Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 32, No. 4 pp.405-411, August 2013 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2013.32.4.405

A Study on the Push and Pull Strength for the Design of Cart Handle

Dong-Pil Woo, Dong-Choon Lee

Department of Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714

ABSTRACT

Objective: Product design process without considering the strength of the user can cause the excessive burden on musculoskeletal system of human body. Since the muscle strength will vary depending on the body posture, the design of product should consider the characteristics of body posture. This study was performed to investigate the effects of forearm postures on the push and pull strength. **Background:** Overexerted force has been identified to cause musculoskeletal disorders. It is important to know the push and pull strength exerted by human when designing so that exerted force does not exceed the safety limits. **Method:** Maximum isometric push and pull strength of left, right and both hands were measured according to forearm postures with pronation, neutral and supination. For the study, 66 male and 30 female undergraduate students were participated as subjects. All subjects were normal and healthy with no clinical history. **Results:** The results showed that the push strength of male and female were 93.3% and 85.4% of pull strength. It showed that the strength of one-hand was 72.1~81.0% of the strength of two-hands, and the strength of left hand was 93.1~95.8% of the strength of right hand. The strength of female was 62% of the one of male. It was found that the strength with pronation 90° was reduced up to 20% compared to the strength with neutral posture. **Conclusion:** Push and pull strength of male and female were reduced when forearm was rotated extremely. **Application:** The results of this study will be used for the prevention of work related musculoskeletal disorders and design of industrial equipment.

Keywords: Strength, Exerted force, MVC, Forearm posture, Pronation, Supination

1. Introduction

산업사회의 과학기술 발달로 생산현장의 많은 부분이 기계화 내지 자동화되고 있지만, 일부 작업들은 여전히 인간의 힘에 의존하고 있다. 특히 중공업 및 제조업과 건설업 분야에 종사하는 작업자의 경우, 작업을 위한 제품이나 자재를 이동시키는 과정에서 신체부담작업에 노출되는 경우가 많다. 이러한 신체부담을 감소시키기 위해서 인간은 어떤 유형의 힘을 더 크게 낼 수 있는지, 어떤 자세에서 더 큰 힘을 발휘할 수 있는지, 또 힘을 발휘할 때 설비 및 기기의 손잡이가 어떤 모양일 때가 좋은지 등에 관한 정보가 필요하다.

개인의 신체 능력에 대한 척도인 인간의 근력에 대한 자료는 인체측정자료와 함께 산업제품을 설계하는데 가장 기본적인 자료이다. 이러한 자료는 제품의 규격을 설정하고 안전하게 작업하는데 있어 중요한 정보를 제공한다. 사용자의 근력이나 인체치수를 제대로 고려하지 못하고 만들어진 제품은 사용과정에서 사용자의 근골격계에 과도한 신체부담을 유발할 수 있으며, 상당한 불편을 야기할 수 있다. 인간의 근력은 근력이 발휘될 때의 자세나 조건에 따라 달라질 수

Corresponding Author: Dong-Choon Lee. Department of Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714.
Mobile: +82-10-4549-9068, E-mail: dclee@dau.ac.kr
Copyright@2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. http://www.esk.or.kr

있기 때문에 제품 및 작업의 설계는 인간의 근력 발휘 특성에 맞도록 설계되어야 한다.

우리나라의 연도별 산업재해통계 현황을 살펴보면, 사고성 재해나 전통적인 직업병의 발생은 감소하고 있으나, 요통, 경견완상해, 손목관증후군 등과 같은 신체부담작업으로 인해 발생하는 작업관련성 질환인 근골격계질환은 증가하고 있다(KOSHA, 2010, 2011). 이러한 질환의 원인은 인간의 능력과 한계를 초과하는 작업조건에 있기 때문에 이를 방지하기 위해서는 한국인의 근력 평가를 통하여 작업 시 요구되는 근력이 작업자의 능력과 한계를 초과하지 않도록 작업개선이 이루어져 한다. 과거부터 우리나라는 국민체위조사를 통하여 인체치수와 근력에 관한 정보를 수집하고 있지만, 제품과 작업을 설계하기 위한 기본정보 수집에 한정되어 있는 실정이다.

외국의 경우, 근력은 작업자의 선발과 작업설계에 있어 인간의 작업 관련 능력의 척도로 활용되고 있는 중요한 자료이기 때문에 이에 관련된 많은 연구가 이루어졌다(Chaffin et al., 1983; Garg and Bellar, 1990; Kumar, 1995; Cirello, 2004; Agrawal et al., 2009; Tiwari et al., 2010). 특히, 인간의 근력에 전적으로 의존하는 밀고 당기는 작업을 포함하는 중량물 취급 작업은 근골격계질환의 원인이 되고 있다(US Department of Health and Human Services, 1981; Klein et al., 1984; Mital et al., 1997). 중량물 취급 작업은 허리 부상의 주요 원인이 되고 있으나, 중량물 취급 작업에서 작업을 작업자에게 맞추면 허리 부상을 1/3 감소시킬 수 있다. 그리고 작업에 맞는 작업자를 선발하거나 작업자를 작업에 맞도록 훈련시키는 것보다 작업이 작업자에게 맞도록 직무설계를 하는 것이 매우 효과적이다(Snook, 1978). 이를 위해서 다양한 상황에서 발휘되는 근력을 측정하는 것은 필수적이다.

산업현장과 일상생활에서 빈번하게 이루어지고 있는 밀기(Push)작업에 대한 작업위치와 손잡이 바(bar)의 형태, 성별에 따른 최대수의근력(MVC)의 변화를 측정하여 한국인에 대한 근력 DB를 구축하여 안전한 작업 환경을 설정하기 위한 기초자료를 마련하고자 수행된 연구에서는 손잡이 바의 형태가 근력에 미치는 영향이 크다는 것이 제시되었다(Moon and Kim, 2006). 근력과 인체부위와의 상관관계를 분석하기 위한 우리나라 청년의 쥐는 힘, 당기는 힘, 미는 힘, 비트는 힘, 등 힘을 측정한 연구의 결과에서는 당기는 팔 힘과 미는 팔 힘은 왼팔과 오른팔의 차이보다는 팔꿈치 각도에 따른 차이가 훨씬 크게 나타났다(Kim et al., 1990). 그리고 우리나라 근로자를 대상으로 개인의 근력에 영향을 미치는 요소를 파악하기 위해서 팔, 몸통, 다리 부분의 최대 근력을 측정하여 근력 측정치와 이에 영향을 줄 수 있는 요소인 성별, 신장, 체중, 연령들간의 관계를 파악하기 위한 다중회귀분석을 실시하여 근력예측모델도 제시하였으며(Chung et al., 1992), 한국인에 대한 근력측정조사사업을 수행하여 기본적인 인체치수와 더불어 신체적 조건에 맞추어 제품을 설계하기 위한 자료를 구축하기 위한 80자세에 대한 근력 측정이 산업자원부 기술표준원에 의해 실시되었다.(KATS, 2007). 또한 2007년 산업자원부 기술표준원에 의해 측정된 80자세의 근력을 제외한 작업현장 및 일상생활에서 많이 사용되고 있는 어깨 및 상지관절을 이용한 18가지 자세에 대한 근력을 측정하여 신체충실지수와 근력과의 관계를 분석한 연구가 진행되어 왔다(Yoon and Kim, 2009).

그러나 제품설계나 작업설계를 위한 대부분의 근력 관련 연구에서 근력의 측정 자세는 관절이 중립을 유지하고 있는 자세에서 측정되는 경우가 일반적이지만, 실제 힘이 발휘될 때의 자세에서는 관절이 중립 자세를 이루지 못하는 경우가 많기 때문에 관절의 중립 자세와 비중립 자세에 대한 근력의 측정과 비교가 필요할 것으로 생각된다. 일반적으로 밀고/당기는 팔근력(push/pull strength) 측정 시 전완의 자세는 중립 상태인 손잡이를 수직 방향으로 잡은 상태에서 근력 측정이 이루어지지만, 운반대차와 같은 운반구를 사용할 때 손잡이는 수평 방향이다. 실제 수직 방향으로 손잡이를 잡을 경우에는 자세적으로 중립이 되기 때문에 전완의 회전이 없지만, 수평 방향으로 손잡이를 잡을 경우에는 몸통 중심으로 회전(medial rotation)이 발생되어 불편한 자세가 발생된다.

작업자들이 작업할 때 발생하는 근골격계에 대한 신체부담은 과도한 힘, 불편한 자세, 반복성, 진동 등 여러 가지 요인에 의해 발생되며, 동시에 2가지 이상의 요인에 노출될 경우 신체부담의 정도는 가중된다. 과도한 힘과 불편한 자세에서 발생될 수 있는 신체부담 및 부상의 위험에서 작업자를 보호하기 위해서는 실제의 작업 상황을 고려한 다양한 자세에서 측정된 근력 자료가 필요하며, 한국인의 근력 평가를 통하여 작업 시 요구되는 근력이 작업자의 능력과 한계를 초과하지 않도록 작업설계를 하고 개선하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 제품이나 작업설계 시 인간의 근력과 작업 특성을 설계에 반영할 수 있도록 전완의 회내(pronation), 중립, 회외(supination) 자세에 따른 밀고 당기는 힘을 측정하여 전완 자세와 근력과의 관계를 파악하고자 한다.

2. Method

2.1 Subjects

과거 팔이나 어깨에 부상 경험이 없는 20대 남녀 대학생이 본 연구의 피실험자로 참여하였다. 피실험자 중 남자는

66명이고 여자는 30명이며, 실험에 참여한 남자 피실험자의 61명과 여자 피실험자 전원은 주 사용 손(preferred hand)이 오른손이었다.

2.2 Experimental equipment and procedure

실험에 앞서 피실험자들을 대상으로 본 연구의 목적과 실험방법 및 측정장비에 대한 설명이 이루어졌다. 그리고 실험이 실시되기 전에 피실험자의 연령, 신장, 체중, 전완 회내 및 회외 각도를 측정하였다.

본 연구에 사용된 근력측정시스템은 미국 BTE사의 PRIMUS이며, 근력을 측정하기 위해서 근력측정시스템의 도르래와 피실험자의 앞발의 거리는 1m 정도 유지되도록 하여 등척성 모드(isometric mode) 프로그램을 사용하여 선 자세에서 피실험자가 근력측정시스템의 손잡이를 잡은 상태에서 밀고(pushing) 당길 때(pulling)의 근력을 측정하였다.

근력을 측정할 때 피실험자는 상완과 전완이 이루는 팔꿈치 각도를 90°로 유지하고, 상완을 자연스럽게 몸통에 붙이고, 한 발을 자연스럽게 앞으로 내밀어 무릎을 굽힌 자세로 자신이 낼 수 있는 최대 근력을 발휘하였다. 근력이 발휘되는 동안 체중의 영향을 최소화하기 위해서 몸통을 이용하는 것을 제한하였다. 근력 측정 시의 전완 자세는 회내 90°와 45°, 중립, 회외 45°와 90°로 하여 왼손, 오른손, 양손을 측정하였다. 측정 순서는 무작위로 실시되었다. 그러나 회내 90° 자세에서 근력을 측정할 때에는 전완의 최대 회내 각도는 90° 이하이기 때문에 상완을 몸통에 붙이고 회내 90° 자세를 취할 수 없기 때문에 상완을 몸통에서 약간 벌려 전완의 회내 각도가 90°가 되도록 하였다.

피실험자는 각 측정항목 및 자세별로 동일한 측정을 각 3회씩 반복하였으며, 측정을 위하여 힘을 유지해야 하는 시간은 매 측정마다 6초 이상 지속하도록 하여 이중 3초부터 5초 사이의 3초간을 측정 결과로 활용하였다. 6초간의 근력 측정 후에는 30초 정도 휴식이 주어졌으며, 자세별로 근력을 3회 측정한 후에는 2분간 휴식이 주어졌다. 근력측정시스템을 통하여 얻은 Nm 단위의 결과치는 kg 단위로 환산하여 힘의 크기를 제시하였다.

3. Results

3.1 Characteristics of subjects

피실험자들의 연령, 신장, 체중, 전완의 회내 및 회외 각도와 같은 신체특성 정보는 Table 1에 정리하였다. 남녀 피실험자 모두 전완의 회내 각도는 회외 각도에 비해 작게 나타나고 있다.

Table 1. Characteristics of subjects

		Male (N=66)		Female (N=30)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.
Age(yr)		22.6	1.9	20.0	0.6
Height(cm)		175.2	4.6	160.8	4.0
Weight(kg)		68.7	8.2	50.8	4.4
Left	Pronation(°)	79.2	9.7	85.6	9.9
	Supination(°)	114.8	17.3	110.7	16.7
Right	Pronation(°)	78.9	9.2	85.6	10.6
	Supination(°)	115.7	17.6	110.2	16.8

3.2 Push and pull Strength

Table 2는 측정된 근력에 대한 분산분석 결과이다. 측정된 근력은 성별, 사용 손, push/pull 근력, 전완 자세에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다. 그리고 본 연구에서 측정된 근력은 성별, 사용 손, push/pull 근력, 전완 자세별로 구분하여 Table 3과 같이 정리하였다.

본 연구의 밀고 당기는 힘의 분석에서 당기는 힘은 미는 힘보다 더 크게 나타났고(Table 3), 분산분석 결과(Table 2)에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타나고 있다($p<0.001$). 여자의 왼손 미는 힘은 당기는 힘의 84.6%이고, 오른손은 86.2%, 양손은 85.5%로 여자의 미는 힘은 당기는 힘의 평균 85.4% 수준으로 나타났다. 남자 왼손, 오른손, 양손의 미는 힘은 당기는 힘의 각각 93.4%, 95.1%, 91.3%로 남자의 미는 힘은 당기는 힘의 평균 93.3% 수준으로 나타났다. 측정된 자료에서는 밀고 당기는 힘의 차이는 남자보다 여자에게서 더 큰 차이를 보이고 있다.

Table 2. The results of ANOVA

Source	DF	Sum of squares	Mean Square	F value	Pr>F
Gender	1	83505.4	83505.1	1352.89	<.0001
Direction	1	3964.9	3964.9	64.24	<.0001
Hand	2	33965.4	16982.7	275.14	<.0001
Posture	4	1919.8	479.9	7.78	<.0001
Gender* Hand	2	883.1	441.5	7.15	0.0008

Table 3. The results of push/pull strength(kg)

Gender	Hand	Direction	PUSH						PULL					
		Posture	P90	P45	N	S45	S90	Mean	P90	P45	N	S45	S90	Mean
Male (N=66)	Left	Mean (S.D.)	23.9 (7.9)	26.1 (8.6)	26.4 (8.0)	25.7 (8.8)	25.5 (7.4)	25.5 (8.1)	26.6 (7.6)	27.7 (8.0)	28.5 (8.5)	27.7 (8.0)	26.1 (7.7)	27.3 (8.0)
	Right	Mean (S.D.)	25.0 (7.5)	27.6 (7.8)	28.5 (8.5)	27.6 (8.5)	27.0 (8.9)	27.2 (8.2)	26.9 (8.3)	28.7 (9.1)	29.5 (7.0)	29.4 (8.0)	28.1 (7.7)	28.5 (8.0)
	Both	Mean (S.D.)	31.5 (8.4)	34.1 (9.4)	34.1 (8.6)	34.5 (9.1)	33.5 (9.1)	33.5 (8.9)	35.2 (9.9)	36.8 (11.0)	37.4 (10.3)	37.2 (11.5)	36.9 (11.3)	36.7 (10.8)
Female (N=30)	Left	Mean (S.D.)	13.2 (3.5)	13.8 (5.2)	15.6 (5.1)	14.8 (4.4)	15.2 (4.5)	14.5 (4.5)	16.6 (5.1)	17.2 (5.5)	18.4 (6.0)	16.8 (5.0)	16.8 (4.9)	17.2 (5.3)
	Right	Mean (S.D.)	13.6 (4.7)	15.1 (4.8)	17.0 (5.4)	16.4 (5.3)	16.0 (5.2)	15.6 (5.1)	17.2 (5.1)	18.1 (6.1)	19.6 (5.9)	17.9 (5.4)	17.8 (5.1)	18.1 (5.5)
	Both	Mean (S.D.)	19.5 (5.6)	19.7 (5.7)	20.7 (6.2)	20.5 (6.3)	20.1 (5.8)	20.1 (5.9)	22.2 (6.6)	23.6 (6.8)	24.6 (6.6)	23.6 (6.7)	23.6 (6.9)	23.5 (6.7)

3.3 Strength of male and female

측정된 피실험자의 밀고 당길 때의 근력을 분석한 결과 남자의 근력이 여자보다 크게 나타났다(p<0.001). 여자의 왼손 미는 힘은 남자의 미는 힘의 56.8%이고, 오른손은 57.4%, 양손은 60.0%로 여자의 미는 힘은 남자의 미는 힘의 평균 58.1%로 나타났고, 여자의 당기는 힘은 남자의 당기는 힘에 비해 왼손은 62.8%, 오른손은 63.5%, 양손은 64.1%로 평균 63.5%로 나타났다. 여자의 근력은 남자 근력의 평균 60.8% 수준으로 나타났다.

3.4 Strength of used hands

본 연구에서는 왼손, 오른손, 양손의 근력을 모두 측정하였다. 측정된 근력 자료에 의하면, 근력 측정 시 사용된 손에 대한 밀고 당기는 힘의 크기는 남녀 모두 양손, 오른손, 왼손의 순서로 나타났다. 남자의 오른손 미는 힘은 양손 미는 힘의 81.0%이고, 왼손 미는 힘은 양손 미는 힘의 76.1%로 나타났으며 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다(p< 0.001). 남자의 오른손과 왼손 당기는 힘은 양손 당기는 힘의 77.7%와 74.4%로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다(p<0.001). 그리고 남자의 왼손 미는 힘은 오른손의 94.0%이고, 왼손 당기는 힘은 오른손의 95.8%로 나타났다(p<0.001).

여자의 오른손 미는 힘은 양손 미는 힘의 77.5%이고, 왼손 미는 힘은 양손 미는 힘의 72.1%로 나타났고, 여자의 오른손과 왼손 당기는 힘은 양손 당기는 힘의 77.0%와 73.0%로 나타나 밀고 당기는 힘이 사용 손에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다(p<0.001). 여자의 왼손 미는 힘은 오른손의 93.1%이고, 왼손 당기는 힘은 오른손의 94.8%로 나타났다(p<0.001).

3.5 Effects of forearm postures on push and pull Strength

본 연구의 실험 결과에서 나온 자료에 의하면 전완의 중립 자세에서 측정된 힘의 값이 가장 크게 나왔고, 회내 90°에서 측정된 힘의 값이 가장 작게 나타나, 전완의 자세는 밀고 당기는 힘의 크기에 영향을 미치는 것으로 나타났다(p<0.001).

전완의 회내 90°에서 측정된 힘을 중립 자세에서 측정된 힘과 비교해 보면, 남자의 왼손 미는 힘은 90.5%, 오른손은 87.9%, 양손은 92.4%로 평균 90.3%이고, 남자의 왼손의 당기는 힘은 93.4%, 오른손은 91.2%, 양손은 94.2%로 평균 92.9%로 나타났다. 여자의 경우, 회내 90°에서 측정된 미는 힘은 중립 자세에서 측정된 왼손 미는 힘의 84.5%, 오른손 미는 힘의 79.9%, 양손 미는 힘의 94.0%로 평균 86.1%로 나타났으며, 여자의 왼손 당기는 힘은 90.2%, 오른손은 87.6%, 양손은 90.4%로 평균 89.4%로 나타나, 회내 90°에서 발휘되는 근력은 중립 자세에서 발휘되는 근력에 비해 최대 20% 정도 감소되는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과에 의하면 당기는 힘보다는 미는 힘에서 손목 자세에 의한 힘의 감소가 크게 나타났고, 남자보다 여자 쪽에서 손목 자세에 의한 힘의 감소가 크게 나타났다.

Table 4는 Duncan 다중비교 결과이다. 중립과 회내 45° 및 회외 45°가 같은 그룹으로 분류되었고, 회내 45°와 회외 45° 및 회외 90°가 같은 그룹으로 분류되었다. 회내 90°와 같은 그룹으로 분류되는 자세는 나타나지 않았다.

Table 4. The result of Duncan test

Duncan grouping		Mean	N	Posture
	A	27.1594	576	N
	A			
B	A	26.5924	576	S45
B	A			
B	A	26.3436	576	P45
B				
B		25.9919	576	S90
	C	24.7159	576	P90

4. Discussion and Conclusion

본 연구는 전완의 자세가 밀고 당기는 힘에 미치는 영향을 파악하고자 실시되었다. 근력 측정에 관한 연구 결과에 의하면 신장이나 체중과 같은 신체 특성과 근력 발휘 자세 등 여러 가지 요인이 밀고 당기는 힘에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 여자의 미는 힘은 남자의 미는 힘의 58.1%로 나타났고, 여자의 당기는 힘은 남자의 당기는 힘의 63.5%로 나타나, 한국인 20대 성인의 자료와 유사한 결과를 나타내고 있다. 한국인의 성별에 따른 근력 비교에서 여성의 근력은 남성의 51.6%라는 연구 결과가 보고된 바 있으며(Moon and Kim, 2006), 외국의 경우 여성의 근력은 남성의 근력에 비해 60~76% 정도로 나타나고 있다(Ayoub and Mital, 1989).

본 연구에서는 남녀 모두 미는 힘보다 당기는 힘이 크게 나타났다. 여자의 미는 힘은 당기는 힘의 85.4% 수준으로 나타났으며, 남자의 미는 힘은 당기는 힘의 93.3 수준으로 나타나 미는 힘보다 당기는 힘이 크게 나타났다. 미는 힘과 당기는 힘의 크기에 관한 선행 연구에 의하면, 미는 힘이 당기는 힘보다 크게 나타나는 경우(Snook, 1978; Warwick et al., 1980; Grandjean, 1980; Chaffin et al., 1983; Agrawal et al., 2009)와 그 반대인 당기는 힘이 미는 힘보다 크게 나타나는 경우 그리고 미는 힘과 당기는 힘의 크기에 차이가 없는 경우가 있다.

본 연구의 결과와 반대로 나타난 미는 힘이 당기는 힘보다 크다는 결과를 제시하고 있는 연구에서 미는 힘은 당기는 힘의 120~160% 정도로 제시되고 있어 본 연구의 결과와는 상당한 차이가 있다. 그러나 Daams(1993)는 미는 힘과 당기는 힘은 유의미한 차이가 없다고 제시하였다.

하지만 Kumar et al.(1995)은 본 연구의 결과처럼 당기는 힘이 미는 힘보다 크다는 결과를 제시하고 있다. 이들의 연구에서 미는 힘은 당기는 힘의 87.5%이라고 제시하였고, Das and Wang(2004)은 71%라고 하여, 본 연구와 같이 미는 힘보다 당기는 힘이 더 크게 나타났다. 한국인 20대 성인의 근력 자료에서 남자의 미는 힘은 당기는 힘의 77%이고, 여자는 72%로 나타나 미는 힘보다 당기는 힘이 더 크게 측정되었고, 밀고 당기는 힘의 차이도 본 연구보다 크게 나타났다(KATS, 2007). Tiwari et al.(2010)의 연구에서는 남자의 미는 힘은 당기는 힘의 108%로 통계적으로 유의미한 차이가 나타났지만, 여자의 미는 힘은 당기는 힘의 98.9%이지만 통계적으로 유의미한 차이는 없었다고 하였다. 미는 힘과 당기는 힘의 크기를 비교한 연구에서 그 결과가 다르게 나타나는 것은 힘 측정 시의 기본 자세 및 이러한 자세에 대한 통제가 연구마다 다르기 때문인 것으로 파악된다. 본 연구에서는 근력을 측정할 때 체중의 영향을 최소화시키기 위해서 몸통 이용을 제한하고 팔의 힘을 측정할 수 있도록 자세를 통제하였다.

본 연구에서 측정된 왼손과 오른손으로 발휘하는 힘은 양손으로 발휘하는 힘의 72.1~81.0%로 나타났으며, 왼손의 힘은 오른손 힘의 93.1~95.8%로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 앉은 자세에서 팔꿈치 각도를 90°로 해서 측정한 근력 결과를 살펴보면, 왼손의 당기는 힘은 오른손의 96.1%이고, 왼손의 미는 힘은 오른손의 97.8%이다(Kim et al., 1989). 다른 연구 결과에 의하면 왼손과 오른손의 정적 최대 근력 차이는 유의하지 않다고 하였다(Kim, 2007). 한국인 20대 성인의 자료에서 남자의 왼손 미는 힘과 당기는 힘은 오른손의 97.3%와 98.9%로 나타났고, 여자는 95.6%와 96.3%로 나타났다(KATS, 2007).

본 연구에서는 회내 90°와 45°, 중립, 회외 45°와 90°의 전완 자세에서 근력이 측정되었다. 그 결과 중립 자세에 가장 큰 근력이 발휘되었고, 회내 90°에서 가장 낮은 근력이 측정되었다. 회내 90° 자세에서 여자의 오른손 미는 힘은 중립 자세에서 보다 20% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 회내 90°의 전완 자세에서 힘의 감소가 크게 나타나는 것은 피실험자의 회내 각도 측정에서도 알 수 있듯이 해부학적으로 회내 90°의 운동을 할 수 없기 때문에 상완을 몸통에서 벌려야 손잡이를 수평으로 잡을 수 있다. 이러한 자세는 안정적이지 못하기 때문에 근력을 발휘하는데 적절하지 않다고 볼 수 있다. 전완의 자세와 손잡이의 방향과 관련시켜 본다면, 중립 자세에서 잡는 손잡이는 수직 방향 손잡이이고, 가장 낮은 근력이 측정된 회내 90° 자세에서 잡는 손잡이는 수평 방향의 손잡이이다. 따라서 손잡이를 설계할 때 수평 방향의 손잡이는 회내 90°를 유발하여 근력 발휘에는 적절

하지 못하기 때문에 수직 방향 손잡이가 권장될 수 있다.

본 연구의 결과를 통하여 미는 힘보다 당기는 힘이 크다는 사실을 확인할 수 있었고, 왼손과 오른손의 힘의 크기 및 남자와 여자의 힘의 크기를 확인하였다. 또한 전완이 수평 상태의 회내 혹은 회외 자세를 취할 때 발휘되는 힘의 크기도 감소된다는 사실을 확인하였다. 이러한 본 연구의 결과는 운반용 수레의 손잡이 설계뿐만 아니라 일반 기기 및 작업 설계를 위한 기초 자료로 활용 가능하고, 산업체의 근골격계질환 예방관리에 활용함으로써 작업자의 신체부담작업을 경감시키는 데도 기여할 것으로 기대된다.

References

Agrawal, K.N., Singh, R.K.P. and Satapathy, K.K., Isometric strength of agricultural workers of Meghalaya: A case study of an Indian population, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(6), 919-923, 2009.

Ayoub, M.M. and Mital, A., *Manual Materials Handling*, Taylor & Francis, 1989.

Chaffin, D.B., Andres, R.O. and Garg, A., Volitional postures during maximal push/pull exertions in the sagittal plane, *Human Factors*, 25(5), 541-550, 1983.

Chung, M.K., Kee, D. and Kim, T.B., A study of maximum voluntary strength evaluation for Korean workers, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 18(1), 141-153, 1992.

Cirello, V.M., "The effects of distance on psychophysically determined pushing and pulling tasks for female industrial workers", *Proceedings of the Human Factors Society 48th Annual Meeting*, New Orleans, LA, 1402-1406, 2004.

Daams, B.J., Static force exertion in postures with different degrees of freedom, *Ergonomics*, 36(4), 397-406, 1993.

Das, B. and Wang, Y., Isometric pull-push strength in workspace: 1. Strength profiles, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 10(1), 43-58, 2004.

Garg, A. and Bellar, D., One-handed dynamic pulling strength with special reference speed, handle height and angels of pulling, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 6, 231-240, 1990.

Grandjean, E., *Fitting the Task to the man*, Taylor & Francis, 1980.

KATS, *Size Korea*, 2007.

Kim, H.K., Comparison of muscle strength for one-hand and two-hands lifting activity, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(2), pp.35-44, 2007.

Kim, J.H., Park, S.J. and Kim, C.J., A study on muscular strength of Korean young males, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 9(2), 37-46, 1990.

Klein, B.P., Jensen, R.C. and Sanderson, L.M., Assessment of worker's compensation claims for back strains/sprains, *Journal of Occupational Medicine*, 26 (6), 443-448, 1984.

KOSHA, *Occupational injuries and illnesses statistics*, 2010.

KOSHA, *Occupational injuries and illnesses statistics*, 2011.

Kumar, S., Upper body push-pull strength of normal young adults in sagittal plane at three heights, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(6), 427-436, 1995.

Kumar, S., Narayan, Y. and Bacchus, C., Symmetric and asymmetric two-handed pull-push strength of young adults, *Human Factors*, 37(4), 854-865, 1995.

Mital, A., Nicholson, A.S. and Ayoub, M.M., A *Guide to Manual Materials Handling*, Taylor & Francis, London, 1997.

Moon, M.K. and Kim, C.H., "A study for the measure and application of maximum push strengths for Korean male/female at different working positons and handle types", *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea*, 177-180, 2006.

Snook, S.H., The design of manual handling tasks, *Ergonomics*, 21(12), 963-985, 1978.

Tiwari, P.S., Gite, L.P., Majumder, J., Pharade, S.C. and Singh, V.V., Push/pull strength of agricultural workers in central India, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(1), 1-7, 2010.

US Department of Health and Human Services, *Work Practices Guide for Manual Lifting*, DHHS (NIOSH), Publication No. 81-122, C.D.C., NIOSH. Cincinnati, OH, 1981.

Warwick, D., Novak, G. and Schultz, A., Maximum voluntary strengths of male adults in some lifting, pushing and pulling activities. *Ergonomics*, 23(1), 49-54, 1980.

Yoon, H.Y. and Kim, E.S., Muscle strength measurement using shoulder and upper joint for Korean young-aged, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(3), 125-134, 2009.

Author listings

Dong-Pil Woo: dpwoo@daum.net

Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Dong-A University

Position title: Lecturer, Department of Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University

Areas of interest: Industrial Ergonomics, Safety Management, WMSDs

Dong-Choon Lee: dclee@dau.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Department of Mechanical Engineering, Dong-A University

Position title: Professor, Department of Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University

Areas of interest: Product Design, UX/UI, Industrial Ergonomics

Date Received : 2013-07-15

Date Revised : 2013-08-13

Date Accepted : 2013-08-16