

수직형 손잡이와 수평형 손잡이의 높이와 간격에 따른 미는 힘 비교

송영웅*

*대구가톨릭대학교 산업보건학과

Comparison of the Pushing Forces between Horizontal Handle and Vertical Handle According to the Handle Height and Distance

Young-Woong Song*

*Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu

Abstract

Manual materials handling tasks are the main risk factors for the work-related musculoskeletal disorders. Many assistant tools for manual materials handling are being used in various kind of industries. One of them is a 4-wheeled cart which is widely used in manufacturing factories, hospitals, etc. The major force required to control the 4-wheeled cart is pushing and pulling. There are two types of handles being used for the 4-wheeled cart : vertical type (two vertical handles), and horizontal type (one horizontal handle). This study tried to investigate the pushing forces and subjective discomforts (hand/wrist, shoulder, low back, and overall) of the two handle types with different handle height and distance conditions. Twelve healthy male students (mean age = 23.4 years) participated in the experiment. The independent variables were handle angle (horizontal, vertical), handle height (low, medium, high), and handle distance (narrow, medium, wide). The full factorial design was used for the experiment and the maximum pushing forces were measured in 18 different conditions ($2 \times 3 \times 3$).

Analysis of variance (ANOVA) procedure was conducted to test the effects of the independent variables on the pushing force and discomfort levels. Handle height and angle were found to be the critical design factors that affect the maximal pushing forces and subjective discomfort. In the middle height, subjects exerted higher pushing forces, and experience lower discomfort levels compared to the high, and low height. There was no statistical influence of the handle distance to the pushing forces and subjective discomfort levels. It was found out that the effects of the handle angle (horizontal and vertical) on both pushing force and subjective discomfort were statistically significant ($p < 0.05$). The vertical handle revealed higher pushing force and lower discomfort level than the horizontal handle. The reason for that was thought to be the different postures of the hand when grasping the handles. The horizontal handle induced pronation of the hand and made hand posture more deviated from the neutral position.

Keyword : Handle design, Handle angle, Handle height, Handle distance, Maximal pushing force

†이 논문은 2014년 대구가톨릭대학교 교내 연구지원금에 의한 것임

†Corresponding Author : Young-Woong Song, 13-13 Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, Korea 712-702

Received October 20, 2014; Revision Received December 12, 2014; Accepted December 18, 2014.

1. 서론

2012년도 우리나라 근골격계질환자 수는 5,327명(신체부담작업 1,438명, 요통 3,792명, 수근관증후군 97명)으로 전체 업무상질병자(7,472명)의 71%를 차지하고, 사고성 요통 2,779명을 제외하면 34.1%로서, 여전히 높은 발생 비율을 나타내고 있는 것으로 조사되었다[1].

인력 운반 작업(Manual materials handling tasks)은 요통을 포함한 근골격계질환의 주요 위험 인자 중의 하나로서, 들기, 내리기, 밀기, 당기기, 옮기기 등의 작업 형태가 있다. 이러한 인력 운반 작업의 위험도를 줄이기 위해 제조업, 서비스업, 농업 등 다양한 산업에서 다양한 운반 보조 도구들이 사용되고 있는 실정이다. 제조업이나 서비스업에서는 주로 바퀴가 4개인 4륜 카트나 수레가 사용되고 있고, 건설업, 농업 등에서는 2륜이나 외륜 수레의 사용 비중도 높다. 카트나 수레의 보급 확대와 함께, 산업 현장에서 밀기와 당기기 활동의 작업 비중이 다른 인력운반작업에 비해 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되었다[2] [3].

카트와 수레의 작업 변수들이 밀기/당기기 작업에서의 힘과 작업 부하에 미치는 영향을 평가하기 위한 연구도 많이 이루어지고 있다. 항공기 배식 카트를 연구한 연구에서는 무게(20kg, 40kg, 60kg), 바닥 재질(카펫, 리놀륨), 바닥 기울기(-2°, 0°, +2°)를 달리하며 밀기/당기기/회전 작업을 할때의 척추(L4/L5) 압축력과 전단력을 측정하였다[4]. 그 결과, 모든 조건에서 단일 작업에서의 안전 작업 부하보다 낮은 부하를 나타냈으나, 밀기 작업에 비해 당기기, 회전을 할 때, 척추 압축력과 전단력이 모두 높은 것으로 평가되었다. 4륜 카트에서 무게, 바닥 재질, 바퀴의 너비, 반지름과 방향을 달리하며, 카트를 움직이기 위한 최소 힘을 측정한 연구에서는 바퀴 너비가 밀기/당기기 최소 힘에 통계적으로 유의한 영향을 주지 않았고, 밀기/당기기 최소 힘은 무게에 정비례하고, 바퀴 반지름에는 반비례하는 것으로 평가되었다[5]. 우체국 작업자들이 4륜 바퀴의 케이저를 밀고 당기는 작업을 대상으로 남녀간의 밀기/당기기 힘을 측정한 연구에서는 남/여간의 밀기/당기기 힘 차이가 있음이 보고되었다[6].

카트나 운반 보조 도구와 관련된 여러 가지 디자인 요소 중에서 손잡이는 작업자와 직접적인 인터페이스가 일어나는 핵심적인 디자인 요소라고 할 수 있다. 손잡이의 디자인 요소들에는 손잡이 높이, 손잡이 간의 간격, 손잡이 크기(반지름), 손잡이의 방향(각도) 등이 있다. 이러한 손잡이 변수가 발휘 힘과 인체역학적 및

생리학적 부하에 미치는 영향에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 특히 손잡이 변수에 따른 최대 미는 힘/당기는 힘 등의 최대 근력에 대한 연구는 손잡이 설계에 기초 자료로 사용되므로 국내외적으로 꾸준히 수행되어져 왔다.

두손 밀기힘을 측정한 연구를 보면, 두손으로 35cm(낮음), 100 cm(중간), 150 cm(높음) 높이에서 미는 힘과 당기는 힘을 등척적(Isometric) 과 등속적(Isokinetic) 으로 측정한 결과, 남자와 여자 모두 등척적 밀기힘이 중간 높이에서 최대로 발휘되었다[7].

한편, 전두면(Frontal plane)에서의 손잡이의 각도(0°, 45°, 90°), 전두면과의 각도(0°, 15°), 그리고 두 손잡이 사이의 간격(31 cm, 48.5 cm)를 변화시키며 최대 미는 힘과 손잡이 선호도를 조사한 연구에서는, 손잡이의 기준 조건인 0° -15° -31 cm에 비해, 45° 각도와 15° 기울어진 31 cm 간격의 손잡이가 평균적으로 6.7% 더 큰 미는 힘을 나타내었고, 0° -15° -31° cm 조건에서는 2.8% 더 작은 힘이 발휘된 것으로 보고되었다[8].

우리나라의 경우에는 작업 위치(어깨 높이, 굽힌 팔꿈치 높이, 허리 높이, 주먹높이 등)와 손잡이 형태(‘-’자형, 11자형, 휠체어형)를 달리하며 남녀 각 15명을 대상으로 최대 밀기 힘을 측정된 연구에서는 작업위치(높이)와 손잡이 형태가 모두 통계적으로 유의하게 최대 미는 힘에 영향을 미치는 것으로 평가되었다[9]. 또한, 전완의 자세를 회내(Pronation), 중립(Neutral), 회외(Supination) 세가지로 변화시키며, 한손(왼쪽/오른쪽) 및 양손의 미는 힘과 당기는 힘을 등척적으로 측정한 결과, 미는 힘이 당기는 힘보다 남/여 모두 93.3%와 85.4%로서 더 작게 발휘되었으며, 회내 90° 자세에서 중립자세에 비해 약 20% 힘이 작게 발휘되는 것으로 평가된 연구도 있다[10].

4륜 카트에는 수평형과 수직형 두가지 형태의 손잡이가 주로 사용되고 있다. 수평형 손잡이는 하나의 긴 손잡이가 수평으로 설치되어 있으며, 두 손의 간격을 임의로 설정할 수 있는 장점이 있으나, 손잡이 높이는 고정된다. 반면, 두개의 수직형 손잡이는 두 손잡이 간의 간격은 고정되지만, 손잡이 높이는 작업자가 선택할 수 있다. 기존 연구를 보면, 수직형 손잡이를 추천하는 연구[8] [11]도 있는 반면, 선 자세에서 수직형보다 수평형 손잡이에서 더 큰 힘이 발휘된므로 수평형을 추천하는 연구도 있다[12]. 그러나, 아직까지 수직형 손잡이와 수평형 손잡이를 다양한 조건에서 종합적으로 비교한 연구는 없는 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 두 가지 손잡이 형태(수평형, 수직형)를 등척적 최대 미는 힘 기준에서 비교하고

자 하였다. 즉, 여러 가지 손잡이 높이와 손잡이 간격 조건에서 수평형 손잡이와 수직형 손잡이에 따라 등척적 최대 미는 힘 차이를 비교하는 것이었다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

미는 힘 측정 실험에는 과거에 근골격계질환 증상이 없었던 12명의 건강한 남자 대학원 및 대학생이 실험에 참가하였다. 피실험자의 평균 나이는 23.4 ± 1.8 세였으며, 몸무게는 74.2 ± 15.9 kg, 신장은 175.6 ± 4.3 cm였다.

2.2 실험 계획

독립변수로는 손잡이 높이(3 수준), 손잡이 간격(3 수준), 손잡이 각도(2 수준)이었으며, 실험 계획은 $3 \times 3 \times 2$ 완전 요인 설계(Full factorial design)을 사용하였다. 따라서, 전체 처리 조건의 수는 18개였다.

손잡이 높이의 정의는 바닥에서 손잡이 중심까지의 거리이며, 명치높이 $+0.15 \times$ 신장(높음), 명치높이(중간), 명치높이 $-0.15 \times$ 신장(낮음)의 세 가지로 변화시켰다. 한편, 손잡이 간격은 두 손잡이 중심 간의 수평 거리이며, 어깨너비(좁음), $1.25 \times$ 어깨너비(중간), $1.5 \times$ 어깨너비(넓음)로 3수준이었다. 손잡이 각도는 손잡이가 수평면과 이루는 각도이며, 수평(0°)과 수직(90°) 두 수준이었다.

종속변수로 최대 밀기 힘을 측정하였으며, 또한, 각 조건에서의 힘 측정이 끝난 후 손, 어깨, 허리, 전체의 주관적 불편도를 CR-10 척도를 이용하여 조사하였다.

2.3 실험 방법

정적 최대 미는 힘 측정은 알루미늄 프레임으로 자체 제작한 실험 장치를 사용하였다. 손잡이 높이, 간격 및 각도를 조절할 수 있도록 제작된 실험 장치 그림이 다음 [Figure 1]에 제시되어 있다. 힘 측정은 Dacell(주)의 MC49-3B 로드셀을 이용하였다.

피실험자에게 먼저 실험의 목적과 내용에 대하여 설명을 한 다음, 키, 몸무게, 어깨너비, 주먹 높이 등의 인체 측정을 실시하였다. 그리고, 밀기 힘은 수평방향으로 급격한 힘 증가 없이 서서히 증가시키면서 1초 정도 후에 최대 힘에 이를 수 있도록 한 후 3초간 유

지하도록 설명하고 충분히 익숙해 질 때까지 연습을 하였다. 최대 미는 힘을 발휘할 때는 고개를 들고 앞을 보도록 하였다. 오른쪽 다리 중심은 손잡이 바로 아래에 놓고, 왼쪽 다리는 왼쪽 다리 앞꿈치가 오른쪽 다리 뒤꿈치에 오도록 하고, 간격은 어깨너비 정도로 편하게 벌리도록 하였다.



[Figure 1] Illustration of vertical handle type(left) and horizontal handle type(right)

본 실험에서 실험 조건의 순서는 무작위로 하였으며, 각 조건에서 2번 반복 하였다. 실험 조건 사이에는 최소 2분의 휴식시간을 주어 피로가 누적되지 않도록 하였으며, 피실험자가 원하면 더 긴 휴식시간을 주도록 하였다. 18개 조건에서 2회 반복 측정이 끝나고 쉬는 시간에 손, 어깨, 허리, 전체의 주관적 불편도를 조사하였다.

2.4 데이터 분석

최대 미는 힘 측정 데이터는 1초 이후에 약 2~3초 간의 비교적 안정된 구간의 RMS(Root Mean Square) 값을 구하였으며, 2회 반복 값의 평균을 구하여 이후 분석에 사용하였다. 최대 미는 힘과 주관적 불편도를 종속변수로 하여, 세 가지 독립변수들의 영향을 평가하기 위해 분산분석을 실시하였으며, 주 효과가 유의하여 각 수준별 평균 비교가 필요한 경우 SNK 사후 분석을 실시하였다. 분산분석에서 높이, 간격, 각도는 모수 인자로, 피실험자는 변량인자로 취급하여 분석하였다. 통계 패키지는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) 19.0 프로그램을 사용하였다[13].

3. 결 과

3.1 최대 미는 힘 결과

최대 미는 힘의 피실험자 및 18개 처리 조건의 전체 평균은 255.4 ± 82.0 N 이었으며, 각 조건에서의 평균과 표준편차가 다음 <Table 1>에 정리되어 있다.

<Table 1> Average pushing forces of the eighteen treatment conditions

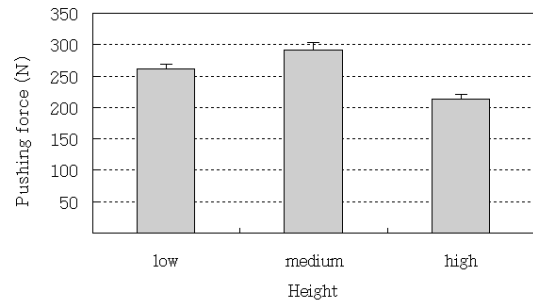
No.	Angle	Height	Distance	Pushing force (N)
1	0° (Horizontal)	High	Narrow	208.2 ± 50.1
2			Medium	219.5 ± 47.6
3			Wide	220.1 ± 56.7
4		Medium	Narrow	290.5 ± 109.1
5			Medium	300.7 ± 99.9
6			Wide	283.3 ± 105.0
7		Low	Narrow	247.3 ± 62.2
8			Medium	241.7 ± 48.7
9			Wide	242.9 ± 52.1
10	90° (Vertical)	High	Narrow	206.9 ± 65.8
11			Medium	212.8 ± 62.5
12			Wide	213.3 ± 64.8
13		Medium	Narrow	292.9 ± 93.9
14			Medium	300.4 ± 92.9
15			Wide	282.1 ± 95.8
16		Low	Narrow	277.7 ± 90.0
17			Medium	275.1 ± 77.3
18			Wide	282.5 ± 75.4

세 가지 독립 변수가 최대 미는 힘에 미치는 영향을 분산분석을 통하여 통계적 유의성을 평가하였으며, 그 결과가 다음 <Table 2>에 제시되어 있다.

<Table 2> ANOVA result for the maximum pushing forces

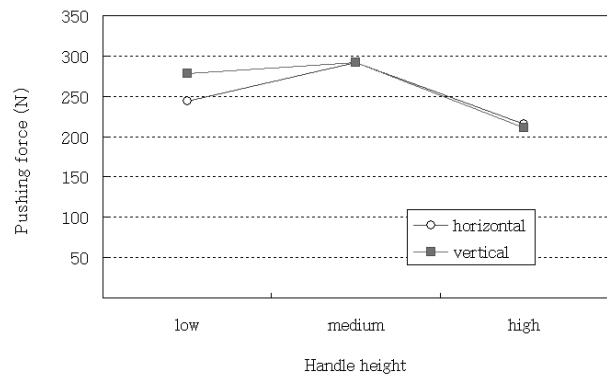
Spurce	SS	df	MS	F	p
Height (H)	223526.1	2	111763.1	27.463	0.000
Distance (D)	928.1	2	464.1	0.786	0.468
Angle (A)	5312.4	1	5312.4	4.404	0.060
H×D	4438.1	4	1109.5	2.205	0.084
H×A	16482.6	2	8241.3	7.629	0.003
D×A	34.6	2	17.3	0.081	0.922
H×D×A	395.6	4	98.9	0.278	0.890

주효과 중에서 손잡이 간격은 통계적으로 유의하지 않았으며(p = 0.468), 손잡이 높이는 통계적으로 유의하게 최대 미는 힘에 영향을 미치는 것으로 평가되었다(p < 0.01). 중간 높이의 최대 미는 힘 평균이 291.6 N 로서 가장 큰 힘을 나타냈으며, 높은 위치에서 가장 낮은 힘(213.5 N)을 나타낸 것으로 평가되었다([Figure 2] 참조). SNK 사후 검정에서도 3개 높이가 모두 다른 그룹으로 분류되어, 서로 통계적으로 유의하게 차이를 알 수 있었다.



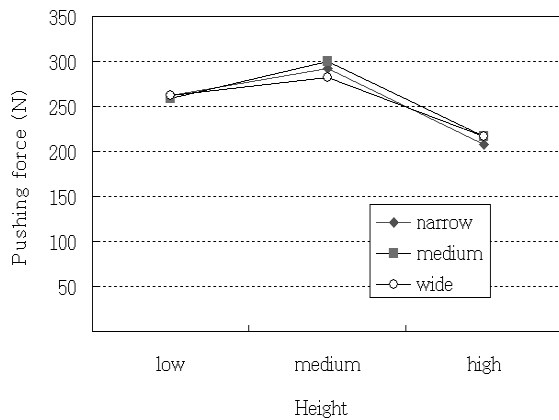
[Figure 2] Maximum pushing forces according to the handle height (mean and standard error)

손잡이 각도는 p 값이 0.06으로서 통계적 유의성은 약한 것으로 분석되었으며, 수직형 손잡이(260.4 ± 85.6 N)가 수평형(250.5 ± 78.3 N) 보다 약 10 N 정도 더 큰 힘을 나타냈다. 손잡이 각도의 주효과는 통계적 유의성이 약하였지만, 높이와의 교호작용은 통계적으로 유의하였다(p = 0.003). 다음 [Figure 3]에는 높이와 각도의 교호작용이 제시되어 있으며, 중간 높이에서는 두 각도 차이가 거의 없지만, 낮은 위치에서는 수직형 손잡이에서 약 34.4 N 정도 더 큰 힘이 발휘되었으며, 높은 위치에서는 수평형에서 조금 더 큰 힘(5 N)이 발휘되었다.



[Figure 3] Interaction effect between handle height and angle

손잡이 높이와 간격의 교호작용은 p 값이 0.084로서 유의성이 약하게 나타났다. [Figure 4]에는 손잡이 높이와 간격의 교호작용이 제시되어 있는데, 낮은 높이와 높은 위치에서는 간격의 차이가 크지 않지만, 미는 힘이 가장 크게 발휘되는 중간 높이에서는 손잡이 간격 차이가 많이 나타났으며, 중간 간격에서 300.5 N의 가장 큰 힘이 발휘되었으며, 다음으로는 좁은 간격(291.7 N), 그리고 넓은 간격에서는 282.7 N의 가장 작은 힘이 발휘되었다.



[Figure 4] Interaction effect between handle height and distance on pushing force

3.2 주관적 불편도 결과

주관적 불편도는 손/손목, 어깨, 허리, 전체에 대해서 조사하였으며, 먼저 손/손목의 주관적 불편도에 미치는 독립변수들의 영향을 평가한 분산분석 결과가 다음 <Table 3>에 제시되어 있다.

<Table 3> ANOVA result for the discomfort levels of the hand/wrist

Spurce	SS	df	MS	F	p
Height (H)	109.2	2	54.58	8.48	0.002
Distance (D)	10.5	2	5.23	2.01	0.158
Angle (A)	13.9	1	13.90	7.19	0.021
H×D	17.5	4	4.39	4.08	0.007
H×A	63.1	2	31.53	15.00	0.000
D×A	4.9	2	2.47	2.60	0.097
H×D×A	5.9	4	1.47	1.32	0.279

유의수준 0.05에서 높이(p = 0.02)와 각도(p = 0.021)의 주효과, 높이와 간격(p = 0.007), 높이와 각도(p < 0.01)의 교호작용이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 높이의 주효과를 살펴보면, 중간 높이

에서 손/손목의 불편도(1.822)가 낮은 위치(3.418)와 높은 위치(3.224)보다 낮은 값을 나타냈다. 각도의 주효과를 보면, 수직 손잡이의 불편도(2.568)가 수평 손잡이(3.075) 보다 불편도가 낮게 나타났다.

어깨의 주관적 불편도를 보면, 분산분석 결과 높이의 주효과만 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 것으로 평가되었다(p < 0.01). 중간 높이에서 가장 낮은 불편도(1.82)를 나타냈으며, 그 다음으로 낮은 위치(2.84)였고, 높은 위치에서 어깨의 주관적 불편도가 3.38로서 가장 높았다.

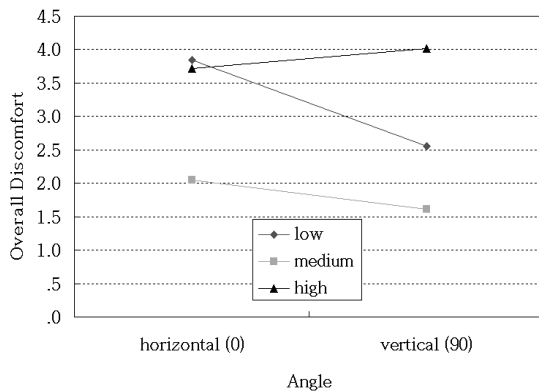
허리의 주관적 불편도도 어깨와 유사한 결과를 나타냈다. 즉, 분산분석 결과 높이의 주효과만 유의확률(p 값)이 0.009로서 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의하였고, 나머지 주효과와 교호작용은 모두 유의하지 않았다. 높이의 효과를 보며, 어깨와 같이 중간높이에서 가장 낮은 불편도(1.56)을 나타냈고, 낮은 위치(2.39), 높은 위치(2.77) 순으로 불편도가 증가하였다.

전체적인 불편도의 분산분석 결과가 다음 <Table 4>에 제시되어 있다. 높이와 각도의 주효과는 통계적으로 유의하게 전체적인 불편도에 영향을 미치는 것으로 분석되었고, 교호작용 중에서는 높이와 각도, 거리와 각도의 교호작용이 통계적으로 유의하였다.

<Table 4> ANOVA result for the overall discomfort levels

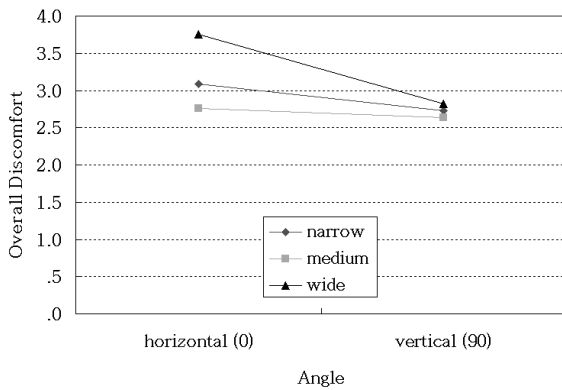
Spurce	SS	df	MS	F	p
Height (H)	154.76	2	77.38	15.14	0.000
Distance (D)	12.96	2	6.48	2.55	0.101
Angle (A)	12.04	1	12.04	8.15	0.016
H×D	7.03	4	1.76	1.19	0.327
H×A	22.76	2	11.38	4.08	0.031
D×A	6.29	2	3.14	5.35	0.013
H×D×A	2.10	4	0.53	0.32	0.860

전체적인 불편도는 중간 높이에서 가장 낮은 불편도(1.83)를 나타냈으며(낮은 위치 : 3.20, 높은 위치 : 3.87), 수직형 손잡이(90)의 불편도(2.73)가 수평형 손잡이(3.20)보다 불편도가 낮았다. 다음 [Figure 5]에는 각도와 높이의 교호작용이 제시되어 있다. 손잡이 높이가 낮은 위치와 중간 높이에서는 수평 손잡이보다 수직 손잡이에서 낮은 불편도를 보였지만, 높은 위치에서는 수직 손잡이가 더 높은 불편도를 나타냈다.



[Figure 5] Interaction effect between handle angle and height on overall discomfort

다음 [Figure 6]에는 각도와 간격의 교호작용이 제시되어 있다. 수직형 손잡이에서는 간격에 따른 불편도 차이가 거의 없었지만, 수평형 손잡이에서는 간격에 따른 불편도 차이가 크게 나타났다. 즉, 중간 간격에서 가장 낮은 불편도를 나타낸 반면, 좁거나 넓은 손잡이의 경우 수직형보다 수평형에서 더 높은 불편도를 나타냈다.



[Figure 6] Interaction effect between handle angle and distance on overall discomfort

4. 토 의

4.1 손잡이 높이

손잡이 높이는 분산 분석 결과에 의하면 최대 미는 힘과 주관적 불편도(손, 어깨, 허리, 전체)에 모두 통계적으로 유의하게 영향을 미치는 중요한 설계요소라는 것이 확인되었다($p < 0.05$). 구체적인 손잡이 높이의 효과를 보면, 중간 높이(명치 높이)에서 최대 미는 힘이 다른 높이보다 가장 높게 발휘되었으며, 또한, 손,

어깨, 허리, 전체 불편도도 가장 낮은 값을 나타냈다. 한편, 높은 위치(명치높이 + $0.15 \times$ 신장)는 다른 높이보다 밀기힘이 가장 작게 발휘되었으며, 손/손목 부위를 제외한, 어깨, 허리, 전체적 불편도가 가장 높게 나타났다. Kumar(1995)의 연구에서도 중간 높이(100cm)에서 가장 큰 밀기 힘이 나타났다고 보고되었다[7]. 따라서, 불편도와 최대 밀기 힘 기준에서 손잡이는 중간 높이(명치 높이)가 이보다 높은 위치와 낮은 위치보다 추천된다.

4.2 손잡이 간격

본 연구에서의 간격 범위(어깨간격 $\sim 1.5 \times$ 어깨간격)에서는 손잡이 사이의 간격에 따라 최대 미는 힘이 다르게 나타나지 않았다. 또한, 손잡이 간격에 따라 손/손목, 어깨, 허리, 전체적 주관적 불편도도 차이가 나지 않았다($p > 0.05$). 이 결과는 외륜 운반차의 손잡이 높이, 간격, 각도를 달리하며 드는 힘, 미는 힘, 회전 힘을 측정된 연구[14]에서 손잡이 간격에 따라서는 미는 힘이 다르지 않다는 연구 결과와 동일하다고 할 수 있다. 외륜 운반차의 손잡이는 손잡이 종축이 전후로

위치하고, 본 연구에서는 손잡이 종축이 좌우 혹은 상하로 위치하고 있다는 차이점에도 같은 결과가 나왔다는 것은 의미가 있다고 할 수 있다. 한편, 31 cm와 48.6 cm의 손잡이 간격에서 미는 힘을 측정된 연구에서는 넓은 간격에서 더 큰 미는 힘이 나왔다고 보고되었다[8]. 이것은 본 연구에서의 연구 구간이 다른 이유로 판단된다. 즉, 본 연구에서는 어깨너비 $\sim 1.5 \times$ 어깨너비를 측정하였으며, 12명 피실험자의 어깨너비 평균이 42.4 cm로서 Lin et al.(2012)의 연구에서의 31cm보다 48.6 cm에 가까운 간격이었다. 즉, 너무 좁은 간격에서는 최대 미는 힘이 작게 발휘되지만, 어깨너비 이후로는 비슷한 힘이 발휘된다고 할 수 있다.

4.3 손잡이 각도(수평, 수직)

손잡이 각도에 따른 최대 미는 힘의 차이를 보면, 수직형에서 수평형보다 약 10N 정도 더 큰 힘이 나타났으나, 분산분석 결과 p 값이 0.06로 나타나, 현재 데이터로는 통계적 유의성을 명확히 결정하기는 어려웠다.

그러나, 손잡이 높이와의 교호작용은 통계적으로 유의하였으며, 특히, 낮은 손잡이 높이에서 수평형보다 수직형 손잡이가 더 큰 미는 힘을 나타내었다. 이것은 회내 90° 자세(수평)에서 중립자세(수직)에 비해 약 20% 힘이 작게 발휘되는 것으로 보고한 연구[10]와

일치되는 결과이다. 주관적 불편도에서도 수직형이 수평형보다 손/손목과 전체적인 불편도가 낮은 것으로 분석되었다. 즉, 수직형 손잡이를 잡을 때에는 회내/회외 동작이 거의 없는 중립자세를 취할 수 있지만, 수평형 손잡이를 잡을 때에는 회내 동작이 일어나 비중립적 자세에서 힘을 발휘해야 하는 것이 수평 손잡이에서의 낮은 미는 힘과 높은 불편도의 원인으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 손잡이 높이, 간격, 각도에 따른 최대 미는 힘을 측정하여, 손잡이 설계 변수에 따른 미는 힘을 분석하였다. 먼저, 손잡이 높이는 미는 힘과 주관적 불편도에 통계적으로 유의하게 영향을 미치는 것으로 나타나 4륜 손잡이에서 중요한 설계변수인 것으로 판단된다. 특히, 중간 높이(명치 높이)에서 가장 큰 힘과 가장 낮은 불편도를 나타냈다. 한편, 손잡이 간격은 효과가 거의 나타나지 않았으며, 일부 교호작용에서만 유의한 효과를 나타냈다. 마지막으로 손잡이 각도(수평 형태, 수직 형태)도 미는 힘과 불편도에 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다($p < 0.05$). 즉 수평적 손잡이의 경우 회내 동작이 일어나 비중립적 자세를 취하게 되어서, 중립적 자세를 취하는 수직형 손잡이가 최대 미는 힘이 더 크게 발휘되었고, 손/손목 및 전체적인 불편도가 더 낮게 나타났다.

본 연구의 제한점으로는 수평형 손잡이와 수직형 손잡이 비교를 최대 미는 힘과 불편도 기준에서만 하였다는 점이다. 즉, 4륜 카트를 운전할 때에는 전진에서는 미는 힘만 요구되지만, 방향을 바꾸는 회전 힘도 사용되므로, 추후 회전 힘을 포함하여 비교하는 것이 필요하다. 또한, 정적 자세에서의 미는 힘은 동적 미는 힘과 다를 수 있으므로 실제 4륜 카트를 사용한 검증 연구가 필요할 것으로 판단된다.

6. References

- [1] Ministry of Employment and Labor(2013), "Statistics of the Industrial Accident in 2012." Korean Ministry of Employment and Labor.
- [2] Genevieve Baril-Gingras, Monique Lortie(1995), "The handling of objects other than boxes: univariate analysis of handling techniques in large transport company." *Ergonomics*, 38: 905-925.
- [3] Kathleen Mack, Christine M. Haslegrave, Michael I. Gray, M.I.(1995), "Usability of manual handling aids for transporting materials." *Applied Ergonomics*, 26: 353-364.
- [4] Jesper Sandfeld, Christian Rosgaard, Bente R. Jensen(2014), "L4-L5 compression and anterior/posterior joint shear forces in cabin attendants during the initial push/pull actions of airplane meal carts." *Applied Ergonomics*, 45: 1067-1075.
- [5] Khaled W. Al-Eisawi, Carter J. Kerk, Jerome J. Congleton, Alfred A. Amendola, Omer C. Jenkins, Will Gaines(1999), "Factors affecting minimum push and pull forces of manual carts." *Applied Ergonomics*, 30: 235-245.
- [6] AJ Van der Beek, BDR Kluver, MHW Frings-Dresen, MJM Hoozemans(2000), "Gender differences in exerted forces and physiological load during pushing and pulling of wheeled cages by postal workers." *Ergonomics*, 42: 269-281.
- [7] Sharawan Kumar(1995), "Upper body push-pull strength of normal young adults in sagittal plane at three heights." , *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15: 427-436.
- [8] Jia-Hua Lin, Raymond W. McGorry, Chien-Chi Chang(2012), "Effects of handle orientation and between-handle distance on bi-manual isometric push strength." , *Applied Ergonomics*, 43: 664-670.
- [9] Myung-Guk Moon, Chul-Hong Kim(2006) "A study for the measure and application of maximum push strengths for Korean male/female at different working positions and handle types." *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea*, 177-180.
- [10] Dong-Pil Woo, Dong-Choon Lee(2013), "A Study on the Push and Pull Strength for the Design of Cart Handle." *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32: 405-411.
- [11] Biman Das, Julia Wimpee, Bijon Das(2002), "Ergonomics evaluation and redesign of a hospital meal cart." , *Applied Ergonomics*, 33: 309-318.
- [12] Olanrewaju O. Okunribido, Christine M. Haslegrave(2008), "Ready steady push -

a study of the role of arm posture in manual exertions.”, Ergonomics 51: 192-216.

- [13] Ju-Young Kim, Uh-Nyung Noh, Byung-Jun Youn, Chi-Geun Youn, Jae-Sun Jang(2011), "Statistical Analysis for Health and Medical Treatment", KMS.

- [14] Young-Woong Song, Kyung-Ah Kim, Ho-Chul Lee(2012), "Evaluation of the Pushing, Lifting and Twisting Forces According to the Handle Design Variables of the Single-Wheel Barrows.", Journal of the Korean Society of Safety 27: 84-91.

저 자 소 개

송 영 용



포항공과대학교 산업공학과를 졸업하고, 포항공과대학교 대학원에서 석, 박사학위를 취득하였다. 현재 대구가톨릭대학교 산업보건학과에서 부교수로 재직 중이며, 관심분야는 근골격계질환 관리 및 위험요인 평가, 인체역학 모델, 근육 생리학, 문자 가독성 등임.

주소 : 경북 경산시 하양읍 대구가톨릭대학교 산업보건학과