Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 26, No. 4 pp.49-56, November 2007

청년층 사용자 선호도 평가를 통한 박스손잡이의 최적위치 설정

정 인 주[1] · 정 화 식[2]

[1]동신대학교 e-비지니스학과 / [2]동신대학교 작업치료학과

Determination of the Optimal Handle Position for Cartons through the Evaluation of Youth User's Preferences

In-Ju Jung[1], Hwa S. Jung[2]

[1]Department of e-business, Dongshin University, Naju, 520-714
[2]Department of Occupational Therapy, Dongshin University, Naju, 520-714

ABSTRACT

Handles on objects are very important to increase the safety and efficiency of manual handling of people who use them. In this study, four different prototype cartons combined with auxiliary handles were designed to determine the optimal handle position of cartons through the evaluation of user preferences. Twenty male students are participated in the experiment. Likert-5 point summated rating method was applied to evaluate the user preferences for provided handles of the carton among upper, middle, and lower position under the four different sizes and materials handling conditions(carrying positions). The results show that the subjects preferred upper part of the handle on the small cartons regardless of the carrying positions while upper and middle parts of the handle on the big cartons for handling above the waist height were preferred. An optimal handle position depending on the different sizes of carton and the different carrying positions were recommended based on the results of evaluation. It is thus recommended that the cartons provide handles on its relevant position depending on the size and materials handling condition to reduce the musculoskeletal stress and in turn to increase the user satisfaction.

Keyword: Handles, Carton, User preferences, Manual materials handling, Musculoskeletal disorders

1. 서 론

오늘날 경제발전과 산업화로 인하여 수많은 작업들이 기계화되고 자동화되어 가지만, 아직도 대부분의 작업장이나 생활주변에서는 인력물자취급(manual materials handling)이 많은 부분을 차지하고 있는 실정이다. 잘 알려진 바와 같이 인력물자취급은 여러 가지 활동으로 구성되는데, 물체를 적재하고 하역하기 위하여 들기, 옮기기, 내려놓기 작업뿐만 아니라 밀고 당기는 작업 등을 포함하며 물체를 다른 곳으로 이동시키는데 있어 인력을 사용하는 전반적인 운반작업을 통칭한다.

많은 선행연구는 인력물자취급이 산업체뿐만 아니라 군대 및 가정에서도 사고와 상해를 일으키는 주된 위험요인이라는 것을 보고하고 있다. 이중 미국산업안전보건연구원(NIOSH, 1981)과 Sanders and McCormick(1992)의 연구에 따르면, 인력물자취급으로 인한 육체적인 스트레스 형태의 작업 위험요인은 너무 다양하기 때문에 열거하기에 한

교신저자: 정화식
주 소: 520-714 전라남도 나주시 건재로 253번지, 전화: 061-330-3144, E-mail: hsjung@dsu.ac.k

계가 있다고 말하고 있다. 현재까지 보고된 인력물자취급에 있어 육체적인 스트레스의 잠재적인 요인들로서 인력물자취급자의 신체적 · 심리적 특성, 물체의 특성, 인력물자의 취급방법, 인력물자취급에 있어서의 공간적인 특성, 그리고 환경적인 특성 등 크게 5가지로 분류하고 있다.

다양한 특성을 가진 물체의 인력물자취급은 생체역학적, 생리학적, 심리물리학적인 스트레스를 동반하게 되는데 물체의 특성에 따라 각각의 스트레스에 지대한 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다(Sanders and McCormick, 1992). 예를 들면, 물체의 크기에 따른 최대허용중량(Maximum Acceptable Weight of Load, Ciriello, 2003) 및 에너지소비와 척추에 작용하는 스트레스의 차이(Ayoub and Mital, 1989), 물체의 모양에 따른 MAWL과 CG-L5/S1의 거리차이(Garg and Saxena, 1980; Mital and Okolie, 1982; Smith and Jiang, 1984), 물체의 하중분포 및 안정성에 따른 MAWL의 차이(Ayoub and Mital, 1989), 그리고 손잡이가 있는 물체의 MAWL의 차이(Garg and Saxena, 1980) 등이다. 따라서 Ayoub(1977; 1982)은 들기 작업의 설계과정에서 고려하여야 할 물체의 특성은 무게와 이의 분포, 모양, 딱딱함, 손잡이의 유용성 또는 이와 비슷한 장치의 부착 유무 등이라고 기술하고 있다.

Drury(1980)와 Garg and Saxena(1980)는 "손잡이가 있는 물체가 손잡이가 없는 물체보다 더 안전하고 스트레스를 덜 야기한다."는 연구결과를 보고하였다. 이들 연구에 따르면, 손잡이가 없는 6개의 다른 치수의 상자가 손잡이가 있는 상자보다 평균 MAWL이 7.2% 더 낮게 나타났다. 또한 Ciriello et al.(1993)의 연구결과에 의하면, 손잡이가 없는 상자가 MAWL이 16%나 더 낮게 나타났다. 따라서 이들은 MAWL이 손잡이가 있는 물체가 손잡이가 없는 물체보다 높기 때문에 들기 작업과 관련된 직무를 설계할 때는 물체손잡이의 유무에 따라 반드시 MAWL의 조정이 필요하다고 주장했다.

또한 다른 연구들은 물체에 제공된 손잡이가 작업의 능률과 편안함을 향상시킨다고 보고하고 있다. Rigby(1973)는 손잡이가 있는 용기는 없는 용기에 비해 바닥에 떨어뜨릴 확률이 적음을 보여주었으며, Drury(1980)는 물체의 손잡이가 들기 작업에서 산소소비량을 11% 감소시키고, 들어올리는 힘을 20% 증가시킨다고 기술하고 있다. 한편 Jung and Jung(2003)도 포대에 부착된 손잡이를 사용한 결과 손잡이가 없는 포대에 비해 산소소비량과 심박수가 감소하며 Borg-RPE(Borg, 1985)의 수치도 현저히 감소함을 밝혔다.

본 연구에서는 인력물자취급시 안전성을 향상시키고 육체적 스트레스를 감소시킴으로써 사용자의 편의성을 증진시킬 목적으로 식품, 가전제품, 각종 물품의 포장에 주로 이용되는 박스(carton)에 대하여 다양한 크기와 취급방법에 따른 손잡이의 최적의 위치를 설정하기 위하여 사용자 선호도를 평가하여 시사점을 제공하고자 한다.

우리가 일상에서 흔히 제품을 포장할 때 사용하는 박스 등과 같은 용기는 용기자체 무게를 가볍게 해서 운반이 편리하도록 마분지(cardboard)로 제작되는 것이 통상적이다. 박스는 상부에 제품을 담거나 꺼내는 부분이 형성되고 박스 각 옆면 상부에는 손잡이 구멍이 제공되거나 아예 손잡이가 없는 것이 널리 사용되고 있다. 일반적으로 물체의 크기나 무게에 따라 무게중심(center of mass)은 달라지지만 기존의 박스는 이를 무시하여 일정하게 박스 양쪽 옆면 상부위치에 손잡이가 제공되고 있기 때문에 인력물자취급 하는데 있어서 물체자체의 변수나 작업 상황에 따라 적절하게 대처하지 못하는 어려움이 있었다.

따라서 본 연구는 사용자가 박스 양쪽 옆면에 형성된 손잡이를 잡고 힘을 덜 들이고 들기, 옮기기, 나르기 동작을 수행할 수 있는 박스손잡이의 최적의 위치를 설정하는데 목적이 있다. 이를 위하여 4가지 크기의 박스모형을 제작하여 손잡이위치, 박스무게, 수동물자취급방법에 따른 사용자의 선호도를 리커트 합산등급척도(Likert-5 point summated rating method)를 적용하여 평가한 후 최종적으로 사용자의 편의성을 향상시킬 수 있는 최적의 손잡이위치를 추천한다.

2. 종래 박스의 사용상 문제점 분석

오늘날 박스는 각종제품을 저장하여 운반하는 용기로 광범위하게 사용되고 있다. 이에 따라 박스 내용물의 보호를 위한 다양한 방안이 제시되고 있으며 박스의 packing/unpacking에 필요한 장치 및 기구 개발에 많은 연구들이 이루어지고 있다. 또한 선적이나 하역 시 컨베이어벨트와 같은 인력운반작업 보조기계들이 사용됨으로써 작업자의 작업부하를 절감시키기 위한 많은 노력도 기울이고 있다.

그러나 여전히 박스의 적재 및 하역, 그리고 운반에 있어 인력물자취급이 불가피한 경우가 발생하고, 특히 생산현장에서의 작업자, 물류 센터의 인부나 택배원, 가정 등에서의 최종 사용자(end users)는 박스를 직접 들고 운반할 수밖에 없다. 특히 이들 박스는 성인 남성뿐만 아니라 여성과 고령자 등 다양한 사용자 집단들이 널리 사용하기 때문에 이러한 박스를 인력으로 운반 하는 최종 사용자에게 무리한 작업부하의 문제가 야기된다. 무엇보다도 박스는 크기나 무게에 따라 박스를 잡는 위치와 무게중심이 달라짐에도 불구하고 종래의 박스는 모두 일정하게 옆면 상부에 손잡이가 제공되고 있기 때문에 인력물자취급이 용이하지 않을 뿐만 아니라 아

예 손잡이가 제공되지 않는 박스의 경우에는 박스의 밑바닥 부분을 잡고 옮겨야 하는 어려움이 있다.

특히 손잡이가 제공되지 않는 박스를 안아서 옮기기 위해서는 박스의 바닥을 장시간 동안 받치고 있어야만 하기 때문에 박스의 밑면에 무리한 힘을 지속적으로 가해야 하며 무게가 무겁거나 운반거리가 멀 때에는 박스를 등 뒤에 지고 운반하거나 어깨 위에 올려놓고 운반하는 방법 등도 이용하게 된다. 이때 사용자는 물체를 자유스럽게 다룰 수 없거나 떨어뜨리게 되어 상해를 입거나 박스 내용물이 파손될 수 있다. 그리고 박스의 밑면에 흙이나 오물 등과 같이 이물질이 묻어 있는 경우 그 이물질이 곧바로 사용자의 손에 묻게 되어 사용자의 손을 오염시키는 문제점이 있다. 또한 이러한 방법을 반복 수행하게 되면 손목과 팔뿐만 아니라 허리나 어깨, 목 부위 등에 무리한 힘을 가하게 됨으로써 이들 부위는 근골격계질환(musculoskeletal disorders)과 같은 인체에 치명적인 손상과 상해를 당할 수 있게 된다.

그러므로 이러한 문제점을 개선하기 위해서 박스크기와 무게에 따른 적절한 위치의 손잡이를 제공한다면 MAWL을 상승시켜 물체의 체감무게를 줄일 수 있으며 보다 안전한 방법으로 들기, 옮기기, 내려놓기 작업을 할 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

3. 박스손잡이위치에 따른 사용자 선호도 조사

3.1 피실험자

본 연구에 참여한 피실험자는 과거에 근골격계질환이나 심혈관계질환의 경험이 없는 건강한 남자대학생 20명이다. 이들 중 대부분은 육체적 운동이나 인력물자취급에 경험이 있다고 응답하였다. 실험을 시작하기 전에 피실험자들은 실험절차와 방법에 익숙해지기 위한 교육을 받았고, 실험 중 피실험자들은 가벼운 운동복을 착용하고 실험에 참여하도록 하였다. 표 1은 본 실험에 참여한 피실험자의 연령, 신장, 몸무게 등의 인구 통계적 데이터를 측정한 결과의 요약이다.

표 1. 피실험자의 인구 통계적 데이터(n=20)

구분	연령(year)	신장(cm)	몸무게(kg)
범위	23~27	165~182	55~80
평균 (SD)	24.78 (0.70)	173.78 (4.69)	66.65 (6.73)

3.2 실험모형의 제작

그림 1은 본 연구에서 고안한 박스크기 및 손잡이위치에 따른 박스모형(mockup)이다.

그림 1. 제작된 박스모형

모형은 4개를 크기별로 표 2와 같이 구분하여 제작하였다. 모형의 소재는 중밀도 섬유판(medium density fiberboard)을 사용하여 제작하였다.

표 2. 박스모형의 사양

박스모형크기(W×D×Hcm)	모형자체무게(kg)
30×30×30	4.2
40×40×40	7.5
50×50×50	10
60×60×60	15

실험용 모형박스는 무게조절을 위하여 모래를 채울 수 있도록 몸체 상부가 열려있게 디자인하였고 박스의 양쪽 옆면에 각각 상부, 중앙, 하부손잡이 세 개를 천공하였다. 상부손잡이는 박스 상부면에서부터 5cm 아래, 중앙손잡이는 정가운데, 하부손잡이는 아래면에서부터 5cm 위에 위치하도록 하였다. 박스모형의 내부는 채워진 모래가 천공된 손잡이로 유출되는 것을 방지하면서 천공된 부분으로 손을 집어넣어 손잡이를 잡을 수 있는 여유 공간을 제공하기 위하여 박스 내부 양쪽면에 손잡이에서부터 각각 5cm 떨어진 칸막이를 설치하였다. 박스모형 외부의 두께는 1.5cm이며 내부칸막이 두께는 1cm를 사용하여 제작하였다.

Drury(1980)는 손잡이를 설계하는데 있어 구체적으로 손잡이의 크기, 지름, 모양, 표면 처리, 그리고 위치 등에 관한 유용한 지침을 제공하고 있다. 따라서 본 연구의 박스모형 개발에 '운반물의 손잡이를 설계할 때 손잡이를 한 손보다는 두 손을 이용할 수 있도록 한다,' 손잡이를 디자인할 때 물체의 무게 분배를 위해 손과 손가락이 손잡이 표면 범위를 가능한 한 최대로 감쌀 수 있도록 한다,' '날카로운 모

서리와 가장자리, 손가락의 홈 등을 제거하여 손을 보호할 수 있도록 한다.'와 같은 지침들을 적용하였으며 특히 손잡이 구멍은 모가 나지 않게 길이 12cm와 폭 3cm로 천공하여 잡기에 안전하고 편안한 손잡이를 제공하였다.

3.3 선호도 조사절차 및 방법

인력물자취급은 일반적으로 물체를 자기 앞으로 끌어당기기, 들어올리기, 운반하기, 내려놓기, 밀어서 위치시키기 동작 등으로 이루어져 있으며 가장 많이 사용되고 있는 방법이다(Drury, et al., 1982; Taboun and Dutta, 1984). 이러한 인력물자취급 동작을 평가하기 위한 방법으로는 통상적으로 각각의 동작을 구분하여 '가장 위험한 동작'을 선택하여 위험요인을 예측한 다음 이에 대한 평가와 분석이 이루어진다. 하지만 실제 물체에 대한 인력물자취급은 들어올리기, 운반하기, 내려놓기 동작 등의 조합(Straker, 1996)으로 이루어져 있기 때문에 본 연구에서는 이들 세 가지 동작을 하나의 동작으로 간주하여 분석함으로써 각각의 동작에 대해 평가하는 방법 보다는 실제 작업자가 전체 동작 수행을 통해 느끼는 현실적인 선호도를 파악할 수 있다고 판단된다.

본 실험은 피실험자의 피로와 적응효과(adaptation effects)를 감소시키기 위하여 전체 피실험자 20명이 크기가 각기 다른 4개의 박스를 번갈아 가며 4일에 걸쳐 연속적으로 실시하도록 하였다. 실험은 피실험자 1인당 12회(손잡이위치 3가지×박스이동위치 4가지)를 2번씩 반복하여 그림 2와 같은 방법으로 실시하였다. 실험자는 피실험자에게 실험에 앞서 실험내용과 과정에 대한 설명과 실험시 주의사항에 대해 주지시켰다. 이어서 피실험자의 개인 인적사항(근골격계질환이나 심혈관계질환 여부, 나이, 키, 몸무게)에 대한 설문과 측정을 실시한 후 본 실험 전에 맨손체조 또는 stretching을 하도록 하여 몸의 유연성을 갖도록 하였다.

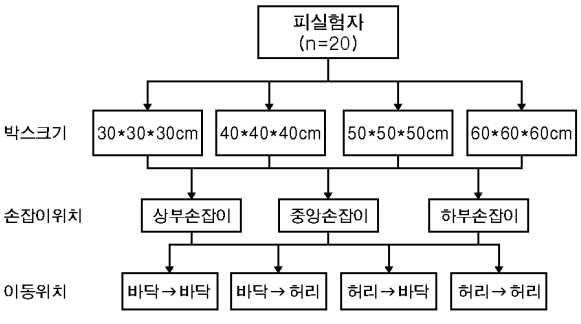

그림 2. 실험 절차 flowchart

박스무게는 피실험자들이 해당 박스크기에 따라 적절하다고 느끼는 무게를 반복실험을 통하여 설정하였다. 즉 박스크기에 따라 30×30×30cm는 박스자체 무게인 4.2kg과 모래를 적재하여 초기무게의 2배 무게인 8.4kg으로 설정하였으며 40×40×40cm, 50×50×50cm, 60×60×60cm는 적재무게를 각각 15, 20, 25kg으로 설정하였다. 박스이동위치는 바닥(0cm)과 허리높이(76cm)의 두 가지 높이를 설정하여 이들의 조합인 총 4가지 이동위치로 구성하였다. 여기서 4가지 이동위치란 바닥에서 바닥; 바닥에서 허리높이; 허리높이에서 바닥; 허리높이에서 허리높이로 박스를 옮긴 것을 말한다.

그림 3은 피실험자가 박스모형을 들어서, 5m 떨어진 위치로 옮기고, 내려놓는 동작을 보여준다. 천공된 손잡이의 사용 순서는 상부, 중앙, 하부손잡이 순서대로 실험하게 하였으며 박스 이동위치는 상기에서 열거한 순서대로 바닥→바닥에서 시작하여 허리높이→허리높이 까지를 차례로 실시하였다. 두 번째 반복되는 실험은 역순(reverse ordering)으로 실시하게 하였는데 이와 같은 실험조건 설정의 목적은 cross-balancing을 하여 혹시 발생될 primacy와 recency 효과를 제거함으로써 측정 자료의 정확성을 높이기 위함이다. 또한 이러한 reverse ordering은 앞서 언급한 바와 같이 피실험자의 피로와 적응효과를 감소시킬 수 있다고 판단된다.

그림 3. 들기, 옮기기, 내려놓기 동작에 대한 실험장면
(바닥에서 허리높이로 옮기는 예)

박스모형을 들어올리는 방법(lifting method)은 NIOSH (1981)에서 권고한 중량물취급방법(즉, 쪼그려 앉은 자세에서 한쪽무릎을 세운 뒤 허리를 곧게 펴고 박스를 최대한 자신의 몸을 중앙으로 끌어당긴 후 들어올림)을 준수하면서 보통속도(normal speed)로 서두르거나 쉬는 동작없이 작업하게 하였다. 박스모형을 들어 옮겨서 내려놓은 직후 각 실험자로 하여금 설문지에 사용상 편리한 정도에 대해 선호도를 조사하였다.

본 연구에서 박스크기와 이동위치에 따른 적절한 손잡이 위치의 사용자 선호도를 평가하였는데 그 핵심기준은 사용자 편리성이 된다. 이 같은 척도는 주관적일 수밖에 없으며 객관적인 수치로 측정하기는 불가능하다. 따라서 이들 주관적 평가를 점수화하는 평가점수(opinion score) 척도로서

리커트 5점 척도를 사용하여 피실험자가 각각 3가지 손잡이 위치를 사용한 후 위치에 따라 선호하는 의견을 표기하도록 하였다. 따라서 "매우 불편하다," "대체로 불편하다," "보통이다," "대체로 편하다," "매우 편하다"와 같은 리커트 5점 척도를 사용하여 조사용지에 직접 표기하도록 하였으며 이후 약 2분간의 휴식을 취하게 한 뒤 같은 방법으로 다음 위치의 손잡이를 잡고 실험을 실시하게 하였다.

4. 선호도 조사결과 및 분석

선호도 조사결과는 SPSS 통계 package를 이용하여 다음과 같이 빈도분석, 평균값분석, 순위(ranking)분석, ANOVA, 대응표본 t-test, 신뢰도 분석, 상관관계 분석 등을 실시하였다.

실험결과에 대한 평가는 박스크기, 손잡이위치, 이동위치에 따라 9가지 조건으로 구분하여 선호도의 차이를 분석하고자 한다. 또한 이들 요소간의 선호도 차이의 원인을 분석하기 위하여 박스크기(30cm, 40cm, 50cm, 60cm)에 따라 2가지 요소수준인 손잡이위치(상부손잡이=1, 중앙손잡이=2, 하부손잡이=2)와 이동위치(바닥에서 바닥=1, 바닥에서 허리높이=2, 허리높이에서 바닥=3, 허리높이에서 허리높이=4)를 다음과 같이 코딩하여 ANOVA를 통해 주효과 분석 및 상호작용 효과를 검증하고자 한다.

조건 1: 손잡이위치는 상부손잡이며 이동위치는 바닥에서 바닥(1, 1)

조건 2: 손잡이위치는 상부손잡이며 이동위치는 바닥에서 허리높이(1, 2)

조건 3: 손잡이위치는 상부손잡이며 이동위치는 허리높이에서 바닥(1, 3)

조건 4: 손잡이위치는 상부손잡이며 이동위치는 허리높이에서 허리높이(1, 4)

조건 5: 손잡이위치는 중앙손잡이이며 이동위치는 바닥에서 바닥(2, 1)

조건 6: 손잡이위치는 중앙손잡이이며 이동위치는 바닥에서 허리높이(2, 2)

조건 7: 손잡이위치는 중앙손잡이이며 이동위치는 허리높이에서 바닥(2, 3)

조건 8: 손잡이위치는 중앙손잡이이며 이동위치는 허리높이에서 허리높이(2, 4)

조건 9: 손잡이위치는 하부손잡이며 이동위치는 바닥에서 바닥(3, 1)

조건 10: 손잡이위치는 하부손잡이며 이동위치는 바닥에서 허리높이(3, 2)

조건 11: 손잡이위치는 하부손잡이며 이동위치는 허리높이에서 바닥(3, 3)

조건 12: 손잡이위치는 하부손잡이며 이동위치는 허리높이에서 허리높이(3, 4)

4.1 박스크기, 손잡이위치, 이동위치에 따른 선호도 평가결과 및 분석

표 3은 손잡이위치에 따른 선호도 평가결과에 대한 평가

표 3. 손잡이위치와 이동위치에 따른 선호도 평균(표준편차)

박스크기	구분	손잡이 위치											
		상부손잡이				중앙손잡이				하부손잡이			
		조건 1	조건 2	조건 3	조건 4	조건 5	조건 6	조건 7	조건 8	조건 9	조건 10	조건 11	조건 12
30×30×30cm	조건별 평균(SD)	4.05 (0.60)	4.20 (0.70)	4.35 (0.75)	3.80 (0.70)	3.90 (0.64)	3.95 (0.76)	3.55 (0.69)	4.40 (0.75)	3.00 (0.86)	3.00 (1.08)	2.95 (1.19)	3.90 (0.91)
	그룹별 평균(SD)	4.10(0.70)				3.95(0.76)				3.21 (1.08)			
40×40×40cm	조건별 평균(SD)	4.15 (0.75)	4.20 (0.83)	4.10 (0.91)	3.45 (1.00)	3.55 (0.69)	3.80 (0.52)	3.55 (0.69)	4.05 (0.83)	2.55 (0.60)	2.65 (0.59)	2.60 (0.75)	3.55 (1.00)
	그룹별 평균(SD)	3.98(0.91)				3.74(0.71)				2.84(0.85)			
50×50×50cm	조건별 평균(SD)	3.00 (0.86)	2.90 (0.72)	3.20 (0.95)	2.55 (0.83)	2.55 (0.83)	2.75 (0.55)	2.85 (0.67)	3.35 (0.59)	1.50 (0.76)	1.55 (0.76)	2.10 (0.85)	3.05 (1.05)
	그룹별 평균(SD)	2.91(0.86)				2.87(0.72)				2.05 (1.05)			
60×60×60cm	조건별 평균(SD)	3.10 (0.72)	3.05 (0.60)	3.20 (0.70)	2.85 (0.93)	2.25 (0.44)	2.40 (0.75)	2.55 (0.69)	3.50 (0.89)	1.10 (0.31)	1.20 (0.52)	1.20 (0.41)	1.90 (0.72)
	그룹별 평균(SD)	3.05(0.74)				2.68(0.85)				1.35(0.60)			

표 4. 손잡이위치와 이동위치에 따른 선호도 차이 ANOVA 결과

박스크기	Source		제곱합	자유도	평균제곱	F값	유의확률
30×30×30cm	주효과	손잡이위치	36.108	2	18.054	26.878	0.001
		이동위치	6.546	3	2.182	3.248	3.248
	2원 상호작용 효과	손잡이위치*이동위치	16.692	6	2.782	4.142	0.001
40×40×40cm	주효과	손잡이위치	57.608	2	28.804	47.659	0.001
		이동위치	2.933	3	0.978	1.618	0.186
	2원 상호작용 효과	손잡이위치*이동위치	21.592	6	3.599	5.954	0.001
50×50×50cm	주효과	손잡이위치	38.025	2	19.013	30.009	0.001
		이동위치	15.746	3	5.249	8.284	0.001
	2원 상호작용 효과	손잡이위치*이동위치	26.742	6	4.457	7.035	0.001
60×60×60cm	주효과	손잡이위치	127.633	2	68.817	144.061	0.001
		이동위치	13.117	3	4.372	9.870	0.001
	2원 상호작용 효과	손잡이위치*이동위치	15.433	6	2.572	5.807	0.001

점수(n=20)를 나타낸다. 신뢰성 있는 선호도 평가를 위하여 2번 반복하여 실험한 척도는 매우 높은 상관관계(최소 r=0.87)와 신뢰도 계수(α=0.95)를 보여 이 두 가지 척도를 평균한 수치를 분석에 사용하였다.

선호도 평가는 손잡이위치에 따라 3개의 그룹으로 나누어 각 그룹내 4가지 이동위치 간의 차이를 살펴보았다. 전반적으로 모든 크기의 박스에서 상부손잡이, 중앙손잡이, 하부손잡이 순으로 선호도가 높았다. 이동위치별 선호도 평균은 허리→허리높이(3.36±0.94)가 가장 높았으나 허리→바닥높이(3.02±1.01), 바닥→허리높이(2.97±0.96), 바닥→바닥높이(2.89±0.94)에서는 통계적으로 유의하지 않았으나 한계적인 차이(marginal difference)는 보였다. 따라서 이동위치 중 바닥높이가 포함되면 인력물자취급에 대한 선호도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

박스크기별 손잡이위치와 이동위치에 따른 선호도 차이의 이유를 구체적으로 파악하기 위하여 2원 변량분석(2-way ANOVA)결과, 표 4에서 보여진 것처럼 각 요인들 간의 상호작용 효과는 α=0.05 수준에서 매우 유의한 차이를 보였다. 손잡이위치에 대한 주효과 분석결과 모든 크기의 박스에서 통계적 유의성(p<0.001)을 보였으며 이동위치의 경우 박스크기가 40×40×40cm를 제외한 나머지 크기의 박스에서 통계적으로 유의한 수준을 보였다. 그러나 3원 변량분석(3-way ANOVA)결과 통계적 유의성은 없는 것으로 밝혀졌다.

이 같은 주효과를 표 3을 참조하여 풀어서 설명하면, 상부손잡이를 사용할 경우 바닥→허리높이나 허리→바닥높이가 박스크기에 상관없이 가장 선호도가 높았으나 중앙과 하부손잡이의 경우 허리→허리높이가 다른 이동위치에 비해 훨씬 선호도가 높았다. 따라서 상부손잡이는 주로 박스가 바닥과 허리높이를 오가며 이동해야 하는 경우에 적용하는 것이 바람직하며, 중앙이나 하부손잡이는 허리높이에서 허리높이로 물체를 이동시킬 때 제공하는 것이 바람직한 것으로 판단된다(컨베이어벨트에서의 loading/unloading 및 택배용). 특히 50×50×50cm나 60×60×60cm와 같은 큰 박스의 경우 상부손잡이와 더불어서 중앙손잡이를 동시에 제공하는 것이 필요하다고 실증자료는 보여주고 있다. 한편 피실험자의 인체측정치수(신장과 체중)와 손잡이위치 선호도와의 상관관계는 낮은 것으로 판명되었다.

4.2 선호도 조사 결과분석을 통한 최적위치의 박스손잡이 설계방향

피실험자 대상의 선호도 조사를 통하여 본 연구는 다음과 같이 박스크기와 이동위치에 따른 박스손잡이의 적절한 위치의 설계방향을 제시 하고자 한다.

1. 박스크기가 작을 때(40×40×40cm 이하) 손잡이의 위치는 이동위치에 상관없이 상부손잡이가 적절하다.
2. 부피가 큰 박스(50×50×50cm 이상)이며 적재 높이가 허리높이 이상일 때, 이 두 가지 요건에 적합하도록 하나의 박스에 가능하면 상부손잡이와 중앙손잡이 두 개를 함께 제공하는 디자인이 필요하다. 이를 통해서 운반시에는 상부손잡이를 이용하게 하고 적재할 때는 중앙손잡이를 선별적으로 이용할 수 있도록 한다.
3. 상부손잡이는 사용자가 박스를 주로 바닥과 허리높이를 오가며 이동시켜야 하는 경우에 적용하는 것이 바람직하다. 중앙이나 하부손잡이는 허리높이 정도의 컨베이어 벨트에서 loading/unloading이나, 택배배달 방법과 같이 허리높이나 가슴에 박스를 안아서 비교적 먼 거리나 장시간

이동할 때 제공하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

5. 토의 및 결론

육체노동과 인력물자취급은 우리의 일상생활 중 불가피한 부분이기 때문에 허리, 어깨, 팔, 다리 등의 상해 가능성은 상존한다고 볼 수 있다. 이러한 이유로 작업장이나 일상에서의 인간공학의 적용은 매우 중요하며, 특히 인력으로 다루어야 하는 박스의 적절한 손잡이위치를 평가한 본 연구결과는 인력물자취급으로부터 파생되는 상해와 재해를 감소하는데 지대한 역할을 할 수 있다고 판단된다.

본 연구결과, 박스의 인력물자취급에 있어 박스에 제공된 손잡이는 대체적으로 상부손잡이가 적절한 것으로 나타났으나 부피가 큰 박스나 적재높이가 허리높이 이상일 때에는 하나의 박스에 상부손잡이와 중앙손잡이 두 개를 동시에 제공하는 디자인이 필요하며 박스의 이동위치에 따라 중앙이나 하부손잡이가 필요한 경우가 있으므로 이를 고려하는 것이 바람직하다.

인간공학적 측면의 효과에 대하여 살펴보면 박스를 운반할 때 박스크기와 이동위치에 따라 적절한 손잡이를 사용할 수 있으므로 근골격계질환을 예방할 수 있으며 MAWL을 상승시켜 물체의 체감무게를 줄일 수 있고 보다 안전한 방법으로 들기, 옮기기, 따르기 작업을 할 수 있기 때문에 본 연구결과의 기대효과는 지대하다고 말할 수 있으며 다양한 용기손잡이에의 적용과 타 운반 및 방사장치에도 응용이 가능한 것으로 사료된다. 그리고 본 연구결과의 도입은 어느 개인기업 차원에서 생산 · 보급하기 보다는 국민의 건강과 안전을 도모하기 위한 거시적인 목표를 가지고 국가 정책적인 차원에서 추진하려는 노력이 필요하다고 사료된다.

본 연구에서는 박스의 이동위치를 바닥과 허리높이로 한정하여 평가하였지만 어깨높이에서의 적재나 하역 동작 등에 따른 손잡이의 위치의 편리성 및 선호도의 변화를 관찰해 볼 필요가 있다고 판단된다. 또한 다양한 박스의 크기와 무게에 따른 다면평가도 이루어져야 할 것으로 사료된다. 향후 박스크기에 따른 손잡이위치의 효과에 대한 평가를 위해 피실험자의 주관적인 선호도 조사뿐만 아니라 객관적인 평가방법 즉, 생체역학적방법과 생리학적인 평가방법을 도입한 추가연구도 필요하다고 사료되며, 피실험자를 대학생이 아닌 다양한 연령층과 실제 박스이동작업 종사자들을 대상으로 한 보다 정확한 실험 및 평가가 요구된다.

참고 문헌

Ayoub, M. A., Optimum design of containers for manual material handling tasks, *Applied Ergonomics*, 8(2), 67-72, 1977.

Ayoub, M. A., Control of manual lifting hazards: job redesign, *Journal of Occupational Medicine*, 24, 668-676, 1982.

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

Borg, G., *An Introduction to Borg's RPE Scale*, Ithaca, New York, 1985.

Ciriello, V. M., The effects of box size, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32(2), 115-120, 2003.

Ciriello, V. M., Snook, S. H. and Hughes, G. H., Further studies of psychophysically determined maximum acceptable weights and forces, *Human Factors*, 35, 175-186, 1993.

Drury, C. G., Handles for Manual Materials Handling, *Applied Ergonomics*, 11(1), 35-42, 1980.

Drury, C. G., Law, C. and Pawenski, C. S., A survey of industrial box handling, *Human Factors*, 24, 553-565, 1982.

Garg, A. and Saxena, U., Container characteristics and maximum acceptable weight of lift, *Human Factors*, 22, 487-495, 1980.

Jung, H. S. and Jung, H-S., Development and ergonomic evaluation of polypropylene laminated bags with carrying handles. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31(4), 223-234, 2003.

Mital, A. and Okolie, S., Influence of container shape, partitions, frequency, distance, and height level on the maximum acceptable amount of liquid carried by males, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 43, 813-819, 1982.

National Institute for Occupational Safety and Health, *Work Practice Guide for Manual Lifting*. Publication No. 81-122, 1981.

Rigby, L. V., Why do people drop things? *Quality Progress*, 6(9), 16-19, 1973.

Sanders, M. S. and Mccormick, E. J., *Human Factors in Engineering and Design*, Seventh Edition, Mcgraw-Hill, Inc., New York, 1992.

Smith, J. and Jiang, B., A manual materials handling study of bag lifting, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 45, 505-508, 1984.

Straker, L. M., Stevenson, M. G. and Twomey, L. T., A comparison of single and combination manual handling tasks risk assessment: 1 maximum acceptable weight measures, *Ergonomics*, 39, 128-140, 1996.

Taboun, S. and Dutta, S. P., *Prediction Models for Combined Tasks in Manual Materials Handling*, in Attwood, D. A. and Mccann, C. (Ed.), Proceedings of the 1984 International Conference on Occupational Ergonomics, 1 (Pp. 551-555). Toronto, Ontario: Human Factors Association of Canada, 1984.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 정 인 주 ❖ ijjung@dsu.ac.kr
전남대학교 수학과 이학박사
현 재: 동신대학교 e-비지니스학과 교수
관심분야: 보건안전통계학, 경영통계, 인터넷마케팅

❖ 정 화 식 ❖ hsjung@dsu.ac.kr
University of Houston 산업공학과 공학박사
현 재: 동신대학교 작업치료학과 교수
관심분야: 인간공학, 안전공학, 작업치료학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 08월 13일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 09월 28일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 10월 05일