

안전분야 - 연구자료

연구원 2005 - 86 - 554

인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발에 관한 연구

A Study on Development of Safe Load Limits and Safe
Work Models for Manual Materials Handling



한국산업안전공단
산업안전보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단이사장 귀하

본 보고서를 2005년도 공단 연구사업계획에 따라 수행한 “인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 12월 31일

연 구 기 관 : 산업안전보건연구원
안 전 공 학 연구실

연 구 책 임 자 : 이 준 원(책임연구원)

요 약 문

1. 과 제 명 : 인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발에 관한 연구

2. 연구기간 : 2005. 1. 1 ~ 2005. 12. 31

3. 연구목적 및 필요성

최근 사회적으로 문제가 되고 있는 인력운반작업 관련 산업재해와 근골격계 질환 재해의 예방을 위하여 인력운반 중량물 취급 및 반복 운반작업의 안전한계하중 기준을 설정하고, 인력운반 작업의 안전작업 모델을 개발하여 과하중 및 반복 운반작업에 의해 발생하는 재해를 예방하고자 본 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 인력운반 안전한계하중 관련 국내외 관련 자료 및 안전기준을 조사하고 인력운반과 관련된 산업재해 발생현황 분석 및 인력운반 안전한계하중 기준 설정을 위한 기초자료 조사를 실시하고자 하였다.

또한 인체 작업능력 측정이 가능한 BTE(Baltimore Therapeutic Equipment) 장비를 활용하여 인력운반 안전한계하중 설정을 위한 측정을 실시하고자 하였으며 이를 바탕으로 인력운반작업에 관한 안전작업모델을 개발하고자 하였다.

4. 연구방법 및 내용

가. 인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 관련 국내외 관련자료 및 안전기준 조사

인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델과 관련된 국내자료, 산업안전보건법 관련 사항, KOSHA CODE 등 기술지침 관련 사항 등에 대한 규정내용을 조사하였다. 또한 외국자료 및 안전기준 관련사항으로는 영국과 유럽연합규격(EN), 국제노동기구(ILO)의 권고기준, 미국, 일본의 권고기준 등에 대하여 조사하였다.

나. 인력운반 관련 산업재해발생 실태파악 및 분석실시

인력운반과 관련이 있는 근골격계질환 재해 발생실태를 조사하기 위하여 2001년부터 2003년까지 발생한 산업재해자수 258,269명에 대한 연도별·발생형태별 산업재해, 연도별·발생형태별 사망재해, 연도별·직접원인별(불안전한 행동) 조사대상 사망재해 및 연도별·질병종류별 조사대상 산업재해 등을 분석하였다.

다. 인력운반 안전한계하중 기준 설정을 위한 분석 및 평가

인력운반 안전한계하중 평가와 관련된 국제적 통용 평가기법인 개정 NIOSH 중량물 취급기준, OWAS 분석법, RULA 평가법, 변형도 지수(Strain Index) 분석법 및 REBA 평가법 등에 대한 이론적 고찰을 실시하였다.

라. BTE 장비를 활용하여 인력운반 안전한계하중의 측정 및 결과 분석

인체 작업능력을 측정할 수 있는 BTE(Baltimore Therapeutic Equipment) 장비를 활용하여 들어올리기(Lifting), 밀기(Pushing) 및 당기기(Pulling) 작업에 대한 안전한계하중을 측정하였다. 이 측정은 ILO나 미국 등에서 구분하고 있는 작업자의 연령구분을 참조하여 18세이상 20세이하, 21세이상 35세이하, 36세이상 50세이하, 51세이상 65세이하 등 4등급으로 구분하여 각 연령대별로 남자와 여자 각 10명씩 총 40명에 대하여 작업종류별, 작업자세별로 구분하여 인력운반 안전한계하중에 대한 측정, 분석 및 평가를 실시하였고 남자와 여자로도 구분하여 실시하였다.

마. 인력운반 작업의 안전화를 위한 안전작업모델 개발

인력운반 안전한계하중 측정시 작업자세의 변화에 따른 하중변화를 측정하므로써 안전작업모델을 평가하기 위하여 측정자의 대퇴부 각도에 변화를 주어 하중기준을 조사하고 안전작업 자세변화에 대한 측정결과를 도출하였다. 들어올리기(Lifting) 작업에서는 0°, 45°, 90° 등 3종류, 밀기(Pushing) 작업에서는 0°, 45° 등 2종류, 당기기(Pulling) 작업에서는 0°, 45° 등 2종류로 총 7 종류로 작업자세에 변화를 주어 측정하였다.

5. 연구결과

현행 우리나라 산업안전보건법에서는 인력운반 안전한계하중과 관련된 구체적인 제한 규정이 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 사업장과 근로자에 적합한 인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발을 통하여 최근 사회적으로 문제가 되고 있는 근골격계 질환재해를 예방하고자 실시하였다. 인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델에 대하여 본 연구에서 측정, 분석하여 도출한 결과는 다음과 같다.

첫째, 인력운반 작업 중 들어올리기 자세의 일시작업에서 남자의 안전한계하중은 23.7kg이며 여자의 안전한계하중은 15.2kg이었다. 연령대별 들어올리기 안전한계하중은 남자의 경우 18세이상 20세이하 24.2kg, 21세이상 35세이하 26.5kg, 36세이상 50세이하 23.7kg, 51세이상 65세이하가 20.3kg이고 여자의 경우에는 18세이상 20세이하 15.3kg, 21세이상 35세이하 16.0kg, 36세이상 50세이하 14.8kg, 51세이상 65세이하가 14.9kg으로 나타났다. 또한 들어올리기 자세의 반복작업 안전한계하중은 일시작업 안전한계하중의 50%를 적용한다.

둘째, 인력운반작업 중 밀기자세에서 하중의 지지작업시 남자의 안전한계하중은 11.9kg이고 여자의 안전한계하중은 9.6kg이었으며 하중의 운반작업시에는 남자의 안전한계하중은 23.6kg, 여자의 안전한계하중은 19.2kg으로 나타났다.

셋째, 인력운반 작업 중 당기기 자세에서 하중의 지지작업시 남자의 안전한계하중은 12.9kg이고 여자의 안전한계하중은 11.5kg이었으며 하중의 운반작업시에는 남자의 안전한계하중은 25.8kg, 여자의 안전한계하중은 23.0kg으로 나타났다.

넷째, 인력운반 작업의 안전을 확보하기 위해서는 안전한 인력운반 작업계획의 작성, 운반작업 내용에 대한 위험성 평가 및 안전운반 작업절차의 준수 등 인력운반 작업과 관련된 위험요인에 대한 근원적 재해예방 노력이 절실히 요구된다.

6. 활용계획

인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발 연구결과를 산업안전보건법령 또는 관련 있는 KOSHA CODE 제·개정시 반영하고 향후 사업장 재해예방 기술지원 업무에 적극 활용토록 하며 사업장에서도 동 연구결과를 참고하여 사업장 안전보건관리에 도움을 줄 수 있게 교육자료 제작 및 홍보에 활용할 수 있도록 한다.

7. 중심어

인력운반, 안전한계하중, 한계하중, 작업자세, 안전작업 모델, 산업재해, 근골격계 질환, BTE(Baltimore Therapeutic Equipment)

차 례

I. 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구의 내용 및 방법	2
가. 연구의 내용	2
나. 연구의 방법	3
II. 국내외 현황 파악	4
1. 국내 현황	4
가. 인력운반관련 근골격계 질환 재해발생현황	4
나. 인력운반 안전한계하중	4
다. 인력운반 안전작업모델	8
라. 중량물 취급 인력운반안전 관련 조치기준	13
2. 국외 현황	17
가. 인력운반관련 근골격계 질환 재해발생현황	17
나. 인력운반 안전한계하중	18
다. 인력운반 안전작업모델	29
3. 인력운반관련 산업재해 분석 결과	37
가. 연도별·발생형태별 산업재해현황	37
나. 연도별·발생형태별 사망재해현황	39
다. 연도별·직접원인별(불안전한 행동) 조사대상 사망재해 현황	40

라. 연도별·질병종류별 조사대상 산업재해현황	41
마. 연도별 근골격계 질환 요양자별 산업재해현황	41
III. 인력운반 안전 한계하중	46
1. 개요	46
가. 인력운반작업	46
나. 한계하중 및 안전한계하중	47
다. 인력운반작업 위험성 평가기법	47
2. 측정 및 결과	58
가. 측정개요	58
나. 측정장비	59
다. 측정방법 및 내용	61
라. 측정결과 분석	67
3. 인력운반 안전한계하중	88
가. 들어올리기	91
나. 밀기	92
다. 당기기	93
4. 국내외 기준과의 비교	94
가. 국내 기준과의 비교	94
나. 국외 기준과의 비교	96
IV. 인력운반 안전작업 모델	98
1. 개요	98
가. 인력운반 안전작업자세	98

나. 인력운반 작업에 대한 평가	101
다. 인력운반 작업관련 안전조치기준	103
2. 측정 및 결과	105
가. 측정개요	105
나. 측정 장비	106
다. 측정방법 및 내용	106
라. 측정결과 분석	106
3. 인력운반 안전작업모델	109
가. 일반원칙	110
나. 들어올리기	111
다. 밀기와 당기기	112
V. 결 론	113
참고문헌	116
부록 1. 인력운반 안전한계하중 측정표 작성 예	119
부록 2. 인력운반 안전한계하중 측정 결과표 예	120

표 차 례

<표 1> 바닥에서 물체 중심까지의 거리	8
<표 2> 인력운반 중량 권장기준	8
<표 3> 들어올리기와 내리기 안전한계하중(MHOR)	20
<표 4> 반복운반작업의 안전한계하중 감소비율(MHOR) ...	21
<표 5> 밀기와 당기기 안전한계하중(MHOR)	22
<표 6> 들어올리기 작업 안전한계하중(MAC)	24
<표 7> 나르기 작업 안전한계하중(MAC)	24
<표 8> 들어올리기 작업수행능력(EN)	26
<표 9> 밀기와 당기기 안전한계하중(EN)	27
<표10> ILO 중량물 취급 권고기준	27
<표11> 미국 IOSHIC 중량물 취급 권장기준	28
<표12> 일본의 연령별 중량물 취급 권장기준	28
<표13> 일본 노동성 재해의학연구소 중량물 취급권장기준 ..	29
<표14> 신체로부터 손의 수평거리에 따른 작업수행능력 ...	30
<표15> 경사도에 따른 미는 힘의 변화	34
<표16> 연도별 · 발생형태별 산업재해현황	38
<표17> 연도별 · 발생형태별 사망재해현황	39
<표18> 연도별 · 직접원인별(불안전한 행동) 조사대상 사망재해현황	40
<표19> 연도별 · 질병종류별 조사대상 산업재해현황	41
<표20> 연도별 · 업종별 근골격계 질환 산업재해현황	42

<표21> 연도별·규모별 근골격계 질환 산업재해현황	.....	43
<표22> 연도별·성별 근골격계 질환 산업재해현황	.....	44
<표23> 연도별·연령별 근골격계 질환 산업재해현황	.....	45
<표24> 인력운반 안전한계하중 측정표	.....	62
<표25> 인력운반 한계하중 측정결과 (남자, 여자)	.....	68
<표26> 연령별 들어올리기 0도 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값	.....	86
<표27> 연령별 밀기 45도 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값		87
<표28> 연령별 당기기 45도 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값	.....	88
<표29> 인력운반 안전한계하중 측정결과 (남자, 여자)	.....	89
<표30> 연령별 들어올리기 일시작업 및 반복작업 안전한계하중	.....	91
<표31> 연령별 밀기 하중지지작업 및 하중운반작업 안전한계하중	.....	92
<표32> 연령별 당기기 하중지지작업 및 하중운반작업 안전한계하중	.....	93
<표33> 들어올리기 안전한계하중과 체중과의 비교	.....	95
<표34> ILO 권장기준과 측정결과 안전한계하중 기준 비교	·	97
<표35> 연령별, 작업자세별 들어올리기 안전한계하중 평균값	.....	107
<표36> 연령별, 작업자세별 밀기 안전한계하중 평균값	.....	108
<표37> 연령별, 작업자세별 당기기 안전한계하중 평균값	..	109

그 립 차 례

[그림 1] 연구방법 및 진행절차	3
[그림 2] 인력운반작업 분석 프로그램	10
[그림 3] 중량물 안내표시의 예	16
[그림 4] BTE 장비 사진	59
[그림 5] 들어올리기 한계하중 측정사진 0도	63
[그림 6] 들어올리기 한계하중 측정사진 45도	64
[그림 7] 들어올리기 한계하중 측정사진 90도	64
[그림 8] 밀기 한계하중 측정사진 0도	64
[그림 9] 밀기 한계하중 측정사진 45도	65
[그림10] 당기기 한계하중 측정사진 0도	65
[그림11] 당기기 한계하중 측정사진 45도	65
[그림12] 들어올리기 0도 한계하중 측정결과	70
[그림13] 들어올리기 45도 한계하중 측정결과	71
[그림14] 들어올리기 90도 한계하중 측정결과	72
[그림15] 밀기 0도 한계하중 측정결과	73
[그림16] 밀기 45도 한계하중 측정결과	74
[그림17] 당기기 0도 한계하중 측정결과	75
[그림18] 당기기 45도 한계하중 측정결과	76
[그림19] 연령에 따른 들어올리기 0도 한계하중평균 변화추이 ...	77
[그림20] 연령에 따른 밀기 45도 한계하중평균 변화추이	78
[그림21] 연령에 따른 당기기 45도 한계하중평균 변화추이	79

[그림22] 신장에 따른 들어올리기 0도 한계하중평균 변화추이 ...	80
[그림23] 신장에 따른 밀기 45도 한계하중평균 변화추이	81
[그림24] 신장에 따른 당기기 45도 한계하중평균 변화추이 ...	82
[그림25] 체중에 따른 들어올리기 0도 한계하중평균 변화추이 ...	83
[그림26] 체중에 따른 밀기 45도 한계하중평균 변화추이	84
[그림27] 체중에 따른 당기기 45도 한계하중평균 변화추이 ...	85
[그림28] 중량물과 신체와의 거리에 따른 부하율	100

I. 서 론

1. 연구 배경

산업재해 분석결과 인력운반 작업과 관련된 산업재해자수 및 근골격계 질환 재해자수가 점차 증가하고 있는 실정인데 이는 과도한 인력운반작업, 부적합한 작업자세와 단순 반복작업에 기인하고 있다. 근골격계 질환재해의 가장 큰 원인중의 하나가 인력운반작업에 기인하고 있는데 현재 우리나라에는 인력운반 안전한계하중에 대한 명확한 제한규정이 제대로 정비되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 인력운반과 관련된 안전한계 하중에 대한 기준을 설정하여 인력운반작업의 안전기준을 제시함으로써 중량물 취급 및 반복 운반작업에 의해 발생하는 산업재해를 예방하는데 기여하고자 한다. 이를 위하여 인력운반 안전한계하중과 관련된 국내외 관련 자료 및 안전기준을 조사하고 인력운반과 관련된 산업재해 발생현황 분석 및 인력운반 안전한계하중 기준 설정을 위한 기초자료 조사를 실시한다.

또한 인체 작업능력 측정이 가능한 BTE(Baltimore Therapeutic Equipment) 장비를 활용하여 인력운반 안전한계하중 설정을 위한 측정을 실시하고 이를 바탕으로 국내외적으로 많이 제시되고 있는 중량물 취급 운반작업의 안전화를 위한 인력운반작업의 안

전화를 위한 안전작업모형을 제시하고자 한다.

근골격계 질환재해의 예방을 위해서는 인력운반작업의 안전화가 필수적인데 이를 위해서 우리나라 산업안전보건법령 및 KOSHA CODE 등 기술지침에서 정하고 있는 각종 기준을 참조하고 국제노동기구(ILO)와 영국, 미국, 일본 등 선진외국에서 정하고 있는 안전한계하중에 대한 권고기준을 참조하여 우리나라 근로자의 인체특성 및 작업여건에 적합한 인력운반 안전한계하중에 대한 기준을 설정하고 안전작업모형을 제시하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

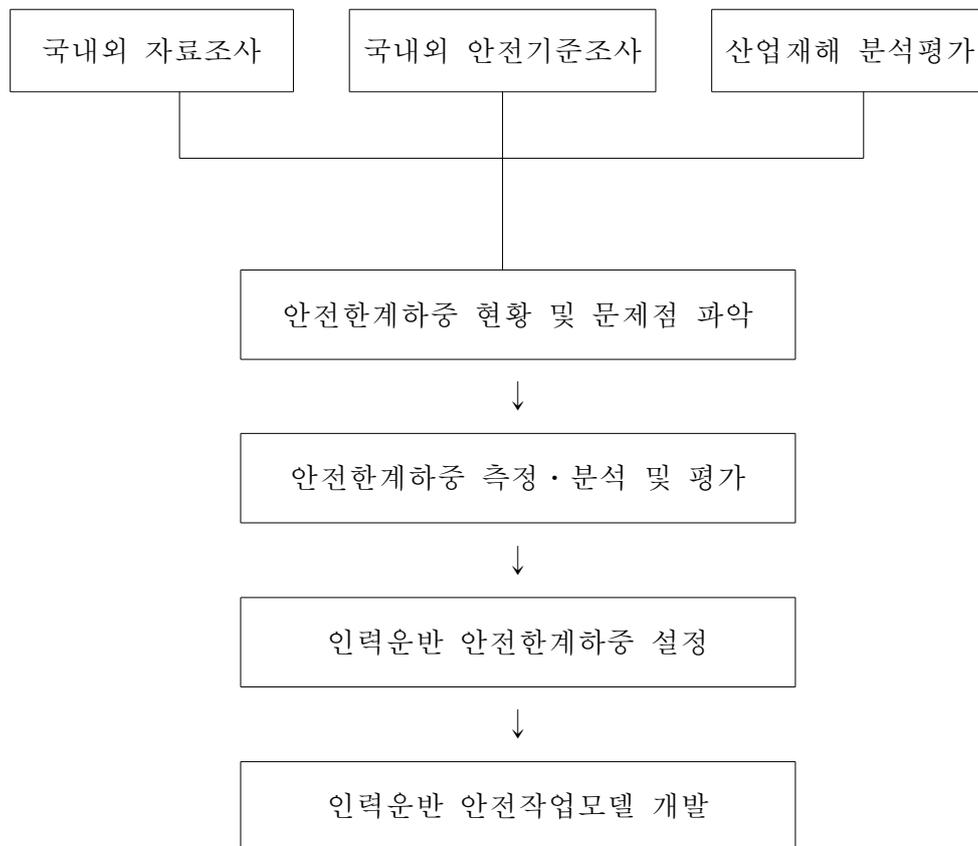
가. 연구의 내용

본 연구에서 실시하는 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 1) 인력운반 안전한계하중 및 안전작업모형 관련 국내외 관련자료 및 안전기준 조사
- 2) 인력운반 관련 산업재해 발생현황 파악 및 분석
- 3) 인력운반 안전한계하중 기준 설정을 위한 분석 및 평가
- 4) BTE 장비를 활용하여 인력운반 안전한계하중의 측정 및 결과분석
- 5) 인력운반작업에 관한 안전작업모형 개발

나. 연구의 방법

본 연구는 아래 [그림 1]과 같은 연구방법 및 절차에 따라 진행 된다.



[그림 1] 연구방법 및 진행절차

II. 국내외 현황파악

1. 국내현황

가. 인력운반관련 근골격계 질환 재해발생현황

중량물 취급 인력운반 또는 반복운반 작업등과 관계가 있는 인력운반관련 근골격계 질환 재해자수는 2001년부터 2003년까지 3년간 총 7,957명으로 이중 신체부담작업이 4,851명(61.0%), 요통이 3,106명(39.0%)이며 이는 전체 산업재해자수 258,269명 대비 약 3.1%에 달하고 있다.

신체부담작업 및 요통에 기인한 재해자수는 2001년 1,598명(20.1%), 2002년 1,827명(23.0%), 2003년 4,532명(56.9%)으로 매년 증가추세에 있으며 특히 2003년도에는 그 이전 해에 비해 약 2배이상 증가하는 현상을 나타내고 있다.

나. 인력운반 안전한계하중

1) 산업안전보건법 관련사항

산업안전보건법에서는 인력운반과 관련된 안전 한계하중에 대하여 특별히 규정하는 바가 없다. 다만 산업안전기준에 관한 규칙(노

동부령 제197호, 2003. 8. 18개정) 제7편 중량물 취급시의 위험방지 제463조(중량물 취급)에서 「사업주는 중량물을 운반 또는 취급하는 때에는 하역운반기계·운반용구를 사용하여야 한다. 다만, 작업의 성질상 하역운반기계 등을 사용하기 곤란한 경우에는 그러하지 아니한다」라고 규정하고 있다. 또한 산업안전보건에 관한 규칙 (노동부령 제195호, 2003. 7. 13개정) 제3절 중량물 들어올리는 작업에 관한 특별조치 제149조(중량물의 제한)에서 「사업주는 인력으로 들어올리는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 과도한 중량으로 인하여 근로자의 목·허리등 근골격계에 무리한 부담을 주지 아니하도록 최대한 노력하여야 한다」라고 규정하고 있다. 따라서 산업안전보건법에서 인력운반과 관련된 안전한계하중에 대하여 특별히 규정하는 바가 없는 실정이다.

그러나 산업보건기준에 관한 규칙 제142조(정의) 및 노동부 고시 제2003-24호와 관련하여 다음과 같이 근골격계 부담작업에 대한 하중 취급기준을 일부 정의하고 있다.

- 가) 하루에 4시간 이상 집중적으로 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업
- 나) 하루에 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업
- 다) 하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤 쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업

- 라) 지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업
- 마) 하루에 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업
- 바) 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한 손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한 손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업
- 사) 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업
- 아) 하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업
- 자) 하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업
- 차) 하루에 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업
- 타) 하루에 총 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업

2) 기술지침 관련사항

중량물의 취급과 관련한 안전한계하중에 대해서는 KOSHA CODE인 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침(KOSHA CODE H-5-1998) 7.중량물의 취급에서 「사업주는 근로자가 항상 수작업으로 물건을 취급하는 경우에는 동 물건의 중량이 남자 근로자인

경우 체중의 40%이하, 여자근로자인 경우 체중의 24%이하가 되도록 노력하여야 하며, 중량물의 폭은 일반적으로 75cm이상 되지 않도록 노력하여야 한다」라고 규정하고 있다.

KOSHA CODE는 한국산업안전공단에서 산업안전보건과 관련된 기술지침을 제정한 것으로 법적 구속력은 없으나 사업장에 기술적인 권장사항으로서 효력을 갖는다.

따라서 동 KOSHA CODE에서는 인력운반 안전 한계하중과 관련하여 남자근로자인 경우에는 중량물의 중량이 체중의 40%이하가 되도록 유지하고 여자 근로자인 경우에는 중량물의 중량이 체중의 24%이하가 되도록 가이드라인을 제시하고 있다.

또 다른 KOSHA CODE인 인력운반 안전작업에 관한 지침(KOSHA CODE G-6-1999)에서는 인력운반의 용어의 정의에 대해 「동력을 이용하지 않고 순수하게 사람의 힘으로 하물을 밀거나, 당기거나, 들고 있거나, 들어 옮기거나 또는 내려놓는 일체의 동작을 말한다」라고 규정하고 있으며 인력운반작업과 관련된 한계허용중량을 구하는 식을 다음과 같이 제시하고 있다.

바닥에서 물체 중심까지의 거리에 관한 기준은 <표 1>에 나타내고 있다.

$$\text{한계허용중량(Action Limit)} = 40(15/H)(1-0.004|V-75|)(0.7+7.5/D) \\ (1-F/F_m)$$

여기서

H : 화물의 중심에서 두 발목의 중간지점까지의 거리(cm)

V : 바닥에서 물체 중심까지의 거리(cm) (표 1 참조)

D : 화물을 들어올리는 높이(cm)

F : 들어올리는 빈도(횟수/분)

Fm : 화물 높이에 따른 보정 계수

<표 1> 바닥에서 물체 중심까지의 거리

작업시간	Fm (횟수/분)	
	V > 75cm	V < 75cm
1 시간	18	15
8 시간	15	12

또한 동 KOSHA CODE에서는 일시작업 및 계속작업등 작업형태에 따른 성별, 연령별 인력운반 중량 권장기준을 다음 <표 2>와 같이 규정하고 있다.

<표 2> 인력운반 중량 권장기준

작업형태	성별	연령별 허용 권장기준(kg)			
		18세이하	19~35세	36~50세	51세이상
일시작업 (시간당 2회이상)	남	25	30	27	25
	여	17	20	17	15
계속작업 (시간당 3회이상)	남	12	15	13	10
	여	8	10	8	5

다. 인력운반 안전작업모델

1) 산업안전보건법 관련사항

산업안전보건법에서는 인력운반과 관련된 안전작업모델에 대하여 구체적으로 규정하는 바가 없다. 다만 산업보건기준에 관한 규칙

(노동부령 제195호, 2003. 7. 12 개정) 제3절 중량물을 들어올리는 작업에 관한 특별조치 제152조(작업자세 등)에서 「사업주는 중량물을 들어올리는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 무게중심을 낮추거나 대상물에 몸을 밀착하도록 하는 등 신체 부담을 감소시킬 수 있는 자세에 대하여 널리 알려야 한다」라고 규정하고 있다. 따라서 산업안전보건법에서는 인력운반과 관련된 안전작업 모델에 대하여 작업자세 등 일반적인 사항만을 규정하고 있다.

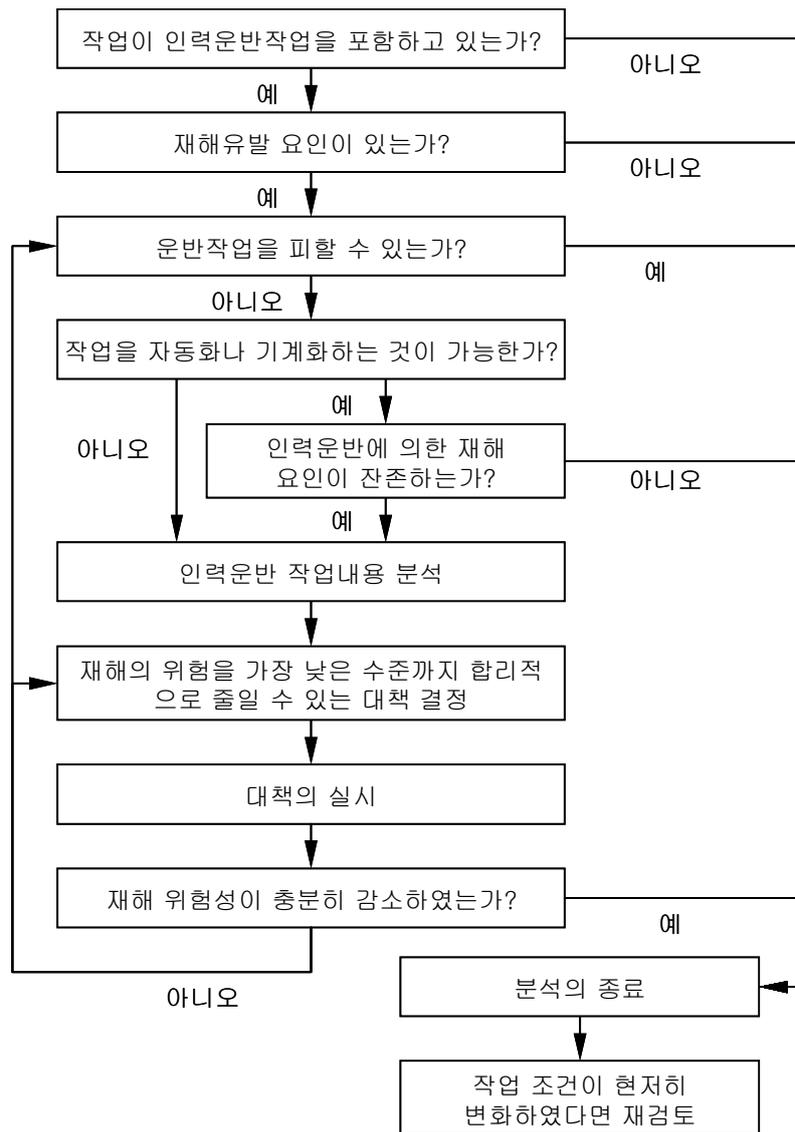
2) 기술지침 관련사항

중량물의 취급과 관련한 안전작업 모델에 대해서는 KOSHA CODE인 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침(KOSHA CODE H-5-1998) 7. 중량물의 취급에서 「중량물 취급 시에는 어깨와 등을 펴고 무릎을 굽힌 다음 가능한 한 물건을 몸체와 가깝게 잡아 당겨 들어올리는 자세를 취하여야 한다」라고 규정하고 있다.

동 KOSHA CODE에서 규정하고 있는 중량물 취급 작업자세는 다음과 같다.

- ① 중량물은 몸에 가깝게 할 것
- ② 발을 어깨넓이 정도로 벌리고 몸은 정확하게 균형을 유지할 것
- ③ 무릎을 굽힐 것
- ④ 목과 등이 거의 일직선이 되도록 할 것
- ⑤ 등을 반듯이 유지하면서 다리를 펼 것
- ⑥ 가능하면 중량물을 양손으로 잡을 것

또 다른 KOSHA CODE인 인력운반 안전작업에 관한 지침 (KOSHA CODE G-6-1999)에서는 인력운반작업 분석 프로그램을 아래 [그림 2]와 같이 제시하고 있다.



[그림 2] 인력운반작업 분석 프로그램

위에서 제시한 인력운반작업 분석 프로그램을 활용하여 인력운반 작업내용을 분석하고 다음과 같은 운반재해예방 기본원칙을 토대로 구체적인 운반재해예방 대책을 수립한다.

- ① 작업공정을 개선하여 운반의 필요성이 없도록 한다
- ② 운반작업을 줄인다
- ③ 운반횟수(빈도) 및 거리를 최소화, 최단거리화 한다
- ④ 중량물의 경우는 2-3인이 운반하도록 한다
- ⑤ 운반보조 기구 및 기계를 이용한다

또한 동 KOSHA CODE에서는 인력운반 안전작업 모델과 관련하여 다음과 같은 운반대상물의 최적화, 운반에너지의 최소화, 화물의 중량표시 및 안전 운반작업절차에 대해 규정하고 있다.

가) 운반대상물의 최적화

- ① 모든 인력운반 작업공정을 분석하여 운반작업이 반드시 필요한 공정인가 여부를 다음사항을 참조하여 정밀 검토한다.
 - 제품 원료의 입고·저장·불출과정
 - 제품 설계, 시작품, 금형입고, 불출, 수리과정
 - 공구입고·불출과정
 - 각종 점검과정

② 정리를 철저히 한다.

사용할 수 있는 것과 사용할 수 없는 것을 구분하여 사용하지 못하는 것은 즉시 처분하고 현장에서는 남은 재료, 불량품 및 사용하지 못하는 물건 등은 작업장을 협소하게 만들고 생산에도 지장을 초래하므로 바로 정리한다.

③ 정돈을 철저히 한다.

필요한 것은 구분하여 무엇이 어디에 있는지 사용빈도에 따라 바로 알고 사용하기 쉽고, 편리한 장소에 안전한 상태로 깨끗하게 보관한다.

④ 운반작업을 최대한 줄인다.

공정 순으로 기계설비 등을 배치하여 일관된 생산이 되도록 하고 작업부품이나 공구 등은 사용 빈도를 고려하여 분당 1회 이상 사용하는 것은 작업자의 최적작업 범위내에 배치하고 시간당 1회 이상 사용하는 것은 작업자의 최대작업 범위내에 배치한다.

⑤ 다음과 같은 위험요소가 있는지 사전에 파악하여 개선함으로써 운반환경을 최적상태로 유지한다.

- 운반공간이 협소한가 여부
- 바닥이 미끄러운가 여부
- 바닥이 울퉁불퉁한가 여부
- 바닥의 일부가 파손되어 있는가 여부
- 운반 경로 중에 계단이 있는가 여부

- 운반에 영향을 줄 정도로 덥거나 추운가 여부
- 익숙하지 않은 환경에서 운반을 행하지 않는가 여부
- 운반에 적절한 조명인가 여부
- 의사소통에 지장을 줄 정도의 소음이 발생되고 있지는 않은가 여부

나) 운반에너지의 최소화

운반 횟수, 운반거리 및 운반 높이를 고려하여 작업자에 적합한 운반 조건을 표준화하고 이를 바탕으로 인력 운반작업 한계허용 중량을 산출하여 작업자에게 적합한 인력운반중량을 정한다.

다) 운반하중의 중량표시

취급하는 운반하중에는 가급적 보기 쉬운 곳에 중량을 표시하고 작업책임자는 운반하중의 중량을 계산하는 방법을 숙지시켜 중량에 따라 운반하중의 운반소요인력 및 로프 등 운반보조장비 필요성을 파악하도록 한다.

라. 중량물 취급 인력운반안전 관련 조치기준

산업안전보건법에서는 인력운반 안전과 관련한 중량물 취급 관련 안전조치기준으로 작업계획의 작성, 작업지휘자의 지정, 신호방법,

보호구 지급, 휴식시간 배분 및 중량의 표시 등에 관하여 규정하고 있다.

1) 작업계획의 작성

사업주는 중량물을 취급하는 작업을 하는 때에는 다음 각호의 사항이 포함된 작업계획서를 작성하고 준수하도록 하며 당해내용을 근로자에게 주지시키도록 하고 있다.

- 가) 중량물의 종류 및 형상
- 나) 취급방법 및 순서
- 다) 작업장소의 넓이 및 지형

2) 작업지휘자의 지정

사업주는 중량물을 취급하는 작업을 하는 때에는 당해 작업지휘자를 지정하여 다음과 같은 사항을 준수하도록 규정하고 있다.

- 가) 작업순서 및 그 순서마다의 작업방법을 정하고 작업을 지휘할 것
- 나) 기구 및 공구를 점검하고 불량품을 제거할 것
- 다) 당해 작업을 행하는 장소에 관계 근로자외의 자의 출입을 금지시킬 것

라) 로프를 풀거나 덮개를 벗기는 작업을 행하는 때에는 적재함의 화물이 낙하할 위험이 없음을 확인한 후에 당해 작업을 하도록 할 것

3) 신호방법

사업주는 중량물을 2명이상의 근로자가 취급 또는 운반하는 때에는 일정한 신호방법을 정하고 신호에 따라 작업하도록 해야 한다.

4) 보호구 지급 및 사용

사업주는 중량물을 취급하는 근로자에게 안전화 등 적합한 보호구를 지급하여 사용하도록 해야 한다.

5) 작업조건

사업주는 근로자가 취급하는 물품의 중량, 취급빈도, 운반거리, 운반속도 등 인체에 부담을 주는 작업의 조건에 따라 작업시간과 휴식시간 등을 적정하게 배분하여야 한다.

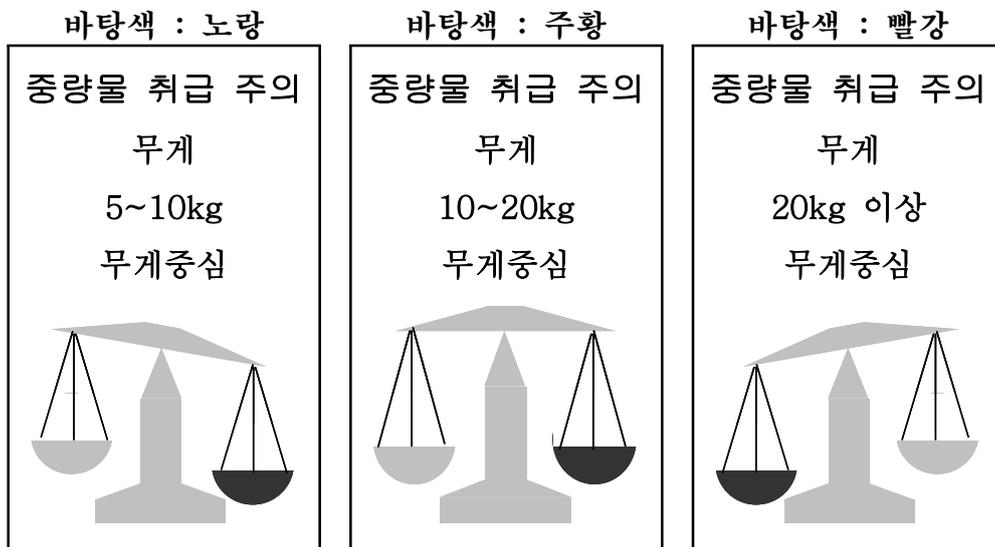
6) 중량의 표시 등

사업주는 5kg의 중량물을 들어올리는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 주로 취급하는 물품에 대하여 근로자가 쉽게 알

수 있도록 물품의 중량과 무게중심에 대하여 작업장 주변에 안내 표시하고 취급하기 곤란한 물품에 대하여는 손잡이를 붙이거나 갈고리, 진공빨판 등 적절한 보조도구를 활용하도록 하고 있다.
중량물 안내표시의 예는 [그림 3]과 같다.

※ 중량물 안내표시의 예시

- ① 50×90cm(가로×세로)의 직사각형에 안내표시
- ② 무게가 5~10kg인 경우에는 바탕색을 노랑, 10~20kg인 경우에는 주황, 20kg 이상인 경우에는 빨강으로 한다.
- ③ 무게 중심의 경우에는 왼쪽으로 치우치는 경우, 무게중심이 가운데 있는 경우, 오른쪽으로 치우치는 경우로 나누어 표시한다.



[그림 3] 중량물 안내표시의 예

2. 국외현황

가. 인력운반관련 근골격계 질환 재해발생현황

1) 영국

영국에서 2002년도에 발생한 인력운반 관련 근골격계 질환 재해자수는 110만명이고 동 재해관련 작업손실일수는 1,230만일로 발표되었다.

3일이상 요양을 요하는 재해 중 운반작업 관련 재해비율은 전체 재해의 38%를 차지하고 있어 인력운반 작업의 위험성이 매우 높음을 알 수 있으며 다음으로는 전도에 의한 재해 23%, 낙하물 비래에 의한 재해 13%, 추락에 의한 재해 4%, 교통사고에 의한 재해 2% 및 기타 재해가 20%를 차지하고 있다.

인력운반 작업관련 재해로 인한 상해부위로는 허리 및 등이 47%로 가장 많이 발생하였으며 다음은 손가락 15%, 상견완 11%, 손 6%, 하견완 5% 및 기타 부위가 16%를 차지하고 있다.

영국 HSE(Health and Safety Executive)에서 발표한 업종별 운반작업 관련 재해발생 비율은 의료서비스업에서 52.3%로 가장 높았으며 다음으로는 항공운송업 51.6%, 전동기계업 43.5%, 사회서비스업 40.4%, 화학 및 화학제품제조업 40.3%, 소매업 39.5%, 도매업 39.4%, 고무 및 플라스틱제품제조업 38.7%, 섬유업 37.3%, 식료업 36.1%, 건설업 34.5%, 농업 33.2%순으로 나타났다.

2) 미국

미국의 노동통계청(Bureau of Labor Statistics) 조사결과에 따르면 미국에서 발생한 근골격계 관련 재해자수는 지난 1992년 784,100명에서 2000년에는 577,814명으로 감소하였고 지난 2003년에는 435,180명으로 근골격계 관련 재해자수가 점차 감소해나가는 추세를 보이고 있다.

그러나 아직까지도 미국에서는 근골격계에 의한 재해자가 전체 산업재해의 약 25%정도를 차지하고 있고 매년 몇 십만명에 달하는 작업자가 인력운반 작업등 반복작업에 기인한 직업성 질병에 시달리고 있는 실정이다.

최근들어 미국에서 근골격계 질환 재해자가 감소하는 현상은 미국에서는 오래전부터 근골격계 관련 재해예방을 위한 기술지침 및 기준을 제정하고 재해예방사업을 강화해온 결과라고 판단된다.

나. 인력운반 안전한계 하중

1) 영국의 인력운반 안전한계 하중 관련 기준, 법령 및 제도

가) 관련기준, 법령 및 제도

영국 HSE에서는 위험한 인력운반 작업을 안전화하고 인력운반 작업에 대한 적절한 평가를 실시하여 인력운반 작업에 의한 산업 재해를 예방하기 위하여 1992년에 인력운반 작업규정(Manual

Handling Operations Regulations)을 제정 공포하였다. 이 규정의 주요내용으로는 인력운반 재해예방에 관한 사업주 및 근로자의 의무사항, 인력운반 위험성 평가에 관한 기준, 인력운반 위험성 감소를 위한 일반원칙, 인력운반 작업 위험감소 및 평가를 위한 실무지침 등을 포함하고 있다.

영국의 인력운반 작업규정에서 제시하고 있는 위험성 평가시 고려사항은 다음과 같다.

- ① 작업내용 : 작업설계, 위험성감소, 반복작업
- ② 하중 : 크기, 중량, 모양, 견고성, 잡기방법, 안정성, 취급성
- ③ 작업환경 : 공간제한, 바닥상태, 경사도, 온습도 및 환기, 조명
- ④ 개인능력 : 근로자 작업능력, 복장 및 신발, 교육상태, 신체상태
- ⑤ 기타요소 : 개인 보호복 착용 등

또한 동 규정에서는 사업주의 의무사항에 대하여 규정하고 있는데 사업주는 적절하고 실현 가능한 위험 인력운반 작업의 배제(Avoid)에 노력하여야 하고 피할 수 없는 위험 인력운반 작업에 대해서는 평가(Assess)하며 적절하고 실현 가능한 산업재해 위험성의 감소(Reduce)에 노력하도록 하고 있다.

근로자의 의무사항에 대해서는 자신의 작업으로 자신과 타인의 안전보전에 미치는 영향에 대해 주의 깊게 돌보면서 작업해야 하고 사업주의 안전보건 의무사항을 준수하도록 협력하며 작업을 수행하도록 하고 있다.

인력운반 작업규정에서 제시하고 있는 인력운반 재해예방 기준은 인력운반작업 배제, 운반작업의 제거, 자동화 또는 기계화 및 위험성, 위험감소 와 하중에 관한 정보를 평가하도록 하고 있다.

나) 인력운반 안전한계하중 규정

영국 HSE에서는 인력운반 안전한계하중에 대한 단정적인 기준을 제시하고 있지는 않지만 인력운반 작업규정의 위험성 평가 점검기준에서 들어올리기, 내리기, 짧은 거리 운반, 밀기, 당기기 및 앉은 자세의 운반에 관한 안전한계하중 안내기준을 다음과 같이 정하고 있다.

① 들어올리기와 내리기(Lifting and lowering)

들어올리기와 내리기 작업에서 남자의 최대 안전한계하중은 25kg, 여자의 최대 안전한계하중은 16kg으로 규정하고 있는데 성별, 작업자세별, 작업위치별 들어올리기와 내리기 안전한계하중은 <표 3>과 같다.

<표 3> 들어올리기와 내리기 안전한계하중(MHOR)

(단위 : kg)

구 분		발목 높이	손높이	팔꿈치 높이	어깨 높이	머리 높이
남자	팔꿈치 편 자세	5	10	15	10	5
	팔꿈치 닫은 자세	10	20	25	20	10
여자	팔꿈치 편 자세	3	7	10	7	3
	팔꿈치 닫은 자세	7	13	16	13	7

위에서 제시한 기준의 적용을 위한 가정으로 하중은 양손으로 잡기 쉬울 것, 일반적인 작업상황에서 발생할 수 있는 운반작업 일 것, 작업자의 신체는 안정된 자세일 것 그리고 시간당 30회 또는 매 2분당 1회이내 운반작업 일 것 등으로 제한하고 있다. 반복 운반작업의 경우에는 위의 안전한계하중 기준에서 다음과 같은 비율을 감한 하중을 들 수 있도록 규정하고 있는데 반복운반작업의 안전한계하중 감소비율은 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 반복운반작업의 안전한계하중 감소비율(MHOR)

반복 횟수	감소비율 (%)
분당 1 ~ 2회	30
분당 5 ~ 8회	50
분당 12회이상	80

또한 신체 회전 운반작업의 경우에는 위의 안전한계하중 기준에서 45° 신체회전의 경우에는 10%, 90° 신체회전의 경우에는 20%를 감한 하중을 들 수 있도록 규정하고 있다.

② 짧은 거리 운반(Carrying for short distance)

휴식없이 약 10m 이내를 나르는 경우와 등 뒤로 나르는 경우에는 위에서 정한 들어올리기, 내리기 안전한계하중을 적용하지만 10m를 초과하는 거리를 나르는 경우에는 보다 세부적인 위험성 평가를 실시하도록 규정하고 있다.

③ 밀기와 당기기(Pushing and Pulling)

밀기와 당기기 작업에서 남자의 최대 안전한계하중은 20kg, 여자의 최대 안전한계하중은 15kg으로 규정하고 있는데 하중의 운반작업시와 하중의 지지작업시에는 약 2배의 차이가 있다. 밀기와 당기기에 관한 안전한계하중은 <표 5>와 같다.

<표 5> 밀기와 당기기 안전한계하중(MHOR)

(단위 : kg)

구 분	남 자	여 자
하중의 운반시	20	15
하중의 지지시	10	7

밀기와 당기기 안전한계하중 기준을 적용하기 위한 가정은 손 높이와 어깨높이 사이에서 손으로 하중을 미끄러트리거나 굴리거나 바퀴달린 대차 등에서 지지할 것과 이동거리는 20m 이내 일 것으로 제한하고 있으며 이동거리가 20m이상 또는 위의 가정에 부합하지 않는 평탄하지 않는 바닥, 제한된 장소, 전도위험이 있는 장소 등의 경우에는 보다 세부적인 위험성 평가를 실시하도록 하고 있다.

④ 앉은 자세의 운반(Handling while seated)

앉은 자세에서 운반하기 위한 남자의 최대 안전한계하중은 5kg, 여자의 최대 안전한계하중은 3kg으로 규정하고 있으며 앉은 자세에서의 운반 안전한계하중 적용을 위한 가정은 양손이

박스 구역이내에서 작업이 가능한 경우이며, 박스구역 내에서 양손을 사용하는 작업이 곤란한 경우에는 보다 세부적인 위험성 평가를 실시하도록 하고 있다.

다) MAC(Manual Handling Assessment Charts) 차트

MAC 차트는 인력운반 위험요인에 대한 평가를 하기 위하여 HSE에서 개발한 것으로써 들어올리기, 내리기, 나르기 및 팀운반 작업의 일반적인 위험요소를 평가하는데 도움을 주기위한 차트인데 MAC 차트는 HSE의 안전보건 감독관은 물론 사업주, 안전전문가 등이 고위험 인력운반 작업을 규명하고 평가하는데 사용할 수 있도록 개발하였다. 그러나 MAC 차트는 들어올리기 작업, 나르기 작업 및 팀운반 작업 등에는 유용하지만 밀기와 당기기 등에는 적용이 적합하지 않은 단점이 있다.

① MAC 차트 평가방법

인력운반 작업과 관련된 각종 위험요소에 대하여 수치화된 점수를 부여하고 이를 합산하여 MAC 차트에 대입하므로써 위험수준을 파악하는 기법인데 MAC 차트의 평가요소는 다음과 같다.

- 하중무게 및 작업빈도
- 척추로부터 손의 거리
- 수직 들어올리기 위치
- 몸통 회전 또는 굽힘
- 작업자세 제한

- 손잡기 상태, 바닥상태
- 기타 환경요소 등

MAC 차트 평가결과는 G = Green : 저위험 상태, A = Amber : 중간위험 상태, R = Red : 고위험 상태, P = Purple : 최고위험 상태 등으로 구분하여 인력운반 작업의 위험성을 도출하고 있다.

② 인력운반 안전한계하중

MAC 차트에서는 들어올리기 작업, 나르기 작업 및 팀작업에 대한 안전한계하중 기준을 정하고 있는데 들어올리기 작업의 안전한계하중은 <표 6>, 나르기 작업의 안전한계하중은 <표 7>과 같다.

<표 6> 들어올리기 작업 안전한계하중(MAC)

(단위 : kg)

반복 횟수	1일 1회	30분 1회	5분 1회	2분 1회	1분 1회	14초 1회	9초 1회	5초 1회
안전하중	23	18	17	15	14	13	12	10

<표 7> 나르기 작업 안전한계하중(MAC)

(단위 : kg)

반복 횟수	1일 1회	30분 1회	5분 1회	2분 1회	1분 1회	12초 1회
안전하중	25	19	19	19	19	16

MAC 차트에서 제시하고 있는 팀 작업의 안전한계하중은 팀구성원이 2인 1조인 경우 35kg보다 낮도록 하고 3인 1조인 경우에는 40kg보다 낮도록 하고 있다.

라) 인력운반 안전한계하중 관련 EN 규격

1) EN 관련 규격

인력운반의 안전한계하중과 관련한 EN 규격으로는 인간의 작업수행능력에 대해 규정한 것으로 EN 1005-1 ; 인간의 작업수행능력(Human Physical Performance)의 제1부 용어와 정의(Terms and Definition), EN 1005-2 ; 인간의 작업수행능력(Human Physical Performance)의 제2부 기계관련 물체의 인력운반(Manual handling of objects associated to machinery), EN 1005-3 ; 인간의 작업수행능력(Human Physical Performance)의 제3부 기계조작을 위한 힘의 한계(Recommended force limits for machinery operation) 등이 있다.

① 들어올리기 안전한계하중

인간의 작업수행능력에 관한 EN 1005-2에서는 들어올리기 작업의 인력운반 안전한계하중을 25kg으로 규정하고 있는데 이는 건강한 성인 남녀 노동인구의 85%로 정의되는 일반 작업인구에 적용하며 남자 근로자의 99%와 여자근로자의 72~75%를

포함한 것이다. EN 규격에서 정하고 있는 들어올리기 작업수행능력 기준은 <표 8>과 같다.

<표 8> 들어올리기 작업수행능력(EN)

(단위 : %)

구 분	10 kg	20 kg	25 kg
남자 + 여자	99	95	85
남 자	99.9	99.9	99.9
여 자	99	90	72~75

또한 동 EN 규격에서는 작업횟수별 안전한계하중에 대하여 규정하고 있는데 작업횟수별 안전한계하중 값은 25kg의 물체를 들어올리는 빈도는 5분당 1회이내 이어야 하고 이러한 들기업무를 하는 시간은 근무시간중 1시간을 넘지 말아야 한다라고 규정하고 있으며 20kg의 물체를 들어올리는 빈도는 1분당 1회이내 이어야 하고 만일 빈도수가 1분당 1회를 초과하면 하중을 감소시켜야 하도록 하고 있다. 하중 감소기준은 1분당 2회 들어올리려면 15kg, 1분당 4회 들어올리려면 10kg으로 줄이도록 하고 있다.

② 밀기와 당기기 안전한계하중

인간의 작업수행 능력에 관한 EN 1005-3에서는 밀기와 당기기에 대한 안전한계하중에 대하여 다음 <표 9>와 같이 규정하고 있다.

<표 9> 밀기와 당기기 안전한계하중(EN)

(단위 : kg)

구 분	초기의 힘	유지되는 힘
밀 기	16	13
당 기 기	11	9

동 EN규격에서 규정하고 있는 밀기와 당기기의 작업위치와 자세는 손의 높이와 어깨높이 사이에서 작업을 하는 경우에 적용하는데 일반적인 높이기준으로 바닥면에서 0.9m에서 1.5m 사이에 작용함을 원칙으로 하며 작업자세는 편안한 자세이어야 하고 잡는 높이를 조절할 수 있도록 한 상태에서 밀기와 당기기가 수행되어야 한다라고 규정하고 있다.

2) 국제노동기구(ILO) 권고기준

ILO에서는 1962년 중량물 취급과 관련된 들어올리기 작업 인력운반 안전한계 하중기준을 연령별, 성별 안전한계하중으로 구분하여 발표하였는데 그 내용은 다음 <표 10>과 같다.

<표 10> ILO 중량물 취급 권고기준

(단위 : kg)

연 령 (세)	최 고 무 게	
	남 자	여 자
14 ~ 16	14.6	9.8
16 ~ 18	18.5	11.7
18 ~ 20	22.6	13.7
20 ~ 35	24.5	14.6
35 ~ 50	20.6	12.7
50 ~	13.6	9.8

3) 미국 권장기준

미국의 IOSHIC(International Occupational Safety and Health Information Center)에서 발표한 연령별, 성별 안전한계하중은 다음 <표 11>과 같다.

<표 11> 미국 IOSHIC 중량물 취급 권장기준

(단위 : kg)

성 별 \ 연 령(세)	연 령 별 허 용 기 준					
	14~16	16~18	18~20	20~35	35~50	50이상
남 자	15	19	23	25	20	16
여 자	10	12	14	15	13	10

4) 일본 권장기준

일본에서 발표한 작업형태별, 연령별, 성별 안전한계하중은 <표 12>와 같다.

<표 12> 일본의 연령별 중량물 취급 권장기준

(단위 : kg)

작업형태	성별	연 령 별 허 용 기 준			
		18세이하	19~35세	36~50세	51세이상
일시작업	남	25	30	27	25
	여	17	20	17	15
계속작업	남	12	15	13	10
	여	8	10	8	5

또한 일본 노동성 재해의학연구소에서 발표한 중량물 취급 중량, 시간, 휴식, 체조 및 적성 관련 권장기준은 다음 <표 13>과 같다.

<표 13> 일본 노동성 재해의학연구소 중량물 취급 권장기준

구 분	내 용	중 량 물 취 급 기 준
취급중량	한 계	1. 단독작업은 30kg이하로 한다. 2. 장시간 작업은 체중의 40%한도내로 한다.
시 간	작 업 량	1. 연속작업은 20분 이내로 한다. 2. 운반거리는 2km 이내로 한다(4m×500회) 3. 1일 1인이 15,000kg 이내로 한다 (30kg×500회)
휴 식	조 건	등받이가 있는 의자 이용
체 조	작 업 전	1. 허리부분을 중심으로 한 체조 실시 2. 음악을 이용한다.
적 성	건강진단	운동기능 검사 실시

다. 인력운반 안전작업모델

1) 영국의 인력운반 안전작업모델 관련 기준, 법령 및 제도

가) 관련기준, 법령 및 제도

영국에서는 인력운반 안전작업모델에 관해서 인력운반 안전한계 하중 내용을 포함하여 인력운반 작업규정에 그 내용을 규정하고 있는데 인력운반 위험성을 감소하기 위한 일반원칙으로 다음과 같은 사항을 제시하고 있다.

- ① 균형유지 : 직무, 하중, 작업환경, 개인적 능력, 기타요소
- ② 인간공학적 접근 : 작업자에 적합한 작업량 및 장소제공
- ③ 기계사용 : 레버, 호이스트, 트롤리, 슈트, 운반장치 등
- ④ 작업재설계 : 근로자, 안전관리자, 안전위원회 등 참여
- ⑤ 정보제공 : 운반작업 안전관련 정보 제공
- ⑥ 적절한 조치 : 재해발생 위험성 제거 노력
- ⑦ 체크리스트 활용 : 위험성 평가 체크리스트 활용

또한 인력운반 작업규정에서는 작업자세별 인력운반 작업능력 기준을 정하고 있는데 신체(척추)로부터 손(하중)의 수평거리에 따른 작업수행능력은 다음 <표 14>와 같다.

<표 14> 신체로부터 손의 수평거리에 따른 작업수행능력

(단위 : %)

신체와 하중간 수평거리	< 20cm	35cm	50cm	70cm	70cm <
작업 수행능력	100	80	60	40	20

나) 들어올리기 안전작업모델

HSE에서는 영국 산업의학협회(Institute of Occupational Medicine)에 의뢰해서 수행한 연구결과를 바탕으로 들어올리기 안전작업 모델을 규정하고 있는데 들어올리기 안전작업 모델내용은 다음과 같다.

- ① 들어올리기 운반작업 전에 생각하라
 - 들어올리기 운반작업계획을 수립하라
 - 어디로 운반물을 옮길 것인가 ?
 - 가능한 적절한 운반보조도구를 사용하라
 - 운반물 운반시 도움은 필요없는가 ?
 - 장애물을 제거하라
 - 바닥에서 어깨높이까지 들어올릴 경우 테이블이나 의자 등 손잡는 방법을 수정할 휴식을 고려하라
- ② 운반물을 허리에 가깝게 유지하라
 - 들어올리는 동안 가능한 오래도록 운반물을 허리에 가깝게 유지하라
 - 운반물의 무거운 부분을 신체에 가깝게 하라
 - 만일 운반물을 몸에 가깝게 붙이지 못할 경우에는 그것을 들어올리기 전에 몸쪽으로 미끄러트려라
- ③ 안정된 자세를 취하라

- 한쪽 다리를 약간 앞으로 뺀고 두발은 적당히 벌려라
 - 작업자는 안정된 자세를 유지하고 들어올리는 동안에 발을 이동할 준비를 해야 한다.
 - 딱 조이는 옷과 부적합한 신발을 착용하지 마라
- ④ 운반물 잡기 상태를 좋게 유지하라
- 가능한 몸쪽에 가깝도록 운반물을 껴안아라
- ⑤ 들어올리기 초반에는 허리, 엉덩이와 무릎을 약간 구부려라
- 허리를 곧게 펴지 않는게 좋다
 - 엉덩이와 무릎을 완전히 굽히지 마라
- ⑥ 들어올리는 동안에는 허리를 더 이상 굽히지 마라
- ⑦ 허리를 회전하지 마라
- 어깨 높이를 동일하게 유지하고 시선은 엉덩이와 같은 방향을 주시하라
 - 발을 움직여서 회전하는 것이 회전과 들어올리기를 동시에 하는 것보다 낫다
- ⑧ 운반작업 중에는 머리를 곧게 세워라
- 운반물을 들어올렸을 때에는 머리를 숙이지 말고 전방을 주시하라

⑨ 부드럽게 이동하라

- 운반물을 갑자기 잡아끌거나 움켜잡지 마라

⑩ 쉽게 다룰 수 있는 것보다 더 많이 들어올리거나 운반하지 마라

- 사람이 들 수 있는 것과 안전하게 들 수 있는 것과는 차이가 있다
- 의문이 가면 자문을 구하고 도움을 청하라

⑪ 운반물을 내려놓고 나서 위치를 조정하라

- 운반물의 하역위치가 정확해야 할 경우라도 먼저 바닥에 내려놓고 나서 원하는 위치로 조정하라

다) 밀기와 당기기 안전작업모델

인력운반 작업규정에서 제시하고 있는 밀기와 당기기 작업시 안전확보를 위하여 운반장치, 힘, 경사면, 불균일 바닥, 간격과 보폭 등에 대하여 고려할 사항은 다음과 같다.

① 운반장치

트롤리와 같은 운반장치는 밀기와 당기기 작업시에는 허리와 어깨높이에서 밀고 당겨야 하고 운반장치는 바퀴가 달려 있어야 하며 잘 정비되어 잘 굴러가야 한다

새로운 트롤리 등 운반장치를 구매할 경우에는 적절한 재료로 만들어진 직경이 큰 바퀴와 최소한의 유지보수만을 요구하는

베어링 등이 부착된 좋은 품질의 운반장치를 구입해야 하며 운반장치의 좋은 것과 나쁜 것에 대해서 잘 알고 있는 작업자와 안전관리자와 협의해서 구매하도록 해야 한다.

② 힘

잘 정비된 운반장치의 경우에는 대략 운반물 하중의 약 2%의 힘으로 운반물을 움직일 수 있어야 하고 운반장치의 이동을 위해 소요되는 힘이 위 기준을 초과하는 경우에는 운반장치가 불량한 것이므로 운반장치를 보수하여야 한다.

작업자는 운반물을 이동할 때 끌기보다는 밀어서 이동하고 전방시야를 확보하며 방향회전이나 정지를 조절할 수 있어야 한다.

③ 경사면

작업자들은 밀기 또는 당기기 작업시 경사면, 둔턱 등을 지날 때 매우 큰 힘이 필요하므로 다른 작업자들의 도움을 받도록 하고 있는데 경사도에 따른 미는 힘의 변화에 대하여 다음 <표 15>와 같이 규정하고 있다.

<표 15> 경사도에 따른 미는 힘의 변화

(단위 : kg)

경 사 도(°)	운반물 적재트롤리 100kg당 미는힘 증가량
1	2
3	5
5	9
7	12
10	17.5

④ 불균일 바닥

평탄하지 않은 바닥에서는 운반물 이동시 더 큰 힘을 필요로 한다. 또한 평탄하지 않은 바닥에서는 이동을 하기 위한 출발 하중이 운반하중의 10% 만큼 증가할 수 있으며 폭신폭신한 바닥에서는 더욱 더 큰힘이 필요하다.

⑤ 간격과 보폭

밀기와 당기기 작업을 쉽게 하기 위해서 작업자들은 운반물로부터 적당히 떨어져서 작업해야 하며 이동속도는 걷는 속도보다 빨라서는 안된다.

2) 인력운반 안전작업모델 관련 EN 규격

가) EN 관련규격

인력운반 안전작업모델과 직접적으로 관련된 EN 규격은 없지만 인력운반 안전한계하중에서 설명한 바와 같이 인간의 작업수행능력에 대해 규정한 것으로 EN 1005-1, EN 1005-2, EN 1005-3 등에서 안전작업자세 등에 대해 규정하고 있다.

나) 인력운반 안전작업에 영향을 미치는 요소

위의 EN규격에서는 규정 인력운반 안전작업에 영향을 미치는 요소로 작업자, 운반장치, 운반작업상태, 운반물 및 작업환경에 대하여 규정하고 있다.

- ① 작업자 : 몸무게, 인체측정치수, 신체구성, 나이, 성별, 기술, 건강상태, 보호장비, 훈련정도 등
- ② 운반장치 : 사양, 능력, 작업공간 등
- ③ 운반작업상태 : 작업자세, 이동거리, 운반거리, 손잡이, 작업빈도, 작업속도, 작업사이클, 작업시간, 작업의 정확도 등
- ④ 운반물 : 물체중량, 형태, 크기, 손잡이, 무게분포
- ⑤ 작업환경 : 열적환경, 작업장 배치, 마찰(바닥상태), 조명, 소음, 진동 등

다) 운반작업 자세의 종류

위의 EN 규격에서 제시하고 있는 운반작업 자세의 종류는 다음과 같다.

- ① 앞으로 구부려 서기
- ② 앞으로 많이 구부려 서기
- ③ 비틀어 서기
- ④ 앞으로 구부려 앉기
- ⑤ 비틀어 앉기
- ⑥ 무릎 꿇어서기
- ⑦ 쪼그려 앉기
- ⑧ 손을 어깨위로 올리고 서기
- ⑨ 손을 어깨 밑으로 한 상태에서 팔을 들고 서기
- ⑩ 비틀어 눕기 등

라) 안전한 작업자세

위의 EN 규격에서 정하고 있는 안전한 인력운반 작업자세는 다음과 같다.

- ① 작업 설계시 극단적 위치로의 작업자세는 피하도록 한다.
- ② 작업자의 관절이 과도하게 꼬이지 않도록 한다.
- ③ 자연스럽게 않은 작업자세는 피한다.
- ④ 장시간에 걸친 정적인 작업은 피한다.
- ⑤ 반복횟수가 많은 작업자세 및 작업은 피한다.

3. 인력운반 관련 산업재해 분석결과

본 연구에서는 중량물 취급 및 반복 운반작업과 관계가 있는 무리한 동작, 업무상 질병, 불안정한 자세동작, 신체부담 작업 및 요통과 관련된 산업재해 발생현황을 분석하였다. 2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 산업재해자수는 258,269명인데 이를 연도별·발생형태별 산업재해, 연도별·발생형태별 사망재해, 연도별·직접원인별(불안정한 행동) 조사대상 사망재해, 연도별·질병종류별 조사대상 산업재해 및 연도별·근골격계 질환 요양자별 산업재해현황 등에 대하여 분석하였다.

가. 연도별·발생형태별 산업재해현황

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 산업재해자수는 258,269명인데 인력운반과 관련된 산업재해의 발생형태별로는 작업관련성 질병인 신체부담 작업과 요통을 포함하는 업무상 질병이 20,123명(7.8%), 무리한 동작이 19,136명(7.4%) 발생하였다. 연도별 산업재해 발생현황을 살펴보면 업무상 질병이 2001년 5,576명(6.9%), 2002년 5,417명(6.6%), 2003년 9,130명(9.6%)으로 2003년도에 크게 증가하였으며 무리한 동작에 기인한 산업재해는 2001년 5,954명(7.3%), 2002년 6,182명(7.6%), 2003년에 7,000명(7.4%)으로 매년 증가하는 추세이다. 연도별·발생형태별 산업재해현황은 다음 <표 16>과 같다.

<표 16> 연도별·발생형태별 산업재해현황

(2001~2003년, 단위 : 명)

구 분	계	2003년	2002년	2001년
계	258,269(100%)	94,924(100%)	81,911(100%)	81,434(100%)
추 락	33,405(12.9%)	12,799(13.5%)	10,835(13.2%)	9,771(12.0%)
전 도	44,750(17.3%)	16,373(17.3%)	13,705(16.7%)	14,672(18.0%)
충 들	26,719(10.3%)	10,193(10.7%)	8,525(10.4%)	8,001 (9.8%)
낙하비래	22,788 (8.8%)	8,183 (8.6%)	7,580 (9.3%)	7,025 (8.6%)
붕괴도괴	2,450 (0.9%)	820 (0.8%)	798 (1.0%)	832 (1.0%)
협 착	56,240(21.8%)	19,238(20.3%)	18,146(22.2%)	18,856(23.2%)
감 전	1,640 (0.6%)	537 (0.6%)	534 (0.7%)	569 (0.7%)
화재폭발	5,395 (2.0%)	1,087 (1.1%)	994 (1.3%)	1,233 (1.5%)
이상온도/기압접촉	4,505 (1.7%)	1,584 (1.7%)	1,405 (1.7%)	1,516 (1.9%)
유해화학/중독질식	824 (0.3%)	286 (0.3%)	245 (0.3%)	293 (0.4%)
무리한 동작	19,136(7.4%)	7,000 (7.4%)	6,182 (7.6%)	5,954 (7.3%)
교통사고	8,491 (3.3%)	2,887 (3.0%)	2,377 (2.9%)	3,227 (4.0%)
업무상질병	20,123 (7.8%)	9,130 (9.6%)	5,417 (6.6%)	5,576 (6.9%)
기 타	13,884 (5.4%)	4,807 (5.1%)	5,168 (6.3%)	3,909 (4.8%)

나. 연도별 · 발생형태별 사망재해현황

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 사망재해자수는 8,276명인데 인력운반과 관련된 사망재해의 발생형태별로는 작업관련성 질병인 신체부담 작업과 요통을 포함하는 업무상 질병이 2,697명(32.6%), 무리한 동작이 4명(0.1%) 발생하였다. 연도별 사망재해 발생현황은 업무상 질병이 2001년 1,180명(42.9%), 2002년 1,227명(47.1%), 2003년 1,390명(47.6%)으로 매년 증가하였으며 무리한 동작에 기인한 사망재해는 2001년 2명(0.1%), 2002년 2명(0.1%), 2003년 0명(0%)으로 미미하였다. 연도별 · 발생형태별 사망재해현황은 다음 <표 17>과 같다.

<표 17> 연도별 · 발생형태별 사망재해현황

(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계	2003년	2002년	2001년
계	8,276(100%)	2,923(100%)	2,605(100%)	2,748(100%)
추 락	1,446(17.5%)	556(19.0%)	464(17.8%)	426(15.5%)
전 도	206 (2.5%)	79(2.7%)	68 (2.6%)	59 (2.2%)
층 돌	183 (2.2%)	63(2.2%)	68 (2.6%)	52 (1.9%)
낙하비래	301 (3.6%)	109 (3.7%)	81 (3.1%)	111 (4.0%)
붕괴도괴	187 (2.3%)	71 (2.4%)	59 (2.3%)	57 (2.1%)
협 착	436 (5.3%)	140 (4.8%)	143 (5.5%)	153 (5.6%)
감 진	235 (2.8%)	79 (2.7%)	67 (2.6%)	89 (3.2%)
화재폭발	200 (2.4%)	77 (2.7%)	60 (2.3%)	63 (2.3%)
이상온도/기압접촉	24 (0.3%)	4 (0.1%)	10 (0.4%)	10 (0.4%)
유해화학/중독질식	67 (0.8%)	26 (0.9%)	28 (1.1%)	13 (0.5%)
무리한 동작	4 (0.1%)	0 (0%)	2 (0.1%)	2 (0.1%)
교통사고	660 (8.0%)	208 (7.1%)	190 (7.3%)	262 (9.5%)
업무상질병	2,697 (32.6%)	1,390(47.6%)	1,227(47.1%)	1,180 (42.9%)
기 타	530 (6.4%)	121 (4.1%)	138 (5.3%)	271 (9.9%)

다. 연도별 · 직접원인별(불안전한행동) 조사대상 사망재해현황

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 사망재해 중 노동부 근로감독관이 조사한 사망재해자수는 1,900명인데 불안전한 행동에 기인한 직접원인 중 인력운반과 관련된 사망재해는 불안전한 자세동작이 205명(10.8%) 발생하였는데 연도별로는 2001년 106명(12.4%), 2002년 58명(15.0%) 2003년 41명(6.2%)으로 나타났다. 연도별 · 직접원인별(불안전한 행동) 조사대상 사망재해현황은 다음 <표 18>과 같다.

<표 18> 연도별 · 직접원인별(불안전한행동) 조사대상 사망재해현황
(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계	2003년	2002년	2001년
계	1,900(100%)	659(100%)	388(100%)	853(100%)
위험장소접근	261(13.7%)	24 (3.6%)	73(18.8%)	164(19.2%)
안전장치기능 제거	165 (8.7%)	51 (7.7%)	39(10.1%)	75 (8.8%)
복장보호구의 잘못사용	121 (6.4%)	53 (8.0%)	19 (4.9%)	49 (5.7%)
기계·기구의 잘못사용	127 (6.7%)	49 (7.4%)	21 (5.4%)	57 (6.7%)
운전중인 기계장치손질	47 (2.5%)	5 (0.8%)	12 (3.1%)	30 (3.5%)
불안전한 속도조작	16 (0.8%)	5 (0.8%)	6 (1.6%)	5 (0.6%)
유해·위험물 취급부주의	57 (3.0%)	23 (3.5%)	10 (2.6%)	24 (2.8%)
불안전한 상태 방치	618(32.5%)	372(56.5%)	93(24.0%)	153(17.9%)
불안전한 자세동작	205(10.8%)	41 (6.2%)	58(15.0%)	106(12.4%)
감독 및 연락 불충분	102 (5.4%)	9 (1.4%)	20 (5.2%)	73 (8.6%)
기 타	181 (9.5%)	27 (4.1%)	37 (9.6%)	117(13.7%)

라. 연도별 · 질병종류별 조사대상 산업재해현황

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 업무상 질병자수는 16,326명인데 인력운반과 관련된 산업재해인 근골격계 질환 요양자는 신체부담 작업이 4,851명(29.7%), 요통이 3,106명(19.0%) 발생하였다. 연도별 조사대상 산업재해 발생현황은 신체부담 작업이 2001년 778명(17.7%), 2002년 1,167명(27.9%), 2003년 2,906명(37.6%)으로 매년 크게 증가하였으며 요통은 2001년 820명(18.7%), 2002년 660명(15.8%), 2003년 1,626명(21.0%)으로 2003년도에 크게 증가하였다. 연도별 · 질병종류별 조사대상 산업재해현황은 다음 <표 19>와 같다.

<표 19> 연도별 · 질병종류별 조사대상 산업재해현황
(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계	2003년	2002년	2001년
계	16,326(100%)	7,740(100%)	4,190(100%)	4,396(100%)
진 폐 증	1,963(12.0%)	867(11.2%)	529(12.6%)	567(12.9%)
소음성난청	820 (5.0%)	314 (4.1%)	219 (5.2%)	287 (6.5%)
금속 및 중금속	46 (0.3%)	17 (0.2%)	6 (0.1%)	23 (0.5%)
유기용제	104 (0.6%)	21 (0.3%)	45 (1.1%)	38 (0.9%)
특정화학물질	102 (0.6%)	49 (0.6%)	26 (0.6%)	27 (0.6%)
뇌 · 심혈관질환	4,346(26.6%)	1,538(19.9%)	1,296(31.0%)	1,512(34.4%)
신체부담작업	4,851(29.7%)	2,906(37.6%)	1,167(27.9%)	778(17.7%)
요 통	3,106(19.0%)	1,626(21.0%)	660(15.8%)	820(18.7%)
기 타	988 (6.1%)	402 (5.2%)	242 (5.8%)	344(7.8%)

마. 연도별 · 근골격계 질환 요양자별 산업재해현황

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 근골격계 질환 요양자수는 7,957명인데 이중 신체부담 작업이 4,851명(61.0%), 요통이 3,106명

(39.0%) 발생하였다. 업종별, 규모별, 성별, 연령별 근골격계 질환자 산업재해현황은 다음과 같다.

1) 업종별

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 신체부담 작업 및 요통관련 근골격계 질환자수는 7,957명인데 업종별로는 제조업 3,907명(80.5%), 기타 산업 716명(14.8%), 운수·창고·통신업 122명(2.5%), 건설업 54명(1.1%)순으로 발생하였다. 연도별·업종별 근골격계 질환 산업재해현황은 다음 <표 20>과 같다.

<표 20> 연도별·업종별 근골격계 질환 산업재해현황

(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계		2003년		2002년		2001년	
	신체부담	요 통	신체부담	요 통	신체부담	요 통	신체부담	요 통
계	4,851 (61.0%)	3,106 (39.0%)	2,906 (64.1%)	1,626 (35.9%)	1,167 (63.9%)	660 (36.1%)	778 (48.7%)	820 (51.3%)
광 업	2 (0.1%)	6 (0.2%)	0 (-)	3 (0.1%)	1 (0.1%)	2 (0.3%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)
제 조 업	3,907 (80.5%)	2,133 (68.7%)	2,498 (86.0%)	1,139 (70.1%)	913 (78.2%)	487 (73.8%)	496 (63.8%)	507 (61.8%)
전기·가스·수도업	2 (0.1%)	10 (0.3%)	1 (0.1%)	2 (0.1%)	0 (-)	5 (0.8%)	1 (0.1%)	3 (0.4%)
건 설 업	54 (1.1%)	105 (3.4%)	26 (0.9%)	68 (4.2%)	15 (1.3%)	13 (2.0%)	13 (1.7%)	24 (2.9%)
운수·창고·통신업	122 (2.5%)	258 (8.3%)	45 (1.6%)	116 (7.1%)	39 (3.3%)	54 (8.2%)	38 (4.9%)	88 (10.7%)
임 업	3 (0.1%)	3 (0.1%)	0 (-)	1 (0.1%)	3 (0.3%)	0 (-)	0 (-)	2 (0.2%)
어 업	0 (-)	1 (0.1%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	1 (0.1%)	0 (-)	0 (-)
농 업	6 (0.1%)	2 (0.1%)	2 (0.1%)	0 (-)	2 (0.2%)	1 (0.1%)	2 (0.3%)	1 (0.1%)
금융·보험업	39 (0.8%)	25 (0.8%)	15 (0.5%)	11 (0.7%)	6 (0.5%)	5 (0.8%)	18 (2.3%)	9 (1.1%)
기타 사업	716 (14.8%)	563 (18.1%)	319 (11.0%)	286 (17.6%)	188 (16.1%)	92 (13.9%)	209 (26.9%)	185 (22.6%)

2) 규모별

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 신체부담 작업 및 요통관련 근골격계 질환자 7,957명중 사업장 규모별로는 1,000인 이상이 2,260명(46.6%), 5인~49인이 923명(19.0%), 50~299인이 756명(15.6%), 300인~999인이 588명(12.1%)순으로 발생하였다.

연도별 근골격계 질환 산업재해 발생현황은 신체부담 작업 관련 재해가 2001년 778명, 2002년 1,167명, 2003년 2,906명으로 매년 크게 증가하였으며 요통재해는 2001년 820명, 2002년 660명, 2003년 1,626명으로 2003년도에 크게 증가하였다. 연도별·규모별 근골격계 질환 산업재해현황은 다음 <표 21>과 같다.

<표 21> 연도별·규모별 근골격계 질환 산업재해현황

(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계		2003년		2002년		2001년	
	신체부담	요통	신체부담	요통	신체부담	요통	신체부담	요통
계	4,851 (61.0%)	3,106 (39.0%)	2,906 (64.1%)	1,626 (35.9%)	1,167 (63.9%)	660 (36.1%)	778 (48.7%)	820 (51.3%)
5인 미만	324 (6.7%)	307 (9.9%)	149 (5.1%)	178 (10.9%)	96 (8.2%)	50 (7.6%)	79 (10.2%)	79 (9.6%)
5인 ~ 49인	923 (19.0%)	872 (28.1%)	416 (14.3%)	456 (28.0%)	243 (20.8%)	143 (21.7%)	264 (33.9%)	273 (33.3%)
50인 ~ 299인	756 (15.6%)	634 (20.4%)	465 (16.0%)	330 (20.2%)	152 (13.0%)	121 (18.3%)	139 (17.9%)	183 (22.3%)
300인 ~ 999인	588 (12.1%)	356 (11.5%)	378 (13.0%)	191 (11.7%)	140 (12.0%)	71 (10.8%)	70 (9.0%)	94 (11.5%)
1000인 이상	2,260 (46.6%)	937 (30.2%)	1,498 (51.5%)	471 (29.0%)	536 (45.9%)	275 (41.7%)	226 (29.0%)	191 (23.3%)

3) 성 별

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 신체부담 작업 및 요통관련 근골격계 질환자 7,957명중 성별로는 남자가 3,802명(78.4%), 여자가 1,049명(21.6%)순으로 발생하였다.

연도별 근골격계 질환 산업재해 발생 현황은 신체부담 작업 관련 재해가 남자의 경우 2001년 506명, 2002년 897명, 2003년 2,399명으로 매년 크게 증가하였으며 여자의 경우 2001년 272명, 2002년 270명, 2003년 507명으로 2003년도에 크게 증가하였다. 요통재해는 남자의 경우 2001년 711명, 2002년 589명, 2003년 1,453명 발생하였고 여자의 경우 2001년 109명, 2002년 71명, 2003년 173명 발생한 것으로 나타났다. 연도별·성별 근골격계 질환 산업재해현황은 다음 <표 22>와 같다.

<표 22> 연도별·성별 근골격계 질환 산업재해현황

(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계		2003년		2002년		2001년	
	신체부담	요 통	신체부담	요 통	신체부담	요 통	신체부담	요 통
계	4,851 (61.0%)	3,106 (39.0%)	2,906 (64.1%)	1,626 (35.9%)	1,167 (63.9%)	660 (36.1%)	778 (48.7%)	820 (51.3%)
남	3,802 (78.4%)	2,753 (88.6%)	2,399 (82.6%)	1,453 (89.4%)	897 (76.9%)	589 (89.2%)	506 (65.0%)	711 (86.7%)
여	1,049 (21.6%)	353 (11.4%)	507 (17.4%)	173 (10.6%)	270 (23.1%)	71 (10.8%)	272 (35.0%)	109 (13.3%)

4) 연령별

2001년부터 2003년까지 3년간 발생한 신체부담 작업 및 요통관련 근골격계 질환자 7,957명중 연령별로는 50세이상 990명(20.4%), 40세~44세 941명(19.4%), 35세~39세 891명(18.4%), 45세~49세 800명(16.5%), 30세~34세 789명(16.3%), 25세~29세 330명(6.8%), 18세~24세 110명(2.3%) 순으로 발생하였다.

연도별·연령별 근골격계 질환 산업재해현황은 다음 <표 23>과 같다.

<표 23> 연도별·연령별 근골격계 질환 산업재해현황

(2001~2003년, 단위:명)

구 분	계		2003년		2002년		2001년	
	신체부담	요 통	신체부담	요 통	신체부담	요 통	신체부담	요 통
계	4,851 (61.0%)	3,106 (39.0%)	2,906 (64.1%)	1,626 (35.9%)	1,167 (63.9%)	660 (36.1%)	778 (48.7%)	820 (51.3)
18세 미만	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)
18세~24세	110 (2.3%)	117 (3.8%)	63 (2.2%)	64 (3.9%)	24 (2.1%)	17 (2.6%)	23 (3.0%)	36 (4.4%)
25세~29세	330 (6.8%)	367 (11.8%)	171 (5.9%)	179 (11.0%)	65 (5.6%)	69 (10.5%)	94 (12.1%)	119 (14.5%)
30세~34세	789 (16.3%)	635 (20.4%)	493 (17.0%)	333 (20.5%)	184 (15.8%)	130 (19.7%)	112 (14.4%)	172 (21.0%)
35세~39세	891 (18.4%)	656 (21.1%)	587 (20.2%)	349 (21.5%)	178 (15.3%)	145 (22.0%)	126 (16.2%)	162 (19.8%)
40세~44세	941 (19.4%)	526 (16.9%)	572 (19.7%)	269 (16.5%)	223 (19.1%)	113 (17.1%)	146 (18.8%)	144 (17.6%)
45세~49세	800 (16.5%)	359 (11.6%)	469 (16.1%)	189 (11.6%)	218 (18.7%)	91 (13.8%)	113 (14.5%)	79 (9.6%)
50세 이상	990 (20.4%)	446 (14.4%)	551 (19.0%)	243 (14.9%)	275 (23.6%)	95 (14.4%)	164 (21.1%)	108 (13.2%)

III. 인력운반 안전 한계하중

1. 개 요

가. 인력운반작업

인력운반작업이란 원재료, 자재 및 제품 등 중량물을 사람의 힘으로 들어올리기, 내리기, 밀기 또는 당기기 등의 운반을 하는 작업을 총칭하는 것으로써 미국 OSHA에서 분류하고 있는 인력운반작업의 종류는 다음과 같다.

- 1) 들어올리기 작업(Lifting)
- 2) 내리기 작업(Lowering)
- 3) 밀기 작업(Pushing)
- 4) 당기기 작업(Pulling)
- 5) 운반 작업 (Carrying)
- 6) 들고 있기 작업(Holding)
- 7) 붙잡고 있기 작업(Restraining)
- 8) 던지기 작업(Tossing)

이와 같은 인력운반작업은 과도한 중량 또는 반복작업 등으로 인해 작업자의 목·허리 등 근골격계에 무리한 부담을 주어 근골격계 질환 발생의 우려가 높다.

따라서 이러한 인력운반작업에 기인한 질병을 예방하기 위해서는 취급하는 중량물의 하중을 줄이거나 취급빈도, 운반거리, 운반속도 등 작업조건에 따라 적절한 부하한계를 설정하여야 한다. 중량물의 하중을 줄이기 어려운 경우에는 해당 작업시간을 줄이거나 휴식시간을 적절하게 배분하고 취급빈도도 줄여야 한다.

나. 한계하중 및 안전한계하중

한계하중이란 작업자가 행할 수 있는 최대하중으로 들어올리기, 밀기 및 당기기 등 각 작업종류 및 작업자세별, 개인별 인체특성 등에 따라 다르게 나타난다. 인간의 신체의 특성에 따른 최대 허용능력을 한계하중이라고 하는데 작업자에게 발생하는 요통과 근골격계 질환 등이 발생할 수 있는 위험성이 높은 상태의 하중을 한계하중이라 할 수 있다. 이에 반해 안전한계하중은 작업자의 신체에 부담을 크게 주지 않고 작업할 수 있는 정도의 하중을 말하는데 일반적으로 작업자의 85% 이상에게 적용할 수 있는 하중이다. 따라서 안전한계하중은 작업자의 신체부담 완화를 위한 기준으로 매우 중요하다 하겠다.

다. 인력운반작업 위험성 평가기법

인력운반작업에 기인한 작업자의 안전한계 하중 판정 및 신체부담 정도를 측정하기 위해 많은 위험성 평가기법 등이 개발되었는데 작업의 종류, 형태 및 조건 등에 따라 가장 적합한 인력운반 작업 위험성 평가기법을 적용해야 한다.

일반적으로 많이 사용되고 있는 중량물 운반관련 안전한계 하중 판정 및 위험성 평가기법에는 개정 NIOSH 중량물 취급기준(Revised NIOSH Lifting Equation), OWAS(Ovako Working Posture Analysing System) 분석법, RULA(Rapid Upper Limb Assessment) 평가법, 변형도 지수(Strain Index) 분석법 및 REBA(Rapid Entire Body Assessment) 평가법 등이 있다.

1) 개정 NIOSH 중량물 취급기준(Revised NIOSH Lifting Equation)

개정 NIOSH 중량물 취급기준은 중량물을 취급하는 작업에 대한 요통예방을 목적으로 작업 평가와 작업 설계를 지원하기 위해서 만들어진 것이다. 이 기준은 취급 중량과 취급 회수뿐만 아니라 중량물 취급위치, 인양거리, 신체의 비틀기, 중량물 들기 쉬움 정도 등 여러 요인을 고려하고 있으며 보다 정밀한 작업평가와 작업설계에 이용할 수 있게 되어 있다.

가) 적용 범위

이 기준은 다음과 같은 중량물을 취급하는 작업에는 적용할 수 없다.

- ① 한 손으로 물건을 취급하는 경우
- ② 8시간 이상 물건을 취급하는 작업을 계속하는 경우
- ③ 앞거나 무릎을 굽힌 자세로 작업을 하는 경우

- ④ 작업공간이 제약된 경우
- ⑤ 밸런스가 맞지 않는 물건을 취급하는 경우
- ⑥ 운반이나 밀거나 끌거나 하는 것 같은 작업에서의 중량물 취급
- ⑦ 손수레나 운반도구를 사용하는 작업에 따르는 중량물 취급
- ⑧ 빠른 속도로 중량물을 취급하는 경우(약 75cm/초를 넘어가는 것)
- ⑨ 바닥면이 좋지 않은 경우(지면과의 마찰 계수가 0.4미만의 경우)
- ⑩ 온도/습도 환경이 나쁜 경우(온도 19~26℃, 습도 35~50%의 범위에 속하지 않는 경우)

나) 해석방법

이 방법에는 거의 동일한 조건의 중량물을 취급하는 작업을 하는 경우의 단일작업 해석(Single-task analysis)과 조건이 다른 중량물을 취급하는 작업을 실시하는 경우의 복수작업 해석(Multi-task analysis)이 있다.

단일작업 해석에서는 먼저 중량물을 옮기려는 거리나 들기 회수 등의 작업조건으로부터 권장 중량 한계 RWL(Recommended Weight Limit)이라고 하는 수치를 계산한다. 이 RWL(단위:kg)은 건강한 작업자가 그 작업조건에서 작업을 최대 8시간 계속해도 요통의 발생 위험이 증대되지 않는 취급물 중량의 한계값이다. RWL은 아래의 식으로 계산한다.

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

여기에서 LC는 부하상수(Load Constant), HM은 수평계수(Horizontal Multiplier), VM은 수직계수(Vertical Multiplier), DM은 거리계수(Distance Multiplier), AM은 비대칭성계수(Asymmetric Multiplier), FM은 빈도계수(Frequency Multiplier), CM은 결합계수(Coupling Multiplier)이다.

부하상수 LC는 상수로 23kg인데 다른 계수인 수평계수, 수직계수, 거리계수, 비대칭성계수, 빈도계수 및 결합계수는 모두 0에서 1의 범위를 취하는 값이므로 결국 RWL은 23kg을 넘어가지 않으며 23kg이 안전하중 기준이라 할 수 있다.

RWL이 계산된 다음에는 아래식으로 들기지수 LI(Lifting Index)를 구한다.

$$LI = L / RWL$$

여기에서 L은 실제의 작업에서 취급하는 물건의 중량(Load Weight)이다. LI는 식에 나타내었듯이 실제의 작업이 추천 한계인 RWL의 몇 배가 될지를 나타내는 값이다. 결국 L이 주어진 작업조건에서 중량물을 취급하는 작업의 한계 중량인 RWL을 넘어가고 있는지를 알아보는 것이다. LI가 1보다 크게 되는 것은 요통의 발생 위험이 높은 것을 나타낸다. 그러므로 LI가 1이하가 되도록 작업을 설계 또는 재설계할 필요가 있다.

다) 작업설계나 작업개선에 이용

LI는 주어진 작업조건이 어느 정도 요통의 발생 위험을 가지고 있는지를 나타내는 종합적인 평가지수로 이용할 수 있는데 값은 작을수록 좋다. 1이하로 하면 요통의 발생 위험은 억제할 수 있으나 LI가 1~2가 되면 어느 정도 요통 발생이 실제 증가된다.

LI는 복수의 작업의 비교에도 이용할 수 있다. 일반적으로 달랐던 조건의 작업 부담도의 강약을 비교하는 것은 곤란하지만 LI를 작업마다 구해 비교하면 작업의 부담도가 있는 것은 개선의 중요도 순위결정이 가능하게 된다.

권장 중량한계(RWL)를 측정하기 위한 HM, VM, DM, AM, FM, CM의 계수의 값을 비교하면 일반적으로 곤란한 작업 조건의 어디를 개선하는 것이 가장 유효한지를 결정하는 순위 결정이 가능하게 된다. 이들 각 계수는 전부 0~1의 범위를 취하지만 이 중 최고로 작은 값을 취하는 계수가 가장 큰 부담도를 가지는 요인으로 값이 작은 계수로부터 개선을 진행시켜가면 효과적이다. 각 계수를 1에 가깝게 하는 일반적인 개선법으로 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 수평계수(HM) : 작업자와 중량물사이의 거리를 짧게 하는 것과 같이 장애물을 없애거나 중량물의 크기를 작게 한다. 발이 방해가 되어 작업자와 중량물사이의 거리가 길게 되기 때문에 상부에서는 중량물을 취급하지 않도록 하며 만약 그것이 불가능하면 발 사이에 중량물을 넣을 수 있도록 해야 한다.
- ② 수직계수(VM) : 이동전이나 이동 후의 높이를 바꾸는데 상부나 어깨보다 높은 위치에서의 중량물 취급은 피한다.
- ③ 거리계수(DM) : 들거나 내리는 거리를 짧게 한다.

- ④ 비대칭성계수(AM) : 몸을 비틀지 않고 끝나는 것처럼 이동 전과 이동 후의 위치를 근접하게 한다. 또는 걸어서 몸 전체로 방향을 바꿔 이동전과 이동후의 위치를 뻗는다.
- ⑤ 빈도계수(FM) : 중량물의 들기 회수나 작업시간을 줄인다. 휴식 시간이나 중량물 들기가 아닌 가벼운 작업 시간을 늘린다.
- ⑥ 결합계수(CM) : 중량물과 손잡이를 최적의 것으로 개선한다.

2) OWAS(Ovako Working Posture Analysing System) 분석법

요통이나 어깨, 팔, 목 관련 재해와 같은 근골격계 질환의 대부분의 경우는 작업자세가 원인이 되는 건강 장애로 이를 분석 및 평가하기 위해서는 작업자세에 대한 평가가 빠질 수 없는 것이다. 작업자세가 건강에 주는 영향을 분석하는 데는 신체의 굴곡, 사지 관절의 굴곡 등 작업자의 자세이나 지속시간, 휴식간격, 반복하는 회수, 빠르기 등 시간의 요인도 추가적으로 검토할 필요가 있다.

OWAS 분석방법은 작업자세 평가법으로서 비교적 간단해서 외국에서도 주로 사용되고 있고 작업의 기록부터 평가까지의 과정을 포함하고 있는 인력운반 작업 위험성 분석법이다.

가) OWAS에 의한 작업자세의 기록법

OWAS에서는 작업 시작점의 작업 자세를 허리, 상지, 하지, 무개의 4항목으로 나누어 이것을 코드화한 4항의 숫자(자세코드)로

기록하는데 이 자세 분류는 불쾌감의 주관적 평가, 자세에 의한 건강 영향 평가, 실용 가능성 등을 고려해 결정한다.

자세의 기록은 Snap-reading법(관찰 간격이 일정한 작업 샘플링법의 일종)을 이용한다. 다시 말해 일정시간 간격으로 그 순간의 자세를 읽어내고 자세코드를 용지에 기록해 간다. 일반적으로 측정 간격은 30초/60초, 연속관찰 시간은 20~40분, 10분이상의 휴식을 하는 방법이 소개되고 있다. 이러한 기록 조건은 대상으로 하는 작업의 내용에 따라서 정할 필요가 있다.

OWAS 분석은 허리, 상지, 하지, 무게에 대한 각 자세코드를 중심으로 해서 AC(Action Category)값을 찾고 그 값을 중심으로 최종평가를 하게 된다.

나) OWAS에 의한 작업 자세의 평가법

OWAS에서는 자세의 부담도와 개선 요구도를 이하의 4단계에서 판정하는 AC(Action category)를 사용한다.

AC 1 : 이 자세에 의한 근골격계 부담은 문제없다. 개선은 불필요하다.

AC 2 : 이 자세는 근골격계에 유해하다. 짧은 시일 동안에 개선해야 한다.

AC 3 : 이 자세는 근골격계에 유해하다. 가능한 한 조기에 개선해야 한다.

AC 4 : 이 자세는 근골격계에 매우 유해하다. 즉시 개선해야 한다.

3) RULA(Rapid Upper Limb Assessment) 평가법

가) RULA의 개발

RULA는 영상단말기(VDU) 작업장의 최소안전 및 건강에 관한 요구 기준과 영국의 직업성 상지질환의 예방지침의 기준을 만족하는 보조도구로 사용하고 있는데 작업자의 근골격계질환과 관련한 위험인자에 대한 개인작업자의 노출정도를 신속하게 평가하기 위한 방법을 제공한다. 근육의 피로를 유발시킬 수 있는 부적절한 작업자세, 힘 그리고 정적이거나 반복적인 작업과 관련한 신체적인 부담요소를 파악하며 그에 따른 보다 포괄적인 인간공학 적 평가를 위한 결과를 제공하기 위한 목적으로 개발되었다.

나) RULA의 평가법

RULA의 평가표는 크게 각 신체부위별 작업자세를 나타내는 그림과 3개의 배점표로 구성되어 있는데 평가대상이 되는 주요 작업요소로는 반복수, 정적작업, 힘, 작업자세, 연속 작업시간 등이 고려되어 지게 된다.

평가방법은 크게 신체부위별로 A와 B 그룹으로 나누어지며 A, B의 각 그룹별로 작업자세 그리고 근육과 힘에 대한 평가로 이루어진다.

평가의 결과는 1에서 7사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 4개의 조치 단계(Action level)로 분류되고 전술한 바와 같이

RULA는 작업장에 존재하는 근골격계 질환과 관련한 위해작업요인의 존재유무와 그 정도를 신속히 파악하기 위한 간이평가도구로써 포괄적인 작업장의 인간공학적 분석과 개선을 위한 참고적 보조도구로 사용되어진다.

RULA는 보조도구라는 한계가 있지만 잘 훈련된 전문가에 의하여 활용될 경우 작업장의 위해요인파악과 개선을 위한 선도적 도구(Initiator)로서 사용될 수 있는 장점을 지니고 있다.

다) 평가 후 조치단계의 결정

RULA의 평가결과와 점수에 따른 조치내용은 다음과 같다.

- ① 최종점수가 1~2점 : 수용 가능한 작업(Acceptable job)
- ② 최종점수가 3~4점 : 계속적 추적관찰요함(Investigate further)
- ③ 최종점수가 5~6점 : 계속적 관찰과 빠른 작업개선 요함
(Investigate further and change soon)
- ④ 최종점수가 7점 이상 : 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구됨

4) 변형도 지수(Strain Index) 분석법

변형도 지수(SI) 분석법은 상지 질환에 대한 정량적 평가 기법인데 6개의 위험요소를 곱한 값이 스트레인 지수이며 각 요소는 근육사용 힘, 근육사용기간, 빈도, 자세, 작업속도, 하루 작업시간으로 구성되어있다.

이러한 요소들 중 힘든 정도가 가장 심각한 위험요소로 평가되고 있다.

가) 분석방법

일반인들이 이 분석 기법을 사용할 때에는 비디오테이프에 녹화하여 분석하는 것이 바람직 한데 단계별 직무가 모두 조사되고 동작이 기록된 다음 각 동안을 모두 더한 것이 사이클 당 개별 동작횟수로 결정된다. 교대근무 당 총 동작수는 작업기간 동안의 사이클 수와 사이클 당 동작수 곱에 의해 결정된다.

작업기간 동안의 사이클 수는 일반적으로 제품의 생산기록 수에 의해 결정되며 사이클 타임은 비디오테이프에 기록된 시간에 의해 결정된다.

같은 직무를 한 사람이상 수행할 경우 다른 사람의 직무에 대해서도 여러 사이클을 기록해 두는 것이 도움이 된다.

일반적으로 인력운반 도구들은 저비용으로 구입하기 위해 조잡한 제품을 주로 구입하는 경향이 있고 제품사용으로 인한 불편함을 경험할 수 있는 사람이 아닌 다른 사람이 구매하기 때문에 이러한 모순이 지속되고 있는 것이다.

인력운반 도구의 형태, 모양, 무게, 모서리, 진동의 종류, 손잡이 특징 등이 생체역학적 스트레스에 영향을 줄 수 있으므로 인력운반 도구의 선정 및 사용에 신중을 기해야 한다.

나) 평가방법

변형도 지수(SI) 분석법을 사용하기 위한 식은 다음과 같으며 평가결과 스트레인 지수가 5를 초과하면 상지질환으로 초래될 가능성이 있는 것으로 분석하고 3이하이면 안전하며 7이상은 매우 위험한 것으로 간주된다.

$$SI = \text{작업강도} \times \text{긴장시간}(\%) \times \text{분당작업횟수} \times \text{손/손목자세} \times \text{작업속도} \\ \times \text{작업시간}$$

5) REBA(Rapid Entire Body Assessment) 평가법

REBA 평가법은 근골격계 질환과 관련한 위해인자에 대한 개인 작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며, 특히 상지작업을 중심으로 한 RULA와 비교하여 간호사 등과 같이 예측이 힘든 다양한 자세에서 이루어지는 서비스업에서의 전체적인 신체에 대한 부담정도와 위해인자에의 노출정도를 분석하기 위한 목적으로 개발되었다.

REBA의 평가표는 크게 각 신체부위별 작업자세를 나타내는 그림과 4개의 배점표로 구성되어 있으며 평가대상이 되는 주요 작업 요소로는 반복성, 정적작업, 힘, 작업자세, 연속 작업시간 등이 고려되어 지게 된다.

평가방법은 크게 신체부위별로 A와 B그룹으로 나누어지며 A,B의 각 그룹별로 작업자세 그리고 근육과 힘에 대한 평가로 이루어지고 평가의 결과는 1에서 15점 사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 5개의 조치단계(Action level)로 분류되어 진다.

2. 측정 및 결과

가. 측정개요

본 연구에서는 인력운반 안전한계하중을 도출하기 위하여 인체능력 측정이 가능한 BTE(Baltimore Therapeutic Equipment)장비를 사용하여 작업자의 인력운반 안전한계하중을 측정하였다. BTE장비는 본래 작업자의 재활(Rehabilitation)을 돕기 위하여 개발된 장비인데 중량물의 들어올리기(Lifting), 밀기(Pushing) 및 당기기(Pulling)의 인체능력 등도 측정할 수 있는 장비로써 피 측정자를 대상으로 2005년 8월부터 9월 사이 약 10회에 걸쳐 연령대별 남자와 여자 5명씩 총 40명을 대상으로 측정 장비 판매업체인 (주)앞선아이앤씨의 도움을 받아 연구원에서 보유중인 BTE장비를 활용하여 인력운반 한계하중을 측정하였다.

측정대상은 ILO, 미국과 일본 등의 중량물 취급 권장기준의 표본을 고려하여 18세 이상 20세 이하, 21세 이상 35세 이하, 36세 이상 50세 이하 및 51세 이상 65세 이하의 4그룹으로 분류하여 각 그룹별로 남자 5명과 여자 5명 등 10명, 총 40명의 들어올리기, 밀기 및 당기기 자세 한계하중 측정치의 최대하중과 평균하중을 측정하였다. 피 측정자는 주로 학생, 공단 연구원 직원 및 건물관리업체 종사자 등 사무직과 생산직에 종사하는 일반인으로 하였는데 피 측정자의 소속, 근무연수 및 근무형태 등 작업관련사항과 연령, 신장 및 체중 등 개인관련사항은 무작위로 선정 하여 측정을 실시하였다.

나. 측정 장비

인력운반 안전한계하중을 측정하기 위하여 사용한 BTE장비는 원래 재해로 인해 손상된 신체의 기능을 평가하고 훈련하는 재활치료목적으로 개발된 기능성 재활운동 평가 및 치료 장비인데 작업자세별 인체능력 측정에도 사용된다. BTE장비의 사진은 [그림 4]와 같고 장비의 특성은 다음과 같다.



[그림 4] BTE 장비사진

1) BTE 장비 제원

가) 크기 : 가로 50.8cm × 세로 152.4cm × 높이 198.1cm

나) 주요 구성품

- ① 장비 본체
- ② 프로그램 내장 데스크탑 컴퓨터
- ③ 컬러 잉크젯 프린터
- ④ 컴퓨터 및 프린터 탑재용 카트
- ⑤ 측정용 의자
- ⑥ 작업 모형 도구
- ⑦ 측정 보조 도구

다) BTE 작동 모드

① 등척성 모드 (Isometric Mode)

이 기능은 근육의 최대근력을 파악하고자 할때 많이 쓰이는 방법으로 작업시 관절의 움직임이 없는 상태에서 근육의 긴장도를 변화시켜 측정하는 방법이며 최대저항을 유지하고 움직임이 없다는 특징이 있다.

② 등속성 모드 (Isokinetic Mode)

작업자에 적절한 속도를 미리 장비에 입력시켜 입력속도까지는 저항을 줄여주어 그 속도에 이르게 하는 등 일정한 속도를 유지하는 방법으로 일정한 속도를 유지하고 저항이 변하는 특징이 있다.

③ 등장성 모드 (Isotonic Mode)

실제 작업자의 기능적인 능력을 측정하기 위한 기능으로 근육의 긴장도는 변하지 않은 상태에서 관절에 움직임을 주어 운동하는

방법으로 일정한 저항을 유지한 채 속도가 변하는 특징이 있다.

2) BTE 장비 측정 보조기구 (Tool)

BTE 장비를 이용하여 측정하기 위한 들어올리기 작업의 측정 보조 기구는 191F이고, 밀기측정 보조기구는 191X, 당기기 측정보조기구는 191Y이다. 이밖에도 측정을 위한 BTE 장비 보조기구에는 핸들 측정기구, 레버 측정기구, 조정장치 바퀴, 3차원 운동 부속품, 운동범위 제한장치 등 여러 가지가 있다.

다. 측정방법 및 내용

1) 측정방법

인력운반 안전한계하중을 측정하기 위하여 <표 24>와 같은 인력운반 안전한계하중 측정표를 작성하였다.

측정표에는 측정자와 피 측정자에 대한 인적사항 등 측정개요와 측정 결과를 작성하도록 하고 있는데 측정개요에는 측정자, 측정일과 피측정자 관련사항으로 성명, 성별, 소속, 근무연수, 근무형태, 연령, 신장 및 체중을 기록하도록 하였다.

측정결과에는 한계하중 측정치를 들어올리기(Lifting), 밀기(Pushing)와 당기기(Pulling)로 구분하여 최대하중(Maximum Load)과 평균하중(Average Load)으로 구분하여 작성하였다. 또한 작업자세를 고려하여 들어올리기는 대퇴부의 바닥과의 각도를 0도, 45도, 90도 등 세 가지로

구분한 자세에 대해 측정을 실시하였으며 밀기와 당기기는 대퇴부의 바닥과의 각도를 0도, 45도 등 두 가지로 구분한 자세에 대해 측정을 실시하였다.

<표 24> 인력운반 안전한계하중 측정표

인력운반 안전한계하중 측정표						
1. 측정개요						
측정자	안전공학연구실 이준원			측정일	2005. . .	
피측정자	성명	한글)		성별	남 여	
		영문)				
	소속			연령	만 세	
	근무연수	년		신장	cm	
	근무형태	사무직 생산직		체중	kg	
2. 측정결과						
구분	각도	최대한중		평균하중		비고
		Nm	kg	Nm	kg	
한계하중 측정치	들어올리기 (Lifting)	0도				
		45도				
		90도				
	밀기 (Pushing)	0도				
		45도				
	당기기 (Pulling)	0도				
45도						

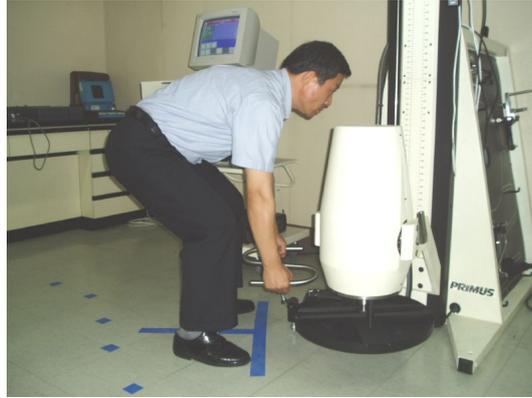
들어올리기, 밀기와 당기기의 작업자세별 측정 사진은 [그림 5], [그림 6], [그림 7], [그림 8], [그림 9], [그림 10], [그림 11]과 같다. 들어올리기 작업에서의 측정위치는 BTE장비의 도르래와 발끝의 거리가 13cm,

측정용 손잡이와 바닥간의 거리는 26cm 이었으며 측정용 로프는 풀리지 않은 상태에서 힘의 부하를 감지하도록 하는 등척성 모드(Isometric Mode) 프로그램을 사용하였고 측정 보조도구로 S자형 손잡이를 사용하였다. 발의 간격은 피 측정자의 어깨너비로 하였고 등은 곧게 편 상태에서 양팔을 쭉 펴고 시선은 전방을 향하도록 하였다. 들어올리기 한계하중 측정 0도, 45도, 90도의 구분은 바닥과 피 측정자의 대퇴부가 이루는 각도를 기준으로 하여 구분한 것이다.

밀기와 당기기 작업에서의 측정위치는 BTE장비 도르래와 앞발의 거리가 1m유지된 상태이고 지면으로부터 측정위치는 피 측정자의 팔꿈치 높이를 기준으로 조절하였으며 밀기와 당기기 작업 측정시 사용한 측정정보조기구는 바(Bar)형 손잡이를 사용하였다. 측정시 손등이 위를 보도록 하였으며 팔꿈치는 피 측정자의 몸통에 밀착하도록 하여 측정하였다. 밀기와 당기기 0도 측정에서는 앞발과 뒷발의 간격은 보폭만큼 앞뒤로 벌린 채 양 다리를 쭉 펴도록 하였으며, 45도 측정에서는 앞발의 대퇴부 각도가 바닥면과 45도를 유지한 채 앞뒤 발 간격을 보폭만큼 더 벌어지도록 자연스럽게 편안한 자세에서 측정하였다.



[그림 5] 들어올리기 한계하중 측정사진 0도



[그림 6] 들어올리기 한계하중 측정사진 45도



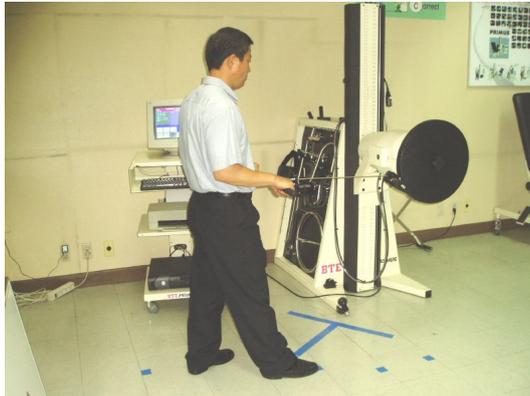
[그림 7] 들어올리기 한계하중 측정사진 90도



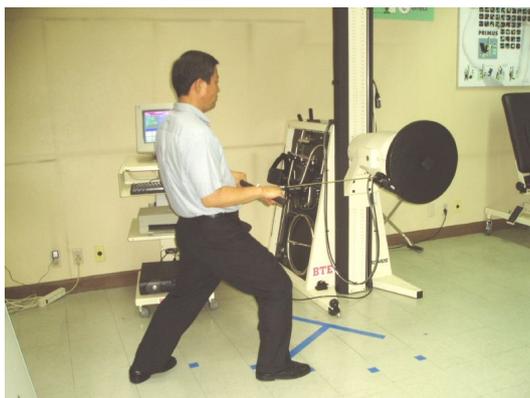
[그림 8] 밀기 한계하중 측정사진 0도



[그림 9] 밀기 한계하중 측정사진 45도



[그림 10] 당기기 한계하중 측정사진 0도



[그림 11] 당기기 한계하중 측정사진 45도

2) 측정내용

BTE 장비를 사용하여 들어올리기, 밀기 및 당기기 등 인력운반 안전한계 하중을 측정할 때 측정한 내용의 기록은 BTE 장비에 내장된 자동하중계산 프로그램을 이용하였고 측정용 보조기구는 들어올리기, 밀기 및 당기기 등 각 측정항목에 적합한 기구(Tool)를 사용하였으며 측정시 피 측정자의 손은 양손을 사용하였다.

각 측정항목 및 자세별로 피 측정자는 동일한 측정을 각 3회씩 반복 측정하여 최대 하중치와 평균 하중치를 도출하였는데 이때 측정을 위하여 힘을 주는 시간은 매 측정시마다 6초 이상의 지속시간을 유지하여 이중 3초부터 5초사이의 3초간을 측정결과로 활용하였다. 또한 유효계수값(Coefficient value : Cv)은 측정장비 제조사인 BTE사의 권장기준인 측정치간의 편차가 15%를 초과하는 경우에는 재 측정을 실시하여 유효계수값이 15%이내인 경우에만 측정결과로 인정하도록 하였다.

3) 측정결과 단위 및 환산

BTE 장비를 사용하여 측정한 최대하중 및 평균하중 결과치는 Nm 단위로 나타나므로 이를 아래식과 같이 환산하여 kg단위의 하중값을 도출하였다.

$$Y = X \div 0.2289 \div 9.8$$

X : 측정결과 최대하중 또는 평균하중 (Nm)

Y : 한계하중 최대값 또는 평균값 (kg)

0.2289 : BTE장비 도르래 반지름 (m)

9.8 : N을 kg으로 환산하는 계수

따라서 피 측정자 개인별 측정결과 최대하중 및 평균하중을 위의 식을 이용하여 피 측정자 개인별 인력운반 한계하중 값을 도출하였다.

라. 측정결과 분석

위에서 설명한 측정장비, 측정방법 및 내용을 토대로 하여 피 측정자 40명에 대한 성, 연령, 신장 및 체중과 들어올리기(Lifting), 밀기(Pushing) 및 당기기(Pulling)의 각 작업자세별 인력운반 한계하중 측정결과는 <표 25>와 같다.

표에서 Lf는 Lifting, Ps는 Pushing, Pl은 Pulling을 말하며 0, 45, 90은 각각 바닥면과 피측정자의 대퇴부가 이루는 각도를 말한다. 또 Mx는 최대토크(Peak Torque)로 피측정자에 대한 인력운반하중 측정값의 최대하중 평균값(kg)을 말하고 Av는 측정 개시후 3-5초 사이의 피측정자에 대한 인력운반하중 측정값의 평균하중값(kg)을 말하며 Cv는 단위 %로 유효계수값(Coefficient value)을 말한다.

각 평가항목별 측정결과중 최대하중값 Mx(kg)는 피 평가자 개인이 작업할수 있는 순간최대하중이므로 각 운반작업 종류별, 작업자세별 한계하중은 각 평가 항목별 측정결과중 평균하중값 Av를 중심으로 고려하고 분석하였다. 유효계수값 Cv(%)는 모든 측정결과에서 기준치인 15% 범위내에 있으므로 측정조건을 만족한 것으로 본다. 운반작업 종류별, 작업자세별 한계하중 측정결과는 다음과 같다.

<표 25> 인력운반 한계하중 측정결과 (남 자)

(단위 : kg, %)

번호	성별	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	Lf 0			Lf 45			Lf 90			Ps 0			Ps 45			Pl 0			Pl 45		
					Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv
1	남	18	175	64	35.3	34.6	2.7	38.6	37.8	3.8	43.4	42.7	11.2	21.2	17.7	2.4	22.9	19.7	1.9	22.8	18.4	2.2	23.8	20.7	3.8
2	남	18	168	68	37.9	36.1	5.5	42.3	40.5	1.1	43.2	42.6	68.0	16.7	14.1	2.2	19.5	15.7	0.9	20.9	17.9	4.7	21.6	20.1	3.0
3	남	18	176	72	39.5	37.5	2.6	46.7	45.4	1.4	48.1	46.1	2.7	17.7	14.1	7.6	25.3	22.3	3.6	25.7	20.7	43.0	31.6	25.7	4.0
4	남	20	177	77	44.2	41.9	7.8	49.3	47.7	1.8	50.1	49.0	6.5	18.1	16.3	0.8	28.4	25.3	2.7	22.7	19.5	2.8	29.0	25.7	4.3
5	남	19	176	75	53.3	51.3	1.4	60.1	59.9	2.9	62.5	61.0	1.8	18.7	15.6	4.9	24.1	23.0	5.1	26.0	23.1	4.7	33.5	31.1	2.5
평균 (18세-20세 남 자)		18.6	174.4	71.2	42.0	40.3	4.0	47.4	46.2	2.2	49.4	48.3	18.0	18.5	15.6	3.6	24.0	21.2	2.8	23.6	19.9	11.5	27.9	24.6	3.5
6	남	32	174	66	34.7	33.0	13.9	43.8	42.3	1.8	45.5	43.1	1.2	12.5	14.4	3.2	17.0	13.8	0.9	18.1	15.7	9.1	28.0	24.7	4.6
7	남	29	175	74	39.4	37.5	8.4	68.1	62.5	4.7	48.5	47.6	1.3	16.1	14.5	3.2	23.2	21.2	2.6	18.3	16.3	1.4	28.7	24.5	1.6
8	남	33	170	77	46.3	45.5	4.2	47.1	46.3	3.3	38.2	37.3	6.0	13.9	11.3	4.2	17.9	13.5	6.5	18.2	15.0	1.6	23.3	20.9	3.4
9	남	27	184	90	48.1	46.4	5.7	59.0	56.6	1.1	56.3	53.9	6.7	19.7	17.3	6.9	29.5	26.2	2.6	22.8	18.0	2.9	28.5	25.4	3.7
10	남	30	169	70	59.8	58.2	6.0	69.7	68.1	5.1	66.5	64.7	7.4	22.1	19.2	1.0	31.4	27.6	1.5	23.1	19.8	1.5	32.3	29.7	2.1
평균 (21세-35세 남 자)		30.2	174.4	75.4	45.7	44.1	7.6	57.5	55.2	3.2	51.0	49.3	4.5	16.9	15.3	3.7	23.8	20.5	2.8	20.1	17.0	3.3	28.2	25.0	3.1
11	남	46	168	58	27.8	26.2	8.3	37.1	32.9	6.7	30.1	28.4	9.6	12.6	10.2	5.1	15.0	13.3	4.1	18.4	11.1	3.9	16.9	13.4	5.4
12	남	45	175	69	35.9	35.0	5.7	39.4	38.3	3.9	28.8	27.7	3.9	11.8	8.4	6.4	22.6	19.2	5.2	14.5	13.0	1.2	16.9	15.6	6.7
13	남	45	175	81	43.6	40.7	13.3	49.5	47.8	1.5	45.4	43.2	9.1	22.7	19.5	1.4	28.4	23.7	1.1	18.1	15.5	8.6	20.0	16.9	6.0
14	남	43	175	80	46.1	45.3	1.2	47.9	47.4	7.2	38.3	37.6	8.3	13.4	10.7	5.8	22.5	18.8	6.1	18.2	16.3	2.4	22.0	18.0	5.3
15	남	41	171	71	53.0	50.2	10.8	58.9	57.1	4.2	54.9	53.8	2.6	17.8	13.4	1.4	24.4	20.6	0.9	21.8	18.7	1.7	27.3	22.8	0.7
평균 (36세-50세 남 자)		44.0	172.8	71.8	41.3	39.5	7.9	46.5	44.7	4.7	39.5	38.1	6.7	15.7	12.5	4.0	22.6	19.1	3.5	18.2	14.9	3.6	20.6	17.4	4.8
16	남	55	168	67	25.3	24.7	2.4	19.6	19.5	1.3	20.1	19.4	4.0	10.0	9.2	3.7	17.8	17.3	3.7	11.2	10.8	4.2	18.4	17.9	4.1
17	남	54	172	68	32.9	31.1	4.8	42.2	38.0	1.7	45.7	39.7	6.3	17.0	13.8	5.2	26.4	22.4	3.4	19.5	13.6	1.0	21.3	16.2	4.4
18	남	56	168	68	36.0	34.0	9.0	51.6	49.6	9.0	44.9	41.2	8.9	12.4	11.3	3.2	24.1	20.0	1.2	27.4	18.0	3.7	29.8	25.3	1.7
19	남	51	172	73	37.6	36.5	10.4	42.9	42.1	2.0	41.5	40.1	3.0	13.9	12.7	4.0	20.3	17.9	10.0	15.3	13.7	3.2	14.8	14.1	3.1
20	남	64	162	62	45.9	43.1	5.1	44.8	42.8	4.2	52.2	50.2	10.3	13.0	10.6	4.8	16.8	14.1	5.9	19.9	16.3	4.9	29.0	22.8	9.2
평균 (51세-65세 남 자)		56.0	168.4	67.6	35.5	33.9	6.3	40.2	38.4	3.6	40.9	38.1	6.5	13.3	11.5	4.2	21.1	18.3	4.8	18.7	14.5	3.4	22.7	19.3	4.5
남자 평균		37.2	172.5	71.5	41.1	39.5	6.5	47.9	46.1	3.4	45.2	43.5	8.9	16.1	13.7	3.9	22.9	19.8	3.5	20.1	16.6	5.4	24.8	21.6	4.0

<표 25> 인력운반 한계하중 측정결과 (여 자)

(단위 : kg, %)

번호	성별	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	Lf 0			Lf 45			Lf 90			Ps 0			Ps 45			Pl 0			Pl 45		
					Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv
21	여	20	154	46	167	162	1.1	18.1	17.9	3.7	17.1	16.8	5.4	6.9	5.7	2.3	10.2	8.0	5.2	9.7	8.1	4.4	14.6	12.2	10.9
22	여	20	152	49	20.4	19.0	5.7	21.2	20.4	11.2	24.3	20.1	2.5	5.3	4.2	9.9	6.7	5.9	8.9	9.2	7.6	2.2	9.4	8.1	7.7
23	여	20	166.5	64	26.1	24.7	11.1	43.7	39.8	4.3	33.1	32.2	3.3	18.2	15.4	1.6	25.2	22.2	5.4	21.5	18.3	2.2	28.9	24.4	6.1
24	여	20	162	55	35.0	30.8	4.1	38.3	37.2	7.1	43.2	40.3	6.1	16.0	11.4	8.1	22.9	18.2	8.1	24.3	16.8	5.5	29.9	22.6	4.2
25	여	20	170	62	38.7	36.8	2.9	44.7	41.7	2.2	47.5	43.5	4.6	19.1	17.2	3.3	21.8	20.8	4.2	21.4	18.3	8.0	23.0	21.4	2.5
평균 (18세-20세 여자)		20.0	160.9	55.2	27.4	25.5	5.0	33.2	31.4	5.7	33.1	30.6	4.4	13.1	10.8	5.0	17.4	15.0	6.4	17.2	13.8	4.5	21.2	17.7	6.3
26	여	28	163	53	22.0	20.1	8.0	21.3	19.9	5.0	23.6	22.4	3.7	16.4	12.8	3.2	19.3	15.9	1.1	21.1	14.6	1.5	21.3	17.1	5.6
27	여	21	168	60	24.2	23.2	6.3	31.8	31.3	6.4	36.0	35.2	4.9	13.4	12.2	5.0	19.9	17.6	1.9	18.6	16.4	7.4	21.6	19.2	5.2
28	여	32	160	53	25.9	25.6	4.7	29.8	29.0	5.5	31.0	30.6	6.7	12.7	12.4	1.1	18.9	17.4	3.2	20.3	17.5	6.3	24.4	21.4	7.0
29	여	34	162	60	33.0	31.6	1.7	32.2	30.8	5.5	31.7	30.1	7.6	14.6	12.2	6.1	16.9	15.4	5.7	29.9	20.1	2.4	32.0	21.6	2.6
30	여	28	172	64	34.2	33.0	9.7	34.3	32.9	2.8	32.1	31.8	7.5	14.2	13.3	3.5	19.3	17.4	6.3	19.8	17.2	4.9	22.9	20.6	4.6
평균 (21세-35세 여자)		28.6	165.0	58.0	27.8	26.7	6.1	29.9	28.8	5.0	30.9	30.0	6.1	14.3	12.6	3.8	18.9	16.7	3.6	21.9	17.1	4.5	24.4	20.0	5.0
31	여	36	164	54	19.0	18.7	10.1	28.3	28.1	5.2	26.9	26.4	8.0	11.4	10.8	5.9	13.5	12.5	3.2	14.3	13.0	4.5	17.7	17.1	2.6
32	여	40	165	64	20.5	19.9	3.6	24.0	22.1	4.0	24.4	24.1	3.6	17.7	16.3	7.7	24.0	22.7	2.2	17.3	15.7	1.7	22.7	21.6	1.9
33	여	36	165	58	25.0	23.7	3.8	29.7	29.1	1.5	30.0	29.3	4.0	14.5	13.4	4.3	18.3	17.6	3.2	13.0	12.2	5.2	18.5	17.3	0.2
34	여	41	157	54	27.3	26.5	2.6	29.0	27.5	9.3	27.1	26.1	1.6	11.9	11.2	6.1	16.2	14.9	8.1	14.9	13.4	6.5	19.3	17.5	0.2
35	여	50	152	58	39.4	34.5	9.3	36.7	34.7	4.8	36.3	34.9	4.6	14.7	12.3	6.5	18.3	15.9	0.9	20.8	17.5	5.7	23.6	21.7	7.1
평균 (36세-50세 여자)		40.6	160.6	57.6	26.3	24.7	5.9	29.5	28.3	5.0	28.9	28.2	4.4	14.0	12.8	6.1	18.1	16.7	3.5	16.1	14.4	4.7	20.4	19.0	2.4
36	여	58	159	65	19.9	17.9	0.9	17.9	16.0	9.1	19.6	17.3	7.3	14.6	13.3	5.9	13.3	12.3	1.2	16.2	13.8	10.4	19.0	17.3	8.3
37	여	61	149	45	24.1	22.2	6.4	25.4	23.8	8.7	23.2	21.7	7.4	10.2	8.5	2.1	16.9	14.1	2.2	13.8	12.2	5.7	18.7	18.3	2.1
38	여	55	149	60	29.6	26.2	9.5	27.9	25.3	8.7	30.9	28.5	8.7	15.2	12.6	3.3	19.2	17.4	1.2	19.0	14.2	0.9	23.1	21.4	4.0
39	여	58	158	70	30.1	27.8	2.1	44.0	42.0	10.1	47.8	44.8	3.9	15.4	14.1	6.2	21.2	19.8	6.9	15.3	13.8	11.8	23.5	21.4	10.6
40	여	53	156	58	31.4	30.1	3.0	30.1	29.3	5.1	28.0	27.8	2.6	11.7	10.4	10.9	17.5	15.0	5.2	22.4	17.8	7.0	25.6	21.3	3.6
평균 (51세-65세 여자)		57.0	154.2	59.6	27.0	24.8	4.4	29.1	27.3	8.3	29.9	28.0	6.0	13.4	11.8	5.7	17.6	15.7	3.3	17.3	14.4	7.2	22.0	19.9	5.7
여자 평균		36.6	160.2	57.6	27.1	25.4	5.3	30.4	28.9	6.0	30.7	29.2	5.2	13.7	12.0	5.2	18.0	16.0	4.2	18.1	14.9	5.2	22.0	19.2	4.9
총 평균		36.9	166.3	64.6	34.1	32.4	5.9	39.2	37.5	4.7	37.9	36.3	7.1	14.9	12.9	4.5	20.4	17.9	3.9	19.1	15.7	5.3	23.4	20.4	4.4

1) 들어올리기 한계하중 측정결과

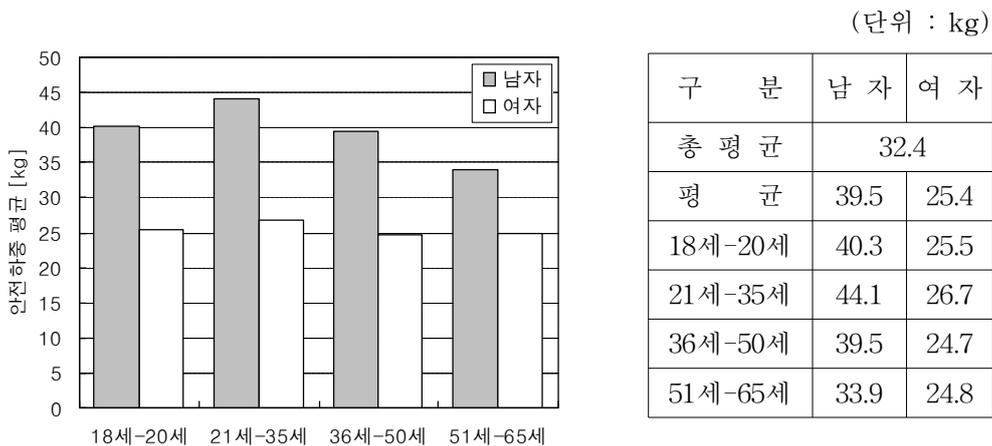
가) 들어올리기 0도

들어올리기 0도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 32.4kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 39.5kg, 여자의 한계하중 평균은 25.4kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 40.3kg, 21세이상 35세이하 44.1kg, 36세이상 50세이하 39.5kg, 51세이상 65세이하가 33.9kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 25.5kg, 21세이상 35세이하 26.7kg, 36세이상 50세이하 24.7kg, 51세이상 65세이하가 24.8kg 이었다.

성별, 연령별 들어올리기 0도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 12]와 같다.



[그림 12] 들어올리기 0도 한계하중 측정결과

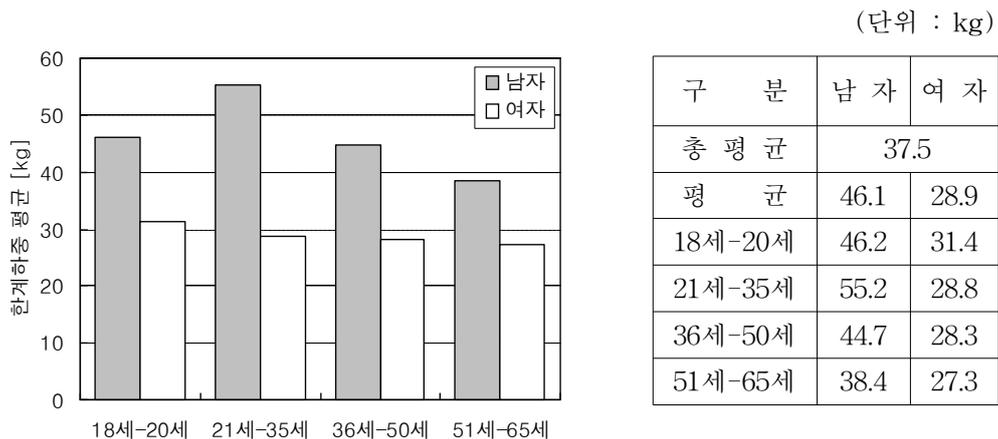
나) 들어올리기 45도

들어올리기 45도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 37.5kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 46.1kg, 여자의 한계하중 평균은 28.9kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 46.2kg, 21세이상 35세이하 55.2kg, 36세이상 50세이하 44.7kg, 51세이상 65세이하가 38.4kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 31.4kg, 21세이상 35세이하 28.8kg, 36세이상 50세이하 28.3kg, 51세이상 65세이하가 27.3kg 이었다.

성별, 연령별 들어올리기 45도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 13]과 같다.



[그림 13] 들어올리기 45도 한계하중 측정결과

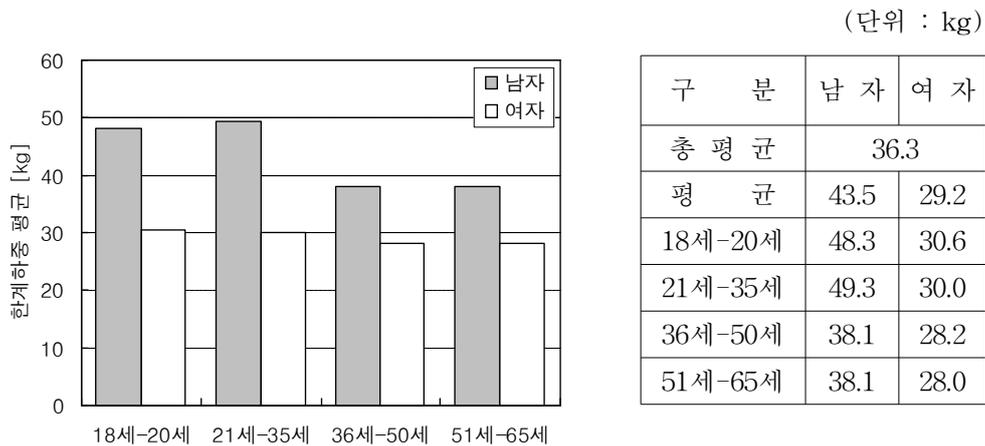
다) 들어올리기 90도

들어올리기 90도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 36.3kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 43.5kg, 여자의 한계하중 평균은 29.2kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 48.3kg, 21세이상 35세이하 49.3kg, 36세이상 50세이하 38.1kg, 51세이상 65세이하가 38.1kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 30.6kg, 21세이상 35세이하 30.0kg, 36세이상 50세이하 28.2kg, 51세이상 65세이하가 28.0kg 이었다.

성별, 연령별 들어올리기 90도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 14]와 같다.



[그림 14] 들어올리기 90도 한계하중 측정결과

2) 밀기 한계하중 측정결과

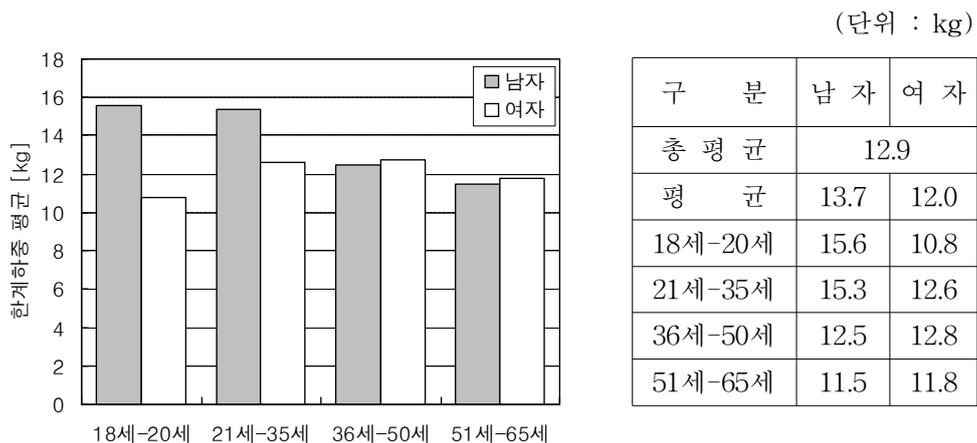
가) 밀기 0도

밀기 0도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 12.9kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 13.7kg, 여자의 한계하중 평균은 12.0kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 15.6kg, 21세이상 35세이하 15.3kg, 36세이상 50세이하 12.5kg, 51세이상 65세이하가 11.5kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 10.8kg, 21세이상 35세이하 12.6kg, 36세이상 50세이하 12.8kg, 51세이상 65세이하가 11.8kg 이었다.

성별, 연령별 밀기 0도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 15]와 같다.



[그림 15] 밀기 0도 한계하중 측정결과

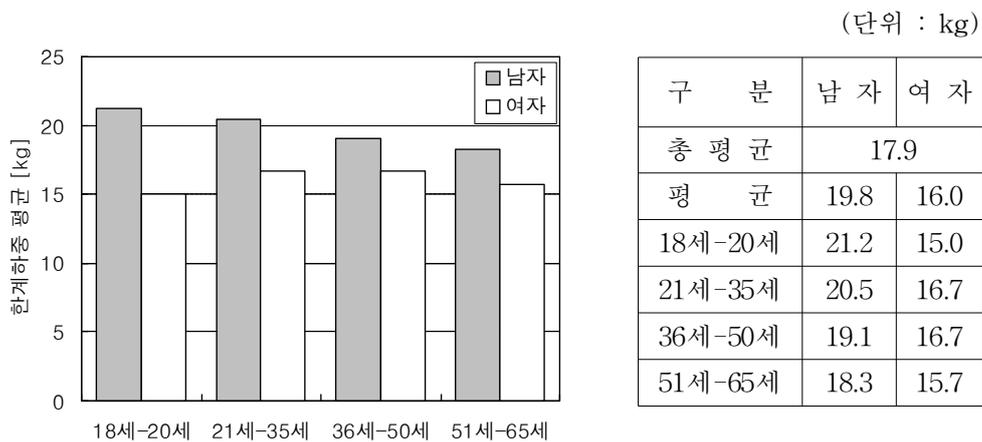
나) 밀기 45도

밀기 45도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 17.9kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 19.8kg, 여자의 한계하중 평균은 16.0kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 21.2kg, 21세이상 35세이하 20.5kg, 36세이상 50세이하 19.1kg, 51세이상 65세이하가 18.3kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 15.0kg, 21세이상 35세이하 16.7kg, 36세이상 50세이하 16.7kg, 51세이상 65세이하가 15.7kg 이었다.

성별, 연령별 밀기 45도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 16]과 같다.



[그림 16] 밀기 45도 한계하중 측정결과

3) 당기기 한계하중 측정결과

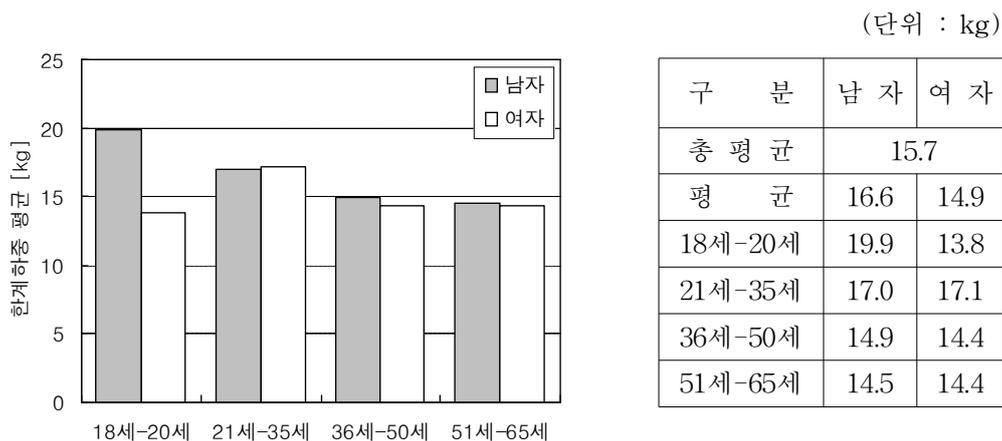
가) 당기기 0도

당기기 0도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 15.7kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 16.6kg, 여자의 한계하중 평균은 14.9kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 19.9kg, 21세이상 35세이하 17.0kg, 36세이상 50세이하 14.9kg, 51세이상 65세이하가 14.5kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 13.8kg, 21세이상 35세이하 17.1kg, 36세이상 50세이하 14.4kg, 51세이상 65세이하가 14.4kg 이었다.

성별, 연령별 당기기 0도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 17]과 같다.



[그림 17] 당기기 0도 한계하중 측정결과

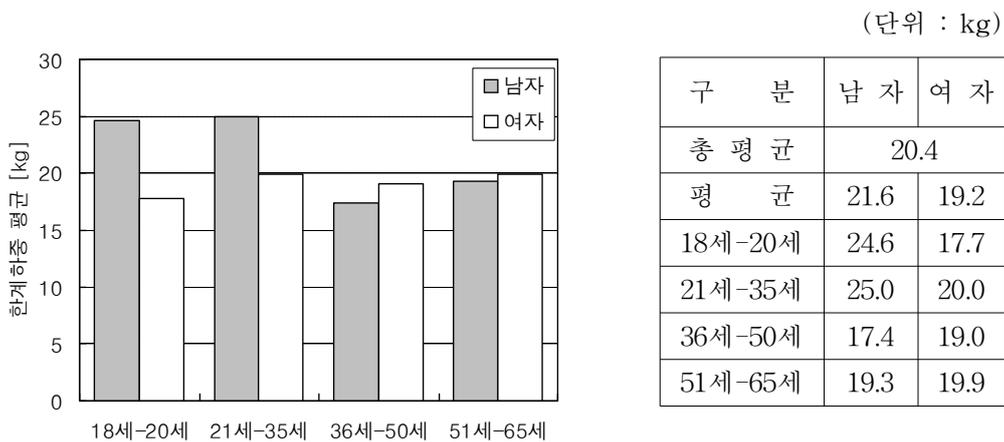
나) 당기기 45도

당기기 45도에 대한 한계하중 측정결과 피 평가자 전원의 한계하중 총 평균은 20.4kg이었으며 남자의 한계하중 평균은 21.6kg, 여자의 한계하중 평균은 19.2kg 이었다.

연령별로 남자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 24.6kg, 21세이상 35세이하 25.0kg, 36세이상 50세이하 17.4kg, 51세이상 65세이하가 19.3kg 이었다.

여자의 경우에는 18세이상 20세이하의 한계하중 평균이 17.7kg, 21세이상 35세이하 20.0kg, 36세이상 50세이하 19.0kg, 51세이상 65세이하가 19.9kg 이었다.

성별, 연령별 당기기 45도에 대한 한계하중 측정결과는 아래 [그림 18] 과 같다.



[그림 18] 당기기 45도 한계하중 측정결과

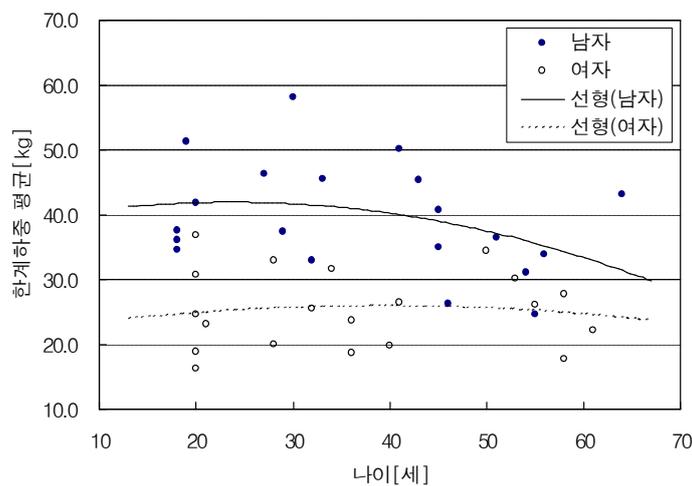
4) 연령에 따른 한계하중평균 변화추이

가) 들어올리기

연령변화에 따른 들어올리기 자세의 한계하중 측정결과 들어올리기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 0도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자의 경우에는 18세 이상 20세 이하보다 21세 이상 35세 이하가 더 높게 나타났으며 이후 나이가 증가할수록 들어올리기의 한계하중 평균이 감소하는 것으로 나타났다.

여자의 경우에도 18세 이상 20세 이하보다 21세 이상 35세 이하가 더 높게 나타났으며 이후 나이가 증가할수록 들어올리기 한계하중 평균은 비슷한 것으로 나타났다.

연령에 따른 들어올리기 0도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 19]와 같다



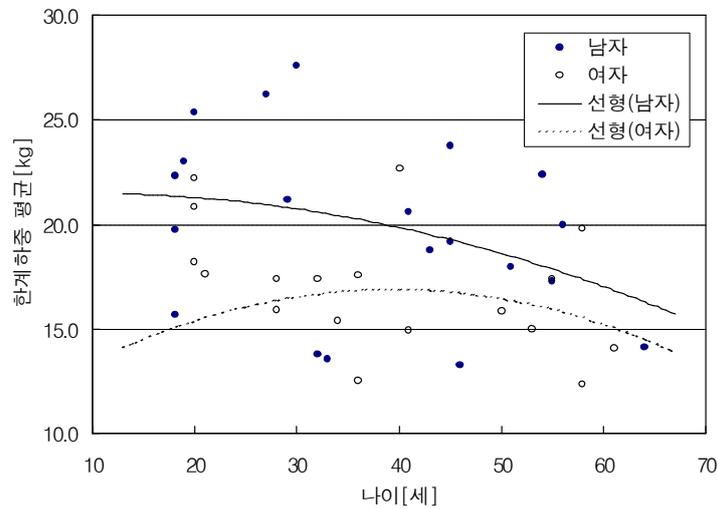
[그림 19] 연령에 따른 들어올리기 0도 한계하중평균 변화추이

나) 밀기

연령변화에 따른 밀기 자세의 한계하중 측정결과 밀기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 45도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자의 경우에는 18세 이상 20세 이하가 가장 높게 나타났으며 이후 나이가 증가할수록 밀기의 한계하중 평균이 감소하는 것으로 나타났다.

여자의 경우에는 18세 이상 20세 이하보다 21세 이상 35세 이하와 36세 이상 50세 이하가 더 높게 나타났으며 이후 51세 이상 65세 이하에서 밀기 한계하중 평균이 감소하는 것으로 나타났다.

연령에 따른 밀기 45도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 20]과 같다



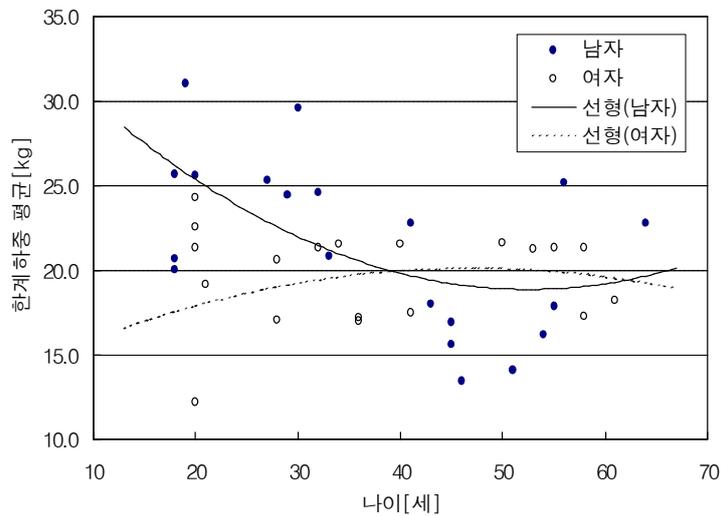
[그림 20] 연령에 따른 밀기 45도 한계하중평균 변화추이

다) 당기기

연령변화에 따른 당기기 자세의 한계하중 측정결과 당기기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 45도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자의 경우에는 21세 이상 35세 이하가 가장 높게 나타났으며 다음으로 18세 이상 20세 이하, 51세 이상 65세 이하, 36세 이상 50세 이하 순으로 당기기의 한계하중 평균이 감소하는 것으로 나타났다.

여자의 경우에는 21세 이상 35세 이하가 가장 높게 나타났으며 다음으로 51세 이상 65세 이하, 36세 이상 50세 이하, 18세 이상 20세 이하 순으로 당기기 한계하중 평균은 감소한 것으로 나타났다.

연령에 따른 당기기 45도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 21]과 같다.



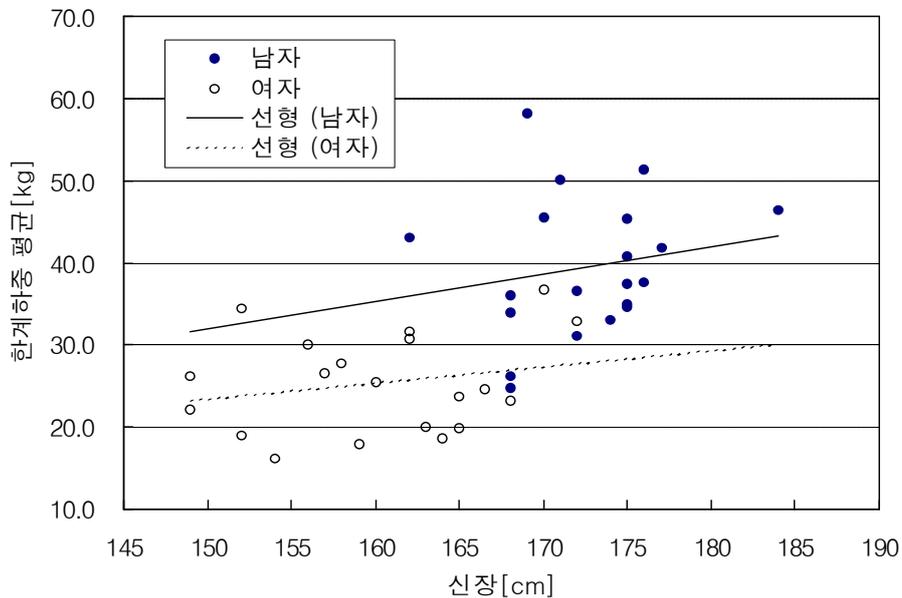
[그림 21] 연령에 따른 당기기 45도 한계하중평균 변화추이

5) 신장에 따른 한계하중평균 변화추이

가) 들어올리기

신장변화에 따른 들어올리기 자세의 한계하중 측정결과 들어올리기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 0도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자, 여자 모두 신장이 커짐에 따라 들어올리기 한계하중 평균도 증가하는 것으로 나타났는데 남자의 경우가 여자의 경우보다 신장이 클수록 한계하중평균이 조금 더 커짐을 알 수 있다.

신장에 따른 들어올리기 0도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 22]와 같다.

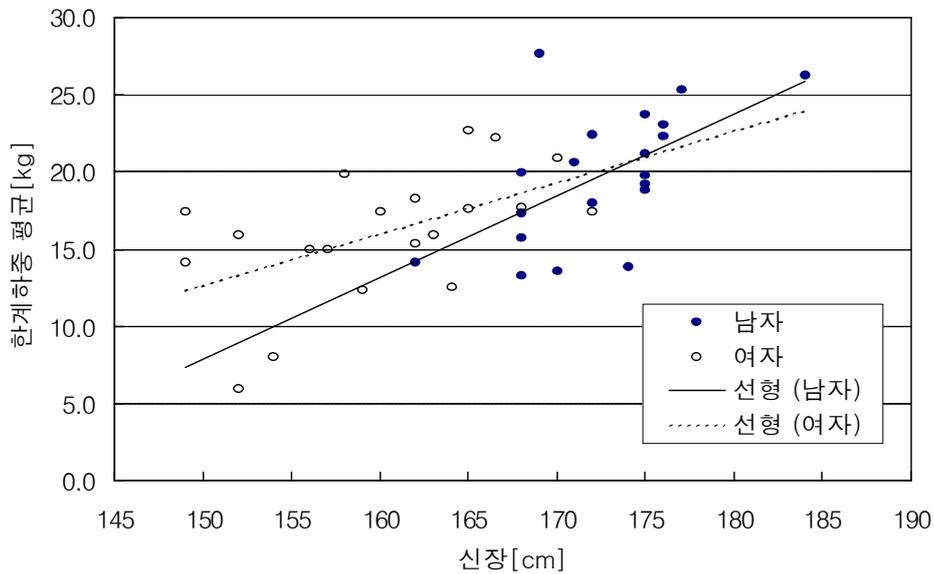


[그림 22] 신장에 따른 들어올리기 0도 한계하중평균 변화추이

나) 밀기

신장변화에 따른 밀기 자세의 한계하중 측정결과 밀기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 45도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자, 여자 모두 신장이 커짐에 따라 밀기 한계하중 평균도 증가하는 것으로 나타났는데 남자의 경우가 여자의 경우보다 신장이 클수록 한계하중평균이 더 많이 커짐을 알 수 있다.

신장에 따른 밀기 45도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 23]과 같다.



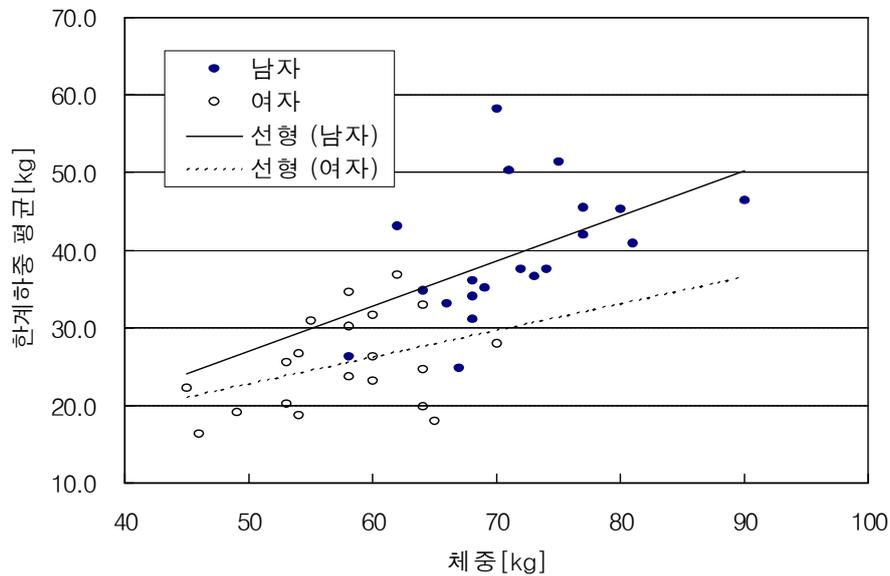
[그림 23] 신장에 따른 밀기 45도 한계하중평균 변화추이

6) 체중에 따른 한계하중평균 변화추이

가) 들어올리기

체중변화에 따른 들어올리기 자세의 한계하중 측정결과 들어올리기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 0도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자, 여자 모두 체중이 증가함에 따라 들어올리기 한계하중 평균도 증가하는 것으로 나타났는데 남자의 경우가 여자의 경우보다 체중이 증가할수록 한계하중평균이 조금 더 증가함을 알 수 있다.

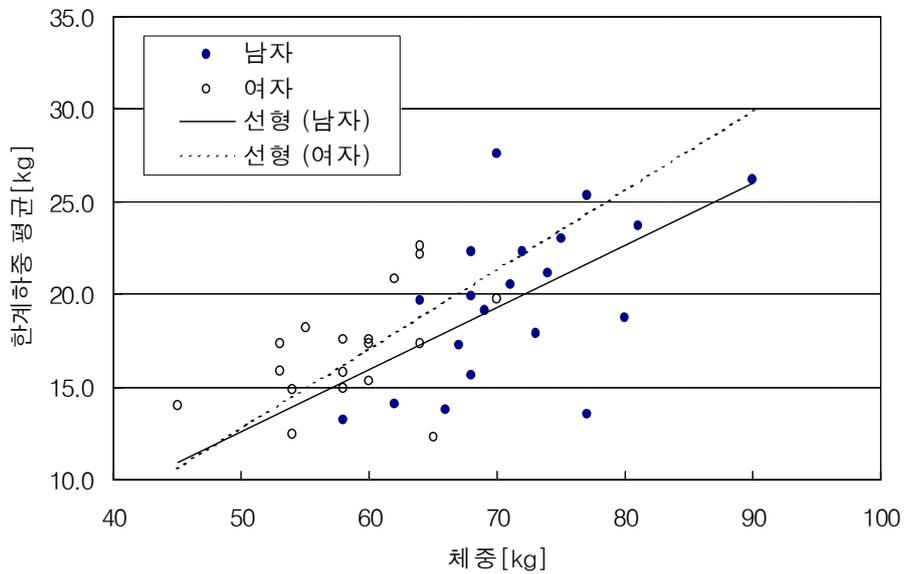
체중에 따른 들어올리기 0도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 25]와 같다.



나) 밀기

체중변화에 따른 밀기 자세의 한계하중 측정결과 밀기 작업의 이상적인 안전한 작업자세인 45도를 기준으로 할 때 한계하중 평균이 남자, 여자 모두 체중이 증가함에 따라 밀기 한계하중 평균도 증가하는 것으로 나타났는데 여자의 경우가 남자의 경우보다 체중이 증가할수록 한계하중평균이 더 많이 증가함을 알 수 있다.

체중에 따른 밀기 45도의 한계하중평균 변화추이는 다음 [그림 26]과 같다.



[그림 26] 체중에 따른 밀기 45도 한계하중평균 변화추이

7) 연령별, 작업자세별 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값

가) 들어올리기

들어올리기 0도의 경우에서 남자의 한계하중 최대평균값은 48.4kg, 평균값은 39.5kg, 최소평균값은 30.0kg이며 평균편차는 18.4kg이다. 또한 남자 피평가자 전체 중 한계하중 최대값은 58.2kg, 최소값은 24.7kg이며 편차는 33.5kg이다.

여자의 한계하중 최대평균값은 33.6kg, 평균값은 25.4kg, 최소평균값은 18.2kg이며 평균편차는 15.4kg이다. 또한 여자 피평가자 전체 중 한계하중 최대값은 36.8kg, 최소값은 16.2kg이며 편차는 20.6kg이다.

들어올리기의 안전한 작업자세인 0도의 연령별 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값은 다음 <표 26>과 같다.

<표 26> 연령별 들어올리기 0도 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값

(단위 : kg)

구 분	남 자				여 자			
	최대값	평균값	최소값	편 차	최대값	평균값	최소값	편 차
총 평 균	32.4							
평 균	48.4	39.5	30.0	18.4	33.6	25.4	18.2	15.4
18세-20세	51.3	40.3	34.6	16.7	36.8	25.5	16.2	20.6
21세-35세	58.2	44.1	33.0	25.2	33.0	26.7	20.1	12.9
36세-50세	50.2	39.5	26.2	24.0	34.5	24.7	18.7	15.8
51세-65세	43.1	33.9	24.7	18.4	30.1	24.8	17.9	12.2

나) 밀기

밀기 45도의 경우에서 남자의 한계하중 최대평균값은 24.7kg, 평균값은 19.8kg, 최소평균값은 14.1kg이며 평균편차는 10.6kg이다. 또한 남자 피평가자 전체중 한계하중 최대값은 27.6kg, 최소값은 13.3kg이며 편차는 14.3kg이다.

여자의 한계하중 최대평균값은 20.5kg, 평균값은 16.0kg, 최소평균값은 11.5kg이며 평균편차는 9.0kg이다. 또한 여자 피 평가자 전체 중 한계하중 최대값은 22.7kg, 최소값은 5.9kg이며 편차는 16.8kg이다.

밀기의 안전한 작업자세인 45도의 연령별 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값은 다음 <표 27>과 같다.

<표 27> 연령별 밀기 45도 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값

(단위 : kg)

구 분	남 자				여 자			
	최대값	평균값	최소값	편 차	최대값	평균값	최소값	편 차
총 평 균	17.9							
평 균	24.7	19.8	14.1	10.6	20.5	16.0	11.5	9.0
18세-20세	25.3	21.2	15.7	9.6	22.2	15.0	5.9	16.3
21세-35세	27.6	20.5	13.5	14.1	17.6	16.7	15.4	2.2
36세-50세	23.7	19.1	13.3	10.4	22.7	16.7	12.5	10.2
51세-65세	22.4	18.3	14.1	8.3	19.8	15.7	12.3	7.5

다) 당기기

당기기 45도의 경우에서 남자의 한계하중 최대평균값은 27.2kg, 평균값은 21.6kg, 최소평균값은 17.1kg이며 평균편차는 10.1kg이다. 또한 남자 피평가자 전체중 한계하중 최대값은 31.1kg, 최소값은 13.4kg이며 편차는 17.7kg이다.

여자의 한계하중 최대평균값은 22.2kg, 평균값은 19.2kg, 최소평균값은 14.9kg이며 평균편차는 7.3kg이다. 또한 여자 피평가자 전체 중 한계하중 최대값은 24.4kg, 최소값은 8.1kg이며 편차는 16.3kg이다.

당기기의 안전한 작업자세인 45도의 연령별 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값은 다음 <표 28>과 같다.

<표 28> 연령별 당기기 45도 한계하중 최대값, 평균값 및 최소값

(단위 : kg)

구 분	남 자				여 자			
	최대값	평균값	최소값	편 차	최대값	평균값	최소값	편 차
총 평 균	20.4							
평 균	27.2	21.6	17.1	10.1	22.2	19.2	14.9	7.3
18세-20세	31.1	24.6	20.1	11.0	24.4	17.7	8.1	16.3
21세-35세	29.7	25.0	20.9	8.8	21.6	20.0	17.1	4.5
36세-50세	22.8	17.4	13.4	9.4	21.7	19.0	17.1	4.6
51세-65세	25.3	19.3	14.1	11.2	21.4	19.9	17.3	4.1

3. 인력운반 안전한계하중

인력운반 한계하중에 대한 측정결과와 분석을 통해 들어올리기, 밀기 및 당기기 작업등 운반작업 종류별 인력운반 안전한계하중 설정을

위한 기준을 측정장비 제조사인 BTE사의 권장기준인 한계하중측정치의 60%를 적용하여 다음 <표 29>와 같은 인력운반 안전한계하중 측정결과를 도출하였다.

<표 29> 인력운반 안전한계하중 측정결과 (남 자)

(단위 : kg, %)

번호	성별	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	Lf 0			Lf 45			Lf 90			Ps 0			Ps 45			Pl 0			Pl 45		
					Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv
1	남	18	175	64	21.2	20.8	2.7	23.1	22.7	3.8	26.0	25.6	11.2	12.7	10.6	2.4	13.7	11.8	1.9	13.7	11.0	2.2	14.3	12.4	3.8
2	남	18	168	68	22.7	21.7	5.5	25.4	24.3	1.1	25.9	25.6	68.0	10.0	8.5	2.2	11.7	9.4	0.9	12.5	10.7	4.7	13.0	12.1	3.0
3	남	18	176	72	23.7	22.5	2.6	28.0	27.2	1.4	28.8	27.7	2.7	10.6	8.5	7.6	15.2	13.4	3.6	15.4	12.4	43.0	18.9	15.4	4.0
4	남	20	177	77	26.5	25.1	7.8	29.6	28.6	1.8	30.0	29.4	6.5	10.8	9.8	0.8	17.0	15.2	2.7	13.6	11.7	2.8	17.4	15.4	4.3
5	남	19	176	75	32.0	30.8	1.4	36.1	35.9	2.9	37.5	36.6	1.8	11.2	9.4	4.9	14.5	13.8	5.1	15.6	13.8	4.7	20.1	18.7	2.5
평균 (18세-20세 남 자)		18.6	174.4	71.2	25.2	24.2	4.0	28.4	27.7	2.2	29.7	29.0	18.0	11.1	9.3	3.6	14.4	12.7	2.8	14.2	11.9	11.5	16.7	14.8	3.5
6	남	32	174	66	20.8	19.8	13.9	26.3	25.4	1.8	27.3	25.8	1.2	7.5	8.6	3.2	10.2	8.3	0.9	10.9	9.4	9.1	16.8	14.8	4.6
7	남	29	175	74	23.6	22.5	8.4	40.9	37.5	4.7	29.1	28.6	1.3	9.7	8.7	3.2	13.9	12.7	2.6	11.0	9.8	1.4	17.2	14.7	1.6
8	남	33	170	77	27.8	27.3	4.2	28.3	27.8	3.3	22.9	22.4	6.0	8.3	6.8	4.2	10.7	8.1	6.5	10.9	9.0	1.6	14.0	12.5	3.4
9	남	27	184	90	28.9	27.8	5.7	35.4	33.9	1.1	33.8	32.3	6.7	11.8	10.4	6.9	17.7	15.7	2.6	13.7	10.8	2.9	17.1	15.2	3.7
10	남	30	169	70	35.9	34.9	6.0	41.8	40.9	5.1	39.9	38.8	7.4	13.3	11.5	1.0	18.8	16.6	1.5	13.9	11.9	1.5	19.4	17.8	2.1
평균 (21세-35세 남 자)		30.2	174.4	75.4	27.4	26.5	7.6	34.5	33.1	3.2	30.6	29.6	4.5	10.1	9.2	3.7	14.3	12.3	2.8	12.1	10.2	3.3	16.9	15.0	3.1
11	남	46	168	58	16.7	15.7	8.3	22.2	19.7	6.7	18.1	17.0	9.6	7.5	6.1	5.1	9.0	8.0	4.1	11.0	6.7	3.9	10.2	8.1	5.4
12	남	45	175	69	21.6	21.0	5.7	23.6	23.0	3.9	17.3	16.6	3.9	7.1	5.1	6.4	13.5	11.5	5.2	8.7	7.8	1.2	10.1	9.4	6.7
13	남	45	175	81	26.2	24.4	13.3	29.7	28.7	1.5	27.2	25.9	9.1	13.6	11.7	1.4	17.0	14.2	1.1	10.9	9.3	8.6	12.0	10.2	6.0
14	남	43	175	80	27.7	27.2	1.2	28.8	28.4	7.2	23.0	22.6	8.3	8.0	6.4	5.8	13.5	11.3	6.1	10.9	9.8	2.4	13.2	10.8	5.3
15	남	41	171	71	31.8	30.1	10.8	35.3	34.3	4.2	32.9	32.3	2.6	10.7	8.0	1.4	14.6	12.3	0.9	13.1	11.2	1.7	16.4	13.7	0.7
평균 (36세-50세 남 자)		44.0	172.8	71.8	24.8	23.7	7.9	27.9	26.8	4.7	23.7	22.9	6.7	9.4	7.5	4.0	13.6	11.5	3.5	10.9	9.0	3.6	12.4	10.4	4.8
16	남	55	168	67	15.2	14.8	2.4	11.8	11.7	1.3	12.1	11.6	4.0	6.0	5.5	3.7	10.7	10.4	3.7	6.7	6.5	4.2	11.1	10.7	4.1
17	남	54	172	68	19.7	18.7	4.8	25.3	22.8	1.7	27.4	23.8	6.3	10.2	8.3	5.2	15.8	13.4	3.4	11.7	8.2	1.0	12.8	9.7	4.4
18	남	56	168	68	21.6	20.4	9.0	30.9	29.8	9.0	26.9	24.7	8.9	7.5	6.8	3.2	14.5	12.0	1.2	16.4	10.8	3.7	17.9	15.2	1.7
19	남	51	172	73	22.6	21.9	10.4	25.7	25.3	2.0	24.9	24.0	3.0	8.4	7.6	4.0	12.2	10.8	10.0	9.2	8.2	3.2	8.9	8.5	3.1
20	남	64	162	62	27.5	25.9	5.1	26.9	25.7	4.2	31.3	30.1	10.3	7.8	6.4	4.8	10.1	8.5	5.9	11.9	9.8	4.9	17.4	13.7	9.2
평균 (51세-65세 남 자)		56.0	168.4	67.6	21.3	20.3	6.3	24.1	23.0	3.6	24.5	22.9	6.5	8.0	6.9	4.2	12.7	11.0	4.8	11.2	8.7	3.4	13.6	11.6	4.5
남자 평균		37.2	172.5	71.5	24.7	23.7	6.5	28.8	27.7	3.4	27.1	26.1	8.9	9.6	8.2	3.9	13.7	11.9	3.5	12.1	9.9	5.4	14.9	12.9	4.0

<표 29> 인력운반 안전한계하중 측정결과 (여 자)

(단위 : kg, %)

번호	성별	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	Lf 0			Lf 45			Lf 90			Ps 0			Ps 45			Pl 0			Pl 45		
					Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv	Mx	Av	Cv
21	여	20	154	46	100	9.7	1.1	10.9	10.7	3.7	10.3	10.1	5.4	4.2	3.4	2.3	6.1	4.8	5.2	5.8	4.9	4.4	8.8	7.3	10.9
22	여	20	152	49	122	11.4	5.7	12.7	12.2	11.2	14.6	12.1	2.5	3.2	2.5	9.9	4.0	3.5	8.9	5.5	4.5	2.2	5.6	4.9	7.7
23	여	20	166.5	64	15.6	14.8	11.1	26.2	23.9	4.3	19.9	19.3	3.3	10.9	9.2	1.6	15.1	13.3	5.4	12.9	11.0	2.2	17.4	14.6	6.1
24	여	20	162	55	21.0	18.5	4.1	23.0	22.3	7.1	25.9	24.2	6.1	9.6	6.9	8.1	13.8	10.9	8.1	14.6	10.1	5.5	18.0	13.5	4.2
25	여	20	170	62	23.2	22.1	2.9	26.8	25.0	2.2	28.5	26.1	4.6	11.5	10.3	3.3	13.1	12.5	4.2	12.8	11.0	8.0	13.8	12.8	2.5
평균 (18세-20세 여자)		20.0	160.9	55.2	16.4	15.3	5.0	19.9	18.8	5.7	19.8	18.3	4.4	7.9	6.5	5.0	10.4	9.0	6.4	10.3	8.3	4.5	12.7	10.6	6.3
26	여	28	163	53	13.2	12.1	8.0	12.8	11.9	5.0	14.1	13.4	3.7	9.8	7.7	3.2	11.6	9.5	1.1	12.6	8.7	1.5	12.8	10.3	5.6
27	여	21	168	60	14.5	13.9	6.3	19.1	18.8	6.4	21.6	21.1	4.9	8.1	7.3	5.0	11.9	10.6	1.9	11.2	9.9	7.4	12.9	11.5	5.2
28	여	32	160	53	15.5	15.3	4.7	17.9	17.4	5.5	18.6	18.4	6.7	7.6	7.4	1.1	11.4	10.4	3.2	12.2	10.5	6.3	14.7	12.8	7.0
29	여	34	162	60	19.8	18.9	1.7	19.3	18.5	5.5	19.0	18.0	7.6	8.7	7.3	6.1	10.2	9.2	5.7	17.9	12.1	2.4	19.2	13.0	2.6
30	여	28	172	64	20.5	19.8	9.7	20.6	19.7	2.8	19.3	19.1	7.5	8.5	8.0	3.5	11.6	10.4	6.3	11.9	10.3	4.9	13.8	12.4	4.6
평균 (21세-35세 여자)		28.6	165.0	58.0	16.7	16.0	6.1	17.9	17.3	5.0	18.5	18.0	6.1	8.6	7.6	3.8	11.3	10.0	3.6	13.2	10.3	4.5	14.7	12.0	5.0
31	여	36	164	54	11.4	11.2	10.1	17.0	16.8	5.2	16.1	15.8	8.0	6.8	6.5	5.9	8.1	7.5	3.2	8.6	7.8	4.5	10.6	10.2	2.6
32	여	40	165	64	12.3	11.9	3.6	14.4	13.3	4.0	14.6	14.5	3.6	10.6	9.8	7.7	14.4	13.6	2.2	10.4	9.4	1.7	13.6	13.0	1.9
33	여	36	165	58	15.0	14.2	3.8	17.8	17.5	1.5	18.0	17.6	4.0	8.7	8.0	4.3	11.0	10.6	3.2	7.8	7.3	5.2	11.1	10.4	0.2
34	여	41	157	54	16.4	15.9	2.6	17.4	16.5	9.3	16.2	15.7	1.6	7.1	6.7	6.1	9.7	9.0	8.1	9.0	8.0	6.5	11.6	10.5	0.2
35	여	50	152	58	23.6	20.7	9.3	22.0	20.8	4.8	21.8	20.9	4.6	8.8	7.4	6.5	11.0	9.5	0.9	12.5	10.5	5.7	14.2	13.0	7.1
평균 (36세-50세 여자)		40.6	160.6	57.6	15.8	14.8	5.9	17.7	17.0	5.0	17.4	16.9	4.4	8.4	7.7	6.1	10.8	10.0	3.5	9.7	8.6	4.7	12.2	11.4	2.4
36	여	58	159	65	11.9	10.7	0.9	10.7	9.6	9.1	11.8	10.4	7.3	8.8	8.0	5.9	8.0	7.4	1.2	9.7	8.3	10.4	11.4	10.4	8.3
37	여	61	149	45	14.5	13.3	6.4	15.3	14.3	8.7	13.9	13.0	7.4	6.1	5.1	2.1	10.2	8.4	2.2	8.3	7.3	5.7	11.2	11.0	2.1
38	여	55	149	60	17.8	15.7	9.5	16.8	15.2	8.7	18.5	17.1	8.7	9.1	7.6	3.3	11.5	10.4	1.2	11.4	8.5	0.9	13.9	12.8	4.0
39	여	58	158	70	18.1	16.7	2.1	26.4	25.2	10.1	28.7	26.9	3.9	9.2	8.4	6.2	12.7	11.9	6.9	9.2	8.3	11.8	14.1	12.8	10.6
40	여	53	156	58	18.8	18.1	3.0	18.0	17.6	5.1	16.8	16.7	2.6	7.0	6.3	10.9	10.5	9.0	5.2	13.4	10.7	7.0	15.3	12.8	3.6
평균 (51세-65세 여자)		57.0	154.2	59.6	16.2	14.9	4.4	17.4	16.4	8.3	17.9	16.8	6.0	8.1	7.1	5.7	10.6	9.4	3.3	10.4	8.6	7.2	13.2	12.0	5.7
여자 평균		36.6	160.2	57.6	16.3	15.2	5.3	18.3	17.4	6.0	18.4	17.5	5.2	8.2	7.2	5.2	10.8	9.6	4.2	10.9	8.9	5.2	13.2	11.5	4.9
총 평균		36.9	166.3	64.6	34.1	32.4	5.9	39.2	37.5	4.7	37.9	36.3	7.1	14.9	12.9	4.5	20.4	17.9	3.9	19.1	15.7	5.3	23.4	20.4	4.4

가. 들어올리기

들어올리기 0도의 일시작업에서 남자의 안전한계하중은 23.7kg이며 연령별로는 18세이상 20세이하 24.2kg, 21세이상 35세이하 26.5kg, 36세이상 50세이하 23.7kg, 51세이상 65세이하가 20.3kg이다. 이 결과는 들어올리기 한계하중 측정결과 한계하중 평균값을 기준으로 남자 피 평가자 모두에게 적용가능하다. 또한 여자의 안전한계하중은 15.2kg이며 연령별로는 18세이상 20세이하 15.3kg, 21세이상 35세이하 16.0kg, 36세이상 50세이하 14.8kg, 51세이상 65세이하가 14.9kg이다. 이 결과 역시 들어올리기 한계하중 측정결과 한계하중 평균값을 기준으로 여자 피 평가자 모두에게 적용 가능하다. 들어올리기 반복작업의 안전한계하중은 일시작업 안전한계하중의 50%를 적용하였다. 들어올리기 일시작업 및 반복작업에 대한 성별, 연령별 안전한계하중은 다음 <표 30>과 같다.

<표 30> 연령별 들어올리기 일시작업 및 반복작업 안전한계하중

(단위 : kg)

구 분	남 자		여 자	
	일시작업	반복작업	일시작업	반복작업
안전한계하중	23.7	11.8	15.2	7.6
18세 ~ 20세	24.2	12.1	15.3	7.6
21세 ~ 35세	26.5	13.2	16.0	8.0
36세 ~ 50세	23.7	11.8	14.8	7.4
51세 ~ 65세	20.3	10.1	14.9	7.4

※ 일시작업 : 하루에 24회 이하 들어올리기 작업

※ 반복작업 : 하루에 25회 이상 들어올리기 작업

나. 밀기

밀기작업 45도에서 하중의 지지시 남자의 안전한계하중은 11.9kg이며 연령별로는 18세이상 20세이하 12.7kg, 21세이상 35세이하 12.3kg, 36세이상 50세이하 11.5kg, 51세이상 65세이하가 11.0kg이다. 이 결과는 밀기 한계하중 측정결과 한계하중 평균값을 기준으로 남자 피 평가자 모두에게 적용가능하다. 또한 여자의 안전한계하중은 9.6kg이며 연령별로는 18세이상 20세이하 9.0kg, 21세이상 35세이하 10.0kg, 36세이상 50세이하 10.0kg, 51세이상 65세이하가 9.4kg이다. 이 결과 역시 밀기 한계하중 측정결과 한계하중 평균값을 기준으로 여자 피 평가자 모두에게 적용 가능하다. 이상의 결과는 밀기 하중지지작업시의 안전한계하중을 측정한 결과로 하중의 운반작업시에는 하중의 지지작업시의 안전한계하중보다 2배를 적용하였다. 밀기작업에 대한 하중의 지지작업시와 하중의 운반작업시에 대한 성별, 연령별 안전한계하중은 다음 <표 31>과 같다.

<표 31> 연령별 밀기 하중지지작업 및 하중운반작업 안전한계하중
(단위:kg)

구 분	남 자		여 자	
	하중지지작업	하중운반작업	하중지지작업	하중운반작업
안전한계하중	11.9	23.6	9.6	19.2
18세 ~ 20세	12.7	25.4	9.0	18.0
21세 ~ 35세	12.3	24.6	10.0	20.0
36세 ~ 50세	11.5	23.0	10.0	20.0
51세 ~ 65세	11.0	22.0	9.4	18.8

※ 하중지지작업 : 바로 선상태의 손높이와 어깨높이 사이에서 손으로 하중을 밀며 지지하는 작업

※ 하중운반작업 : 바로 선상태의 손높이와 어깨높이 사이에서 손으로 하중을 굴리거나 바퀴달린 대차 등을 이용하여 미는 작업

다. 당기기

당기기작업 45도에서 하중의 지지시 남자의 안전한계하중은 12.9kg이며 연령별로는 18세이상 20세이하 14.8kg, 21세이상 35세이하 15.0kg, 36세이상 50세이하 10.4kg, 51세이상 65세이하가 11.6kg이다. 이 결과는 당기기 한계하중 측정결과 한계하중 평균값을 기준으로 남자 피 평가자 모두에게 적용가능하다. 또한 여자의 안전한계하중은 11.5kg이며 연령별로는 18세이상 20세이하 10.6kg, 21세이상 35세이하 12.0kg, 36세이상 50세이하 11.4kg, 51세이상 65세이하가 12.0kg이다. 이 결과 역시 당기기 한계하중 측정결과 한계하중 평균값을 기준으로 여자 피 평가자 모두에게 적용 가능하다. 이상의 결과는 당기기 하중 지지작업시의 안전한계하중을 측정한 결과로 하중의 운반작업시에는 하중의 지지작업시의 안전한계하중보다 2배를 적용하였다. 당기기 작업에 대한 하중의 지지작업시와 하중의 운반작업시에 대한 성별, 연령별 안전한계하중은 다음 <표 32>와 같다.

<표 32> 연령별 당기기 하중지지작업 및 하중운반작업 안전한계하중

(단위:kg)

구 분	남 자		여 자	
	하중지지작업	하중운반작업	하중지지작업	하중운반작업
안전한계하중	12.9	25.8	11.5	23.0
18세 ~ 20세	14.8	29.6	10.6	21.2
21세 ~ 35세	15.0	30.0	12.0	24.0
36세 ~ 50세	10.4	20.8	11.4	22.8
51세 ~ 65세	11.6	23.2	12.0	24.0

※ 하중지지작업 : 바로 선상태의 손높이와 어깨높이 사이에서 손으로 하중을 당기며 지지하는 작업

※ 하중운반작업 : 바로 선상태의 손높이와 어깨높이 사이에서 손으로 하중을 굴리거나 바퀴달린 대차 등을 이용하여 당기는 작업

4. 국내외 기준과의 비교

측정결과 위에서 제시한 인력운반 안전한계하중과 국내외에서 규정하고 있는 기준을 상호 비교한 결과 그 내용은 다음과 같다.

가. 국내 기준과의 비교

1) 들어올리기

산업안전보건법에서는 인력운반 안전한계하중에 대하여 특별히 제한하는 규정은 없다. 그러나 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침 KOSHA CODE에서는 인력운반 안전한계하중에 대하여 남자 근로자의 경우에는 체중의 40%, 여자근로자의 경우에는 체중의 24%로 규정하고 있다.

들어올리기 안전한계하중과 체중에 따른 제한기준을 연령대별 안전한계하중과 비교한 결과 남자의 경우에는 피 평가자 20명중 두명을 제외한 18명(90%)이 안전한계하중을 초과하였다. 안전한계하중 기준보다 5kg을 초과한 피 평가자가 9명(45%)이나 되었고 최고 초과하중은 9.5kg이었다. 여자의 경우에는 피 평가자 20명중 3명(15%)이 안전한계하중 기준을 초과하였으며 최고 초과하중은 1.9kg이었다.

또 다른 KOSHA CODE인 인력운반 안전작업에 관한 지침에서 정하고 있는 인력운반 중량 권장기준의 남자, 여자 모두가 안전한계하중 기준을 초과하였다.

들어올리기 안전한계하중과 체중과의 비교 결과는 다음 <표 33>과 같다.

<표 33> 들어올리기 안전한계하중과 체중과의 비교

(단위 : kg)

구 분	남 자				여 자			
	체 중	체중의 40%	안전 하중	편 차	체 중	체중의 24%	안전 하중	편 차
안전한계하중	23.7				15.2			
18세 - 20세	64	25.6	24.2	+1.4	46	11.0	15.3	-4.3
	68	27.2		+3.0	49	11.7		-3.6
	72	28.8		+4.6	55	13.2		-2.1
	75	30.0		+5.8	62	14.8		-0.5
	77	30.8		+6.6	64	15.3		0
21세 - 35세	66	26.4	26.5	-0.1	53	12.7	16.0	-3.3
	70	28.0		+1.5	53	12.7		-3.3
	74	29.6		+3.1	60	14.4		-1.6
	77	30.8		+4.3	60	14.4		-1.6
	90	36.0		+9.5	64	15.3		-0.7
36세 - 50세	58	23.2	23.7	-0.5	54	12.9	14.8	-1.9
	69	27.6		+3.9	54	12.9		-1.9
	71	28.4		+4.7	58	13.9		-0.9
	80	32.0		+8.3	58	13.9		-0.9
	81	32.4		+8.7	64	15.3		+0.5
51세 - 65세	62	24.8	20.3	+4.5	45	10.8	14.9	-4.1
	67	26.8		+6.5	58	13.9		-1.0
	68	27.2		+6.9	60	14.4		-0.5
	68	27.2		+6.9	65	15.6		+0.7
	73	29.2		+8.9	70	16.8		+1.9

2) 밀기

인력운반 밀기작업과 관련된 안전한계하중기준은 산업안전보건법 및 KOSHA CODE 등에서 특별히 정하는 기준이 없어 비교할수 없다.

3) 당기기

인력운반 당기기 작업과 관련된 안전한계하중기준은 산업안전보건법 및 KOSHA CODE등에서 특별히 정하는 기준이 없어 비교할 수 없다.

나. 국외 기준과의 비교

1) 들어올리기

영국 HSE에서 정하고 있는 들어올리기 작업의 최대 안전한계하중은 남자의 경우 25kg, 여자의 경우 16kg으로 규정하고 있는데 이는 본 연구에서 제시한 안전한계하중 기준인 남자 23.7kg, 여자 15.2kg과 비슷하다. 영국의 들어올리기 작업 안전한계하중이 본 연구에서 측정된 결과보다 남자의 경우 1.3kg, 여자의 경우 0.8kg 높음을 알수 있다. ILO와 미국에서 정하고 있는 중량물 취급 권고기준은 서로 유사한데 ILO에서 정하는 안전한계하중 기준과 본 연구에서 제시한 안전한계하중 기준을 비교해 보면 18세이상 50세이하에서는 1.4kg부터 3.1kg의 편차를 보여 서로 비슷함을 알수 있으나 51세이상 65세이하에서는 남자의 경우 6.7kg, 여자의 경우 5.1kg의 편차를 나타내는데 이는 ILO의 안전하중 권고기준의 분류가 50세이상으로 상위의 나이제한이 없고 본 연구에서는 65세까지로 제한한 것이 그 이유 중의 하나일 것이다.

다음 <표 34>는 ILO 권장기준과 본 연구에서 측정된 결과의 안전한계하중 기준에 대한 비교이다.

<표 34> ILO 권장기준과 측정결과 안전한계하중 기준 비교

(단위 : kg)

구 분	남 자			여 자		
	ILO	연구결과	편 차	ILO	연구결과	편 차
안전한계하중	-	23.7	-	-	15.2	-
18세 - 20세	22.6	24.2	1.6	13.7	15.3	1.6
21세 - 35세	24.5	26.5	2.0	14.6	16.0	1.4
36세 - 50세	20.6	23.7	3.1	12.7	14.8	2.1
51세 - 65세	13.6	20.3	6.7	9.8	14.9	5.1

2) 밀기

영국 HSE에서 정하고 있는 밀기 작업의 최대 안전한계하중은 남자의 경우 하중의 운반시 20kg, 하중의 지지시 10kg이고 여자의 경우 하중의 운반시 15kg, 하중의 지지시 7kg으로 규정하고 있는데 이는 본 연구에서 제시한 안전한계하중 기준인 남자의 경우 하중의 운반시 23.6kg, 하중의 지지시 11.9kg, 여자의 경우 하중의 운반시 19.2kg, 하중의 지지시 9.6kg보다 다소 낮게 규정하고 있다.

3) 당기기

영국 HSE에서 정하고 있는 당기기 작업의 최대 안전한계하중은 남자의 경우와 여자의 경우 모두 밀기 안전한계하중기준과 동일하지만 본 연구에서는 남자의 경우 하중의 운반시 25.8kg, 하중의 지지시 12.9kg이고 여자의 경우 하중의 운반시 23.0kg, 하중의 지지시 11.5kg으로 영국의 기준보다 다소 높게 나타나고 있다.

IV. 인력운반 안전작업 모델

1. 개 요

가. 인력운반 안전작업자세

1) 들어올리기

운반작업의 안전화를 위해서는 무엇보다도 인력운반 작업을 제거하여 공정의 자동화를 기하는 것이 우선적으로 고려되어야 한다. 그러나 불가피하게 인력운반작업을 수행해야 할 필요가 있는 경우에는 운반하중의 감소나 작업자의 팔이나 허리에 무리한 힘이 가해지지 않도록 취급방법을 개선하여야 한다.

인력운반 작업에서의 불안정한 자세는 요통 등 근골격계 질환의 발생요인이 되므로 인력운반에 있어 안전한 작업자세는 매우 중요한 요소이다. 일반적으로 들어올리기 작업을 할 경우에는 안전하중을 서서히 취급하는 작업계획을 수립하여야 하며 운반하중을 들어올리는 방법도 두손을 사용하여 정확히 몸의 앞쪽에서 신체 가까이 들어올려야 하며 들어올리기 작업을 수행하는 동안 몸을 비틀거나 과도하게 굽히는 불안정한 자세나 행동을 하지 말아야 한다.

안전하고 올바른 들어올리기 작업자세는 어깨와 등을 펴고 무릎을 굽힌 다음 가능한 운반하중을 몸에 가깝게 잡아당겨 들어올리는 작업자세를 취하는 것이 바람직하다.

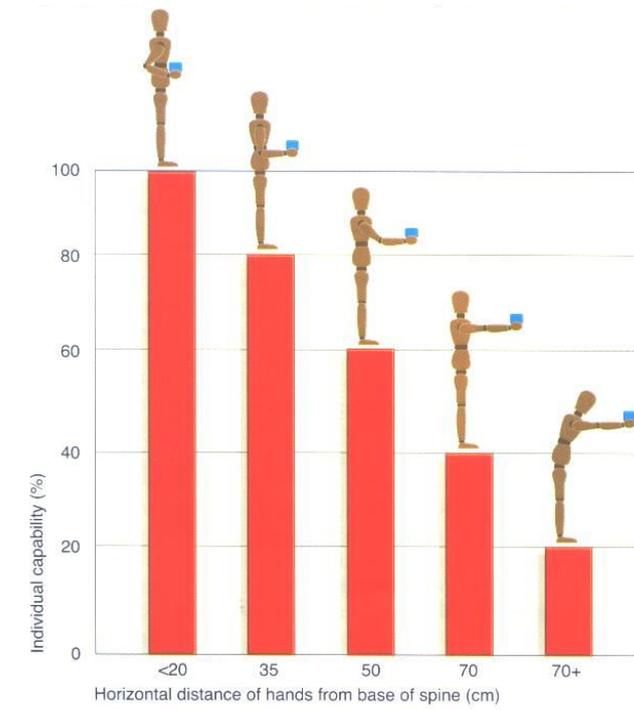
운반하중을 들어올리는 안전한 작업순서는 다음과 같다.

- ① 두 발을 작업하기 편하고 몸의 균형을 유지할 수 있도록 한다.
- ② 무릎을 약간 구부린다.
- ③ 앞발은 꼬이지 않도록 나아갈 방향을 향해 놓는다.
- ④ 들어올릴 운반하중을 확실히 잡고 팔을 가급적 짧게 유지한다.
- ⑤ 등은 꼳꼳하게 유지한다.
- ⑥ 서서히 물건을 들어올린다.

중량물을 들어올릴 때 취급 물체와 작업자 사이의 간격에 따라 허리에 부과되는 하중 부하의 크기는 작업자의 허리에 물체를 밀착시켜 들고 있을 때 보다 팔을 앞으로 곧게 편 상태에서 물체를 들고 있을 시 상대적으로 약 5배의 부하가 작업자의 허리에 가해지며 작업지속시간, 휴식시간의 적절한 안배 등에 따라 근로자에게 가해지는 허리부하 및 근력피로는 상당한 차이를 나타낼 수 있다.

따라서 가급적이면 중량물과 신체 사이의 거리를 짧게 유지해야 한다. 신체로부터 중량물의 수평거리가 20cm 이하일 경우에는 작업자와 작업수행능력을 100% 발휘할 수 있지만 35cm인 경우에는 80%, 50cm인 경우에는 60%, 70cm인 경우에는 40%, 70cm를 초과하는 경우에는 20%의 작업 수행능력을 발휘하게 된다.

아래 [그림 28]은 중량물과 신체와의 거리에 따른 부하율을 나타낸 것이다.



[그림 28] 중량물과 신체와의 거리에 따른 부하율

2) 밀기와 당기기

밀기와 당기기의 안전한 작업자세는 바로선 상태에서의 손의 높이와 어깨높이 사이에서 밀기와 당기기 작업을 수행해야 하는데 일반적으로 힘을 가하는 손의 높이는 바닥면 으로부터 0.9m에서 1.5m 사이의 높이가 적당하다. 편안한 상태에서 밀기와 당기기 작

업을 수행하고 잡는 높이를 조절할 수 있도록 한 상태에서 작업이 수행되어야 한다.

일반적으로 밀기와 당기기중 끌기보다는 밀어서 작업을 수행해야 안전하고 작업시 전방시야의 확보는 물론 방향회전이나 정지를 조절할 수 있어야 한다.

경사면에서의 밀기와 당기기 작업을 수행할 경우에는 평탄한 면에서의 작업보다 더 많은 힘이 필요하므로 작업계획을 보다 충실히 수립하여야 한다. 또한 밀기와 당기기 작업을 쉽게 하기 위해서 작업자는 운반물로부터 적당한 거리를 두고 떨어져서 작업을 해야 하며 이동속도는 걷는 속도보다 빨라서는 안된다.

나. 인력운반작업에 대한 평가

인력운반작업의 안전한 수행을 위해서는 작업내용, 취급물체, 작업환경 및 작업자 등에 대한 평가를 실시하여야 한다.

1) 작업내용

중량물 취급시 물체와 근로자가 충분히 밀착하여 작업을 하고 있으며 작업자세상의 문제점은 없고 몸의 뒤틀림, 허리의 깊이, 무리한 신체 신장 작업등을 하지 않는가 등 작업내용에 대하여 평가하여야 한다.

중량물 취급상의 문제점을 파악하기 위해 중량물을 올려놓거나 내리는 장소의 높이를 확인하고 운반거리가 너무 멀지는 않는가 등도

과악하여야 한다. 또한 중량물을 밀거나 당길 때 무리한 행동이 없으며 중량물 취급상의 문제점을 파악하기 위해 중량물을 올려놓거나 내리는 장소의 높이를 확인하고 운반거리가 너무 멀지는 않은가 등도 파악하여야 한다.

또한 중량물을 밀거나 당길 때 무리한 행동이 없으며 중량물 취급상에 신체상해 등의 위험성은 없고 육체 근로가 장기간에 걸쳐 이루어지거나 빈도수가 많지는 않은가도 조사하여야 한다.

휴식시간도 충분히 부여하고 작업공정이 업무의 과부하를 초래하지 않도록 조치하여야 한다.

2) 취급물체

취급물체의 무게, 부피, 잡기상태 및 내용물이 흔들리거나 불안정하지 않은가 등에 대해서도 파악하고 뜨겁거나 날카로워 취급중 상해위험성이 없는지도 확인하여야 한다.

3) 작업환경

작업공간이 협소하여 무리한 작업자세가 발생되지 않도록 하며 바닥이 미끄럽거나 불안정하지 않고 작업장 바닥에 요철부분이 없도록 조치하여야 한다. 또한 작업장의 온·습도, 환기 시설상의 문제점, 강한 외풍여부 및 작업장 조도 등 작업환경에 대한 세심한 배려가 필요하다.

4) 작업자

작업을 수행함에 있어 근로자의 키나 근력 등의 신체적 여건이 운반작업 내용과 맞는가를 검토하고 작업수행이 근로자의 건강상의 문제점을 악화시키지 않도록 하여야 하며 작업에 따른 특별한 수행 지침이나 안전교육이 필요한 경우 사전에 이를 제공하여야 한다. 또한 작업복이나 개인보호구에 의해 작업자의 동작이나 자세가 방해받지 않도록 하여야 한다.

다. 인력운반 작업관련 안전조치기준

1) 작업시간

인력운반에 종사하는 근로자에게는 근골격계 질환의 위험요인이 누적되지 않도록 적절한 휴식시간을 제공하는 등 단순 반복작업으로 인한 근골격계 질환이 발생하지 않도록 노력하여야 한다. 그러나 빈번한 휴식시간을 제공할 수 없는 경우에는 연속된 작업이 2시간을 초과하지 않도록 하여야 한다.

2) 작업공간

인력운반작업의 작업공간을 작업자의 신체 크기와 운동성, 작업대 및 작업기기의 조절 가능성, 작업형태와 방법 등에 관하여 다음에서 정한 것을 고려하여 제공하여야 한다.

- ① 체격(Body bulk) : 키가 가장 큰 사람을 기준으로 한랭시 두툼한 옷을 입게 되는 것을 고려한다.
- ② 머리 높이(Head height) : 키가 가장 큰 사람을 대상으로 자연스런 자세에서 시야가 좁아지지 않게 한다.
- ③ 어깨높이(Shoulder height) : 작업시 손은 어깨 높이와 허리 높이 사이에 위치시키며 손의 위치는 어깨 높이보다 높지 않게 한다.
- ④ 손닿는 거리(Hand movement range) : 팔 길이가 가장 짧은 사람을 기준으로 한다.
- ⑤ 손의 크기(Hand size) : 손이 작은 사람도 잡을 수 있도록 한다.
- ⑥ 팔꿈치 위치(Elbow position) : 정상적인 작업대 표면은 팔꿈치 높이의 5~15cm 아래에 위치시키며 아주 정밀한 작업인 경우에는 팔걸이를 제공한다.
- ⑦ 작업대간 거리(Inter-worktable distance) : 인접한 작업대와는 전후 좌후에 충분한 거리를 두어야 한다.

3) 의자기준

앞아서 하는 인력운반 작업의 작업공간은 팔 동작의 범위내에서 위치하도록 하며 작업대의 작업면은 팔꿈치 높이 또는 약간 아래에 있도록 하며 이 때 팔꿈치이하 부위는 수평이거나 약간 아래로 기울게 하도록 한다.

인력운반작업시 사용하는 의자는 다음과 같이 설치하거나 제공하여야 한다.

- ① 바닥 면에서 앉는 면까지의 높이는 눈과 손가락의 위치를 적절하게 조절할 수 있도록 적어도 35~45cm의 범위 내에서 조정이 가능하도록 한다.
- ② 의자는 충분한 넓이의 등받이가 있어야 하고 근로자의 체형에 따라 요추 부위부터 어깨부위까지 편안하게 지지할 수 있어야 하며 높이 및 각도의 조절이 가능한 것으로 한다.
- ③ 근로자의 필요에 따라 팔걸이가 있는 것을 사용하도록 한다.
- ④ 작업시 근로자의 등이 등받이에 닿을 수 있도록 의자 끝부분에서 등받이까지의 깊이가 38~42cm 범위가 되도록 한다.
- ⑤ 의자의 앉는 면은 근로자의 엉덩이가 앞으로 미끄러지지 않는 재질과 구조로 되어야 하며 그 폭은 40~45cm 범위가 되도록 한다.

2. 측정 및 결과

가. 측정개요

본 연구에서는 인력운반 안전한계하중을 도출하기 위하여 BTE (Baltimore Therapeutic Equipment) 장비를 사용하였는데 이 때 인력운반 안전작업 모델을 평가하기 위하여 피 측정자의 작업자세에 변화를 주어 많은 측정을 실시하였다. 인력운반 안전 작업모델을 도출하기 위한 안전작업자세의 안전성 평가 측정개요는 인력운반 안전한계하중 측정개요와 동일하다.

나. 측정장비

인력운반 안전작업 모델을 도출하기 위하여 사용한 측정장비는 인력운반 안전한계하중 측정장비와 동일한 BTE 장비로 장비제원 및 측정 보조기구 등도 동일하다.

다. 측정방법 및 내용

인력운반 안전작업 모델을 도출하기 위하여 측정한 운반작업의 작업종류 및 작업종류별 작업자세는 인력운반 안전한계하중 측정방법과 동일하며 측정내용과 측정결과 단위환산 방법도 동일하다.

라. 측정결과 분석

인력운반 안전작업 모델을 도출하기 위한 측정결과는 인력운반 안전한계하중 측정결과 <표 29>와 동일하다. 측정결과를 통해 들어올리기, 밀기 및 당기기 작업에 대한 각 작업자세별 안전한계하중의 변화와 추이를 확인할 수 있다.

1) 들어올리기

들어올리기의 작업자세별 안전한계하중은 0도에서 남자의 경우에는 안전한계하중 총 평균이 23.7kg으로 가장 낮으며 그 다음은 90도에서 26.1kg, 45도에서 27.7kg으로 나타났다. 여자의 경우에는 안전한계하

중 총 평균이 15.2kg으로 가장 낮으며 그 다음은 90도에서 17.5kg, 45도에서 17.4kg으로 나타났다. 들어올리기 작업의 안전한 작업자세는 0도인 상태로 안전한계하중 평균값은 가장 낮지만 작업자의 안전성 확보를 위해서는 가장 좋은 인력운반 들어올리기 자세이다. 들어올리기의 연령별, 작업자세별 안전한계하중 평균값은 다음 <표 35>와 같다. 여기서 편차는 안전한계하중 평균 최대값과 들어올리기 0도 안전한계하중 평균값과의 차이이다.

<표 35> 연령별 · 작업자세별 들어올리기 안전한계하중 평균값

(단위 : kg)

구 분	남 자				여 자			
	0도	45도	90도	편 차	0도	45도	90도	편 차
평 균	23.7	27.7	26.1	4.0	15.2	17.4	17.5	2.3
18세 ~ 20세	24.2	27.7	29.0	4.8	15.3	18.8	18.3	3.5
21세 ~ 35세	26.5	33.1	29.6	6.6	16.0	17.3	18.0	2.0
36세 ~ 50세	23.7	26.8	22.9	3.1	14.8	17.0	16.9	2.2
51세 ~ 65세	20.3	23.0	22.9	2.7	14.9	16.4	16.8	1.5

2) 밀기

밀기의 작업자세별 안전한계하중은 45도에서 남자의 경우에는 안전한계하중 총 평균이 11.9kg으로 0도에서의 안전한계하중 총 평균 8.2kg보다 3.7kg 높게 나타났다. 여자의 경우에는 안전한계하중 총 평균이 9.6kg으로 0도에서의 안전한계하중 평균 7.2kg보다 2.4kg 높게 나타났다. 밀기작업의 안전한 작업자세는 45도인 상태로 안전

한계하중 평균값이 높지만 작업자의 안전성 확보를 위해서는 가장 좋은 인력운반 밀기 자세이다.

밀기의 연령별, 작업자세별 안전한계하중 평균값은 다음 <표 36>과 같다. 여기서 편차는 0도의 안전한계하중 평균값과 45도의 안전한계하중 평균값과의 차이이다.

<표 36> 연령별 · 작업자세별 밀기 안전한계하중 평균값

(단위 : kg)

구 분	남 자			여 자		
	0도	45도	편 차	0도	45도	편 차
평 균	8.2	11.9	3.7	7.2	9.6	2.4
18세 ~ 20세	9.3	12.7	3.4	6.5	9.0	2.5
21세 ~ 35세	9.2	12.3	3.1	7.6	10.0	2.4
36세 ~ 50세	7.5	11.5	4.0	7.7	10.0	2.3
51세 ~ 65세	6.9	11.0	4.1	7.1	9.4	2.3

3) 당기기

당기기의 작업자세별 안전한계하중은 45도에서 남자의 경우에는 안전하중 총 평균이 12.9kg으로 0도에서의 안전한계하중 총 평균 9.9kg보다 3.0kg 높게 나타났다. 여자의 경우에는 안전한계하중 총 평균이 11.5kg으로 0도에서의 안전한계하중 평균 8.9kg보다 2.6kg 높게 나타났다. 당기기작업의 안전한 작업자세는 45도인 상태로 안전한계하중 평균값이 높지만 작업자의 안전성 확보를 위해서는 가장 좋은 인력운반 당기기 자세이다.

당기기의 연령별, 작업자세별 안전한계하중 평균값은 다음 <표 37>과 같다. 여기서 편차는 0도의 안전한계하중 평균값과 45도의 안전한계하중 평균값과의 차이이다.

<표 37> 연령별·작업자세별 당기기 안전한계하중 평균값

(단위 : kg)

구 분	남 자			여 자		
	0도	45도	편 차	0도	45도	편 차
평 균	9.9	12.9	3.0	8.9	11.5	2.6
18세 ~ 20세	11.9	14.8	2.9	8.3	10.6	2.3
21세 ~ 35세	10.2	15.0	4.8	10.3	12.0	1.7
36세 ~ 50세	9.0	10.4	1.4	8.6	11.4	2.8
51세 ~ 65세	8.7	11.6	2.9	8.6	12.0	3.4

3. 인력운반 안전작업모델

인력운반 작업에 따른 신체부담을 감소하여 요통 등 근골격계 질환을 예방하기 위해서는 작업공정의 개선 또는 자동화 등을 통하여 인력운반의 필요성을 제거하여야 하며 운반작업의 제거가 어려울 경우에는 운반작업 빈도를 줄이거나 운반중량을 줄이거나 운반거리를 최소화하여야 한다. 또한 안전한 인력 운반작업을 위해서는 안전한 작업순서, 작업자세, 작업방법을 철저히 준수하고 운반작업자에 대한 안전운반 작업내용 및 방법에 대한 교육을 실시하여야 한다.

앞에서 설명한 인력운반 안전작업 모델 측정결과를 바탕으로 들어올리기 작업시의 안전한 작업자세는 0도를, 밀기 및 당기기 작업시의

안전한 작업자세는 45도를 인력운반 안전작업자세의 기본으로 제시하였다. 사업장에서 활용하기 위한 인력운반 안전작업 모델을 일률적이고 단편적으로 제시하기에는 무리가 있고 한계가 있다. 따라서 사업장에서는 인력운반 안전작업 모델과 관련하여 미국, 영국 등 선진 외국에서 이미 제시하고 있거나 우리나라 산업안전보건법 등에서 규정하고 있는 내용 등을 준수해 나가야 할 것이다.

인력운반작업의 안전을 확보하기 위해서 준수해야하는 인력운반 안전작업모델의 일반원칙, 들어올리기, 밀기와 당기기 관련내용은 다음과 같다.

가. 일반원칙

- 1) 운반작업전에 운반작업 계획을 수립한다.
- 2) 이용 가능한 운반 보조도구를 최대한 활용한다.
- 3) 급작스런 행동을 하지 말고 천천히 움직인다.
- 4) 운반동작은 부드럽게 행한다.
- 5) 운반하중을 운반 능력범위내로 유지한다.
- 6) 운반에 필요한 복장과 신발을 착용한다.
- 7) 운반하중의 무게를 가급적 줄인다.
- 8) 운반하중은 취급이 용이하게 만든다.
- 9) 운반횟수 및 운반거리를 최소화 한다.
- 10) 운반하중의 중량을 표시한다.
- 11) 운반작업 안전에 관한 교육을 받거나 실시한다.
- 12) 안전 운반작업 자세를 익히고 실천한다.

- 13) 안전운반 작업절차를 수립하고 실행한다.
- 14) 인력운반작업 중간에 적절한 휴식시간을 충분히 부여한다.
- 15) 필요시 인력운반 작업위험성에 대한 평가를 실시한다.
- 16) 운반작업 주위 공간을 최대한 확보한다.
- 17) 운반작업장 바닥의 상태를 안전하게 한다.
- 18) 온도, 습도 및 조명 등 운반작업 주위의 작업환경을 최적화 한다.
- 19) 작업자에게 적합한 안전한계하중을 파악한다.
- 20) 작업 지휘자를 지정하여 운반작업을 지휘하도록 한다.
- 21) 운반작업에 방해를 주는 장애물을 제거한다.
- 22) 운반물의 상태를 안전하게 유지한다.
- 23) 운반작업자의 신체특성을 고려하여 작업방법을 결정한다.
- 24) 앉아서 하는 인력운반작업은 팔동작 범위내에서 수행하도록 한다.

나. 들어올리기

- 1) 운반물의 높이는 작업자의 허리높이에 유지한다.
- 2) 운반물의 중량은 가급적 신체에 가깝게 한다.
- 3) 발은 어깨넓이로 벌리고 안정된 자세를 유지한다.
- 4) 운반물 잡기를 안정되게 한다.
- 5) 허리는 가급적 곧게 펴고 운반중에는 허리를 회전하지 않는다
- 6) 운반중에는 머리를 곧게 세우고 전방시야를 확보한다.
- 7) 운반물을 내려놓고 나서 위치를 조정한다.
- 8) 작업자의 어깨높이 이상에서의 운반작업을 피한다.
- 9) 가능한 중량물 운반은 양손으로 한다.

- 10) 운반물의 무거운 부분을 신체에 가깝게 유지한다.
- 11) 장시간에 걸친 정적인 작업은 피한다.
- 12) 들어올리기 운반작업시 허리를 이용하지 말고 다리를 이용한다.
- 13) 허리근육보다는 다리나 팔근육을 사용한다.
- 14) 들어올리기와 회전작업을 동시에 하지않는다.
- 15) 들어올리기 안전영역은 어깨와 무릎사이 높이이다.
- 16) 발의 위치는 가급적 하중에 가깝게 한다.
- 17) 운반물은 가급적 손가락이 아닌 손바닥으로 잡는다.
- 18) 중량이 무겁거나 부피가 큰 경우에는 팀 운반작업으로 수행한다.
- 19) 2명이상 팀 운반작업시에는 신호방법을 정한다.
- 20) 팀운반 작업수행 능력 기준 :

$$1+1(2명) = 1\frac{1}{3}, 1+1+1(3명) = 1\frac{1}{2}, 1+1+1+1(4명) = 1\frac{3}{4}$$

다. 밀기와 당기기

- 1) 밀거나 당기기 운반작업을 줄인다.
- 2) 트롤리 등 운반보조기구는 항상 좋은 상태를 유지한다.
- 3) 운반작업 이동속도는 걷는 속도보다 빠르지 않게 한다.
- 4) 가급적 들어올리기 보다는 밀거나 당기기 작업자세로 수행한다.
- 5) 가급적 당기기 보다는 밀기 작업자세로 운반작업을 수행한다.
- 6) 바(Bar)를 이용한 밀기와 당기기 작업시 손등은 위로 한다.
- 7) 밀거나 당기기 작업시 팔꿈치는 몸통쪽으로, 등은 곧게 편다.
- 8) 밀거나 당기기 작업시 무릎은 적당히 구부린다.
- 9) 밀기 작업시에는 발의 힘을 최대한 활용한다.
- 10) 이동시에는 안정된 보폭을 유지한다.

V. 결 론

본 연구는 최근 사회적으로 문제가 되고 있는 근골격계 질환 재해를 예방하고자 근골격계 질환재해의 많은 부분을 차지하고 있는 인력운반 작업과 관련된 들어올리기(Lifting), 밀기(Pushing) 및 당기기(Pulling)의 작업자세별 인력운반 한계하중을 측정하여 안전한계하중 기준을 설정하고 안전작업 모델을 도출하기 위해 수행하였는데 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 인력운반작업중 들어올리기 자세의 일시작업에 대한 측정분석 결과 남자의 안전한계하중은 23.7kg, 여자의 안전한계하중은 15.2kg으로 나타났다. 연령대별 들어올리기 안전한계하중은 남자의 경우 18세이상 20세이하 24.2kg, 21세이상 35세이하 26.5kg, 36세이상 50세이하 23.7kg, 51세이상 65세이하가 20.3kg이고 여자의 경우에는 18세이상 20세이하 15.3kg, 21세이상 35세이하 16.0kg, 36세이상 50세이하 14.8kg, 51세이상 65세이하가 14.9kg으로 나타났다. 또한 들어올리기 자세의 반복작업 안전한계하중은 일시작업 안전한계하중의 50%를 적용한다.

위와 같은 본 연구에서 측정한 결과는 우리나라 사업장에서 일반적으로 널리 사용하고 있는 기준인 KOSHA CODE에서 정하고 있는 인력운반 안전한계하중인 남자 근로자의 경우 체중의 40%, 여자 근로자의 경우 체중의 24%와 비교할 때 남자의 경우에는 전체의 90%이

상, 여자의 경우에는 전체의 15%이상이 연구측정결과 안전한계하중 기준을 초과하였다. 그러나 본 연구에서 측정한 결과를 ILO, EN 규격과 영국, 미국 등에서 정하고 있는 국제기준과 비교한 결과 연구측정결과가 비슷한 것으로 나타났다.

둘째, 인력운반작업 중 밀기와 당기기 자세에 대한 측정분석결과 밀기 자세에서는 하중의 지지 작업시 남자의 안전한계하중이 11.9kg, 여자의 안전한계하중은 9.6kg이었고 하중의 운반 작업시에는 남자의 안전한계하중은 23.6kg, 여자의 안전한계하중은 19.2kg으로 나타났다. 당기기 자세에서는 하중의 지지 작업시 남자의 안전한계하중이 12.9kg, 여자의 안전한계하중이 11.5kg이었으며 하중의 운반 작업시에는 남자의 안전한계하중은 25.8kg, 여자의 안전한계하중은 23.0kg으로 나타났다.

밀기와 당기기 자세에 대한 안전한계하중 기준이 우리나라 산업안전보건법령 및 기술지침에는 아직 설정되어있지 않은 상태이므로 국내 기준과는 비교 할 수 없었으나 본 연구측정 결과 안전한계하중이 영국과 EN규격에서 정하고 있는 안전한계하중 국제기준과 비교한 결과 연구측정결과가 비슷한 것으로 나타났다.

셋째, 인력운반 작업의 안전을 확보하여 근골격계 질환재해를 예방하기 위해서는 인력운반 작업시 작업계획서의 작성, 운반작업 내용에 대한 위험성 평가 및 인력운반 안전 작업절차의 준수 등이 철저히 이루어져야 하며 더욱 중요한 것은 운반작업의 자동화 등을 통한 인력운반 작업의 제거, 인력운반 하중의 감소 및 이동거리의 단축 등

인력운반 작업과 관련된 위험요인에 대한 근원적 재해예방 노력이 절실히 요구된다.

또한 사업장에서는 인력운반작업의 안전을 확보하기 위해 본 연구에서 제시한 들어올리기, 밀기와 당기기 등에 대한 인력운반 안전작업 모델을 준수해 나가야 하겠다.

앞으로 인력운반작업의 안전을 강화해 나가기 위해서는 들어올리기, 밀기 와 당기기 등 인력운반 작업의 안전한계하중에 대한 보다 명확한 산업안전보건 관련 법규정과 KOSHA CODE등 기술기준의 제·개정이 필요하고 인력운반 작업종류별 안전작업 모델에 대한 지속적인 연구개발을 통한 사업장 보급을 확대해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김두환(2002), 불안전 행동과 종합 휴먼에러 방지기술 연구
2. 박정선(2001), 사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 개발 연구
3. 정진주(2002), 직무특성에 따른 근골격계질환 발생과 보건관리 체계에 관한 연구
4. 한국산업안전공단(2005), 근골격계질환 예방
5. 한국산업안전공단(2005), 인간공학적 유해요인조사 및 작업개선
6. 노동부(2001, 2002, 2003), 산업재해분석
7. Health and Safety Executive(HSE, 2005), Manual Handling Operations Regulations,
8. HSE(2004), Manual Handling Assessment Charts
9. HSE(2004), Getting to grips with Manual Handling
10. HSE(2004), Upper Limb Disorders in the Workplace
11. HSE(2000), Reducing Error and Influencing Behavior

12. HSE(2003), The Principles of good Manual Handling
13. Health and Safety Laboratory(HSL, 1998), Balance of Risk Between Weight of Load and Frequency of Lift
14. HSL(1997), The Lifting and Carrying of Sacks on the Shoulder
15. HSL(2004), Review of the Risks Associated with Pushing and Pulling Heavy Load
16. HSL(1996), Team Handling
17. HSL(1997), Team Handling ; A Psychophysical and Biomechanical Study of Two Person Handling
18. HSE(2005), Intervention Protocol for Backs 2005 Initiative
19. EN 1005-1, Human Physical Performance - Part I : Terms and Definition
20. EN 1005-2, Human Physical Performance - Part II : Manual Handling of Objects Associated to Machinery
21. EN 1005-3, Human Physical Performance - Part III : Recommended Force Limits for Machinery Operation

22. Amit Bhattacharya and James D. McGlothlin(1996), Occupational Ergonomics, Marcel Dekker, Inc.
23. Stephan Konz and Steven Johnson(2000), Work Design Industrial Ergonomics, Holcomb Hatheway, Inc.
24. James P. Kohn(1999), Ergonomic Process Management, Lewis Publishers
25. David L. Goetsch(2002), Occupational Safety and Health, Prentice Hall
26. OSHA Standards for General Industry(2001), CCH Safety Professional Series

부록 1 인력운반 안전한계하중 측정표 작성 예

인력운반 안전한계하중 측정표

1. 측정개요

측 정 자	안전공학연구실 이 준 원		측정일	2005. 8. 24.
피측정자	성 명	한글) ○ ○ ○	성 별	(남) 여
		영문) ○ ○ ○		
	소 속	○ ○ ○	연 령	만 45 세
	근무연수	18 년	신 장	175 cm
	근무형태	(사무직) 생산직	체 중	80 kg

2. 측정결과

구 분	각도	최대하중		평균하중		비 고 (Cv, %)	
		Nm	kg	Nm	kg		
한 계 하 중 측정치	들어올리기 (Lifting)	0도	103.5	46.1	101.8	45.3	1.2
		45도	107.6	47.9	106.4	47.4	7.2
		90도	86.1	38.3	84.5	37.6	8.3
	밀 기 (Pushing)	0도	30.0	13.4	24.0	10.7	5.8
		45도	50.6	22.5	42.2	18.8	6.1
	당 기 기 (Pulling)	0도	40.9	18.2	36.6	16.3	2.4
45도		49.5	22.0	40.5	18.0	5.3	

부록 2 인력운반 안전 한계 하중 측정 결과표 예

KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 10:45 am	
Subject Name:	Subject ID: 2005-001

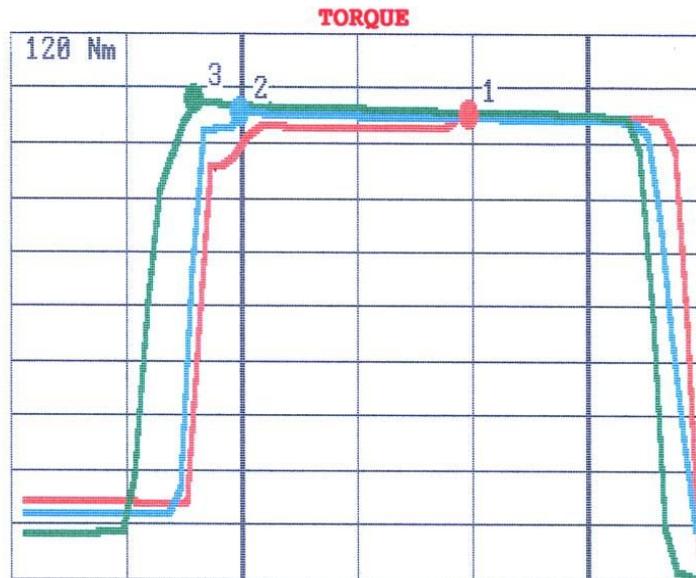
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

TOOL: 191F FLOOR TO KNUCKLE
 SIDE: BOTH

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
102.1	100.3
102.8	101.7
105.4	103.3
AVG: 103.5 Nm	AVG: 101.8 Nm

3-5 SEC. CV: 1.2%



0

KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 10:47 am	
Subject Name:	Subject ID: 2005-001

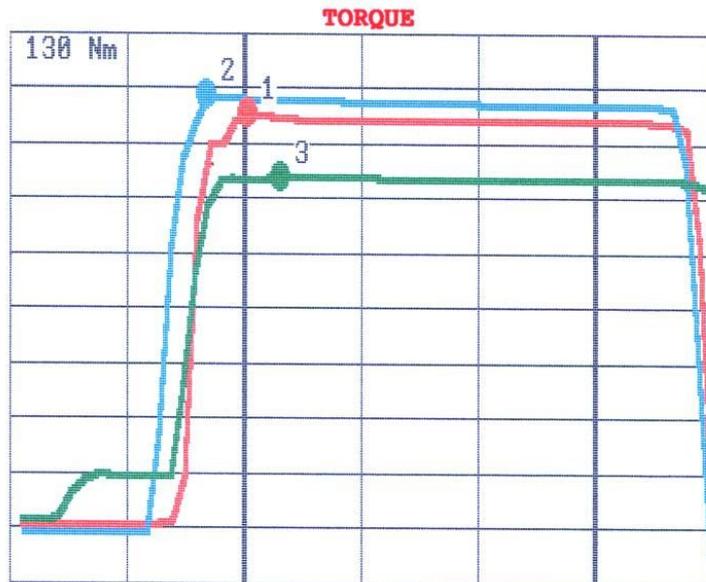
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

TOOL: 191F FLOOR TO KNUCKLE
SIDE: BOTH

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
111.1	109.7
115.2	113.7
96.4	95.8
AVG: 107.6 Nm	AVG: 106.4 Nm

3-5 SEC. CV: 7.2%



KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 10:49 am	
Subject Name:	Subject ID: 2005-001

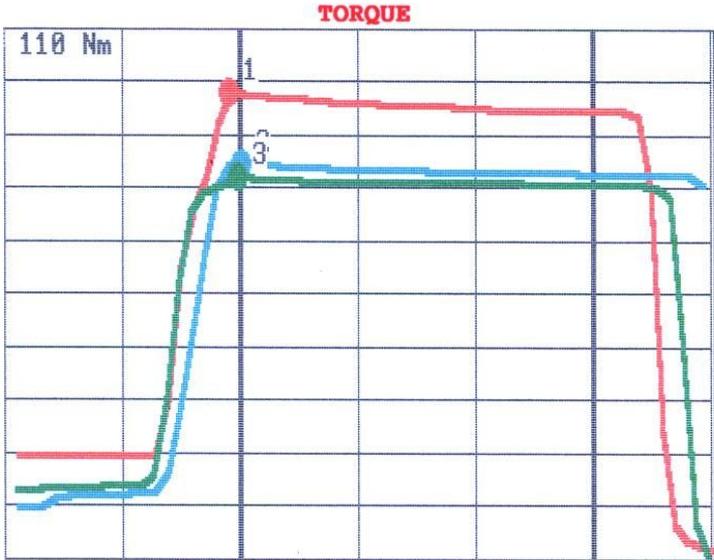
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

TOOL: 191F FLOOR TO KNUCKLE
SIDE: BOTH

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
96.9	94.3
82.0	80.8
79.4	78.3
AVG: 86.1 Nm	AVG: 84.5 Nm

3-5 SEC. CV: 8.3%



KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 11:05 am	
Subject Name:	Subject ID: LEE

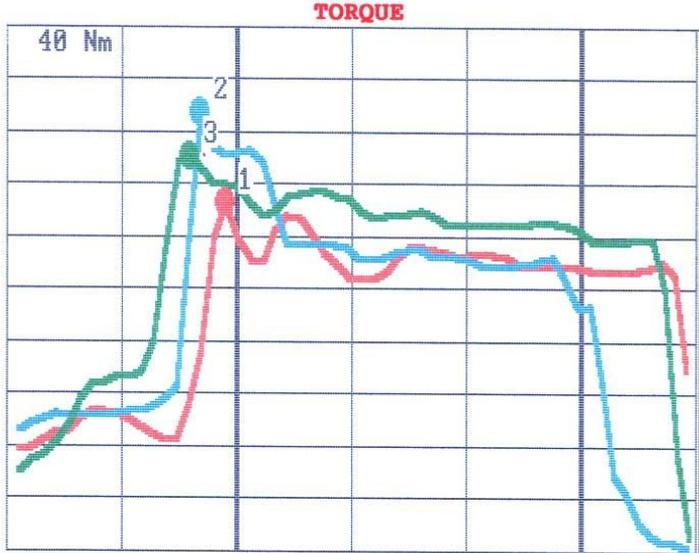
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

**TOOL: 191X PUSHING ABILITY
SIDE: BOTH**

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
26.6	22.7
33.4	23.4
30.1	25.9
AVG: 30.0 Nm	AVG: 24.0 Nm

3-5 SEC. CV: 5.8%



0

KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 11:07 am	
Subject Name:	Subject ID: LEE

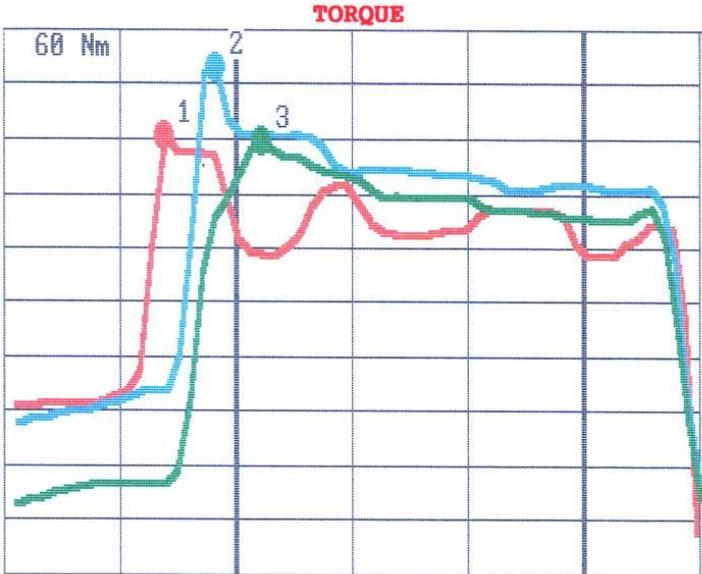
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

**TOOL: 191X PUSHING ABILITY
SIDE: BOTH**

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
48.2	38.8
55.9	45.1
47.7	42.6
AVG: 50.6 Nm	AVG: 42.2 Nm

3-5 SEC. CV: 6.1%



KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 11:25 am	
Subject Name:	Subject ID: 2005-001

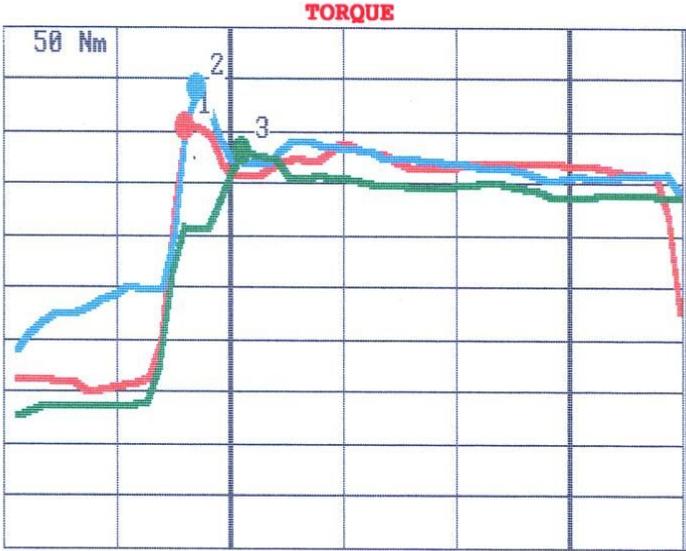
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

**TOOL: 191Y PULLING ABILITY
SIDE: BOTH**

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
40.4	37.1
44.2	37.4
38.2	35.4
AVG: 40.9 Nm	AVG: 36.6 Nm

3-5 SEC. CV: 2.4%



0 PULL

KOSHA OSHIRI Wednesday August 24, 2005 11:27 am	
Subject Name:	Subject ID: 2005-001

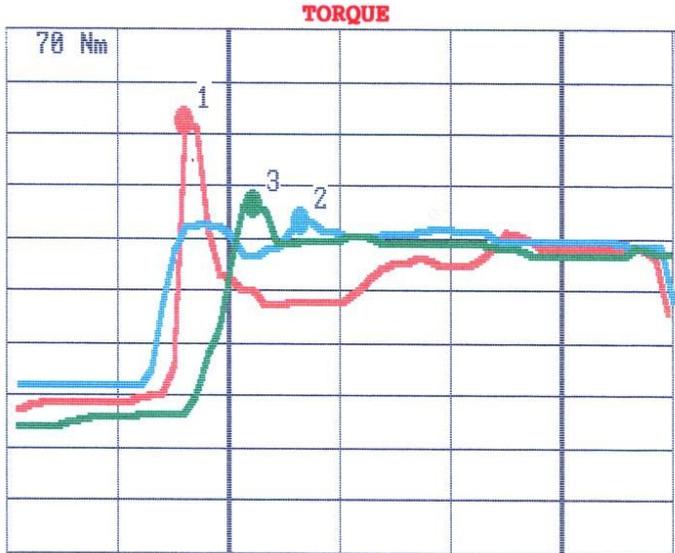
ISOMETRIC LINE GRAPH BTE PRIMUS

**TOOL: 191Y PULLING ABILITY
SIDE: BOTH**

TRIAL TIME: 6 seconds

PEAK TORQUE	3-5 SEC. AVG.
57.5	37.5
44.4	42.3
46.7	41.7
AVG: 49.5 Nm	AVG: 40.5 Nm

3-5 SEC. CV: 5.3%



인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발에 관한 연구

본 연구는 중량물 취급 및 반복 운반작업 등 인력운반 작업에 기인한 산업 재해와 근골격계 질환 재해를 예방하기 위하여 인력운반 안전한계하중 및 안전작업 모델을 개발하고자 수행하였다. 인력운반 안전한계하중 및 안전작업 모델을 개발하기 위하여 본 연구에서는 국내외 관련 자료와 안전 기준 등을 조사하였고 인력운반과 관련된 산업재해 분석을 실시하였다. 또한 BTE 장비를 활용하여 들어올리기, 밀기와 당기기 작업 자세에 대한 안전한계하중을 측정하였고 그 결과를 분석하였다.

인력운반 안전한계하중 및 안전작업 모델에 대한 본 연구의 결론은 다음과 같다. 인력운반작업 중 들어올리기 자세의 안전한계하중은 남자의 경우 23.7kg이고 여자의 경우 15.2kg 으로 나타났다. 밀기자세의 안전한계 하중은 남자의 경우 11.9kg 이고 여자의 경우 9.6kg 이었으며, 당기기 자세의 안전한계하중은 남자의 경우 12.9kg, 여자의 경우 11.5kg 으로 나타났다.

인력운반 작업의 안전을 확보하기 위한 안전작업 모델로서는 인력운반 작업계획의 작성, 운반 작업내용에 대한 위험성 평가 및 안전운반 작업 절차의 준수 등이다. 인력운반 작업과 관련된 위험요인에 대한 근원적 재해예방대책은 인력운반 작업의 제거, 운반 하중의 감소 및 운반 이동거리의 단축 등이다.

A Study on Development of Safe Load Limits and Safe Work Models for Manual Materials Handling

Joon-Won Lee

Department of Safety Engineering Research
Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA

Abstract

The purpose of this study is to prevent injuries and musculoskeletal disorders related to manual materials handling(MMH) from the development of safe load limits and safe work models for MMH. The main causes of injuries related to MMH are treating of heavy loads and working of repetitive handlings. In order to develop the safe load limits and safe work models, a kinds of documents, standards and regulations were reviewed, and industrial injuries in MMH were analysed. The safe load limits for lifting, pushing, and pulling were drawn using by the BTE(Baltimore Therapeutic Equipment).

According to the measurement results, the safe load limits are as follows. The safe load limits of lifting posture are 23.7kg for men and 15.2kg for women. Those limits of pushing posture are 11.9kg for men and 9.6kg for women. In case of pulling posture are 12.9kg for men and 11.5kg for women.

The safe work models to secure safety of MMH are to establish a work plan of MMH, to assess risks of MMH, and to follow safe work procedures of MMH. The important methods to ensure fundamental safety for MMH are to eliminate MMH, to reduce load for handling, and to shorten moving distance.

Key words: Manual Materials Handling, Safe load limits, Load limits, Safe work model, Musculoskeletal disorders, Industrial injury, BTE (Baltimore Therapeutic Equipment)

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

산업안전보건연구원 원장

인력운반 안전한계하중 및 안전작업모델 개발에 관한 연구

(안전분야 -연구자료 연구원 2005 - 86 - 554)

발 행 일 : 2005년 12월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김광중

연구책임자 : 안전공학연구실 이 준 원

발 행 처 : 한국산업안전공단 산업안전보건연구원

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032) 510-0667

F A X : (032) 518-0867

Homepage : www.kosha.net
