

연구보고서

마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구

김재호·이경선·황재진·하지연

제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구”의 최종 연구결과 보고서로 제출합니다.

2020년 10월

조사기관 : 대한인간공학회

조사기간 : 2020.04.10 ~ 2020.10.31

조사책임자 : 김재호(순천제일대학교 산업안전관리과 조교수)

공동연구원 : 이경선(부산가톨릭대학교 산업보건학과 조교수)

황재진(노던일리노이대학교 산업시스템공학과 조교수)

하지연((주)하스피 기업부설연구소 연구원)

연구보조원 : 한지윤(부산가톨릭대학교 산업보건학과 학사과정)

요 약 문

연구기간

2020년 4월 ~ 2020년 10월

핵심 단어

마트노동자, 상자 손잡이, 가이드라인

연구과제명

마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구

1. 연구배경

- 2019년 마트노동자 대상의 근골격계질환 실태조사 결과에 따르면, 근골격계질환을 경험한 노동자가 69.3%로 조사되었으며, 이에 대한 단기적 해결방안으로 제품 상자에 손잡이 설치 등이 있음
- 상자 손잡이를 사용하면 약 10%의 무게 감소 효과를 보이고 이와 병행하여 작업 환경 개선 할 경우 최대 약 40%의 무게 감소 효과를 보이며, 선진국에서는 관련 지침 등에 상자 손잡이에 대한 가이드라인이 제공되고 있음
- 따라서 국내에 적용할 수 있는 상자 손잡이 설계 가이드 마련에 대한 연구가 반드시 필요한 시점임
- 본 연구는 현재 사용되고 있는 다양한 제품의 포장상자의 현황을 조사하고, 마트 현장 노동자 대상의 손잡이 선호도 조사 결과와 상자 손잡이 활용 생체역학적 인간공학평가의 종합적 분석을 통해 정량적 근거 기반의 인간공학적 상자 손잡이 설계를 위한 가이드라인의 개발을 목적으로 함

2. 주요 연구내용

○ 문헌 조사 연구

- 상자 인력운반취급에 대한 근골격계질환 예방 작업방법 및 관리 사항과 준수사항 등을 제시

○ 마트 취급 상자 현황 실태조사

- 마트에서 유통되는 상자 대상 중량, 입수량 및 상자에 적용된 손잡이 현황 실태 조사
- 적용된 손잡이의 형태와 치수, 위치 등 조사
- 우선 적용 제품군의 도출 및 상자 손잡이 적용 가능성 탐색

○ 마트노동자 대상 손잡이 선호도 조사

- 마트 종사 노동자 대상(49명) 선호하는 상자 손잡이의 형태, 설치 각도, 배열적 위치 선호도 조사를 통한 우선순위 도출

○ 상자 손잡이 설계 가이드라인 개발을 위한 인간공학 실험

- 상자 들기/내리기 작업에 대한 인체 부하 정도의 정량적 데이터 측정
- 상자 중량, 손잡이 형태, 손잡이 위치 및 각도 등에 대한 손잡이 설치 시 고려 사항의 설계 범위 도출

○ 상자 손잡이 설치에 관한 가이드라인 개발

- 손잡이 설치가 적합한 상자의 중량, 크기 기준의 범위 제시
- 상자 손잡이 형태, 위치, 각도, 크기에 대한 설치 가이드라인 제시
- 상자 인력운반작업 관련 관리사항과 준수사항 등을 제시
- 손잡이 설치가 불가능한 상자에 대한 활용 가능한 보조도구 제안

3. 연구 활용방안

- 한국인 노동자에 적합한 상자 손잡이 설치에 활용 가능
- 인력운반작업 절차 및 준수사항, 관리 사항 등을 활용하여 도소매 및 소비자용품 수리업에 특화된 현장의 안전작업교육 자료로 활용 가능
- 본 연구의 결과를 활용한다면 마트 등 도소매 및 소비자용품수리업 종 종사 근로자의 양질의 노동력 보존을 위한 쾌적하고 효율적이며 안전한 근로환경을 조성하게 될 것으로 기대됨

4. 연락처

- 연구책임자 : 순천제일대학교 산업안전관리과 김재호 조교수
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 류향우 선임연구위원
 - Tel: 052-703-0858 (연구상대역 전화)
 - E-mail: r7645@kosha.or.kr (연구상대역 이메일)

본문 차례

I. 서론	01
1. 연구 배경 및 필요성	01
2. 연구 목표	06
II. 연구 내용 및 방법	07
1. 연구 내용 및 범위	07
2. 연구 방법	13
1) 국내외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌조사	13
2) 마트 실태조사	17
(1) 마트 운용 포장상자 실태조사	18
(2) 상자 손잡이 선호도 조사	20
3) 생체역학적 실험	28
III. 연구 결과	43
1. 국내외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌조사	43
2. 마트 실태조사	74
1) 마트 포장상자 실태조사	74
2) 상자 손잡이 선호도 조사	100
3. 생체역학적 실험	107
4. 상자 손잡이 설치에 대한 가이드라인 개발	127
IV. 결론	139

V. 참고문헌	144
---------------	-----

Abstract	148
----------------	-----

부록

1. 설문지(상자 손잡이 선호도 조사)
2. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (허리 굽힘 모멘트)
3. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (손목 굽힘 각도)
4. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (손목 틀어짐 각도)

표 차례

<표 1> 2014~2018년 업종별 근골격계질환 발생 현황	01
<표 2> 2014~2018년 도소매 및 소비자용품수리업의 근골격계질환 발생현황 ..	02
<표 3> 2014~2018년 대형마트 4개사의 근골격계질환 발생현황	03
<표 4> 마트노동자 상자에 손잡이 부착 요구 기사	04
<표 5> 국내외 문헌고찰의 연구내용, 연구범위 및 활용	14
<표 6> 조사기관 및 데이터베이스	15
<표 7> 선호도 조사에 활용된 손잡이의 종류	24
<표 8> 생체역학적 실험의 독립 변수와 관련 수준 (56개 수준)	35
<표 9> 생체역학적 실험에 고려된 종속변수	36
<표 10> 분석 관절의 운동 방향	39
<표 11> JSI HWP(Hand/Wrist Posture) Index	40
<표 12> 손잡이 조합(위치×각도)의 선호도 및 생체역학데이터 우선순위(일반 1) (예)	41
<표 13> 손잡이 조합(위치×각도)의 최종 평가 (일반 1) (예)	42
<표 14> 인력운반작업 허용중량 권장 기준	54
<표 15> 들기 및 보조도구의 사용 예시	56
<표 16> 작업물의 파지-들기 작업 평가 기준	58
<표 17> 국내 인력운반 작업 관련 관계 법령	60
<표 18> 상자용 손잡이 종류 및 특징	63
<표 19> 조사된 포장상자 분류와 조사항목	76

<표 20> 조사된 대형마트 포장 상자 중량 정보(평균값)	78
<표 21> 조사된 포장 상자 치수 정보(평균값)	83
<표 22> 손잡이 선호도 조사 응답자 기술적 통계	100
<표 23> 손잡이 형태 선호도 조사 결과	104
<표 24> 손잡이 위치/각도 선호도 조사 결과	106
<표 25> 분산분석 결과	108
<표 26> 선호도 및 생체역학 결과 기반의 손잡이 조합 우선순위	125
<표 27> 종합결과	126

그림 차례

[그림 1] 연구의 추진체계 및 범위	08
[그림 2] 문헌고찰 절차	16
[그림 3] 다양한 형태의 포장 상자 핸드홀 손잡이	19
[그림 4] 손잡이 선호도 조사 연구 절차	22
[그림 5] 손잡이 선호도조사 9점 리커르트 척도	22
[그림 6] 손잡이 형태별 선호도 조사 문항 (28개 조합)	25
[그림 7] 손잡이 배열적 위치와 각도의 조합에 대한 선호도 조사 문항 (15개 조합) ..	26
[그림 8] 손잡이의 형태와 배열적 위치 및 각도	27
[그림 9] 생체역학적 실험	29
[그림 10] 들기/내리기 동작 구간 정의	30
[그림 11] 생체역학적 실험 절차	31
[그림 12] 생체역학적 실험 장비	33
[그림 12] 생체역학적 실험에 활용된 손잡이의 형태	34
[그림 13] 실험에 사용된 손잡이 형태	35
[그림 14] 생체역학 실험 데이터 분석(예)	37
[그림 15] 인간공학적 손잡이 조합의 도출을 위한 평가 절차	42
[그림 16] 인력물자취급의 올바른 작업지침	44
[그림 17] 들기작업의 허용중량	44
[그림 18] 상자에 적용되는 여러 가지 형태의 손잡이	46
[그림 19] 손잡이가 포함된 상자(예시)	47

[그림 20] 상자취급의 가이드라인(예시)	48
[그림 21] 상자 및 용기의 손잡이의 개선	49
[그림 22] AFS 2012:2의 들기작업 위험성 평가 모델	50
[그림 23] 작업별 기계식 보조장치 사용	51
[그림 24] 턴테이블을 사용해 상자를 작업자 몸에 가깝게 위치시킴 ...	52
[그림 25] 물적작업시 올바른 자세들에 대한 예시	53
[그림 26] 허리에서 손까지의 거리	58
[그림 27] 작업물의 들기 작업	58
[그림 28] 작업물의 들기 작업 평가표	59
[그림 29] 연구의 실험 장면	61
[그림 30] 한국인 20대 남성 손부위 주요 신체정보 조사 예시	62
[그림 31] 다양한 상자용 손잡이 형상 및 치수 가이드라인	64
[그림 32] 박스 위치에 따른 척추 전후방 전단력	65
[그림 33] 다양한 위치와 각도의 플라스틱 상자 손잡이 적용의 예 ...	66
[그림 34] 다양한 상자 손잡이 활용 방법	67
[그림 35] 손잡이 각도에 따른 쥐기 모습	68
[그림 36] 손잡이 각도 및 직경의 차이에 대한 무게의 변화	69
[그림 37] 2인 직렬/병렬 운반	70
[그림 38] 박스의 측면에 세 개의 핸들 설치 예시	71
[그림 39] 큰 상자를 들 때 손잡이 및 상자 밑면을 이용해 들어 올리는 방법 예시 ...	72
[그림 40] 문헌 조사에 사용된 논문들의 피험자 특성 예시	73
[그림 41] 마트 포장 상자 현장 실태 조사	76

[그림 42] 마트에서 유통중인 제품의 포장 상자 모습	77
[그림 43] 제품 포장 상자의 중량 분포(전체)	79
[그림 44] 제품 포장 상자의 중량 범위 별 수량(전체)	79
[그림 45] 가공식품류 포장 상자의 중량 범위 별 수량	80
[그림 46] 일상용품류 포장 상자의 중량 범위 별 수량	81
[그림 47] 농축수산물류 포장 상자의 중량 범위 별 수량	82
[그림 48] 음료류 포장 상자의 중량 범위 별 수량	82
[그림 49] 제품 포장 상자의 길이 치수 분포(전체)	84
[그림 50] 제품 포장 상자의 길이 범위 별 수량(전체)	85
[그림 51] 가공식품류 포장 상자의 길이 범위 별 수량	86
[그림 52] 일상용품류 포장 상자의 길이 범위 별 수량	86
[그림 53] 농축수산물류 포장 상자의 길이 범위 별 수량	87
[그림 54] 음료류 포장 상자의 길이 범위 별 수량	88
[그림 55] 제품 포장 상자의 너비 치수 분포(전체)	89
[그림 56] 제품 포장 상자의 길이 범위 별 수량(전체)	90
[그림 57] 가공식품류 포장 상자의 너비 범위 별 수량	91
[그림 58] 일상용품류 포장 상자의 너비 범위 별 수량	91
[그림 59] 농축수산물류 포장 상자의 너비 범위 별 수량	92
[그림 60] 음료류 포장 상자의 너비 범위 별 수량	93
[그림 61] 제품 포장 상자의 높이 치수 분포(전체)	94
[그림 62] 제품 포장 상자의 높이 범위 별 수량(전체)	95
[그림 63] 가공식품류 포장 상자의 높이 범위 별 수량	96

[그림 64] 일상용품류 포장 상자의 높이 범위 별 수량	96
[그림 65] 농축수산물류 포장 상자의 높이 범위 별 수량	97
[그림 66] 음료류 포장 상자의 높이 범위 별 수량	97
[그림 67] 제품 포장 상자에 설치된 다양한 형태의 손잡이	99
[그림 68] 손잡이 선호도 조사	101
[그림 69] 손잡이 형태 선호도 결과	105
[그림 70] 손잡이 위치 각도 선호도 결과	106
[그림 71] 손잡이 유무에 따른 허리 굽힘 모멘트	110
[그림 72] 손잡이 유무에 따른 손목 굽힘 각도	111
[그림 73] 손잡이 유무에 따른 손목 틀어짐 각도	111
[그림 74] 손잡이 형태에 따른 허리 굽힘 모멘트	113
[그림 75] 손잡이 형태에 따른 손목 굽힘(Extension) 각도	113
[그림 76] 손잡이 형태에 따른 손목 틀어짐(Ulnar Deviation) 각도 ...	114
[그림 77] 손잡이 위치에 따른 허리 굽힘 모멘트	116
[그림 78] 손잡이 위치에 따른 손목 굽힘 각도	116
[그림 79] 손잡이 위치에 따른 손목 틀어짐 각도	117
[그림 80] 손잡이 각도에 따른 허리 모멘트	119
[그림 81] 손잡이 각도에 따른 손목 굽힘 각도	119
[그림 82] 손잡이 각도에 따른 손목 틀어짐 각도	120
[그림 83] 위치×각도 조합에 대한 허리 굽힘 모멘트	121
[그림 84] 위치×각도 조합에 대한 손목 굽힘 각도	122
[그림 85] 위치×각도 조합에 대한 손목 틀어짐 각도	123

[그림 86] 손잡이 형태	129
[그림 87] 중량물 취급 때 사용되는 보조도구들의 예시 (OSHA 3192-06N; CDC; NIOSH; OSHA E-Tool)	137

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

1) 연구배경

최근 5년간(14 ~ 18년) 업종별 근골격계질환 발생현황을 살펴보면, 제조업 11,877명(43.6%), 서비스업 9,695명(35.6%), 건설업 3,356(12.3%), 운수·창고·통신업 1,225명(4.5%) 순으로 조사되었다(표 1). '19년은 8월 기준으로 제조업 2,501명, 서비스업 2,246명, 건설업 877명, 운수·창고·통신업 262명, 그 외 247명이었다. 서비스업종 중 도소매 및 소비자용품수리업에서의 근골격계질환자는 연평균 약 30% 이상을 차지함으로써, 가장 많은 근골격계질환자가 발생하였다(표 1).

<표 1> 2014 ~ 2018년 업종별 근골격계질환 발생 현황

(단위: 명)

업종	계	2014	2015	2016	2017	2018
제조업	11,877 (43.6%)	2,368	2,329	2,134	2,210	2,836
건설업	3,356 (12.3%)	559	645	650	669	833
서비스업	9,695 (35.6%)	1,908	1,822	1,769	1,838	2,358
운수·창고·통신업	1,225 (4.5%)	220	230	240	215	320
그 외	1,091 (4%)	119	187	154	263	368

최근 5년간 도소매 및 소비자용품수리업 근골격계질환은 사고성요통 1,455명(51.2%), 신체부담작업 783명(27.5%), 비사고성·작업관련성 요통 578명(20.3%), 수근관증후군 27명(0.9%) 순으로 발생하였다(표 2). 도소매 및 소비자용품 수리업에서 요통(사고성+비사고성)의 발생비율은 총 71.5%로 가장 높은 수치를 보이는 것을 알 수 있다.

도소매 및 소비자용품 수리업종에서의 근골격계질환은 사고성요통이 전체 51.2%로 가장 높게 나타나지만, 직업병적 양상을 보이는 신체부담작업(27.5%)과 비사고성·작업관련성 요통(20.3%), 수근관증후군(0.9%) 등의 근골격계질환의 위험에 노출되어 있다(표 2).

<표 2> 2014 ~ 2018년 도소매 및 소비자용품수리업의 근골격계질환 발생현황
(단위: 명)

연도	2014	2015	2016	2017	2018	계
신체부담작업	137	163	136	159	188	783
사고성요통	295	275	291	255	339	1,455
비사고성· 작업관련성 요통	140	118	71	111	138	578
수근관증후군	5	7	5	6	4	27

최근 5년간(2014 ~ 2018년) 대형마트 4개사(외국계 1개사 포함)의 근골격계 질환자는 122명(사내 협력업체 불포함)으로 매년 다수 발생하고 있다(표 3). 2019년은 8월 기준으로 4개사 모두에서 근골격계질환자가 26명 발생하였다고 보고되었다.

이렇듯 대형마트에서의 근골격계질환은 연평균 24.2명으로 꾸준히 발생하고 있다.

<표 3> 2014 ~ 2018년 대형마트 4개사의 근골격계질환 발생현황

(단위: 명)

연도	2014	2015	2016	2017	2018	계
A	9	9	6	11	15	50
B	2	-	1	5	10	18
C*	8	8	8	6	8	38
D	4	3	2	1	6	16
계	23	20	17	23	39	122

* 직영 슈퍼마켓 포함

2019년 시행된 마트산업노조와 노동문화연구소의 ‘대형마트 근골격계 질환 실태조사’ 자료에 따르면 조사 응답자의 약 70% 가량이 직업성 근골격계질환을 겪은 경험이 있으며, 가장 시급한 개선요구안으로 상자에 손잡이를 설치해달라고 요구하였다. 이 자료에 따르면, 마트노동자들은 창고에서 매장까지 상품을 진열하기까지 주류, 음료, 세제 같은 무거운 상품이 담긴 상자를 하루 평균 345개 옮기는 것으로 나타났다. 또한

25kg 이상의 물체를 1일 10회 이상 드는 작업에 노출되는 경우가 29.8%, 10kg 이상의 물체를 무릎아래 혹은 어깨 위 높이에서 1일 25회 이상 다는 경우는 45.7%로 나타나는 등 중량물 작업 비중이 매우 높은 것으로 나타났다.

대형마트에서의 중량물 취급작업으로 인한 근골격계질환의 심각성이 대두되면서 마트노동자들은 상자에 손잡이를 달아달라는 요구가 높아지고 있다. 아이뉴스24의 기사를 살펴보면, “명절 증후군, 마트노동자 상자에 손잡이 구멍 뚫어 달라”라는 요구가 있었다(표 4).

<표 4> 마트노동자 상자에 손잡이 부착 요구 기사

기사	제목
아이뉴스 24	명절 증후군, 마트노동자 상자에 손잡이 구멍 뚫어 달라
경일일보	상자에 손잡이만이라도.... 마트 노동자의 호소
경일일보	상자에 손잡이 구멍.... 마트노동자엔 절실
매일노동뉴스	상자손잡이 구멍을 뚫는 기술
서울경제	이재갑 고용부 장관 “빠른 시일 내 대형마트 상자에 손잡이 만드는 방안 마련해 볼 것

상자에 손잡이를 부착하는 것으로 신체적 부하를 감소시킬 수 있으며, 이로 인하여 장기적으로는 근골격계질환을 예방할 수 있다는 선행연구들이 많다. 영국 안전보건집행부 (HSE: The Health and Safety Executive)의 “INDG-143 : Getting to grips with manual handling”의 권고사항을 살펴보면, 손잡이 혹은 핸드홀(Hand hole)을 포함하는 상자

를 사용할 것을 권고하며, 바닥 높이 혹은 어깨 높이 이상의 높이에서의 들기 동작을 피하도록 작업 환경을 개선 할 것을 권고한다. 미국시험재료학회 (ASTM: American Society for Testing and Materials)에서 발행한 ASTM “D6804-02(2015) : Standard Guide for Hand Hole in Corrugated Boxes”에서도 핸드홀은 인력취급 작업을 용이하게 하고 그립을 향상 시키므로 중량물을 들 때 척추부담을 줄이고 손가락, 발등 보호 할 수 있으며, 일반적인 골판지 상자에 적용되는 핸드홀의 여러 가지 모양에 대한 인간공학적 기준을 제시하며, 취급 시 장갑 사용 유무와 남성과 여성을 모두 고려한 핸드홀의 적정 크기를 제시하고 있다.

2) 연구필요성

최근 5년간 근골격계질환자는 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 특히, 과도한 중량물의 운반, 잘못된 자세 등이 신체에 과도한 부담을 주는 작업이 근골격계질환의 가장 큰 원인이다. 서비스업종의 도소매 및 소비자용품수리업에서의 근골격계질환의 발생원인은 요통(사고성+비사고성)이 총71.5%로 매우 높게 나타나고 있다. 마트노동자 5,177명을 대상으로 진행된 근골격계질환 실태조사 결과에 따르면, 근골격계질환으로 병원 치료를 경험한 노동자가 69.3%로 조사되었으며, 이에 대한 해결방안으로 제품 상자에 손잡이를 설치, 중량물 들기 수직 높이 제한 등이 있다. 마트노동자 5,177명을 대상으로 진행된 근골격계질환 실태조사 결과, 물류창고 또는 매장에서 1인당 최대 252개 상자를, 하루 403회 들기/내리기 작업을 수행하고 있는 것으로 나타났다.

선행연구들을 살펴보면 상자 손잡이를 사용만 해도 약 10%의 무게 감소 효과를 보이며 병행하여 작업 환경 개선을 적절히 할 경우 최대 약 40%의 무게 감소 효과를 보인다는 선행연구 결과가 다수 있으며 선

진국에서는 관련 지침 등에 소개하고 있다. 이에 상자 손잡이 설치의 필요성이 사회적으로 크게 대두되고 있으며 이에 따른 현실적으로 적용할 수 있는 상자 손잡이 디자인 설계에 대한 연구가 반드시 필요하다. 상자 손잡이 설계에 대한 가이드 및 각종 선행연구결과가 국외에서 꾸준히 수행되어 오고 있지만, 국내의 경우 서비스업종 관련 작업자들의 작업환경과 근골격계질환에 관한 연구와 관심이 부족한 상황이며, 상자 손잡이 설계 관련 사항이 해당 지침에 포함되지 않고 있다.

국외에 다양한 자료들이 존재하지만 국외에서 제시하는 상자 손잡이 관련 가이드라인은 국외의 작업환경 및 작업자의 인체특성을 기초로 제시하는 것이어서 국내에 바로 적용하기에 무리가 있다,

이렇듯 「마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련」과 관련하여 각계에서 개선된 방안의 필요성이 제기되고 있으며, 이와 관련하여 근골격계질환 예방을 위한 근원적인 대책이 시급하다. 특히 마트노동자들의 근골격계질환을 발생시키는 중량물 취급에 위한 인력운반작업을 개선하기 위하여 요구되고 있는 상자 손잡이 설치 가이드를 마련하여 마트노동자의 근골격계질환을 예방하고자 하는 연구가 절실히 필요함 시점이다.

2. 연구 목표

본 연구는 대형마트 현장의 작업환경 실태조사를 바탕으로 현재 사용되고 있는 다양한 제품의 포장상자의 현황을 실사방법을 통해 조사하고, 현장에서 다루어지고 있는 포장상자 현황 조사 결과와 생체역학적 인간공학평가를 통한 정량적 근거를 기반으로 한국의 작업자에 맞는 인간공학적 상자 손잡이 설계가이드의 개발을 목적으로 한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용 및 범위

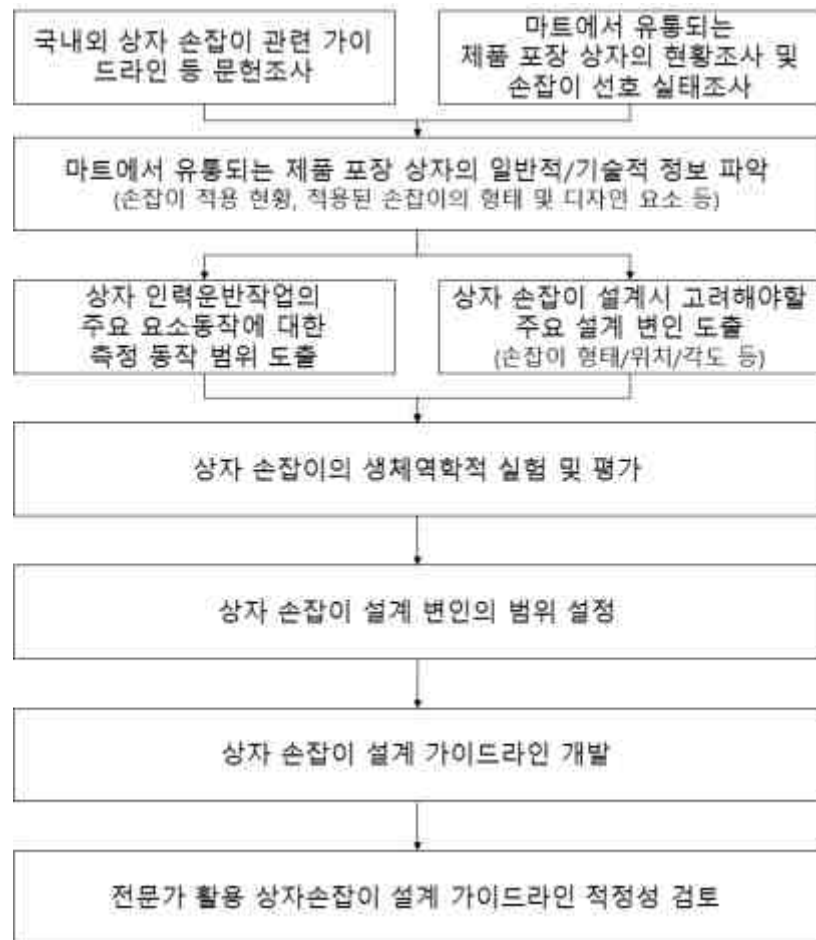
1) 연구의 내용

본 연구의 주요 연구 내용은 다음과 같다.

- 국내·외 선행연구 및 상자 인력물자취급 관련 지침 및 가이드라인 등 문헌 조사 연구
- 마트에서 취급하는 상자별 무게, 입수량 및 손잡이 설치 가능성 등에 대한 실태조사
- 다양한 손잡이 형태에 대한 현장 마트 노동자의 선호도 조사
- 동작분석시스템을 활용한 상자 인력물자취급 작업에 대한 생체 역학적 인간공학 실험 및 결과분석
- 상자 손잡이 설치에 관한 가이드라인 개발

2) 연구의 범위

본 연구의 추진체계 및 범위는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 연구의 추진체계 및 범위

(1) 국내·외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌 조사

- 국내·외 상자 손잡이 및 상자 활용 인력운반작업 관련 선행연구 분석을 통한 상자 손잡이 디자인 관련 벤치마킹 설계 대상을 발굴한다.
- 국내·외 상자 인력운반작업 관련 안전작업지침 및 관련 매뉴얼 고찰을 통한 근골격계질환 예방 작업방법 및 상자 인력운반작업별 관련 관리사항과 준수사항 등을 제시한다.
- 상자 손잡이 관련 설계 고려 요소 조사 및 인간공학적 개선사례 조사를 통한 상자 손잡이 설계 가이드 개발을 위한 생체역학적 실험 변인을 도출한다.

(2) 마트 실태조사

가. 마트 운용 포장상자 실태 조사

- 마트에서 취급하는 상자별 무게, 입수량 및 적용된 손잡이의 디자인 현황을 조사한다.
- 유통 중인 제품 포장 상자의 손잡이 적용 실태 조사를 통한 손잡이가 적용된 제품군과 적용되지 않은 제품군을 분류하고 적용이 시급한 제품군을 도출한다.
- 적용된 손잡이의 형태와 치수, 위치 등 조사를 통해 새롭게 적용할 상자 손잡이의 설계 변인의 수준에 대한 기준을 도출한다.
- 국내 대형 마트 연간 매입수량 자료를 활용하여 손잡이 적용이 우선되어야 할 제품군을 도출한다.
- 상자 손잡이 설계를 위한 인간공학적 실험의 독립변인 및 수준

도출에 활용한다.

나. 상자 손잡이 선호도 조사

- 상자 인력운반 작업을 수행 중인 마트 현업 노동자를 대상으로 한다.
- 설문조사를 통한 다양한 손잡이 디자인에 대하여 현업 노동자가 가장 선호하는 상자 손잡이 우선순위를 도출한다.
- 손잡이의 형태, 위치, 각도 등 다양한 손잡이 디자인에 대한 상자 인력운반 작업에서의 노동자의 선호도를 계층적분석과정 (AHP: Analytic Hierarchy Process) 을 통해 체계적으로 우선순위를 도출한다.
- 상자 손잡이 설계를 위한 인간공학적 실험의 독립변인 및 수준 도출에 활용한다.

(3) 동작분석시스템을 활용한 상자 들기 동작의 생체역학적 인간공학 실험 및 결과분석

- 손잡이 적용 상자에 대한 인간공학적 최적의 범위를 산출하고 평가하고자 하는 실험이다.
- 상자 인력운반 작업에 대한 근골격계질환 예방을 위한 인간공학 적 상자 손잡이의 적정 범위 도출을 위한 평가를 위하여 정량적 생체역학적 평가를 시행한다.
- 특히, 들어올리기 / 내려놓기 동작에 대한 운반 작업자의 생리적 신호를 수집/분석하여 불편하거나 힘든 동작을 파악하고, 들어올리기 / 내려놓기 동작으로 인한 신체적 부하 정도로서 관절 모멘

트(Joint moment)에 대한 정량적인 데이터를 측정한다.

- 상자의 중량, 손잡이 형태, 손잡이의 위치 및 각도, 손잡이 유무 등을 독립변인으로 하여 손잡이 설치 시 고려해야 할 설계 범위를 도출한다.

(4) 상자 손잡이 설치에 관한 가이드라인 개발

- 상자 손잡이의 한국 노동자에 적합한 한국형 인간공학적 설계 가이드라인을 마련한다.
- 손잡이 설치가 적합한 상자의 중량, 부피 기준의 적정 범위를 제시한다.
- 손잡이 설치가 불가능한 상자에 대한 인력운반 작업 시 활용 가능한 보조도구와 작업 준수 사항 등을 제시한다.
- 전문가 자문회의를 통한 상자 손잡이 설계 가이드라인의 적정성을 검토한다.

4) 연구의 구성

본 연구는 크게 국내·외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌조사연구, 마트 실태조사, 생체역학적 실험의 세 부분으로 이루어진다. 특히, 마트 실태조사 연구는 두 가지 하위 연구로 진행된다. 첫 번째는 대형 마트에서 유통되는 상자의 제품군과 상자의 중량 및 크기를 조사하고 손잡이가 적용된 제품과 적용되지 않은 제품을 현장 조사를 통해 수행하며, 두 번째는 마트 현업 노동자를 대상으로 다양한 형태별 손잡이에 대한 각각의 주관적 선호도를 설문을 통해 조사하고 쌍대비교하여 우선순위를 도출하는 정성적 평가를 수행하였다.

또한 다양한 손잡이 디자인에 대한 노동자 대상의 생체역학적 실험을 통해 운동역학적 데이터를 분석하여 인간공학적 손잡이의 설계 범위 등을 정량적으로 분석한다.

2. 연구 방법

1) 국내외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌조사

문헌조사 연구는 국내외 상자 인력운반 작업 관련 안전작업지침 및 관련 매뉴얼 등을 조사하여 활용 목적과 적용범위, 각종 용어의 정의, 인력운반의 작업 절차와 일반 및 공통 준수사항, 교육, 체크리스트 등의 내용을 분석하여 본 연구를 통해 개발 될 가이드라인에 적용할 내용을 소결하여 정리한다. 또한 상자 손잡이 및 상자 활용 인력운반 작업 관련된 선행연구를 분석하여 상자 손잡이 관련 설계 고려 요소를 조사하고 상자 손잡이 설계 가이드 개발을 위한 생체역학적 실험 변인 도출에 활용하며, 상자 손잡이의 디자인과 관련하여 벤치마킹 설계 대상을 발굴한다. 추가적으로 인력운반 작업에 사용되는 평가도구와 업종별 인력운반 작업 관련 산업재해를 분석하여 생체역학적 실험 결과의 평가 기준 도출하고 상자 손잡이를 활용한 인력운반 안전작업 기준을 수립하고 개선사항을 탐색한다(표 5).

〈표 5〉 국내외 문헌고찰의 연구내용, 연구범위 및 활용

연구내용	연구범위	활용
상자 인력운반작업 관련 안전작업지침 및 관련 매뉴얼	목적, 적용범위 정의, 일반, 공통, 준수사항 인력운반작업 절차 교육, 체크리스트	- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고시, KOSHA Guide 개선 및 제언 사항 도출 - 근골격계질환 예방 작업방법 제시 및 상자 인력운반작업별 관련 관리사항 제시 - 상자 인력운반작업별 준수사항 제시
상자 손잡이 및 상자 활용 인력운반작업 관련 선행연구 분석	상자 손잡이 관련 설계 고려 요소 조사 및 인간공학 적 개선사례 조사	- 상자 손잡이 설계 가이드 개발을 위한 생체역학적 실험 변인 도출 - 상자 손잡이 디자인 관련 벤치마킹 설계 대상 발굴
인력운반작업 평가도구 분석	취급 중량 작업 영역 작업시간/빈도 작업자세 등	생체역학적 실험 결과의 평가 기준 도출

(1) 국내외 문헌고찰을 위한 조사기관 및 데이터베이스 및 키워드 선정

- ① 국내: 인력운반작업, 안전작업지침, 안전작업기준, 표준작업지침, 골판지상자, 골판지 상자 손잡이, 포장용 골판지상자, 인력운반 근골격계질환, 운반작업분석 등
- ② 국외: Manual Material Handling, Cardboard box design standard, Box Handhole, safety work standards, Box Design, Box Ergonomic Design, Lifting, Lowering disaster,

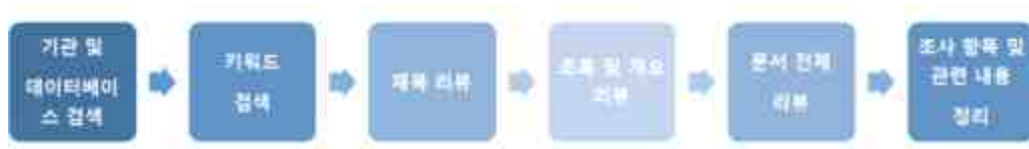
MMH Work analysis etc.

<표 6> 조사기관 및 데이터베이스

조사 범위	분류	조사기관
기관	국내	• 국가법령정보센터, 고용노동부, 안전보건공단, 근로복지공단, 한국콜관지포장산업협동조합 등
	국외	• 미국: National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention • 캐나다: WorkSafeBC, Canadian Centre for Occupational Health and Safety • 유럽: European Agency for Safety and Health at Work, Health and Safety Executive, European Agency for Safety and Health at Work, International Labour Organization • 일본: Japan Industrial Safety and Health Association, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan)
데이터 베이스	• 국내	• 구글 학술, KISS, RISS, 국회도서관, DBpia
	• 국외	• Google Scholar, PubMed, Science Direct, Medline, Scopus, Web of Science, JSTOR

(2) 국내외 문헌고찰 절차

- 1 step: 기관 및 데이터베이스 검색
- 2 step: 키워드 검색
- 3 step: 제목 리뷰
- 4 step: 초록 및 개요 리뷰
- 5 step: 문서 전체 리뷰
- 6 step: 조사 항목 및 관련 내용 정리



〈그림 2〉 문헌고찰 절차

(3) 문헌조사 내용 정리 방법

국내외 인력운반 작업 안전작업지침의 목적, 적용범위, 정의, 인력운반작업 절차, 중량 권장기준, 위험 해결방안, 기타 등의 항목을 구성하여 정리하였다.

2) 마트 실태조사

마트 실태조사는 국내 대형마트에서 유통되고 있는 다양한 제품들의 포장 상자의 종합적 현황을 조사하는데 그 목적이 있다.

부산지역 대형마트 4개 지점을 대상으로 2일간 시행하였으며, 현장 관찰 및 인터뷰 방식을 통해 진행되었다. 대형마트에서 유통되고 있는 다양한 제품들을 농산물, 축산물, 수산물, 가공(식)품, 의류 등의 5가지 제품군으로 분류하여 조사하였으며, 상품 분류별로 상자의 부피와 중량, 단위무게, 입수량 등의 현황을 조사하였다. 또한, 현재 유통되고 있는 다양한 포장 상자의 손잡이 적용 현황을 조사하고 다양하게 설치되어 있는 여러 가지 형태의 손잡이의 현황을 조사하였다. 추가적으로 포장용 상자의 운용 실태를 파악하기 위하여 상자 인력운반 작업 시 사용되는 보조도구 등 작업도구의 사용 현황을 조사하고 적재 현황 등을 조사하였다(그림 3).

본 실태 조사의 결과는 손잡이 적용이 시급한 제품군을 선정하고, 제품의 단위 포장 형태에 따른 상자의 손잡이 적용이 가능한 제품군을 도출하는데 활용되며, 추후 진행 될 생체역학적 실험 연구의 독립변인을 도출하는데 활용되어진다.

(1) 마트 운용 포장상자 실태조사

- ① 조사 시행일: 2020년 5월 11일 ~ 12일 (2일)
- ② 조사 대상기관: 부산지역 대형마트 4개 지점
(이마트 금정점, 롯데마트 광복점, 홈플러스 가야점, 연산점)
- ③ 조사 방법: 현장 인터뷰, 사진 및 비디오 촬영, 현장 측정 등
- ④ 조사 내용
 - 상품 분류별 인력운반 상자의 단위무게 현황 조사
 - 상품 분류별 인력운반 상자의 부피 현황 조사
 - 제품별 상품 입수량 현황 조사
 - 현재 유통되는 포장 상자의 손잡이 적용 현황 조사
 - 상자 인력운반 작업도구 현황 조사
 - 상자 인력운반 작업 동작 분류를 위한 현장 조사



〈그림 3〉 다양한 형태의 포장 상자 핸드를 손잡이

(2) 상자 손잡이 선호도 조사

상자 손잡이 선호도 조사 연구는 크게 두 가지 항목의 설문으로 구성되어 진행되었다. 첫 번째 항목은 상자 손잡이의 다양한 형태에 대한 선호도를 조사하였고, 두 번째 항목은 다양한 손잡이의 배열적 위치와 각도의 조합에 대한 만족도를 조사하였다.

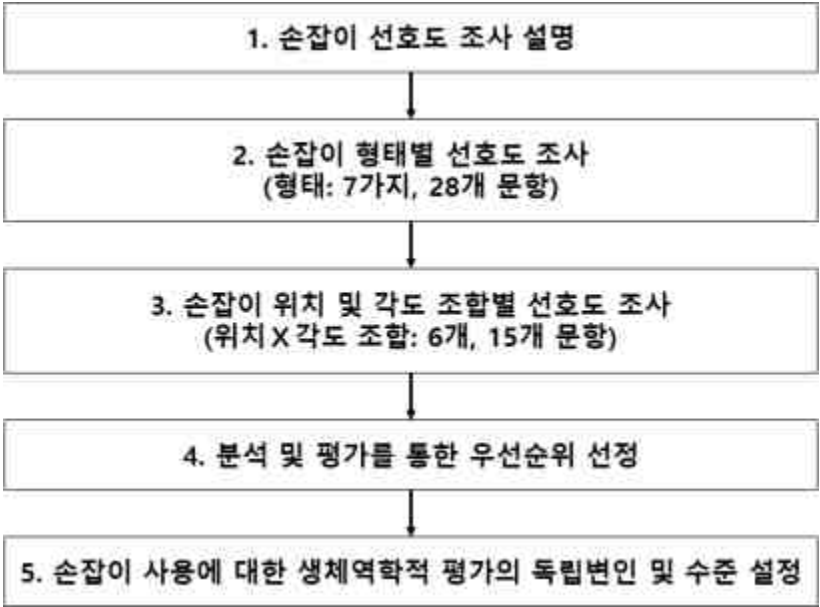
본 조사는 부산 지역의 대형마트에서 근무하고 있는 노동자 49명(남성: 3명, 여성: 46명)을 대상으로 수행하였으며, 각 손잡이를 사용할 때의 주관적 선호도를 서로 쌍대 비교하여 표시 할 수 있도록 설문지를 구성하였다.

[그림 4]는 본 선호도 조사 연구의 절차를 나타내고 있으며, 상대적 주관적 선호도는 같음(1점)~ 절대 선호(9점)로 이루어진 9점 리커르트 척도로 평가하였다 (그림5).

상자의 손잡이를 사용하여 상자를 들어 올리고 내려놓는 동작에 대한 선호도를 평가하였으며, 상자를 들어 올리고 내려놓는 자세는 양발을 어깨너비로 벌려 서서 상자에 최대한 근접한 위치에서 무릎을 사용하여 들어 올리도록 통제하였다. 동작은 최대한 자연스럽게 평소 상자를 들어 올리는 동작과 동일하게 할 수 있도록 하였으며, 모든 응답자는 마트에서 사용하고 있는 장갑을 착용하고 조사에 응할 수 있도록 하였다.

선호도 평가에 사용된 상자는 본 연구의 마트 운용 포장상자 실태조사를 통해 도출 된 결과를 반영하여 마트에서 가장 많이 취급되는 상자의 중량과 부피를 고려하여 무게: 11kg, 부피: 420mm × 300mm × 290mm로 설정하였다.

- ① 조사 시행일: 2020년 6월 8일 ~ 9일, 6월 17일 (3일)
- ② 조사 대상기관: 홈플러스 센텀시티점
- ③ 조사 대상: 마트 노동자 20대~60대 49명 (남성: 3명, 여성: 46명)
- ④ 조사 방법: 현장 설문, 사진 및 비디오 촬영
- ⑤ 조사 내용
 - 상자 손잡이 유무 및 형태별 선호도 조사
 - 상자 손잡이의 위치, 각도 변화에 대한 선호도 조사
 - 각 손잡이 형태별 주관적 선호도를 9점 리커트 척도 (Likert Scale)로 표시
 - 각 손잡이가 적용된 상자(8가지 형태)에 대한 들기 동작을 수행하여 상대적 선호도를 쌍대 비교함
 - 현장의 작업자가 선호하는 손잡이의 형태와 배열적 위치, 손잡이의 각도 등 6가지 조합에 대한 디자인적 측면에서의 우선순위를 조사
 - 상자 인력운반 작업도구 현황 조사
 - 상자 손잡이 선호도조사 결과를 통해 인간공학적 상자 손잡이 설계를 위한 생체역학적 실험의 독립변인을 결정



〈그림 4〉 손잡이 선호도 조사 연구 절차

번호	평가기준	절대 선호 도	매우 선호 도	선호 도	약간 선호 도	같음	약간 선호 도	선호 도	매우 선호 도	절대 선호 도	평가기준
A-1	일반 손잡이 1 	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚	㉛	㉜	일반 손잡이 2 (2중함)

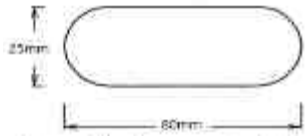
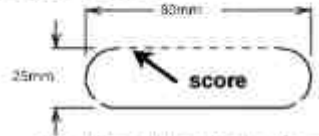
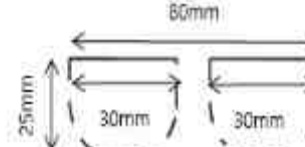
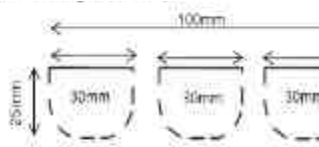
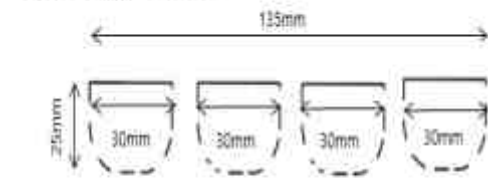
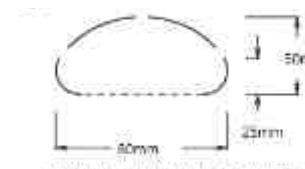
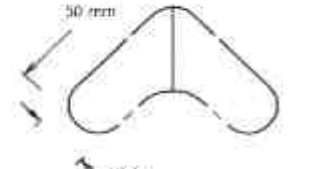
〈그림 5〉 손잡이 선호도조사 9점 리커르트 척도

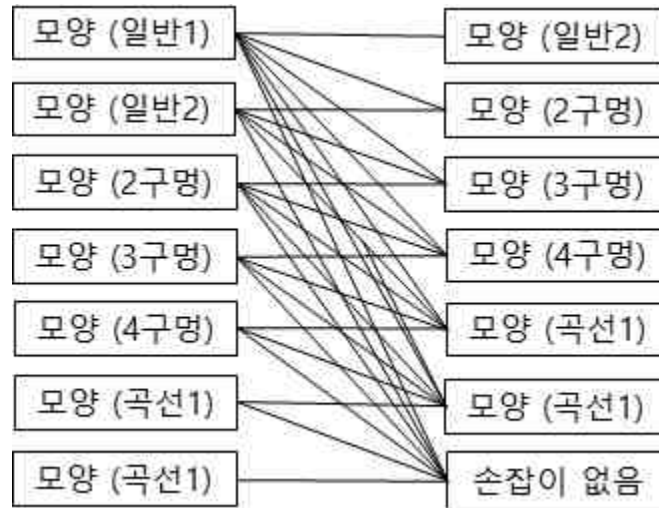
가) 손잡이 형태별 선호도 조사

손잡이 형태별 선호도 조사에 사용된 상자 손잡이의 형태는 현재 유통 중인 제품 포장용 상자에 적용 되어있는 손잡이의 형태를 기본으로 하여 선정하였다. 또한 다양한 형태의 손잡이를 활용하기 위하여 상자 손잡이 관련 가이드라인, 선행 연구를 참고하여 선정하였으며, 전문가 의견을 수렴하여 현실적으로 반영 가능한 손잡이 형태 7가지와 손잡이가 없는 상자를 포함하여 총 8가지 형태의 손잡이를 선정하여 본 조사에 활용하였다(표 10). 그리고 이를 각 손잡이 형태별 28개 문항으로 구성하여 서로 쌍대비교를 통해 노동자가 각 손잡이를 직접 사용 시 느끼는 주관적 선호도를 비교하도록 하여 조사하였다(그림 6).

손잡이의 치수는 Size Korea 제7차 한국인 인체치수조사사업 최종보고서의 ‘손두께’, 두 번째 손가락의 첫째 관절 너비의 50퍼센트타일의 최대값을 적용하여 가로: 800mm, 세로: 290mm으로 디자인 하였다.

〈표 7〉 선호도 조사에 활용된 손잡이의 종류

형태별 분류	손잡이의 형태	
Conventional Hand hole	 ① 일반1	 ② 일반 2
특징	포장용 상자에 적용되어 유통되는 대부분의 손잡이의 형태로 상자에 구멍이 뚫려 있는 형태(일반1)와 손잡이의 측면부와 아랫면부만 절개하고 윗면은 남겨두어 제품 보관 시 이물질의 유입을 방지하고, 손잡이 그림시 접촉면의 스트레스를 최소화하여 안정감을 주는 형태(일반2).	
Fingers hole	 ③ 2구멍	 ④ 3구멍
	 ⑤ 4구멍	
특징	수입 과일 포장용 상자에 적용되어 유통되고 있는 손잡이의 형태로 원/반원 형태의 구멍이 뚫려져 있는 있음.	
Arc hole	 ⑥ 곡선1	 ⑦ 곡선2
특징	상자의 적재 하중에 대한 압축 스트레스에 대응하기 위한 형태로써, 손잡이의 상부에서 하부로 갈수록 넓어지는 형태를 적용하여 하중이 분산되도록 함.	

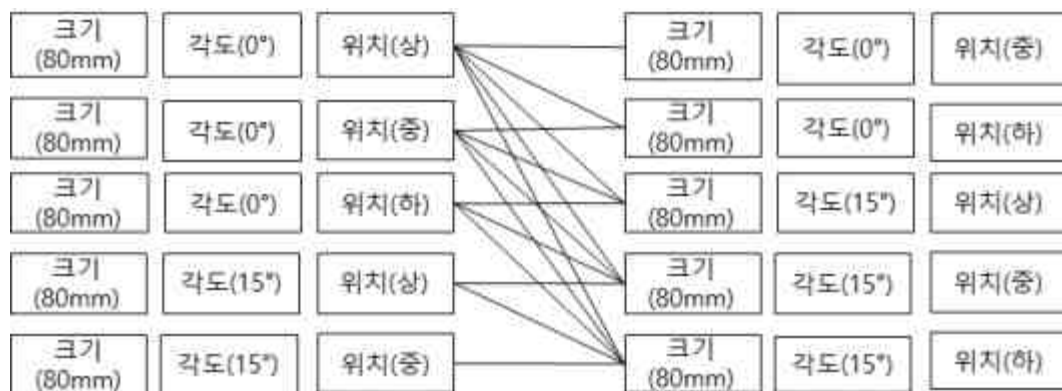


〈그림 6〉 손잡이 형태별 선호도 조사 문항 (28개 조합)

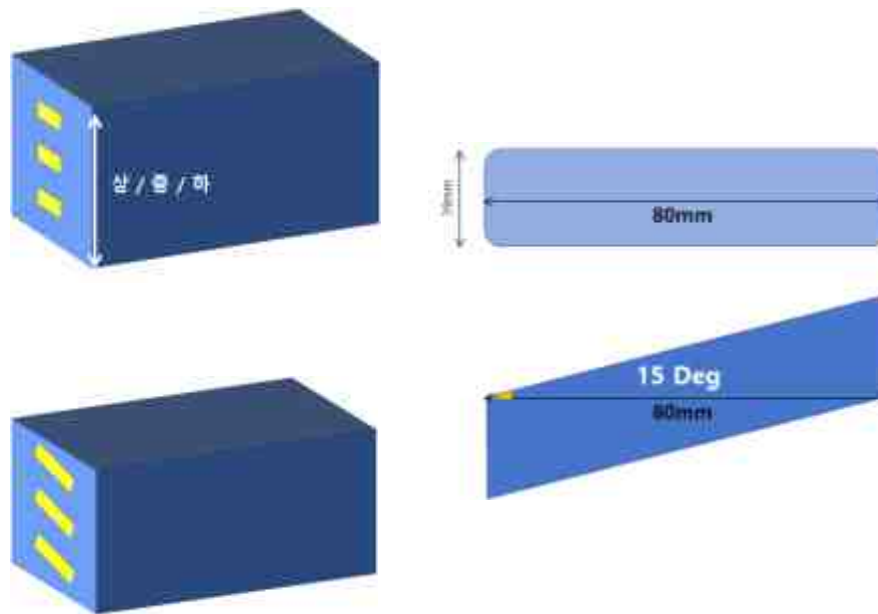
나) 손잡이 배열 위치 및 각도별 선호도 조사

손잡이의 배열적 위치와 각도의 조합에 대한 다양한 디자인의 손잡이에 대한 선호도를 조사하기 위하여 손잡이의 위치 (상자 측면 상/중/하)와 각도(15°)의 6개 종류의 손잡이 위치 및 형태를 15개 조합의 문항을 통해 조사하였다(그림 7).

손잡이의 형태는 현재 적용되어 유통되고 있는 타원 형태의 핸드홀 형태의 손잡이를 활용하였으며, 손잡이의 가로 길이는 80mm, 세로길이는 29mm 이다. [그림 8]은 본 선호도 조사에 활용된 손잡이의 형태와 배열적 위치의 조합을 나타내고 있다.



**<그림 7> 손잡이 배열적 위치와 각도의 조합에 대한 선호도 조사 문항
(15개 조합)**



〈그림 8〉 손잡이의 형태와 배열적 위치 및 각도

3) 생체역학적 실험

본 연구는 부산가톨릭대학교 생명윤리심의위원회를 통해 실험승인을 받아 실시되었다 (IRB 번호: CUPIRB-2020-026).

상자 들기 동작에서 상자의 무게 변화와 손잡이의 유무 및 위치 변화에 따른 신체 주요 관절의 운동역학적 변화를 분석하기 위하여 수행되었다. 들기 동작에서 가장 많은 근골격계질환이 발생하는 요추부의 생체역학적 변화에 초점을 맞추었다. 본 실험을 통해 상자 핸드홀 형태의 손잡이 설계 시 손잡이 적용 범위 무게와 적정 위치, 형태, 각도를 제안할 수 있다.

본 실험은 7월 20일부터 23일까지 부산가톨릭대학교 보건관 실험실에서 실시되었으며, 총 8명의 피실험자가 실험에 참여하였다. 하루에 2~4명의 피험자가 실험에 참여하였으며, 피험자 별로 2시간 정도 가량 실험이 소요되었다. 피실험자는 20~60대 여성이 본 실험에 참가하였으며, 마트 측의 지원으로 마트 근로자를 수급하였다.

① 실험 시행일: 2020년 7월 20일 ~ 23일 (4일)

② 실험 대상: 마트 노동자 여성 20대 ~ 50대 (8명)

③ 실험 장소: 부산가톨릭대학교 보건관 4층 실험실

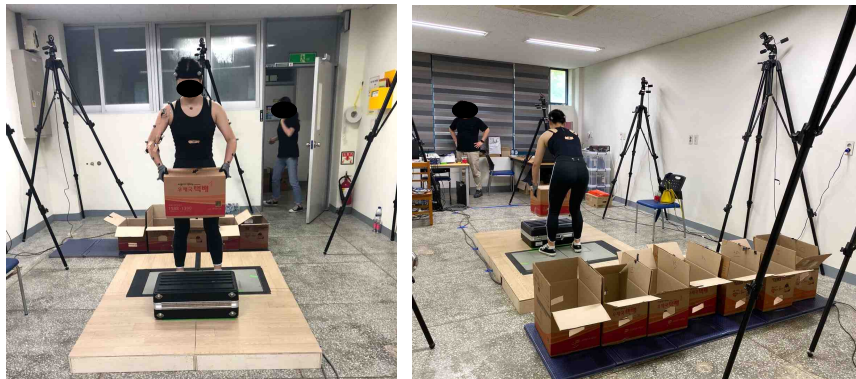
③ 실험 장비: 동작 분석 시스템, 지면반력기 등

④ 조사 내용

- 상자 들기 동작에서 손잡이의 유무 및 손잡이 형태, 위치, 각도의 변화에 따른 신체 주요 관절의 운동역학적 변화
- 상자 핸드홀 형태의 손잡이 설계 시 손잡이 적용 위치, 형태, 각도를 제안

가) 생체역학적 실험 절차 및 설정

먼저, 피실험자에게 전반적인 실험 절차에 대해 설명하고 실험 동의서에 서명하게 하였다. 피부와 근육의 움직임에 의한 측정 오차를 최소화하고 정확한 골격의 움직임을 측정하기 위해 피실험자는 전신 타이즈를 착용하였으며 총 39개의 마커를 전신에 부착하였다. [그림 9]는 본 실험의 장면을 나타낸다.



〈그림 9〉 생체역학적 실험

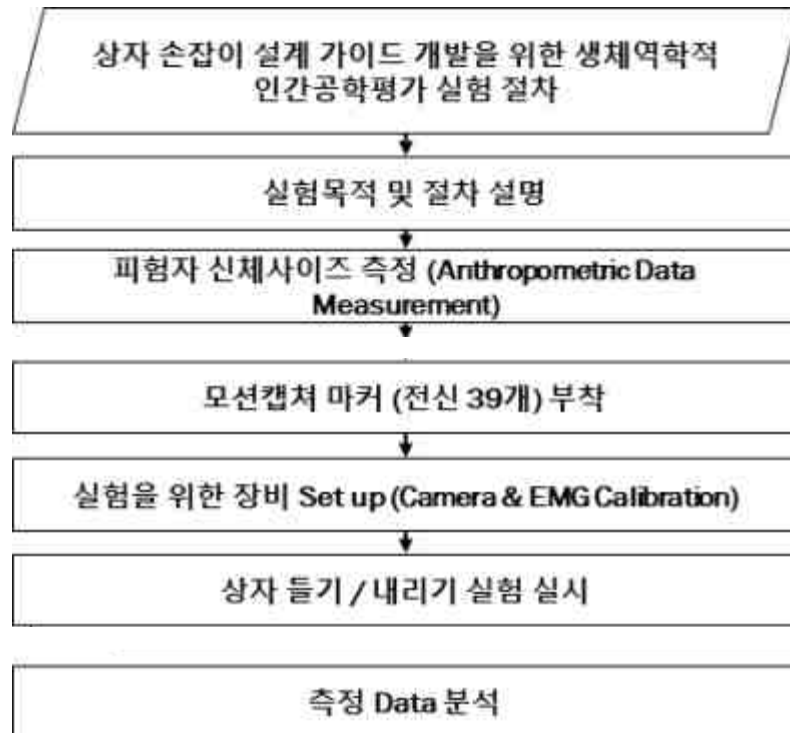
상자의 들기 시작점의 높이는 각 피실험자의 경골(Tibia)의 50%에 상자 손잡이의 가로 중심선이 위치하도록 설정하였고 상자의 밑면이 바닥과 밀착되어 여유 공간이 생기지 않도록 설정하였다.

피실험자는 상자를 잡은 뒤 자연스럽게 골반 위치까지 들어 올리도록 하였으며, 손잡이가 없는 상자를 들어 올릴 때에는 상자의 밑면을 통해 들도록 통제 하였다. 피실험자는 상자를 골반 위치까지 들어 올린 후 3초간 유지 후 바닥에 상자를 내려놓도록 실험 동작을 통제 하였다 (그림 10).



<그림 10> 들기/내리기 동작 구간 정의

총 56회의 들기 작업이 수행되었고 실험 순서는 미리 정해진 랜덤화된 순서에 따라 진행되었다. 피실험자의 피로도를 최소화하기 위하여 각 들기 동작 간에 30초의 휴식이 주어졌으며, 실험절차의 순서는 [그림11]과 같다.



〈그림 11〉 생체역학적 실험 절차

나) 생체역학적 실험 방법

본 실험은 8대의 카메라로 구성된 동작 분석기(OptiTrack)과 지면반력기 2대(AMTI)를 피실험자의 상자 들어올리기 동작에 대한 신체 부하 측정을 위해서 사용하였다.

동작 분석기는 적외선 스트로브를 통해 발생하는 적외선 파장을 이용하여 신체의 주요 관절에 부착된 반사 마커를 실시간 추적하여 3차원 공간상의 점 좌표를 측정 할 수 있다. 이렇게 획득한 점 좌표를 연결하여 다관절 링크 시스템으로 모델링하여 인체 각 관절의 각도를 계산할 수 있다.

지면반력기의 경우 3차원으로 반발력을 분석할 수 있고 무게 중심에 대한 분석도 가능하다. 동작분석기와 동기화 되어서 인체 관절에 대한 운동역학적 정보를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 Plug in Gait Full-body Model의 기존 마커 프로토콜을 사용하여 인체 부하를 계산하였다. 기존 실험에 사용된 장비의 모습은 아래 [그림 12]와 같다.



〈그림 12〉 생체역학적 실험 장비

(위: 동작분석기, 아래 좌: Plug in Gait Fullbody Markerset,
아래 우: 지면반력기)

다) 생체역학적 실험 설계

본 실험에서 고려된 독립변수는 [표 11]과 같다. 독립변수는 본 연구에서 진행되었던 마트 운용 상자 손잡이 실태조사와 선호도 조사의 결과를 통해 도출된 손잡이 유/무, 손잡이의 각도(0도, 15도, 30도), 위치(상자 측면 상, 중, 하), 형태(일반1, 일반2, 곡선1), 상자 무게(12kg, 19kg)의 변수로 고려되었으며, 상자의 크기는 손잡이 선호도 조사에서 사용한 상자의 크기와 동일한 420mm × 300mm × 290mm 으로 고정하여 실험하였다.

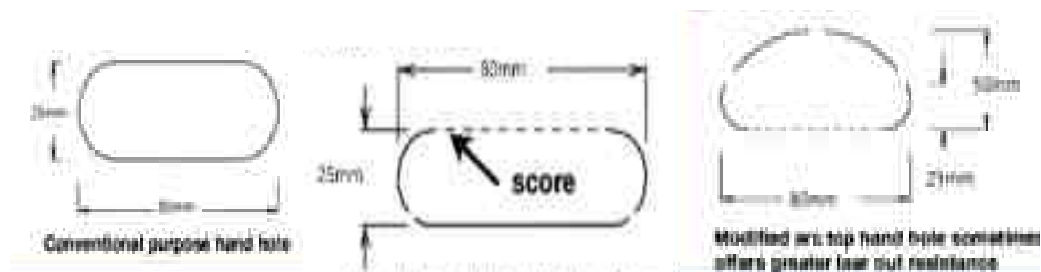
상자 손잡이의 치수는 Size Korea 제7차 한국인 인체치수조사사업 최종보고서를 참고하여 ‘손 너비의 최대치 값’을 적용하여 설계하였으며, 마트 노동자가 상자 인력운반 작업 시 장갑을 착용하는 것을 고려해 약 5mm 정도 여유치를 두어 96mm × 40mm로 구성하였다. 손잡이의 각도는 3수준으로써 기존 문헌조사의 선행 연구 결과와 본 연구에서 수행한 상자 손잡이 선호도 조사의 결과를 바탕으로 결정하였다.

상자의 무게의 경우 12kg과 19kg의 2수준으로 구성되었는데 이는 본 실태조사의 결과를 토대로 마트 상자 인력운반 작업에서 가장 많은 비중을 차지하는 무게를 고려하여 실험의 변수로 결정하였다. 손잡이의 위치는 상자 측면의 높이를 기준으로 균등 분할하여 상/중/하로 배치시켰다(표 8).

손잡이 형태의 경우 본 연구에서 수행한 손잡이 선호도 조사의 결과를 바탕으로 마트 노동자가 가장 선호하는 상위 3가지의 모양을 선정하여 실험에 적용하였다(그림 13).

〈표 8〉 생체역학적 실험의 독립 변수와 관련 수준 (56개 수준)

독립 변수	수준
손잡이	유, 무 (2수준)
손잡이 각도	0, 15, 30도 (3수준)
상자 무게	12, 19kg (2수준)
손잡이 위치	상, 중, 하 (3수준)
손잡이 형태	일반 1, 일반2, 곡선1 (3수준)



〈그림 13〉 실험에 사용된 손잡이 형태
(좌: 일반1, 중간: 일반2, 우: 곡선1)

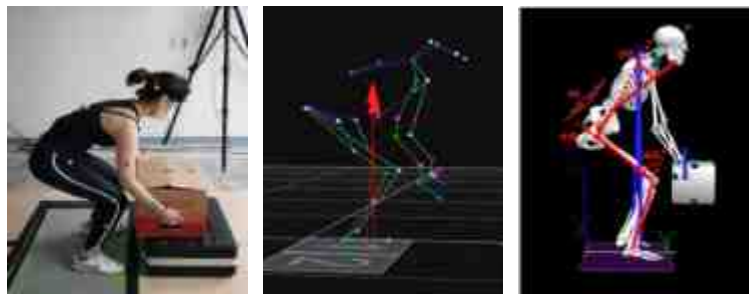
본 실험에서 들기 작업 시 신체 부하를 측정하기 위하여 고려된 종속 변수는 [표 9]와 같다. 운동역학, 운동학 변인에 맞추어 관절 각도와 관절 모멘트를 분석하였다.

〈표 9〉 생체역학적 실험에 고려된 종속변수

변인	종속변수	단위
운동역학 변인	관절 모멘트 평균값 - 허리(Spine) 관절	N·m/Kg
운동학 변인	관절 각도 최대값 - 손목(Wrist) 관절	Degree

라) 생체역학적 실험 결과의 분석

포장용 상자 들기/내리기 동작의 생체역학적 실험에 대한 데이터의 분석구간은 피실험자가 포장용 상자의 손잡이를 잡는 시점부터 상자를 허리 높이 까지 들어 올린 후 다시 바닥에 내려놓아 손잡이에서 손을 놓을 때까지로 정하며, 각 수행에 대한 동작 시간이 모두 다르기 때문에 동작시간을 100%로 정규화하여 비교하여 분석하였다. 동작 분석 시스템과 지면반력기를 이용하여 얻어진 데이터는 Motive: Body 2.1.0 버전을 활용하여 후처리하며, 후처리 된 데이터는 표준 데이터인 C3D 포맷의 데이터로 변환하여 인체 역동역학 분석 프로그램인 Visual 3D V6 프로그램을 사용하여 상하지 주요 관절의 각도와 상하지 관절의 모멘트를 계산한다. [그림 14]는 생체역학 실험 데이터의 분석을 나타낸다.



<그림 14> 생체역학 실험 데이터 분석(예)

(좌) 실험 모습, (가운데) 로우데이터 후처리, (우) 생체역학 데이터 분석(예)

얻어진 로우데이터(Raw data)는 6Hz의 차단 주파수(Cut off Frequency)에서 저역 통과 필터(Lowpass Filter)를 사용하여 필터링 하였으며, 관절의 각도에 대한 단위는 °(Degree)로 정리한다.

관절 모멘트는 들기/내리기 동작에 주로 사용되며 근골격계 질환이 많이 발생하는 허리 관절의 모멘트를 구한다. 각 피험자의 몸무게로 정

규화하여 계산하며, 단위는 Nm/kg이다. 관절의 각도와 모멘트는 각 관절의 자유도를 고려하여 3차원 평면에 대한 움직임으로 분해하여 분석하며, 각 축의 운동방향을 통일하여 굽힘(Flexion,+)/펴기(Extension(-)), 벌림(Abduction(+))/모음(Adduction(-)), 외회전 (External Rotation(+)), 내회전 (Internal Rotation(-)) 으로 정리한다. 그리고 들기/내리기 동작의 범위를 고려하여 손목 관절은 굽힘/펴기(Flexion/Extension) 축과 틀어짐(Radial Deviation/Ulnar Deviation) 축에 대한 데이터를 반영하며, 허리 관절의 경우 굽힘/펴기 (Flexion/Extension) 축에 대한 데이터를 반영하였다.

들기/내리기 작업의 경우 허리의 상해를 가장 빈번하게 발생시키는 작업으로 들기/내리기 동작 1주기 동안의 굽힘 모멘트 (Bending Moment)를 분석하였다. 본 연구의 들기/내리기 실험에서는 피실험자의 정면에 놓인 상자에 대한 들기/내리기 동작을 수행하였으므로 몸을 비틀거나 측면으로 굽히는 동작이 제한되기 때문에 굽힘 모멘트가 가장 크게 작용하므로, 상대적으로 요추부에 크게 작용하는 굽힘 모멘트 (Bending Moment)에 대한 결과값의 평균값을 비교 분석하였다.

또한, 피실험자의 정면에 위치한 바닥에서부터 골반 위치까지의 들기/내리기 동작을 수행하였으므로 팔꿈치가 어깨위로 올라가거나 몸통이 비틀어지는 동작이 제한되기 때문에 다른 상지 관절에 비해 더 큰 영향을 받는 손목 각도를 분석하였으며, 특히 중량물 취급 시 손목 각도에 크게 작용하는 굽힘/신전(Flexion/Extension) 및 내·외측 틀어짐(Radial/Ulnar Deviation) 운동 방향을 분석하였다. 그리고 들기/내리기 동작이 좌우 대칭적인 움직임을 감안하여 좌·우측 손목의 각도값을 평균하여 최대값을 비교 분석하였다.

통계분석은 SAS 소프트웨어 9.4(SAS Institute Inc.)를 사용하여 분석하였다. 상자의 무게, 손잡이의 형태와 유무, 위치, 각도의 변화가 종속 변수에 미치는 통계적 유의성에 대하여 분산분석을 통하여 분석하였다. 또한 상자의 무게와 크기, 손잡이의 형태와 유무, 위치, 각도간의 상관 분석 및 회귀분석을 추가적으로 수행하였다.

<표 10> 분석 관절의 운동 방향

관절	3차원 운동 방향
허리 (Spine)	굴곡: Flexion(+) / 신전: Extension(-)
손목 (Wrist)	굴곡: Flexion(+) / 신전: Extension(-)
	내측 틀어짐: Radial Deviation(+) / 외측 틀어짐: Ulnar Deviation(-)

상자에 적용된 손잡이를 활용한 들기/내리기 작업의 경우 손잡이에 손을 넣어 상자를 들어 올리고 내리는 동작을 수행하기 때문에 상지의 자세를 통해 신체 부하 정도를 평가 할 수 있다. 상지의 자세는 상자의 위치와 동작에 따라 움직이는 상지 주요 관절을 분류 할 수 있는데, 본 연구에서는 상자를 정해진 위치의 바닥에서부터 골반 위치까지 들어 올리고 내려놓는 동작으로 제한하고 있으므로 손잡이의 위치와 각도에 의한 손목의 자세의 변화가 상대적으로 다른 관절에 비하여 크다.

손잡이 사용 시 손목의 ‘부자연스러운 자세’는 해부학적 중립자세(Neutral Posture)를 벗어나는 자세로 정의 할 수 있다. 관절의 각도가 0°로 정렬된 자세가 중립 자세이며, 손잡이를 사용 시 구부러지는 관절의

각도에 따라 부자연스러운 자세의 인간공학적 평가가 가능하다.

손목 관절의 부자연스러운 자세를 평가하기 위하여 JSI (Job Strain Index)의 HWP (Hand/Wrist Posture) Index를 활용하여 손목 관절의 부적절한 자세 여부를 평가하였다. JSI는 상지의 손, 손목, 팔꿈치 관절의 작업 관련성 근골격계질환의 위험도를 평가하기 위한 체크리스트로써 다른 자세 평가 체크리스트에 비하여 손과 손목의 자세를 운동방향에 따라 세분화하여 평가할 수 있다. JSI의 HWP는 각 운동방향의 손목 관절의 가동 범위(ROM)를 기반으로 부적절한 자세의 여부를 평가하며, 손목 굽힘과 틀어짐 각도를 ‘Very Good’, ‘Good’, ‘Fair’, ‘Bad’, ‘Very Bad’ 의 다섯 단계로 자세를 평가 한다(표 11).

본 인간공학적 평가에서는 JSI HWP의 평가 기준을 적용하여 중립자세에서 가장 벗어난 자세를 1점으로 하고 중립 자세에 가장 가까운 자세를 5점으로 부과하여 손목의 움직임에 대한 자세를 평가하였다.

〈표 11〉 JSI HWP(Hand/Wrist Posture) Index

평가기준	신전	외측 틀어짐	자세 평가	평가 점수
Very Good	0° ~ 10°	0° ~ 10°	perfectly neutral	5
Good	11° ~ 25°	11° ~ 15°	near neutral	4
Fair	26° ~ 40°	16° ~ 20°	nonneutral	3
Bad	41° ~ 55°	21° ~ 25°	marked deviation	2
Very Bad	> 60°	> 25°	near extream	1

이러한 다양한 데이터를 종합하여 인간공학적으로 인체 부하가 가장 적은 손잡이의 형태와 위치와 각도의 조합으로 이루어진 손잡이를 도출한다.

허리의 굽힘 모멘트에 대한 손잡이의 ‘위치×각도’ 조합의 우선순위를 정리하고 손목의 굽힘 각도와 틀어짐 각도에 대한 ‘위치×각도’ 조합의 우선순위를 1위부터 3위까지 정리하고 각 조합에 대한 점수를 1순위는 3점, 2순위는 2점, 3순위는 1점으로 부여한다 (표 12).

〈표 12〉 손잡이 조합(위치×각도)의 선호도 및 생체역학데이터 우선 순위 (일반 1) (예)

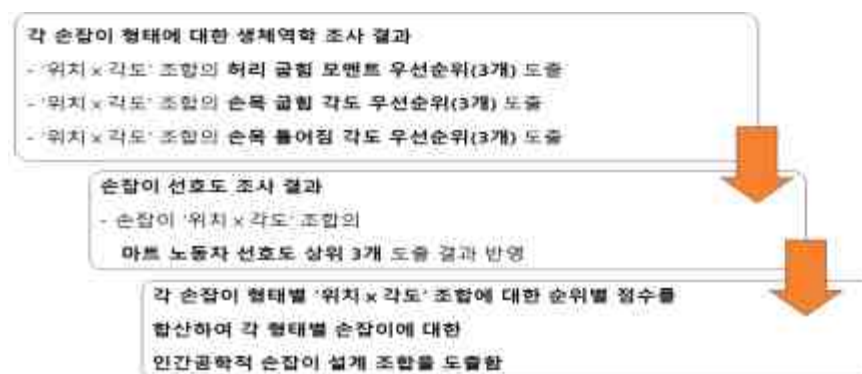
선 호 도	일 반1	점 수
	중 × 0°	3
	상 × 0°	2
	중 × 15°	1
허 리 굽 힘 모 멘 트 (Nm/kg)	일 반1	점 수
	상 × 0°	3
	중 × 0°	2
	하 × 0°	1
손 목 굽 힘 각 도 (Deg)	일 반1	점 수
	상 × 30°	3
	중 × 15°	2
	상 × 15°	1
손 목 틀 어 짐 각 도 (Deg)	일 반1	점 수
	하 × 30°	3
	하 × 15°	2
	상 × 15°	1

마지막으로, 인체 부하 정도의 생체역학 결과와 사용자가 선호하는 주관적 선호도의 우선순위를 기준으로 각 손잡이 조합에 대한 점수를 합산하여 상자 손잡이의 설계 변인에 대한 각 조합별 최종 점수를 산출하여 평가한다. 예를들어 ‘중×0°’ 조합의 경우 [표 12]에서 ‘선호도’와 ‘허리 굽힘 모멘트’ 항목에서 각 1위와 2위를 기록하였기 때문에 3점과 2점을 합산하여 5점을 부여한다 (표 13). 최종적으로 일반 1손잡이의 ‘중×0°’의 조합은 5점으로 가장 선호도가 높고 인체 부하가 적은 손잡이의 조합으로 평가된다.

<표 13> 손잡이 조합(위치×각도)의 최종 평가(일반 1) (예)

일반1	점수
중 × 0deg	5*
상 × 0deg	5*
중 × 15deg	3*
상 × 30deg	3
하 × 30deg	3
상 × 15deg	2
하 × 15deg	2
하 × 0deg	1
중 × 30deg	0

본 연구에서는 생체역학 데이터와 상자의 손잡이의 위치와 각도의 조합에 대한 사용자의 주관적 선호도와 생체역학 결과를 적용하여 정성적 평가지표와 정량적 평가지표를 반영하여 손잡이의 설계 요소에 대한 인간공학적 설계 범위를 정리하였다. [그림 15]는 본 연구에서 실시 된 인간공학적 종합 평가의 절차를 나타낸다.

**<그림 15> 선호도 및 생체역학 결과를 기반으로 한 상자 손잡이 제안**

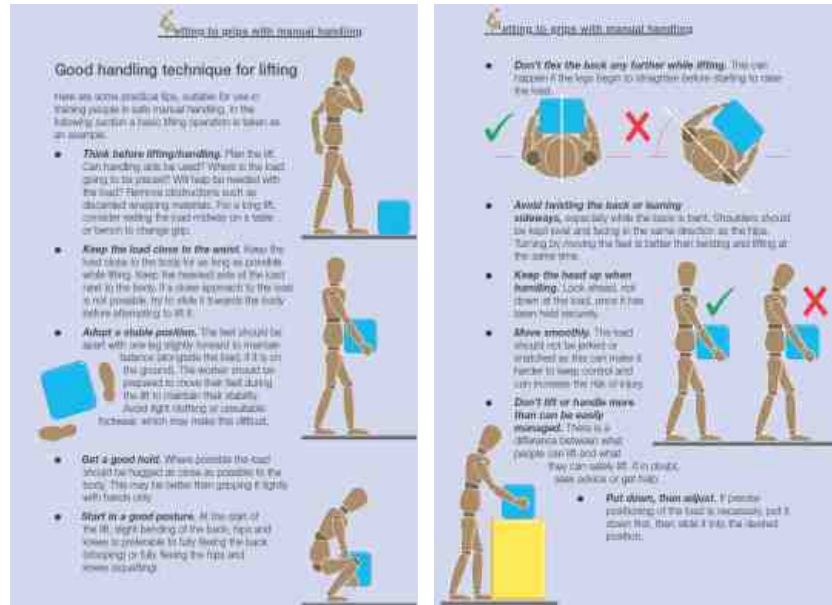
Ⅲ. 연구 결과

1. 국내외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌조사

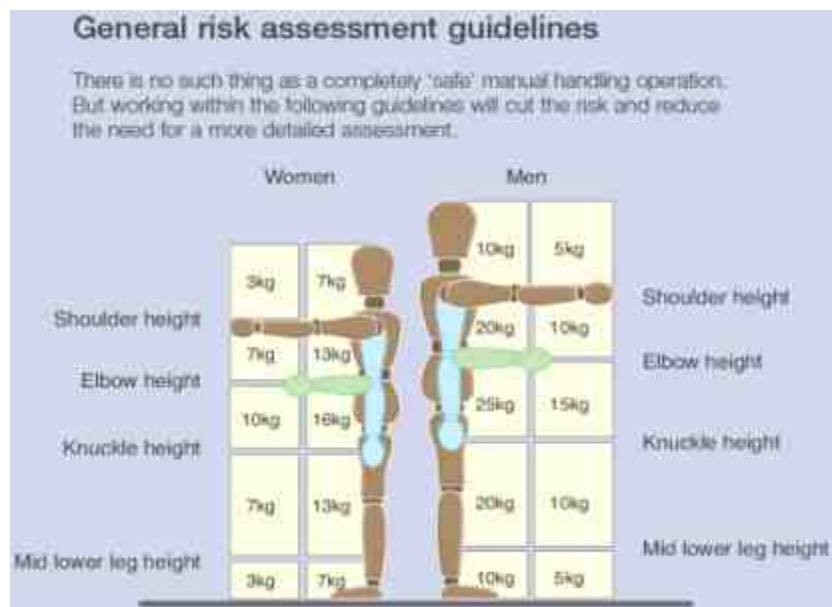
1) 국내외 인력물자취급 관련 지침 및 법령

- (1) HSE(Health and Safety Executive), “INDG-143 : Getting to grips with manual handling”

본 지침에서는 소규모 회사 혹은 유사 조직의 관리자를 위한 인력물자취급 작업과 관련된 문제를 설명하고, 이를 해결할 수 있는 사례 및 지침을 제공하고 있다(그림 15, 16). 본 지침은 1992년 제정되고 2002년 개정된 “The Manual Handling Operations Regulations”과 관련하여 인력물자취급 작업 관련 들기, 내리기, 밀기, 당기기 혹은 운반을 포함하는 광범위한 범위에 대한 부상의 위험을 줄일 수 있는 지침을 제공하고 있다. 근골격계질환을 예방할 수 있는 방안으로 손잡이 혹은 핸드홀(Hand hole)을 포함하는 상자를 사용할 것을 권고하며, 바닥 높이 혹은 어깨 높이 이상의 높이에서의 들기 동작을 피하도록 작업 환경을 개선할 것을 권고한다.



〈그림 16〉 인력물자취급의 올바른 작업지침

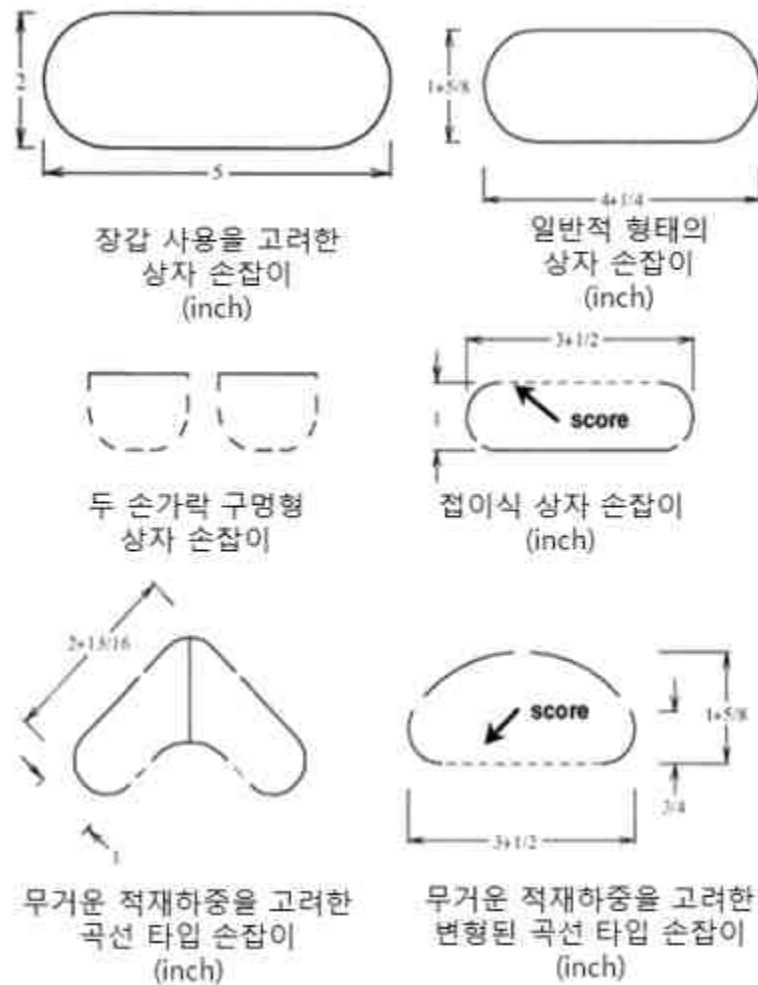


〈그림 17〉 들기작업의 허용중량

- (2) ASTM(American Society for Testing and Materials),
D6804-02(2015) : Standard Guide for Hand Hole in
Corrugated Boxes

NIOSH의 ‘들기 작업 가이드 (Work Practices Guide for Manual Lifting)’과 관련하여 골판지 상자에 인체공학적 원리를 적용한 올바른 핸드홀 개발과 배열에 도움이 되도록 기준을 제시하고 있다. 핸드홀은 인력취급 작업을 용이하게 하고 그림을 항상 시킴으로 중량물을 들 때 척추부담을 줄이고 손가락, 발 등 보호 할 수 있다고 보고하였다. 특히, 허리 하중의 문제를 줄이는 방법은 취급자의 손이 몸통에 더 가까이 닿게 하는 것으로 핸드홀을 들기 유리한 위치에 배치하면 근골격계질환 발생 등의 문제 해결이 가능하다고 하였다.

일반적인 골판지 상자에 적용되는 핸드홀의 여러 가지 모양에 대한 인간공학적 기준을 제시하며, 취급 시 장갑 사용 유무와 남성과 여성을 모두 고려한 핸드홀의 적정 크기를 제시하고 있다. 핸드홀 손잡이 상부 엷지면에 쿠셔닝 소재를 추가하여 그림 시 안전성과 중량물 취급 시 신체 부담을 최소화 할 수 있는 방안을 제시하고 있다. 핸드홀을 활용하여 상자를 들어 올릴 경우, 무게중심이 아래로 치우치게 되어 내용물이 낙하하여 제품이 손상되거나 취급자가 부상을 입을 수 있는 것을 고려하여 핸드홀 위치 선정에 대한 적정 기준을 제시하고 있다(그림 18).



〈그림 18〉 상자에 적용되는 여러 가지 형태의 손잡이

(3) OSHA(Occupational Safety and Health Administration):
「Ergonomics eTool」

본 지침에서는 부적절한 손잡이로 인한 잠재적 위험 및 해결방안 제시하고 있다. 부적절한 손잡이는 중량물을 더 들기 어렵게 하고 하중을 몸통으로부터 멀어지게 하며, 들어 올리는 높이가 낮아져 접촉스트레스 및 낙하위험을 증가시킬 수 있다고 한다. 또한 장갑을 착용한 손을 넣을 수 있는 충분한 공간이 있는 손잡이, 슬롯, 구멍을 포함한 적절한 손잡이 사용 할 것을 권고하고 있다. 손가락 부상이나 접촉 스트레스를 피하기 위하여 적절한 개인 보호 장비 (PPE)를 착용하는 것을 권고하고 있으며, 상자 공급업체에게 적절한 손잡이가 있는 상자에 재료를 넣어서 공급토록 요청하는 내용이 포함되어 있다 (그림 19).



〈그림 19〉 손잡이가 포함된 상자(예시)

(4) NIOSH(The National Institute for Occupational Safety and Health) (2007) 「Ergonomics Guidelines for Manual Material Handling」

본 지침에서는 인력 물품 취급 작업이 있는 산업의 관리자, 감독자를 위해 작성된 가이드로 직사각형, 정사각형, 원통형 상자, 자루 및 백의 취급개선을 위한 가이드 제공한다. 본 지침에서는 상자 파지 시 몸통에 가깝게 밀착하여 고정 할 것을 권고하고 있으며, 인력 물품 취급 작업 시 작업자가 들 수 있는 무게 이상의 중량물을 들어 올리지 않을 것을 권고하며, 되도록 작은 상자에 물건을 담아 옮길 것을 권고한다. 파지 시 손에 밀착되는 장갑을 착용하며 장갑의 손바닥 부분에 고무 재질의 그립에 도움을 주는 장갑을 착용 할 것을 권고하며, 상자 핸들, 그립, 손잡이 구멍을 갖도록 상자에 대한 개선을 권장한다(그림 20).

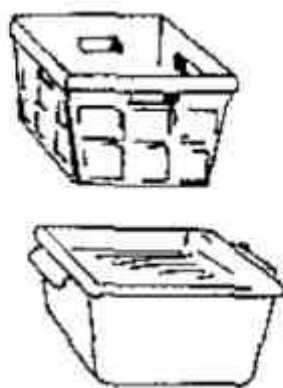


〈그림 20〉 상자취급의 가이드라인(예시)

(5) Guidance Note for Manual Handling in the Retail Industry
[NOHSC: 3014 (1992)]

호주 국가산업보건안전위원회(NOHSC: The National Occupational Health and Safety Commission) 에서 소매업종의 인력취급 지침서를 마련하여 노동조합, 고용주, 관리자, 산업안전보건위원, 안전관리자, 안전보건전문가에게 정보를 제공하고 있다.

인력취급 작업에 대한 해결방안으로 작업장의 물리적 변경 혹은 새로운 장비의 제공이 포함될 수 있음을 명시하며 저렴하고 간단한 조치만으로도 근골격계질환 예방에 효과가 있음을 강조하고 있다. 인력취급 작업의 문제점으로는 중량물 취급 시 손으로 잡기 어렵다는 것이며, 이를 위한 해결방안으로 손잡이가 설계되어 있는 상자를 사용하며, 날카로운 모서리 및 미끄러운 재질의 상자를 사용하는 것을 자제하는 것이라고 한다(그림 20). 상자 또는 용기의 손잡이 또는 손잡이를 대신 할 수 있는 공간(Hand hole)은 들기 작업 시 낙하의 위험을 줄이고 물건을 파지 시 몸을 구부리지 않아 근골격계질환의 위험성을 낮추어 줄 수 있다.

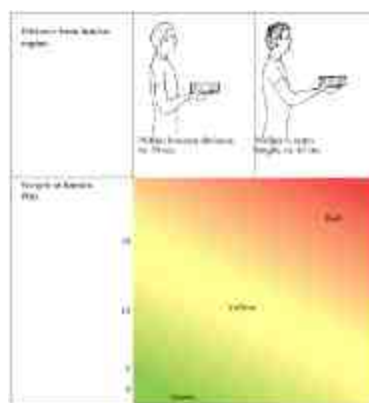


〈그림 21〉 상자 및 용기의 손잡이의 개선

(6) The Swedish Work Environment Authority, AFS 2012:2
Ergonomics for the Prevention of Musculoskeletal Disorders

스웨덴의 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 시행규칙(AFS2012:2)은 직업환경법(The Work Environment Act)과 시행령(Ordinance)의 하위규정으로 법규(Province)와 일반적인 권고사항(Recommendation)으로 구성되어 있다.

일반 권고사항(General Recommendation)에는 제조자, 수입자, 공급자, 제공자는 해당 제품을 제조, 배송 시 인간공학적 요소를 미리 고려토록 하여 인체공학적으로 양호한 상태로 설치·사용·유지관리 할 수 있도록 책임이 있음을 명시한다. 인력물자취급 작업 시 작업 자세가 구부러지고 비틀어질 경우 부상의 위험이 매우 높아지며, 중량물을 다룰 경우 그 위험이 더 커짐을 명시하였으며, 고용주는 인력 물자 취급 시 근골격계질환의 위험을 줄이기 위하여 작업 장비 및 보조장치, 작업 조직과 일반적 작업 환경에 필요한 조치를 취해야 함을 권고한다. 들기 작업에 대하여 위험성 평가에 활용 할 수 있는 ‘리프팅 평가 모델’을 제시하고 있으며, 중량물의 무게와 중량물과 신체 무게중심과의 거리를 주요 평가 요소로 선택하고 있다 (그림 22).



〈그림 22〉 AFS 2012:2의 들기작업 위험성 평가 모델

(7) NIOSH(The National Institute for Occupational Safety and Health) (2014): 「Ergonomic Solutions for Retailers」 : Prevention of Material Handling Injuries in the Grocery Sector

본 지침은 소매 식료품점에서 인력에 의한 물품 취급 시 상해를 줄이기 위한 기계식 보조장치 사용을 안내하기 위해 제작되었다.



〈그림 23〉 작업별 기계식 보조장치 사용

(8) Ergonomics guidelines for manual handling, WorkSafeNB, 2010

캐나다의 WorkSafeNB에서 개발한 인력물자작업 관련 인간공학 가이드라인으로 모든 산업체에서 근골격계질환 감소를 위해 사용하도록 권장하고 있다. 첫째로 체크리스트를 사용하여 위험이 높은 물자 작업을 발견한다. 이때 위험 요소로 높은 힘, 지속적인 힘, 물체의 무게, 누적된 무게의 양, 자세, 작업시간, 빈도, 작업 높이, 작업대 치수 등을 고려할 수 있다. 위험작업으로 발견된 경우 잠재적 솔루션을 개발하여 수행에 옮겨 위험을 제거 혹은 감소시키도록 한다. 솔루션의 경우 다음과 같다.

- 기계적인 보조장치 사용
- 하루에 드는 누적된 무게의 양을 최소화할 것
- 들기를 밀기 작업으로 혹은 밀기를 롤링작업으로 전환할 것
- 팀 리프팅을 시도할 것
- 드는 물체를 변형할 것
- 올바른 작업자세 및 작업복 착용에 대하여 교육할 것



〈그림 24〉 텐테이블을 사용해 상자를 작업자 몸에 가깝게 위치시킴

(9) Hazards and risks associated with manual handling of loads in the workplace, European agency for safety and health at work, 2007

유럽의 법령(Council Directive 90/269/EEC)에 기초하여 인력 물자 작업 시 올바른 방법에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 들기 작업의 경우 가이드라인의 예는 다음과 같다.

- 가는 방향에 대해 정확히 인지할 것
- 가는 경로에 장애물이 없을 것
- 물건을 올바르게 파지할 것
- 손, 핸들, 물건이 미끄럽지 않을 것
- 팀 리프팅을 할 경우 들기 전에 의사소통을 확실히 할 것

그 외 들기 작업을 할 시 발을 적정 간격으로 벌리고 몸을 물체에 최대한 가깝게 밀착시키도록 한다. 들기 작업 시 다리 근육을 사용하고 허리를 곧게 편다. 들거나 운반 시 팔은 아래로 쭉 펴도록 한다. 이 외에도 밀기 및 당기기 작업 시의 올바른 요령들에 대해서 가이드라인을 제시하고 있다.



〈그림 25〉 물적작업시 올바른 자세들에 대한 예시

(10) KOSHA GUIDE G-119-2015 : 인력운반작업에 관한 안전가이드(2015)

인력운반작업과 관련하여 발생 할 수 있는 다양한 형태의 안전사고의 예방을 위하여 필요한 기술적 사항을 제공을 목적으로 하고 있다. 상자형 화물 운반에 대한 작업 절차 등 매뉴얼을 제공한다. 본 가이드라인은 인력운반 안전작업에 관한 사항(일반사항, 운반 대상물의 최적화, 운반에너지의 최소화, 화물의 중량표시)에 대한 가이드 제시하고 있으며, 화물 운반시의 올바른 자세에 대한 지침을 포함하고 있다.

인력운반 작업 부상을 예방하기 위하여 사업주의 예방 및 보호 조치에 대한 중요성을 강조하고 있으며, 이때에 공급망 내 각 공급업체는 다른 업체들과 협력해야 할 법적 의무를 갖고 있음을 명시하고 있다. 인력운반작업에 대한 허용중량을 15kg 이하로 권고하고 있으며, 컨테이너 및 상자의 모양이 물건을 쉽게 들어 올릴 수 있도록 최적화되거나 손잡이가 제공된다면 도움이 될 수 있음을 명시한다. 파지 및 들기 작업의 위험성 평가와 안전 작업 대책, 교육 및 훈련 등을 포함하고 있다.

<표 14> 인력운반작업 허용중량 권장 기준

작업형태	성별	연령별 허용권장기준 (kg)			
		18세이하	19-35세	36-50세	51세 이상
일시작업 (시간당 2회 이하)	남	25	30	27	25
	여	17	20	17	15
계속작업 (시간당 3회 이상)	남	12	15	13	10
	여	8	10	8	5

(11) KOSHA GUIDE M-45-2012 : 들기작업 및 인력운반 작업시
보조기구의 사용에 관한 기술지침(2012)

산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제 385조(중량물 취급)에 의거 들기작업 및 인력운반 작업 시 보조기구를 사용할 때 발생하는 위험상황 등에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

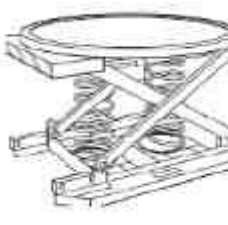
산업안전보건기준에 관한 규칙 [시행 2020. 1. 16.] [고용노동부령 제273호, 2019. 12. 26., 일부개정]

제5장 중량물 취급 시의 위험방지

제385조(중량물 취급) 사업주는 중량물을 운반하거나 취급하는 경우에 하역운반기계·운반용구(이하 “하역운반기계등”이라 한다)를 사용하여야 한다. 다만, 작업의 성질상 하역운반기계등을 사용하지 곤란한 경우에는 그러하지 아니하다.

관리자와 작업자 및 그의 대표, 기타 물품을 들어 올리고 다루는 데 사용되는 보조기구들의 선정에 대한 가이드를 제시한다. 수시로 발생하는 무거운 물품 운반의 위험을 방지하거나 줄이기 위한 방법을 제시하며, 물품 들기 및 운반 보조도구를 사용하는 해결책을 예를 들어 제시하고 있다(표 13).

<표 15> 들기 및 보조도구의 사용 예시

	높이 조절 가능한 기구, 회전 및 기울임이 가능한 테이블	기계식 호이스트 및 진공식 양중 기구	기타
백(Bag), 부대, 상자 등 취급	회전 테이블	진공식 양중 보조기구	흡입 컵(Suction cup)을 갖춘 TV 대차
			

(12) KOSHA GUIDE M-35-2012 : 인력운반 작업 위험성평가에
관한 기술지침(2012)

산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제 35조 (관리감독자의 유해·위험방지 업무 등) 에 의거 인력운반 작업 시 발생하는 위험상황 등에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

인력운반 작업에 의한 부상을 포함한 근골격계 질환(MSD)을 예방하기 위하여 위험성평가에 대한 시행 지침에 대한 가이드를 제공한다. 인력운반 작업 평가표 (MAC, Manual Handling Assessment Charts)를 제공하며, 작업물의 무게/빈도, 허리에서 손까지의 거리, 수직으로 들어올림, 상체 돌리기 및 옆으로 굽히기, 자세의 제한, 작업물의 파지, 바닥의 표면 등의 요소를 고려한다.

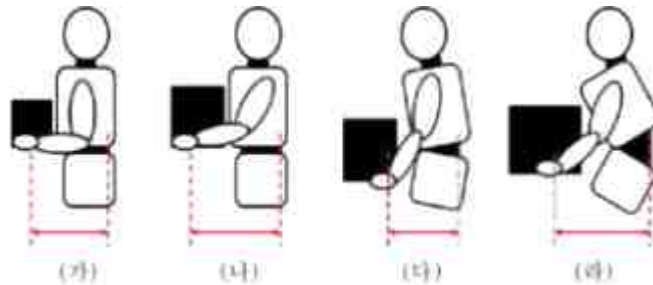
산업안전보건기준에 관한 규칙 [시행 2020. 1. 16.] [고용노동부령 제273호, 2019. 12. 26., 일부개정]

제5장 관리감독자의 직무, 사용의 제한 등

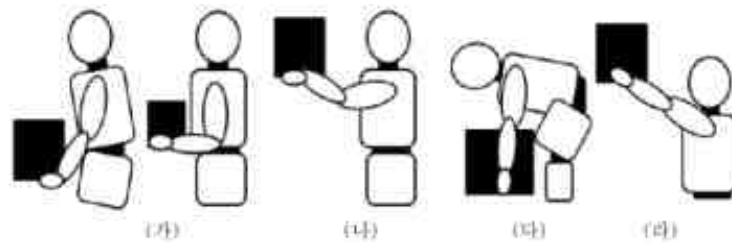
제35조(관리감독자의 유해·위험 방지 업무 등) ① 사업주는 법 제16조제1항에 따른 관리감독자(건설업의 경우 직장·조장 및 반장의 지위에서 그 작업을 직접 지휘·감독하는 관리감독자를 말하며, 이하 “관리감독자”라 한다)로 하여금 별표 2에서 정하는 바에 따라 유해·위험을 방지하기 위한 업무를 수행하도록 하여야 한다. <개정 2019. 12. 26.>

② 사업주는 별표 3에서 정하는 바에 따라 작업을 시작하기 전에 관리감독자로 하여금 필요한 사항을 점검하도록 하여야 한다.

③ 사업주는 제2항에 따른 점검 결과 이상이 발견되면 즉시 수리하거나 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다.



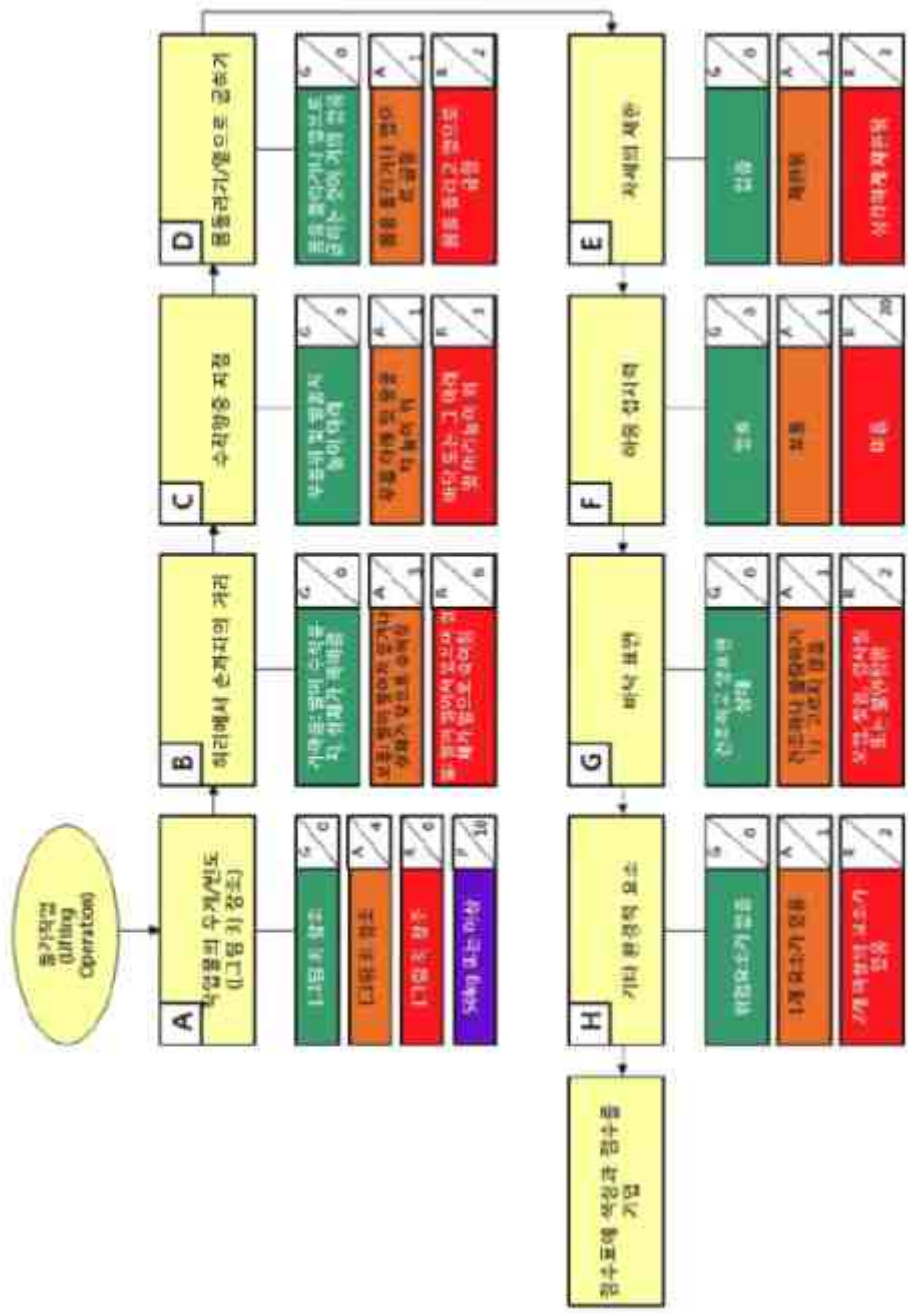
〈그림 26〉 허리에서 손까지의 거리



〈그림 27〉 작업물의 들기 작업

〈표 16〉 작업물의 파지-들기 작업 평가 기준

우수 (G/0)	보통 (A/1)	미흡 (R/2)
컨테이너에 적절한 손잡이가 있으며, 목적에 부합함	컨테이너에 손잡이가 있으나 불편함	컨테이너의 설계가 부실하며, 부품이 단단히 고정되어 있지 않고, 작업물들이 불규칙적이고, 크기가 크거나 다루기 어려움
느슨한(Loose) 부품들이 편안히 쥘 수 있게 해줌	손가락이 컨테이너 밑에서 90도 각도로 움켜잡아야 함	작업물들이 단단하지 않거나 무게가 예측 불가능함



<그림 28> 작업물의 들기 작업 평가표

(13) 인력운반작업 관련 국내 관계법령

인력운반작업 관련 국내 관계법령은 아래 표 4와 같으며, 모든 조항에서 상자의 손잡이 설치가 근골격계질환 예방에 도움이 될 것으로 명시하나, 구체적인 상자의 손잡이 설치와 관련한 조항이나 지침 등은 명시되지 않고 있다.

<표 17> 국내 인력운반 작업 관련 관계 법령

종류	조항
법령	● 산업안전보건법 (제23조 제2항 등) ● 산업안전보건법 (제24조 제2항 5호 등)
규칙	● 산업안전보건기준에 관한 규칙 - 제 5장 관리감독자의 직무, 사용의 제한 등 - 제35조(관리감독자의 유해·위험방지 업무 등) - 제 5장 관리감독자의 직무, 사용의 제한 등 - 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등) - 제 2편, 제 5장 중량물 취급시의 위험방지 - 제385조(중량물 취급) - 제386조 (경사면에서의 중량물 취급) - 제 3편, 제 12장 근골격계부담작업으로 인한 건강장해 예방 - 제656조(정의) - 제657조 (유해요인조사) - 제666조 (작업자세 등) - 제3절 (중량물을 들어 올리는 작업에 관한 특별조치)
고시	● 고용노동부 고시 - 제2012-70호 운반하역 표준안전 작업지침 - 제2014-27호 근골격계부담작업의 정의 - 운반하역 표준안전 작업지침 제 6조

2) 국내외 상자 손잡이 설계와 관련된 연구

(1) 청년층 사용자 선호도 평가를 통한 상자손잡이의 최적위치 설정 (정인주 외 1인, 2007)

인력운반 작업 시 상자 양쪽 옆면에 형성된 손잡이를 잡고 힘을 덜 들고 들기, 옮기기, 나르기 동작을 수행할 수 있는 상자 손잡이의 최적의 위치를 추천하였다. 4가지 크기의 상자의 손잡이위치, 상자무게, 수동물자취급방법에 따른 사용자의 선호도를 리커트 합산등급척도(Likert-5 point summated rating method)를 적용하여 평가하였다. 그 결과, 상자 크기가 작을 때(400×400×400mm 이하) 손잡이의 위치는 이동위치에 상관없이 상부손잡이가 적절하다고 결론지었다.

부피가 큰 상자(500×500×500mm 이상)이며 적재 높이가 허리높이 이상일 때, 이 두 가지 요건에 적합하도록 하나의 상자에 가능하면 상부손잡이와 중앙손잡이 두 개를 함께 제공하는 디자인이 필요하다고 하였다. 상부손잡이는 사용자가 상자를 주로 바닥과 허리높이를 오가며 이동시켜야 하는 경우에 적용하는 것이 적합하였다.



〈그림 29〉 연구의 실험 장면

(2) 손잡이 설계를 위한 인간공학적 연구 문헌 조사(이경선, 2013)

다양한 분야에 적용 할 수 있는 손잡이 설계가이드라인을 조사하였으며, 한국인 남성 손 부위 등 손잡이 설계를 위한 신체 치수 정보 조사 연구하였다.

표 2-2 한국인 20대 남성 손부위 주요 신체정보(mm)										
측정항목	측정방법	평균	표준편차	1분위	5분위	25분위	50분위	75분위	95분위	99분위
손길이		183.31	10.11	153.05	156.675	176.365	184.38	191.11	199.145	200.635
손배닥길이		106.59	8.83	90.16	92.835	102.22	106.38	108.31	113.185	114.165
손너비		85.51	4.24	74.61	75.69	82.675	85.1	88.45	92.08	92.785
손두께		26.83	1.8	21.43	22.56	25.725	26.86	27.685	29.29	30.81
손길머리(약대칭손간)		106.2	8.69	93.9455	94.357	98.0936	104.0282	113.982	120.8115	121.675
첫째손가락 끝마디 배 길이		27.89	1.89	22.94	23.625	25.335	27.84	28.87	30.825	31.205
첫째손가락 중간마디 배 길이		28.1	2.74	22.89	23.145	26.07	27.37	29.95	32.725	33.555
둘째손가락 둘째관절 둘레		62.4	4.0	55.0	55.5	59.5	61.5	63.5	67.5	72.5
첫째손가락 둘째관절 너비		20.1	1.38	17.01	17.385	19.265	20.02	20.635	22.145	23.285
첫째손가락 셋째관절 너비		17.41	1.39	15.08	15.185	16.425	17.46	17.975	19.35	21.1
첫째손가락 넷째관절 너비		17.6	1.44	15.16	15.36	16.425	17.42	18.4	19.775	21.12
첫째손가락 넷째관절 너비		16.04	1.26	13.82	13.915	15.15	15.9	16.66	18.125	19.205
다섯째손가락 넷째관절 너비		16.04	1.26	13.82	13.915	15.15	15.9	16.66	18.125	19.205

〈그림 30〉 한국인 20대 남성 손부위 주요 신체정보 조사 예시

상자에 적용 가능한 손잡이의 종류를 정리하였으며, 손잡이 설계에 필요한 여러 가지 변수를 입수부의 크기, 표면의 재질과 거칠기 등으로 정리하였다.

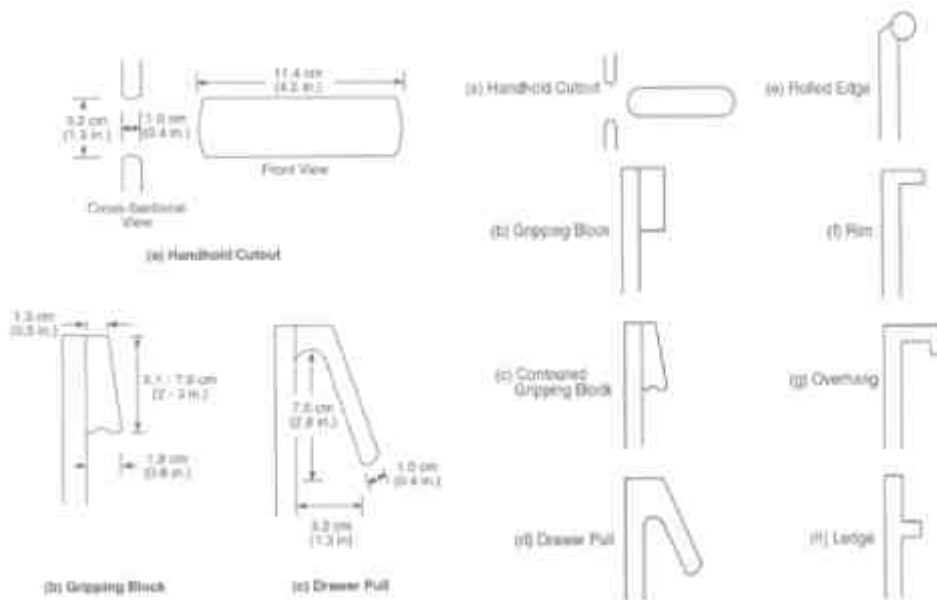
고정형 손잡이 설계는 손잡이를 부착하지 않고 손으로 잡을 수 있는 형상이나 공간을 마련하여야 하며 손잡이를 설계할 때에는 아래와 같은 가이드라인을 따라야 한다고 권고하였다.

- (a): 상자에 손이 들어갈 수 있는 구멍(handhold cutout)을 만들고 구멍 안으로 손을 집어넣어 들 수 있게 하는 것
- (b): 손으로 잡을 수 있는 블록(gripping block)을 만드는 것으로 붙이는 것
- (c): 곡면을 주는 것
- (d): 서랍 손잡이와 같이 손이 들어갈 수 있는 공간을 확보할 수 있는 형태(drawer pull)의 손잡이를 제공하는 것

<표 18> 상자용 손잡이 종류 및 특징

손잡이	특징	예
손잡이용 구멍 (handhold cutout)	- 중량물 상자에 손이 들어갈 수 있는 구멍을 뚫어, 손을 집어넣어 들 수 있도록 하는 것. - 어깨 높이 이상의 높이에서 들거나 내릴 때에는 부적절. - 장갑을 낀 상태로 사용하는 경우 높이와 길이를 25mm를 증가.	(a)
손잡이용 블록 (gripping block)	- 중량물 옆면에 손으로 잡을 수 있는 형태의 블록을 부착하거나 형상을 만드는 것. - (b)는 손잡이 아래쪽 면이 평평. (c)는 손가락 끝이 닿는 면에 곡면 형상을 제공하여 손가락 끝의 끼임 방지.	(b), (c)

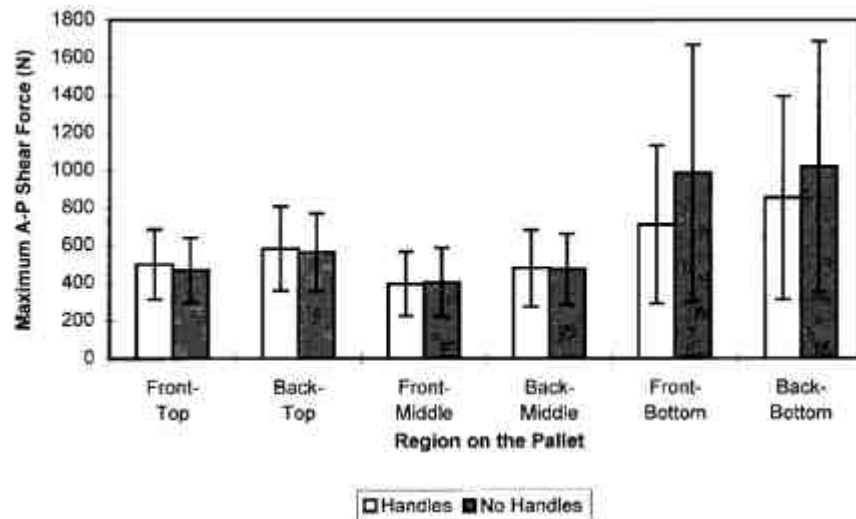
손잡이	특징	예
서랍 손잡이형 (drawer pull)	- 서랍 손잡이와 같이 손이 들어갈 수 있는 공간을 확보할 수 있는 형태를 제공하는 것. - 어깨 높이 이상의 높이에서 들거나 내릴 때에는 부적절. - 손가락 끝이 닿는 면에 곡면 형상을 제공하여 손가락 끝의 끼임 방지. - 손잡이가 그림 2.2의 (d)와 같이 바깥쪽으로 돌출되면, 파손이 우려되므로 그림 2.4과 같이 안쪽으로 파진 형태로 변형 가능.	(d)



〈그림 31〉 다양한 상자용 손잡이 형상 및 치수 가이드라인

- (3) 창고에서의 상자 인력운반 작업에 대한 상자의 다양한 변화에 따른 척추 부하 평가 연구 (Effects of box features on spine loading during warehouse order selecting) (Marras 외 3인, 1999)

대형마트나 창고에서의 인력운반 작업 중 적재된 상자를 이동식 팔레트에 옮기는 작업에 대하여 생체역학적 평가를 수행하였다. 피험자 10명을 대상으로 이동식 팔레트에서 상자를 들어 올릴 때의 척추 하중에 대한 압력, 측면 및 전방 전단력을 평가하기 위하여 The Lumbar Motion Monitor(LMM)과 EMG, Force Plate를 활용하였다. 이동식 팔레트 상의 상자의 위치와 상자의 무게, 상자에 설치되어 있는 손잡이의 유무가 척추 하중에 깊은 영향을 미침을 확인하였으며, 상자에 손잡이가 포함된 경우 척추의 하중과 전단력이 감소하여 상자의 무게를 약 4.5kg 줄이는 효과를 보인다는 결과를 도출하였다.



〈그림 32〉 박스 위치에 따른 척추 전후방 전단력

- (4) 플라스틱 상자 손잡이에 적용된 30° 기울어진 손잡이의 사용에 따른 인력운반 작업에 대한 자세와 근육 부하에 대한 연구 (30° inclination in handles of plastic boxes can reduce postural and muscular workload during handling) (Silva 외 4인, 2012)

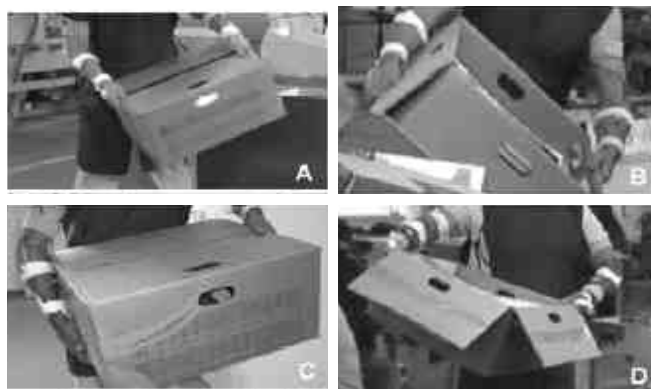
인력운반 작업의 들기/내리기 동작에서 상자에 설치된 손잡이의 위치(상부/하부)와 각도 변화(0° / 15° / 30°)에 따른 상지 주요 관절의 각도와 및 주요 근육(손목 신근, 상완 이두근, 승모근)의 근전도를 측정하여 상지에 걸리는 부하를 평가하였다. 피험자 37명을 대상으로 상자를 테이블(높이: 1025mm)에서 바닥에 내리는 동작과 테이블(높이: 1025mm)에서 허리 높이까지 들어 올리는 동작, 허리 높이에서 어깨 높이까지 들어 올리는 동작을 평가하였다. 모든 동작에서 상자에 설치된 손잡이의 각도가 상지에 걸리는 부하를 줄여주는 효과를 보이는 것을 확인하였으며, 특히 30°로 손잡이를 설치하였을 때 손목의 각도를 더 중립적인 자세로 유지해 주어 손목 신전근의 부하를 최소화 하고 어깨 각도의 움직임이 상대적으로 적게 나타남으로써 근골격계질환 예방에 효과가 있음을 증명하였다.



〈그림 33〉 다양한 위치와 각도의 플라스틱 상자 손잡이 적용의 예

- (5) 산업용 상자 취급 중, 파지 방법과 상지의 움직임에 대한 연구 (Are cutout handles used when available in real occupational settings? Description of grips and upper extremities movements during industrial box handling) (Silva 외 4인, 2012)

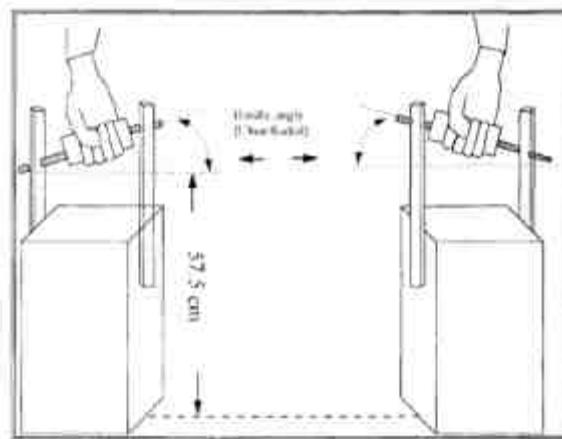
인력운반 작업의 들기 동작에 대하여 상자의 손잡이를 활용할 때와 상자의 바닥면을 활용할 때, 또 두가지 전략을 혼합해서 들어 올릴때의 상지 부하 정도를 평가하였다. 10명의 피험자를 대상으로 측정하였으며 상자의 핸드홀 손잡이를 활용한 들기 동작에서 상지 부하가 더 적게 걸리는 것을 확인하였다. 다만, 무게가 더 무거운 상자(10kg)를 다룰 때에는 상자 바닥면을 들어 올리는 전략이 상자의 무게 중심이 피험자의 신체에 더 가까이 위치하기 때문에 상지 부하가 적게 걸리는 것을 확인하였다. 또한 핸드홀 손잡이의 여유공간으로 인하여 내용물을 수용하기 위하여 상자 자체의 부피가 더 커질 수 있는 점을 시사하여, 손잡이의 위치 선정과 손잡이를 적용할 수 있는 적절한 중량의 상자의 범위 선정 등 인간공학적 연구의 필요성을 제시하였다.



〈그림 34〉 다양한 상자 손잡이 활용 방법

- (6) 컨테이너 상자 손잡이의 직경과 각도에 대한 정신물리학적 평가
(Psychophysical evaluation of diameter and angle of container handles) (Shin 외 1인, 1997)

플라스틱 상자 손잡이의 최적 지름과 각도를 설정하기 위하여 SPH (Subjective Perception of Heaviness: 사용자 주관적 무게 인식도)와 DL(Difference Limen: 상대 역치)을 지표로 한 정신물리학 평가를 수행하였다. 피험자 12명을 대상으로 6가지 손잡이 직경 (25.4mm / 31.8mm / 38.1mm / 44.5mm / 50.8mm / 57.2mm)과 6개의 손잡이 각도 (Radial: -20° / -10° / 0° / Ulnar: 10° / 20° / 30°)를 변인으로 하여 평가하였다. 손잡이 직경 50.8mm, 각도 $-10^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 범위에서 플라스틱 상자의 무게를 덜 무겁게 인지한다는 결과를 도출하였다. 상자의 무게 약 8.2kg에서 손잡이의 직경과 각도에 의한 무게 인지 정도에 유의한 차이가 있음을 확인하였으며, 다양한 무게를 변인으로 하여 최적의 허용 중량 범위를 탐색하는 연구의 필요성을 제시함하였다.



〈그림 35〉 손잡이 각도에 따른 쥐기 모습

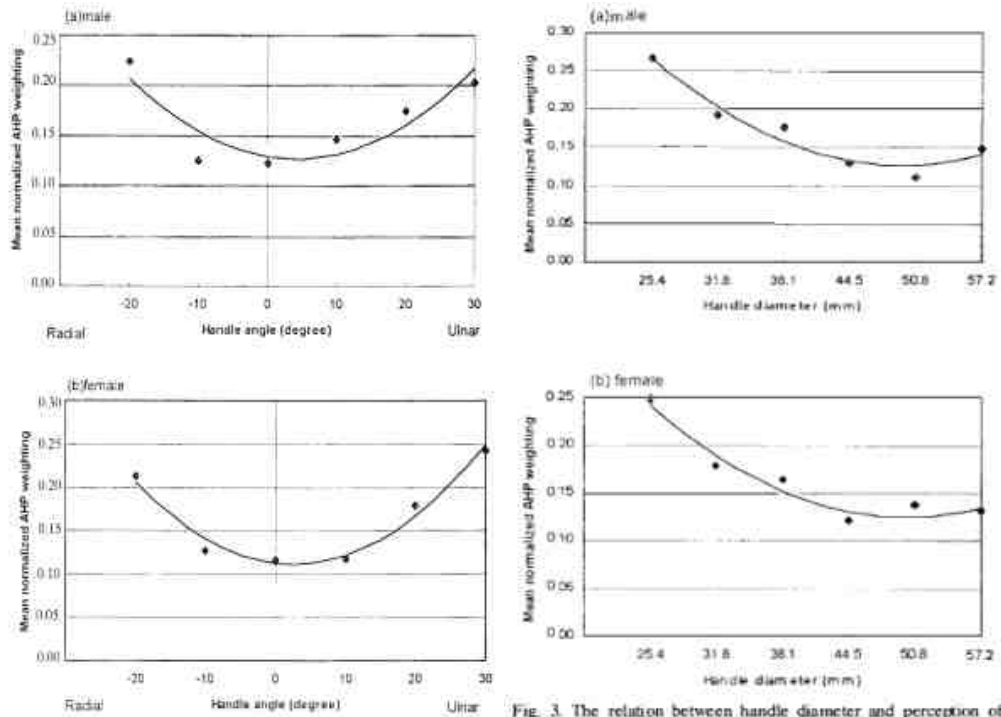


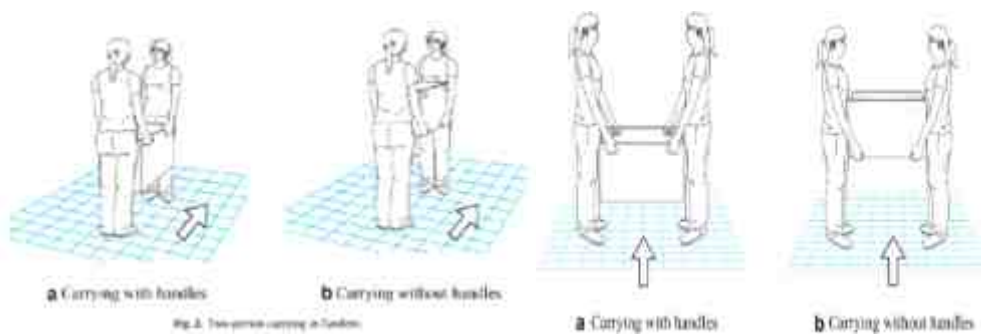
Fig. 2. The relation between handle angle and perception of heaviness.

Fig. 3. The relation between handle diameter and perception of heaviness.

〈그림 36〉 손잡이 각도 및 직경의 차이에 대한 무게의 변화

(7) 운반 전략과 상자의 손잡이가 여성의 2인 인력운반 작업 능력에 미치는 영향 (Effects of carrying methods and box handles on two-person team carrying capacity for females) (Wu 외 1인, 2010)

2인 인력운반 작업에서 여러 가지 운반 전략과 상자 손잡이의 유무 차이가 운반의 효율성에 어떤 영향을 미치는지 확인하고자 하는 것이 목적이다. 각 독립변인에 대한 종속변인으로 최대 허용 가능 중량에 대한 반응값으로 심박수와 정신물리학 평가에 의해 얻어진 지표를 활용하여 피험자 16명을 대상으로 평가를 수행하였다. 2인 인력운반 작업의 운송 효율은 1인 인력운반 작업의 운송 효율의 96.2 %로 나타났으며, 일반적으로, 손잡이가 있는 상자를 사용하면 피험자가 손잡이가 없는 상자를 운반하는 것에 비해 더 높은 최대 허용 중량(더 낮은 심박수 및 지각된 운동 등급)을 운반 할 수 있음을 확인하였다. 결과는 운반 전략이 운반 효율성에 큰 영향을 미치지 않지만, 상자 핸들의 유무가 최대 허용 중량, 심박수 및 지각 된 운동 등급이 운반 효율성에 크게 영향을 받는 것으로 도출되었다.



〈그림 37〉 2인 직렬/병렬 운반

- (8) 다양한 상자의 크기와 작업 위치의 변화에 따른 상자 손잡이의 최적 위치에 대한 연구 (A survey of the optimal handle position for boxes with different sizes and manual handling positions) (Jung 외 1인, 2010)

4가지 다른 프로토타입의 상자 손잡이가 설계되어 사용자의 선호도와 신체 불편도를 바탕으로 적정 손잡이 위치를 결정하였다. 20명의 남학생이 실험에 참여하였으며, 리커트 5포인트로 사용자 선호도를 평가하였다. 박스의 다양한 크기와 물적 작업 위치가 변수로 고려되었다. 피험자는 작은 상자의 경우 손잡이가 상단에 위치한 것을 선호하였으며, 큰 박스의 경우 중간 혹은 상단에 위치한 손잡이를 선호하였다. 손잡이가 상단에 위치한 경우 신체 불편도를 다른 높이의 경우보다 적게 나타남을 보였다. 손잡이의 적정 위치는 박스의 크기 및 물자 작업의 위치에 따라 좌우되는 것으로 나타났다. 박스에 손잡이가 적절하게 배치되며 근골격계 질환 위험을 감소시키고 사용자의 만족감을 향상시키는 것으로 나타났다.



〈그림 38〉 박스의 측면에 세 개의 핸들 설치 예시

(9) 부피가 큰 상자를 들어 올리는 방법에 대한 연구 (How to lift a box that is too large to fit between knees) (Kingma 외 2인, 2010)

부피가 큰 상자를 들 때 4가지 다른 들기 방법에 대해서 11명의 남성 피험자들을 대상으로 비교 분석하였다. 웨이트 리프터가 사용하는 기술은 발을 넓게 벌리고, 무릎을 적당히 굽히며, 허리를 곧게 펴고 드는 방법이었다. 3차원 생체역학 모델을 사용하여 허리의 부하와 모멘트를 계산하였다. 부피가 큰 상자를 들 때 손잡이를 사용하고 웨이트 리프터 테크닉을 사용하면 다른 들기 방법들에 비해 허리의 압착력이 20% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 척추의 디스크와 상자간의 거리가 가까워지기 때문인 것으로 나타났다. 부피가 큰 상자의 밑면을 이용해서 들 경우 들기 방법에 따른 허리 부하의 차이는 나타나지 않았다.



<그림 39> 큰 상자를 들 때 손잡이 및 상자 밑면을 이용해 들어 올리는 방법 예시

(10) 문헌 연구: 최적의 상자 인력 운반 취급을 위한 손잡이 적용
(Review Article: Adding handles to optimize manual box handling) (Nogueira 외 3인, 2018)

문헌조사를 통하여 다양한 변수를 활용하여 상자를 변형시킬 시 신체 부하에 미치는 영향에 대하여 조사하고, 상자의 손잡이가 신체적 부하에 미치는 영향을 조사한 연구들에 대하여 정리하였다. 연구들은 다양한 방법으로 실험을 세팅하고 분석하였으며, 결과도 다양하게 나타났다. 특히, 원통 모양의 핸들과 31-51밀리미터 지름, 30도의 경사를 주는 경우 신체부하 감소에 가장 효과가 높은 것으로 나타났다. 손잡이 구멍의 경우 상자가 높은 위치에서 운반될 때 효과가 더 높은 것으로 나타났다. 상자가 중간 위치나 바닥에서 운반될 때 손잡이가 상자의 상단에 위치한 경우 더 높은 신체부하 감소 효과를 보였다.

Paper	Sample size	Occupational activity	Gender	Age ± SD (years)	Weight (kg)	Height (cm)	Manual dominance	Specified work/symptoms
Drury et al. 1980-1	7	Workers	M/F	21 to 31	not reported	not reported	not reported	no
Drury et al. 1980-2	12	Students	M/F	not reported	not reported	not reported	not reported	no
Curry et al. 1982	10	Students	M/F	21.3 ± 1.2	78.8 ± 10.8	179.3 ± 3.9	right handed	no
Doeh et al. 1985	20	Workers	15 women	M: 25.5 ± 3.2 W: 25.9 ± 9.72	52.78.7 ± 9.38 W: 64.3 ± 10.18	M: 160 ± 6.64 W: 164 ± 6.23	not reported	no
Doeh et al. 1986-1	10	Students	2 women	not reported	54.73 ± 6	M: 160	not reported	no
Doeh et al. 1986-2	8	Workers	3 men	W: 57.75	W: 163	W: 163	not reported	no
Drury et al. 1986-1	10	Workers	M/F	21.3 ± 1.2	89.3 ± 20.14	179 ± 8	not reported	no
Drury et al. 1986-2	10	Workers	15 women	M: 25.5 ± 3.2 W: 25.9 ± 9.72	52.78.7 ± 9.38 W: 64.3 ± 10.18	M: 160 ± 6.64 W: 164 ± 6.23	not reported	no
Drury et al. 1986-3	10	Workers	15 women	M: 25.5 ± 3.2 W: 25.9 ± 9.72	52.78.7 ± 9.38 W: 64.3 ± 10.18	M: 160 ± 6.64 W: 164 ± 6.23	not reported	no
Criddle et al. 1991	8	Workers	15 men	W: 25.9 ± 9.72	W: 64.3 ± 10.18	W: 164 ± 6.23	not reported	no
Shih et al. 1997	12	Students	M/F	40.5 ± 10.2	81.8 ± 4.0	174.4 ± 4.1	not reported	no
Shih et al. 1997	12	Students	6 women	19	not reported	not reported	not reported	no
Stavro et al. 1999	10	Workers	6 men	19 ± 4.9	80.1 ± 8.8	180.2 ± 2.2	not reported	no
Stavro et al. 1999	10	Workers	M/F	22.2	89.1 ± 8.4	180.2 ± 2.2	not reported	no
Anders et al. 2001	11	Students	M/F	20.5 ± 2.5	60.6 ± 7.3	170.2 ± 4.7	right handed	no
Jung et al. 2010	20	Students	M/F	24.7 ± 0.7	66.45 ± 0.73	173.75 ± 4.88	not reported	no
Woo et al. 2012	10	Workers	M/F	16.1 ± 8.3	78.3 ± 13.2	170 ± 0.5	right handed	no
Woo et al. 2013	27	Students	M/F	22.87 ± 2.97	72.95 ± 10.15	170 ± 20	right handed	no
Nogueira et al. 2018	21	Workers	M/F	29.19 ± 6.45	81.36 ± 11.36	170 ± 10	right handed	no

〈그림 40〉 문헌 조사에 사용된 논문들의 피험자 특성 예시

2. 마트 실태조사

1) 마트 포장상자 실태조사

(1) 예비 기초 조사

대형마트에서 유통되고 있는 다양한 제품의 포장 상자에 대한 중량 및 단위 제품 중량, 입수량, 치수, 손잡이 적용여부 등의 종합적 현황을 조사하기 위한 실태조사에 앞서, 예비 기초 조사를 통하여 조사 대상 제품군을 분류하였다. 부산 소재의 국내 대형마트 3개 지점의 ‘2019년 연간 상품 입고 수량 자료’와 내부 연구진 및 유통업체 종사 전문가, 마트 노동자와의 논의를 통하여 본 연구의 현장 실태조사에서 중점적으로 조사해야 할 제품군을 선정하였다.

1차로 부산지역 대형마트 3개 지점의 ‘2019년 연간 상품 입고 수량 자료’를 분석하여 마트에서 유통되고 있는 다양한 제품을 농산물, 축산물, 수산물, 가공식품, 가공비식품, 일상용품, 세제, 대형 및 소형 가전, 완구 및 문구, 의류, 잡화, 홈퍼니싱 등 11개 항목으로 대분류군을 선정하였다. 2차로 전문가 논의를 통해 제품 분류 정의가 비슷하거나 모호한 제품군을 통합하여 농, 축, 수산물과 가공식품, 일상용품, 의류 및 잡화, 완구 및 문구, 홈퍼니싱, 대형 및 소형가전의 7개 제품군으로 분류하였다.

최종적으로 연간 상품 입고 수량이 가장 많은 상위 4개 제품군을 도출하고 포장상자의 인력운반 작업이 불가능하거나 보관 기간이 길어 실제 회전률이 낮아 작업 중 인력 운반작업이 비교적 이루어지지 않거나 포장 상자로 유통되지 않는 항목을 제외하여 농, 축, 수산물, 가공식품, 음료, 일상용품 등 4개 항목으로 분류하였다.

(2) 제품 포장상자 현장 실태조사

부산지역 대형마트 4개소에 대하여 2일간 조사하였으며, 본 연구의 예비 기초 조사를 통해 선정된 농, 축, 수산물, 가공식품, 음료, 일상용품 등 4개 분류 제품군을 중심으로 조사되었다.

마트 후방에 적재되어있는 상품 중 상자에 포장되어 인력 운반작업이 이루어지는 제품에 대하여 조사가 이루어졌으며, 포장 상자의 중량과 치수 등 동일 규격의 포장 상자는 제외하고 농, 축, 수산물 15종, 가공식품 42종, 일상용품 23종, 음료 28종, 의류 및 잡화 9종 등 총 117종 제품의 포장 상자를 샘플링하여 조사 되었으며, 측정 누락 등 7종의 제품을 제외한 총 110종의 제품에 대한 포장상자의 중량(kg), 치수(길이 × 너비 × 높이)(mm), 입수량(개), 단위 제품 중량(kg) 등을 조사하였다.

[표 17]은 조사된 제품의 분류와 조사 결과의 내용을 나타내고 있다. [그림 41]은 본 연구에서 시행한 현장 실태 조사의 장면을 나타내며, [그림 42]는 대형마트의 후방에 적재되어 있는 다양한 제품의 포장상자를 나타내고 있다.

<표 19> 조사된 포장상자 분류와 조사항목

	수량(개)	합계(개)
가공식품	42	117
일상용품	23	
농, 축, 수산물	15	
음료	28	
의류 및 잡화	9	
현장 실태 조사 항목	상자 중량 (kg)	
	단위 제품 중량 (kg)	
	입수량 (개)	
	상자 치수 (mm)	
	손잡이 적용 여부	



<그림 41> 마트 포장 상자 현장 실태 조사



〈그림 42〉 마트에서 유통중인 제품의 포장 상자 모습

가) 포장 상자의 중량 분포

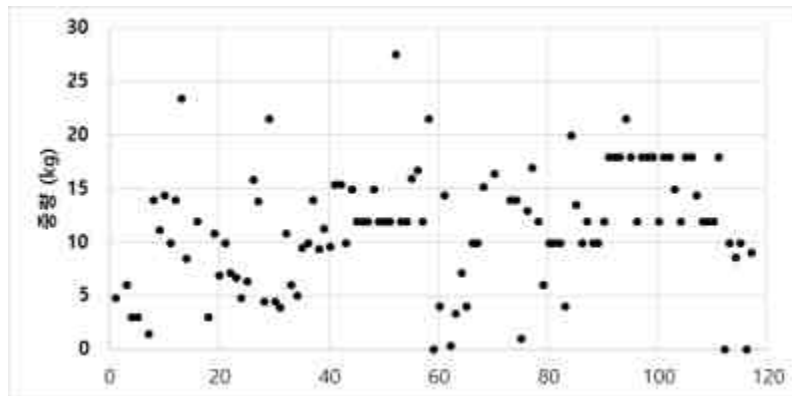
대형 마트 후방에 적재되어 있는 포장 상자의 평균 중량은 11.4kg 이며, 상자에 포장되어진 제품의 평균 단위 제품 중량은 2.47kg, 상자 1개 당 평균 제품 입수량은 14.36개로 조사되었다. [표 18]은 본 연구의 현장 실태 조사에서 측정된 포장상자의 기술적 통계 결과를 나타내고 있다.

<표 20> 조사된 대형마트 포장 상자 중량 정보(평균값)

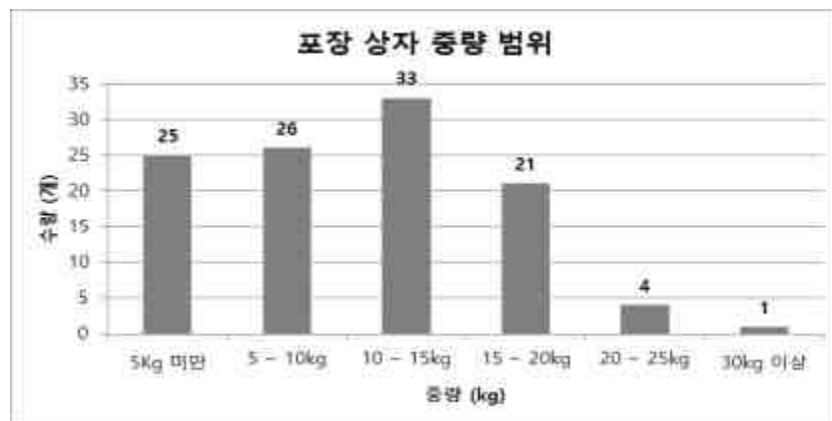
	Mean (SD)	비고
중량 (kg)	11.4 (5.5)	• 중량: 상자의 중량 (kg) • 단위 제품 중량: 상자에 포장되는 제품 한 개에 대한 중량 (kg) • 입수량: 상자에 포장되는 제품 한 개 (개)
단위 제품 중량 (kg)	2.47 (10.4)	
입수량 (개)	14.36 (19.8)	

포장 상자의 중량 범위는 5kg 미만에서 30kg 이상의 제품 포장 상자에 이르기까지 다양한 중량 분포를 보였다. 특히, 대부분의 포장 상자가 5kg에서 20kg의 범위에 분포되어 있었다(그림 43).

5 ~ 10kg 의 상자가 26개, 10 ~ 15kg의 상자가33개, 15 ~ 20kg의 상자가 21개로써, 5kg이상, 20kg 미만의 포장 상자가 전체 72%를 차지하였으며, 5kg 미만의 포장상자는 23%, 20kg 이상의 포장상자는 약 5%를 차지하였다(그림 44).



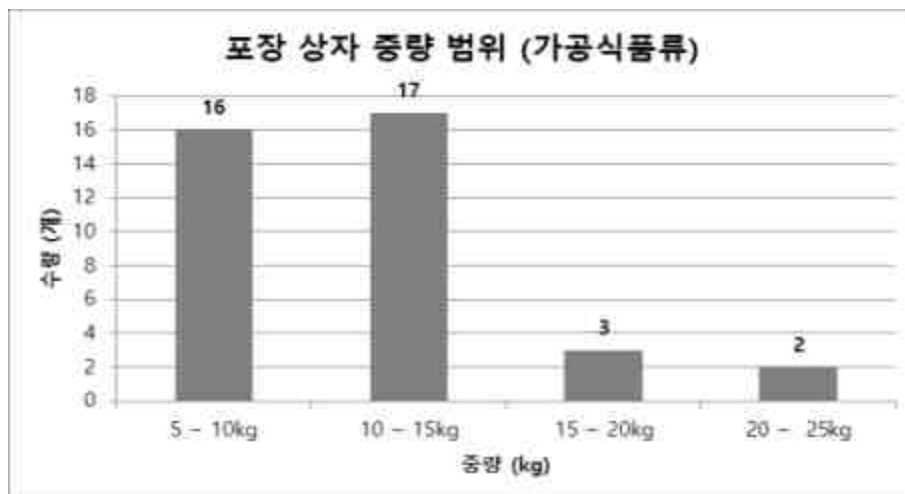
〈그림 43〉 제품 포장 상자의 중량 분포(전체)



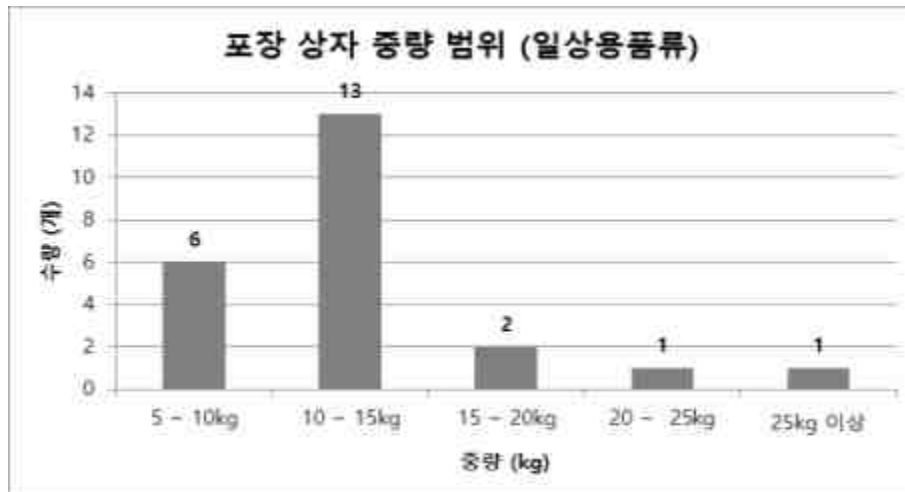
〈그림 44〉 제품 포장 상자의 중량 범위 별 수량(전체)

제품 분류별 포장 상자의 중량 범위를 살펴보면, 가공식품류는 냉동식품, 양념, 즉석식품, 면, 분말류 등 38종의 제품의 포장 상자가 측정되었으며, 평균 중량 10kg (SD: 5.03)으로 조사되었다. 5 ~ 10kg의 상자가 16개, 10 ~ 15kg의 중량 범위의 상자가 17개로 전체 약 87%에 해당하여 대부분의 가공식품 상자가 5 ~ 15kg의 중량임을 알 수 있으며, 15 ~ 25kg의 포장 상자가 5개로 다른 제품군에 비하여 고중량 포장 상자가 많이 분포하는 것을 알 수 있다(그림 45).

세탁 세제나 주방 세제, 헤어 케어 용품, 화장품, 휴지, 물티슈 등의 제품으로 이루어진 일상용품류는 23종의 포장 상자가 측정되었으며, 평균 중량 11kg (SD: 6.26)으로 나타났다. 특히 10 ~ 15kg의 포장 상자가 13개로 약 57%를 차지함으로써, 대부분의 제품 포장 상자가 10 ~ 15kg의 중량 범위에 있었다. 10kg 미만의 포장 상자도 다수 존재함을 알 수 있다(그림 46).



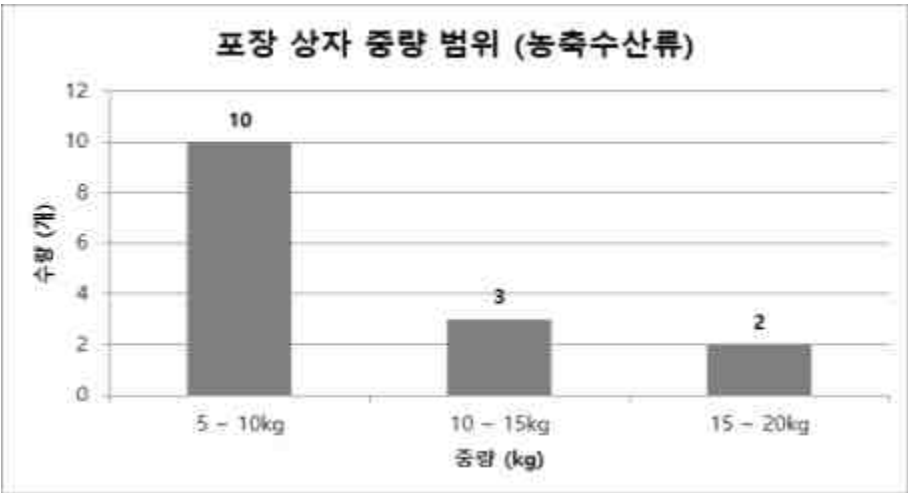
〈그림 45〉 가공식품류 포장 상자의 중량 범위 별 수량



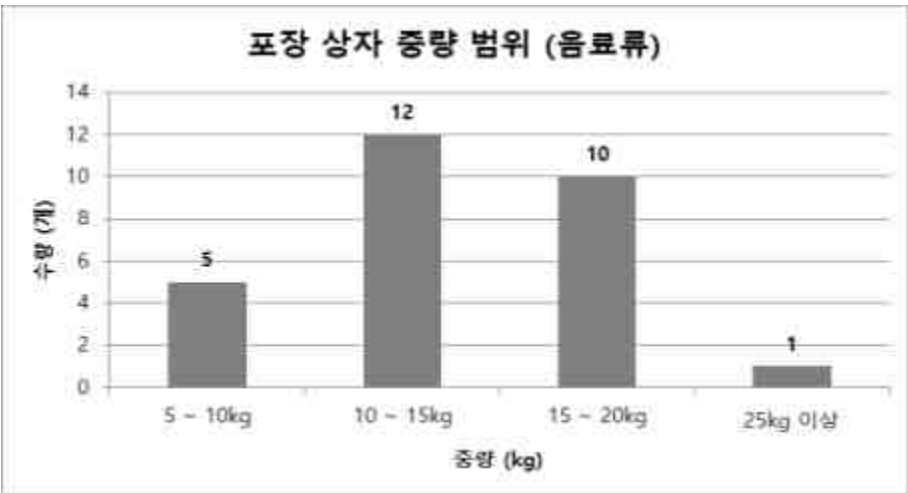
〈그림 46〉 일상용품류 포장 상자의 중량 범위 별 수량

농·축·수산품류의 경우 대부분의 제품이 포장 상자에 납품되지 않고 플라스틱 상자에 넣어져 납품되기 때문에 많은 제품이 측정 대상에서 제외되었다. 일부 포장 상자로 납품되는 쌀, 계란, 채소류 등 15종 제품이 측정되었으며, 평균 중량 11kg (SD: 4.52)으로 조사되었다. 농·축·수산품류는 대부분의 포장상자가 5 ~ 10kg 중량 범위를 나타내었다(그림 47).

음료류의 제품 포장상자는 총28종의 제품의 포장 상자가 조사되었으며 평균 중량 14kg(SD: 5.2)로 4가지 제품군중 가장 높은 결과를 보였다. 특히, 10 ~ 15kg의 제품 포장상자가 12개 조사되었으며, 15kg 이상의 포장 상자도 11개 조사되어 4개 제품군 중 가장 높은 중량 분포를 나타내고 있다(그림 48).



〈그림 47〉 농축수산물류 포장 상자의 중량 범위 별 수량



〈그림 48〉 음료류 포장 상자의 중량 범위 별 수량

나) 포장 상자의 치수 분포

포장 상자의 치수 정보를 조사하였다. 포장 상자의 치수는 길이, 너비, 높이를 측정하였다. ‘길이’는 상자 윗면의 긴 모서리의 치수를 의미하고 ‘너비’는 상자 윗면의 짧은 모서리의 치수를 의미하며 ‘높이’는 상자의 수직 방향의 모서리를 의미하는데 이는 상자의 길이와 너비를 제외한 모서리로 정의하였다.

조사 대상 마트 후방에 적재되어 인력 운반 작업 대상 상자를 샘플링 하여 측정하였으며, 동일 규격의 제품은 제외하고 4개 제품군 117개 제품의 포장상자의 치수를 측정하였다. 포장 상자의 평균 길이는 430mm (SD: 101.9), 평균 너비는 315mm (SD: 81.1), 높이는 285mm (103.7)로 조사되었다(표 19).

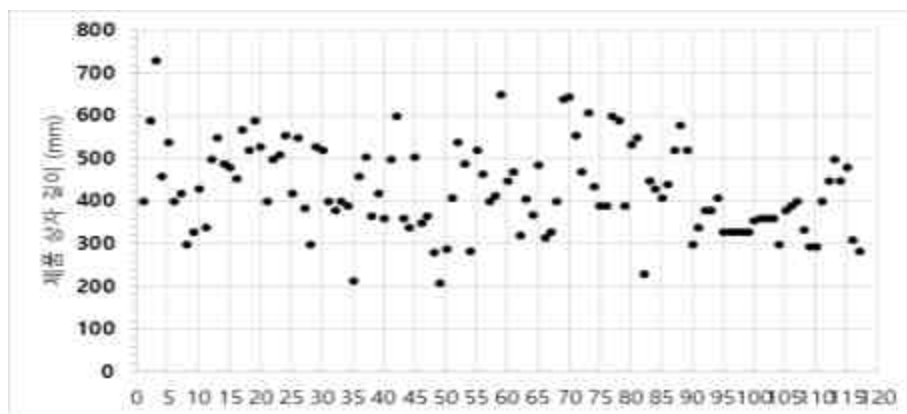
<표 21> 조사 된 포장 상자 치수 정보(평균값)

	Mean (SD)	비 고
길이 (mm)	430 (101.9)	
너비 (mm)	315 (81.1)	
높이 (mm)	285 (103.7)	

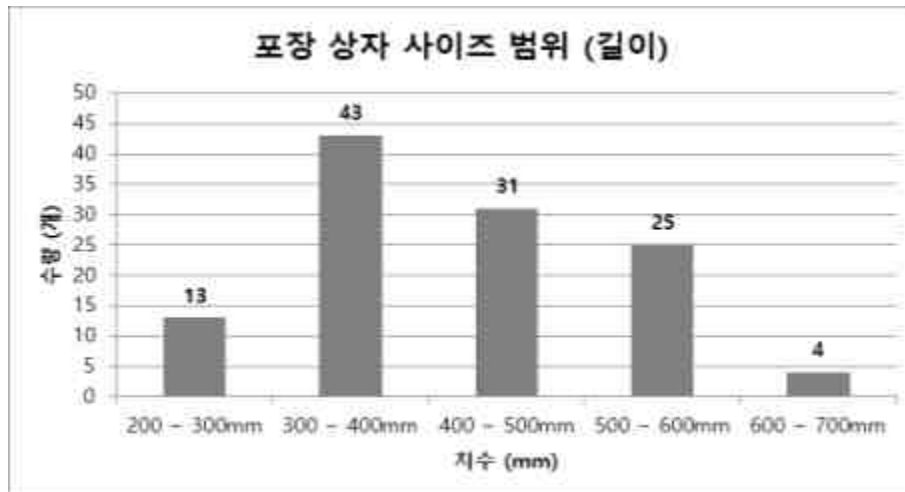
(가) 포장 상자 길이 치수 범위

포장 상자의 길이는 약 200mm에서 700mm 까지 다양하게 분포되어 있었다. 대부분의 포장 상자의 길이는 300mm에서 600mm 의 범위에 분포되어 있으며, 길이가 600mm 이상의 포장 상자는 모두 의류 및 잡화류의 포장 상자였다(그림 49).

전체 조사 제품군 포장상자에서 300 ~ 400mm의 길이 범위에 43개, 400 ~ 500mm의 길이 범위에 31개, 500 ~ 600mm의 길이 범위에 25개의 제품에 대한 포장상자가 조사되었으며, 이는 전체 조사 수량의 약 85%를 차지하는 수량으로 대부분의 포장 상자가 이 범위에 해당된다. 특히 300 ~ 400mm 길이 범위에 포장 상자의 수량이 전체 조사 수량 대비 약 37%로 가장 많은 것을 확인 할 수 있다(그림 50).



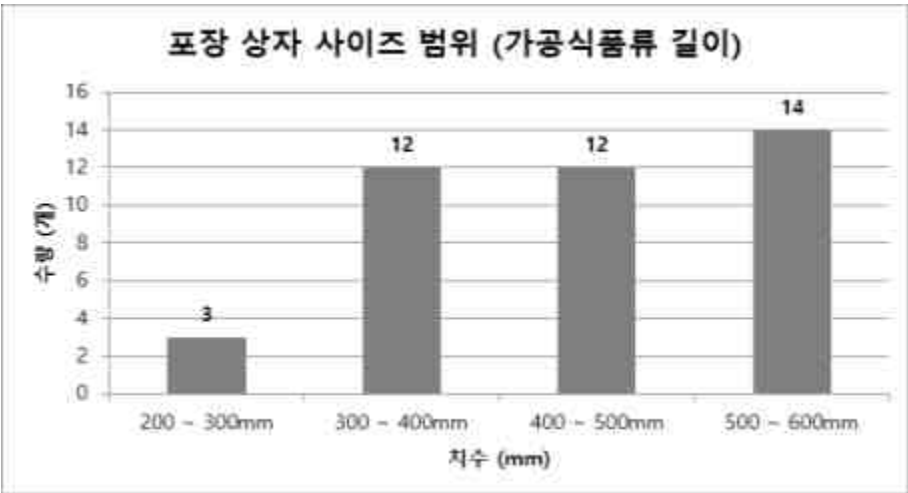
〈그림 49〉 제품 포장 상자의 길이 치수 분포(전체)



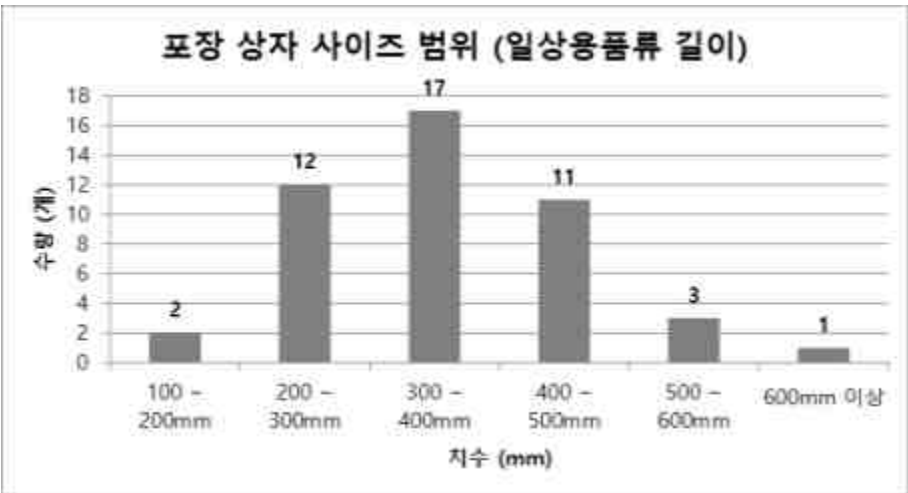
〈그림 50〉 제품 포장 상자의 길이 범위 별 수량(전체)

가공식품류의 포장 상자의 평균 길이 치수는 459mm(SD: 97.5)로 조사되었으며, 범위를 살펴보면 300 ~ 400mm 의 길이 범위가 12개, 400 ~ 500mm의 길이 범위가 12개, 500 ~ 600mm 의 길이 범위가 14개로 300 ~ 600mm의 길이 범위에 고르게 분포되어 있었다. 하지만 500 ~ 600mm의 포장 상자의 경우 대부분 건어물(김, 미역 등)과 면류 상자가 대부분을 차지하여 실제 상자의 중량은 3 ~ 6kg으로 조사되었다(그림 51).

일상용품류의 경우 포장 상자의 평균 길이 치수는 408mm(SD: 99)로 조사 되었으며, 범위는 300 ~ 400mm 사이의 제품 포장 상자가 17개로 가장 많은 수량이 조사 되었다. 다음으로 200 ~ 300mm, 400 ~ 500mm 의 범위의 포장상자가 각 12개, 11개로 나타났다(그림 52).



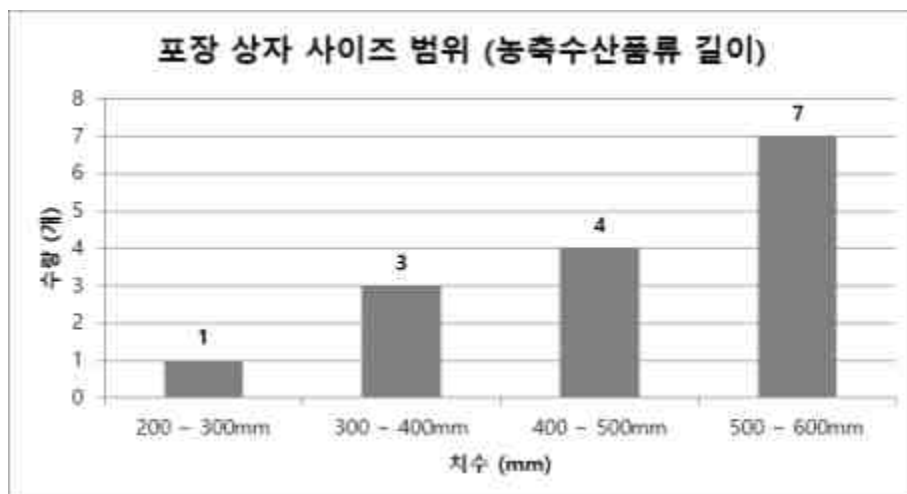
〈그림 51〉 가공식품류 포장 상자의 길이 범위 별 수량



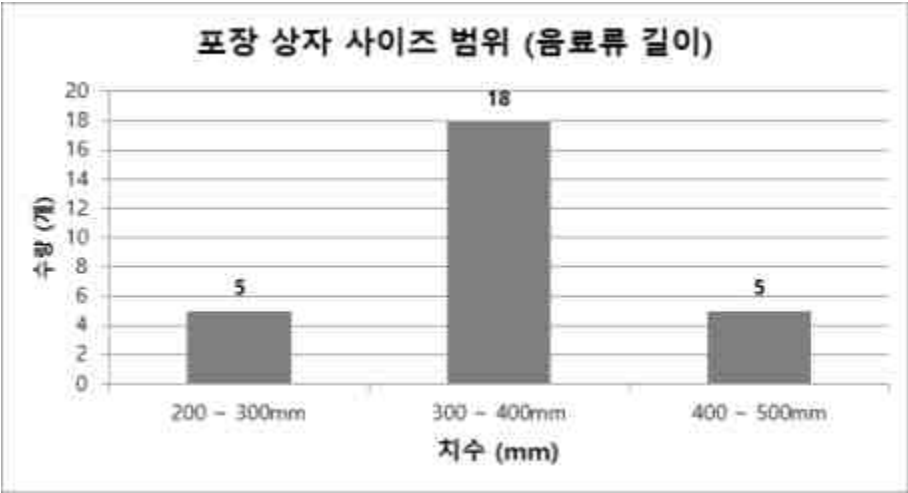
〈그림 52〉 일상용품류 포장 상자의 길이 범위 별 수량

농·축·수산물류의 경우 포장 상자로 납품되는 쌀, 계란, 채소류 등 15종 제품이 측정되었으며, 평균 길이 치수 468mm(SD: 97.4)로 조사되었다. 농·축·수산물류는 대부분의 포장상자가 500 ~ 600mm의 길이 치수 범위에 해당되는 것을 알 수 있다(그림 53).

음료류의 제품 포장상자는 총28종의 제품의 포장 상자가 조사되었으며 평균 길이 치수 363mm(SD: 55.76)로 4가지 제품군중 가장 작은 것을 확인할 수 있으며, 300 ~ 400mm의 제품 포장 상자가 18개, 200 ~ 300mm의 길이 치수 범위와 400 ~ 500mm 길이 치수 범위의 포장 상자가 각 5개로 조사되었으며, 대부분의 포장 상자가 300 ~ 400mm 길이 치수 범위에 해당되는 것을 알 수 있다(그림 54).



〈그림 53〉 농축수산물류 포장 상자의 길이 범위 별 수량



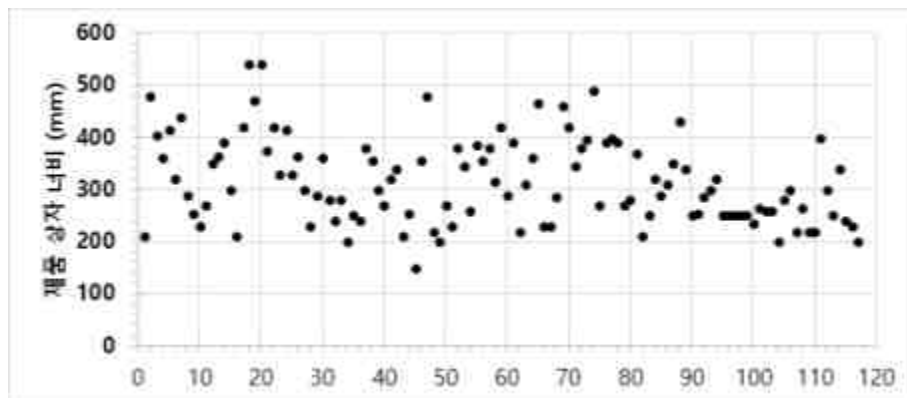
〈그림 54〉 음료류 포장 상자의 길이 범위 별 수량

(나) 포장상자 너비 치수 범위

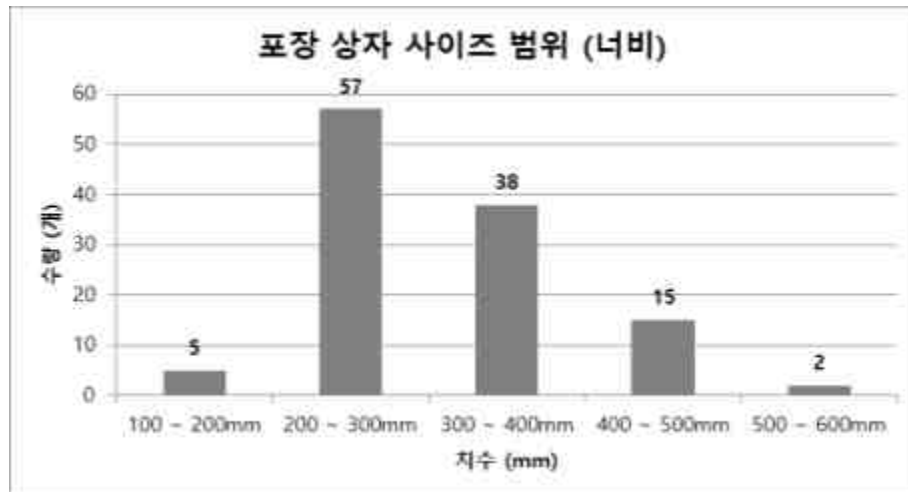
포장 상자의 너비는 약 200mm에서 550mm 까지 다양하게 분포되어 있었다. 대부분의 포장 상자의 너비 치수는 조사 전체 대상의 약 86%의 제품 포장 상자가 200mm에서 400mm 의 범위에 분포되어 있다(그림 55).

전체 조사 제품군 포장상자에서 200 ~ 300mm의 너비 치수 범위에 57개, 300 ~ 400mm의 너비 치수 범위에 38개, 400 ~ 500mm의 너비 치수 범위에 15개의 포장상자가 조사되었으며, 이는 전체 조사 수량의 약 94%를 차지하는 수량으로 대부분의 포장 상자가 이 범위에 해당된다.

특히 200 ~ 300mm 너비 치수 범위에 포장 상자의 수량이 전체 조사 수량 대비 약 52%로 가장 많은 것을 확인 할 수 있다(그림 56).



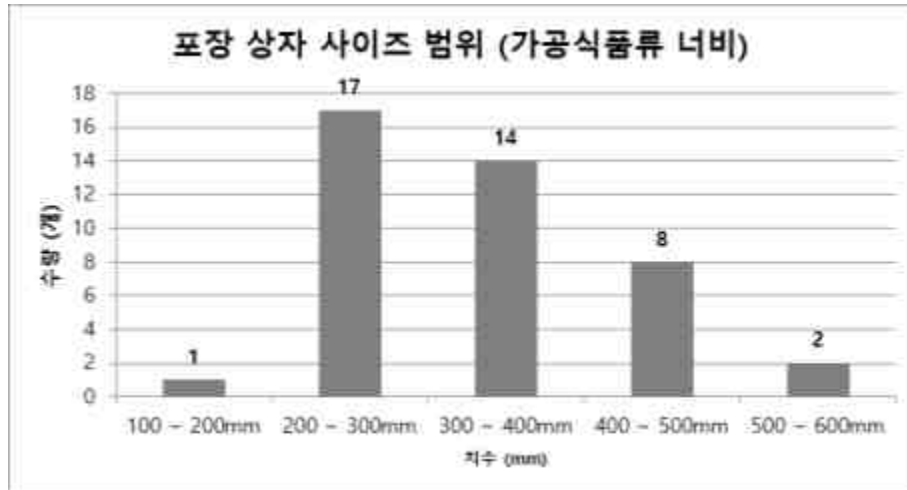
〈그림 55〉 제품 포장 상자의 너비 치수 분포(전체)



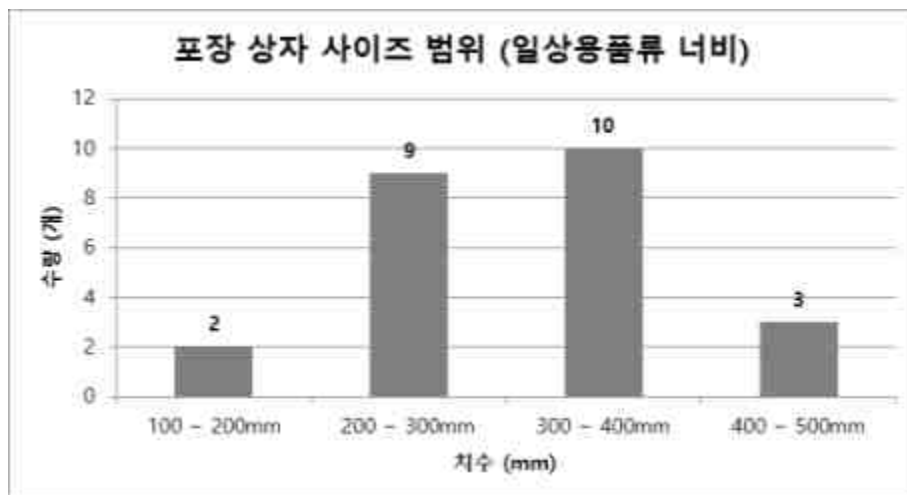
〈그림 56〉 제품 포장 상자의 길이 범위 별 수량(전체)

가공식품류의 포장 상자의 평균 너비 치수는 336mm(SD: 84.9)로 조사되었으며, 그 범위는 200 ~ 300mm 의 길이 범위가 17개, 300 ~ 400mm 의 길이 범위가 14개, 400 ~ 500mm 의 길이 범위가 8개로 200 ~ 400mm의 길이 범위에 전체 약 73%를 차지하며 분포되어 있었다. 너비 400mm 이상의 포장 상자는 대부분 건어물(김, 미역, 다시마 등) 포장 상자가 대부분을 차지하여 실제 상자의 중량은 3 ~ 6kg으로 비교적 가벼운 포장 상자로 나타났다(그림 57).

일상용품류의 경우 포장 상자의 평균 길이 치수는 315mm(SD: 86.4)로 조사 되었으며, 너비 치수 범위는 200 ~ 300mm 사이의 제품 포장 상자가 9개, 300 ~ 400mm 너비 치수 범위에 10개로 조사되었다. 이는 일상용품류 제품 포장 상자의 약 80%를 차지함으로써 대부분의 포장 상자가 200 ~ 400mm 의 너비 치수 범위에 분포함을 알 수 있다(그림 58).



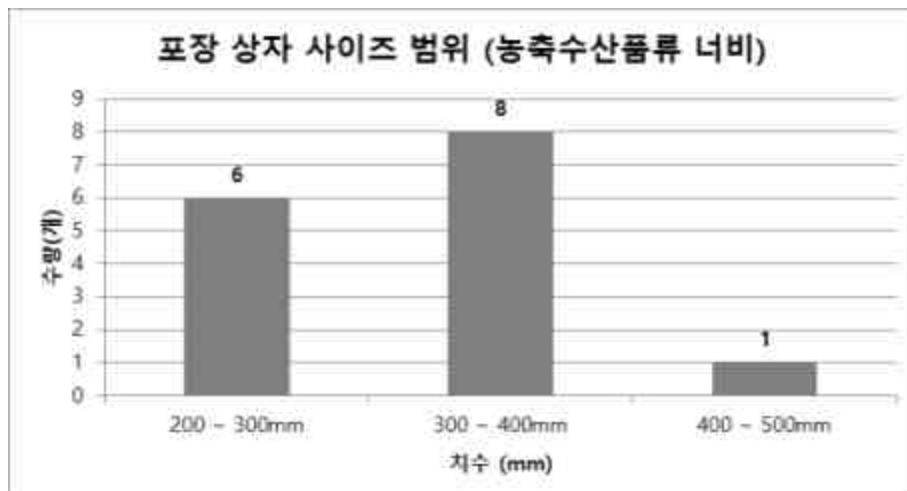
〈그림 57〉 가공식품류 포장 상자의 너비 범위 별 수량



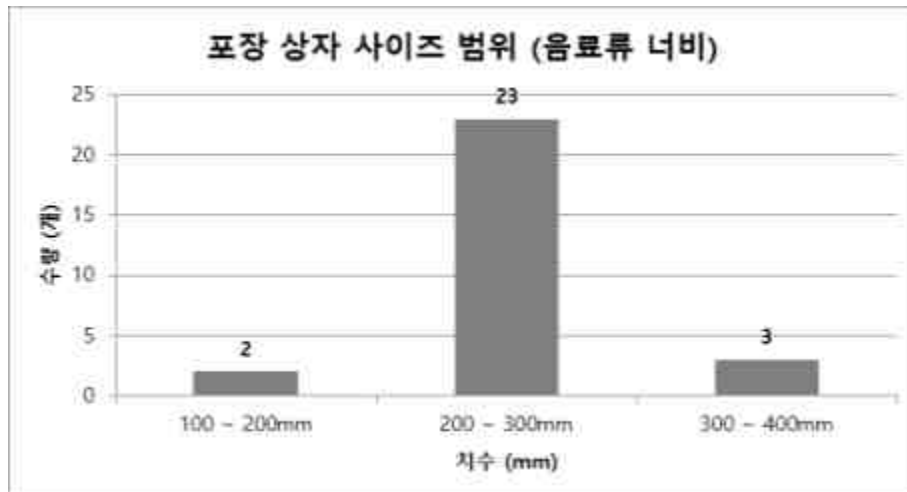
〈그림 58〉 일상용품류 포장 상자의 너비 범위 별 수량

농·축·수산물류의 경우 평균 너비 치수 325mm(SD: 61.3)로 조사되었다. 농·축·수산물류는 대부분의 포장상자가 300 ~ 400mm의 너비 치수 범위에 해당되는 것을 알 수 있다(그림 59).

음료류의 제품 포장상자는 평균 너비 치수 262mm(SD: 42.24)로 4가지 제품군중 너비가 가장 작은 것을 확인 할 수 있으며, 200 ~ 300mm의 제품 포장 상자가 23개로 대부분의 포장 상자가 해당되는 것을 알 수 있다(그림 60).



〈그림 59〉 농축수산물류 포장 상자의 너비 범위 별 수량



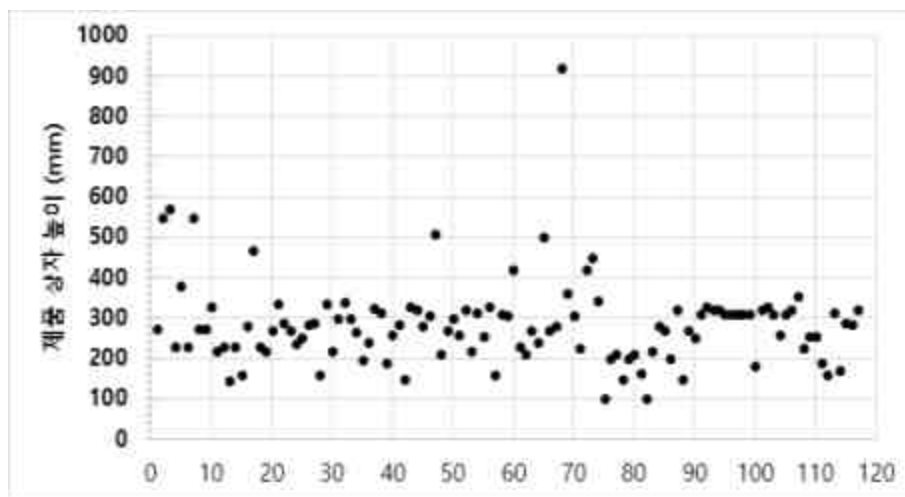
<그림 60> 음료류 포장 상자의 너비 범위 별 수량

(다) 포장상자 높이

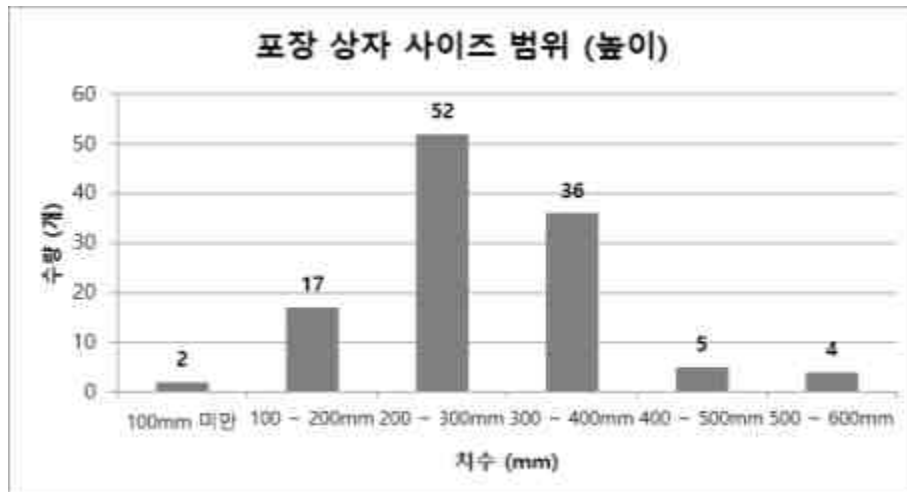
포장 상자의 높이는 평균 285mm(SD: 103.7)로 조사되었으며, 약 100mm에서 900mm 까지 다양하게 분포되어 있었다. 특히 200 ~ 400mm 높이 치수 범위의 상자가 전체 조사 대상의 약 80%를 차지하였으며, 이중 약 60%가 200 ~ 300mm 의 높이 치수 범위에 해당되는 포장 상자이다(그림 61).

전체 조사 제품군에서 200 ~ 300mm의 높이 치수 범위에 52개, 300 ~ 400mm의 높이 치수 범위에서 36개의 포장상자가 조사되었다.

특히 200 ~ 300mm 너비 치수 범위에 포장 상자의 수량이 전체 조사 수량 대비 약 47.2%로 가장 많은 것을 확인 할 수 있다(그림 62).



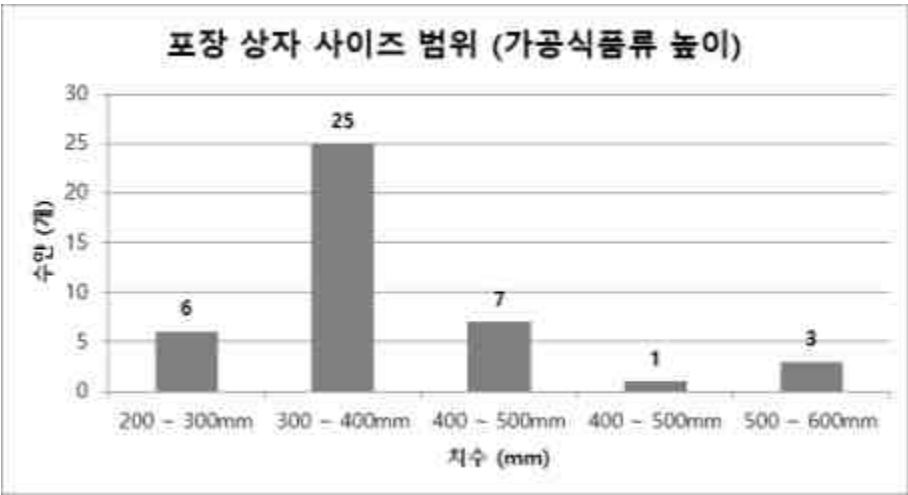
〈그림 61〉 제품 포장 상자의 높이 치수 분포(전체)



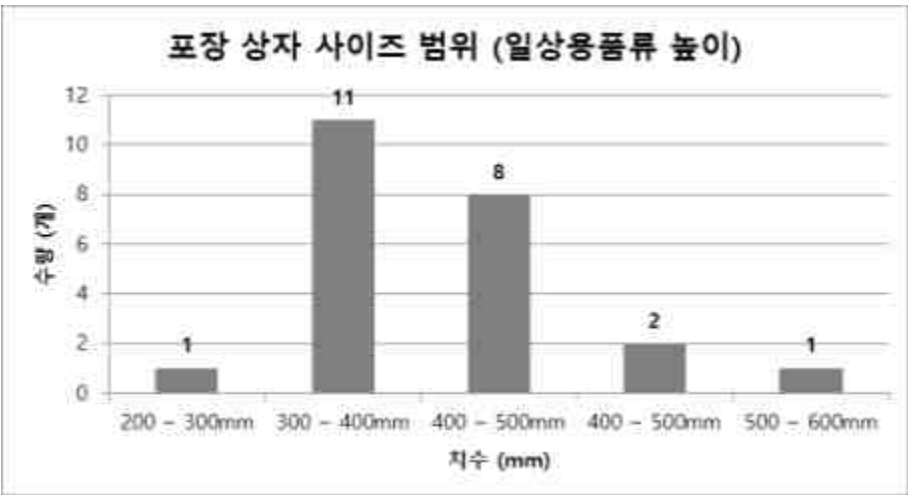
〈그림 62〉 제품 포장 상자의 높이 범위 별 수량(전체)

가공식품류의 포장 상자의 평균 높이 치수는 285mm (SD: 97.5)로 조사 되었으며, 300 ~ 400mm 의 길이 범위가 25개로 가장 많은 분포를 보이며 대부분의 포장 상자가 300 ~ 400mm 의 높이 범위에 있는 것을 알 수 있다(그림 63).

일상용품류의 경우 포장 상자의 평균 높이 치수는 299mm(SD: 82.8)로 조사 되었으며, 높이의 치수 범위는 300 ~ 400mm 사이의 제품 포장 상자가 11개로 가장 많은 수량이 조사 되었다. 다음으로 400 ~ 500mm의 범위의 포장상자가 각 8개로 나타났다(그림 64).



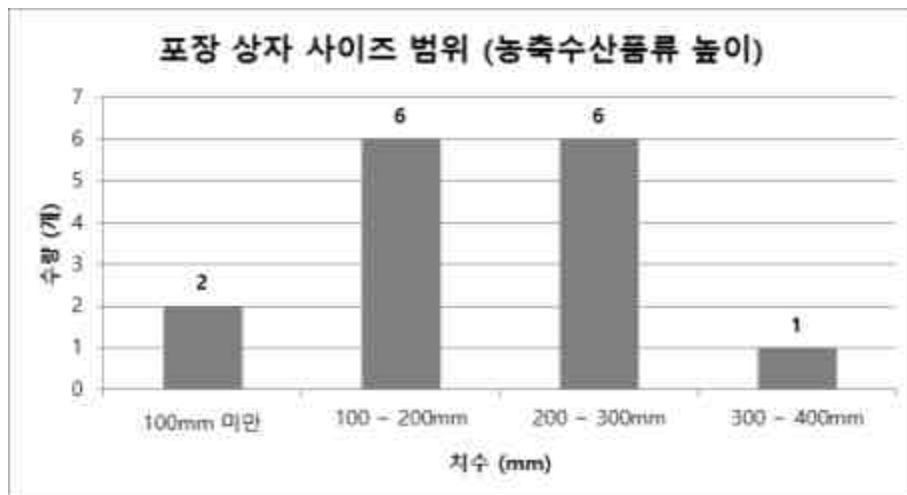
〈그림 63〉 가공식품류 포장 상자의 높이 범위 별 수량



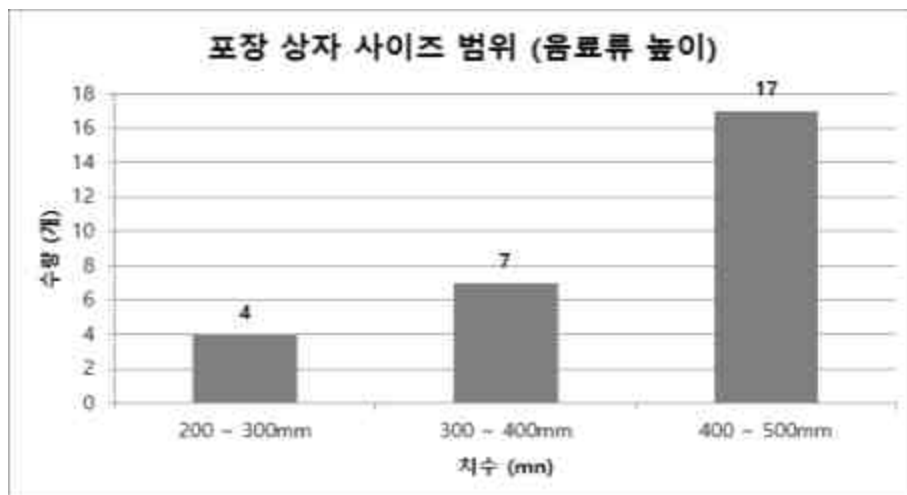
〈그림 64〉 일상용품류 포장 상자의 높이 범위 별 수량

농·축·수산품류 제품의 포장 상자는 평균 높이 치수 203mm (SD: 61.8)로 조사되었다. 대부분의 포장상자가 100 ~ 300mm의 높이 치수 범위에 해당되는 것을 알 수 있다(그림 65).

음료류의 제품 포장상자는 평균 높이 283mm (SD: 52.46)로 조사되었다. 200 ~ 300mm 높이 범위에 4개, 300 ~ 400mm의 높이 범위에 7개, 400 ~ 500mm 높이 범위의 포장 상자가 17개로 조사되었다(그림 66).



〈그림 65〉 농축수산물류 포장 상자의 높이 범위 별 수량



〈그림 66〉 음료류 포장 상자의 높이 범위 별 수량

(3) 제품 포장상자 손잡이 적용 실태조사

부산지역 대형마트 4개소에 대하여 2일간 조사가 진행되었으며, 본 연구의 예비 기초 조사를 통해 선정된 농, 축, 수산품, 가공식품, 음료, 일상용품 등 4개 분류 제품군을 중심으로 조사되었다.

마트 후방에 적재되어있는 제품 포장 상자 중 농, 축, 수산품류 15종, 가공식품류 42종, 일상용품류 23종, 음료류(주류 포함) 28종, 기타 9종 등 총 117종 제품의 포장 상자를 샘플링하여 조사하였다.

본 실태 조사를 통해 조사된 117개의 제품 포장 상자 중 35개의 상자에 손잡이가 적용되어 있었으며 이는 약 30%에 해당한다. 손잡이 적용 현황을 각 제품군 별로 살펴보면, 가공식품류 42개 중 7개 (17%), 일상용품류 23개 중 2개 (9%), 농축수산물류 15개 중 5개 (33%), 음료류 28개 중 21개 (75%)로 조사되어 음료류의 대부분의 제품 포장 상자에 손잡이가 적용되어 유통되고 있음을 알 수 있다.

제품 포장용 상자에 적용된 손잡이의 평균 사이즈는 평균 너비 80mm(± 2.2), 길이 40.9mm(± 2.88)로 조사되었다.

제품 포장 상자에 적용된 손잡이는 모두 핸드홀 형태의 타원형 형태의 손잡이가 주류를 이루었으며, 손잡이의 윗면 절개선을 상자 안쪽으로 접어 넣어 손바닥 접촉 스트레스를 최소화하는 형태의 손잡이와 채소나 과일류 등의 포장 상자에서는 제품 신선도를 유지하기 위한 공기순환 구멍의 역할과 손잡이 역할을 동시에 할 수 있는 원형 구멍 형태의 손잡이도 적용되어 있다. [그림 67]은 다양한 형태로 적용되어 있는 포장 박스의 손잡이를 나타낸다.

제품 포장 상자의 손잡이의 배열적 위치를 살펴보면, 모든 상자의 측면에 양쪽으로 손잡이가 배치되어 있으며, 그 높이 역시 상자 측면의 상부와 가운데, 하부에 다양하게 설치되어 있었다. 상자의 측면 상부에

손잡이가 설치된 포장상자가 10개, 측면 가운데 설치되어 있는 제품 포장 상자가 22개, 하부에 설치되어 있는 포장 상자가 1개 조사되어 대부분의 제품 포장 상자가 측면부 가운데에 손잡이가 위치되어 있음을 알 수 있다.



〈그림 67〉 제품 포장 상자에 설치된 다양한 형태의 손잡이

2) 상자 손잡이 선호도 조사

상자 손잡이 선호도 조사는 2020년 6월 8일에서 9일, 17일 총 3일간 부산 지역 대형마트 1개소에서 진행 되었다. 설문에 참여한 응답자는 대형마트측과 마트노조의 협조를 구해 대형마트에서 근무중인 노동자를 대상으로 총 49명 모집되었으며, 총 49명(남성: 3명, 여성: 43명)이 본 설문에 참여하였다. 여성 응답자가 전체 응답자의 약 94%를 차지하여 대부분의 응답자가 여성이었으며, 설문 응답자의 평균 나이는 남성이 46세(± 12.3), 여성이 54.1세(± 5.9), 평균 신장은 남성이 1776.7(± 60) 여성이 1584.4 mm (± 39), 평균 근무 경력은 남성이 16.7년(± 7.7), 여성이 12.2년(± 4) 로 조사되었다. [표 20]은 본 연구의 상자 손잡이 선호도 조사의 응답자의 기술적 통계를 나타내며, [그림 68]은 상자 손잡이 선호도 조사의 모습을 나타내고 있다.

<표 22> 손잡이 선호도 조사 응답자 기술적 통계

		Mean	Standard Deviation
Age (years)	남성	46	12.3
	여성	54.1	5.9
Height (mm)	남성	1776.7	60.2
	여성	1584.4	38.8
Job experience (Year)	남성	16.7	7.7
	여성	12.2	4.0



〈그림 68〉 손잡이 선호도 조사

계층적분석과정 (AHP: Analytic Hierarchy Process)은 다기준 의사결정의 일환으로 Thomas L. Satty에 의해 고안되었으며, 응답의 신뢰도를 확보하기 위하여 설문 수행자의 응답 일치성을 파악하고 기준 및 대안 간 중요도를 평가하는데 사용한다. 본 연구에서는 손잡이 형태에 대한 선호도 조사와 위치 각도에 관한 선호도 조사 2가지를 수행하였으며 각각에 대한 분석은 다음과 같이 하였다.

AHP 설문은 다수의 설문 결과를 종합하여 매트릭스를 구성하고 정규화한 후, 통계 분석을 통해 산출한 가중치를 통해 의사결정에 필요한 유의미한 데이터를 제공한다. 상자 손잡이 선호도 조사 결과 종합 방법은 응답자 각각의 데이터를 종합하여 하나의 매트릭스를 구성하는 기하평균 방법으로 하였으며, 기하평균으로 구한 매트릭스 내 속성의 상대적 중요도를 계산한다. AHP는 주요 고유값(eigenvalue)의 계산을 통해 고유벡터(eigenvector)를 구한 값을 가중치로 하는데, 이 때 본 연구에서는 행렬의 가장 큰 고유값을 구하는데 많이 사용되는 거듭제곱방법(Power method) 기법을 사용하였다. 거듭제곱방법은 행렬을 곱하여 고유값을 근사화하는 방법 중 하나이며, 행렬 곱을 반복할수록 근사치를 얻을 수 있다. 근사한 고유값을 통해 고유벡터를 계산하고 최종적으로 형태와 위치, 각도에 대한 상자 손잡이 선호도 순위를 파악하였다.

AHP 설문은 응답자의 응답에 대한 일관성에 따라 결과가 크게 달라질 수 있다. 따라서 일관성을 분석하여 결과 분석에 반영하는데, 이 때 응답에 관한 신뢰도는 일관성 비율(Consistency Ratio(CR))을 통해 판단한다. 일관성 비율은 일관성 지표(Consistency Index(CI))를 랜덤 지표(Random Index(RI))로 나누어 구한다. 완벽하게 일관된 응답을 한 경우 일관성 지표는 항상 0이 되어야 하나 인간이 완벽하게 일관된 판단

을 하는 것은 꽤 어려운 일이기 때문에 작은 불일치 값을 허용한다. 일반적으로 일관성 비율이 0.1 이하일 경우 응답 결과에 일관성이 있다고 판단한다. 그러나 조사 대상이 AHP 기법에 관한 이해도가 낮은 비전문가를 대상으로 한 경우는 일관성 비율을 0.2까지 허용하여 결과에 반영한다.

상자 손잡이 선호도 조사에서는 손잡이 형태 결과와 위치 각도 결과를 각각 분석하였으며, 일관성 판단 기준을 0.2로 하여 일관성 지표 0.2 이상의 값을 갖는 응답 결과는 최종 결과 도출에서 제외하였다.

(가) 손잡이 형태 선호도 조사 결과

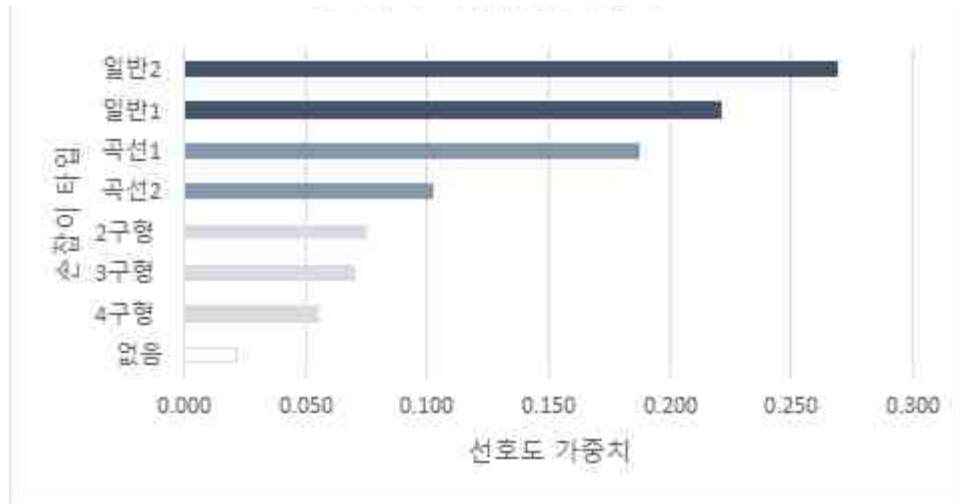
손잡이 형태 AHP 결과는 일관성 비율 0.2 이상인 11명과 일부 항목에 대한 응답이 누락된 3명을 제외한 35명의 응답을 대상으로 분석하였다.

선호도 가중치는 각 매트리스 행의 합계를 총 합계로 나누어 정규화한 값으로 모든 손잡이 형태에 대한 가중치 합은 1이다. 따라서 선호도 가중치 값이 높을수록 해당 형태의 손잡이를 선호한다는 것을 나타낸다(표 21).

손잡이 형태 AHP 결과를 보면 일반2, 일반1, 곡선1, 곡선2, 2구형, 3구형, 4구형, 없음 순으로 선호하는 것을 알 수 있다. 일반2, 일반1의 선호도 가중치의 합은 약 0.5로 절반에 가까운 선호도를 보이고 있다. 일반 손잡이를 압도적으로 선호하는 경향이 있음을 확인할 수 있다. 또한 손잡이가 없는 경우의 선호도 가중치 값은 0.021로 가장 작게 나타나는데, 이는 상자를 들어 올리고 내릴 때 손잡이가 있는 것을 선호한다는 반증이 된다(그림 69).

<표 23> 손잡이 형태 선호도 조사 결과

	가중치 평균	순위
일반2	0.27	1
일반1	0.22	2
곡선1	0.18	3
곡선2	0.11	4
2구형	0.08	5
3구형	0.08	6
4구형	0.06	7
없음	0.02	8



<그림 69> 손잡이 형태 선호도 조사 결과

(나) 손잡이 위치×각도 선호도 조사 결과

손잡이 위치 각도 AHP 결과는 일관성이 떨어지는 18명의 데이터를 제외한 31명의 응답을 대상으로 분석하였다.

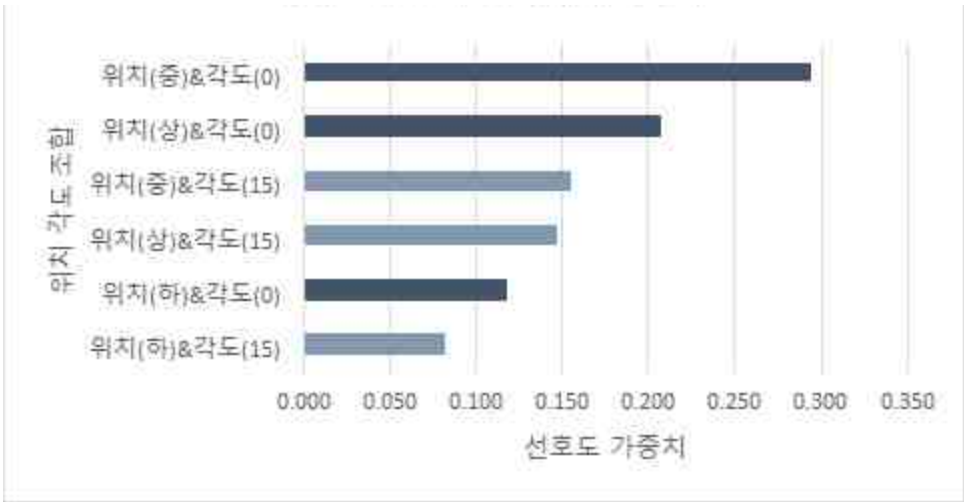
손잡이의 배열적 위치와 각도에 대한 선호도 순위는 위치(중)&각도(0), 위치(상)&각도(0), 위치(중)&각도(15), 위치(상)&각도(15), 위치(하)&각도(0), 위치(하)&각도(15) 순으로 분석되었다(그림 70).

특히, 위치(중)&각도(0)과 위치(상)&각도(0)의 경우 선호도 가중치 합이 0.5로 선호도 절반에 해당한다 (표 22).

동일한 각도에서 위치 선호도를 비교해보면 위치는 중, 상, 하 순으로 선호함을 나타낸다. 또한 동일한 위치에서 각도는 0도를 15도보다 선호하였다. 그러나 손잡이 위치가 하부에 위치할 때 모든 각도는 손잡이가 중, 상에 위치할 때 모든 각도보다 선호도가 낮은 것으로 보아 손잡이 각도보다 위치에 대한 선호도가 크다고 판단된다.

<표 24> 손잡이 위치/각도 선호도 조사 결과

위치×각도 조합	가중치 평균	순위
위치(중)&각도(0°)	0.27	1
위치(상)&각도(0°)	0.22	2
위치(중)&각도(15°)	0.149	3
위치(상)&각도(15°)	0.145	4
위치(하)&각도(0°)	0.13	5
위치(하)&각도(15°)	0.08	6



<그림 70> 손잡이 위치 각도 선호도 조사 결과

3. 생체역학 실험

1) 분산분석 결과

상자의 무게와 손잡이 유무, 손잡이 형태, 위치와 각도가 종속변인에 미치는 인체 부하에 대한 영향을 분석하기 위하여 분산분석을 실시하였다.

허리 굽힘 모멘트는 상자의 무게($p<.001$)와 손잡이 유무($p<.001$), 손잡이 각도($p<.001$)의 주효과에 대하여 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 또한, 각도 $\times$ 위치($p=.005$)의 교호작용에 대하여 통계적으로 유의한 차이가 있는 것을 알 수 있다 (표 22).

손목 굽힘 각도는 손잡이의 유무($p<.001$), 손잡이의 형태($p<.001$), 손잡이의 위치($p=.045$)와의 주효과가 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 각도 $\times$ 위치($p<.001$)의 교호작용에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (표 22).

손목 틀어짐 각도에서는 손잡이 위치($p<.001$), 손잡이 각도($p<.001$)의 주효과에서 통계적으로 유의한 차이가 있으며, 각도 $\times$ 위치($p<.001$)의 교호작용에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있다 (표 23).

상자에 설치된 손잡이의 유무와 손잡이의 위치와 각도에 따라 인체에 걸리는 부하의 차이가 있는 것을 알 수 있다. 또한 상자의 무게 차이에 대한 손잡이 형태, 위치, 각도의 영향은 없으며, 손잡이 형태별 위치, 각도 역시 영향이 없는 것으로 나타났다.

〈표 25〉 분산분석 결과

변인	p-value											
	손잡이 유무	무 게	손잡이 형 태	손잡이 위 치	손잡이 각 도	유무 × 무게	무게 × 형태	무게 × 위치	무게 × 각도	형 태 × 위치	형 태 × 각도	위 치 × 각도
허리 굽힘 모멘트	<.001*	.002*	.886	.174	<.001*	.763	.536	.780	.585	.611	.489	.005*
손목 굽힘 각도	.001*	.057	<.001*	.048*	<.001*	.953	.866	.866	.498	.587	.524	<.001*
손목 틀어짐 각도	.001*	.006*	.235	.028*	<.001*	.429	.929	.929	.963	.369	.792	<.001*

*P<0.05

2) 손잡이의 유무에 대한 인체 부하 비교

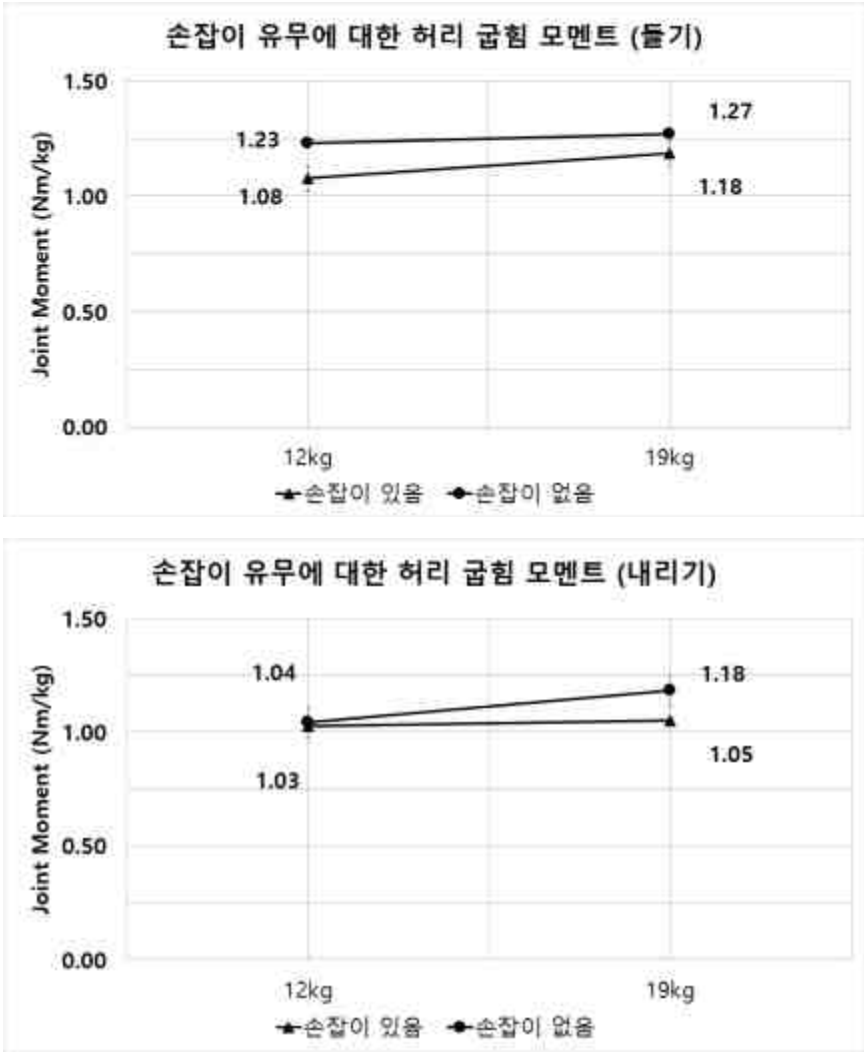
손잡이의 유무에 따른 허리 굽힘 모멘트와 손목의 굽힘, 틀어짐 각도가 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

허리 굽힘 모멘트의 경우 12kg과 19kg 상자에서 모두 손잡이를 활용하여 들기/내리기 시 허리의 굽힘 모멘트가 상대적으로 적게 걸리는 것을 확인하였으며, 들기 작업에서 손잡이가 있는 경우 12kg의 상자에서 허리 굽힘 모멘트가 1.08 Nm/kg, 19kg 상자에서 1.18 Nm/kg 측정되었다. 들기 작업에서 손잡이가 없는 경우 12kg의 상자에서 1.23 Nm/kg, 19kg 상자에서 1.27 Nm/kg 측정되었는데, 이는 손잡이를 사용하여 상자를 들 때 약 10%의 허리의 부하가 줄어든 것을 알 수 있다(그림 71 (위)).

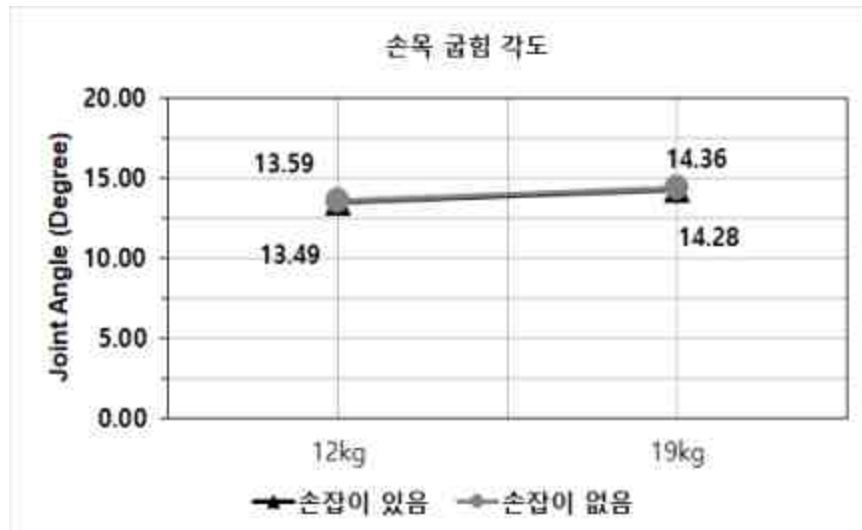
내리기 작업에서 상자 손잡이를 활용할 경우 19kg의 상자의 허리 굽힘 모멘트가 1.05 Nm/kg, 손잡이가 없는 12kg 상자의 허리 굽힘 모멘트 1.04 Nm/kg로 비슷한 수준으로 측정되어, 내리기 작업 시 손잡이를 사용하면 무게 차이에 의한 허리 부하 완화되어 약 7kg의 무게 감소 효과를 보이는 것을 알 수 있다 (그림 71 (아래)).

손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도의 경우 12kg과 19kg의 상자에서 모두 손잡이 적용 여부와 관계없이 유사한 자세가 측정되었음을 알 수 있다 (그림 72, 73).

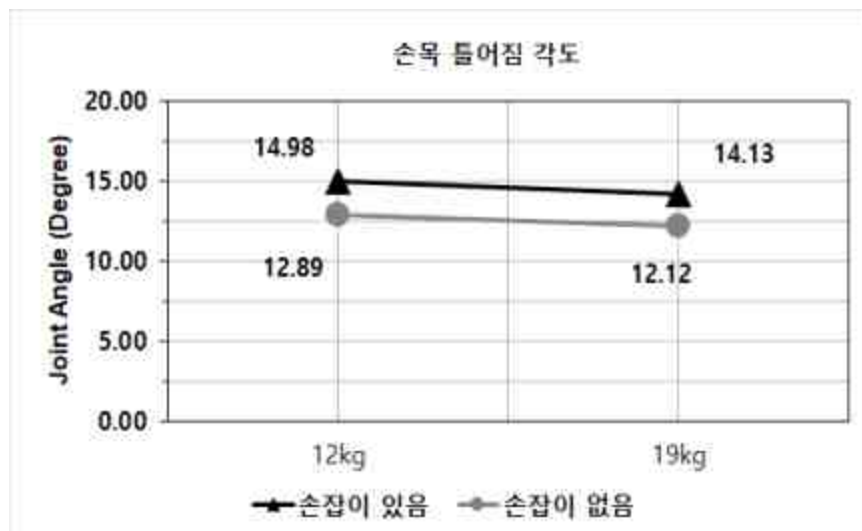
손잡이를 활용하여 들기/내리기 작업을 수행 할 경우 허리 부하 측면에서 정리하면, 손잡이를 활용하여 들기 작업 시 약 10%의 허리 부하 감소 효과가 있으며, 특히 내리기 작업 시 무게 차이에 의한 허리 부하 증가를 완화시키는 것을 알 수 있다.



<그림 71> 손잡이 유무에 따른 허리 굽힘 모멘트
(위) 들기, (아래)내리기



<그림 72> 손잡이 유무에 따른 손목 굽힘 각도



<그림 73> 손잡이 유무에 따른 손목 틀어짐 각도

3) 손잡이의 형태에 대한 인체 부하 비교

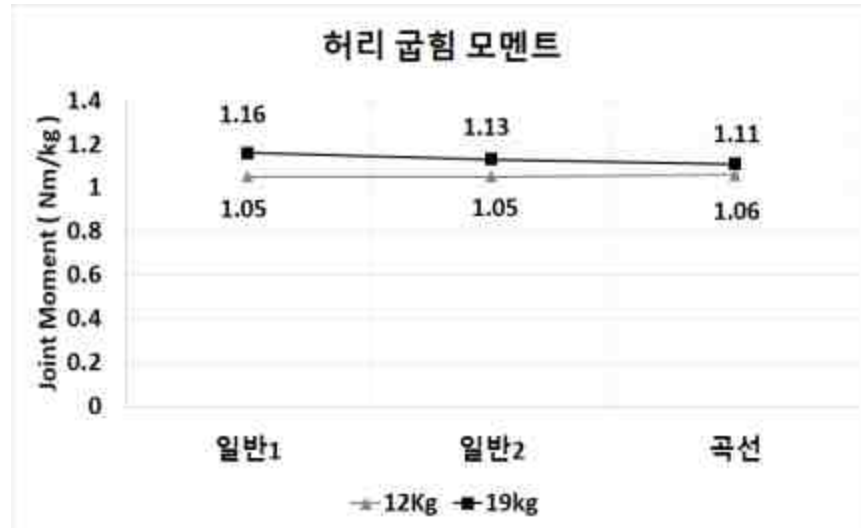
상자 손잡이의 형태에 대한 허리 굽힘 모멘트와 손목 틀어짐 각도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 손목 굽힘 각도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

허리 굽힘 모멘트의 경우 12kg의 상자에서 일반1 형태의 손잡이가 1.05Nm/kg, 일반2 형태가 1.05Nm/kg로 측정되었으며 곡선 형태의 손잡이는 1.06Nm/kg 측정되었다. 19kg 상자의 허리 굽힘 모멘트는 일반1 형태의 손잡이 1.16Nm/kg, 일반2 형태 1.13Nm/kg, 곡선 형태의 손잡이가 1.11Nm/kg 발생하였다 (그림 74).

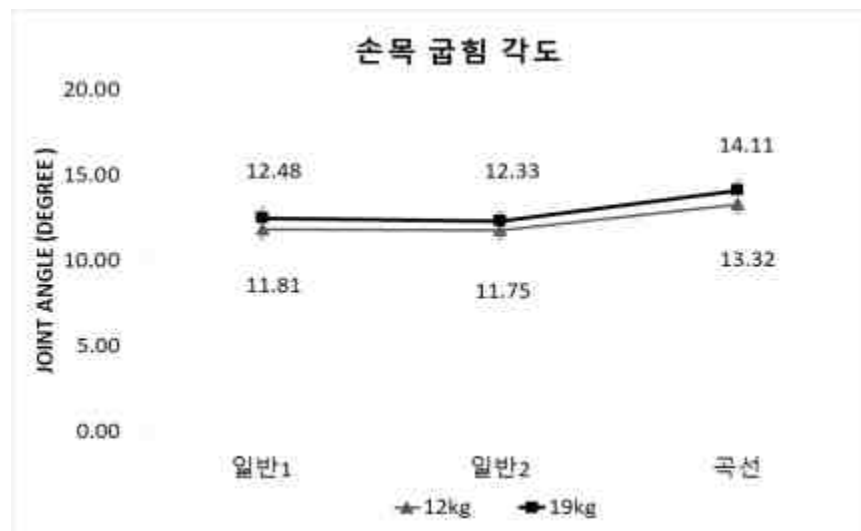
손목 굽힘(Extension) 각도의 경우, 12kg의 상자에서 일반1: 11.81°, 일반2: 11.75°, 곡선: 13.32°로 측정 되었으며, 19kg의 상자에서 일반1: 12.48°, 일반2: 12.33°, 곡선: 14.11°로 측정 되었다 (그림 75).

손목 틀어짐(Ulnar Deviation) 각도의 경우, 12kg의 상자에서 일반1: 14.69°, 일반2: 13.70°, 곡선: 14.58°로 측정 되었으며, 19kg의 상자에서 일반1: 13.34°, 일반2: 12.87°, 곡선: 13.42°로 측정 되었다 (그림 76).

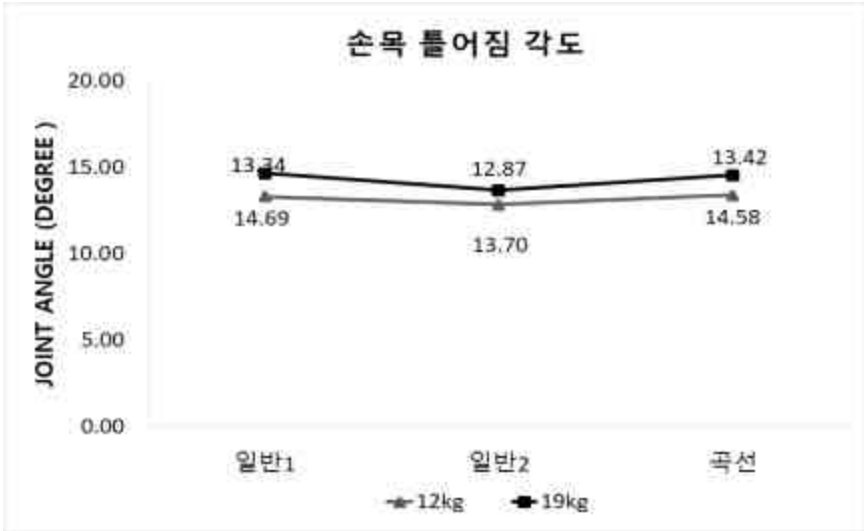
12kg과 19kg의 상자 모두 일반 2 형태의 손잡이에서 손목의 틀어짐 각도가 가장 작으며, 일반 1 형태와 곡선 형태의 손잡이에서 손목의 틀어짐 각도가 비슷한 경향을 보인다.



<그림 74> 손잡이 형태에 따른 허리 굽힘 모멘트



<그림 75> 손잡이 형태에 따른 손목 굽힘 각도



<그림 76> 손잡이 형태에 따른 손목 틀어짐 각도

4) 손잡이 위치에 대한 인체 부하 비교

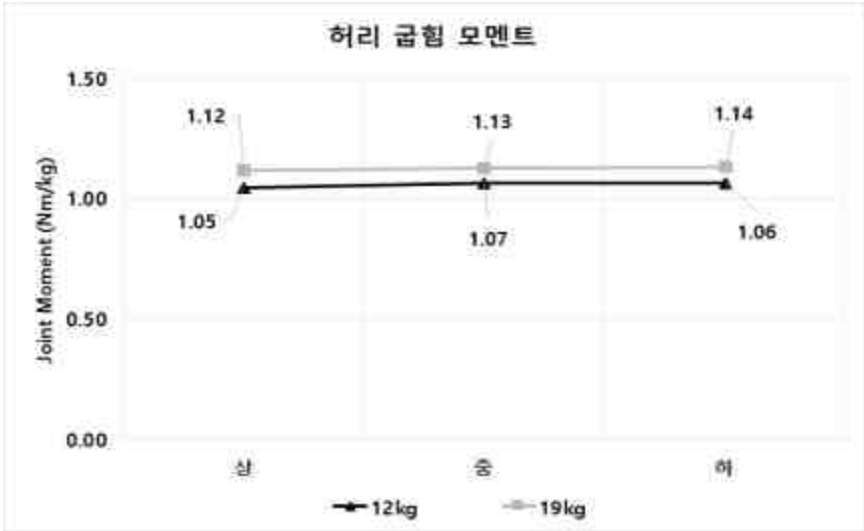
상자 들기/내리기 동작에 대한 손잡이의 설치 위치에 따른 인체 부하 정도를 분석하였다. 손잡이 설치 위치에 대한 손목의 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 통계적으로 유의한 차이를 보이며, 허리 굽힘 각도는 유의한 차이를 보이지 않았다.

손잡이의 위치가 상자의 측면의 상단에 위치한 경우 허리 굽힘 모멘트가 12kg: 1.05Nm/kg, 19kg: 1.12Nm/kg로 측정되었으며, 중간에 위치할 경우 평균값이 12kg: 1.07Nm/kg, 19kg: 1.13Nm/kg, 하단에 위치할 경우 12kg: 1.06Nm/kg, 19kg: 1.14Nm/kg로 측정되었다 (그림 77).

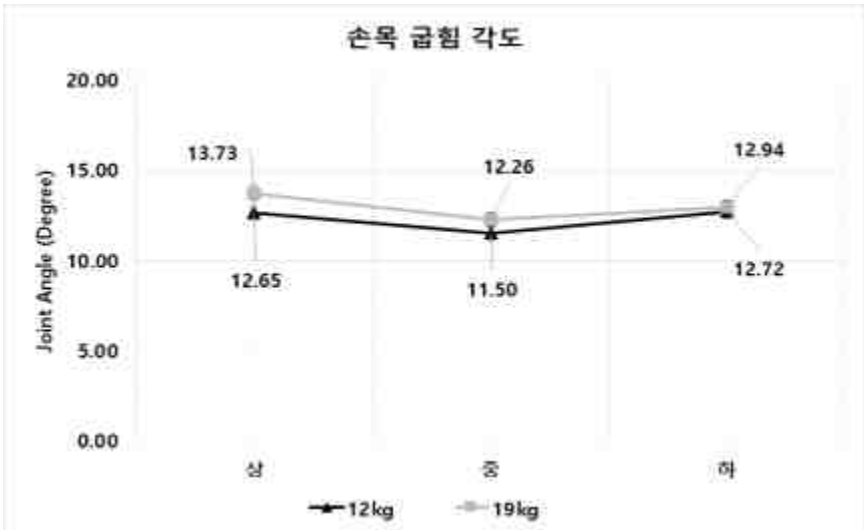
손잡이의 설치 위치에 대한 손목의 굽힘 각도를 살펴보면, 손잡이 위치가 상자 측면의 중앙에 위치할 때 손목의 굽힘 각도가 줄어드는 경향을 보인다. 손잡이가 상자 측면의 상부에 위치할 경우 손목의 굽힘 각도는 12kg: 12.65°, 19kg: 13.73°, 손잡이의 위치가 중앙에 위치할 경우 12kg: 11.50°, 19kg: 12.26°로 측정되었으며, 손잡이의 위치가 하부에 위치할 경우 12kg: 12.72°, 19kg: 12.94°로 측정되었다 (그림 78).

손목 틀어짐 각도를 살펴보면, 상자 측면의 중앙에 손잡이가 위치할수록 각도가 줄어드는 것을 확인 할 수 있다.

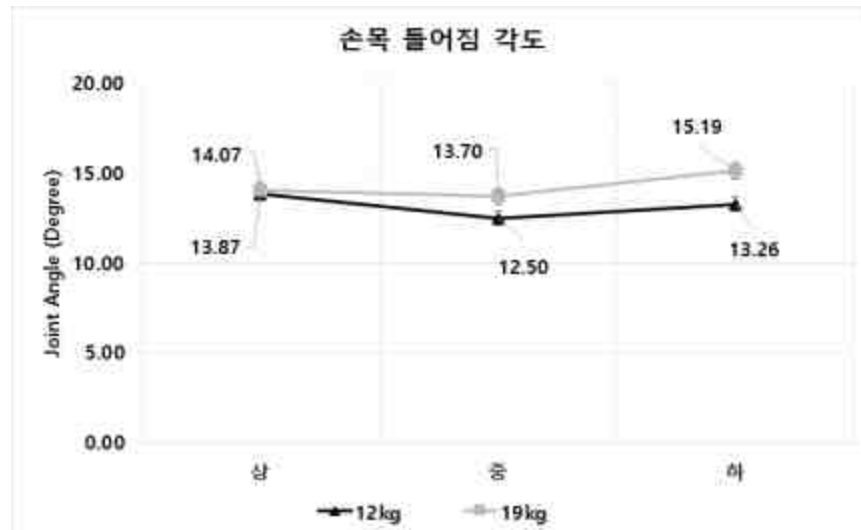
손잡이가 상자 측면의 상부에 위치할 경우 손목의 틀어짐 각도는 12kg: 13.87°, 19kg: 14.07°, 손잡이의 위치가 중앙에 위치할 경우 12kg: 12.50°, 19kg: 13.70°로 측정되었으며, 손잡이의 위치가 하부에 위치할 경우 12kg: 13.726°, 19kg: 15.19°로 측정되었다 (그림 79).



<그림 77> 손잡이 위치에 따른 허리 굽힘 모멘트



<그림 78> 손잡이 위치에 따른 손목 굽힘 각도



<그림 79> 손잡이 위치에 따른 손목 들어짐 각도

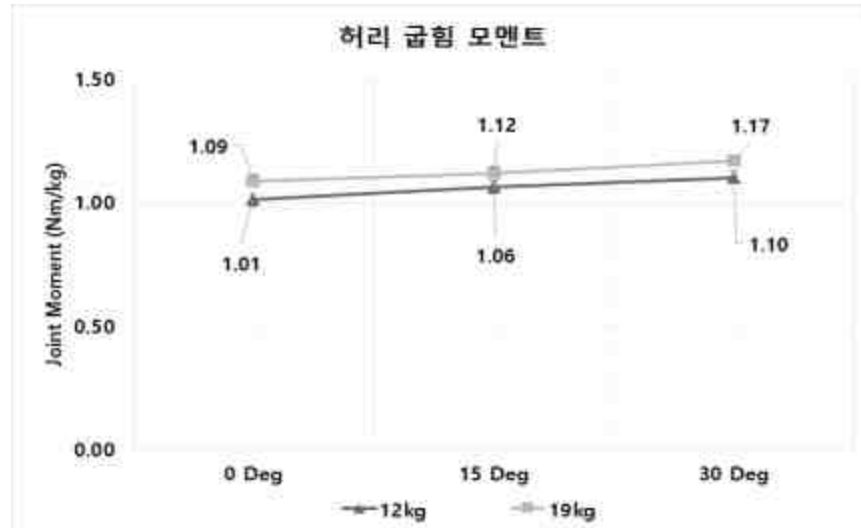
5) 손잡이 각도에 대한 인체 부하 비교

상자 들기/내리기 동작에 대한 손잡이의 설치 각도에 따른 허리 관절 모멘트를 분석하였다. 손잡이 설치 각도에 따라서 허리 굽힘 모멘트, 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

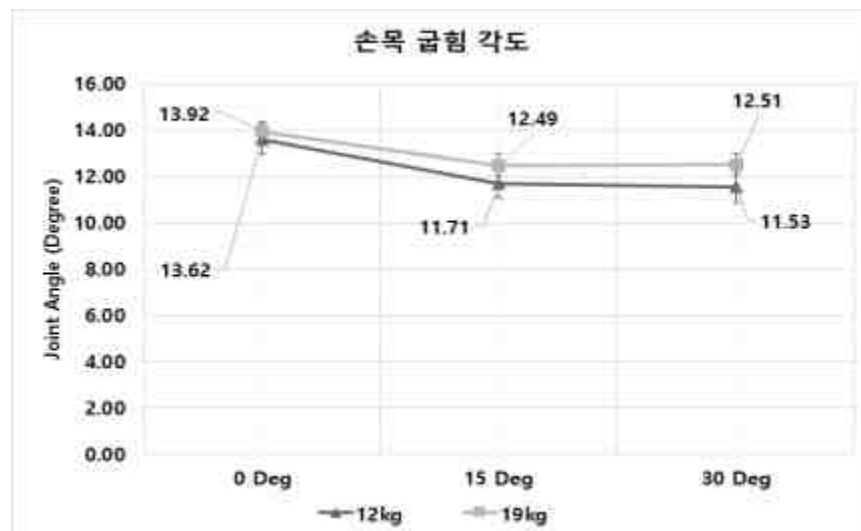
손잡이의 설치 각도 차이에 대한 허리 굽힘 모멘트를 살펴보면 손잡이 각도 0° 에서 12kg: 1.01Nm/kg, 19kg: 1.09Nm/kg, 15° 에서 12kg: 1.06Nm/kg, 19kg: 1.12Nm/kg으로 측정되었으며, 30° 에서 12kg: 1.10Nm/kg, 19kg: 1.17Nm/kg로 측정되었다 (그림 80).

손잡이 설치 각도 측면에서 손목의 굽힘 각도를 살펴보면, 손잡이의 각도가 0° 일 경우 12kg: 13.62° , 19kg: 13.92° , 손잡이의 각도가 15° 일 경우 12kg: 11.71° , 19kg: 12.49° 로 측정 되었으며, 손잡이의 각도가 30° 의 경우 12kg: 11.53° , 19kg: 12.51° 로 측정 되었다 (그림 81).

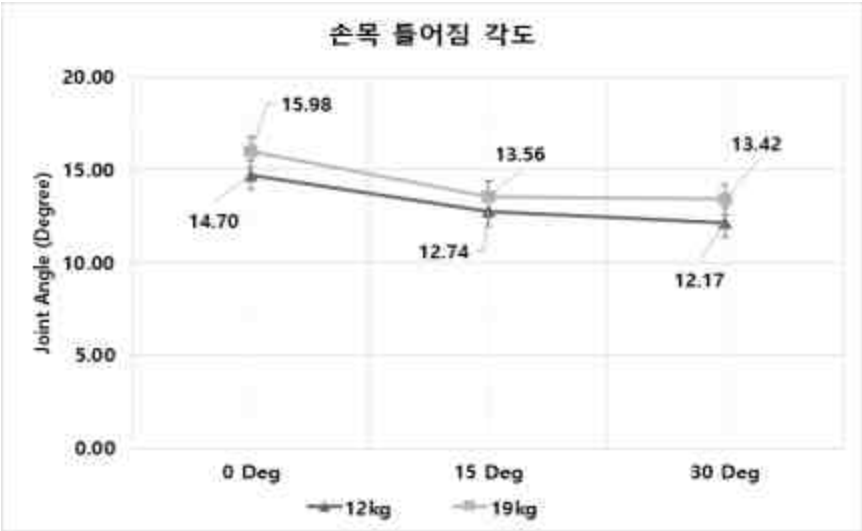
손목의 틀어짐 각도를 살펴보면, 손잡이의 각도가 0° 일 경우 12kg: 13.92° , 19kg: 13.62° , 손잡이의 각도가 15° 일 경우 12kg: 12.49° , 19kg: 11.71° 로 측정 되었으며, 손잡이의 각도가 30° 의 경우 12kg: 11.53° , 19kg: 12.51° 로 측정 되었다 (그림 82).



<그림 80> 손잡이 각도에 따른 허리 모멘트



<그림 81> 손잡이 각도에 따른 손목 굽힘 각도



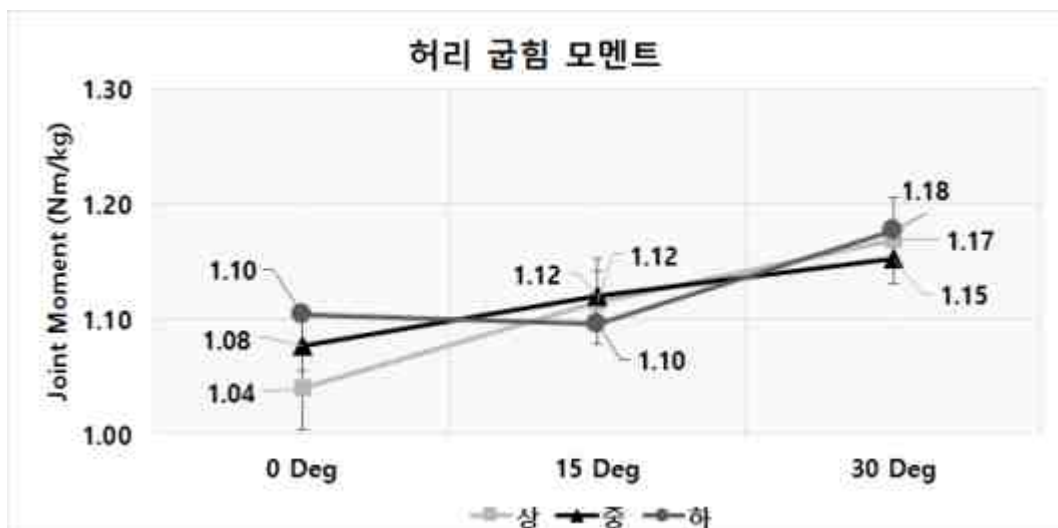
<그림 82> 손잡이 각도에 따른 손목 틀어짐 각도

6) 손잡이 위치×각도 교호작용

손잡이 설치 위치와 각도에 따라서 허리 굽힘 모멘트, 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

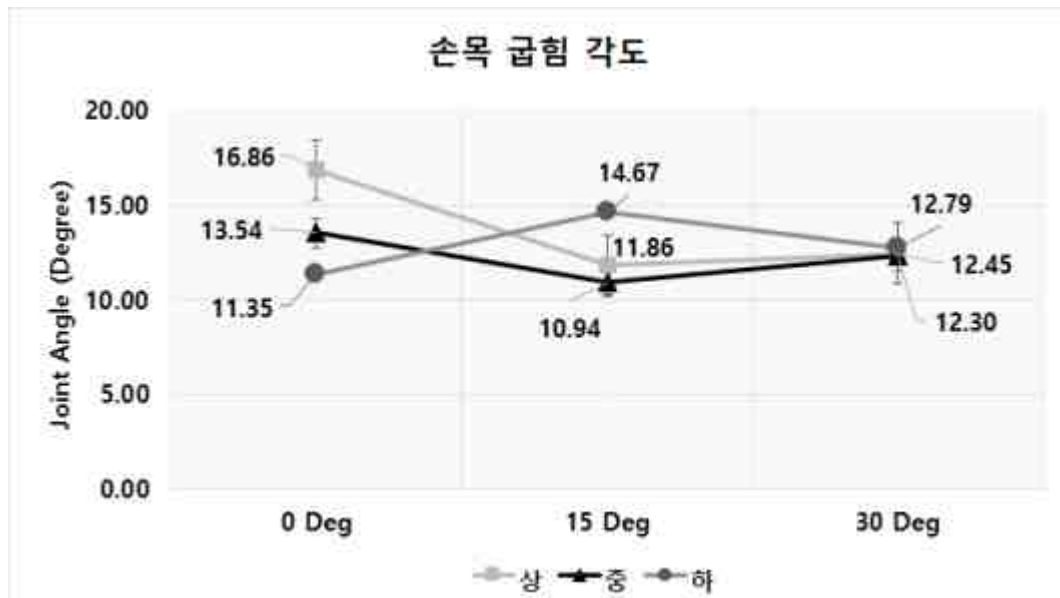
손잡이의 위치와 각도 조합에 따른 허리의 굽힘 모멘트를 살펴보면, 상자 측면의 상부에 위치하고 각도가 적용되지 않은 ‘상×0deg’의 손잡이 조합에서 허리의 굽힘 모멘트가 1.04 Nm/kg으로 가장 적게 부하가 걸리는 것을 알 수 있다. 그리고 상자 측면의 중앙에 위치하고 각도가 적용되지 않은 ‘중×0deg’의 손잡이가 1.04 Nm/kg, 상자 측면의 하단에 위치하고 각도가 적용되지 않은 ‘하×0deg’의 손잡이가 1.03 Nm/kg으로 상대적으로 부하가 적었으며, 상자 측면의 하단에 위치하고 15°각도의 ‘하×0deg’의 손잡이가 1.10 Nm/kg으로 동일한 수준으로 나타났다 (그림 83).

‘상 × 0 Deg’와 ‘중 × 0 Deg’ 조합의 손잡이가 다른 조합에 비하여 상대적으로 허리에 부담을 덜 주는 것을 알 수 있다.



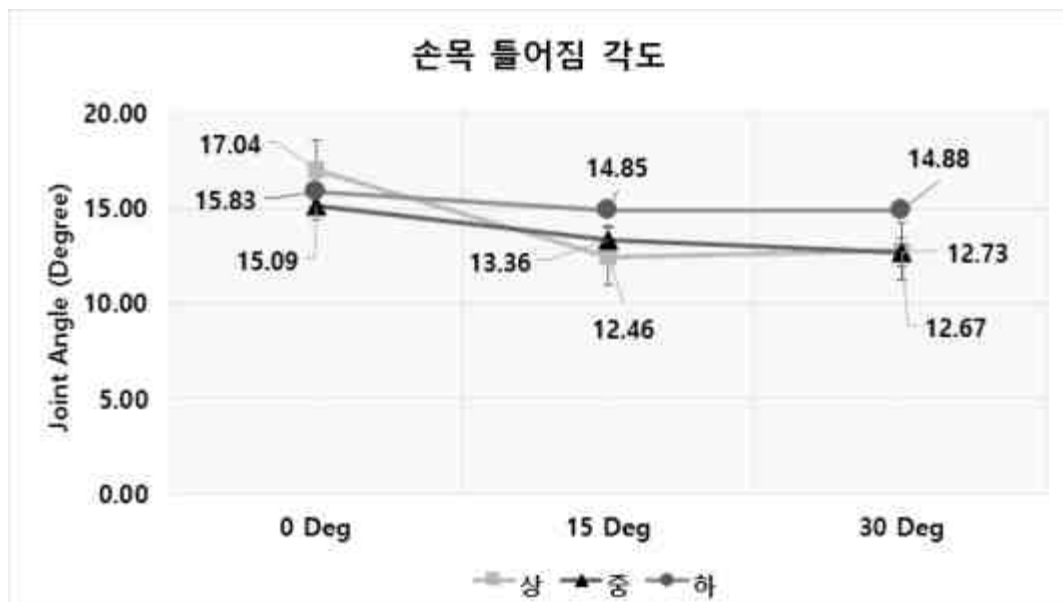
<그림 83> 위치×각도 조합에 대한 허리 굽힘 모멘트

손목 굽힘 각도에 대한 상자 손잡이의 각도와 위치에 대한 교호작용을 살펴보면, ‘중 × 15 Deg’ (10.94°)와 ‘하 × 0 Deg’ (11.35°)의 조합에서 손목의 굽힘 각도가 다른 조합에 비하여 상대적으로 작은 것을 알 수 있다 (그림 84).



<그림 84> 위치 × 각도 조합에 대한 손목 굽힘 각도

손목 틀어짐 각도에 대한 상자 손잡이의 각도와 위치에 대한 교호작용을 살펴보면, ‘상 × 15 Deg’ (12.46°)와 ‘상 × 30 Deg’ (12.73°), ‘중 × 30 Deg’ (12.63°)의 조합에서 손잡이 형태 간 손목 틀어짐 각도의 값이 상대적으로 적은 것을 알 수 있다 (그림 85).



<그림 85> 위치 × 각도 조합에 대한 손목 틀어짐 각도

7) 선호도 및 생체역학 결과를 기반으로 한 상자 손잡이 제안

본 연구를 통해 도출된 상자 손잡이 선호도 조사 결과와 생체역학 결과 값을 기반으로 인간공학적 손잡이의 형태별 위치와 각도의 조합의 우선순위를 도출하고, 이를 종합적으로 분석하여 각 손잡이 형태별 손잡이 설계에 대한 가이드라인을 도출하였다.

허리의 굽힘 모멘트가 손잡이의 위치×각도 조합에 대하여 차이를 보이지만, 손목 각도의 경우, JSI HWP (Job Strain Index Hand/Wrist Posture) 평가에 의하여 모든 조합에 대한 손목의 자세가 'Near Neutral'로 평가됨에 따라 해부학적 중립자세에서 크게 벗어나지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 손잡이에 대한 생체역학 데이터와 피실험자의 주관적 선호도가 손잡이의 인간공학적 평가지표로 활용되어야 한다.

손잡이 종류별 위치와 각도의 각 조합에 대한 종속변인에 대하여 허리 굽힘 모멘트와 손목의 각도 등 인체 부하가 상대적으로 적게 걸리는 위치×각도 조합 상위 3개를 각 손잡이 형태별로 도출하였다.

일반 1 손잡이의 경우 선호도 조사를 통해 '중×0deg', '상×0deg', '중×15deg'의 조합이 상위 1위부터 3위로 도출되었으며, 허리 굽힘 모멘트가 적게 걸리는 조합은 '상×0deg', '중×0deg', '하×0deg'의 순으로 도출되었다. 손목 굴곡 각도의 경우 중립자세에 가장 가까운 순서대로 정리하면 '상×30deg', '중×15deg', '상×15deg'의 순으로 정리되며, 틀어짐 각도는 '하×30deg', '하×15deg', '상×15deg'의 순으로 정리할 수 있다 (표 24).

다음으로, 각 종속 변인 (선호도, 허리 굽힘 모멘트, 손목 각도)에 대한

손잡이 위치×각도의 우선순위 조합 1위부터 3위까지의 각 항목에 대하여 3점부터 1점까지의 점수를 부여하여 각 위치×각도 조합에 대한 점수를 합산하여 최종 점수를 산출하였다 (표 24).

〈표 26〉 선호도 및 생체역학 결과 기반의 손잡이 조합 우선순위

일반 1	점수	선호도	허리 굽힘 모멘트	손목굴곡 각도	손목 틀어짐 각도	JSI HWP Rating (굴곡+틀어짐)
	3	중 × 0deg	상 × 0deg	상 × 30deg	하 × 30deg	8
	2	상 × 0deg	중 × 0deg	중 × 15deg	하 × 15deg	8
	1	중 × 15deg	하 × 0deg	상 × 15deg	상 × 15deg	8
일반 2	점수	선호도	허리 굽힘 모멘트	손목굴곡 각도	손목 틀어짐 각도	JSI HWP Rating (굴곡+틀어짐)
	3	중 × 0deg	상 × 0deg	하 × 15deg	하 × 30deg	8
	2	상 × 0deg	중 × 0deg	중 × 30deg	상 × 15deg	8
	1	중 × 15deg	하 × 0deg	상 × 30deg	하 × 15deg	8
곡선	점수	선호도	허리 굽힘 모멘트	손목굴곡 각도	손목 틀어짐 각도	JSI HWP Rating (굴곡+틀어짐)
	3	중 × 0deg	상 × 0deg	하 × 30deg	하 × 30deg	8
	2	상 × 0deg	중 × 0deg	상 × 30deg	중 × 30deg	8
	1	중 × 15deg	하 × 0deg	중 × 30deg	하 × 0deg	8

손잡이 조합에 대한 선호도와 생체역학 결과의 우선순위에 따른 점수를 합산하면, 일반 1과 일반 2, 형태의 손잡이를 설계 시, ‘상 × 0deg’와 ‘중 × 0deg’의 조합이 우선적으로 설계 시 고려되어야 하며, 곡선 형태의 손잡이를 상자에 적용 할 때에는 상자 측면의 하단에 위치하면서 각도가 30deg 적용된 ‘하 × 30deg’의 조합을 추천한다 (표 25).

〈표 27〉 종합 결과

일반1	점수	일반2	점수	곡선	점수
중 × 0deg	5*	중 × 0deg	5*	하 × 30deg	6*
상 × 0deg	5*	상 × 0deg	5*	중 × 0deg	5*
중 × 15deg	3*	하 × 15deg	4*	상 × 0deg	5*
상 × 30deg	3	하 × 30deg	3	중 × 30deg	3
하 × 30deg	3	중 × 30deg	2	하 × 0deg	2
상 × 15deg	2	상 × 15deg	2	상 × 30deg	2
하 × 15deg	2	중 × 15deg	1	중 × 15deg	1
하 × 0deg	1	상 × 30deg	1	상 × 15deg	0
중 × 30deg	0	하 × 0deg	1	하 × 15deg	0

4. 상자 손잡이 설치에 관한 가이드라인 개발

본 연구는 마트 노동자 대상의 손잡이 선호도 조사, 생체역학적 실험의 결과를 바탕으로 포장용 상자 손잡이의 인간공학적 설계 가이드라인을 개발하였다.

현행 설치되어 유통되는 포장 상자 손잡이의 적용 여부를 조사하여 우선적으로 적용 되어야 할 제품군을 도출하였다. 이를 기반으로 상자 손잡이의 형태, 위치, 각도 등의 요소에 따른 인체 부하를 생체역학적으로 측정하였다. 최종적으로 마트 노동자가 가장 선호하고 신체 부담이 덜 가는 손잡이 설계 가이드라인을 도출하였다. 또한 내용물의 종류와 포장 상태의 특성 상 손잡이 설치가 부적합한 포장 상자에 대한 인력 운반작업 시 활용 가능한 보조도구와 작업 준수 사항 등을 제안한다.

가) 인간공학적 상자 손잡이 가이드라인

○ 상자 손잡이 적용

- 상자에 손잡이 구멍 (이하: 손잡이)을 적용하면 손잡이가 없을 때에 비해 허리 부하에 관해 약 7kg 무게 감소 효과를 볼 수 있다.
- 특히, 상자에 손잡이를 적용하면 내리기 작업 시 무게 차이에 의한 허리 부하 증가를 완화시킬 수 있다.
- 무게가 증가할수록 손잡이에 대한 허리 부하 감소 효과가 증가하기 때문에 손잡이를 무거운 상자에 우선적으로 적용 할 것을 권장한다.

○ 손잡이 적용 상자의 중량과 크기

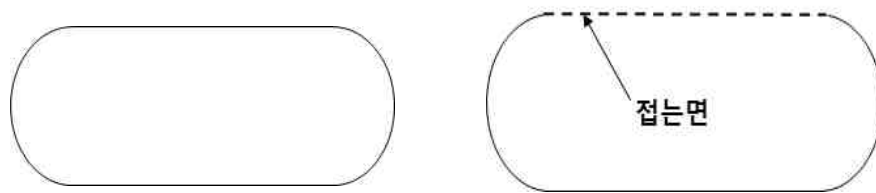
- 상자의 최대 허용 중량*은 30kg을 권장한다.
* KOSHA GUIDE G-119-2015 인력운반작업에 대한 안전가이드 인력운반중량 권장기준 참조
- 손잡이 적용 시, 중량(상자 무게 포함)은 5kg 이상의 무게부터 최대 허용 중량(30kg)까지 적용하는 것을 권장한다.
- 손잡이 적용 시, 상자 크기(외측)는 길이: 200mm 이상 600mm 이하 / 너비: 200mm 이상 600mm 이하 / 높이: 100mm 이상 600mm 이하의 상자에 적용하는 것을 권장한다.
- 가능하면, 상자의 최대 허용 중량인 30kg를 초과하거나, 크기가 600mm×600mm×600mm (길이×너비×높이) 이상일 경우 인력 운반보다 기계를 활용한 운반 처리를 해야 하며, 부득이하게 인력 운반할 경우 두 사람이 운반 할 것을 권장한다.

○ 손잡이 크기

- 손잡이의 크기는 장갑 착용을 고려하여 여유치를 두어 설계한다.

○ 손잡이 형태

- 상자에 손잡이를 적용할 시, 타원 형태의 손잡이를 적용하는 것이 적합 하다.
- 특히, 손잡이의 윗면을 상자 안쪽으로 접을 수 있는 타원 형태가 적합하다.



<그림 86> 손잡이 형태

(좌) 타원형 손잡이, (우) 접이식 타원형 손잡이

○ 손잡이 위치와 각도

- 손잡이의 위치는 상자 측면의 중앙이나 상부에 위치하도록 하는 것이 적합하다.
- 상부 손잡이는 상자를 주로 바닥과 허리 높이를 오가며 이동시키는 경우 더 적합하다.
- 손잡이의 중심은 상자 측면의 중앙에 위치하도록 하는 것이 적합하다.
- 손잡이 위치가 상부일 경우 손잡이의 위쪽 가장자리 끝과 상자의 윗면의 모서리 사이에 50mm 이상 거리를 두는 것이 적합하다.
- 손잡이 위치가 하부일 경우 손잡이의 아래쪽 가장자리 끝과 상자의 아래면의 모서리 사이에 50mm 이상 거리를 두는 것이 적합하다.

○ 기타

- 가능하면, 손잡이 접촉부분에 쿠셔닝 소재를 추가하면 신체부담을 더욱 감소시킬 수 있다.
- 가능하면, 상부 손잡이의 윗부분 상자 안쪽으로 이중 덧댐 구조로 제작하면 손잡이 사용으로 인한 상자의 파손을 경감할 수 있다.

나) 올바른 상자 취급 방법

(1) 상자 취급: 준비(고용노동부 고시 제2020-26호)

- 작업시작 전에 허리를 중심으로 요통을 방지하기 위한 가벼운 운동을 하여야 한다.
- 운반통로를 확인하고 통로상의 장애물을 제거하여 안전운반 통로를 확보하고, 부득이한 경우에는 우회 운반통로를 사용하여야 한다.
- 작업자의 체력을 고려하여 작업자를 배치하여야 한다.
- 인력에 의한 중량물 취급 시 신체부담을 줄일 수 있는 자세에 대한 안전교육을 실시한다.

(2) 상자 취급: 들기(고용노동부 고시 제2020-26호, Eastman Kodak (2004), North Carolina (N.C.)의 노동청, Health and Safety Executive (2004))

- 들기 계획을 수립한다(무게 등을 확인).
- 최적의 들기 방법을 결정한다.
- 상자를 옮길 목적지를 확인하고, 상자를 내려놓을 장소까지 경로에 장애물이나 다른 위험 요소가 있는지 확인한다.
- 상자를 견고하게 잡고, 두 발이 안정적인 상태를 유지하도록 어깨너비로 벌린다.
- 힘을 유지하며 최대한 몸쪽으로 가깝게 붙여 들어올린다.
- 상자를 들어올릴 때에는 다리를 이용하여 들어 올린다.
- 들어올리는 동안 상체를 비틀지 않도록 한다.
- 등은 항상 직립을 유지하여 가능한 한 지면과 수직이 되도록 한다.
- 무릎은 직각 자세를 취하고 몸은 가능한 한 상자에 근접하여 정면에서

들어올린다.

- 턱은 안으로 당겨 척추와 일직선이 되도록 한다.
- 팔은 몸에 밀착시키고 끌어당기는 자세를 취하며 가능한 한 수평거리를 짧게 한다.
- 손가락으로만 상자를 잡아서는 아니 되며 손바닥으로 상자 전체를 잡는다.
- 체중의 중심은 항상 양 다리 중심에 있게 하여 균형을 유지한다.
- 들어올리는 최초의 힘은 뒷발 쪽에 두고 들어올린다.
- 자연스럽게 부드러운 연속되고 균형 잡힌 동작으로 움직이도록 하며, 빠르거나 갑작스런 동작을 취하지 않도록 한다. 발을 움직여서 상체 비트는 것을 방지하고, 들기 작업 동안 균형을 유지하도록 한다.

(3) 상자 취급: 운반(고용노동부 고시 제2020-26호, Health and Safety Executive, (2004))

- 상자를 가능한 몸에 밀착하여 운반을 실시한다.
- 가능한 팔꿈치를 굽히지 않은 자세로 운반을 실시한다.
- 운반 중에는 정면을 주시하며 정면을 향해 운반을 실시한다.

(4) 상자 취급: 내리기(고용노동부 고시 제 2012-70호 제12조)

- 등은 직립을 유지하고 발은 움직이지 않는 상태에서 다리를 구부려 가능한 낮은 자세로서 한쪽 면을 바닥에 놓은 다음 다른 면을 내려놓아야 한다.
- 조금하게 던져서 하역하여서는 아니 된다.
- 상자를 어깨 또는 허리 높이에서 하역할 때에는 도움을 받아 안전하게 하역하여야 한다.

(5) 상자 취급: 운반설비 사용

- 손잡이가 부착된 운반설비(이동대차 등)를 사용하여야 하며, 손잡이 높이는 허리와 어깨 사이의 적절한 위치에 있도록 한다.
- 운반설비의 바퀴는 쉽게 굴러가도록 항상 정비해야 하며, 멈출 경우에는 구르지 않도록 고정장치를 잠가야 한다.
- 운반설비의 적재대에 대상물을 적재할 경우에는 무게중심에 맞게 적재하고, 대상물이 넘어질 위험이 있는 경우에는 견고하게 묶어 고정한다.
- 운반설비의 통로는 견고하고 평탄한지, 장애물 등이 있는지를 확인하고, 정리·정돈하여 항상 양호한 상태를 유지한다.

(6) 상자 취급: 안전책임과 의무(관리자)

- 작업환경을 항상 정리한다.
- 작업장 바닥, 통로 등의 시설을 정비한다.
- 작업방법(작업표준)을 지시하고, 교육 및 훈련을 실시한다.
- 작업자의 신체기능의 한계에 대해서 조사하여 적정 배치한다.
- 인력운반에 적합한 보조도구를 준비한다.
- 작업의 복장, 작업화, 장갑 등 필요한 것에 관해서 규정한다.
- 피로예방을 위한 휴식시간을 적정하게 배분한다.
- 작업을 위한 준비체조를 정하고 효과적으로 실시한다.

다) 중량물 취급 관련 보조도구 제안

사업주는 근로자가 취급하기 곤란한 5킬로그램 이상의 물품에 대하여는 손잡이를 붙이거나 갈고리, 진공빨판 등 적절한 보조도구를 제공하여야 함(안전보건규칙 제665조)

무거운 물품을 운반하는 경우 아래와 같은 보조도구 사용을 권장한다 (KOSHA GUIDE M-45-2012).

- (1) 백, 부대, 박스 등을 취급하는 작업의 경우 지게차, 유압 승강기를 갖춘 운반기구, 혹은 볼테이블 및 롤러를 사용하도록 한다.
- (2) 뭉치, 툴, 대형 및 소형통 취급의 경우 통/툴 회전기, 케그 운반기구, 혹은 자동무게감지 라인을 사용하도록 한다.
- (3) 팔렛 포장 및 해제, 낮은 받침대 및 컨테이너를 취급하는 경우 팔렛 변환기, 팔렛 리프트, 혹은 롤러 트랙을 사용하도록 한다.
- (4) 판재 자재를 취급하는 경우 지게차, 팔렛 운반기구 혹은 중력 롤러를 사용하도록 한다.
- (5) 물품 발송/현장 및 내부 장소로 운반하는 작업의 경우 이동식 컨베이어, 후면 양중기, 롤 케이지 등이 사용될 수 있다.
- (6) 정착 및 유지보수 작업의 경우 작업대 운반기구, 밸브식 양중 지그, 손 보호 장비 등이 사용될 수 있다.

(7) 이동, 청소 및 쓰레기 처리 작업의 경우 스프링을 장착한 세탁 대차, 선반 대차, 바퀴달린 양동이 등이 사용될 수 있다.

들기 및 운반 보조도구를 사용하는 예는 다음과 같다(KOSHA GUIDE M-45-2012).

- 1) 높이 조절 가능한 기구, 회전 및 기울임이 가능한 테이블의 종류에는 회전 테이블, 릴 대차, 자동레벨기, 판재/대차 테이블, 높이 조절가능한 턴테이블 등이 있다.
- 2) 기계식 호이스트 및 진공식 양중기구의 종류에는 진공식 양중 보조기구, 릴 양중 헤드, 통 양중기구, 진공식 양중기구, 컨베이어 및 진공식 양중기 등이 있다.
- 3) 그 외로 흡입 컵을 갖춘 TV 대차, 배터리로 작동하는 예인기, 쓰레기통 양중기구, 양중용 후크, 중력이송 랙 등이 있다.
- 4) 동력식 운반기구, 대차, 차량 등의 종류에는 대형트럭에 장착된 지게차, 차량에 장착된 호이스트, 동력식 예인기, 의자식 리프트 등이 있다.
- 5) 무동력 운반기구, 대차 및 보조 도구의 종류에는 별모양 바퀴식 운반기구, 바퀴식 톨 박스, 실린더 대차, 계단을 오르내릴 수 있는 휠체어 등이 있다.
- 6) 철도, 컨베이어, 슬라이드, 슈트, 롤러볼의 종류에는 차량 적재를 위한 받침, 미끄럼대, 이동식 벨트 컨베이어, 미끄럼 시트 등이 있다.

보조 도구 및 장비를 사용하는 경우 다음과 같은 사항을 고려할 수 있다 (KOSHA GUIDE G-119-2015).

- 1) 작업에 적합한 기기인가?
- 2) 잘 유지, 보수되어 있는가?
- 3) 기기의 바퀴가 바닥 표면에 적합한가?
- 4) 바퀴가 잘 굴러가는가?
- 5) 손잡이 높이가 허리와 어깨 사이인가?
- 6) 손잡이의 파지력이 좋고 편안한가?
- 7) 제동장치가 있는가? 있다면 제대로 작동하는가?

보조 도구를 사용하면서 부상 위험을 감소시키기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려할 수 있다(KOSHA GUIDE G-119-2015).

- 1) 작업에 보다 적합한 장비를 제공한다.
- 2) 문제를 방지하기 위해서 계획된 예방적 유지보수를 실시한다.
- 3) 바퀴와 타이어 또는 바닥재를 교체하여 장비가 보다 잘 움직일 수 있도록 한다.
- 4) 보다 좋은 손잡이를 제공한다.
- 5) 제동장치가 사용하기 편리하며, 신뢰할만하고 효과적인지 확인한다.

아래 그림은 중량물 취급 때 사용되는 보조도구들의 예를 보여주고 있다.

무릎 패드	진공 리프팅 장치	적재 카트
		
기울어진 컨테이너	팔렛 턴테이블	후크
		
레핑 머신	수동 레퍼	에어볼 테이블
		

<그림 87> 중량물 취급 때 사용되는 보조도구들의 예시(OSHA 3192-06N; CDC; NIOSH; OSHA E-Tool)

중량물 취급 관련 보조도구를 구입할 경우 다음과 같은 사항을 고려할 수 있다 (ISBN 978-3-941441-64-4).

- 1) 보조장비를 구입할 때 근로자가 구입에 관여할 수 있도록 한다. 근로자는 전문가이며 올바른 장비를 고르는데 기여할 수 있다.
- 2) 관리자는 다음과 같은 사항들을 중요하게 고려할 수 있다.
 - 운반 장비의 구입을 담당하는 책임 개인 또는 조직을 지정한다.
 - 구입하기 전에 보조 장비의 적합성을 점검한다.
 - 새 운반 장비의 사용과 관련하여 근로자를 대상으로 교육을 실시한다.
 - 새 운반 장비를 도입할 때 필요한 장비 숙지 기간을 부여한다.
 - 정기적으로 운반 장비를 점검 및 유지 보수한다.

IV. 결론

본 연구는 마트 포장상자 실태조사 결과와 손잡이 선호도 조사, 생체역학적 실험의 결과를 바탕으로 포장용 상자 손잡이의 인간공학적 설계 가이드라인을 개발하였다.

현행 설치되어 유통되는 포장 상자의 손잡이 적용 여부를 조사하여 우선 적용 되어야 할 제품군을 도출하고, 이에 따른 상자 손잡이의 인간공학적 형태와 배열적 위치, 설치 각도 등의 디자인적 요소에 대한 생체역학적으로 인체 부하가 최소화되며 노동자가 가장 선호하는 상자 손잡이의 인간공학적 설계 가이드라인을 마련하였다. 또한 내용물의 종류와 포장 상태의 특성 상 손잡이 설치가 부적합한 포장 상자에 대한 인력 운반작업 시 활용 가능한 보조도구와 작업 준수 사항 등을 제안하였다.

국내외 인력물자취급 선행연구 및 가이드라인을 조사하였다. 기존 가이드라인에서 근골격계질환 예방을 위해 손잡이 혹은 핸드홀을 포함하는 상자를 사용할 것을 권고하는 것으로 나타났으며, 손잡이의 위치 선정이 마트노동자의 안전에 중요한 요소인 것으로 나타났다. 상자 손잡이에 초점을 맞춘 구체적인 가이드라인이 아직 부족한 실정인 것으로 나타났다.

현장 실태조사를 통하여 마트에서 취급하는 상자의 중량, 길이, 너비, 높이, 손잡이 분포에 대하여 분석하였다. 대형마트 3개 지점에서 유통되는 117개의 포장상자에 대해 조사하였으며, 포장 상자의 평균 중량은 11.4kg, 상자의 평균 치수는 길이: 430mm, 너비: 315mm, 높이: 285mm로 나타났다. 조사 결과 전체

조사한 상자 중 약 30% 상자에 손잡이가 적용되어 있었다. 특히 음료 및 주류 제품의 포장 상자에 손잡이가 주로 설치되어 있었으며, 대부분의 상자에 적용된 손잡이의 형태는 타원형 형태의 손잡이가 주류를 이루었다.

손잡이 선호도 조사를 수행하여 49명의 마트노동자들이 선호하는 손잡이의 형태, 각도, 위치를 선별하였다. 손잡이 선호도 조사 결과 마트노동자들은 손잡이가 있는 포장용 상자를 절대적으로 선호하였다. 손잡이 형태에 대해서는 일반 타원형 손잡이와 곡선형 손잡이를 선호하는 것으로 나타났으며, 손잡이의 배열적 위치는 중/상, 손잡이의 각도는 $0/15^\circ$ 를 선호하는 것으로 나타났다. 특히, 상자의 측면의 중앙에 위치하며 0° 의 손잡이를 선호하는 것으로 나타났다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 생체역학 실험의 변수 및 수준을 디자인하였으며 동작분석시스템, 지면반력기를 활용하여 8명 피실험자의 신체 부하 데이터를 수집하였다. 손잡이를 활용하여 상자 들기 작업 시 손잡이를 활용하지 않을 때보다 약 10%의 허리 굽힘 모멘트가 줄어들어 허리의 부하가 감소하는 효과를 보였다. 또한 내리기 작업 시 손잡이를 사용하면 무게 차이에 의한 허리 부하가 완화되어 약 7kg의 무게 감소 효과를 보이는 것을 알 수 있었다. 따라서, 상자의 무게가 증가할수록 손잡이에 대한 허리 부하 감소 효과가 증가하기 때문에 손잡이를 무거운 상자에 우선적으로 적용 할 것을 제안할 수 있다.

손잡이의 형태별 차이에 대한 인체 부하정도를 보았을 때, 손잡이의 형태간의 허리 굽힘 모멘트의 차이가 0.1 Nm/kg 미만으로써 손잡이 형태 간 허리 부하의 차이가 보이지 않으며, 손목 자세 측면에서는 타원형의 손잡이인 일반 2 손잡이의 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 곡선 형태의 손잡이에 비하여 작게 측정되었다. 따라서, ‘일반 2 < 일반 1 < 곡선’ 형태의 순서로 인체 부하가 적게 나타나는 것을 알 수 있다. 손잡이의 위치와 각도의 교호작용에 대한 인체 부하

정도를 비교해보면, ‘상 × 0 Deg’와 ‘중 × 0 Deg’ 조합의 손잡이가 다른 조합에 비하여 상대적으로 허리에 부담을 덜 주는 것을 알 수 있으며, 손목 자세 측면에서는 손잡이의 각도가 30° 적용 된 손잡이에서 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 대체적으로 작게 나오는 경향을 보였다. 손잡이의 각도가 적용이며 손잡이의 위치가 하부에 있을수록 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 작지만, 손목의 자세측면에서 보면, JSI HWP Index 점수는 모든 조합에서 4점으로 평가되어 중립자세에 가까운 ‘near neutral’로 평가되어 손목 각도의 측정값에 대하여 큰 부하가 없는 것으로 보여진다.

따라서 상자 손잡이에 대한 인체 부하 측면에서 허리 굽힘 모멘트의 결과와 손목의 굽힘 각도와 틀어짐 각도의 결과만으로 인간공학적 상자 손잡이의 설계 기준을 정리하는 것에는 무리가 있다. 이에 따라, 생체역학적 실험의 정량적 인체 부하 결과와 현장의 마트 노동자가 선호하는 손잡이의 형태와 조합의 우선순위를 조사한 정성적 선호도 결과를 종합적으로 평가하는 것이 필요하다.

본 연구의 결과를 통해 수행된 문헌 조사 결과와 실태조사 결과, 선호도 조사 결과, 생체역학 분석 데이터 결과의 종합적인 내용을 바탕으로 인간공학적 상자 손잡이 가이드라인을 제안하였다.

손잡이 적용 상자의 최대 허용 중량은 최적의 환경에서 작업할 때의 허용 중량으로써, 30kg을 권장한다. 또한 상자에 손잡이 적용 시, 상자의 중량(상자 무게 포함)은 5kg에서 30kg의 상자에 손잡이를 적용하는 것을 권장하며, 상자의 크기(외측)는 길이: 200mm 이상 600mm 이하 / 너비: 200mm 이상 600mm 이하 / 높이: 100mm 이상 600mm 이하의 크기 범위의 상자에 손잡이를 적용하는 것을 권장한다.

또한, 상자의 중량이 30kg 이상이거나, 크기가 600mm×600mm×600mm (길이×너비×높이) 이상일 경우 인력 운반보다 기계를 활용한 운반 처리를 하는 것을 권장하며, 부득이하게 인력 운반할 경우 두 사람이 운반 할 것을 권장한다.

손잡이의 형태는 타원 형태의 손잡이를 적용하는 것이 적합하며, 손잡이의 윗면을 상자 안쪽으로 접을 수 있도록 하는 것이 적합하다. 이는 보관 시 이물질이 내부로 유입되는 것을 막을 수 있고 손잡이의 날카로운 면이 손바닥과 접촉하는 것을 방지할 수 있는 손잡이다.

손잡이의 위치는 상자 측면의 중앙이나 상부에 위치하도록 하고 이때 손잡이의 중심이 상자 측면의 중앙에 위치하도록 하는 것이 적합하며, 손잡이의 각도가 없는 것이 인체 부하 측면에서 적합하다. 손잡이의 크기는 장갑의 착용을 고려하여 여유치를 두어 설계하는 것이 적합하다.

본 연구의 결과를 통해 현행 대형 마트 현장에서 가장 많이 취급되는 제품 상자에 대한 손잡이 형태, 크기, 위치, 각도 등의 요소에 대한 설계 가이드라인 마련에 대한 기초자료로서 활용 가능할 것으로 기대된다.

하지만 상자 손잡이 가이드라인의 현장 적용성을 극대화하기 위해서는 다양한 각도에서의 접근과 노력이 필요할 것으로 보여진다. 상자 손잡이에 대한 현장 적용의 목적을 달성하기 위하여 제품의 유통과 관련된 다양한 이해당사자간의 합의 과정이 필요하며, 자발적 기업 주도적 형태로 손잡이 적용이 이루어져야 할 것이다. 또한 국내 시장 환경에 맞춘 적절한 정부의 규제 등 제도화 방안이 마련되어야 할 것이다.

마트노동자의 근골격계질환 예방을 위한 단기적 개선 방안으로 상자 손잡이의 적용이 필요하며, 상자에 포장되는 제품의 입수량 조정 등을 통한 상자 중량 감소를 위한 포장 단위 개선과 현재 농산품류 제품에서 시행되고 있는 포장 규격 표준화 등의 노력이 필요할 것으로 생각된다.

손잡이의 적용이 불가능한 상자의 인력물자 취급에 대해서는 작업 환경 및 작업 관리적 측면의 개선과 마트 현장에 적용 가능한 운반 보조도구의 개발 등의 추가적 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한 중량물 취급 시 최대 허용중량을 초과하는 중량물에 대한 인력물자취급의 금지 및 보조도구 활용 등을 포함한 중량물 취급에 대한 사항 등을 포함하는 산업안전보건법의 개정 등 제도화 방안의 마련이 필요하며, 현장의 지속적 이행을 위한 행정적 관리가 필요할 것으로 생각된다.

V. 참고문헌

- 1) 고용노동부 (2018). 산업재해현황분석
- 2) 고용노동부 (2018). 산업재해발생현황.
- 3) 마트산업노동조합 (2019) 마트 노동자 근골격계 질환 실태조사
- 4) 이경선, 정명철 (2017). Guidelines on the Operation Phases of Manual Material Handling Tasks Through Literature Reviews. 대한인간공학회지, 36(4): 325-341
- 5) 정인주, 정화식 (2007). 청년층 사용자 선호도 평가를 통한 박스손잡이의 최적위치 설정. 대한인간공학회지 26(4), 49-56
- 6) 한국산업안전보건공단 (2015). 인력운반작업에 관한 안전가이드, KOSHA GUIDE G-119-2015
- 7) 산업안전보건연구원(2001), 작업자세의 인간공학적 조사체계 및 평가방법 모델 개발, 한국산업안전공단
- 8) 한국산업안전보건공단 (2012). 들기작업 및 인력운반 작업시 보조기구의 사용에 관한 기술지침, KOSHA GUIDE M-45-2012
- 9) 한국산업안전보건공단 (2012). 인력운반 작업 위험성평가에 관한 기술지침, KOSHA CODE M-35-2012
- 10) 한국산업안전보건공단 (2011). 인력운반 안전작업에 관한 지침, KOSHA GUIDE G-75-2011
- 11) HSE(2002), INDG-143 : Getting to grips with manual handling

-
- 12) ASTM(2015), D6804-02 : Standard Guide for Hand Hole in Corrugated Boxes
 - 13) NIOSH(1981), Work Practices Guide for Manual Lifting
 - 14) OSHA Ergonomics eTool:
<https://www.osha.gov/SLTC/etools/electricalcontractors>
 - 15) NIOSH(2007), Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling
 - 16) NOHSC(1992), Guidance note for manual handling in the retail industry [NOHSC:3014(1992)]
 - 17) The Swedish Work Environment Authority(2012), AFS 2012:2 Ergonomics for the Prevention of Musculoskeletal Disorders
 - 18) NIOSH(2014): 「Ergonomic Solutions for Retailers」 : Prevention of Material Handling Injuries in the Grocery Sector
 - 19) J. Singh, E. Olsen, S. P. Singh, J. Manle and F. Wallace (2008), The Effect of Ventilation and Hand Holes on Loss of Compression Strength in Corrugated Boxes, Journal of Applied Packaging Research, 2(4), 227-238
 - 20) W. S. Marras, K. P. Granta, K. G. Davis, W. G. Allread and M. J. Jorgensen (1999), Effects of box features on spine loading during warehouse order selecting, Ergonomics, 42(7), 980-996
 - 21) L. C. C. B. Silva, A. B. Oliveira, D. C. Silva, L. C. Paschoarelli, H. J. C. G. Coury (2013), 30° inclination in handles of plastic boxes can reduce postural and muscular workload during

- handling, *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 17(3), 307-318
- 22) H. C. Nogueira, L. B. Januario, R. F. C. Moreira and A. B. Oliveira (2018), Review Article: Adding Handles to Optimize Manual Box Handling, *Hindawi BioMed Research International*, Volume 2018, 1-9
- 23) K. G. Davis, W. S. Marras and T. R. Waters (1998), Reduction of spinal loading through the use of handles, *Ergonomics*, 41(8), 1155-1168
- 24) Yuh-chuan Shine, Mao-Jiun J. Wang (1997), Psychophysical evaluation of diameter and angle of container handles, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 437-444
- 25) Swei-Pi Wu, Shu-Yu Chang (2010), Effects of carrying methods and box handles on two-person team carrying capacity for females, *Applied Ergonomics*, 41, 615 - 619
- 26) H. C. Nogueira, L. B. Januario, R. F. C. Moreira, and A. B. Oliveira (2018), Review Article: Adding handles to optimize manual box handling, *BioMed Research International*, 2018, 9
- 27) Idsart Kingma, G. S. Faber, J. H. Dieën (2010), How to lift a box that is too large to fit between knees, *Ergonomics*, 53(10), 1228-1238
- 28) Hwa-S. Jung, Hyung-Shik Jung (2009), Survey of the optimal handle position for boxes with different sizes and manual handling positions, 41(1), 115-122
- 29) L. C. C. B. Silva, A. B. Oliveira, D. C. Silva, L. C. Paschoarelli,

- Coury, J. C. G. Helenice (2012), Are cutout handles used when available in real occupational settings? Description of grips and upper extremities movements during industrial box handling, *Work*, 41(1), 4808-4812
- 30) Moore, J.S., and Garg, A. (1995), The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(5): 443 - 458.
- 31) D.S. Lim, Y.J. Kim, K.D. Lee, J.H. Mun (2011), Bio-mechanical Evaluation of Squatting Posture with Asymmetric Trunk Motion, *Journal of biosystems Engineering*, 36(1), 58-67

Abstract

Title: A study on the guidance preventing musculoskeletal diseases for grocery workers.

Objectives:

The purpose of this study was to develop a guideline for designing ergonomic box handles. This guideline was developed based on the quantitative results of the handle preference and biomechanical stresses while using the box handles.

Methods:

We reviewed domestic and international guidelines and manuals related to the hand hole applied to the box. In addition, we reviewed the elements for the design of the handle of the box by previous studies.

We conducted a survey to assess the weight and size of currently used boxes at large supermarkets. For investigation, we surveyed 4 large supermarkets in Busan. In addition, the shape, size, position, and angle of the box handle were investigated.

Through this investigation, the key design factors for the handle were derived.

Forty-nine grocery workers were surveyed for their preference for handles of various shapes. Through this, the priority of the shape, angle, position of the box handle that workers prefer was derived.

Ergonomics experiments were conducted to develop the box handle design guidelines. A motion capture camera system and a ground

reaction force system were used.

Based on comprehensive analysis of these studies, we developed guidelines for the box handles.

Results:

When applying a handle to a box, it is recommended for the box weight from 5kg to 30kg (including the box weight). For the size of the box when applying the handles, suggested range is length: 200mm or more and 600mm or less / width: 200mm or more and 600mm or less / height: 100mm or more and 600mm or less. If the weight of the box is more than 30kg or the size is more than 600mm×600mm×600mm, it is recommended to use a machine or two people to carry it. For the shape of the handle, it is appropriate to apply an oval-shaped handle. It is recommended to allow the top of the handle to fold inside the box. It is recommended that the handle is located at the center or top of the box side and set angle of the handle has negligible effects in terms of human physical load. It is appropriate to design the size of the handle with a margin in consideration of wearing gloves.

Conclusions:

The results of this study are expected to be used as fundamental data for the preparation of design guidelines considering factors such as handle shape, size, position, angle, etc. for boxes that are most commonly handled in the current grocery stores.

Key words: grocery worker, box handle, guideline

부 록

1. 설문지 (상자 손잡이 선호도조사)
2. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (허리 굽힘 모멘트)
3. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (손목 굽힘 각도)
4. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (손목 틀어짐 각도)

1. 설문지 (상자 손잡이 선호도조사)

상자 손잡이 적용에 대한 선호도 조사 (AHP 적용)

연구책임자: 대한인간공학회 김재호 교수

공동연구자: 대한인간공학회 이경선 교수

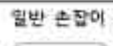
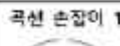
2020년 6월 8일~9일 서훈

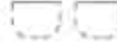
안녕하십니까? 대한인간공학회에서는 현재 유통되고 있는 포장용 상자용 손잡이를 적용하기 위한 연구를 진행 하고 있습니다. 본 선호도 조사는 상자를 들어올리는데 있어 여러가지 타입의 손잡이에 따른 선호도를 알아보 는데에 목적이 있습니다.

본 연구를 통해 손잡이를 적용하는데 있어 사용자 관점에서 우선적으로 적용해야 할 요소를 파악하고 인간공 학적 실험에 적용할 변인을 선정하고자 하오니 가능한 정확하고 솔직하게 답해주시기 바랍니다.

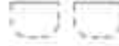
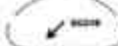
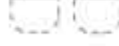
끝으로 바쁘신 와중에도 이렇게 귀한 시간을 내어 조사에 응해주셔서 대단히 감사합니다.

A. 다음의 손잡이 모양에 대하여 더 선호하는 손잡이에 표시하여 주시기 바랍니다.

번호	평가기준	절대 선호도	매우 선호도	선호	약간 선호	같은	약간 선호	선호	매우 선호	절대 선호	평가기준
A-1	일반 손잡이 1 	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일반 손잡이 2 (2중달) 
A-2	일반 손잡이 1 	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	2구형 손잡이 
A-3	일반 손잡이 1 	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	3구형 손잡이 
A-4	일반 손잡이 1 	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	4구형 손잡이 
A-5	일반 손잡이 1 	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	곡선 손잡이 1 

번호	평가기준	절대 선호	매우 선호	선호	약간 선호	같음	약간 선호	선호	매우 선호	절대 선호	평가기준
A-6	일반 손잡이 1 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	곡선 손잡이 2 
A-7	일반 손잡이 2 (2중형) 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	2구멍 손잡이 
A-8	일반 손잡이 2 (2중형) 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	3구멍 손잡이 
A-9	일반 손잡이 2 (2중형) 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	4구멍 손잡이 
A-10	일반 손잡이 2 (2중형) 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	곡선 손잡이 1 
A-11	일반 손잡이 2 (2중형) 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	곡선 손잡이 2 
A-12	2구멍 손잡이 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	3구멍 손잡이 
A-13	2구멍 손잡이 	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	4구멍 손잡이 

4 ... 마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구

번호	평가기준	절 대 선 호	매 우 선 호	선 호	약 간 선 호	같 은	약 간 선 호	선 호	매 우 선 호	절 대 선 호	평가기준								
A-14	2구멍 손잡이 	②	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	곡선 손잡이 1 
A-15	2구멍 손잡이 	②	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	곡선 손잡이 2 
A-16	3구멍 손잡이 	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	4구멍 손잡이 
A-17	3구멍 손잡이 	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	곡선 손잡이 1 
A-18	3구멍 손잡이 	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	곡선 손잡이 2 
A-19	4구멍 손잡이 	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	곡선 손잡이 1 
A-20	4구멍 손잡이 	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	곡선 손잡이 2 
A-21	곡선 손잡이 1 	②	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	곡선 손잡이 2 

번호	평가기준	절대 선호	매우 선호	선호	약간 선호	같음	약간 선호	선호	매우 선호	절대 선호	평가기준
A-22	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일반 손잡이 1 
A-23	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	일반 손잡이 2 (2중형) 
A-24	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	2구형 손잡이 
A-25	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	3구형 손잡이 
A-26	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	4구형 손잡이 
A-27	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	곡선 손잡이 1 
A-28	손잡이 없음	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	곡선 손잡이 2 

※ 다음페이지에서 계속 질문에 응답해주시기 바랍니다.

B. 다음의 손잡이의 위치와 각도에 대하여 더 선호하는 손잡이에 표시하여 주시기 바랍니다.

번호	평가기준	절대 선호	매우 선호	선호	약간 선호	같음	약간 선호	선호	매우 선호	절대 선호	평가기준
B-1	 손잡이위치(상) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(상) 손잡이각도(0도)
B-2	 손잡이위치(상) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(하) 손잡이각도(0도)
B-3	 손잡이위치(상) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(상) 손잡이각도(15도)
B-4	 손잡이위치(상) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-5	 손잡이위치(상) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(하) 손잡이각도(15도)
B-6	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(하) 손잡이각도(0도)
B-7	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	 손잡이위치(상) 손잡이각도(15도)

번호	평가기준	결 대 선 호	매 우 선 호	선 호	악 간 선 호	같 음	악 간 선 호	선 호	매 우 선 호	결 대 선 호	평가기준	
B-8	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-9	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-10	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-11	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-12	 손잡이위치(중) 손잡이각도(0도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-13	 손잡이위치(상) 손잡이각도(15도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-14	 손잡이위치(상) 손잡이각도(15도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)
B-15	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	④	③	②	①	⑩	 손잡이위치(중) 손잡이각도(15도)

2. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (허리 굽힘 모멘트)

손잡이 형태	위치 × 각도	허리 굽힘 모멘트	우선순위
일반1	상 × 0 deg	0.90 Nm/kg	1
	중 × 0 deg	1.00 Nm/kg	2
	하 × 0 deg	1.03 Nm/kg	3
	하 × 15 deg	1.04 Nm/kg	4
	상 × 15 deg	1.05 Nm/kg	5
	중 × 30 deg	1.07 Nm/kg	6
	중 × 15 deg	1.08 Nm/kg	7
	하 × 30 deg	1.10 Nm/kg	8
	상 × 30 deg	1.12 Nm/kg	9
일반2	중 × 0 deg	0.98 Nm/kg	1
	상 × 0 deg	1.00 Nm/kg	2
	하 × 0 deg	1.03 Nm/kg	3
	하 × 15 deg	1.05 Nm/kg	4
	상 × 15 deg	1.06 Nm/kg	5
	중 × 15 deg	1.07 Nm/kg	6
	하 × 30 deg	1.09 Nm/kg	7
	상 × 30 deg	1.09 Nm/kg	8
	중 × 30 deg	1.10 Nm/kg	9
곡선	상 × 0 deg	0.97 Nm/kg	1
	하 × 15 deg	1.03 Nm/kg	2
	중 × 0 deg	1.03 Nm/kg	3
	하 × 0 deg	1.04 Nm/kg	4
	상 × 15 deg	1.05 Nm/kg	5
	중 × 15 deg	1.07 Nm/kg	6
	상 × 30 deg	1.09 Nm/kg	7
	하 × 30 deg	1.10 Nm/kg	8
	중 × 30 deg	1.13 Nm/kg	9

3. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (손목 굽힘 각도)

손잡이 형태	위치 × 각도	손목 굽힘 각도	Hand/Wrist Posture (JSI)	우선 순위
일반1	상 × 30 deg	11.47	4	1
	중 × 15 deg	11.82	4	2
	상 × 15 deg	12.31	4	3
	중 × 30 deg	12.57	4	4
	하 × 15 deg	12.93	4	5
	하 × 30 deg	13.47	4	6
	하 × 0 deg	14.16	4	7
	중 × 0 deg	14.80	4	8
	상 × 0 deg	15.40	4	9
일반2	하 × 15 deg	10.20	4	1
	중 × 30 deg	11.08	4	2
	상 × 30 deg	11.20	4	3
	하 × 30 deg	11.96	4	4
	중 × 15 deg	11.93	4	5
	상 × 15 deg	11.50	4	6
	중 × 0 deg	13.66	4	7
	하 × 0 deg	15.57	4	8
	상 × 0 deg	16.66	4	9
곡선	하 × 30 deg	11.67	4	1
	상 × 30 deg	11.94	4	2
	중 × 30 deg	12.11	4	3
	상 × 15 deg	12.32	4	4
	중 × 15 deg	12.51	4	5
	하 × 0 deg	12.56	4	6
	중 × 0 deg	17.30	4	7
	하 × 15 deg	19.08	4	8
	상 × 0 deg	22.18	4	9

4. 손잡이 형태별 위치×각도 조합 우선순위 (손목 틀어짐 각도)

손잡이 형태	위치 × 각도	손목 틀어짐 각도	Hand/Wrist Posture (JSI)	우선 순위
일반1	하 × 30 deg	12.88	4	1
	하 × 15 deg	13.60	4	2
	상 × 15 deg	14.38	4	3
	상 × 30 deg	14.46	4	4
	중 × 15 deg	14.98	4	5
	중 × 0 deg	15.64	4	6
	중 × 30 deg	15.72	4	7
	하 × 0 deg	15.98	4	8
	상 × 0 deg	17.03	3	9
일반2	하 × 30 deg	12.88	4	1
	상 × 15 deg	14.08	4	2
	하 × 15 deg	14.15	4	3
	중 × 30 deg	14.27	4	4
	하 × 0 deg	14.57	4	5
	상 × 30 deg	14.61	4	6
	중 × 15 deg	14.75	4	7
	중 × 0 deg	16.34	3	8
	상 × 0 deg	17.55	3	9
곡선	하 × 30 deg	12.81	4	1
	중 × 30 deg	13.39	4	2
	하 × 0 deg	13.45	4	3
	상 × 30 deg	14.83	4	4
	상 × 15 deg	15.10	4	5
	하 × 15 deg	15.12	4	6
	중 × 15 deg	15.78	4	7
	중 × 0 deg	16.93	3	8
	상 × 0 deg	19.19	3	9

〈〈연 구 진〉〉

연구수행기관: 대한인간공학회

연 구 책 임 자: 김재호 (조교수, 공학박사, 순천제일대학교 산업안전관리과)

공 동 연 구 원: 이경선 (조교수, 공학박사, 부산가톨릭대학교 산업보건학과)
 황재진 (조교수, 공학박사, 노년알파노아대학교 산업시스템공학과)
 하지연 (주임연구원, 공학석사, (주)하스피 기업부설연구소)

연 구 보 조 원: 한지윤 (연구원, 학부과정, 부산가톨릭대학교 산업보건학과)

연 구 상 대 역: 류향우 (연구위원, 직업건강연구실)

〈〈연 구 기 간〉〉

2020. 4. 10 ~ 2020. 10. 31.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2020년도 위탁연구 용역
사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

2020-산업안전보건연구원-679

마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구

발 행 일 : 2020년 10월 31일
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고 재 철
연구책임자 : 순천제일대학교 산업안전관리과 조교수 김재호
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
전 화 : 052-703-0858
F A X : 052-703-0335
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

[비매품]