

사용자 선호도 평가를 통한 액체 저장용기의 손잡이 개발

정화식^{1*} · 정형식²

¹동신대학교 산업공학과 / ²조선대학교 경영학부

Development of Handles for Liquid Container through the Evaluation of User Preferences

Hwa Shik Jung¹ · Hyung-shik Jung²

¹Department of Industrial Engineering, Dongshin University, Naju, 520-714

²Division of Business Administration, Chosun University, Gwangju, 501-759

In this study, a prototype liquid container combined with auxiliary handles was designed to increase the safety of manual handling and protect from contamination of hands of people who use these containers. Likert summated rating method as well as pairwise ranking test was applied to evaluate the user preferences for provided handles of the container under the conditions of different shapes and positions. The results show that the subjects preferred perpendicular orientation of the handle on the top of the liquid container while carrying the containers and the crosswise position of the handle at the side of the container while pouring the liquid were preferred. A prototype liquid container with provided auxiliary handles was developed based on the results of evaluation. It is thus recommended that the liquid container provide extra handles to reduce the musculoskeletal stress and in turn to increase the user satisfaction.

Keywords: liquid container handles, user preferences, manual materials handling

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

오늘날 경제발전과 산업화로 인하여 수많은 작업들이 기계화되고 자동화되어 가지만, 아직도 대부분의 작업장이나 생활 주변에서는 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 운반 작업을 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 한계가 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, 생리학, 심리물리학적 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 :

*연락처 : 정화식 교수, 520-714 전남 나주시 대호동 252 동신대학교 산업공학과, Fax : 061-330-2909, E-mail : hsjung@dsh.ac.kr
2002년 12월 접수, 1회 수정 후 2003년 7월 게재 확정.

MAWL) 및 에너지 소비와 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 들기작업의 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 들기작업과 관련된 직무를 설계할 때는 물체 손잡이의 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 들기작업에서 산소 소비량을 11% 감소시키고, 들어올리는 힘을 20% 증가시킨다고 기술하고 있다. 한편 다른 많은 연구자들(Woodson and Conover, 1964; Ayoub and LoPresti, 1971; Khalil, 1973; Rigby, 1973; Saran, 1973; Pheasant and O'Neill, 1975)은 악력과 근전계(electromyography)의 활동이 손잡이의 지름과 연관이 있음을 밝혔다.

본 논문은 물통이나 석유통과 같이 일정량의 액체를 저장한 후, 저장된 내용물을 다른 저장장소로 옮기는데 주로 이용되는 액체 저장용기에 적절한 손잡이를 고안하여 인력물자취급시 안전성을 향상시키고 육체적 스트레스를 감소시킴으로써 사용자의 편의성을 증진시킬 목적으로 액체저장용기 손잡이의 다양한 형태 및 부착위치에 따른 사용자 선호도를 평가하여 시사점을 제공하고자 한다.

우리가 일상에서 흔히 생수를 떠다 먹을 때 사용하는 물통이나 석유를 배달할 때 사용하는 석유통 등과 같은 액체저장용기는 용기의 무게를 가볍게 해서 운반이 편리하도록 플라스틱 사출성형(plastic injection molding)되는 것이 통상적이다. 액체 저장용기는 상부에 액체가 주입되거나 배출되는 주입/배출구와 공기가 유입되는 공기 유입구가 형성되고 이들 구멍에는 각각의 마개가 결합된 것이 널리 사용되고 있다.

그러나 사용자가 기존의 액체 저장용기를 사용하여 내용물을 따르기 위해서는 용기의 바닥을 장시간 동안 기울여서 받치고 있어야만 하는 구조이기 때문에 액체 저장용기의 밑면을 누른 상태에서 무리한 힘을 가해야 하며 액체 저장용기의 밑

면에 흙이나 기름 등과 같이 이물질이 묻어 있는 경우 그 이물질이 곧바로 사용자의 손에 묻게 되어 사용자의 손을 오염시키는 문제점이 있었다.

따라서 본 연구는 액체 저장용기에 저장된 액체를 따를 때 사용자는 액체 저장용기 측면 또는 밑면에 형성된 보조손잡이를 잡을 수 있도록 하여 힘을 덜 들이고 액체를 손쉽게 따를 수 있으며, 사용자는 액체 저장용기 밑면을 지지하지 않아도 되기 때문에 액체 저장용기의 밑면에 묻어 있는 이물질이 사용자의 손에 묻게 되는 것을 방지할 수 있는 액체 저장용기를 개발하는 데 목적이 있다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 보조손잡이가 제공된 액체 저장용기를 개발하기 위하여 먼저 손잡이 형태 및 부착위치에 따라 8가지 유형의 모형을 제작한 다음, 남자 대학생 40명을 대상으로 용기의 상부손잡이 방향에 따른 운반시 선호되는 적절한 손잡이의 방향을 파악하고 용기의 내용물 따르기에 있어 보조손잡이의 위치 및 형태에 따른 사용자의 선호도를 조사하였다.

사용자의 선호도 조사는 리커트 합산등급척도(Likert summated rating method)와 쌍대순위검정(pairwise ranking test)을 적용하여 평가하고 이 평가 자료를 통계적 분석결과에 따라 액체 저장용기의 새로운 설계방향을 설정하여 최종적으로 사용자의 편의성을 향상시킨 보조손잡이가 부착된 액체 저장용기의 프로토타입을 개발하였다.

2. 기존 액체 저장용기의 사용상 문제점 분석

오늘날 액체 저장용기는 물, 석유, 화학제품 등의 액체를 저장하여 운반하는 용기로 광범위하게 사용되고 있다. <그림 1>에 보이는 용기는 일반적으로 가장 많이 쓰이는 액체 저장용기이며 플라스틱으로 성형된 몸체의 상부 한쪽 면에 주입/배출구가 형성되어 있으며, 몸체의 상부 중간에는 운반을 위한 손잡이가 몸체와 일체로 부착되어 있어 주로 액체 저장용기를 운반할 때 사용하도록 되어 있다. 이와 같은 기존의 액체 저장용기를 사용하여 내용물을 다른 용기로 옮기는 통상적인 방법으로는 손의 악력으로 작동하는 휴대용 파악펌프(squeeze pump)를 이용하여 내용물을 옮기는 방법과, 사용자가 한 손으로는 액체저장용기의 상부손잡이를 잡고 다른 한 손으로는 액체 저장용기의 바닥을 지지한 상태에서 액체 저장용기를 기울여 배출구를 통해서 액체를 따르는 방법이 널리 사용되고 있다.

<그림 1>은 액체 저장용기에 저장된 내용물을 따를 때 사용자가 오른손잡이의 경우 왼손으로 용기의 상부손잡이를 잡고 오른손으로 용기의 밑바닥 부분을 잡은 후 용기를 기울여 따르는 모습이다. 그러나 기존 액체 저장용기는 <그림 1>과 같은 동작으로 액체를 따를 경우, 본 연구의 배경 및 목적에서

기술한 바와 같이 용기의 밑면에 무리한 힘을 지속적으로 가해야 할 뿐만 아니라 밑면의 이물질로 인한 사용자의 손을 오염시키는 문제점이 있었다.



그림 1. 기존의 액체저장용기를 사용하여 내용물을 따르는 모습.

또한 이와 같은 동작을 인간공학적 측면에서 분석해보면, 왼손 손목은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 척골편향(ulnar deviation)과 배굴(dorsiflexion)의 동작이 요구되며 오른손 손목도 왼손 손목과 마찬가지로 동작이 요구된다. 잘 알려진 바와 같이 앞팔(forearm)의 근골격계질환(musculoskeletal disorders)은 주로 손목의 과도한 편향(deviation)으로 인하여 발생한다(Armstrong, 1986). 액체 저장용기에 있는 액체를 따를 때와 같은 척골편향 동작을 반복하면 건활막염(tenosynovitis)을 일으킬 수도 있으며 Terrell and Purswell(1976)이 보고한 바와 같이 “어느 방향이든 손목을 굽히면 악력이 감소되며 이로 인하여 사용자가 연장이나 물체를 자유롭게 다룰 수 없거나 떨어뜨리게 되며 이때 상해를 입거나 작업의 질이 나빠질 수 있다.” 그러므로 이러한 방법을 반복 수행하게 되면 손목과 팔뿐만 아니라 허리나 어깨, 목 부위 등에 무리한 힘을 가하게 됨으로써 이들 부위는 치명적인 손상과 상해를 당하게 된다.

특히 이들 액체 저장용기의 사용자로서 성인 남성뿐만 아니라 여성과 고령자도 함께 널리 사용하는 제품인 점에 비추어 볼 때 대부분의 액체 저장용기를 가득 채웠을 때의 무게가 대략 18kg인 점은 무리가 따른다고 할 수 있다. 아울러 Kim(1997)과 Park et al.(1996)의 연구결과도 20kg의 물체 무게는 일반 한국인 작업자가 들고 운반하기에 적절치 못한 중량물이므로 이의 개선이 시급하다고 하였다.

그러므로 이러한 문제점을 개선하기 위해서 용기를 소형화시킬 수도 있으나 액체 저장용기에 손잡이를 제공한다면 표준 용량을 유지하면서도 MAWL을 상승시켜 보다 안전한 방법으로 내용물을 따르는 작업을 수행할 수 있다. 즉, 보조손잡이가 부착된 액체 저장용기의 개발을 통해서 물체의 체감무게를 줄여서 다양한 사용자 집단에 도움이 되도록 할 필요성이 있다고 판단된다.

3. 용기 손잡이 형태 및 부착 위치에 따른 사용자 선호도 조사

3.1 피실험자

본 연구에 참여한 피실험자는 과거에 근골격계질환이나 심혈관계 질환의 경험이 없는 건강한 남자 대학생 40명이었다. 이들 중 대부분은 육체적 운동이나 인력물자취급에 경험이 있다고 응답하였다. 실험을 시작하기 전에 피실험자들은 실험 절차와 방법에 익숙해지기 위한 교육을 받았고, 실험중 피실험자들은 가벼운 운동복과 운동화를 착용한 후 실험에 참여하도록 하였다. <표 1>은 본 실험에 참여한 피실험자의 연령, 신장, 몸무게 등의 인구통계적 자료를 측정할 결과의 요약이다.

표 1. 피실험자의 인구통계적 자료

구분	연령(year)	신장(cm)	몸무게(kg)
범위	19~27	162~180	52~90
평균 (표준편차)	24.38 (1.98)	172.48 (3.97)	66.00 (8.34)

3.2 실험용기의 제작

본 연구에서 고안한 다양한 손잡이 형태 및 부착 위치의 조건에 대한 각각의 선호도 조사를 위해서는 실제 액체 저장용기를 제작하여 실험을 한다면 실험의 외적 타당도는 높아질 것이다. 하지만 플라스틱 사출성형을 위한 금형제작 비용이 높아 기존의 액체 저장용기와 동일한 크기(일반 액체 저장용기와 같은 33(W)×18(D)×35(H)cm)의 모형(mockup)을 제작하였다. 모형의 소재는 미송목재를 사용하여 액체 저장용기의 형상과 최대한 유사하게 조각하였으며 무게는 용기에 등유를 가득 채웠을 때와 같은 무게인 14kg 중량으로 만들었다. 참고로 등유의 밀도는 0.80g/cc이다.

모형은 상부손잡이 및 보조손잡이의 형태 및 부착위치에 따라서 다음과 같이 Type A~H까지 8가지로 구분하여 선호도의 차이를 분석하고자 한다. 또한 이들 Type 간의 선호도 차이의 원인을 분석하기 위하여 3가지 요소수준인 상부손잡이 방향(길이방향=1, 가로방향=0), 보조손잡이 부착위치(측면=1, 밑면=0), 보조손잡이 방향(길이방향=1, 가로방향=0)으로 코딩하여 ANOVA를 통해 주효과 분석 및 상호작용효과를 검증하고자 한다.

- ① Type A : 상부손잡이는 길이방향이며 보조손잡이는 용기의 측면에 길이방향으로 부착됨(1, 1, 1)
- ② Type B : 상부손잡이는 길이방향이며 보조손잡이는 용기의 밑면에 길이방향으로 부착됨(1, 0, 1)
- ③ Type C : 상부손잡이는 길이방향이며 보조손잡이는 용기의 측면에 가로방향으로 부착됨(1, 1, 0)

- ④ Type D : 상부손잡이는 길이방향이며 보조손잡이는 용기의 밑면에 가로방향으로 부착됨(1, 0, 0)
- ⑤ Type E : 상부손잡이는 가로방향이며 보조손잡이는 용기의 측면에 길이방향으로 부착됨(0, 1, 1)
- ⑥ Type F : 상부손잡이는 가로방향이며 보조손잡이는 용기의 밑면에 길이방향으로 부착됨(0, 0, 1)
- ⑦ Type G : 상부손잡이는 가로방향이며 보조손잡이는 용기의 측면에 가로방향으로 부착됨(0, 1, 0)
- ⑧ Type H : 상부손잡이는 가로방향이며 보조손잡이는 용기의 밑면에 가로방향으로 부착됨(0, 0, 0)

여기에서 상부손잡이는 용기의 윗면에 위치하여 운반시 사용하는 손잡이이며, 보조손잡이란 본 연구에서 새로 고안한 옆면 또는 밑면에 부착되어 용기의 내용물을 따를 때 사용되는 손잡이이다. 또한 길이방향이란 손잡이의 부착면이 용기의 긴 면과 일치하면 길이방향이며 짧은 면과 같은 방향이면 가로방향이라고 명명하였다. 상부손잡이와 길이방향 보조손잡이에 적용된 둥근 막대모양 손잡이의 재질은 나무로서 길이는 12cm, 지름은 2.5cm, 손이 들어갈 수 있는 공간은 3cm이며 가로방향 보조손잡이의 치수는 12(W) × 8(H) × 3(D)cm로 손가락을 거는 부분의 내부 돌출길이는 4cm로 제작하였다.

용기제작 측면에서 보조손잡이의 부착위치는 하나의 모형에 옆면과 밑면에 동시에 부착할 수 있기 때문에 <그림 2>와 같이 실제 4개의 모형만 제작해도 8가지의 실험조건을 충족시킬 수 있었다. 실험용 모형용기는 몸체 상부의 양쪽면에 각각 주입/배출구와 공기구멍의 형상을 만들고 몸체의 중앙에 길이방향 또는 가로방향 상부손잡이와, 몸체의 측면과 밑면에 돌출되지 않고 용기의 안쪽으로 들어가게 길이방향과 가로방향 보조손잡이로 조각하여 사용자가 모형의 손잡이를 잡고 내용물을 따르는 동작을 취할 수 있게 하였다.

3.3 선호도 조사 내용 및 방법

본 연구에서 액체 저장용기 손잡이의 형태 및 부착 위치에 따른 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)의 척도로서 리커트 5점 척도를 사용하여 피실험자가 각각 8가지 용기를 사용한 후 용기의 손잡이 형태 및 부착위치에 따라 선호하는 의견을 표기하도록 하였다.

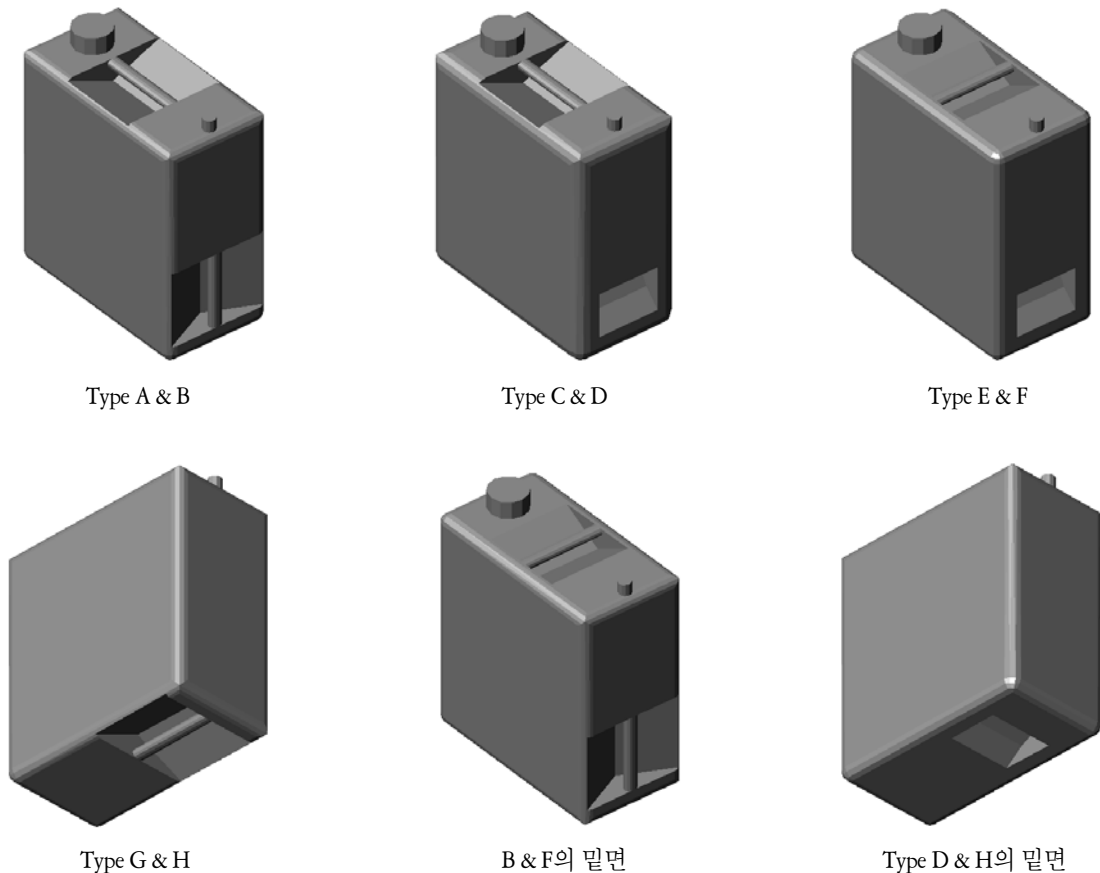


그림 2. 액체 저장용기의 손잡이 형태 및 부착 위치에 따른 8가지 실험조건.

3.3.1 상부손잡이 방향에 따른 운반시 선호도 비교

액체 저장용기 운반시 선호도 조사는 피실험자가 용기의 상부손잡이를 잡고 운반할 때 3가지 방법에 따른 편리한 정도를 응답하도록 하였다. 여기서 3가지 운반방법이란 길이방향 상부손잡이를 잡고 운반하는 방법, 가로방향 상부손잡이를 손등이 전면으로 향하게 하여 잡고 운반하는 방법, 그리고 가로방향 상부손잡이를 손등이 후면으로 향하게 하여 잡고 운반하는 방법을 말한다.

첫 번째 조건인 길이방향 상부손잡이를 잡고 운반하는 방법은 <그림 2>의 모형 중 Type A~D에 해당하며 피실험자가 길이방향으로 형성된 손잡이를 잡고 5m의 거리를 운반한 후 운반손잡이의 편리함에 대해 다음과 같은 리커트 5점 척도를 사용하여 조사용지에 직접 기입하도록 하였다.

두 번째와 세 번째 조건인 가로방향 상부손잡이를 손등이 각각 전면과 후면으로 향하게 하여 잡고 운반하는 방법은 <그림 2>의 모형 중 Type E~H에 해당하며 첫 번째 조건과 같은 수행방법을 통하여 운반의 편리함에 대해 조사용지에 기입하도록 하였다.

리커트 5점 척도 평가 후 이들 세 가지 운반방법 간의 운반상의 편리성 정도를 순위로 응답케 하는 쌍대순위검정을 실시하

였다. 이를 위해서 ① 길이방향 손잡이 : 가로방향 손잡이(손등 전면) ② 길이방향 손잡이 : 가로방향 손잡이(손등 후면) ③ 가로방향 손잡이(손등 전면) : 가로방향 손잡이(손등 후면)의 총 세 가지의 조합(combination)을 구성하여 둘 중 하나 더 편리한 것을 각각 선택하도록 하였다.

3.3.2 내용물 따르기에 있어 실험조건에 따른 선호도 비교

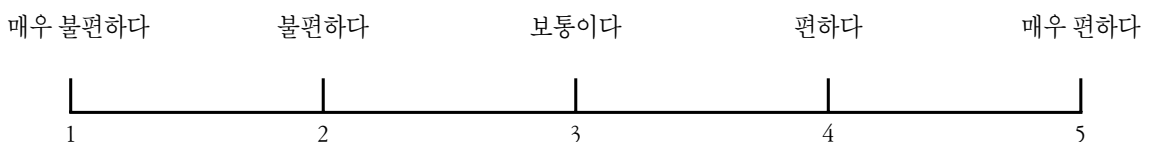
제작된 8가지 모형을 사용하여 내용물을 따르는 조건의 선호도 비교를 위하여 피실험자로 하여금 <그림 1>과 같은 동작으로 해당용기를 기울여 근접해서 바닥에 놓인 다른 용기에 내용물을 따르는 동작(대략 피실험자의 무릎 높이)을 취하게 한 다음 편리성에 대해 리커트 5점 척도로 선호도를 기입하도록 하였다. 피실험자들이 모형을 들고 내용물을 따르는 동작을 취하는 시간은 실제 액체가 가득 찬 용기를 사용하여 액체를 전부 유출시키는 시간을 측정(20초)하여 이를 적용하였다.

내용물을 따르는 조건의 선호도조사는 어의(semantic meaning)의 차이에 따른 피실험자의 주관적 감성을 파악하고 선호도 측정의 신뢰도를 높이기 위하여 다음의 3가지 척도를 사용하였는데 이는 사용상의 편리성, 해당용기의 기존용기 대비 우세성, 그리고 해당용기의 향후 수용성 항목 등이다. 한편 선

운반시 편리함에 대한 의견은?



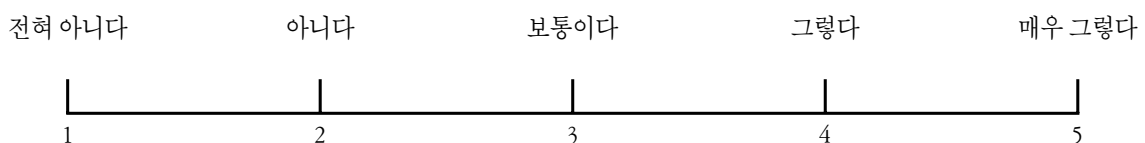
사용상 편리한 정도에 대한 의견은?



기존의 용기에 비해서 얼마나 좋다고 생각하십니까?



앞으로 이 같은 용기가 만들어진다면 사용하시겠습니까?



정된 피실험자 중에는 왼손잡이가 2명 있었는데 이들에게는 오른손은 상부손잡이를 잡게 하고 왼손으로 측면이나 밑면 손잡이를 잡고 임무를 수행하도록 하였다.

액체 저장용기의 손잡이 형태 및 부착 위치에 따른 8가지 조건에 대한 선호도 순위를 파악하기 위하여 쌍대순위검정을 실행한다면 조합의 수는 28가지로 평가에 어려움이 따를 수밖에 없다. 따라서 피실험자를 각각 20명씩 두 개의 그룹으로 구분하여 첫 번째 그룹은 모형 Type A~D를 평가하게 하고, 두 번째 그룹은 모형 Type E~H를 평가하게 하였다. 즉, 상부손잡이의 손잡이 방향에 따라 두 개의 그룹으로 나뉜 것이다. 이 같은 분할에 의해 순위평가는 운반방법의 평가와 같이 4가지 조건에 대해 그룹당 비교적 단순한 총 6가지의 조합의 쌍대비교가 가능하게 되었다.

3.4 선호도 조사결과 및 분석

3.4.1 상부손잡이 방향에 따른 운반시 선호도 조사결과 및 분석
 선호도 조사결과는 SPSS 통계 package를 이용하여 다음과 같이 빈도분석, 평균값분석, ANOVA 및 쌍대비교분석 등을 실시하였다. <표 2>는 운반방법에 따른 액체 저장용기와 통제조건인 종래의 용기에 대한 선호도 조사결과로서 용기 운반시 손잡이의 방향과 파악(grasp)방식에 따른 피실험자의 편리성에 대한 평가점수를 나타낸다. 평가순위는 상부손잡이 방향 및 파악방식에 따른 세 가지 방법에 대한 전체 피실험자들의 순위평가 결과를 합산한 후 최저수치부터 상위 순위를 결정하는 방법을 사용하였다. 또한 세 가지 방법 간의 차이를 알기 위하여 ANOVA를 실시하였다. 분석결과 이들 방법 간에는 <표 2>에서 보는 바와 같이 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 이들 방법간 쌍대비교결과 종래의 용기가 가장 선호되었으며 손등후면 가로방향이 다음으로 선호되었고 손등전면 가로방향이 선호도에서 가장 뒤떨어졌다.

이 같은 평가결과는 종래용기와 같은 길이방향 손잡이를 이용한 운반방법이 가장 선호되고 있음을 보여주며, 이는 손목을 중립위치(neutral position)에서 굳게 유지(maintaining a straight

wrist)하며 운반할 수 있으므로 손목의 부담을 줄여주기 때문인 것으로 판단된다. 가로방향 손잡이를 이용한 운반방법은 손등이 전면으로 향할 경우 앞팔과 손목의 회내(pronation) 동작이 요구되어 요골(radius)과 척골(ulna)이 엇갈리게 되고, 손등이 후면으로 향할 경우 회외(supination) 동작이 요구되어 요골과 척골이 서로 평행하게 된다.

손목과 앞팔의 회내 혹은 회외의 동작으로 물체를 나르는데 따른 힘의 세기나 편리성에 대한 선행 연구는 없는 것으로 파악되지만 Marley and Wehrman(1992)의 연구에서 “손목의 굴곡과 신전, 앞팔의 회전은 악력에 중요한 영향을 미치며 최대악력은 앞팔의 자세가 자연스러울 때보다 앞팔이 회내 동작일 때 상대적으로 현격히 감소한다”와 일치하고 있다. 또한 Terrell and Purswell(1976)도 손목이 중립상태에서 앞팔의 위치에 따라 회외, 중립, 회내 순서로 악력이 감소되는 것으로 보고하고 있다. 아울러 Timm et al.(1993)도 문손잡이와 나사를 조이기 위해 손목을 회전시키는 동작에 있어 최대의 힘은 회외 동작이 회내 동작에서 보다 더 크다는 것을 밝힌 바 있다. 본 실험에서 용기 운반시 손잡이의 방향에 따른 편리성에 영향을 미치는 직접적인 요인이 악력과 회전력은 아니지만 본 연구의 평가결과를 분석해 보면 이들 변수 사이에 상당한 상관관계가 있음을 유추하여 볼 수 있다.

3.4.2 내용물 따르기에 있어 실험조건에 따른 선호도 조사결과 및 분석

<표 3>은 용기의 내용물을 따를 때 보조손잡이의 형태 및 부착위치에 따른 8가지 조건에 대한 선호도 조사결과를 나타낸다. 내용물을 따르는 조건의 선호도 비교를 위하여 사용된 3가지 척도는 매우 높은 상관관계(최소 $r=0.80$)와 신뢰도계수($\alpha=0.95$)를 보여 3가지 척도를 평균한 수치를 분석에 사용하였다.

선호도 평가는 그룹 #1과 그룹 #2의 2개 그룹으로 나누어 각각 그룹 내 Type 간의 차이를 살펴보았으며 또한 2개 그룹을 묶어서 하나의 그룹으로 하여 차이를 분석하기도 하였다. 그룹 #1과 그룹 #2간의 차이는 상부손잡이 방향이 길이방향 또는 가로방향인 점만 차이가 난다.

표 2. 용기 운반시 상부손잡이의 방향과 파악방법에 따른 편리성에 대한 분석 결과

구 분	상부손잡이 방향 및 파악방법		
	길이방향 : I (종래용기 형태)	가로방향 : II (손등 전면)	가로방향 : III (손등 후면)
합계(n=40)	146.00	97.00	122.00
범위	2.00~4.00	1.00~4.00	1.00~4.00
평균(표준편차)	3.65(0.58)	2.43(0.81)	3.05(0.68)
ANOVA	F2,117=30.929***		
쌍대비교	** : I>II, I>III, III>II		

*** : P<0.001, ** : P<0.01

그룹 #1의 4개 Type을 분석한 결과 <표 3>에서 보여진 것처럼 0.001 수준에서 유의한 차이를 보였다. 이들 Type 간 쌍대 비교를 한 결과 Type C가 가장 선호되었으며 Type B가 가장 낮은 선호도를 보였다. Type A와 Type D 간에는 통계적으로 유의하지 않았으나 한계적인 차이(marginal difference)는 보였다. 그룹 #2의 4개 ANOVA 결과는 Type별 선호도에서 유의한 차이를 보이고 있다. 또한 쌍대비교 분석에 의하면 Type G와 Type E와는 한계적 차이만을 보였으나 다른 Type 간에는 유의한 차이를 보였다.

<표 3>에서 2개 그룹을 묶어서 1개 그룹으로 한 ANOVA 결과도 유의한 차이를 보였으며 28개 쌍대비교 중 18개는 0.01 수준에서, 4개는 0.05 수준에서 유의한 차이를 보였다. 그러나 4개의 쌍대비교는 유의한 차이를 보이지 않았다. 전반적으로 보아서 Type C와 Type G가 가장 선호되며 다음으로 Type E와 Type A가 선호되었고, Type F와 Type B, Type H는 낮은 선호도를 보였다.

Type 간 선호도 차이의 이유를 구체적으로 파악하기 위하여 3원 변량분석(3-way ANOVA)을 하여 3가지 요소의 주효과 및 상호작용효과를 분석하였다. 그 결과는 <표 4>에서 나와 있듯이 보조손잡이 위치가 가장 큰 주효과를 보였고 다음으로 보조손잡이 방향과 상부손잡이 방향이 그 뒤를 이었는데 이는 3개 주효과 모두가 통계적으로 매우 유의한 수준을 보였다. 이 같은 주효과를 풀어서 설명하자면 보조손잡이의 부착 위치가 측면이면 밀면보다 선호하고, 보조손잡이의 방향은 가로방향

을 길이방향보다 선호하며, 상부손잡이 방향 또한 가로방향을 길이방향 보다 선호한다는 것이다. 즉, 이 같은 조건을 충족한 Type G를 가장 선호하며 그 주효과가 가장 적게 나타나는 상부손잡이만 길이방향인 Type C도 높게 선호한 것으로 나타났다. 역으로 보조손잡이가 밀면이고 방향도 길이방향인 Type F와 Type B는 매우 낮게 선호되었다는 것을 실증자료는 보여주고 있다.

이 같은 주효과와 함께 이들 3개 요소가 상호작용하여 선호도에 미치는 영향을 분석한 결과 상부손잡이 방향과 보조손잡이 부착위치는 유의한 상호작용을 보였다. 즉, Type G처럼 상부손잡이가 가로방향이고 보조손잡이가 측면인 경우에 매우 선호되나 Type F처럼 상부손잡이 방향이 가로방향이고 보조손잡이 위치가 밀면인 경우 매우 낮은 선호도를 보인다는 것이다. 이 같은 발견은 실제 용기를 디자인하는 데 있어 매우 중요한 시사점을 제시한다고 볼 수 있다. 덧붙여 설명하자면 보조손잡이의 부착 위치가 보조손잡이의 형태보다 선호도 평가에 있어 더 중요한 요인으로 작용하고 있다는 것을 보여주며 상부손잡이의 설치방향을 실험그룹에 따라 다른 형태의 손잡이를 사용하였지만 보조손잡이의 형태 및 부착위치에 대해서는 동일한 평가를 내렸다는 것을 알 수 있다.

앞에서 언급하였듯이 용기의 선호도를 측정하기 위한 3가지 방법(사용상 편리성, 종래용기 비교 우세성, 향후 수용성)에 대해 응답한 결과를 <그림 3>에서처럼 도식화한 결과는 이들 척도가 매우 높은 내적 일관성을 보이고 있음을 알 수 있다. 좀

표 3. 용기의 내용물을 따를 때 보조손잡이의 형태 및 위치에 따른 선호도에 대한 분석 결과

구분	선호도 평가 그룹							
	그룹#1(n=20)				그룹#2(n=20)			
	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Type F	Type G	Type H
합계	67.00	47.67	81.67	60.67	71.33	38.67	79.33	47.00
범위	2.00~4.00	1.33~4.00	2.33~5.00	1.33~4.33	1.67~5.00	1.00~3.67	2.33~5.00	1.00~4.00
평균 (표준편차)	3.35 (0.60)	2.38 (0.73)	4.08 (0.60)	3.03 (0.86)	3.57 (0.84)	1.93 (0.83)	3.97 (0.85)	2.35 (0.90)
ANOVA	F _{3,76} =20.014 ^{***}				F _{3,76} =25.596 ^{***}			
쌍대비교	** : A>B, A<C, B<C B<D, C>D n.s : A-D				** : E>F, E>H, E<G, G>H * : F<H n.s : E-G			
순위	C>A>D>B				G>E>H>F			
ANOVA	F _{7,152} =20.620 ^{***}							
쌍대비교	** : A>B, A<C, A>F, A>H, B<C, B<D, B<E, B<G, C>D, C>E, C>F, C>H D>F, D<G, E>F, E>H, F<G, G>H * : A<G, B>F, D>H, F<H n.s : A-D, A-E, B-H, C-G, D-E, E-G							

*** : P<0.001, ** : P<0.01, * : P<0.05

n.s : 유의도 없음

더 구체적으로 보자면 주효과가 상대적으로 낮은 상부손잡이 방향만 차이를 가지고 있고 보조손잡이 부착 위치 및 방향의 상호작용이 같은 패턴을 보인 평가그룹 #1과 평가그룹 #2가 보조손잡이의 형태 및 부착 위치에 따라 상호대칭적인 선호도를 보여주고 있으며 편리성에 있어서는 보조손잡이가 밑면에 위치하고 길이방향 손잡이인 Type B와 Type F가 가장 낮음을 보여준다.

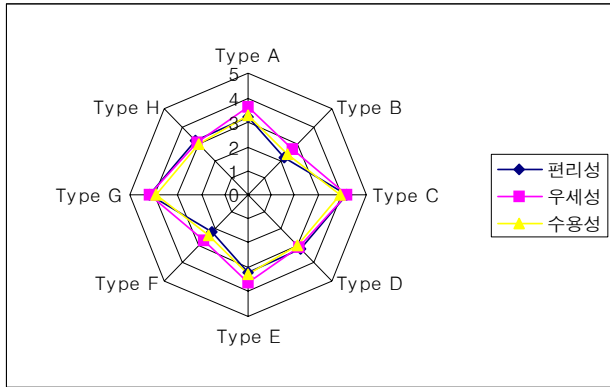


그림 3. 어의(semantic meaning)의 차이에 따른 용기의 선호도 평가점수 평균비교.

3.4.3 선호도 조사 결과분석을 통한 액체 저장용기의 설계 방향

피실험자 대상의 선호도 조사를 통하여 본 연구는 다음과 같은 액체 저장용기의 설계방향을 제시하고자 한다.

1. <표 2>에서 보여 진 것처럼 용기를 운반할 때 용기 상부

- 손잡이의 방향은 길이방향이 가로방향보다 더 적절하다.
2. <표 4>의 주효과 분석결과와 시사점으로 보조손잡이의 부착위치는 용기의 측면, 보조손잡이의 방향은 가로방향, 용기의 내용물을 따를 때는 상부손잡이는 가로방향이 적절하다. 이는 또한 보조손잡이 설치의 필요성을 분명히 해 주고 있다.
3. 상부손잡이의 방향은 용기를 운반할 때와 용기의 내용물을 따를 때 간의 선호하는 손잡이 방향이 상반되기 때문에 용기 상부손잡이는 운반과 따를 때의 두 가지 요건을 충족하도록 길이방향과 가로방향을 함께 제공하는 디자인이 필요하다. 즉 운반시에는 상부손잡이가 길이방향이며 측면 보조손잡이일 때 최고로 선호되나 상부손잡이가 가로방향이며 밑면 보조손잡이가 부착되었을 때 선호도가 가장 떨어지는 것으로 판명되었다. 따라서 용기 디자인시 단순히 한 개의 요소만을 고려하기 보다는 다양한 요소를 동시에 고려하여 이들 요소간의 상호작용효과를 사전에 검토하여야 할 것이다.

4. 새로운 액체 저장용기의 Prototype 개발

4.1 손잡이 디자인의 설계요건

Drury(1980)는 손잡이를 설계하는 데 있어 구체적으로 손잡이의 크기, 지름, 모양, 표면 처리, 그리고 위치 등에 관한 유용한 지침을 제공하고 있는데 다음은 액체 저장용기의 손잡이 개발에 적용할 수 있는 지침들이다.

표 4. 상부 및 보조손잡이 방향과 부착위치에 따른 선호도 차이 ANOVA 분석 결과

구분		제공합	자유도	평균제공	F값	유의도
주효과	상부손잡이 방향	2.669	1	0.054	4.341	0.039
	보조손잡이 부착 위치	69.344	1	0.491	112.771	0.000
	보조손잡이 방향	12.100	1	0.045	19.678	0.000
2원 상호작용 효과	보조손잡이 부착 위치 *보조손잡이 방향	0.011	1	0.751	0.018	0.893
	상부손잡이 방향 *보조손잡이 부착 위치	3.803	1	0.246	6.184	0.014
	상부손잡이 방향 *보조손잡이 방향	0.803	1	1.388	1.306	0.255
3원 상호작용 효과	보조손잡이 부착 위치 *보조손잡이 방향 *상부손잡이 방향	0.802	1	0.102	0.041	0.840
오차		93.467	152	0.615		
전체		1703.333	160			

1. 운반물의 손잡이를 설계할 때 손잡이를 한 손보다는 두 손을 이용할 수 있도록 한다.
2. 팔을 굽히지 않고 최대한 뻗어서 운반할 수 있도록 한다.
3. 손잡이나 잡을 것을 만들 때 길이는 최소한 11.5cm, 지름은 2.5~3.8cm, 그리고 손이 들어갈 수 있는 여유 공간은 3.0~3.5cm로 한다.
4. 손잡이를 디자인할 때 물체의 무게를 분산시키기 위해 손과 손가락이 손잡이 표면 범위를 가능한 한 최대로 감쌀 수 있도록 한다.
5. 날카로운 모서리와 가장자리, 손가락의 홈 등을 제거하여 손을 보호할 수 있도록 한다.
6. 손잡이에 마디 또는 표면처리를 하여 미끄러짐을 방지한다.

본 연구는 기존의 액체 저장용기의 문제점을 보완하는 것을 기초 디자인 개념으로 설정하고 실험결과를 통하여 적절한 손잡이의 형태 및 부착위치를 결정하였다. 또한 상기에서 열거한 Drury(1980)의 지침을 적용하여 사용자의 편의성을 증진시키는 데 목표를 두었으며 다음과 같은 디자인 선결요건을 적용하여 개발하였다.

- 기존의 액체 저장용기의 생산비와 차이가 없이 생산가격을 최소화할 수 있는 설계
- 손잡이구조는 인력물자취급시 안정되고 튼튼하며 운반이 용이한 설계
- 제공된 손잡이로 인해 무게의 증가가 수반되지 않는 설계
- 손잡이를 잡았을 때 손바닥과 손가락의 안전을 도모하는 설계

4.2 액체 저장용기의 프로토타입 개발

<그림 4>는 본 연구에서 선호도 평가를 통하여 개발한 보조손잡이가 부착된 프로토타입 액체 저장용기이다. 개발된 프로토타입은 내용물을 담아 운반하는 동작과 따르는 동작을 편리하게 할 수 있도록 몸체의 상부에 길이방향 손잡이와, 용기 몸체의 상부와 측면이 만나는 모서리손잡이, 그리고 용기 몸체의 측면손잡이로 구성되어 있다. 상부손잡이의 경우 용기를 운반하는 상황에서는 길이방향 손잡이를 이용하고 용기의 내용물을 따르는 상황에서는 가로방향의 모서리손잡이를 선별적으로 이용할 수 있다.

<그림 5>는 <그림 4>에서 제시한 프로토타입 I의 대안으로서, 액체 저장 용기 몸체의 측면과 밑면이 만나는 모서리 부분에 용기 몸체와 일체로 형성된 손잡이로 구성되어 있다. 모든 손잡이는 용기의 내측으로 함몰되어 돌출부분이 없으므로 적재가 용이하면서도 장애물로 작용하지 않게 고안되었다.

본 연구에 개발된 액체 저장용기를 사용하여 내용물을 따르고자 하는 경우, 사용자는 한쪽 손으로 상부와 측면 모서리에 제공된 보조손잡이를 잡고 다른 한쪽 손으로 측면 또는 측면

과 밑면이 만나는 모서리 보조손잡이를 잡은 상태에서 내용물을 따르면 된다. 이때 사용자는 액체 저장용기의 밑면을 받치지 않아도 되기 때문에 용기를 떠받들기 위하여 무리한 힘을 가하지 않아도 되며 액체 저장용기의 밑면에 묻어 있을 수도 있는 이물질로 인하여 손을 더럽히지도 않게 된다.

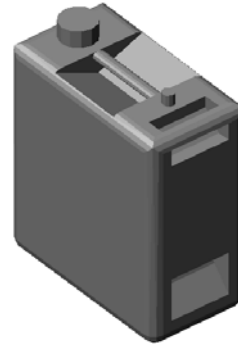


그림 4. 보조손잡이가 부착된 액체 저장용기의 프로토타입 I.

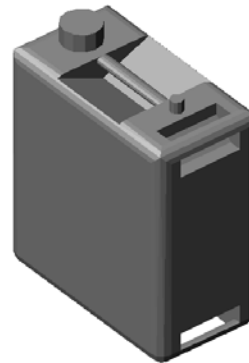


그림 5. 보조손잡이가 부착된 액체 저장용기의 프로토타입 II(alternative design).

개발된 프로토타입의 구체적인 설계사양에 대해 설명하면 다음과 같다. 액체 저장용기의 손잡이는 모가 나지 않으며 길이는 12cm, 지름은 2.5cm, 그리고 손이 들어갈 수 있는 여유 공간은 3.0cm로 하여 잡기에 안전하고 편안한 손잡이이다. 또한 모든 손잡이는 오른손잡이와 왼손잡이 구분 없이 자유롭게 사용할 수 있다. 용기의 내용량은 표준용량인 18.039 l 이고 중량은 내용물이 담겨져 있을 때 대략 13kg부터 18kg에 이른다(민물의 밀도는 1g/cc, 가솔린의 밀도는 0.72g/cc). 액체 저장용기의 치수는 상부손잡이를 포함하여 33(W)×18(D)×40(H)cm이며 손잡이 부착으로 인한 액체 저장용기의 자체 무게 증가는 사용자가 인식할 수 없을 만큼 아주 미미하다고 판단된다.

개발된 프로토타입의 향후 제작방안은 다음과 같다. 물통이나 석유통 등의 용도로 사용할 수 있도록 플라스틱 사출성형이 바람직한 것으로 보이므로 polypropylene이나 polyethylene 열가소성 수지를 이용하며 이를 가열하여 용융시키고, 용융된

재료를 가는 구멍을 통해 블로우 성형(blow molding) 방법을 통해 금형 내에 유입시키는 제작방법을 통하여 본 연구에서 개발한 용기의 손잡이의 형상을 쉽게 성형할 수 있다.

5. 토의 및 결론

본 연구 결과 개발된 액체 저장용기의 프로토타입은 용기의 측면 또는 측면과 밑면이 만나는 모서리 보조손잡이를 형성함으로써 사용자가 액체를 따를 때 편리함을 느낄 수 있고 또한 액체 저장용기의 밑면을 받치지 않고도 내용물을 따를 수 있기 때문에 무리한 힘이 요구되지 않으며 액체 저장용기의 밑면의 이물질이 사용자의 손에 묻지 않는 효과가 있다.

인간공학적 측면의 효과에 대하여 살펴보면 액체를 운반하거나 따르는 동작을 취할 때 굳은 손목을 유지할 수 있으므로 손목의 편향으로 인한 건철막염과 수근관증후군(carpal tunnel syndrome)을 예방할 수 있다. 아울러 MAWL을 상승시켜 물체의 체감무게를 줄일 수 있고 보다 안전한 방법으로 들기, 옮기기, 따르기 작업을 할 수 있기 때문에 손잡이가 부착된 액체 저장용기의 기대효과는 지대하다고 말할 수 있으며 다양한 저장용기에의 적용과 타 운반 및 방사장치에도 응용이 가능한 것으로 사료된다.

관련된 장래에 요구되는 연구 내용 및 방향에 대해 살펴보면, 본 실험의 조건으로 운반과 내용물 따르기 동작이 있었으나 적재나 하역 등과 같은 다른 여러 가지의 동작에 대해서도 용기의 손잡이 형태나 부착위치에 따른 편리성 및 선호도 조사가 뒤따라야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 용기를 기울여 액체를 따르는 높이를 무릎높이로 한정하여 따르는 동작을 실시하여 평가하였지만 허리높이에서 내용물을 따르는 동작 등 높이에 따른 손잡이의 형태 및 부착위치의 선호도의 변화를 관찰해 볼 필요가 있다고 판단된다.

한편 본 연구는 실제 용기가 아닌 모형을 가지고 실험을 실행한 한계가 있으므로 장래 연구에서는 실제 용기 제작에 따른 실험이 필요하다고 생각된다. 즉 실제 용기에서는 액체를 유출시킴에 따라서 무게가 변하기 때문에 본 연구의 결과에 영향을 미칠 수도 있으므로 추후 이에 대한 보완적인 연구가 필요하다. 더욱이 본 연구에서 제시한 2가지 프로토타입을 실제 제작하여 기존의 용기 그리고 실험에서 제안한 용기 등과 비교평가를 통해 최적의 디자인이 도출되어야 할 것이다. 이를 위하여 피실험자의 주관적인 선호도 조사뿐만 아니라 객관적인 평가방법 즉, 생체역학적방법과 생리학적인 평가방법의 도입도 필요하다고 강조한다.

참고문헌

- Armstrong, T. J. (1986), Ergonomics and cumulative trauma disorders, *Hand Clinics*, 2, 553-566.
- Ayoub, M. A. (1977), Optimum design of containers for manual material handling tasks, *Applied Ergonomics*, 8(2), 67-72.
- Ayoub, M. A. (1982), Control of manual lifting hazards: Job redesign, *Journal of Occupational Medicine*, 24, 668-676.
- Ayoub, M. A. and LoPresti, P. (1971), The determination of an optimum size cylindrical handle by use of electromyography, *Ergonomics*, 4(4), 503-518.
- Ayoub, M. A. and Mital, A. (1989), *Manual Materials Handling*, London, Taylor & Francis.
- Ciriello, V. M., Snook, S. H., and Hughes, G. H. (1993), Further studies of psychophysically determined maximum acceptable weights and forces, *Human Factors*, 35, 175-186.
- Drury, C. G. (1980), Handles for manual materials handling, *Applied Ergonomics*, 11(1), 35-42.
- Garg, A. and Saxena, U. (1980), Container characteristics and maximum acceptable weight of lift, *Human Factors*, 22, 487-495.
- Khalil, T. (1973), An electromyographic methodology for the evaluation of industrial design, *Human Factors*, 15(3), 257-264.
- Kim, H. K. (1997), Physiological viewpoint of the recommended safe weights of load for manual materials handling tasks, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 16(3), 23-36.
- Marley, R. J. and Wehrman, R. R. (1992), Grip strength as a function of forearm rotation and elbow posture, *Proceedings of the 36th Annual Meetings of the Human Factors and Ergonomics Society*, Atlanta, 791-795.
- Mital, A. and Okolie, S. (1982), 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.
- National Institute for Occupational Safety and Health (1981), *Work Practice Guide for Manual Lifting*. Publication No. 81-122.
- Park, J. S., Kim, H. K., Choi, J. Y. (1996), Comparison analysis of physiological work capacity for different tasks, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 15(2), 89-98.
- Pheasant, S. T. and O'Neill, D. (1975), Performance in gripping and turning: A study in hand/handle effectiveness, *Applied Ergonomics*, 6, 205-208.
- Rigby, L. V. (1973), Why do people drop things, *Quality Progress*, 6(9), 16-19.
- Sanders, M. S. and McCormick, E. J. (1992), *Human Factors in Engineering and Design, Seventh Edition*, New York, McGraw-Hill, Inc.
- Saran, C. (1973), Biomechanical evaluation of T-handles for a pronation-supination task, *Journal of Occupational Medicine*, 15(9), 712-716.
- Smith, J. and Jiang, B. (1984), A manual materials handling study of bag lifting, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 45, 505-508.
- Terrel, R. and Purswell, J. (1976), The Influence of Forearm and Wrist Orientation on Static Grip Strength as a Design Criterion for Hand Tools. *Proceedings of the Human Factors Society 20th Annual Meeting*, Human Factors Society, 28-32.
- Timm, W. N., O'Driscoll, S. W., Johnson, M. E., and An, K. N. (1993), Functional comparison of pronation and supination strengths, *Journal of Hand Therapy*, 6(3), 190-193.
- Woodson, W. E. and Conover, D. W. (1964), *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, Berkeley, California, University of California Press.



정 화 식

단국대학교 건축공학 학사
Murray State University 산업공학 석사
University of Houston 산업공학 박사
현재: 동신대학교 산업공학과 교수
관심분야: 인간공학, 데이터베이스, 전문가
시스템



정 형 식

고려대학교 독어독문학 학사
Ohio University 경영학 석사
University of Arizona 경영학 박사
현재: 조선대학교 경영학부 교수
관심분야: 마케팅, 소비자 행동론, 인간공학