

# 들기 작업시 손잡이의 영향에 관한 연구

장성록<sup>†</sup> · 배동철

부경대학교 안전공학과

(2003. 2. 21. 접수 / 2003. 5. 27. 채택)

## A study on coupling effect during lifting

Seong-Rok Chang<sup>†</sup> · Dong-Cheol Bae

Department of Safety Engineering, Pukyong National University

(Received February 21, 2003 / Accepted May 27, 2003)

**Abstract** : Despite rapid technological advance and increased automation facilities, many jobs and activities in our living require manual materials handling(MMH). These include wide variety of activities such as moving things, lifting bags, boxes or cartons, etc. Many studies found that handle could affect on maximum acceptable weight of lifting, but there were few studies for the effects of work posture and coupling in lifting tote box. This study performed that ten male college students were required to lift a tote box with and without handle for three postures (bending, straight, right angle posture).

From the experiment, following results were obtained. (1) MVC reduced maximum 23% by type of handle. (2) MVC was highest in straight posture, but was lowest in right angle posture. (3) As a result of ANOVA, MVC paid attention to posture and coupling. ( $p < 0.01$ ) (4) To all handle types, biceps brachii activity was increased in right angle posture, but reduced in straight posture. (5) To all posture, biceps brachii activity was most lively in no handle.

The results of MVC measurement, subjective rating, EMG analysis, statistic analysis showed that maximum acceptable weight of lifting was influenced by type of handle and straight posture was more comfortable than other postures. Based on these results, it was concluded that acceptable weight of lifting has to differ for work posture and coupling.

**Key Words** : coupling, posture, MVC, subjective rating, EMG

### 1. 서 론

현대사회는 과학기술의 발전으로 인해 많은 생산 시설이 자동화되고 있지만, 아직도 여러 생산현장에서는 사람이 직접 bag, box, carton 등을 들고, 내리고, 옮기고, conveyor belt에서 물건을 내리고, 창고에 물건을 쌓는 등 인력운반작업으로 생산활동이 이루어지고 있는 현상이 많다<sup>1)</sup>. 특히, 우리나라에서는 지금까지의 고도산업 발전이 신발, 섬유, 자동차, 조선, 철강업 등 노동집약형 산업에 많이 의존한 결과로 급속한 경제 성장을 가져온 반면, 높은 산업 재해율을 초래했다. 최근에는 잘못된 작업환경 및 작업방법으로 인한 과도한 작업부하가 작업자에게 누적되어 발생하는 요통, VDT 증후군과 같은 근골

격계질환으로 인한 요양신청이 급격히 증가하고 있다<sup>2)</sup>.

미국의 경우, OSHA 200 Logs에 의해 집계된 직업병 통계(사기업 대상)를 보면 1981년도 누적외상성질환이 23,000건이었던 것이, 1995년도에는 약 13.4배 증가한 308,200건으로 전체 직업병 건수에서 62.3%를 차지할 정도로 급속히 증가하여 산업보건의 가장 심각한 문제 중의 하나로 자리잡고 있다<sup>3)</sup>. 그러나, 80년대부터 근골격계질환에 관심을 갖기 시작하여, 90년대 들어 자동차 산업을 중심으로 예방관리 시스템을 가동한 결과, 1994년을 정점으로 질환발생이 감소 추세에 접어들고 있다.

우리나라의 경우, 1993년부터 “경견완증후군”을 업무상 재해인정기준에 도입한 이후, 노동부 자료에 의하면 근골격계질환자 수가 1999년 124명, 2000년 1,009명, 2001년 1,634명, 2002년에는 7월말 현재

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
srchang@pknu.ac.kr

1,827명으로 점차 증가 추세를 보이고 있으며<sup>4)</sup>, 특히 2000년 현대자동차 5공장, 2001년 현대중공업, 2002년 대우조선해양(주) 등에서의 근골격계질환자들이 집단 산재 판정을 받는 등 이로 인한 노동력 상실 및 경제적 지출 비용으로 앞으로 커다란 사회 문제가 될 것이다.

MMH 작업에 의한 근골격계질환은 작업자 실수에 의한 사고성 재해인 경우도 있으나, 부적절한 작업자세와 작업대 설계, 잘못 고려된 작업하중 등에 의한 누적성 재해가 대부분을 차지하고 있다. 따라서, 이러한 MMH 작업에 의한 근골격계질환의 방지를 위해서는 근골격계질환 예방 교육, 스트레칭 등의 방법뿐만 아니라, 그 작업에 요구되는 적절한 작업하중 및 작업상황을 평가할 수 있어야 한다. 즉, 작업자세를 고려한 생체역학적 분석이나, 근전도를 이용한 작업자의 근육활동의 생리학적 분석 등을 통한 작업 개선이 필요할 것이다<sup>5,9)</sup>.

본 연구의 목적은 MMH 작업시 흔히 사용되는 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90°로 굽혔을 때 자세)에 대하여 손잡이의 형태에 따른 영향을 Maximum Voluntary Contraction (이하 MVC) 변화, 주관적 평가 및 근전도 분석을 통해 파악하는데 있다.

## 2. 실험

### 2.1. 피실험자

피실험자는 이전에 요통이나 그 밖의 근골격계와 관련된 질병을 가진 적이 없는 신체 건강한 10명의 대학생들을 대상으로 하였으며, 실험전 실험자세 및 절차에 관해 숙지하도록 교육한 후 실험을 실시하였다.

### 2.2. 실험기기 및 실험대상 근육

본 실험에 사용된 기기로는 각도별 MVC 측정을 위해 Takei Kiki Kogyo Co.에서 제작한 digital dynamometer와 Thought Tech 사의 FlexComp EMG Solution을 사용하였다.

실험대상 근육은 기존의 인력운반과 관련된 연구에서 주 관측대상이 되고 있으며, 팔꿈치 굽힘 동작 시 주관절 굴곡에 동원되는 근육들 중에서 좌우 상완이두근(biceps brachii)의 2개 근육을 선정하여 EMG를 측정하였다. 측정 대상 근육들에 대한 전극 부착 위치는 Fig. 1에 나타내었다.

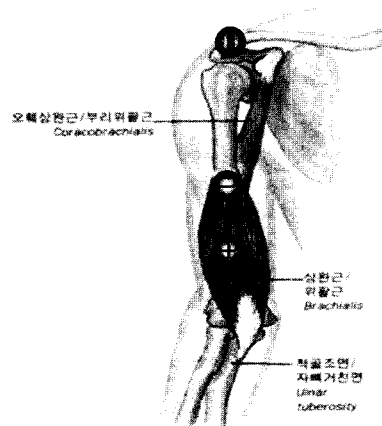


Fig. 1. Electrode attachment position (right biceps brachii)

### 2.3. 실험변수

본 연구의 실험결과에 영향을 미치는 변수로는 다음과 같은 변수들이 있다.

#### 손잡이

손잡이 형태에 따른 변화를 알아보기 위해 손잡이를 좋음(일반 손잡이에 고무 재질로 패딩 처리), 보통(tote box의 일반 손잡이), 나쁨(손잡이 없는 상태)의 3가지로 나누어 실험하였다.

#### 작업자세

본 연구에서 선정한 작업자세는 Fig. 2와 같이 인력운반작업에서 주로 이루어지는 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90°로 굽혔을 때 자세)를 대상으로 하였다.



Fig. 2. Experimental posture

#### 상자 크기 및 무게

Garg and Saxena(1980)는 상자 크기의 증가에 따라 손잡이가 있는 상자의 최대허용무게는 5.2% 감소하고 손잡이가 없는 상자의 최대허용무게는 7.2% 감소한다고 하였다<sup>10)</sup>. 따라서, 상자 크기에 따라 손잡이는 최대허용무게에 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다. 본 연구에서는 가로 51.5cm, 높이 28cm, 폭 36cm, 무게 2.5kg인 플라스틱 tote box를 사용하였다.

2.4. 실험방법

본 연구에서 대상으로 한 상자 들기 작업은 현장에서 흔히 이루어지고 3가지 자세(구부린 자세, 팔을 편 자세, 팔을 90°로 굽힌 자세)에서 실험을 실시하였으며, 작업조건은 각 자세당 3가지 손잡이 형태에 대한 각각의 MVC를 측정하였다.

Dynamometer를 이용하여 각 실험당 5초간의 MVC를 5회씩 측정하였고, 1회 MVC 측정 후 근육의 피로회복을 위해 10분간의 휴식시간을 두었다. 그리고, 각 실험이 종료된 후, 피실험자들에게 주관적 평가를 하도록 하였다.

근전도 측정은 실험 전 피 실험자들에게 실험목적, 방법, 주의 사항 등을 숙지시킨 후 대상근육 부위에 표면전극을 부착시켰다. 전극 부착 후 30분간 aging을 실시하고 자세별 손잡이 형태에 따른 MVC 측정 결과의 5초간 RMS.EMG를 측정하였다. 측정된 데이터는 RMS.EMG의 피크치를 중심으로 1초 동안의 평균값으로 환산하여 각 근육의 동원 형태를 분석하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 자세별 손잡이 형태에 따른 MVC

자세별 손잡이 형태에 따른 MVC는 Table 1과 같다. Table 1의 실험결과를 보면 MVC는 팔을 편 자세가 가장 높게 나타났으며, 팔을 90°로 굽힌 자세가 가장 낮은 것으로 나타났다. 자세에 대한 손잡이의 영향을 살펴보면, 구부린 자세일 경우 손잡이 상태가 나빠질수록 9.1%, 27.5% 감소하였고, 팔을 편 자세일 경우에는 8.09%, 29.6%, 팔을 90°로 굽힌 자세일 경우에는 1.18%, 24.8% 감소하였다.

Table 1. MVC for posture and coupling unit : kg

Subject	구부린 자세			팔을 편 자세			팔을 90°로 굽힌 자세		
	좋은	보통	나쁨	좋은	보통	나쁨	좋은	보통	나쁨
1	61.16	52.12	38.6	60.48	56	39.82	45.86	48.6	35.48
2	37.38	33.12	26.68	41.58	39.16	33.4	29.6	29.2	22.62
3	43.56	41.06	32.02	46.94	42.72	33.38	31.82	31.5	22.58
4	58.28	52.76	37.26	58.5	53.4	38.22	35.48	41.14	28.1
5	49.92	48.58	42.72	62.84	58.88	48.16	43.64	37.32	33.78
6	44.82	41.1	33.98	46.08	45.9	32.36	29.04	29.64	21.24
7	32.12	28.66	23.3	37.06	35.72	28.68	25.88	24.82	19.4
8	47.88	38.84	38.32	50.04	41.76	29.72	38.76	35.38	27.68
9	59.94	57.12	49.3	77.14	68.56	54.48	50.06	49.98	41.4
10	35.38	34.2	28.88	44.74	40.78	31.8	26.38	24.68	23.26
평균± 표준편차	47.04 ± 10.38	42.76 ± 9.51	34.11 ± 7.97	52.54 ± 12.06	48.29 ± 10.47	37.00 ± 8.41	36.65 ± 8.58	35.23 ± 9.05	27.55 ± 7.21

Table 2는 통계프로그램인 Minitab release 13을 사용하여 MVC에 대한 자세별 손잡이 형태별 영향을 분산분석(Analysis of Variance; ANOVA)을 통하여 나타낸 결과이다.

Table 2. Analysis of variance for MVC

Source	DF	SS	MS	F	P
손잡이 형태	2	242.26	121.13	32.06	0.003*
자세	2	266.15	133.08	35.22	0.003*
Error	4	15.11	3.78		
Total	8	523.52			

(\* : p<0.01)

분산분석결과 자세와 손잡이는 MVC에 대해 유의함(p<0.01)을 알 수 있었다.

3.2. 주관적 평가

주관적 평가는 magnitude estimation 방법으로 실시하였다<sup>11)</sup>. 실험 전에 전달한 기록지를 실험 종료 후 피실험자가 직접 체크하도록 한다. Table 3은 통계 프로그램인 Minitab release 13을 사용하여 주관적 불편도에 대한 자세별 손잡이 형태의 영향을 분산분석을 통하여 나타낸 결과이다. 분산분석 결과 자세와 손잡이는 주관적 불편도에 대해 유의함(p<0.01)을 알 수 있었다. 자세별 손잡이 형태에 따른 주관적 평가는 Table 4와 같다.

측정된 데이터는 식(1)과 같은 최소-최대 표준화 방법을 이용하여 0~100 사이의 척도로 표준화하여 Table 5에 나타내었다. 이는 피실험자 간의 불편도 평가 기준이 다르기 때문에, 피실험자마다 변동이 크므로 이를 보정하기 위한 것이다.

$$\text{표준화값} = \frac{100 \times (\text{평가치} - \text{최소치})}{\text{최대치} - \text{최소치}} \quad (1)$$

최소치: 각 피실험자의 주관적 불편도의 최소값

최대치: 각 피실험자의 주관적 불편도의 최대값

피실험자마다 다소 차이는 있었으나 평균값을 살펴볼 때 MVC값이 높은 자세 및 손잡이 형태에서 주관적 불편도가 낮은 것으로 나타났다.

Table 3. Analysis of variance for subjective ratings

Source	DF	SS	MS	F	P
손잡이 형태	2	369.56	184.78	38.67	0.002*
자세	2	548.22	274.11	57.37	0.001*
Error	4	19.11	4.78		
Total	8	936.89			

(\* : p<0.01)

Table 4. Subjective ratings of posture and coupling

Subject	구부린 자세			팔을 편 자세			팔을 90°로 굽힌 자세		
	패딩	handle	no handle	패딩	handle	no handle	패딩	handle	no handle
1	50	60	60	30	30	30	60	70	60
2	50	60	70	50	50	60	60	70	80
3	50	50	60	50	60	70	70	70	80
4	40	50	70	30	40	60	70	60	80
5	40	50	60	30	40	50	40	50	60
6	40	50	60	30	40	60	50	60	70
7	40	50	60	30	40	50	50	60	70
8	30	40	50	40	50	60	30	40	50
9	40	50	60	20	30	60	50	50	60
10	40	50	60	30	40	50	50	60	60
평균± 표준 편차	42± 6.32	51± 5.68	61± 5.68	34± 9.66	42± 9.19	57± 6.75	53± 12.52	59± 9.94	68± 10.33

Table 5. Standardized value of subjective ratings of posture and coupling

Subject	구부린 자세			팔을 편 자세			팔을 90°로 굽힌 자세		
	패딩	handle	no handle	패딩	handle	no handle	패딩	handle	no handle
1	50	75	75	0	0	50	75	100	75
2	0	33.3	66.7	0	0	33.3	33.3	66.7	100
3	0	0	33.3	0	33.3	66.7	66.7	66.7	100
4	20	40	80	0	20	60	80	60	100
5	25	50	75	0	25	50	25	50	100
6	25	50	75	0	25	75	50	75	100
7	25	50	75	0	25	50	50	75	100
8	0	33.3	66.7	33.3	66.7	100	0	33.3	66.7
9	50	75	100	0	25	100	75	75	100
10	33.3	66.7	100	0	33.3	66.7	66.7	100	100
평균± 표준 편차	22.83± 18.77	47.33± 22.65	74.67± 18.71	3.33± 10.53	25.33± 18.71	65.17± 21.76	52.17± 25.96	70.17± 20.39	94.17± 12.45

Table 5의 표준화된 주관적 평가 결과를 보다 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위해 Fig. 3의 그래프로 나타내었다. 표준화 값이 높을수록 주관적 불편도가 높은 것이고, 표준화 값이 낮을수록 주관적 불편도가 낮은 것으로 나타내었고, 각 실험 조건에 대해 10명의 표준화된 주관적 평가 결과의 평균값을 사용하였다.

Fig. 3의 결과를 보면 주관적 불편도는 팔을 편 자세에서 가장 낮게 나타났으며, 팔을 90°로 굽힌 자세에서 불편도가 높은 것으로 나타났다.

자세에 대한 손잡이의 영향을 살펴보면, 세 가지 자세 모두에서 손잡이 상태가 나빠질수록 주관적 불편도가 증가하였다.

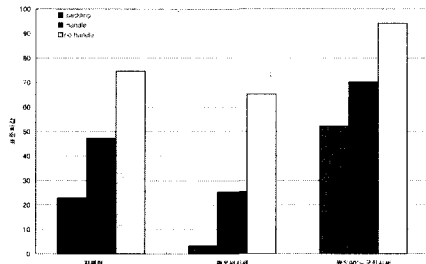


Fig. 3. Standardized value of subjective ratings of posture and coupling

### 3.3. EMG 분석

동원된 근육들의 활동을 분석하기 위해 자세 및 손잡이 형태에 대한 RMS.EMG를 측정하였다.

손잡이 형태에 대한 실험 결과는 Fig. 4~6과 같다.

Fig. 4는 구부린 자세에서의 손잡이 형태별 좌우 상완이두근의 RMS.EMG값을 나타내고 있는데, 손잡이가 없는 경우의 RMS.EMG값이 가장 높게 나타나 있고, 손잡이를 패딩처리한 경우와 일반 손잡이의 경우 비슷하게 나왔으나, 일반 손잡이의 경우 RMS.EMG값이 조금 높게 나타났다.

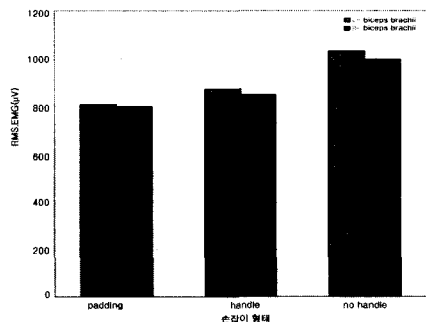


Fig. 4. RMS.EMG amplitude of two upper arm muscles for bending posture

Fig. 5는 팔을 편 자세에서의 손잡이 형태별 좌우 상완이두근의 RMS.EMG값을 나타내고 있으며, 이 자세 역시 손잡이가 없는 경우 RMS.EMG값이 가장 높게 나왔으며, 세 손잡이 형태 모두 높게 나왔다.

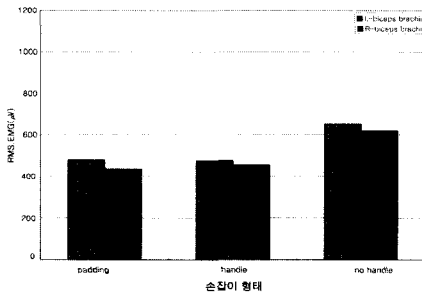


Fig. 5. RMS.EMG amplitude of two upper arm muscles for straight posture

Fig. 6은 팔을 90°로 굽힌 자세에서의 손잡이 형태 별 좌우 상완이두근의 RMS.EMG값을 나타내고 있으며, 다른 두 자세보다 RMS.EMG값이 높게 나타났다.

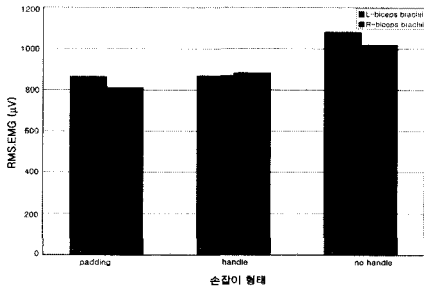


Fig. 6. RMS.EMG amplitude of two upper arm muscles for right angle posture

팔을 90° 굽힌 자세에서 3가지 손잡이 형태 모두 상완이두근의 역할은 증가된 반면에, 팔을 편 자세에서의 상완이두근의 역할은 감소되었다. Chang은 팔꿈치관절 각도가 90°일 경우 상완이두근과 완요골근의 영향이 큰 반면, 60°일 경우 상완이두근과 상완근의 역할이 크고, 120°일 경우 상완이두근과 원회내근의 역할이 증대되었다고 하였는데<sup>12)</sup>, 본 연구에서도 비슷한 결과로 나타났다.

#### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 손잡이 형태에 따른 인양하중의 변화를 고찰하고, 작업자세에 따른 최적 인양 하중을 제시하고자 하는 바, 상자 들기 작업시 자세 및 손잡이 형태에 따른 MVC, EMG값과 주관적 불편도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 손잡이 유무에 따라 MVC는 최대 23%까지 감소되었다.

2) 팔을 편 자세에서의 MVC가 가장 높게 나왔으며, 팔을 90°로 굽힌 자세에서 가장 낮게 나타났다.

3) 분산분석 결과 MVC에 대해 자세 및 손잡이는 유의한 것으로 나타났다.( $p < 0.01$ )

4) 주관적 평가 결과 피실험자마다 다소 차이는 있었으나, 평균값을 볼 때, MVC 값이 높은 자세 및 손잡이 형태에서, RMS.EMG값이 낮은 자세 및 손잡이 형태에서 주관적 불편도가 낮은 것으로 나타났다.

5) 팔을 90° 굽힌 자세에서 3가지 손잡이 형태 모두 상완이두근의 역할이 증대되었으며, 팔을 편 자세일 때의 상완이두근의 역할은 감소되었다.

6) 세 자세 모두 손잡이가 없는 경우에 상완이두근의 근육 동원이 가장 컸다.

위의 결과들을 토대로 볼 때, 본 연구에서 선정한 세 가지 작업 자세에서 들기 작업 시 팔을 편 자세가 가장 안전한 들기 작업 자세라고 할 수 있겠고, 손잡이 형태에 따라서는 손잡이가 없는 경우보다 손잡이가 있는 경우가 들기 작업시 보다 안전하게 물체를 들 수 있을 것이다.

근전도 측정시에는 심층근(negative muscle)을 분석할 수 있는 바늘 전극(needle electrode)과 표층근(positive muscle)을 분석할 수 있는 표면전극(surface electrode)을 사용하는데, 본 연구에서는 표면전극을 사용하였기 때문에 표층근만을 대상으로 하였다.

Garg and Saxena (1980), Smith and Jiang (1984), Drury et al. (1989)는 최대허용무게(maximum acceptable weight)에 있어서 들기 능력의 감소 정도가 정확히 일치되지는 않았지만 7~11%의 감소를 가져온다고 결론지었고<sup>10,13,14)</sup>, 1991년 NIOSH committee는 나쁜 coupling에 대한 penalty는 10%를 초과하지 않아야 한다고 결론지었다<sup>15)</sup>. 그러나, K.G.Davis et al (1998)은 133.8cm 미만의 높이에서 'poor' handle couple 계수는 0.85가 적당하다고 하였으며<sup>16)</sup>, 본 연구에서는 자세별 손잡이 유무(handle, no handle)에 따라 20~23% 감소를 가져오는 것으로 나타났다. 기존에 연구되었던 논문과 차이가 나타난 이유를 살펴보면 미국인과 한국인의 신체적 특성을 고려해 볼 수 있겠고, 상자의 크기에 따라 들기 능력이 다르게 나타날 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 자세 및 손잡이 형태에 따른 MVC 값 측정과 주관적 평가를 실시하였지만, 이 연구를 기초로 하여 MMH 작업시 한국인에게 적용할 수 있는 권고 무게와 적합한 상자 설계 및 근육의 피로 현상에 관한 추후 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 1) Sanders, M. S. and E. J. McCormick. "Human Factors in Engineering and Design," Seventh Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1992.
- 2) 임종근, 근골격계질환 발생현황과 예방대책, 월간 무재해, 2002. 2.
- 3) U.S Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 1997. 3.
- 4) 노동부, 1999-2002 산업재해분석, 2003.
- 5) 장성록, "Power surge tool line의 인간공학적 평가에 관한 연구," 산업안전학회지, 제13권, 제1호, 147-154, 1998.
- 6) 장성록, "냉동창고 출하작업의 신체부담 분석에 관한 연구," 산업안전학회지, 제14권, 제4호, 192-198, 1999.
- 7) 배동철, 장성록, "연삭작업시 작업자세와 작업시간에 따른 근전도 분석에 관한 연구," 산업안전학회지, 제16권, 제1호, 79-83, 2001.
- 8) 박현진, 장성록, "허리비틀림 각도에 따른 근육활동 분석," 산업안전학회지, 제16권, 제2호, 117-120, 2001.
- 9) 성창환, 배동철, 장성록, "상자들기 작업시 자세 및 손잡이 형태가 발휘근력에 미치는 영향," 한국산업안전학회 추계학술 논문집, 371-376, 2002.
- 10) Garg, A. and Saxena, U. 1980, Container characteristics and maximum acceptable weight of lift, Human Factors, 22, 487-495.
- 11) Lodge, M., Magnitude Scaling : Quantitative measurement of options, Beverly Hills, CA : Sage, 1981.
- 12) 장성록, "팔꿈치 관절 굽힘 동작에 동원되는 근육의 상호작용에 관한 연구," 서울대, 박사학위논문, 1992.
- 13) Drury, C.G., Deeb, J.M., Hartman, B., Wooley, S., Drury, C.E. and Gallagher, S. Symmetric and asymmetric manual materials handling. Part 1. Physiology and Psychophysics, Ergonomics, Vol. 32, pp. 467-489, 1989.
- 14) Smith, J.L. and Jiang, B.C. A manual materials handling study of bag lifting, American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 45, pp. 505-508, 1984.
- 15) Waters, T.R., Putz-Anderson, V., and Garg, A. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. Cincinnati, OH: DHHS (NIOSH), 1994.
- 16) Davis, K.G., Marras, W.S. and Waters, T.R. Reduction of spinal loading through the use of handles, Ergonomics, Vol. 41, pp. 1155-1168, 1998.