pull 근력을 측정하기 위하여 John Chatillon & Sons사의 모델 DHHP 100의 push-pull 게이지를 사용하였으며, 측정범위는 100lbf×1.0lbf이고 정확도는 전체 스케일의 ±1.0%이다. 또한 EMG 데이터는 NORAXON사의 Myosystem 2000을 사용하여 표면전극(Surface electrode)으로부터 sample rate 1,024Hz로 신호를 획득하여 Bandpass filter(10-512Hz)를 사용하여 필터링을 하였다.

### 2.2 실험변수 및 실험절차

실험에 사용된 독립변수로는 쥐기높이(Grip Height) 2수준(shoulder & elbow height), 쥐기거리(Grip Distance) 3수준(100%, 50%, 25%) 그리고 어깨의 각도(Shoulder Angle) 3수준(0°, 45°, 90°)의 조합으로 구성된다. 어깨의 각도는 팔이 어깨점(acromion)을 중심으로 시상면(sagittal plane)을 향할 때의 각도가 90°가 되며, 관상면(coronal plane)과 평행하게 될 때가 0°로 정의하였다. 종속변수로서는 6초 동안 지속된 최대 자발적 수축(Maximum Voluntary Contraction : MVC)에 의해 발휘된 push-pull strength, 근육별 EMG의 RMS(Root Mean Square)가 이용되었다. 따라서 피실험자 1명이 각 수준조합에서 두 번씩 반복을 하여 총 36회의 실험조합을 수행했으며, 실험은 각 독립변수 조합에 따라 랜덤하게 실시되었다. 실험변수는 <Table 2>와 같다. 피실험자는 기본적인 인체계측을 측정한 후, <Figure 1>과 같이 앉은 자세에서 팔을 곧게 뻗어 어깨 높이와 팔꿈치 높이에서 최대 쥐기 거리를 어깨점(acromion)과 상완골의 외측상과를 기준으로 각도별로 측정하게 되고, 이를 바탕으로 어깨 높이와 팔꿈치 높이에서의 최대 쥐기 위치(100%)에 대하여 50%, 25%에 해당하는 쥐기 거리를 계산하였다. 기본적인 자세측정이 끝난 후 EMG를

<Table 2> 실험변수 및 실험수준

실험 변수	실험 수준
독립변수 (independent variables)	1. 작업방법(Method) : Push, Pull 2. 쥐기높이(Grip Height) : Shoulder Height, Elbow Height 3. 쥐기거리(Grip Distance) : 25%, 50%, 100% 4. 어깨각도(Shoulder Angle) : 0° , 45° , 90° 5. EMG 측정 근육(Muscle) : 요측수근굴근(Flexor carpi radialis;FR), 척측수근굴근(Flexor carpi ulnaris;FU), 상완이두근(Biceps brachii muscle;BB), 상완삼두근(Tricep brachii muscle;TB), 삼각근(Middle deltoid;MD)
종속변수 (dependent variables)	1. Strength Value 2. RMS(Root Mean Square)

측정하기 위하여 근육에 표면전극을 부착한다. 전극의 부착 근육은 요측수근굴근(Flexor carpi radialis), 척측수근굴근(Flexor carpi ulnaris), 상완이두근(Biceps brachii muscle), 상완삼두근(Tricep brachii muscle), 그리고 삼각근(Middle deltoid)의 5개의 근육이 이용되었다. 전극의 부착이 끝나면 피실험자는 팔과 몸통이 고정된 상태로 push-pull 게이지에 위치하여 앉게 된다. 이때 push-pull 게이지는 벽면에 고정되도록 부착하였다.

본 실험이 시작되면 피실험자는 각 변수조합 상태에서 먼저 휴식상태의 EMG 값을 먼저 측정한 후, 5초 동안 최대 자발적 수축을 발휘하게 된다. 실험은 2회 반복 실시하여 각 반복간에는 적어도 30초 이상의 휴식 시간이 제공되었으며, 각 조합수준 간에는 피실험자의 요구에 따라 충분한 휴식시간을 제공하였다. 실험의 순서는 <Figure 2>와 같다.

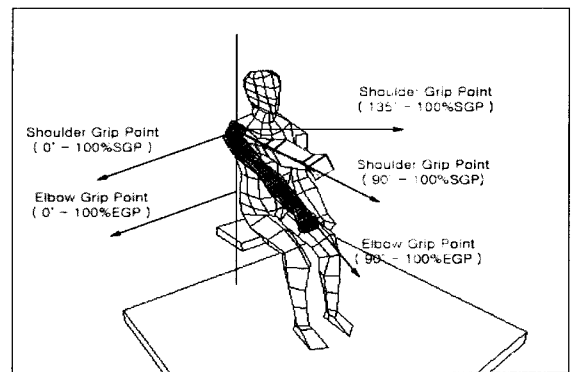
3. 실험분석 및 결과

3-1 근력데이터의 분석 및 결과

Push-Pull 게이지를 통하여 파운드(lb) 단위로 측정된 데이터는 kgf 단위로 환산되었으며, 작업조건에 따른 근력의 상대적 비교를 위하여 피험자에 따른 최대 근력을 이용하여 표준화(normalized strength)한 후 집단내 설계(within-subject design)를 통한 분산분석을 SAS 8.0 통계 패키지를 이용하여 실시하였다.

Push-pull 작업에 대한 전체적인 근력의 차이에서는 push( $\bar{x} = 8.91$ )의 경우보다 pull( $\bar{x} = 11.47$ )의 경우가 평균적으로 높게 나타났으며, 쥐기 높이에 있어서도 팔꿈치 높이( $\bar{x} = 10.32$ )가 어깨 높이( $\bar{x} = 10.07$ )보다 높게 평균적으로 높은 근력을 보였다.

또한 쥐기 거리에 있어서는 거리가 25%( $\bar{x} = 9.68$ )에



<Figure 1> 어깨와 팔꿈치 자세에 따른 작업자세

1. 인체계측(Anthropometry)
2. 쥐기거리측정 (Measurement of Grip Distance)
3. EMG 전극부착(Attachment of Electrode)
4. 작업자세 고정(Arrange Working Posture)
5. 휴식상태 EMG 측정 (Measurement of rest EMG)
6. MVC하에서 근력 측정(2회 반복)
7. 5초간 MVC하에서 EMG 측정(2회 반복) (Measurement of Strength & EMG)
8. 휴식제공(Rest)

<Figure 2> 실험순서 및 절차

<Table 3> Push 작업에 대한 분산분석 결과

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Grip Height	1	0.0461	0.0460	1.216	0.299
Grip Distance	2	0.0559	0.0279	0.177	0.836
Shoulder Angle	2	0.1030	0.0513	6.092	0.010
Grip Distance*Shoulder Angle	4	0.0979	0.0245	3.143	0.026

<Table 4> Pull 작업에 대한 분산분석 결과

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Grip Height	1	0.0087	0.0460	0.160	0.698
Grip Distance	2	0.3580	0.1790	8.353	0.003
Shoulder Angle	2	0.0287	0.0144	0.789	0.471

서 가장 작았고, 50%( $\bar{x}=10.33$ ) 그리고 100%( $\bar{x}=10.56$ )일 때 순으로 크게 나타났고, 어깨 각도에 있어서는 0°( $\bar{x}=9.94$ )에서 45°( $\bar{x}=10.27$ ), 90°( $\bar{x}=10.50$ )로 증가함에 따라 평균적으로 높은 근력 수준을 보였다.

각 push-pull 작업에 따른 분산분석 결과는 <Table 3>과 <Table 4>와 같다. Push작업에 대해서는 어깨 각도의 주효과와 쥐기 거리와 어깨각도의 교호작용에서 유의적으로 나타났다( $p<0.05$ ).

쥐기 높이 그리고 쥐기 거리에서는 유의적인 차이는 없었지만 쥐기 높이에서는 팔꿈치 높이가 어깨높이보다 약 5.29%, 쥐기 거리에서는 100%일때가 50%, 25%일때보다 약 2%미만으로 push strength가 큰 것으로 나타났다. 어깨각도의 경우는 각도가 0°에서 90° 증가함에 따라 push strength가 증가함을 보였으며, 90°일 때가 50°의 경우보다 약 4.65% 그리고 0°의 경우보다 약 7.35%로 push strength가 큰 것으로 나타났다.

쥐기 거리와 어깨 각도의 교호작용을 살펴보면 <Figure 3>과 같이 어깨 각도가 0° 일 경우에는 쥐기 거리가 짧을수록 크게 나타났고, 90° 일 경우에는 쥐기 거리가 길

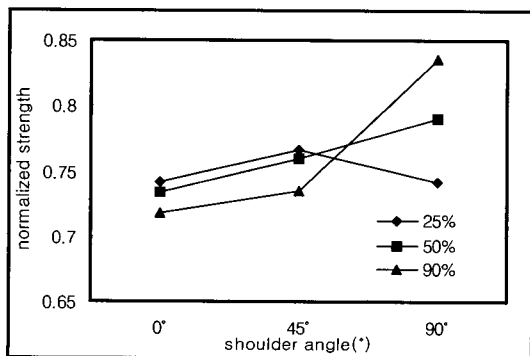
수록 push strength가 크게 나타났다.

Pull 작업에 대해서는 쥐기 거리의 주효과만 유의적으로 나타났으며( $p<0.01$ ), 쥐기 거리가 100%일때가 50%와 25%에 대하여 각각 약 14.09%, 3.76% pull strength가 크게 나타났다. 또한 push 작업과 같이 쥐기 높이에서는 팔꿈치 높이의 경우가, 어깨 각도에서는 각도가 증가할수록 pull strength가 큰 것으로 나타났다.

### 3-2 근전도 데이터의 분석 및 결과

필터링을 거친 EMG 데이터는 RMS (Root Mean Square) 값으로 변환되었으며(NIOSH, 1992), 근육별 작업에 따른 부하 정도의 차이를 알아보기 위하여 표준화(normalized) 하였으며, 근력의 경우처럼 집단내 설계를 통한 분산분석을 실시하였다.

EMG 데이터에 전체적인 비교의 결과는 근력 측정의 경우와 유사한 결과를 나타내었다. 근육 사용정도는 pull의 경우( $\bar{x}=0.32$ )가 push의 경우( $\bar{x}=0.26$ )보다 평균적으로 컸으며, 쥐기 높이에 있어서는 어깨 높이( $\bar{x}=0.27$ )보다는 팔꿈치 높이( $\bar{x}=0.31$ )가, 쥐기 거리에 있어서는 25%( $\bar{x}=0.21$ ), 50%( $\bar{x}=0.29$ )일 때보다 100%( $\bar{x}=0.38$ )일 때가 근육 동원 정도가 큰 것으로 나타났으며, 어깨각도에서도 0°( $\bar{x}=0.27$ ), 45°( $\bar{x}=0.30$ )일 때보다 90°( $\bar{x}=0.31$ )가 크게 나타났다. 이는 근력의 증가에 따라 근육의 동원 정도가 증가함을 보여주고 있다. <Table 5>와 <Table 6>은 표준화를 거친 EMG 데이터를 작업방법(Push, Pull)에 따라 분산분석을 실시한 결과이다. Push-pull 작업 모두 쥐기 거리와 근육의 주효과에 대해서 유의적으로 나타났다( $p<0.05$ ) 그러나 쥐기 높이와 어깨각도에 있어서는 각각 팔꿈치 높이와 어깨 각도가 90°인 경우가 근육의 동원 정도가 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.



<Figure 3> 쥐기거리와 어깨각도에 따른 push strength

&lt;Table 5&gt; Push 작업에 따른 EMG 분산분석 결과

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Grip Height	1	0.8570	0.8570	11.501	0.190
Grip Distance	2	3.0210	1.5100	20.595	0.000
Shoulder Angle	2	0.1550	0.0775	3.5450	0.069
Muscle	4	4.4330	1.1080	5.8910	0.003
Grip Height*Grip Distance	2	0.2440	0.1220	4.3810	0.043
Grip Height*Muscle	4	4.4330	1.1080	8.1620	0.000
Grip Distance*Muscle	8	0.613	0.0767	3.6000	0.003
Shoulder Angle*Muscle	8	0.5410	0.0676	3.264	0.006

&lt;Table 6&gt; Pull 작업에 따른 EMG 분산분석 결과

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Grip Height	1	0.0145	0.0145	0.2200	0.887
Grip Distance	2	2.4900	1.2450	26.382	0.000
Shoulder Angle	2	0.0927	0.0464	1.9070	0.199
Muscle	4	3.1140	0.7790	5.3010	0.004
Grip Height*Grip Distance	2	0.1630	0.0813	4.3090	0.045
Grip Height*Muscle	4	1.9490	0.4870	9.3240	0.000
Grip Distance*Muscle	8	1.5070	0.1880	7.9710	0.000

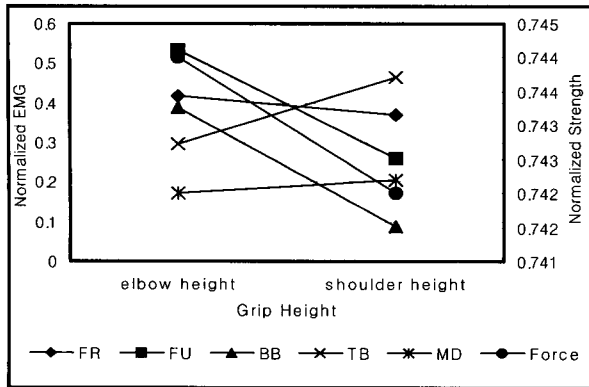
Push 작업의 경우 쥐기 거리는 100%의 경우가 50%, 25%경우보다 각각 약 31.23%, 78.54%정도 큰 것으로 나타났으며, pull의 경우에는 각각 약 35.12%, 90.22% 큰 것으로 나타났다. 근육별로 살펴보면 push의 경우 근육별 동원 정도는 요측수근굴근( $\bar{x}=0.407$ )이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 척측수근굴근( $\bar{x}=0.396$ ), 상완삼두근( $\bar{x}=0.382$ ), 상완이두근( $\bar{x}=0.238$ ) 그리고 삼각근( $\bar{x}=0.188$ )의 순서로 근육의 동원 정도가 크게 나타났으며, pull의 경우에는 삼각근( $\bar{x}=0.382$ ), 상완이두근( $\bar{x}=0.379$ ), 상완삼두근( $\bar{x}=0.271$ ), 요측수근굴근( $\bar{x}=0.246$ ), 그리고 척측수근굴근( $\bar{x}=0.145$ ) 순서로 근육의 동원 정도가 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과를 살펴볼 때 push-pull에 따른 근육의 동원 정도가 다를 수 있다. 즉 push의 경우는 요측수근굴근, 척측수근굴근 그리고 상완삼두근의 동원 정도가 상대적으로 다른 근육에 비해 큰 반면, pull 작업의 경우에는 삼각근, 상완이두근 그리고 상완삼두근의 동원 정도가 상대적으로 다른 근육에 비해 큰 것으로 나타났다.

교호작용의 결과를 살펴보면 push 작업의 경우 쥐기 높이\*쥐기거리, 쥐기높이\*근육, 쥐기거리\*근육, 어깨각도\*근육의 교호작용이 유의적으로 나타났으며( $p<0.05$ ), pull 작업의 경우에는 쥐기높이\*쥐기거리, 쥐기높이\*근육, 쥐기거리\*근육의 교호작용이 유의적으로 나타났다( $p<0.05$ ) <Figure 4>~<Figure 7>은 push-pull 작업에 따른 쥐기 거리, 쥐기 높이에 따른 근육별 동원정도를 나타내고

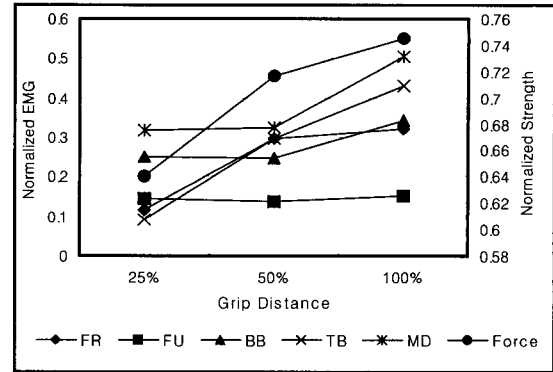
있다.

<Figure 4>와 <Figure 6>의 경우를 비교해 볼 때, 요측 또는 척측수근굴근은 push의 경우에는 팔꿈치 높이에서의 근육의 동원정도가 어깨높이보다 상대적으로 큰 것으로 나타났으나 pull의 경우에는 반대의 경향을 보이고 있으며, <Figure 5>와 <Figure 7>에서는 쥐기 거리에 따라서는 거리가 증가할수록 크게 나타났다. 이러한 요측수근굴근(FR)과 척측수근굴근(FU)이 작업형태에 따라 다양한 근육 동원 정도를 보이고 있는 것은 쥐기 높이, 쥐기 거리 그리고 쥐기 각도에 따른 손목의 자세에 대한 영향으로 보인다. 즉 push-pull 게이지의 위치가 고정되어 있음에 따라 쥐기 거리와 쥐기각도에 따라 손목의 내전과 외전 및 신전(extension)과 굴곡(flexion)이 발생하게 되고 이러한 영향이 전완의 굴곡과 손목의 굴곡과 외전에 작용하는 요측수근굴근과 손목의 굴곡과 내향에 작용하는 척측수근굴근의 동원정도에 영향을 미치는 것으로 보인다. 삼각근(MD)은 push-pull 경우 모두 어깨 높이에서 또한 쥐기 거리가 증가할수록 대체로 높게 나타났다. 이는 기존의 연구와 비슷한 결과를 보여주고 있다(Basmajian, 1978).

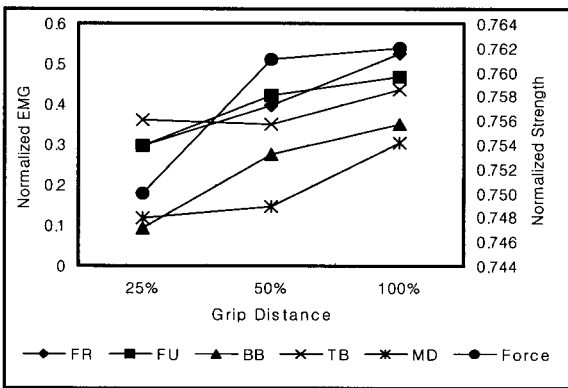
상완이두근(BB)과 상완삼두근(TB)에서의 근육의 동원 정도는 반대의 경향을 보이고 있으며, 이는 높이가 증가할수록 상완이두근은 근육의 동원 정도가 감소하는 반면, 상완삼두근은 높이가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다. 일반적으로 상완이두근은 pull 작업시에 주동근(agonist)으로 작용하며, 상완삼두근은 push 작



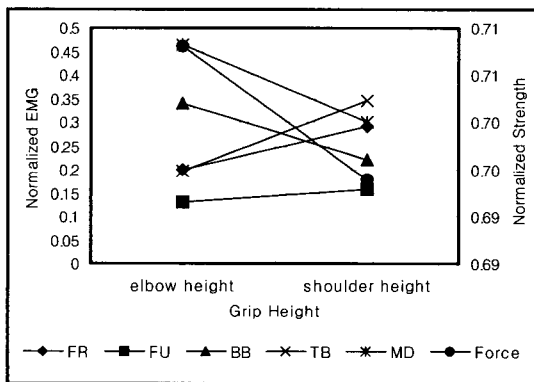
<Figure 4> Push & Grip height에 따른 Force 및 표준화 EMG



<Figure 7> Pull & Grip Distance에 따른 Force 및 근육별 표준화 EMG



<Figure 5> Push & Grip Distance에 따른 Force 및 근육별 표준화 EMG



<Figure 6> Pull & Grip height에 따른 Force 및 표준화 EMG

업시에 주동근으로 사용된다(노민희, 이한기 정영태, 1994).

그러나 <Figure 5>와 <Figure 7>에 나타난 것처럼 쥐기 거리가 25%, 50%, 100% 증가함에 따라 근육의 동원 정도에 영향을 받는 것으로 보인다. 즉 상완의 굴곡의

정도가 쥐기 거리 25%에서 제한되었을 때는, push의 경우에는 상완이두근보다는 상완삼두근이 주된 작용을 하는데 반해 pull의 경우에는 그 반대적인 경향을 보인다. 그러나 쥐기 거리가 50%, 100%로 상완의 굴곡을 증가 시킴에 따라 이러한 두 근육의 요소가 서로 보완적인 역할을 하는 것으로 보인다.

이상의 작업조건에 따른 표준화 근력 및 EMG 결과를 정리하면 <Table 7>과 같으며, 표준화 근력 및 표준화 EMG 모두 push-pull의 작업에 따라 쥐기 높이, 쥐기 거리, 어깨 각도에서 동일한 결과를 보여주고 있으나, 근육의 동원 패턴에서 차이가 있음을 보여주고 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 좌식작업하에서 push-pull 작업에 따른 다양한 자세에 관한 근력 및 근육의 동원 정도를 살펴 보았다. 그 결과 쥐기 높이에서는 근력의 경우 push의 경우 팔꿈치 높이에서 높게 나타났으며, 표준화 EMG 값 또한 높게 나타났다. 반면 pull의 경우 근력에서는 팔꿈치 높이가 다소 높았으며, 표준화 EMG 값의 경우는 오히려 어깨 높이의 경우가 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 특히 표준화 EMG 값에서는 상완이두근과 상완삼두근이 서로 push-pull 작업과 쥐기 높이에 따라 상이한 형태의 근육 동원 패턴을 보여주었으며, 삼두근의 경우는 어깨 높이에서 모두 다 높게 나타났다.

쥐기 거리에서는 push-pull 모두 거리가 멀수록 근력이 크게 나타났으며 근육별 동원정도는 다소 차이가 있었다. 어깨 각도에 따른 각 작업의 자세수준별 결과를 살펴보면 어깨의 각도가 내전 또는 중립된 경우(90°)가 외전된 경우(45°, 0°)보다 근력이 큰 것으로 나타났으나, 표준화 EMG값의 결과를 살펴보면 push-pull 작업

&lt;Table 7&gt; Push-pull 및 작업조건에 따른 normalized strength 및 EMG의 비교

Value task factor	Normalized strength		Normalized EMG	
	Push < Pull		Push < Pull	
Grip height	EH > SH	EH > SH	EH > SH	EH > SH
Grip distance	25% > 50% > 100%	25% > 50% > 100%*	25% > 50% > 100%*	25% > 50% > 100%*
Shoulder angel	0° < 45° < 90° *	0° < 45° < 90°	0° < 45° < 90°	0° < 45° < 90°
Muslce			FR > FU > TB > BB > MD*	MD > BB > TB > FR > FU*

\* significant  $p < 0.05$

EH : elbow height, SH : Shoulder height

FR : flexor carpi radialis, FU : flexor carpi ulnaris, BB : biceps brachii muscle

TB : tricep brachii muslce, MD : middle deltoid

모두 유의적인 차이를 보이지 못했다.

따라서 본 연구의 결과 다양한 작업 요인들이 push-pull 작업에 영향을 미치고 있음을 알 수 있으며, 특히 근육 동원 패턴은 근력의 형태보다는 상지의 근육 종류에 따라 더욱 복잡한 패턴을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 좌식 작업의 근골격계 장애를 평가함에 있어 기존의 연구에서 제시하고 있는 단순한 근력의 허용 범위만으로 평가하기 보다는 작업방법에 따라 각각 작용하는 근육의 사용 정도의 차이가 있으므로 이를 고려한 근골격계 상해의 진단이 필요한 것으로 보인다.

본 연구에서는 최대 MVC를 통한 작업자세의 근력과 근육 동원 정도에만 관심을 가지고 수행되었다. 그러나 좌식작업의 경우 반복적이고 단순한 작업이 일반적으로 행해지고 있으며, 또한 장시간 동안 지속되는 경우가 많다. 따라서 기본적인 근력데이터를 바탕으로 작업반복성과 작업지속성에 관련된 근육사용정도의 변화에 따른 신체부하의 평가가 수행되어야 할 것으로 보이며, 등장성 근력(isometric strength)뿐만 아니라 등척성 근력(isokinetic strength)에 대한 다양한 좌식작업하에서의 평가가 필요한 것으로 보인다. 또한 손목, 팔꿈치, 어깨의 3자유도의 특성과 영향을 고려한 근력과 근육의 평가가 필요한 것으로 보인다.

## 5. 참고문헌

- [1] 김진호, 박세진, 김철중, "한국청년의 근력특성에 관한 연구," 대한인간공학회지, 9(2): 37-45, 1990.
- [2] 노민희, 이한기, 정영태, "인체해부학", 고문사, pp. 146-148, 1994.
- [3] Basmajian, J. V. "Muscles Alive - Their Functions Revealed by Electromyograph," The Williams & Wilkins Company, Baltimore, U.S.A., pp 190-212, 1978.
- [4] Baril-Gingra, G. and Lortie, M., "The handling of objects other than boxes: univariate analysis of handling techniques in a large transport company," Ergonomics, 38: 905-925, 1995.
- [5] David M. F., Donald W. G., and Stephen T. P.; "Human Strength Capabilities during One-handed Maximum Voluntary exertions in the fore and aft plane," Ergonomics, 34(5): 563-573, 1991.
- [6] Kothiyal K., Kayis Berman., ; "Workplace Layout for Seated Manual Handling Tasks: An Electromyography Study," International Journal of Industrial Ergonomics, 27: 19-32, 2001.
- [7] Kumar S.; "Upper body push-pull strength of normal young adults in sagittal plane at three heights," International Journal of Industrial Ergonomics, 15: 427-436, 1995.
- [8] Mital A., and Faard H. F.; "Effects of Sitting and Standing, Reach Distance, and Arm Orientation on Isokinetic Pull Strengths in the Horizontal Plane," International Journal of Industrial Ergonomics, 6: 241-248, 1990.
- [9] Mital, A., Nicholson, A. S., and Ayoub M. M., : "A Guide to Manual Materials Handling," Taylor and Francis, London, UK, 1993.
- [10] NIOSH, "Work Practices Guides for Manual Lifting," U.S., D.H.S.S., Pub, pp. 81-122, 1981.
- [11] NIOSH, "Selected Topics in Surface Electromyography for Use in The Occupational Setting : Expert Perspectives," U.S., D.H.H.S., Pub., pp. 122-144, 1992
- [12] Stasser H., Keller, E., Muller, K. W.,; "Local Muscle Strain Dependent on the Direction of Horizontal Arm Movements," Ergonomics, 32(7): 899-910, 1989.

- [13] Strasser H, Müller K. W.; "Favorable Movements of th Hand-arm System in the Horizontal Plane Assessed by Electromyographic Investigations and Subjective Rating," *International Journal of Industrial Ergonomics* 23: 339-347, 1999.