Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 28, No. 3 pp.41-47, August 2009

들기 작업할 때 자세의 변화에 따른 악력과 지면 반발력의 상관관계

정상용[1] · 강진우[2] · 구정완[1,2]

[1]가톨릭대학교 보건대학원 인간공학 및 재활보건학과 / [2]가톨릭대학교 성모병원 산업의학센터

The Relationship between Grip Strength and Ground Reaction Force by Change of Position when Lifting Tasks

Sang Yong Jung[1], Jin Woo Gang[2], Jung-Wan Koo[1,2]

[1]Department of Occupational Ergonomics and Rehabilitation Health, Graduate School of Public Health, The Catholic University of Korea, Seoul, 137-701
[2]Catholic Industrial Medical Center, The Catholic University of Korea, Seoul, 150-713

ABSTRACT

The purpose of this study, during the lifting task was researching the difference and a relationship between the ground reaction force and the grip strength by change of position. After grip strength has measured in symmetry position and asymmetry position at 45cm and 75cm of height of hand, ground reaction force was measured by same attitude lifting wooden box. We analyzed the difference of grip strength and ground reaction force in each position change. The results of grip strength, the grip strength of both hand were significant difference that in study subject symmetry and asymmetry position (p<0.01). The results of symmetry lifting task, the study subjects was significant difference of the ground reaction force difference by height (p<0.05). Asymmetry lifting task was significant difference of ground reaction force difference by direction of rotation was changed (p<0.01). The result of it will rotate with non-dominant hand side of lifting tasks from height 75cm where it easily maintains a balance possibility and decreasing the load of the hand. Therefore, from the workshop in the work people, it will be between the height 75cm and non-dominant hand side of trunk rotatory direction in the lifting tasks. Future study is necessary researched about the change of grip strength when the height of the hand is higher, and the difference of the ground reaction force when the change of weight.

Keyword: Manual materials handling, Symmetric lifting, Asymmetric lifting, Grip strength, Ground reaction force

1. 서 론

현대 산업현장은 생산 자동화로 작업자들의 위험한 작업을 많이 감소시켜 왔지만, 자동화 설비 비용 등의 경제적인 조건과 공간제약 같은 실제적인 상황들이 제약조건으로 작용해 상대적으로 자동화가 어렵고 미진한 작업장이 다수를 이루고 있다. 특히 건설, 제조, 물류, 컨베이어 벨트로부터 원자재 이동, 창고의 물건 관리 등의 작업분야에선 현재까지도 인간의 육체를 이용하여 물건을 한 장소에서 다른 장소로 이동시키는 인력물자취급작업(manual materials handling, MMH)에 여전히 의존하고 있는 실정이다.

교신저자: 구정완
주 소: 150-713 서울시 영등포구 여의도동 62 성모병원 산업의학센터, 전화: 02-3779-1402, E-mail: jwkoo@catholic.ac.kr

근골격계질환의 약 80%가 반복 동작이나 과다한 동작에 의한 것인데, 대부분이 인력물자취급작업에 의한 것이며, 그 중 들기 작업이 가장 큰 부분을 차지한다고 할 수 있다(한국산업안전공단, 2003). 들기 작업에서 비대칭 들기 작업(asymmetric lifting)은 허리를 회전해서 비틀어 물건을 들어 올려야 하므로 대칭 들기 작업(symmetric lifting), 즉 두 손을 사용하여 허리의 회전 없이 물건을 들어 올리는 작업보다 훨씬 더 위험한 작업으로 알려져 있다. 산업현장에서 들기 작업을 할 때 가능하면 대칭 들기 작업을 하도록 교육시키고 권장하고 있지만, 실제적으로 작업자들은 작업의 특성이나 작업장 환경조건으로 인하여 어쩔 수 없이 비대칭 들기 작업을 행하여야 할 경우가 많다.

산업현장에서의 들기 작업은 손으로 운반해야 하기 때문에 많은 작업들이 손으로 쥐고 힘을 써서 반복적으로 행하는 동작을 요구하고 있다. 작업자의 최대 악력은 그러한 작업을 수행하는 작업자의 능력을 결정하고 전체 작업자들의 악력의 세기는 작업진단의 능력을 결정짓는다(양성환 등, 1997). 이동춘과 장규표(1997)에 따르면 한국 성인의 악력특성은 선 자세에서 팔꿈치 각도가 180도 일 때 최대 악력이 나타나고, 성별, 좌우 손별 악력의 크기는 유의한 차이가 있으며, 연령이 증가할수록 악력은 작아진다고 하였다. 또한 양성환 등(1997)의 연구에서는 들기 작업의 자세에 따른 악력의 차이가 있다고 하였다. 그러나 산업현장에서 빈번히 일어나는 비대칭 들기 작업을 할 때 악력이 어떻게 변하는지에 대한 연구는 미흡하다.

균형에 대한 평가를 할 때 가장 많이 쓰이는 것은 지면 반발력(ground reaction force, GRF)과 무게중심의 이동에 대한 평가이다. 지면 반발력은 자세의 조절시 무게중심과 함께 같은 방향으로 움직이며 이는 균형을 유지함에 있어서 중요한 척도로 사용된다. Mains와 Reiser(2006)의 연구에서 바닥에 있는 물건을 수직 방향으로 들어 올릴 때 양쪽 발의 지면 반발력을 비교하였는데, 발바닥에서의 앞쪽과 뒤쪽 힘은 유의한 차이를 나타내지 않았고, 안쪽과 바깥쪽 힘, 수직적 힘에서 유의하게 지면 반발력이 비대칭적으로 나타났다. 이 연구에 따르면 대칭 들기 작업을 하는 동안 항상 균형 유지는 비대칭적으로 나타난다는 것을 알 수 있다. McMullin 등(1995)의 연구에서는 대칭 들기 작업에서 비대칭적인 자세로 작업을 수행함으로 인해 신체에 부담을 준다고 하였으며, 대칭적인 양 하지의 움직임에 따른 지면 반발력의 비대칭성을 알아보는 연구도 있었다. 그러나 주로 쓰는 손(dominant hand, DH)과 주로 쓰지 않는 손(non-dominant hand, NDH)쪽으로 몸을 돌려서 들기 작업을 하는 비대칭 들기 작업에 대한 연구는 미흡하다.

따라서 본 연구의 목적은 들기 작업을 행할 때, 대칭 자세와 비대칭 자세에서의 악력의 변화와 지면 반발력의 변화에 대한 정보를 제공하고자 하는 것이다. 또한 산업현장에서 작업자들이 들기 작업을 할 때 균형을 유지하기 위해 물건이 위치할 높이와 작업자들이 비대칭 들기 작업을 할 때에 몸통을 어느 방향으로 회전해야 하는지에 대한 정보를 제공하는데 목적이 있다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구는 경기도 성남시에 거주하고 있는 20~30세 사이의 젊은 남녀 각각 10명을 대상으로 2008년 1월 7일부터 2008년 2월 29일까지 8주간 실시하였다. 연구 대상자들은 과거력상 상지에 관한 질환이 있었던 대상자와 요통을 호소한 대상자는 제외시켰다. 연구 대상자들에게 연구 목적과 실험 방법에 대하여 충분히 설명한 후 실험 참여 동의서를 받았으며, 가톨릭대학교 성의교정 생명윤리심의위원회(Institutional review board) 심의결과 승인을 받았다(CUMC07U042).

2.2 실험 방법

악력 측정도구로는 Hand Dynamometer를 이용하였고, 측정단위는 Kg으로 표시하였다. 지면 반발력 측정도구로는 균형능력 검사도구인 Messen Trairuieren Dokumentieren (MTD, Germany)사의 Physiofeedback MTD-balance를 이용하였다. 이는 지면에 대한 체중분포의 차이를 측정단위 Kg으로 보여주는 검사도구로 균형을 유지했을 때 좌우의 지면 반발력의 차이를 보여주는 검사도구이다.

대상자는 발판 위에서 양발의 사이를 7.5cm 넓이로 벌리고 선다. 최대 악력 측정 자세는 선 자세에서 양팔을 몸통 옆쪽 아래방향으로 내려놓고 팔꿈치의 각도가 180도가 되게 유지한 자세이며, 이 자세에서 악력을 측정한 후 지면 반발력을 각각 2회씩 측정하였다(그림1-a). 대칭 들기 작업의 악력을 측정하기 위한 자세는 위와 같게 양발을 벌리고 두 손의 높이가 바닥으로부터 75cm, 45cm에서 악력을 측정하였다(그림 1-b, c). 측정높이를 75cm와 45cm로 정한 이유는 Tzu-Hsien(2004)에 따르면 지면으로부터 손의 높이가 75cm와 45cm 범위에서 고정된 자세로 들기 작업할 때 물건을 위로 들어 올리는 양팔의 힘은 차이가 없으며, 가장 크게 힘을 내는 높이이기 때문이다. 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손 모두 각각 2회씩 측정하였다. 위와 같은 두 손의 높이에서 비대칭 들기 작업 자세에서의 악력을 측정하기 위해 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 몸

통을 60도 회전하여 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손의 악력을 각각 2회씩 측정하였다(그림 1-d).

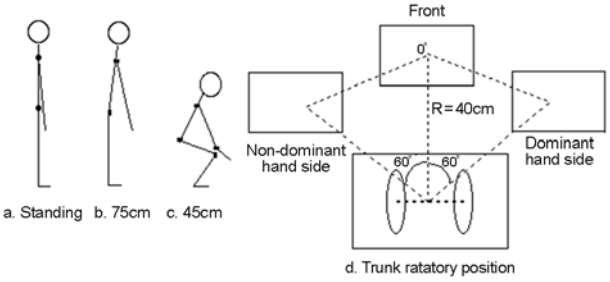

그림 1. 측정 자세

악력 측정이 끝난 다음에 지면 반발력을 측정하기 위하여 40cm 앞에 있는 상자를 놓고 양발의 넓이가 7.5cm되게 벌리고 상자의 손잡이를 잡게 하였다. 상자의 무게는 한국산업안전공단에서 나온 지침에 따라 남자는 15kg, 여자는 10kg으로 정하였다. 상자의 크기는 높이 40cm, 가로 50cm, 세로 30cm이며, 양옆의 타원형 구멍을 손잡이로 쓸 수 있는 나무재질의 상자를 사용하였다. 대칭 들기 작업에서의 지면 반발력을 측정하기 위해서 상자를 손잡이의 높이가 각각 75cm, 45cm까지 들어 올린 후 지면 반발력을 2회씩 측정하였다. 또한 비대칭 들기 작업에서의 지면 반발력을 측정하기 위해서 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 몸통을 60도 회전하여 지면 반발력을 각각 2회씩 측정하였다. 각각의 실험 중간에는 1분간의 휴식 시간을 주어 연구 대상자의 피로를 예방하였다.

2.3 분석 방법

악력 측정값은 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손 각각 2회 측정값 중에 최대 악력을 측정하기 위하여 최대값으로 산정하였으며, 좌우의 지면 반발력 차이를 측정하기 위하여 양쪽 발 각각에 대한 2회 측정값의 평균값으로 측정하여 산정하였다. 통계는 SPSS Version 12.0K를 사용하였다. 최대 악력과 손의 높이 75cm와 45cm에서 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손 각각의 악력 분석은 대응 표본 t-test를 사용하였다. 또한 상자를 든 후 양발 각각의 지면 반발력 차이에 대한 분석도 대응 표본 t-test를 사용하였다. 그리고 측정높이에서의 악력과 지면 반발력의 상관관계에 대한 분석은 중회귀분석(multiple regression)을 사용하였다.

3. 연구결과

3.1 연구 대상자의 일반적 특성

남성의 평균 나이는 27.6세, 평균 키는 175.7cm, 평균 몸무게는 73.0kg이다. 여성의 평균 나이는 25.3세, 평균 키는 164.8cm, 평균 몸무게는 57.6kg이다. 주로 쓰는 손에서는 남성은 오른손이 7명, 왼손이 3명이며, 여성은 오른손이 9명, 왼손이 1명이었다(표 1).

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

	N	나이(years)	키(cm)	체중(kg)	우세손
남자	10	27.6±1.96	175.7±3.02	73.0±9.33	Rt.: 7
					Lt.: 3
여자	10	25.3±1.57	164.8±3.89	57.6±7.78	Rt.: 9
					Lt.: 1

Rt.: right hand, Lt.: left hand

3.2 들기 작업 자세에서의 악력 측정

3.2.1 들기 작업 자세에서의 악력 차이

대칭 들기 작업 자세에서 남성의 최대 악력은 주로 쓰는 손은 50.6kg, 주로 쓰지 않는 손은 46.9kg이다. 여성의 최대 악력은 주로 쓰는 손은 33.6kg, 주로 쓰지 않는 손은 30.9kg이다. 남성과 여성 모두 두 손의 악력에서는 유의한 차이가 있었다(표 2, $p<0.01$). 높이 75cm와 45cm 대칭 들기 작업에서의 악력은 남성, 여성 각각 표 2와 같으며, 모두 유의한 차이가 있었다($p<0.01$).

비대칭 들기 작업에서는 높이 75cm와 45cm에서 주로 쓰는 손 쪽으로 60도 회전(dominant hand side rotation, DR)할 때와 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 60도 회전(non-dominant hand side rotation, NDR)할 때에 주로 쓰는 손의 악력과 주로 쓰지 않는 손의 악력은 표 2와 같으며, 남성과 여성 모두 유의한 차이가 있었다($p<0.01$).

3.2.2 들기 작업 자세에서의 몸통 회전 방향과 높이 변화 사이의 악력 차이

대칭 들기 작업과 비대칭 들기 작업간의 악력 차이 비교에서는 대칭 들기 작업을 할 때 악력이 모두 높게 나왔으며, 유의한 차이가 있었다. 그러나 남성과 여성 모두 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전시킨 비대칭 들기 작업과 대칭 들기 작업간의 비교 시 높이 75cm와 45cm에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다(표 3, $p<0.01$).

표 2. 대칭 들기 작업과 비대칭 들기 작업 자세의 악력 측정값

Unit: kg

			N	Men			Women		
				Mean	SD	p	Mean	SD	p
Symmetric lifting task	MGS	DH	10	50.6	3.17	.000	33.6	2.76	.000
		NDH	10	46.9	3.54		30.9	2.03	
	75cm GS	DH	10	49.7	3.30	.000	31.9	2.18	.000
		NDH	10	45.5	3.44		29.4	1.78	
	45cm GS	DH	10	48.1	2.49	.000	30.3	1.89	.000
		NDH	10	44.3	2.95		26.9	1.66	
Asymmetric lifting task	75cm DR	DH	10	45.7	2.50	.000	29.7	2.06	.000
		NDH	10	42.6	2.72		27.2	1.81	
	75cm NDR	DH	10	50.2	2.86	.000	31.8	1.93	.000
		NDH	10	44.9	3.21		28.5	1.51	
	45cm DR	DH	10	45.1	2.96	.000	27.7	1.16	.000
		NDH	10	42.1	3.04		25.1	1.79	
	45cm NDR	DH	10	47.6	2.99	.000	30.2	2.25	.000
		NDH	10	43.4	3.10		26.5	1.58	

MGS: maximal grip strength, GS: grip strength

표 3. 대칭 들기 작업과 비대칭 들기 작업 자세에서의 최대 악력과 몸통 회전 방향에 따른 악력의 비교

Unit: kg

		N	Paired difference					
			Men			Women		
			Mean	SD	p	Mean	SD	p
MGS−45cmDR	DH	10	5.50	2.22	.000	5.90	1.97	.000
	NDH	10	4.80	2.20	.000	5.80	1.48	.000
MGS−45cmNDR	DH	10	3.00	2.45	.000	3.40	1.51	.000
	NDH	10	3.50	2.32	.000	4.40	1.17	.000
45cmGS−45cmDR	DH	10	3.00	2.36	.003	2.60	1.27	.000
	NDH	10	2.20	1.93	.006	1.80	1.13	.001
45cmGS−45cmNDR	DH	10	0.50	1.51	.322	0.10	0.88	.726
	NDH	10	0.90	1.66	.121	0.40	0.84	.168
MGS−75cmDR	DH	10	4.90	1.52	.000	3.90	1.29	.000
	NDH	10	4.30	2.26	.000	3.70	1.64	.000
MGS−75cmNDR	DH	10	0.40	0.97	.223	1.80	1.03	.000
	NDH	10	2.00	1.33	.001	2.40	1.43	.000
75cmGS−75cmDR	DH	10	4.00	2.06	.000	2.20	1.14	.000
	NDH	10	2.90	1.85	.001	2.20	1.62	.002
75cmGS−75cmNDR	DH	10	0.50	1.35	.273	0.10	0.88	.726
	NDH	10	0.60	1.27	.168	0.90	1.73	.134

3.3 들기 작업 자세에서의 지면 반발력 측정

대칭 들기 작업간의 지면 반발력 차이에서 최대 악력 측정 자세와 높이 75cm, 45cm의 비교에서는 남성과 여성 모두 유의한 차이가 있었다(표 4, p<0.01, p<0.05). 그러나 대칭 들기 작업에서 높이 75cm와 45cm간의 비교에서는 남성과 여성 모두 유의한 차이가 없었다(표 4, p>0.05).

비대칭 들기 작업간의 지면 반발력 차이에서 여성은 높이 75cm와 45cm 주로 쓰는 손 쪽으로 회전할 때의 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다(표 4, p>0.05). 그러나 나머지 자세에서는 남성과 여성 모두 유의한 차이를 나타냈다(표 4, p<0.01, p<0.05).

표 4. 대칭 들기 작업과 비대칭 들기 작업 자세에서의 지면 반발력 비교

Unit: kg

		N	Paired difference					
			Men			Women		
			Mean	SD	p	Mean	SD	p
Symmetric lifting task	ST−45cm ST	10	3.80	2.76	.002	2.61	2.98	.022
	ST−75cm ST	10	2.47	1.96	.003	3.15	4.13	.039
	45cm ST−75cm ST	10	1.33	2.90	.180	0.54	1.89	.389
Asymmetric lifting task	45cm DR−45cm DR	10	7.56	5.17	.001	7.83	7.85	.012
	75cm DR−75cm NDR	10	9.10	5.78	.001	8.14	5.22	.001
	45cm DR−75cm DR	10	6.38	4.84	.002	4.38	6.47	.061
	45cm NDR−75cm NDR	10	7.92	7.65	.010	4.69	3.72	.003

ST: Standing position

3.4 들기 작업에서의 악력과 지면 반발력의 상관관계

3.4.1 대칭 들기 작업에서의 악력과 지면 반발력의 상관관계

남성은 높이 75cm와 45cm 대칭 들기 작업에서 모두 주로 쓰는 손의 악력이 지면 반발력에 영향을 주며, 주로 쓰지 않는 손의 악력은 영향을 주지 않았다. 높이 75cm와 45cm에서 모두 주로 쓰는 손의 악력이 증가할수록 지면 반발력의 차이는 주로 쓰는 손 쪽으로 증가하게 되었다(표 5, p<0.05).

여성은 높이 75cm와 45cm에서 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손 모두 지면 반발력에 영향을 주었다. 높이 75cm와 45cm 대칭 들기 작업 모두 주로 쓰는 손의 악력이 증가하면 주로 쓰는 손 쪽의 지면 반발력은 증가하고, 주로 쓰지 않는 손의 악력이 증가하면 주로 쓰지 않는 손 쪽의 지면 반발력이 감소하는 것으로 나왔다(표 6, p<0.05).

3.4.2 비대칭 들기 작업에서의 악력과 지면 반발력의 상관관계

남성은 높이 75cm와 45cm 비대칭 들기 작업에서 모두 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때 주로 쓰는 손의 악력

표 5. 대칭 들기 작업에서 남자의 악력과 지면반발력의 상관관계

		Men		
		B	t	*p*
75cm ST	DH	4.53	2.41	.042
	NDH	0.29	0.57	.589
constant: −258.08, F: 5.83, R^2: 0.42				
45cm ST	DH	8.03	2.48	.038
	NDH	0.11	0.19	.853
constant: −432.62, F: 6.15, R^2: 0.44				

B: beta 값

표 6. 대칭 들기 작업에서 여자의 악력과 지면 반발력의 상관관계

		Women		
		B	t	*p*
75cm ST	DH	19.88	3.14	.016
	NDH	−21.76	−2.80	.027
constant: −34.87, F: 4.93, R^2: 0.59				
45cm ST	DH	26.21	3.25	.014
	NDH	−28.77	−3.14	.016
constant: −54.57, F: 5.61, R^2: 0.62				

이 지면 반발력에 영향을 주는 것으로 나왔다. 몸통을 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때에 주로 쓰는 손의 악력이 증가하면 주로 쓰는 손의 지면 반발력은 증가하는 것으로 나왔다(표 7, p<0.05).

여성은 높이 45cm에서는 악력이 지면 반발력에 영향을 주지 않는 것으로 나왔으며, 높이 75cm에서는 주로 쓰는 손과 주로 쓰지 않는 손의 악력 모두 지면 반발력에 영향을 주는 것으로 나왔다. 높이 75cm에서 주로 쓰지 않는 손

표 7. 비대칭 들기 작업에서 남자의 악력과 지면 반발력의 상관관계

			Men		
			B	t	*p*
75cm DR−75cm NDR	75cm DR	DH	−0.57	−0.92	.388
		NDH	−1.00	−2.01	.084
	75cm NDR	DH	12.85	2.33	.048
		NDH	0.06	0.13	.900
constant: −553.65, F: 5.42, R^2: 0.40					
45cm DR−45cm NDR	45cm DR	DH	0.15	0.33	.125
		NDH	0.10	0.16	.058
	45cm NDR	DH	12.84	3.14	.014
		NDH	0.39	0.72	.199
constant: −535.63, F: 9.87, R^2: 0.55					

쪽으로 몸통을 회전할 때에 주로 쓰는 손의 악력이 증가할수록 주로 쓰는 손 쪽의 지면 반발력은 증가하고, 주로 쓰지 않는 손의 악력이 증가하면 주로 쓰지 않는 손 쪽의 지면 반발력은 감소하는 것으로 나왔다(표 8, p<0.01).

표 8. 비대칭 들기 작업에서 여자의 악력과 지면 반발력의 상관관계

			Women		
			B	t	*p*
75cm DR−75cm NDR	75cm DR	DH	0.24	0.45	.669
		NDH	0.28	1.05	.336
	75cm NDR	DH	22.58	5.14	.001
		NDH	−38.56	−6.86	.000
constant: −299.39, F: 24.62, R^2: 0.88					
45cm DR−45cm NDR	45cm DR	DH	73.65	0.54	.616
		NDH	−44.55	−0.47	.659
	45cm NDR	DH	−3.82	−0.08	.939
		NDH	17.57	0.29	.783
constant: −1253.07, F: 6.97, R^2: 0.36					

4. 결론 및 검토

인력물자취급작업이 요구되는 작업을 수행하는 작업자들은 부적절한 자세, 작업 강도, 정적 부하, 반복 작업 등으로 인한 육체적 피로의 누적을 통해 다양한 산업재해에 노출되게 된다. 또한, 산업현장에서의 인력물자취급작업 중 과도한 작업 부하와 잘못 설계된 작업 내용 및 환경에 의하여 복합적으로 산업 상해가 빈번하게 발생하고 있다고 보고되었다(노동부, 2003). Mochon와 McMahon(1980)의 연구에서는 비효율적인 물체 운반의 하중 부하가 하지나 허리의 부상을 유발시키며 생리적인 에너지 소모가 많다고 보고하고 있으며, 비효율적인 물체 운반은 신체의 불균형을 초래하여 상해를 유발시키므로 작업 환경의 과학적 설계가 필요하다고 평가하고 있었다.

따라서 본 연구는 한국 성인을 대상으로 작업현장에서 빈번히 사용되는 들기 작업을 할 때에 악력과 지면 반발력을 대칭 자세와 비대칭 자세에서 측정하여 상관관계를 분석하고 들기 작업할 때의 자세와 방향을 제시하고자 하였다.

실험 결과를 보면 남성과 여성 모두 물건의 높이와 몸통의 자세에 따라 두 손의 악력 변화는 유의한 차이를 나타내었다. 이는 외국 연구들에서 주로 쓰지 않는 손이 주로 쓰는 손의 80~89%의 악력을 발휘한다는 연구와 일치하였다(Härkönen et al., 1993; Talsania et al., 1998). 이동춘과

장규표(1997)의 연구에서는 팔꿈치의 각도가 90도, 135도, 180도일 때 앉은 자세와 선 자세에서의 악력 차이를 비교하였는데, 선 자세보다 앉은 자세에서 악력이 더 낮게 나온다는 결과를 제시 하였다. 이를 통해 자세가 낮아질수록 악력이 작아진다는 것을 알 수 있었다. 본 실험에서도 선행연구와 마찬가지로 높이 75cm에서는 높이 45cm보다 자세가 높으며 최대 악력과의 차이가 유의하지 않은 것으로 보아 자세가 높아질수록 최대 악력에 가까운 악력이 나온다는 것을 알 수 있었다.

몸통의 자세 변화에 따른 악력 차이에서는 회전 방향에 따라서 차이가 있음을 알 수 있었다. 주로 쓰는 손 쪽으로의 회전과 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때의 악력 비교에서는 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때의 악력이 더 크게 나타났다. 높이 75cm와 45cm에서 대칭 자세일 때와 비대칭 자세일 때의 악력 비교에서 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때에는 남성과 여성 모두 악력의 차이가 유의하지 않았다. 그 이유는 선행 연구에 따르면 무게중심의 변화가 작으면서 안정감 있게 균형을 유지했을 시 악력이 증가한다고 하였다(Hideki et al. 2006). 본 실험에서도 비대칭 자세에서 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때 지면 반발력의 차이가 적게 나왔으며 주로 쓰는 손 쪽으로 회전할 때보다 안정감 있게 균형을 유지하고 있다는 것을 알 수 있었다. 그럼으로 인해 높이 75cm와 45cm에서 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때의 악력과 대칭 자세에서의 악력 비교에서는 유의한 차이가 없었다. 그러나 주로 쓰는 손 쪽으로 회전할 때의 악력 비교에서는 유의한 차이가 있었다.

양성환 등(1997)의 연구에서는 몸을 앞으로 굽혀서 대칭 들기 작업을 했을 때 요추의 각도가 30도와 60도의 자세에서 악력을 측정하였다. 그 결과 각 자세에 따른 악력의 차이가 발생하여, 악력이 가장 큰 위치에 대상물을 배치하는 것이 중요하다는 결론을 제시하였다. 그러나 본 실험에서는 대칭 들기 작업 자세뿐만 아니라 산업현장에서 빈번히 사용되고 있는 비대칭 들기 작업 자세에서의 악력의 차이를 제시하였다. 대칭 들기 작업할 때에는 높이 75cm에서 악력이 높이 45cm 보다 높게 나온 것으로 보아 대칭 들기 작업할 때에는 높이 75cm에서 작업을 행하는게 손의 부담을 줄일 수 있을 것이다. 또한 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전시킨 비대칭 들기 작업을 할 때에는 대칭 들기 작업할 때의 악력과 차이가 없는 것으로 보아 비대칭 들기 작업할 때에는 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전시키는 것이 손의 부담을 줄일 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

인력물자취급 작업으로 인한 육체적인 피로는 신체적 감각 체계들의 작용을 저하시켜 결과적으로 신체의 작업 자세 균형능력 저하로 이어진다. Trivers 등(1999)의 연구에서는 사람들에게 있어서 환경의 요소에 따른 신체적 비대칭성이 발생한다고 하였는데, 이는 신체의 정확한 대칭성은 없고 신체 안에서 균형의 비대칭성이 발생하는 것을 말하는 것이다. 또한 협응 동작(coordination movement)에서도 기능적 비대칭성이 발생하여 우세한 쪽으로 발의 근육과 협응 동작이 발생한다고 하였다. 선행 연구와 마찬가지로 본 실험에서는 대칭적인 자세이건 비대칭 자세이건 항상 신체는 자기가 주로 쓰는 손 쪽 발에서 지면 반발력이 크게 나온다는 것을 알 수 있었다. 대칭 들기 작업을 할 때에는 남성과 여성 모두 주로 쓰는 손 쪽의 지면 반발력이 주로 쓰지 않는 손 쪽보다 크게 나왔으며, 가만히 서있는 자세에서도 주로 쓰는 손 쪽으로 지면 반발력이 크게 나온다는 것을 알 수 있었다. 또한 남성과 여성 모두 물건의 높이가 75cm와 45cm에서 비대칭 들기 작업할 때에 주로 쓰는 손 쪽으로 회전할 때보다 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때 지면 반발력의 차이가 더 작게 나왔다. 이는 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때에 주로 쓰지 않는 손 쪽의 발로 무게중심이 이동되었음에도 주로 쓰는 손 쪽의 발을 이용하여 균형을 유지함으로 인해 지면 반발력의 차이가 작게 나온다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 살펴보면 선행 연구에서 제시한 것과 마찬가지로 주로 쓰는 손 쪽의 발을 이용하여 신체의 균형을 유지한다는 것을 알 수 있었다.

Johansson과 Westling(1984)은 들기 작업할 때에 무게의 변화에 따라서 악력이 증가 한다고 하였다. Wing 등(1997)의 연구에서는 악력이 변함으로 인해 지면 반발력이 어떻게 변하는지를 살펴보았다. 이 연구의 결과에서는 악력이 증가할수록 악력이 증가하는 손 쪽의 지면 반발력은 증가한다는 것을 제시하였다. 본 연구에서도 악력이 증가할수록 두 발의 지면 반발력의 차이가 작아진다는 것을 알 수 있었다. 높이의 변화에 따른 악력과 지면 반발력의 상관관계에서도 주로 쓰는 손의 악력이 커질수록 주로 쓰는 손 쪽의 지면 반발력이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 그리고 비대칭 들기 작업을 할 때에는 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전할 때에 주로 쓰는 손의 악력이 증가할수록 주로 쓰는 손 쪽과 주로 쓰지 않는 손 쪽의 지면 반발력 차이는 작아진다는 것을 알 수 있었다. 그러나 주로 쓰는 손 쪽으로 회전할 때에는 악력과 지면 반발력의 상관관계는 없었다.

위의 결과로 살펴보면 들기 작업을 할 때에 물건의 높이와 몸통의 회전 방향을 제시할 수 있었는데, 대칭 들기 작업에서는 높이 75cm에서의 악력이 최대 악력과 차이가 없으므로 높이 75cm 이하로 작업하는 것보다 손의 부담을 줄일 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 비대칭 들기 작업을 할 때에는 높이 75cm에서 주로 쓰지 않는 손 쪽으로 회전하여 들기 작업을 행하는게 균형을 유지함에 있어서 가장 용이하다는 결론을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

노동부, 산업 보건기준에 관한 규칙 개정령 산업 보건기준에 관한 규칙, 제9장 근골격계 부담 작업으로 인한 건강 장해의 예방. 2003.

양성환, 갈원모, 박 범, 악력의 인간공학적 평가를 위한 접근 방법, *한국산업안전학회지*, 12(4), 209-213, 1997.

이동춘, 장규표, 한국 성인의 악력특성에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 16(1), 73-83,1997.

한국 산업 안전공단. 2001년 산업재해원인 조사. 2003.

Härkönen, R., Piirtomaa, M. and Alaranta, H., Grip strength and hand position of the dynamometer in 204 Finnish adults, *Journal of Hand Surgery*, 18B, 129-132, 1993.

Hideki, M., Masahito, K., Katsuaki, Y. and Hiroko, I., Dynamic movement of center of gravity with hand grip, *Biomedical Research*, 27(2), 55-60, 2006.

Johansson, R. S. and Westling, G., Roles of glabrous skin receptors and sensorimotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or more slippery objects, *Experimental Brain Research*, 56, 550-564, 1984.

Maines, J. M. and Reiser, R. F., Ground reaction force bilateral asymmetries during submaximal sagittal plane lifting from the floor, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 109-117, 2006.

McMullin, D., Stobbe, T., Bang, S., Goddard, D., Han, B., Simmers, R., Stobbe, J., France, E., Dangelmaier, M., Grogan, J., Jager, M. and Naqvi, S., et al. *Asymmetric loading on the body during symmetric lifts*. In: Bittner, A.C., Champney, P.C. (Eds.), Advances in Industrial Ergonomics and Safety VII. Taylor & Francis, London, 1995.

Mochon, S. and McMahon, T. A., Ballistic walking, *Journal of Biomechanics*, 13, 49-57, 1980.

Talsania, J. S. and Kozin, S. H., Normal digital contribution to grip strength assessed by a computerized digital dynamometer, *Journal of Hand Surgery*, 23B(2), 162-166, 1998.

Trivers, R., Manning, J. T., Thornhill, R., Singh, D. and McGuire, M., Jamaican symmetry project: long-term study of fluctuating asymmetry in rural Jamaican children, *Human Biology*, 71, 417-430, 1999.

Tzu-Hsien, L., Static lifting strengths at different exertion heights, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34, 263-269, 2004.

Wing, A. M., Flanagan, J. R. and Richardson, J., Anticipatory postural adjustments in stance and grip, *Experimental Brain Research*, 116, 122-130, 1997.

Wolf, L. D., Matheson, L. N., Ford, D. D. and Kwak, A. L., Relationship among grip strength, work capacity, and recovery, *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6(1), 57-70, 1996.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 정 상 용 ❖ wind343@hanmail.net
가톨릭대학교보건대학원 인간공학 및 재활보건학과 석사
현 재: 보바스 기념병원
관심분야: 인간공학, 물리치료학

❖ 강 진 우 ❖ ergonomist@naver.com
가톨릭대학교 보건대학원 인간공학 및 재활보건학과 석사
현 재: 가톨릭대학교 성모병원 산업의학센터 연구계약교원
관심분야: 인간공학, 물리치료 및 운동치료

❖ 구 정 완 ❖ jwkoo@catholic.ac.kr
가톨릭대학교 대학원 보건학과 박사
현 재: 가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실 및
성모병원 산업의학센터 부교수
관심분야: 근골격계질환 예방 및 의학적 관리,
인간공학, 산업의학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 02월 06일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2009년 08월 20일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2009년 08월 26일