

工學碩士 學位論文

부품창고 인력물자취급작업의

인간공학적 개선에 관한 연구

Worksite risk analysis and improvement of
manual material handling in parts warehouse

指導教授：張 聖 祿

이 論文은 工學碩士學位論文으로 提出함



安全工學科

高 永 在

高永在의 工學碩士 學位論文을 認准함

2003年 12月 15日

主 審 工學博士 睦 演 洙



委 員 工學博士 李 東 勳



委 員 工學博士 張 聖 祿



목 차

1. 서론	1
1. 1 연구의 필요성	1
1. 2 연구의 목적	3
2. 인간공학적 분석방법	4
2. 1 중량물 들기작업분석(NLE; NIOSH Lifting Equation)	4
2. 1. 1 개요	4
2. 1. 2 변수설명	5
2. 1. 3 분석 절차	9
2. 2 인체상지 위험도 평가(RULA; Rapid Upper Limbs Analysis)	13
2. 2. 1 개요	13
2. 2. 2 분석 절차	14
2. 3 Snook's Table	25
2. 3. 1 개요	25
2. 3. 2 분석 절차	25

3. 설문조사	33
3. 1 작업 강도에 대한 설문 결과	34
3. 2 작업 자세에 대한 설문 결과	34
3. 3 작업점에 대한 설문 결과	35
3. 4 부서별 유소견자 발생현황	36
3. 5 공정별 유소견자 발생현황	36
3. 6 유소견자 부위별 통증 결과	37
4. 인간공학적 위험성 분석	39
4. 1 작업 현황	39
4. 2 중량물 취급작업 및 작업자세 분석	40
4. 2. 1 작업형태별 분석	41
4. 2. 2 Push/Pull 작업 분석	47

5. 개선방안	48
5. 1 작업자세 및 방법의 개선	48
5. 2. 작업대 규격 개선	51
5. 3 운반용 보조기구 개선	53
5. 4 개선 후의 인간공학적 분석	54
6. 결론 및 토의사항	56
참고문헌	58
부 록	60

표 목 차

Table 1 국내 기계기구제조업과 전산업의 재해율 비교	2
Table 2 업무상 질병자 비교표	3
Table 3 들기 빈도 결정을 위한 표	7
Table 4 결합계수 결정을 위한 표	8
Table 5 NLE 작업분석 표	12
Table 6 그룹 A의 작업부하 지수	16
Table 7 그룹 B의 작업부하 지수	18
Table 8. 그룹 A의 종합 부하수치(Score A)	20
Table 9 그룹 B의 종합 부하수치(Score B)	21
Table 10 근육 부하와 힘 부하	22
Table 11 총괄적인 부하(Grand Score)	23
Table 12 실제의 작업부하 수준(Action Level)	23
Table 13 당기기(pull)의 최대허용 힘(남자 / 단위:kg)	27
Table 14 밀기(push)의 최대허용 힘(남자 / 단위:kg)	30
Table 15 작업강도에 대한 설문 결과	34

Table 16	작업자세에 대한 설문 결과	35
Table 17	작업점에 대한 설문 결과	35
Table 18	부서별 유소견자 발생 현황	36
Table 19	공정별 유소견자 발생 현황	37
Table 20	유소견자 부위별 통증 결과	38
Table 21	12가지 작업형태별 NLE, RULA 분석 결과	46
Table 22	Push/Pull 작업시 Snook's Table 분석 결과	47
Table 23	적재대 높이 기준	51
Table 24	개선 후 분석 결과	55

그 립 목 차

Fig. 1 상완의 부하지수	17
Fig. 2 전완의 부하지수	17
Fig. 3 손목의 부하지수	18
Fig. 4 목의 부하지수	19
Fig. 5 상체의 부하지수	19
Fig. 6 RULA를 이용하여 작업부하를 구하는 절차	24
Fig. 7 적용된 12가지 작업형태	41
Fig. 8 1열 1단 적재대 규격	52
Fig. 9 개선 전 운반용 보조기구	53
Fig. 10 개선 후 운반용 보조기구	53

사 진 목 차

Photo. 1 부품박스 적재대 전경	41
Photo. 2 1열 1단 작업	41
Photo. 3 2열 1단 작업	41
Photo. 4 3열 1단 작업	42
Photo. 5 1열 2단 작업	42
Photo. 6 2열 2단 작업	43
Photo. 7 3열 2단 작업	43
Photo. 8 1열 3단 작업	43
Photo. 9 2열 3단 작업	43
Photo. 10 3열 3단 작업	44
Photo. 11 1열 4단 작업	44
Photo. 12 2열 4단 작업	45
Photo. 13 3열 4단 작업	45
Photo. 14 Push 작업	47
Photo. 15 Pull 작업	47

1. 서론

1. 1 연구의 필요성

통계청이 발표한 1998년 광공업통계조사 결과에 의한(종업원 5인 이상의 사업체 대상) 공작기계(성형 기계 포함)산업의 생산액은 1조 2,785억원으로서 시장규모는 기계공업 전체 생산액인 217조 9,952억원 중 0.6%를 점유하고 있다¹⁾. 또한 기업규모는 공작기계제조에 종사하는 63사의 종업원 수(1999년)로 보면 전체 종업원 수는 6,139명(1사 평균 97명)으로서 300명 미만의 중소기업체수가 88.9%이고 종업원 수로는 62.5%를 차지하고 있다²⁾. 따라서 공작기계산업은 세계선진국을 비롯한 어느 국가를 막론하고 제품의 특성으로 인하여 기업규모가 비교적 작으며 시장규모보다 다수의 기업이 존립하고 있는 실정으로 우리나라도 예외는 아니다. 그러나 공작기계는 각종 기계를 만드는 기계로서 전체산업 발전을 주도하는 핵심첨단 기계산업으로서 독자적인 시장을 형성하며 큰 폭의 성장을 지속하고 있다. 한편 90년대에 이르러 선진국 수준의 첨단공작기계를 생산하여 내수는 물론 수출주요상품으로서 각광을 받고 있으며 NC(Numeric Control)공작기계 등 첨단기계 개발에 노력하고 있다.

국내 기계기구제조업의 재해율은 Table 1에서 보는 바와 같이 전산업 대비 평균 2.5배 정도로 비교적 높은 실정이다³⁾.

Table 1. 국내 기계기구제조업과 전산업의 재해율 비교

구분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
전산업	0.88	0.81	0.68	0.74	0.73	0.77	0.77
기계기구제조업	1.72	1.48	1.37	1.71	1.76	1.79	1.64

특히, 최근 노동부가 발표한 2002년도 산업재해 통계에서 2002년도 업무상 질병자수는 5,417명으로 전년도 5,653명에 비해 236명(4.2%)이 감소하였으며 이 중에서 난청, 금속 및 중금속중독 등 직업병은 2002년에 1,351명으로 전년도 1,542명보다 191명(12.4%)이 감소하였고, 작업관련성질병은 2002년에 4,066명으로 전년도 4,111명보다 45명(1.1%) 감소하였다³⁾.

작업관련성 질병 중 뇌·심혈관 질환자는 2,056명으로 전년도 2,231명보다 175명(7.8%) 감소하였고, 신체부담작업으로 인한 질환(경견완장해, 근골격계질환 등)은 1,167명으로 전년도 768명보다 399명(52.0%)이 증가하였다³⁾. 업무상 질병자에 대한 비교표를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. 업무상 질병자 비교표

(단위 : 명)

구분	총계	직업								직업관련성 질병				
		소계	전폐	난청	금중증	손목	유기중독	특정화학물질중독	기타	소계	뇌·심혈관질환	신체부담작업	요통	기타
2001	5,653	1,542	949	289		25	45	32	202	4,111	2,231	768	866	246
2002	5,417	1,351	915	219		8	48	32	129	4,066	2,056	1,167	660	183
증감	-236	-191	-34	-70		-17	3	0	-73	-45	-175	399	-206	-63

1. 2 연구의 목적

공작기계 제조업의 특성상 부품창고에서는 인력물자취급이 빈번하고 중량물인 경우가 많으나, 적재대의 설계기준이 없어 입·출고 시 허리의 굽힘과 비틀림 및 상지의 과도한 뻗침이 지속적으로 발생하는 등 인간공학적 위험요인이 상존하고 있다^{4 6)}. 따라서 본 연구에서는 공작기계 제조업 부품창고에 근무하는 작업자의 근골격계질환 실태조사를 위해 설문조사를 실시하고, 주로 취급하는 부품인 볼 베어링을 대상으로 입·출고 시의 작업형태 12가지에 대하여 동작분석을 실시하였다. 그에 따른 작업부하를 평가하기 위해 작업특성에 맞는 NLE(NIOSH Lifting Equation)와 RULA(Rapid Upper Limbs Analysis) 및 Snook's Table을 통해 위험성을 분석하고, 작업개선과 더불어 인간공학적 적재대 기준을 제시하였다.

2. 인간공학적 분석방법

본 연구에 사용된 인간공학적 분석방법 3가지는 다음과 같다.

2. 1 중량물 들기 작업 분석(NLE; NIOSH Lifting Equation)⁹⁾

2. 1. 1 개요

본 기준은 중량물을 취급하는 작업에 대한 요통 예방을 목적으로 작업 평가와 작업 설계를 지원하기 위해서 만들어진 것이다.

중량물을 취급하는 작업에 의해 수반되는 건강 장애를 막기 위한 기준은 여러 나라에서 설정되어 있지만, 그 대부분이 최대 취급 중량과 두 손 취급 회수 또는 두 손의 총 취급 회수 또는 두 손의 총 취급 중량 등만을 규정하고 있을 정도이다. 이것에 비해 본 기준은 취급 중량과 취급 회수뿐만 아니라, 중량물 취급 위치·인양 거리·신체의 비틀기·중량물 들기 쉬움 정도 등 여러 요인을 고려하고 있으며, 보다 정밀한 작업 평가·작업 설계에 이용할 수 있게 되어 있다. 본 기준은 중량물 취급에 관한 생리학·정신물리학·생체역학·병리학의 각 분야에서의 연구 성과를 통합한 결과이다.

2. 1. 2 변수 설명

NLE 분석에 사용되는 각각의 변수에 대한 상세 설명은 다음과 같다.

가. HM (Horizontal Multiplier, 수평 계수)

수평거리를 권장무게한계에 고려하기 위한 계수를 말한다.

발의 위치에서 물건을 보관유지하고 있는 손의 위치까지의 수평거리로 부터 아래 식을 이용해 구한다.

$$\begin{aligned} \text{HM} &= 1 && (H \leq 25\text{cm}) \\ &= 25 / H && (25\text{cm} \sim 63\text{cm}) \end{aligned}$$

수평위치(H)는 발의 위치에서 보관 유지하고 있는 손의 위치까지의 수평거리로써 발의 위치는 발목의 위치로 하고, 발의 전후로 교차하고 있는 경우는 좌우 발목의 위치의 중점을 다리 위치로 한다. 손의 위치는 중앙의 위치로 하고, 좌우의 손 위치가 다른 경우는 좌우 손 위치의 중점을 이용한다.

나. VM (Vertical Multiplier, 수직계수)

작업자와 물체 사이의 수직거리를 권장무게한계를 고려하기 위한 계수를 말한다. 수직위치(V)는 지면으로부터 중량물을 보관유지하고 있는 손 위치까지의 수직 거리이며, 수직계수는 다음의 식을 이용해 구한다.

$$VM = 1 - (0.003 * |V - 75|) (0 \leq V \leq 175\text{cm}) = 0 (V > 175\text{cm})$$

다. DM (Distance Multiplier, 거리계수)

중량물을 이동시킨 수직거리(D)를 권장무게한계에 고려하기 위한 계수를 말한다.

중량물을 들고 내리는 수직 방향의 이동 거리의 절대치(D, Vertical Travel Distance, 수직이동거리. 단위:cm)로부터 다음의 식을 이용해 구한다. 수직이동거리(D)는 중량물의 이동 전 원래 지점과 이동지점의 위치에서의 수직 위치 V의 차의 절대치이다.

$$\begin{aligned} DM &= 1 && (D \leq 25\text{cm}) \\ &= 0.82 + 4.5/D && (24\text{cm} \sim 175\text{cm}) \end{aligned}$$

라. AM (Asymmetric Multiplier, 비대칭성계수)

중량물이 몸의 정면에서 몇 도 어긋난 위치에 있는지 나타내는 각도 A로부터 아래 식을 이용해 구한다.

$$AM = 1 - 0.0032 * A \quad (0 \leq A \leq 135^\circ)$$

$$= 0 \quad (A > 135^\circ)$$

마. FM (Frequency Multiplier, 빈도 계수)

들기 빈도 F(Lifting Frequency, 회/분), 작업 시간 LD(Lifting Duration), 수직위치 V(vertical location)로부터 다음의 Table 3을 이용해 결정한다.

Table 3. 들기 빈도 결정을 위한 표

빈도 F (회/분)	작업 시간 LD (Lifting Duration)					
	LD ≤ 1시간		1시간 < LD ≤ 2시간		2시간 ≤ LD	
	V < 75cm	V ≥ 75cm	V < 75cm	V ≥ 75cm	V < 75cm	V ≥ 75cm
< 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

바. CM (Coupling Multiplier, 결합계수)

물체를 들 때에 미끄러지거나 떨어지지 않도록 손잡이 등이 좋은지를
권장 무게 한계에 반영한 것이다.

결합형태와 수직위치(Vertical Location)로부터 다음의 Table 4를 이용
하여 결정한다.

Table 4. 결합계수 결정을 위한 표

결합 타입	수직 위치 V	
	V < 75cm	V ≥ 75cm
*양호(Good)	1.00	1.00
**보통(Fair)	0.95	1.00
***불량(Poor)	0.90	0.90

*양호(Good) :

손잡이가 들기 적당하게 위치한 경우

손잡이는 없지만 들기 쉽고 편하게 들 수 있는 부분이 존재할 경우

**보통(Fair) :

손잡이나 잡을 수 있는 부분이 있으며 적당하게 위치하지는 않았지만

손목의 각도를 90도 정도 유지 할 수 있을 경우

***불량(Poor) :

손잡이나 잡을 수 있는 부분이 없거나 불편한 경우, 끝 부분이 날카로운
경우

2. 1. 3 분석 절차

Table 5의 NLE 작업분석 표를 이용하여 분석하도록 한다.

이를 세부적으로 설명하면 다음과 같다.

단계 1. 작업변수를 측정하고 기록한다.

대상물 무게		손의 위치				이동 거리	각도		빈도 회/분	작업 시간	손잡이 형태
		이동전		이동후			이동전	이동후			
평균	최대	H1	V1	H2	V2	D	A1	A2	F	LD	C

각 변수는 본문내용을 참고하여 정확한 수치를 넣도록 한다.

이동전과 이동 후는 작업분할 시 시작되는 순간과 끝나는 순간 (대상을 기준으로 한다)까지로 하여 작업내용을 상세히 기록하도록 한다.

단계 2. Step 1에서 기록한 작업변수를 이용하여 RWL

(Recommended Weight Limit)을 구한다.

RWL	=	LC	×	HM	×	VM	×	DM	×	AM	×	FM	×	CM	=	RWL값	LI값
이동전																	
이동후																	

변수를 정확하게 기입한다.

LC(Load Constant : 부하상수)는 23kg을 사용한다.

그 외의 변수는 0~1의 값을 가지므로 RWL은 23kg을 넘을 수 없다.

단계 3. Step 2에서 구한 RWL 값을 이용하여 LI(Lifting Index)를 구한다.

$LI = \frac{L}{RWL}$ 여기서 L은 실제 대상물의 하중이 된다.

단계 4. Step 2, 3에서의 결과를 토대로 결과표를 작성한다.

단계 4-1. RWL과 LI 수치를 기입한다.

RWL	이동전		LI	$\frac{\text{평균부게}}{RWL} = \text{---} =$	
	이동후				

LI를 구할 때의 RWL은 이동 전·후 가운데 낮은 값을 사용한다.

단계 4-2. 위험순위(개선우선순위) 항목을 기입한다.

위험순위 (개선우선순위)	순위	1	2	3	4	5	6
	이동전						
	이동후						

위험순위라 함은 HM, VM, DM, AM, FM, CM 중에서 가장 작은 순서로 기입한다.

단계 4-3. 최종평가 항목을 기입한다.

최종평가	$LI \leq 1$	$1 < LI \leq 3$	$LI > 3$
	특별한 개선 불필요	관리적 개선대책 필요	공학적 작업개선 반드시 필요

단계 4-4. 개선사항을 기입한다.

개선사항	
------	--

개선사항은 현장을 고려하여 실질적인 개선효과가 나타나도록 한다.

평가결과에 따른 우선순위는 현장 상황에 따라 Brain Storming을 거쳐 변경이 되도록 한다.

단계 5

LI 지수가 1.0 이상이 되면 재설계하는 것이 바람직하며, 실제로는 30% 이상인 1.3을 넘지 않도록 하여야 한다.

이상의 NLE 평가표를 아래 Table 5에 나타내었다.

Table 5. NLE 작업분석 표

부서명							
공정명							
분석자							
날짜							
자료입력 및 분석	입력자료 분석결과						
RWL	이동전			LI	$\frac{\text{평균무게}}{RWL*} =$		
	이동후						
위험순위** (개선우선순 위)	순위	1	2	3	4	5	6
	이동전						
	이동후						
최종평가	LI ≤ 1		1 < LI ≤ 3		LI > 3		
	특별한 개선 불필요		관리적 개선 대책 필요		공학적 작업개선 반드시 필요		
개선방향							
* RWL : 이동 전 · 후를 비교하여 적은 값을 기입 ** 위험순위 : HM, VM, DM, AM, FM, CM 중에서 가장 작은 순서 기입 (위 : 이동전, 아래 : 이동후)							

2. 2. 인체상지 위험도 평가(RULA; Rapid Upper Limbs Analysis)¹⁰⁾

2. 2. 1 개요

RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지에 초점을 맞추어서 작업자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 평가하기 위해 만들어진 기법이다. 이 기법의 목적에는 크게 다음 두 가지가 있다. 첫째, RULA는 나쁜 작업 자세로 인한 상지의 장애를 안고 있는 작업자의 비율이 어느 정도인지를 쉽고 빠르게 파악하는 방법을 제시하기 위해 만들어졌다. 둘째, RULA는 근육의 피로에 영향을 주는 인자들인 작업 자세나 정적인 또는 반복적인 작업 여부, 작업을 수행하는데 필요한 힘의 크기 등 작업으로 인한 근육 부하를 평가하기 위해 만들어졌다.

RULA의 장점은 우선 다른 특별한 장비가 필요 없이 단지 펜과 종이만 가지고도 쉽게 작업 부하를 평가할 수 있다는 것이다. 또한, 제한된 작업 공간에서도 작업자들에게 작업에 방해를 주지 않고 평가를 할 수 있기 때문에 보다 정확한 결과를 얻을 수 있고, 평가 시 특별한 기술이 필요 없기 때문에 누구나 약간의 교육만으로도 평가자가 될 수 있다. 그러나 동시에 다음과 같은 한계점도 가지고 있다. 우선, 자세분류별 부하 수준을 결정할 때 기존의 논문 등 문헌 고찰만을 바탕으로 하고 있기 때문에 근거가 미약하다. 게다가, 상지의 분석에만 초점을 맞추고 있기 때문에 전신

의 작업자세 분석에는 한계를 가지고 있다. 예로, 쪼그려 앉은 작업자세와 같은 경우에는 작업자세 분석이 힘들다. 그리고 분석 결과에 있어서도 총괄적인 작업부하 수준이 7개의 항목(Category)으로만 나누어져 있고 최종적인 분석 결과도 정성적으로 이루어지므로 작업자세 간의 정량적인 비교가 어렵다,

RULA에서는 단위 시간당 동작의 횟수가 많아지거나 근력이 필요한 정적인 작업이 많아질수록, 또 보다 큰 힘이 요구되거나 나쁜 작업자세가 많을수록 작업 부하가 증가할 것으로 가정하고 있다. 자세분류별 부하 수준을 평가할 때 작업 부하에 영향을 주는 인자들은 매우 많지만, 특히 RULA가 평가하는 작업 부하 인자는 다음과 같다.

- 동작의 횟수 (number of movement)
- 정적인 근육작업 (static muscle work)
- 힘 (force)
- 작업 자세 (work posture)

2. 2. 2 분석 절차

RULA를 이용해서 작업 부하를 평가하는 과정은 크게 3 단계로 나누어진다. 첫 번째는 작업 자세를 관찰해 기록하는 단계이고, 두 번째는 기록한 작업 자세로부터 포괄적인 값을 결정하는 단계이며, 세 번째는 이 값들을 바탕으로 작업 부하 수준(Action Level)을 결정하는 단계이다.

제 1 단계 : 작업 자세의 기록

평가를 좀 더 쉽게 하기 위해 신체를 그룹 A와 그룹 B 부분으로 나누어 측정한다. 그룹 A와 그룹 B에 속하는 신체 부위는 다음과 같다.

- 그룹 A : 상완(Upper Arm), 전완(Lower Arm), 손목(Wrist)
- 그룹 B : 목(Neck), 상체(Trunk), 다리(Legs)

평가를 할 때에는 각 부위별로 미리 주어진 코드 체계(Coding System) 중 그 자세에 적절한 코드를 기입하는 방법을 이용한다. 이 때, 신체의 각 부위별로 주어진 코드 체계는 기존의 연구 논문들이나 관련 저서들을 통해서 결정되었는데, 보통 숫자 1은 그 자세의 위험 인자(Risk Factor)가 최소일 때 채택된다. 만약 작업 자세가 신체에 더 많은 부하를 줘서 위험 인자가 증가하면 더 높은 수치가 채택된다.

가. 그룹 A

그룹 A에 해당하는 신체 부위의 코드 체계는 각각 다음의 Table 6과 같다.

Table 6. 그룹 A의 작업부하 지수

신체 부위	지수	작업 자세 설명
상완 (Fig. 1)	1	상완이 몸통 전후 20°이내에 있을 때 (20°굴절 - 20°신전)
	2	상완이 뒤쪽으로 20°이상 혹은 앞으로 20°-45°에 있을 때 (20°이상 신전, 20°- 45°이상 굴절)
	3	상완이 앞으로 45°- 90°사이에 있을 때 (45°- 90°굴절)
	4	상완이 앞으로 90°이상 있을 때 (90°이상 굴절)
	+1	어깨가 올려져 있거나 상완이 비틀려져 있을 때(외전)
	-1	몸을 기대고 있거나 다른 도구가 팔의 무게를 지탱하고 있을 때
전완 (Fig. 2)	1	전완이 앞으로 60°-100°사이에 있을 때 (60°-100°굴절)
	2	전완이 앞으로 0°-60°혹은 앞으로 100°이상에 있을 때 (0°-60°굴절 혹은 100°이상 굴절)
	+1	팔이 몸통 중심으로 엇갈려서 작업하거나 양어깨 넓이 이상으로 벌려서 작업을 할 때
손목 (Fig. 3)	1	손목이 자연스러운 위치에 있을 때 (중립 자세)
	2	손목이 각각 위쪽으로 0°-15°올려져 있거나 0°-15°내려져 있을 때 (0°-15°신전 혹은 0°-15°굴절)
	3	손목이 15°이상 올려져 있거나 15°이상 내려져 있을 때 (15°이상 신전 혹은 15°이상 굴절)
	+1	손목이 요골편향/척골편향(radial/ulnar deviation)일 때
손목 비틀림	1	손목의 비틀림이 어느 적절한 범위에 있을 때
	2	손목이 비틀림이 거의 한계 직전까지 일 때

상완의 부하지수는 다음의 Fig. 1과 같다.

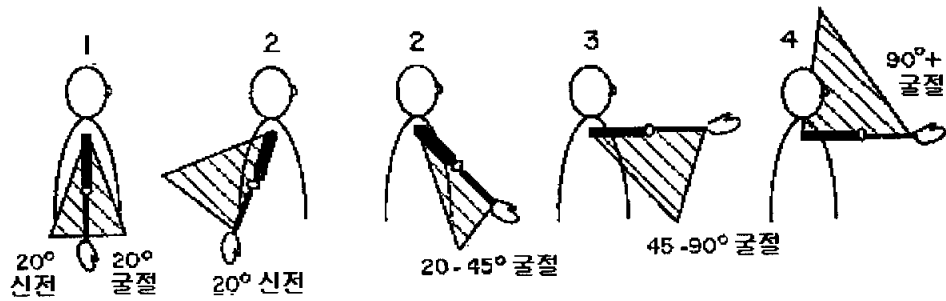


Fig. 1. 상완의 부하지수

전완의 부하지수는 다음의 Fig. 2와 같다.

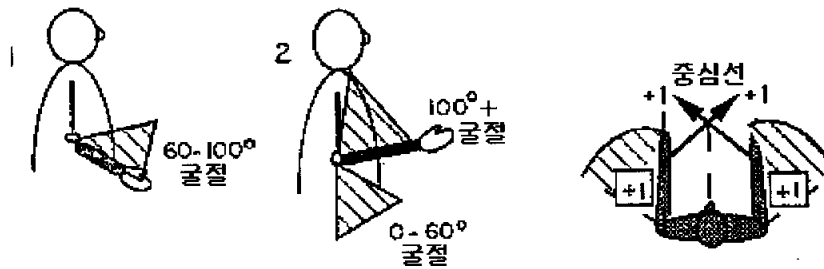


Fig 2. 전완의 부하지수

손목의 부하지수는 다음의 Fig. 3과 같다.

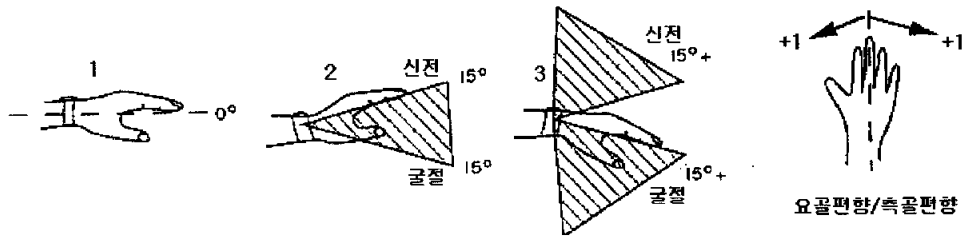


Fig. 3. 손목의 부하지수

나. 그룹 B

마찬가지로 그룹 B에 해당하는 신체부위의 부하지수는 다음의 Table 7에 나타내었다.

Table 7. 그룹 B의 작업부하 지수

신체 부위	지수	작업 자세 설명
목 (Fig. 4)	1	목이 앞쪽으로 0°- 10°구부러져 있을 때 (0°- 10°굴절)
	2	목이 앞쪽으로 10°- 20°구부러져 있을 때 (10°- 20°굴절)
	3	목이 앞쪽으로 20°이상 구부러져 있을 때 (20°이상 굴절)
	4	목이 뒤쪽으로 구부러져 있을 때 (신전일 때)
	+1	목이 회전되어 있거나 옆으로 구부러져 있을 때
상체 (Fig. 5)	1	앉아 있을 때 상체가 잘 지지될 때
	2	상체가 앞쪽으로 0°-20°구부러져 있을 때 (0°-20°굴절)
	3	상체가 앞쪽으로 20°-60°구부러져 있을 때 (20°-60°굴절)
	4	상체가 60°이상 구부러져 있을 때 (60°이상 굴절)
	+1	상체가 회전되어 있거나 옆으로 구부러져 있을 때
다리	1	체중이 고르게 분포되도록 앉아 있는 경우 다리와 발이 잘 지탱될 때, 혹은 서 있는 경우 체중이 골고루 양다리에 분포되고 충분히 움직일 공간이 주어질 경우
	2	다리와 발이 잘 지지되지 못하고 체중 분포도 균형을 이루지 못할 때

목의 부하지수는 다음의 Fig. 4와 같다.

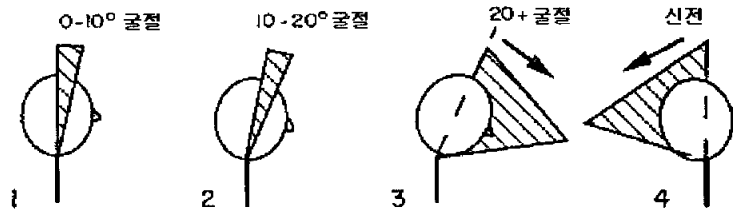


Fig. 4. 목의 부하지수

상체의 부하지수는 다음의 Fig. 5와 같다.

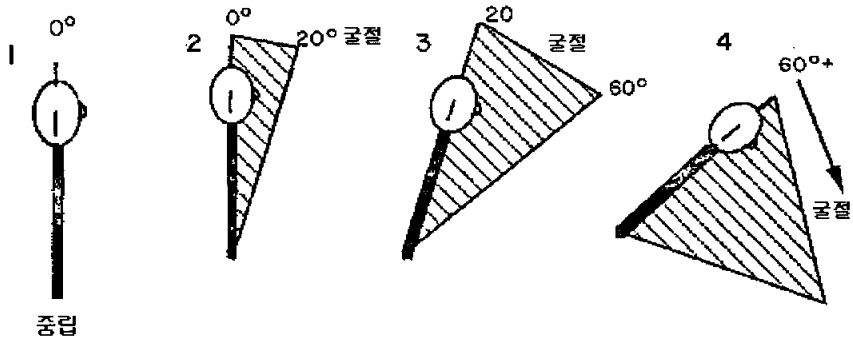


Fig. 5. 상체의 부하지수

제 2단계 : 작업 자세 번호의 조합(Grouping)

위에서 구한 각각의 값들은 개개의 신체 부위의 부하 수준을 나타내기 때문에 이것들을 통합적으로 하나의 수치로 나타낼 수 있는 시스템이 필요하다. 그룹 A와 그룹 B 각각에 대한 종합적인 작업 부하 수치는 각각 다음의 Table 8, 9와 같다. 이 때, 그룹 A의 종합 작업 부하 수치는 Score A, 그룹 B의 종합 부하 수치는 Score B라고 부른다.

Table 8. 그룹 A의 종합 부하수치 (Score A)

Score A		손목							
상완	전완	1		2		3		4	
		손목 비틀림		손목 비틀림		손목 비틀림		손목 비틀림	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Table 9. 그룹 B의 종합 부하수치 (Score B)

Score B	상체											
목	1		2		3		4		5		6	
	다리		다리		다리		다리		다리		다리	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

위에서 그룹 A, 그룹 B별로 각각 Score A, Score B를 구하고, 여기에 근육에 과도하게 걸리는 부하(Muscle use score)와 지속적이고 반복적으로 발휘해 주어야 하는 힘에 의한 부하(Force score)까지 고려하여 각각 Score C, Score D를 구할 수 있다. 이 때, 근육부하점수(muscle use score)와 힘부하점수(force score)는 다음의 Table 10에 나타내었다.

Table 10. 근육 부하와 힘 부하

	지수	작업 자세 설명
근육부하점수 (muscle use score)	1	주로 정적인 상태로 1분 이상 들고 있거나, 1분에 4회 이상 반복될 때
힘부하점수 (Force score)	0	힘을 줄 필요가 없거나 2kg 미만의 힘을 간간이 줄 때
	1	2-10kg의 힘을 간간이 줄 때
	2	2-10kg의 힘을 정적인 상태로 계속 주거나 반복적으로 힘을 줄 때
	3	10kg 이상의 힘을 정적인 상태로 계속 주거나 반복적으로 힘을 줄 때 또는 갑작스럽게 힘을 주어서 무리가 올 때

Score C = Score A + muscle use and force scores for group A

Score D = Score B + muscle use and force scores for group B

제 3 단계 : 총괄적인 작업 부하 결정

마지막인 세 번째 단계에서는 앞서 구한 Score C와 Score D를 결합하여 전체적인 작업 부하 수준을 결정하는 하나의 총괄적인 부하(Grand score)를 산출한다. 총괄적인 값은 아래의 Table 11을 이용하여 구한다.

Table 11. 총괄적인 부하 (Grand Score)

	Score D (neck, trunk, leg)							
		1	2	3	4	5	6	7+
Score C (upper limb)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

위의 Table 17에서 구한 총괄적인 값을 이용하여 실제로 작업 부하가 어느 정도인지 다음의 Table 12의 네 단계로 구분할 수 있다.

Table 12. 실제의 작업부하 수준 (Action Level)

Grand Score	작업 부하수준 (Action Level)	설명
1	1	작업이 오랫동안 지속적으로 그리고, 반복적으로만 행해지지 않는다면 작업 자세가 별 문제가 없음을 나타낸다.
2		
3	2	작업 자세에 대한 추가적인 연구가 필요하고 작업 자세를 바꾸는 게 낫다는 것을 나타낸다.
4		
5	3	작업자세를 되도록 빨리 바꾸는 게 낫다는 것을 나타낸다.
6		
7	4	작업 자세를 즉각 바꾸어야 한다는 것을 나타낸다.

즉, 작업 부하수준이 커질수록 그 작업을 수행하는 작업 자세에 문제가 많아서 결국 작업자에게 장애를 가져올 위험성이 커진다는 것을 뜻한다.

비록, 인간의 몸은 복잡하고 적응성이 크기 때문에 이와 같은 단순한 하나의 수치로 모든 것을 결정하는 것은 다소 부적절하지만, RULA가 제시하는 값은 작업 자세에 따른 부하를 나타내는 하나의 지침(Guideline)은 될 수 있다.

지금까지의 단계를 전체적으로 살펴보면 아래의 Fig. 6과 같다.

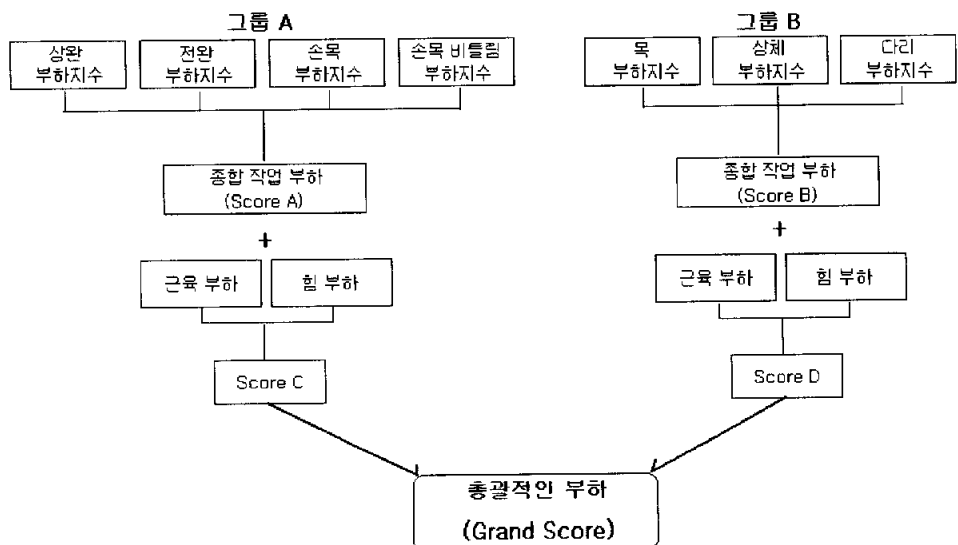


Fig. 6. RULA를 이용하여 작업부하를 구하는 절차

2. 3 Snook's Table¹¹⁾

2. 3. 1 개요

Snook's Table은 인간공학적 평가기법중의 하나이다. 이것은 정신물리학적 접근방법으로 인력운반작업에서 안전한계치를 결정하기 위해 Snook에 의해 1978년에 개발되었다. 이것의 초점은 인력운반작업에서 상해를 줄이기 위한 것이다.

Snook's Table은 인력운반작업에 포함된 요인들을 인지에 어떠한 영향을 주는지를 조사하는 것이다. 이러한 요인들은 들기빈도, 들기작업 최대 무게, 작업의 종류(내리기, 밀기, 당기기, 운반), 성별, 물체 길이, 너비, 운반거리, 밀고/당기기 높이를 포함한다.

2. 3. 2 분석절차

단계 1. 해당 작업(밀기/당기기)에 맞는 것을 아래의 Table 13과 14에서 선택한다.

단계 2. 선택한 테이블에 각각의 입력 값을 선택한다.

성별 : 남성 또는 여성 (아래의 테이블은 남성에 대한 테이블)

손까지 거리 : 바닥에서부터 손까지의 수직거리

수행 거리 : 해당 작업(밀기/당기기)을 수행한 거리

수행 시간 : 해당 작업(밀기/당기기)을 수행한 시간

단계 3. 단계 2에서 선택한 입력 값들의 교차하는 지점의 최대허용 무게를 읽는다.

테이블에서 사용할 수 있는 자료가 작업특성과 정확하게 맞지 않을 경우, 아래와 같은 방법을 통해 입력 값을 선택한다.

- ① 손까지의 거리는 테이블에서 가장 가까운 값을 선택한다.
- ② 수행 거리는 테이블에서 가장 가까운 값을 선택한다.
- ③ 수행 거리는 테이블에서 가장 가까운 값을 선택한다.

NIOSH에서는 대부분의 작업자들을 보호하기 위해 모집단 90%의 최대 허용무게 값을 추천하고 있다. 당기기(pull)의 최대 허용 힘은 Table 13, 밀기(Push)의 최대 허용 힘은 Table 14에 나타내었다.

Table 13과 14의 첫 번째 열은 바닥에서부터 손까지의 수직거리(cm)를 나타내며, 두 번째 열은 그 작업을 수행할 수 있는 모집단의 %를 나타낸다. 초기힘(Initial Force)은 물체를 움직이는데 필요한 힘을 나타내며, 유지힘(Sustained Force)은 물체를 움직인 후 유지하기 위해 필요한 힘을 말한다.

Table 13. 당기기(pull)의 최대 허용 힘(남자 / 단위:kg)

		2.1m pull One pull every							7.6m pull One pull every						
		6	12	1	2	5	30	8	15	22	1	2	5	30	8
		s		min				h	s		min				h
		Initial Forces							Initial Forces						
144	90	14	16	18	18	19	19	23	11	13	16	16	17	18	21
	50	20	23	26	26	28	28	33	16	18	24	24	25	26	31
	10	26	30	34	34	36	37	44	21	24	31	31	33	33	40
95	90	19	22	25	25	27	27	32	15	18	23	23	24	24	29
	50	28	32	36	36	39	39	47	23	26	33	33	35	35	42
	10	37	42	48	48	51	51	61	30	33	43	43	46	47	56
64	90	22	25	28	28	30	30	36	18	20	26	26	27	28	33
	50	32	36	41	41	44	44	53	25	29	37	37	40	40	48
	10	42	48	54	54	57	58	69	33	38	49	49	52	53	63
		Sustained Forces							Sustained Forces						
144	90	8	10	12	13	15	15	18	6	8	10	11	12	12	15
	50	13	16	20	21	23	24	28	10	13	16	17	19	20	23
	10	17	22	27	28	32	33	39	14	17	22	23	26	27	32
95	90	10	13	16	17	19	20	24	8	10	13	14	16	16	19
	50	16	21	26	27	31	32	37	13	17	21	22	25	26	31
	10	22	29	36	37	42	43	51	18	23	29	31	34	36	42
64	90	11	14	17	18	20	21	25	9	11	14	15	17	17	20
	50	17	23	28	29	32	34	40	14	18	23	24	27	28	33
	10	23	31	38	40	45	46	54	19	24	31	32	37	38	45

Table 13. 당기기(pull)의 최대 허용 힘(남자 / 단위:kg) (계속)

		15.2m pull							30.5m pull				
		One pull every							One pull every				
		25	35	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8
		s		min				h	min				h
		Initial Forces							Initial Forces				
144	90	13	15	15	15	16	17	20	12	13	15	15	19
	50	19	21	22	22	24	24	29	17	19	22	22	27
	10	24	28	29	29	31	31	38	22	25	29	29	37
95	90	18	20	21	21	23	23	28	16	18	21	21	26
	50	26	29	31	31	33	33	40	24	27	31	31	38
	10	33	38	41	41	43	44	52	31	35	40	40	50
64	90	20	23	24	24	26	26	31	18	21	24	24	30
	50	29	33	35	35	37	38	45	27	30	35	35	43
	10	38	43	46	46	49	49	59	35	39	46	46	57
		Sustained Forces							Sustained Forces				
144	90	7	8	9	9	10	11	13	7	8	9	11	13
	50	11	13	14	15	17	17	20	11	13	15	17	20
	10	14	17	19	20	23	24	28	15	17	20	23	27
95	90	9	10	12	12	14	14	7	9	10	12	14	17
	50	14	17	19	19	22	23	27	14	17	19	22	26
	10	19	23	26	27	30	31	37	19	23	27	31	36
64	90	9	11	12	13	15	15	18	9	11	13	15	18
	50	15	18	20	21	23	24	28	15	18	21	24	27
	10	20	24	27	28	32	33	39	21	24	28	32	38

Table 13. 당기기(pull)의 최대 허용 힘(남자 / 단위:kg) (계속)

		45.7m pull					61.0m pull			
		One pull every					One pull every			
		1	2	5	30	8	2	5	30	8
		min				h	min			h
		Initial Forces					Initial Forces			
144	90	10	11	13	13	16	10	11	11	14
	50	15	16	19	19	24	14	16	16	20
	10	20	22	22	25	31	18	21	21	27
95	90	14	16	18	18	23	13	16	16	19
	50	20	23	27	27	33	20	23	23	28
	10	27	30	35	35	43	26	30	30	37
64	90	16	18	21	21	26	15	18	18	22
	50	23	26	30	30	37	22	26	26	32
	10	30	34	39	39	49	29	34	34	42
		Sustained Forces					Sustained Forces			
144	90	6	7	8	9	10	6	6	7	9
	50	9	11	12	14	17	9	10	12	14
	10	12	14	17	19	23	12	14	16	19
95	90	7	9	10	12	14	7	9	10	12
	50	12	14	16	19	22	12	14	16	18
	10	16	19	22	25	30	16	19	21	25
64	90	8	9	11	12	15	8	9	10	12
	50	13	15	17	20	23	12	14	16	20
	10	17	20	24	27	32	17	20	23	27

Table 14. 밀기(push)의 최대 허용 힘(남자 / 단위:kg)

		2.1m push							7.6m push						
		One push every							One push every						
		6	12	1	2	5	30	8	15	22	1	2	5	30	8
		s		min				h	s		min				h
		Initial Forces							Initial Forces						
144	90	20	22	25	25	26	26	31	14	16	21	21	22	22	26
	50	32	36	40	40	42	42	51	23	25	33	33	35	35	42
	10	44	49	55	55	58	58	70	31	35	46	46	48	49	58
95	90	21	24	26	26	28	28	34	16	18	23	23	25	25	30
	50	34	38	43	43	45	45	54	26	29	38	38	40	40	48
	10	47	53	59	59	62	63	75	35	40	52	52	55	56	66
64	90	19	22	24	24	25	26	31	13	14	20	20	21	21	26
	50	31	35	39	39	41	41	50	20	23	32	32	34	35	41
	10	43	48	53	53	57	57	68	28	32	45	45	47	48	57
		Sustained Forces							Sustained Forces						
144	90	10	13	15	16	18	18	22	8	9	13	13	15	16	18
	50	17	22	27	28	31	32	38	13	16	22	23	26	27	32
	10	25	31	38	40	45	46	54	19	23	32	33	38	39	46
95	90	10	13	16	17	19	19	23	8	10	13	13	15	15	18
	50	18	23	28	29	33	34	40	14	17	22	23	26	27	32
	10	26	33	40	41	46	48	57	20	24	32	33	37	38	45
64	90	10	13	16	16	18	19	23	8	10	12	13	14	15	18
	50	18	23	28	29	32	33	39	14	17	21	22	25	26	31
	10	26	32	39	41	46	48	56	20	25	30	32	36	37	44

Table 14. 밀기(push)의 최대 허용 힘(남자 / 단위:kg) (계속)

		15.2m push							30.5m push				
		One push every							One push every				
		25	35	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8
		s		min				h	min				h
		Initial Forces							Initial Forces				
144	90	16	18	19	19	20	21	25	15	16	19	19	24
	50	26	29	31	31	33	33	40	24	27	31	31	38
	10	36	40	43	43	45	46	55	32	37	42	42	53
95	90	18	21	22	22	23	24	28	17	19	22	22	27
	50	29	33	35	35	37	38	45	27	30	35	35	44
	10	40	46	49	49	52	52	62	37	41	48	48	60
64	90	15	17	19	19	20	20	24	14	16	19	19	23
	50	23	27	30	30	32	33	39	23	26	30	30	37
	10	32	37	42	42	44	45	54	32	36	41	41	52
		Sustained Forces							Sustained Forces				
144	90	8	9	11	12	13	14	16	8	10	12	13	16
	50	14	17	20	20	23	24	28	15	17	20	23	28
	10	20	24	28	29	33	34	40	21	25	29	33	39
95	90	8	10	11	12	13	13	16	8	10	12	13	16
	50	14	17	19	20	23	23	28	15	17	20	23	27
	10	20	25	28	29	32	33	40	21	25	29	33	39
64	90	8	10	11	11	12	13	15	8	9	11	13	15
	50	14	17	19	19	22	22	27	14	16	19	22	26
	10	21	25	27	28	31	32	38	20	24	28	32	37

Table 14. 밀기(push)의 최대 허용 힘(남자 / 단위:kg) (계속)

		45.7m push					61.0m push			
		One push every					One push every			
		1	2	5	30	8	2	5	30	8
		min				h	min			h
		Initial Forces					Initial Forces			
144	90	13	14	16	16	20	12	14	14	18
	50	20	23	26	26	33	20	22	22	28
	10	28	31	36	36	45	27	31	31	39
95	90	14	16	19	19	23	14	16	16	20
	50	23	26	30	30	37	22	26	26	32
	10	32	36	41	41	52	31	35	35	44
64	90	12	14	16	16	20	12	14	14	17
	50	20	22	26	26	32	19	22	22	28
	10	27	31	36	36	44	26	30	30	38
		Sustained Forces					Sustained Forces			
144	90	7	8	10	11	13	7	8	9	11
	50	12	14	17	19	23	12	14	16	19
	10	18	21	24	28	33	19	20	23	28
95	90	7	8	9	11	13	7	8	9	11
	50	12	14	17	19	23	12	14	16	19
	10	17	20	24	27	32	17	20	23	27
64	90	7	8	9	11	13	7	8	9	10
	50	12	14	16	18	22	12	14	15	18
	10	17	20	23	26	31	16	19	22	26

3. 설문조사

A사 전체 근로자 531명에 대하여 근골격계질환 관련 설문을 실시한 결과 396명이 회수되었다.

설문지는 근골격계질환 관련 결과를 얻기 위해 구성하였으며, 유소견자 판별은 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health) 기준 및 한국산업안전공단의 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인 평가지침을 따랐다^{7,8)}.

설문 응답자의 직무별 구성을 보면 TC(Turning Center), MC(Machine Center) 등 생산팀이 297명으로 전체 근로자 대비 55.9%를 차지하고 있다.

생산공정은 작업주기가 통상 6~45일로 이루어지며, 반복작업이 없고 작업자 1인이 완제품까지 작업을 진행하는 특성으로 인해 인간공학적인 작업분석에는 적합하지 못한 것으로 판단되었다.

전체 설문 응답자 중 유소견자는 34명으로 생산인원 대비 11.65%였으며, 생산공정을 제외하면 자재보급직이 가장 비중이 높았다.

3. 1 작업 강도에 대한 설문 결과

작업 강도에 대한 설문결과는 Table 15와 같다.

전체 응답자 중 약간 힘들다 이상의 응답자가 59.1%로 작업강도가 높은 것으로 나타났다.

Table 15. 작업강도에 대한 설문 결과

(응답인원 : 396명)

항목	응답자 수	비율(%)
전혀 힘들지 않다	9	2.3
적당하다	147	37.1
약간 힘들다	194	49.0
매우 힘들다	40	10.1
기타(미표기)	6	1.5

3. 2 작업 자세에 대한 설문 결과

작업자세에 대한 설문결과를 Table 16에 나타내었다.

전체 응답자 중 들거나 내리는 작업이 가장 높은 응답을 보였다.

Table 16. 작업자세에 대한 설문 결과

(응답인원 : 396명)

항목	응답자 수	비율(%)
들거나 내리는 작업	119	30.1
밀거나 당기는 작업	69	17.4
두 가지 모두 해당	135	34.1
기타(미표기)	73	18.4

3. 3 작업점에 대한 설문 결과

작업점에 대한 설문결과를 Table 17에 나타내었다.

설문 분석 결과 작업자의 63.1%가 어깨 아래에서 취급하고 있었다.

Table 17. 작업점에 대한 설문 결과

(응답인원 : 396명)

항목	응답자 수	비율(%)
발목-무릎	21	5.3
무릎-엉덩이	50	12.6
엉덩이-팔꿈치	91	23.0
팔꿈치-어깨	88	22.2
어깨-머리	23	5.8
머리 이상	16	4.0
2개 항목 이상 해당	85	21.5
기타(미표기)	22	5.6

3. 4 부서별 유소건자 발생현황

부서별 유소건자 발생현황을 분석한 결과는 Table 18과 같다.

유소건율은 생산 1팀, 2팀, 3팀 및 생산관리팀이 각각 9.1%, 8.39%, 14.04%, 7.50% 이었으며, 전체 8.59%를 나타내었다.

Table 18. 부서별 유소건자 발생 현황

소속	응답자 수	유소건자 수	비율(%)
생산 1팀	88	8	9.10
생산 2팀	143	12	8.39
생산 3팀	57	8	14.04
생산관리팀	40	3	7.50
기타	68	3	4.41
계	396	34	8.59

3. 5 공정별 유소건자 발생현황

공정별 유소건자 발생현황을 분석한 결과는 Table 19와 같다.

조립(기계)에서 12명, 가공과 조립(미선)에서 8명, 중량물 취급에서 2명, 도장에서 1명이 발생하였다.

Table 19. 공정별 유소건자 발생현황

공정명	유소건자 수	공정 특성
가공	8	Setting 후 자동 가공
조립(기계)	12	1 Cycle : 6 ~ 45일
조립(미션)	8	조립(기계)로 통합
중량물 취급	2	부품창고 작업자 2명
도장	1	
기타	3	사무관리 및 기술지원

3. 6 유소건자 부위별 통증 결과

유소건자 34명에 대한 부위별 통증 결과는 Table 20과 같다.

Table 20. 유소견자 부위별 통증 결과

(음영 : 중간통증 이상)

No	소속	공정	부위					
			목	어깨	팔	손	허리	다리
1	생산 1팀	*FMS	✓	✓	✓	✓	✓	
2	생산 1팀	**MC가공	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	생산 1팀	MC가공	✓	✓				
4	생산 1팀	기어		✓	✓			✓
5	생산 1팀	스핀들	✓	✓		✓		
6	생산 1팀	***HEAD	✓	✓	✓	✓		
7	생산 1팀	HEAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	생산 1팀	HEAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	생산 2팀	MC 조립1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	생산 2팀	MC 조립1		✓			✓	✓
11	생산 2팀	MC 조립2	✓	✓	✓			
12	생산 2팀	MC 조립2			✓			
13	생산 2팀	****TC 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	생산 2팀	TC 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	생산 2팀	TC 2	✓	✓			✓	
16	생산 2팀	TC 3		✓	✓	✓	✓	
17	생산 2팀	TC 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	생산 2팀	TC 5			✓	✓	✓	
19	생산 2팀	전장 2				✓		
20	생산 2팀	전장 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	생산 3팀	*****TM조립 1		✓	✓			
22	생산 3팀	TM조립 1					✓	✓
23	생산 3팀	TM조립 2		✓				
24	생산 3팀	TM조립 2		✓	✓			
25	생산 3팀	TM조립 2		✓	✓		✓	
26	생산 3팀	TM조립 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	생산 3팀	TM조립 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28	생산 3팀	TM조립 3		✓				
29	생산관리팀	도장		✓	✓	✓	✓	
30	생산관리팀	자재보급	✓			✓	✓	
31	생산관리팀	자재보급	✓	✓	✓	✓	✓	✓
32	시스템 1팀		✓	✓	✓	✓	✓	✓
33	종합서비스센터	서비스		✓	✓	✓	✓	✓
34	종합서비스센터	서비스	✓	✓			✓	✓

* FMS : Flexible Manufacturing System

** MC : Machining Center

*** HEAD : 주축대 조립

**** TC : Turning Center

***** TM : Trans Mission

4. 인간공학적 위험성 분석

4. 1 작업 현황

자재창고 불출·입 작업의 특성을 살펴보면, 공작기계에 들어가는 전 외자품이 각국생산업체에서 보세품 창고로 입고된 후 세관검사의 현장 통관 후 입고내용물 목록과 함께 외자창고로 입고된다.

외자창고에서는 입고품 박스를 해체하고 입고 목록의 수량 및 현물 대조확인 후 각 품목별로 팔레트에 선별 정리하여 보관창고로 운송한다.

지정된 위치에 보관 후 불출요청 시 현장의 부품을 다시 팔레트에 적재한 후 현장라인 및 공정별로 지게차를 이용하여 보급하고 있다. 이때, 부품은 지게차를 이용하여 상단에 적재하고 있으며, 비교적 가벼운 것(볼 스크루 등)은 팔레트 위에 적재한 상태에서 인력으로 하나씩 운반하여 적재대에 쌓고 있다. 그로 인해, 적재 및 불출시의 기본적인 작업자세는 과도한 허리굽힘과 상지의 뻗침이 발생하고 있으며 부품박스의 중량이 품목별로 5, 10, 12, 13, 15, 17, 22, 26kg 등으로 중량물 운반작업이 되고 있다. 또한, 자재창고 불출·입 작업은 작업자세 및 작업 시 취급 중량으로 인해 위험성이 크고 해당 작업장의 근로자 2인이 모두 유소견자로 판명이 되어 자재창고의 인력작업에 대해서 중점적으로 분석하고, 개선방안을 제시하고자 한다.

4. 2 중량물 취급작업 및 작업자세 분석

공작기계제조업의 자재보관창고에 대하여 중량물 취급과 취급시의 자세에 대하여 비디오 촬영을 통한 동작분석으로 작업을 분석하고 그 결과를 NLE, RULA 및 Snook's Table을 통하여 부담정도를 분석하였다.

분석에 사용된 자재보관창고의 기존 적재대는 제작한지 10년 이상이 된 노후설비이며 현 작업형태로 볼 때 각 단의 높이/깊이가 120cm로 불출·입 작업 시 신체가 적재대 내에 들어가서 작업함에 따라 허리를 숙인 상태에서 중량물을 취급하고 있으며, 적재공간 역시 3열 4단 높이로 구성되어 허리에 과도한 부담을 주고 있다. 이에 자재창고의 적재대를 대상으로 하여 인력작업이 이루어지는 부품박스의 3열 4단 적재 12가지 작업형태에 대하여 NLE 분석과 RULA를 실시하고, 적재대 2단에서 이루어지는 부품박스의 push/pull 작업에 대해서 Snook's Table 분석을 실시하였다. 이때 취급하는 부품박스의 중량은 13kg(bearing ball) 이다.

본 연구에 적용된 12가지 작업형태는 Fig. 7과 같으며, 실제 현장의 사진을 Photo. 1에 나타내었다.

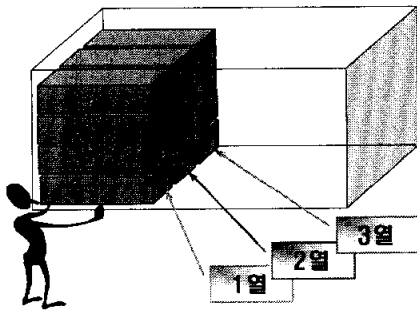


Fig. 7. 적용된 12가지 작업형태

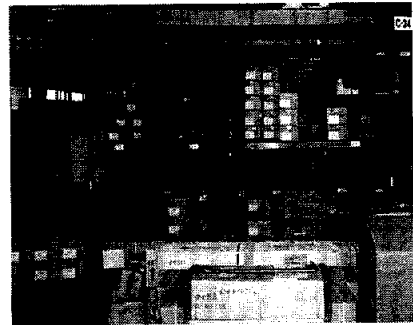


Photo 1. 부품박스 적재대 전경

4. 2. 1 작업형태별 분석

12가지 작업형태를 Photo 2 ~ 13에 나타내었다. 각 작업형태에 대해 NLE 분석으로 중량물 분석을 실시하고, RULA를 이용하여 작업자세에 대한 위험성을 분석하였다.

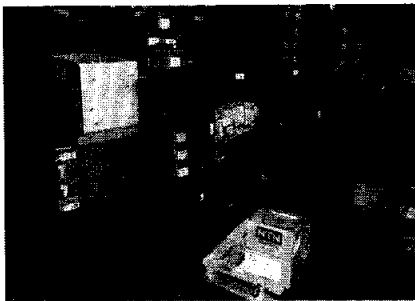


Photo 2. 1열 1단 작업



Photo 3. 2열 1단 작업

Photo 2의 1열 1단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 9.817kg, 6.782kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

Photo 3의 2열 1단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 9.8165kg, 6.0142kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

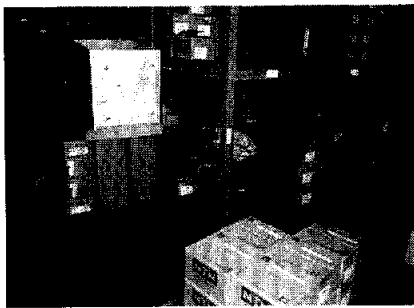


Photo 4. 3열 1단 작업

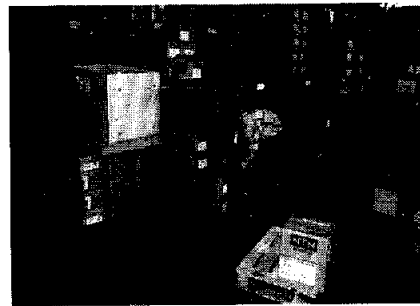


Photo 5. 1열 2단 작업

Photo 4의 3열 1단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 수평거리의 분석값 초과로 인해 부적합한 것으로 나타났으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

Photo 5의 1열 2단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 10.6527kg, 7.8260kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

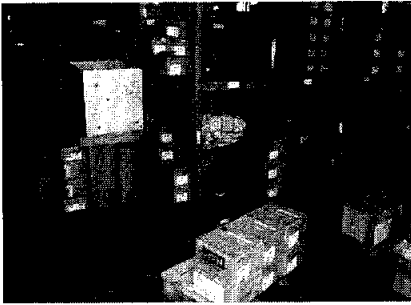


Photo 6. 2열 2단 작업



Photo 7. 3열 2단 작업

Photo 6의 2열 2단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 10.6527kg, 6.94kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

Photo 7의 3열 2단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 수평거리의 분석값 초과로 인해 부적합한 것으로 나타났으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

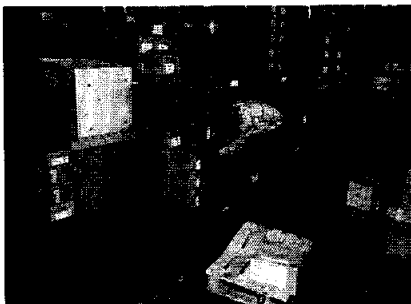


Photo 8. 1열 3단 작업

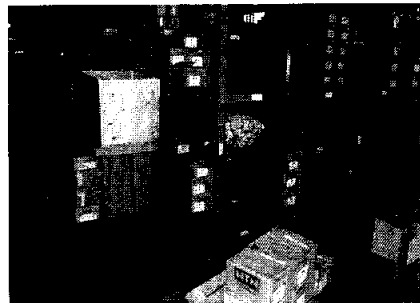


Photo 9. 2열 3단 작업

Photo 8의 1열 3단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 10.1201kg, 7.8776kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

Photo 9의 2열 3단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 10.6527kg, 7.3535kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.



Photo 10. 3열 3단 작업



Photo 11. 1열 4단 작업

Fig 10의 3열 3단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 수평거리의 분석값 초과로 인해 부적합한 것으로 나타났으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

Fig 11의 1열 4단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 10.1201kg, 8.3206kg 이었으며, RULA 분석결과는 6점, Action Level III으로서 계속적 관찰과 빠른 작업개선이 요구된다.



Photo 12. 2열 4단 작업



Photo 13. 3열 4단 작업

Photo 12의 2열 4단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 RWL 값이 각각 10.6527kg, 7.767kg 이었으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

Photo 13의 3열 4단 작업에 대한 NLE 분석결과는 시점과 종점에서 수평거리의 분석값 초과로 인해 부적합한 것으로 나타났으며, RULA 분석결과는 7점, Action Level IV로서 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다.

12가지 작업형태에 따른 인간공학적 분석 결과를 Table 21에 정리하여 나타내었다.

Table 21. 12가지 작업형태별 NLE, RULA 분석 결과

		NLE	RULA	비고
1열 1단	시점	RWL : 9.817kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 6.782kg		
2열 1단	시점	RWL : 9.8165kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 6.0142kg		
3열 1단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		
1열 2단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.8260kg		
2열 2단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 6.9400kg		
3열 2단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		
1열 3단	시점	RWL : 10.1201kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.8776kg		
2열 3단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.3535kg		
3열 3단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		
1열 4단	시점	RWL : 10.1201kg	6점 : Action Level III	
	종점	RWL : 8.3206kg		
2열 4단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.7670kg		
3열 4단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		

4. 2. 2 Push/Pull 작업 분석

적재대 2단에서는 box를 적재한 후 안쪽으로 밀거나 당겨서 불출·입 작업을 하고 있다. 작업형태는 1열에서 2열, 1열에서 3열로 이동하고 있으며, box를 1개에서 4개까지 쌓아서 작업하는 형태로 구분해 볼 수 있다. 현 작업에서 사용되는 부품 box는 13kg(bearing ball)이다. 작업현황을 Photo 14, 15에 나타내었다.

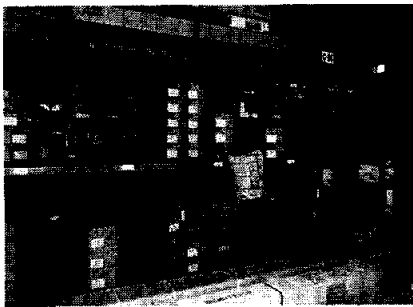


Photo 14. Push 작업

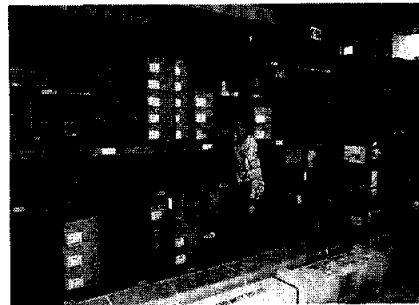


Photo 15. Pull 작업

Snook's Table을 이용하여 최대허용 초기힘과 최대허용 유지힘을 구한 결과는 Table 22와 같다.

Table 22. Push/Pull 작업 시 Snook's Table 분석 결과

	최대허용 초기힘	최대허용 유지힘
Push 작업	22kg	13kg
Pull 작업	16kg	10kg

따라서, 13kg 부품 box를 push/pull 작업할 경우 2개 이상은 허용한계를 벗어남을 알 수 있다.

5. 개선방안

개선방안은 크게 작업자세 및 방법의 개선, 작업대 규격 개선 및 운반용 보조기구 개선으로 나누어 볼 수 있다.

5. 1 작업자세 및 방법의 개선

인력물자취급 시 작업자의 건강상태나 연령, 성별, 심리적인 상태 등과 같이 작업외적인 요인이 작용하기도 하지만 가장 중요한 위험요인은 작업 환경조건이다. 즉 개인의 부하능력을 벗어난 과도한 중량물을 취급한다거나 중량물은 아니더라도 작업 특성상 부적합한 자세를 취하고서 장시간 일을 해야 한다거나 혹은 가벼운 물건일지라도 그것을 들어 올리거나 옮기는 회수가 빈번한 작업, 들어올리는 거리 등이 중요한 요인으로 지적되고 있다.

따라서 중량물 작업 자체를 기계화하는 환경개선이 무엇보다도 우선되어야 하고 차선택으로 개인의 작업특성과 부하능력에 맞는 중량물 허용한계를 계산해보고 이를 준수하도록 노력해야 한다. 만약 중량물의 무게를 줄일 수 없다면 취급회수를 줄이거나, 작업대 등을 이용하여 들어올리는

높이를 조절하거나, 중량물을 옮기는 거리를 줄이는 등의 적절한 방안을 적용해야 한다. 이 때 중량물을 취급함에 있어 한국산업안전공단에서 제정한 기준을 바탕으로 본사에서 제정한 다음과 같은 작업자세의 원칙을 지켜야만 동일한 중량을 취급한다 하더라도 허리에 가해지는 부하정도를 줄일 수 있다¹²⁾.

원칙 1. 물체의 중심과 작업자와의 간격(발까지의 거리)을 최소화한다.

이를 위해서는 몸의 중심을 물체에 최대한 가까이 해야 하고 가벼운 물건이라 하더라도 그 부피를 최소화해야 한다. 보통 물체의 중심과 작업자와의 거리가 20cm 이하일 때 척추에 가중되는 힘이 가장 적어지며, 만약 80cm 이상 떨어져 있을 때는 척추에 가해지는 힘이 5배 이상 커지게 된다.

원칙 2 . 바닥에 놓여있는 물체의 중심이 가능하면 작업자의 허리높이와 동일해야 한다.

바닥에 있는 물체를 들어올릴 때는 물체의 무게중심이 허리 아래에 있기 때문에 허리에 가해지는 하중이 커지게 되므로 보조 적재대 등과 같은 받침대를 이용하여 물체의 중심 높이가 작업자의 허리 높이(약 75 cm 정도)에 위치하도록 인위적으로 조절할 필요가 있다.

원칙 3 . 물체의 운반거리 및 회수(혹은 들어올리는 회수)를 최소화시킨다. 물체의 중량이 크지 않더라도 들어올리는 회수가 빈번해지면 허리에 무리가 갈 수 있다.

원칙 4 . 만약 바닥에 있는 물체를 들어올릴 때는 허리를 곧게 편 상태에서 무릎을 굽혀 몸의 중심을 낮추도록 한다.

무릎을 편 상태에서 물체를 들어올리면 물체의 하중이 곧바로 척추에 전달되기 때문에 반드시 무릎을 굽힌 상태에서 들어올려야 한다.

원칙 5 . 물체를 어깨 위로 들어올리는 일은 절대로 금한다.

원칙 6 . 두 사람 이상이 물체를 들어올릴 때는 양쪽에 힘이 균등하게 배분되도록 행동을 동시에 취한다.

원칙 7. 무거운 물체 혹은 부피가 큰 것은 물체의 한쪽에서부터 살짝 들어올려야 한다.

원칙 8 . 들어올리는 물체에는 손잡이가 있어야 하고 만약 손잡이가 여의치 않을 때는 코팅장갑을 착용하여 힘을 지지할 수 있도록 해야 한다.

원칙 9 . 물체를 들어올릴 때는 힘을 지지하는 발끝을 서로 나란하게 하지 말고 가능하면 대각선 방향이 되도록 하여 힘을 분산시키도록 한다.

원칙 10 . 바닥을 이용하여 물체를 이동시킬 때는 앞에서 끌어당기지 말고 뒤에서 물체를 밀도록 한다.

원칙 11. 같은 무게의 물체라 하더라도 가능하면 부피를 최소화 한다.

이상과 같은 원칙을 준수하여 인력물자취급 시 위험을 방지하도록 한다.

5. 2. 작업대 규격 개선

일반적으로 적재대의 단수는 작업물의 크기에 따라 가변적으로 설계되어진다. 하지만 작업물의 크기가 작다고 하더라도 무게가 무거울 경우에는 높이에 제한을 두어 설계해야 한다.

적재대의 높이 기준은 실제 작업물의 손잡이 높이를 적용한다. 실제 작업물의 손잡이까지의 높이는 팔꿈치 높이보다 10~20cm 정도 낮게 설계해야 한다. 한국인의 평균 인체치수를 고려한 적재대의 높이 기준은 Table 23과 같다¹³⁾.

Table 23. 적재대 높이 기준

	고정식	상하 조절식
남녀공통 작업대 높이	93cm	84~104cm
남성용 작업대 높이	97cm	90~104cm

원칙적으로 부품박스 1개씩을 취급하도록 표준화하고 적재대 자체를 1개씩만 투입되도록 개선하였다.

적재대의 경우 문제점은 단의 높이가 너무 높거나 낮을 경우 작업자의

허리에 부담을 줄 수 있다는 것이다. 최상단의 경우 작업대를 사용하는 주작업자의 키 이상이 되지 않도록 하여야 한다. 중량물일 경우에는 작업자의 어깨 높이 이상으로 적재하지 않도록 주의하여야 한다.

최상단과 최하단은 되도록 사용하지 않도록 하며, 공간상의 부족으로 사용해야 할 경우 빈도수가 적거나 가벼운 작업물을 적재하도록 한다.

개선된 적재대 규격은 다음의 Fig. 8과 같다.

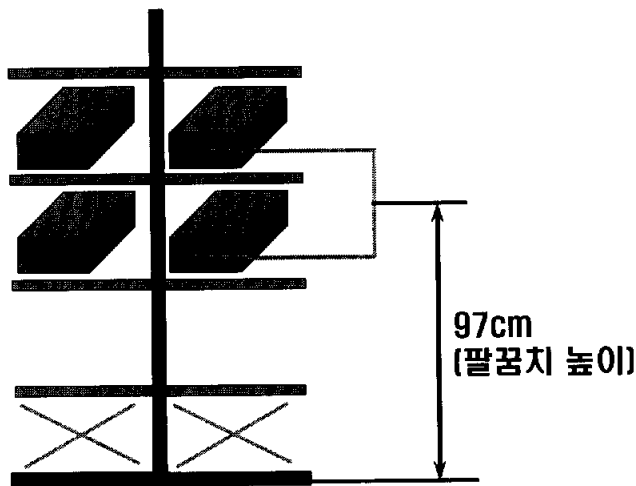


Fig. 8. 1열 1단 적재대 규격

기존 자재창고의 공간을 최대한 활용하여 Fig. 17의 개선된 적재대를 병력 배치하고, 그 사이를 대차가 이동할 수 있도록 통로를 구획하였다.

5. 3 운반용 보조기구 개선

12가지 작업형태에 대한 NLE 분석 결과 모든 작업형태가 허용기준을 초과하였다. 따라서 작업물의 중량에 대한 개선이 필수적이거나, 부품입고 시 중량에 대한 제어가 불가능 하므로 작업자세나 운반보조기구 등의 사용으로 개선을 유도하여야 한다.

적재대 운반시 이동거리와 적재시의 수직거리를 개선하기 위해 현재 사용하고 있는 운반용 기구를 개선하였다.

개선 전/후의 운반용 보조기구를 Fig. 9, 10에 나타내었으며, 개선된 운반용 보조기구는 Fig. 8의 적재대와 병행하여 사용한다.

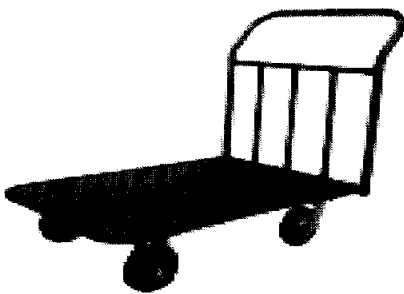


Fig. 9 개선 전 운반용 보조기구

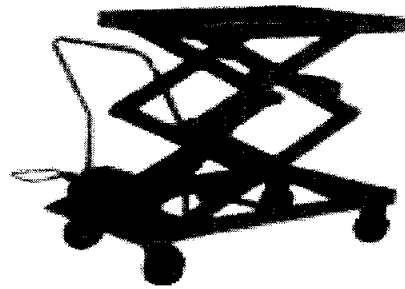


Fig. 10 개선 후 운반용 보조기구

5. 4 개선 후의 인간공학적 분석

개선된 자재창고는 1열 1단 적재대와 유압식 리프트 대차를 이용하여 작업점 높이까지 박스를 인양한 후 적재대에 설치된 자중식 롤러를 이용하여 밀어 넣는 작업형태이다. 개선 후의 NLE 및 RULA 분석결과를 Table 24에 나타내었다. 기존의 중량물 취급 작업 방법을 유압대차를 이용하여 push/pull 작업으로 개선하였다. 따라서 들기작업이 발생하지 않으므로 NLE 분석을 할 필요가 없으며, 작업자세에 따른 RULA 결과를 비교해 본 결과 개선 전의 6~7점에 비해 위험성이 현저하게 줄어든 2~4점을 나타내었다.

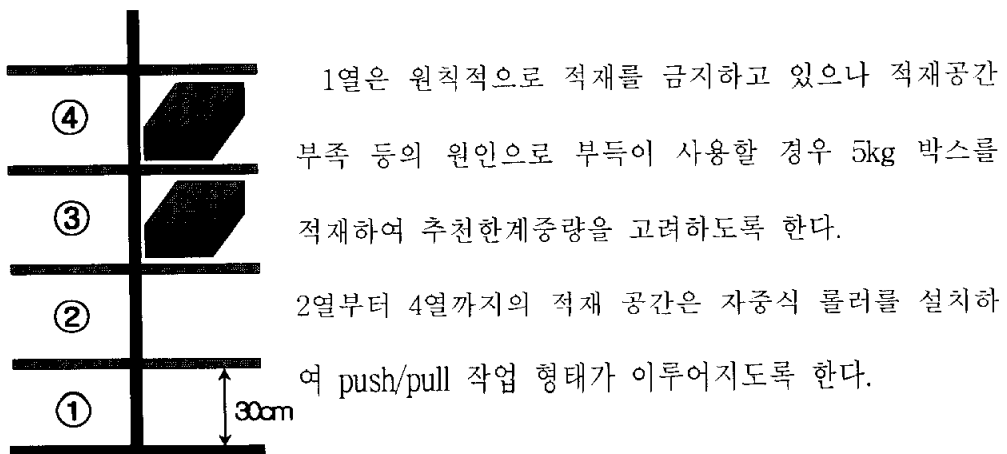


Table 24. 개선 후 분석 결과

		NLE	RULA
①	시점	Push/pull 작업으로 이루어지므로 중량물 취급 작업 분석방법인 NLE를 이 용할 필요가 없음	4점 : Action Level II
	종점		
②	시점		3점 : Action Level II
	종점		
③	시점		3점 : Action Level II
	종점		
④	시점		2점 : Action Level I
	종점		

6. 결론 및 토의사항

자재창고 불출입 작업 시에 발생하는 작업형태에 대해서 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 설문분석 결과 전체의 8.59%가 근골격계질환 유소전자로 판명되었다.
2. 부품창고 작업자가 2명 모두 유소전자로 가장 심각한 것으로 나타났다.

따라서, 중량물 취급 시 단품처리, 유압조절식 대차 사용 등의 명확한 작업기준 제시가 필요하다.

3. 부품창고 작업에 대한 NLE 분석결과 12가지 작업형태 중 5kg 의 부품 박스를 제외하면 모두 권장무게한계를 벗어남을 알 수 있으며, 3열 작업 시 NLE 분석 자체가 부적합 것으로 나타났다.
4. RULA 분석결과 12가지 작업형태 모두 시급한 개선이 필요한 것으로 나타났다.
5. Snook's table 분석결과 2개 이상 부품박스를 취급 시 최대 허용 초기 힘 및 최대 허용 유지힘이 초과하였다.

본 연구 결과에 따라 다음과 같이 개선안을 제안하였다.

1. 권장무게한계 6.78kg 이상의 부품박스를 취급 시 1열만 사용하는 적재대로 개선하고 배치 및 운반통로를 고려하였다.
2. Push/Pull 작업으로 이루어 질 수 있도록 대차에 리프트를 설치하여 적재대의 높이에 맞추어 밀거나 당길 수 있도록 설비를 개선하고 작업기준을 제시하였다.
3. 개선 결과 작업방법이 push/pull로 전환됨에 따라 NLE 분석을 할 필요가 없었으며, 작업자세에 따른 위험성은 RULA 6~7점에서 2~4점으로 현저하게 줄었다.

참고문헌

1. 통계청, 광공업통계조사, 1998
2. 한국공작기계공업협회, '03년 상반기 시장동향, 2003
3. 노동부, 2002 산업재해 분석, 2003
4. 장성록, 냉동창고 출하작업의 신체부담 분석에 관한 연구, 산업안전학회지, 제 13권, 제 1호, pp147-154, 1998
5. 박현진, 장성록, 허리비틀림 각도에 따른 근육활동 분석, 산업안전학회지, 제 16권, 제 2호, pp117-120, 2001
6. 장성록, 배동철, 들기 작업시 손잡이의 영향에 관한 연구, 산업안전학회지, 제 18권, 제 2호, pp119-124, 2003
7. NIOSH, Elements of Ergonomics Program, 1997
8. 한국산업안전공단, 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인 평가지침 (H-28-2002), 2002
9. Janet C. Haartz, Applications manual for the revised NIOSH lifting Equation, U.S. Department of Health and Human Services, 1994
10. McAtamney, L. & Corlett, E.N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24(2) 91-99, 1993

11. S. H. Snook and V. M. Ciriello, The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces, *Ergonomics* 34(9):1197-1213, 1991
12. 한국산업안전공단, 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침(H-05-98), 1998
13. 기술표준원, 제 4차 국민표준체위조사, 1997

부록. 설문지 양식

[근골격계질환 증상 파악을 위한 설문지]							
◎ 본 설문 조사는 A사 현장 종업원의 근골격계질환 증상 파악을 위하여 실시되는 설문조사입니다. 여러분의 작업장에 대한 근골격계질환 실태를 파악하고 그에 따른 문제점을 개선하기 위한 목적으로 실시되오니 솔직하게 기입해 주시기 바랍니다. ◎ 신체 부위별 증상의 물음에는 "운동을 하여 아프다", "감기로 아프다", 등과 같이 일시적이거나 작업과 관련이 없는 증상은 기입하지 마십시오. ◎ 문진표를 다 기입하고 나서 누락된 곳이 없는지 다시 한번 확인해 주십시오. A사 환경안전팀 / 노동조합 산안실							
I. 기본사항 및 작업환경 조사							
성명		성별	☐ 남 ☐ 여	연령	민__세	신장/체중	cm/ kg
소속	본부		팀	직	작업내용: 일하고 있는 기간 : __년 __개월째		
1일 근무시간	작업중 휴식시간 (식사시간 제외)			1일 __분씩 __회 휴식	과거 했던 일	작업내용 : __년 __개월 __기 __간	
결혼여부	☐ 미혼 ☐ 기혼	운동여부	☐ 규칙적 ☐ 불규칙적 ☐ 전혀안함 (운동종류 :)				
흡연	☐ 흡연 ☐ 비흡연 (하루: 갑) (년)			음주	☐ 음주함 ☐ 음주안함 (소주: 병/월, 맥주: 병/월)		
취미활동	취미 (), 시간 (분), 활동 (월 회)			가사활동 (집안일)	가사 (일 시간), 활동 (일 시간)		
☞ 다음과 같은 질병에 대한 진단을 받은 적이 있습니까? ('보기' 해당 질병에 표시) (보기 : ☐ 류마티스 관절염, ☐ 당뇨병, ☐ 루프스병, ☐ 통풍, ☐ 알콜중독) ☐ 어니오 ☐ 예 ('예'인 경우 현재 상태는? ☐ 완치, ☐ 치료나 관찰중)							
☞ 과거에 운동 중 혹은 사고로(교통사고, 넘어짐, 추락 등) 인해 손/손가락/손목, 팔/팔꿈치, 어깨, 목, 허리, 무릎 부위를 다친 적이 있습니까? ☐ 아니오 ☐ 예 ('예'인 경우 상해 부위는? ☐ 머리 ☐ 목 ☐ 어깨 ☐ 팔/팔꿈치 ☐ 손/손가락/손목 ☐ 허리 ☐ 다리/발 ☐ 무릎)							
☞ 현재하고 계시는 일의 강도(육체적 부담 정도)는 어느 정도라고 생각하십니까? ☐ 전혀 힘들지 않다 ☐ 적당하다 ☐ 약간 힘들다 ☐ 매우 힘들다							
☞ 주로 작업이 이루어지는 위치의 높이는 어느 정도입니까? ☐ 발목에서 무릎 사이 ☐ 무릎에서 엉덩이 사이 ☐ 엉덩이에서 팔꿈치 사이 ☐ 팔꿈치에서 어깨 사이 ☐ 어깨에서 머리 사이 ☐ 머리보다 높다							
☞ 작업중 주로 이루어지는 작업자세(동작)는? ☐ 들거나 내리는 작업 (주로 사용하는 팔 : __, __회/시간, __kg, 운반거리 __m) ☐ 밀거나 당기는 작업 (주로 사용하는 팔 : __, __회/시간, __kg, 운반거리 __m)							
☞ 작업에 사용되는 작업 공구는? (가장 많이 사용되는 공구의 순서대로) (1. 2. 3. 4. 5.)							

II. 문진표 (질문 1, 2)	
질문 1) 지난 1년간 목, 어깨, 팔/팔꿈치, 손/손목/손가락, 허리, 발/다리 등에 <u>통증·쑤심·저림·뻣뻣함·화끈거리는 느낌·무감각</u> 등의 불편한 증상을 느낀 적이 있습니까? 아니오 ☐ 예 ☐ ('예'인 경우 뒷장 '설문지' 작성) [기타증상: _____]	

■ 설문지 [앞장 '질문1'에서 '예'로 V 표시한 경우 아래의 '질문2' 설문 내용에 답해 주시기 바랍니다.]

질문 2) “질문1”에서 “예”라고 하신 경우(증상을 느꼈던 적이 있다면) 아래의 문항에서 각 부위별로 V표시로 답해 주시기 바랍니다.							
구분	목 부위	어깨 부위	팔 / 팔꿈치	손/ 손목/ 손가락	허리	다리/ 발	
1. 평소엔 통증, 쑤심, 저림 등의 증상을 느낀 적이 있습니까?	오른쪽 ☐ 왼 쪽 ☐ 양쪽모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼 쪽 ☐ 양쪽모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼 쪽 ☐ 양쪽모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼 쪽 ☐ 양쪽모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼 쪽 ☐ 양쪽모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼 쪽 ☐ 양쪽모두 ☐	
2. 몇 년전부터 이러한 증상을 느끼셨습니까?	__년__개월 전부터	__년__개월 전부터	__년__개월 전부터	__년__개월 전부터	__년__개월 전부터	__년__개월 전부터	
3. 이러한 증상은 보통 얼마나 지속 됩니까?	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐	1시간이내 ☐ 1-24시간 ☐ 24시간-1주 ☐ 1주-1달 ☐ 1달-6개월 ☐ 6개월이상 ☐
4. 이러한 증상이 얼마나 자주 발생 합니까?	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐	항상 ☐ 매일몇시간 ☐ 1주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상에 한번 ☐
5. 증상의 원인이 무엇 이 라고 생각하십니까?	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐	업무,직업 ☐ 질병,외상 ☐ 심안일 ☐ 취미,운동 ☐ 기타— ☐

구분	목 부위	어깨 부위	팔 / 팔꿈치	손/ 손목/ 손가락	허리	다리/ 발
6. 지난 일주일 동안 증상이 나타나 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
7. 현재 증상은 어느 정도에 해당된다고 생각하십니까?	통증없음 ☐ 약한통증 ☐ 중간통증 ☐ 심한통증 ☐ 매우 심한통증 ☐	통증없음 ☐ 약한통증 ☐ 중간통증 ☐ 심한통증 ☐ 매우 심한통증 ☐	통증없음 ☐ 약한통증 ☐ 중간통증 ☐ 심한통증 ☐ 매우 심한통증 ☐	통증없음 ☐ 약한통증 ☐ 중간통증 ☐ 심한통증 ☐ 매우 심한통증 ☐	통증없음 ☐ 약한통증 ☐ 중간통증 ☐ 심한통증 ☐ 매우 심한통증 ☐	통증없음 ☐ 약한통증 ☐ 중간통증 ☐ 심한통증 ☐ 매우 심한통증 ☐
8. 이러한 증상 때문에 치료(약국, 병원, 한방 등)받은 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
9. 이러한 증상 때문에 조퇴/결근한 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
10. 이러한 증상 때문에 작업을 바꾼 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
11. 증상이 호전되기 위해서 무엇이 필요하다고 생각하십니까?	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴식 ☐ 기타 ()	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴식 ☐ 기타 ()	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴식 ☐ 기타 ()	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴식 ☐ 기타 ()	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴식 ☐ 기타 ()	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴식 ☐ 기타 ()

* 통증 없음 (전혀 안 아프다),

약한 통증 (약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낀다)

중간 통증 (작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다)

심한 통증 (작업 중 통증이 비교적 심하고 귀가 후에도 통증이 계속된다)

매우 심한 통증 (통증 때문에 작업은 물론 일상생활을 하기가 어렵다)

Worksite risk analysis and improvement of manual material handling in parts warehouse

Young-Jae Go

Department of Safety Engineering, Graduate School.
Pukyong National University

Abstract

The purpose of this paper, executed the questionnaire for a work related musculoskeletal disorders(WMSDs) actual condition investigation of the works in parts warehouse.

We analyzed to the task of the 12 kinds according to the handling method.

The analysis method used NLE, RULA and Snook's Table.

We presented an ergonomic criteria through the task improvement.

The results of the questionnaire, A 8.59 % of the total was turned out as WMSDs symptoms.

The results of NLE, all escaped from the recommended weight limit if we excluded a 5kg component box.

We were revealed that the RULA analysis result needed in urgent improvement.

The results of Snook's table, the case to handle the component box over 2 exceeded initial forces and sustained forces.

감사의 글

대학원 과정에서 부족한 점이 많았던 제게 아낌없는 지도편달과 본 논문이 완성되기까지 각별한 관심으로 아껴주신 장성록 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다.

바쁘신 와중에도 본 논문을 심사하시고 세심한 검토와 많은 가르침을 주신 목연수 교수님, 이동훈 교수님께도 깊은 감사를 드리며, 학문에 대해 열정으로 가르쳐 주신 모든 교수님들께 머리 숙여 감사 드립니다.

대학원 과정동안 직장 생활에서 격려와 배려를 아끼지 않으신 이찬욱 선배에게 감사의 뜻을 전하며 또한 논문을 위해 처음부터 끝까지 많은 도움을 준 배동철 선생 및 인간공학 실험실 후배들에게 고마움을 전합니다.

석사과정을 이수하는 동안 변함없는 사랑과 믿음으로 내조한 아내 김현주와 사랑하는 딸 정민이 그리고 모든 가족들에게 감사의 뜻을 전하며, 이 작은 결실이 기쁨으로 보답되기를 바라고 저에게 용기를 주신 모든 분들께 이 논문을 작은 보답으로 올립니다.

2004년 2월

고 영 재