

4강. 인간공학 평가

정경희(한국노동안전보건연구소)

이 장은 개별적 작업환경에서 위험도의 평가와 개별적 위험요소의 개선을 어떻게 할 것이냐에 대한 내용이다. 그러나 인간공학 도구를 적용한 작업의 재설계는 실제 현장에서는 몇가지 한계점이 있다. 지금까지 노동조합의 요구안이나 교섭안 등이 대부분 노동조건에 대한 내용으로 구성되어 있었기 때문에 작업자세 개선은 이후 인간공학 전문가들이 들어와서 또다시 연구사업을 진행하고, 개선은 한 두 가지로 한정되어 진행되게 되었다. 문제는 이러한 개선조차도 현장의 목소리가 잘 반영되는지는 알 수 없다는 것이다. 왜냐면 개선비용과 생산량에 차질이 없는 선에서 개선을 하려하기 때문이다. 따라서 노동자도 작업의 위험요소를 파악하고 개별적 작업자세 개선에 대한 우선순위를 결정하는 원칙이나 올바른 작업자세에 대한 지식을 가져야한다. 물론 본질적인 노동강도에 대한 문제제기를 게을리 하지는 말아야 한다.

이 장에서는 인간공학 평가 도구들을 이해하고 작업을 평가, 위험요소를 파악하고 위험요소를 제거하기 위해 작업을 재설계하는 단계까지를 이론과 함께 실습을 병행하여 알아본다.

I. 인간공학평가의 목적

인간공학의 목적은 작업을 작업자에게 맞추는 데 있다. 인간공학 평가 도구들은 작업자세에서 근육골격계질환의 위험도를 분석, 파악하기위하여 개발되었다. 각각의 도구들은 작업자세에서 위험도가 큰 요인을 파악할 수 있으며 차후에 이를 제거하거나 감소하여 인간공학적으로 안전한 작업을 설계, 근육골격계 질환의 위험을 감소시키는데 목적이 있다.

예로서 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)를 이용하여 작업자세를 분석하였을때 위험도가 4이면 이 작업은 근육골격계질환의 위험이 매우 큰것이며 당장 작업자세를 재설계하여야한다. 평가결과 허리의 각도가 많이 구부러지며 옆으로 굽고 비트는 동작으로 인해 위험도가 크게 관찰된 것으로 판단되면 최우선적으로 허리에 영향을 미치는 요인을 제거해 주어야한다.

그러나 현재까지 인간공학분야에서 근골격계질환의 발생과 관련한 직업적 요인의 위험도에 대한 평가도구가 다수 개발되어 사용되고 있지만 이러한 평가도구는 그 결과가 해당 작업의 근골격계질환 관련성을 직접적으로 입증하는 결정자라고 보기는 어렵다.

인간공학 평가도구들은 단지 부적절한 작업장의 구조와 불편한 작업자세등의 근골격계질환 발생요인에 분석을 통하여 작업환경에 포함된 재해 위험요인을 파악하고 이를 개선 제거함으로써 근골격계질환의 예방을 위한 자료일 뿐이다. 즉 인간공학 평가도구는 보다 포괄적인 작업장의 분석과 개선을 위한 보조도구로서 사용되어한다는 것이다.

하지만 현재 근로복지공단과 산업안전공단등의 재해요인 평가에서는 많은 경우 정량적 평가의 자료로서 이러한 평가도구를 사용하기도 한다. 특히 이러한 평가도구들의 해석에는 자의적인 해석이 가능한 여지가 많음으로 이로 인하여 노동자(또는 산재피해자)도 이러한 평가도구의 평가원리와 분석방법에 대한 이해가 있어야 그 평가과정에서의 부당함으로 인한 억울한 피해를 막을 수 있을 것이며 근육골격계 질환에서 작업자세로 인한 위험요인만이 전부가 아니라 노동강도, 노동환경에 의한 요인이 중요한 요인이라는 것을 잊지 말아야한다.

II. 인간공학 평가 도구들

가. 인간공학 평가 도구들의 설명

다음은 현장에서 많이 사용하고 쉽게 평가 할 수 있는 도구들을 설명해 놓은 것이다.

1) ANSI 체크리스트 (ANSI Z-365 Quick Checklist)

개발 : 미국표준연구원 (ANSI)

장점 : 상지에서 발생하는 근골격계예방을 위한 구체적인 지침으로 활용 가능

점검표를 이용한 간단한 평가가 가능

단점 : 평가 결과가 위험도를 초과, 미초과만을 나타내므로 좀 더 자세한 인간공학평가가 필요

평가 방법 : 반복동작, 중량물 들기 작업, 밀기/당기기 작업, 중량물 이동, 작업자세, 동력공구, 신체 압박, 정적인 동작, 작업장의 물리적 유해요인, 키보드 작업, 인센티브제도, 작업속도 조절 등 을 체크리스트에 하루 작업시간(8시간 기준)동안의 해당 사항의 평가결과 점수를 환산하여 평가 결과 수가 '10' 이상이면 근골격계질환에 대한 위험도가 저 위험도를 초과

적용영역 : 주로 상지를 자주 사용하는 라인화 작업장

표 1 ANSI 체크리스트

위험요인		노출시간		
		1시간이하	1~4시간	4시간이상
반복 동작	수초 마다 반복(15회 이상/분)	0	1	3
	수분마다 반복	0	0	1
중량물 들기	2.3kg - 6.8kg	0	0	1
	6.8kg - 13.5kg	1	1	2
	13.5kg - 22.5kg	2	2	3
	22.5kg이상	3	3	3
밀기 / 당기기	쉽다	0	0	1
	보통이다	0	1	2
	무겁다(힘들다)	1	2	3
중량물이동 (3m 이상)	2.3kg - 6.8kg	0	0	1
	6.8kg - 13.5kg	0	1	2
	13.5kg 이상	1	2	3
작업 자세	과도한 손뻗힘	0	1	2
	목/어깨 : bend/twist	0	1	2
	팔꿈치/전완 : twist	0	1	2
	손/손목 : bend/pinch	0	1	2
	몸통 : twist/bend	0	1	2
	무릎 : squat/kneel	0	1	2
동력공구사용(power tools)		0	1	2
신체압박(작업도구 혹은 작업대로부터)		0	1	2
정적인 동작		0	1	2
작업환경(저온, 고열, 광선, 진동, 눈부심)		0	1	2
키보드 계속 작업		0	1	2
인센티브제도/작업속도 조절 불가능		0	1	2

각 항목에 해당하는 작업이 있으면 하루 작업시간 중 몇 시간동안 그 작업이 존재하는지 파악하고 체크한다. 점수의 환산은 각 항목의 점수를 합한다.

점수의 환산

각 항목의 점수를 합한다.

점수	위험분류
0~9점	정상 작업군
10~15점	저 위험성 초과작업
16점 이상	위험성 초과 작업(적극적인 관리필요)

2) REBA (Rapid Entire Body Assessment)

개발 : Hignett와 McAtamney

장점 : 하지를 포함한 정적이거나 급속히 변하거나 불안정한 자세를 평가하는데 적합

예측할 수 없는 작업자세를 민감하게 잘 적용

단점 : 다른 도구들에 비해 위험도가 낮게 평가됨

평가방법 : 작업자의 움직임 단계를 관찰한 후 신체부위를 분할하여 각 신체부위별 점수를 부여 후

점수 코드 체계를 이용하여 평가, 분석

REBA 점수에 따른 조치수준(action level) 및 조치사항은 표 1과 같다.

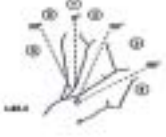
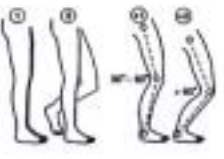
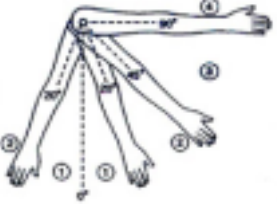
표 3 REBA 조치단계

조치단계	REBA 점수	위험단계	조치(추가 정보조사 필요함)
0	1	무시해도 좋음	필요 없음
1	2-3	낮음	필요할 지도 모름
2	4-7	보통	필요함
3	8-10	높음	곧 필요함
4	11-15	매우 높음	지금 즉시 필요함

적용영역 : 주로 전신을 사용하는 작업

REBA Sampling sheet

		관찰자			관찰일			관찰시간		
부서명		공정명		주작업				하루중 시간		
				부작업				하루중 시간		
작업자성명			업무							
작업설명 :										

A군										
작업자세		점수	추가점수				그림설명			
허리	곧바로 선자세	1	허리가 옆으로 틀어진 경우나, 옆으로 굽힌 경우 : +1점							
	0°-20° 굽힘, 0°-20° 뒤로 젖힘	2								
	20°-60° 굽힘, 20°이상 뒤로 젖힘	3								
	60°이상 굽힘	4								
목	0°-20° 굽힘	1	목이 옆으로 틀어진 경우나, 옆으로 젖혀진 경우 : +1							
	20°이상 굽힘/뒤로 젖힘	2								
다리	양쪽이 잘 지지됨/견거나 앉은 경우	1	무릎이 30°와 60°사이로 굽혀진 경우 : +1점 무릎이 60°이상 굽혀진 경우 : +2점 (앉은 자세 제외)							
	한발로 서 있는 경우/불안정한 자세	2								
부하량/힘의 사용										
0		1		2		+1				
<5 kg		5-10 kg		>10 kg		급격하게 힘을 사용하여 무리가 온 경우				
B군										
상완	20° 위로 올라간 경우/뒤로 올라간 경우	1	팔이 몸 중심 안팎으로 움직인 경우나 회전한 경우 : +1점 어깨가 들어올려진 경우 : +1점 팔의 무게를 기댈 수 있거나 지지할 수 있는 경우 : -1점							
	20°미만 뒤로 올라간 경우	2								
	20°-45°로 올라간 경우	3								
	45°-90°로 올라간 경우	3								
	90°이상 올라간 경우	4								
전완	60°-100°로 올라간 경우	1								
	60°미만 내려간 경우	2								
	100°이상 올라간 경우									
손목	0°-15°로 굽히거나 젖혀진 경우	1	손목이 틀어지거나 옆으로 젖혀진 경우 : +1점							
	15°이상 굽히거나 젖혀진 경우	2								
Coupling (손잡이)										
0(양호)		1(적당)		2(불충분)		3(좋지 않음)				
고정이 잘된 손잡이와 중간 범위 (mid-range), 힘껏 쥌 수 있음		손으로 들고 있을 수 있지만 이상적이지 않거나 손잡이 역할로 신체의 다른 부위로도 가능할 때		들고 있을 수 있지만 손으로 들기 힘든 경우		부적적함, 불안정한 쥐기, 손잡이가 없는 경우 다른 신체부위로도 들기가 힘든 경우				
A점수		B점수		C점수		REBA점수				

A 점수표

표 A													
몸통		목											
		1				2				3			
	다리	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

각 점수는 점수표를 이용한다. 예를 들어 목이 2점이고 몸통이 2점 다리가 4점이면 A점수는 6점이다.

부하량/힘의 사용			
0	1	2	+1
<5 kg	5-10 kg	>10 kg	급격하게 힘을 사용하여 무리가 온 경우

A점수에 부하량을 더해준다. 예를 들어 앞에서 A점수가 6점이고 부하점수가 2점이고 급격한 힘을 사용하여 무리가 온 경우에 해당한다면 부하점수는 2+1로 3점이고 A점수+부하점수는 6+3으로 9점이 된다.

B 점수표

표 B							
상완		전완					
		1			2		
	손목	1	2	3	1	2	3
1		1	2	2	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4
3		3	4	5	4	5	6
4		4	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8
6		7	8	8	8	9	9

B점수도 앞에서와 마찬가지로 전완(팔꿈치부터 손까지)이 2점이고 상완(팔꿈치부터 어깨까지)이 3점 손목이 3점인 경우 B점수는 6점이 된다

Coupling (손잡이)			
0(양호)	1(적당)	2(불충분)	3(좋지 않음)
고정이 잘된 손잡이와 중간 범위(mid-range), 힘껏 쥘 수 있음	손으로 들고 있을 수 있지만 이상적이지 않거나 손잡이 역할로 신체의 다른 부위로도 가능할 때	들고 있을 수 있지만 손으로 들기 힘든 경우	부적절한, 불안정한 쥐기, 손잡이가 없는 경우 다른 신체부위로도 들기가 힘든 경우

손잡이 점수는 B점수에 합해준다. 예를 들어 손잡이 점수가 불충분 2점이면 앞에서 B점수가 6점이고 합한 점수는 6+2로 8점이 된다.

C 점수표

점수 A	표 C												
	점수 B												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	

C점수는 앞에서 구한 A점수와 B점수를 표에서 구한다. 예를 들어 앞에서 A점수와 부하점수를 합한 점수가 9점 B점수와 손잡이 점수를 합한 점수가 8점이었다면 C점수는 11점이 된다.

활동점수	
· +1 ·신체의 한부위나 그 이상이 1분 이상 유지되는 경우	
· +1 ·작은 동작범위로 반복하는 경우 예) 분당 4회 이상(걷는 것은 제외)	
· +1 ·활동이 급속하게 큰 범위로 자세를 변하게 하는 경우 또는 불안정한 경우	

C점수 : (A점수+부하량/힘의사용)와(B점수+손잡이계수)	REBA 점수(C점수+활동점수)
----------------------------------	-------------------

최후 REBA점수는 C점수에 활동점수를 합한 점수이다. 앞에서 C점수 11에 활동이 급속하게 큰 범위로 자세를 변하게 하는 경우 또는 불안정한 경우에 해당한다면 REBA점수는 11+1로 12점이 된다.

표 14를 보면 REBA점수가 12인 경우 조치단계 4에 해당하면 이는 위험도가 매우 높음을 의미하고 지금 즉시 작업을 개선해야한다.

3) RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

개발 : McAtamney & Corlett

장점 : 상지의 분석에 초점을 두고 있기 때문에 하체보다는 상체의 작업부하가 많이 부과되는 작업의 작업자세에 의한 근육 부하를 평가시 효율적

단점 : 하체를 많이 사용하는 작업분석에는 부적절
평가 과정이 너무 난해

평가방법 : 작업자의 움직임 단계를 관찰한 후 신체부위를 분할하여 각 신체부위별 점수를 부여 후 점수 코드 체계를 이용하여 평가, 분석

RULA 점수에 따른 조치수준(action level) 및 조치사항은 표 2과 같다.

표 13 RULA 조치수준

조치수준	총괄점수	조치사항
1	1-2	작업이 오랫동안 지속적, 반복적일 행해지지 않는다면 작업자세에 별 문제없음
2	3-4	작업자세에 대한 추가적인 조사필요, 작업자세 변경하는 것이 요구됨
3	5-6	추가조사 및 작업 자세 변경이 빠른 시일내 필요함
4	7	추가조사와 작업자세 변경이 즉시 필요함

적용영역 : 상체를 주로 사용하는 라인화 작업장 등

RULA Sampling Sheet

		관찰자			관찰일			관찰시간		
부서명		공정명		주작업				하루중 시간		
				부작업				하루중 시간		
작업자성명			업무							
작업설명 :										

상완 ()									
	1		2		3		4		
		어깨 상승 +1		외전 +1		팔지지대 -1			
전완 ()									
	1		2		+1				
손목 ()									
	1		2		3		+1		
손목 비틀림 ()			근육 사용		□ 1분이상 유지하는 정적인 자세		□ 분당 4회이상 반복되는 작업		+1
			힘/부하량		□ 부하량이 없거나, 2kg이하의 간헐적인 부하량, 힘				+0
					□ 2-10kg의 간헐적인 부하량				+1
					□ 2-10kg의 정적부하량		□ 2-10kg의 반복적인 부하량, 힘		+2
					□ 10kg이 이상의 정적인 부하		□ 10kg이나 이상의 반복적인 부하, 힘		+3
	1		2		□ 충격적이거나 갑작스런 힘의 사용				

B 군									
목 ()									
	1		2		3		4		+0
몸통 ()									
	1		2		3		4		+0
다리 ()			근육 사용		□ 1분이상 유지하는 정적인 자세		□ 분당 4회이상 반복되는 작업		+1
			힘/부하량		□ 부하량이 없거나, 2kg이하의 간헐적인 부하량, 힘				+0
					□ 2-10kg의 간헐적인 부하량				+1
					□ 2-10kg의 정적부하량		□ 2-10kg의 반복적인 부하량, 힘		+2
					□ 10kg이 이상의 정적인 부하		□ 10kg이나 이상의 반복적인 부하, 힘		+3
	1		2		□ 충격적이거나 갑작스런 힘의 사용				
A군점수		C점수		B군점수		D점수		총괄점수	

A 점수표

손목 점수									
		1		2		3		4	
		손목비틀림		손목비틀림		손목비틀림		손목비틀림	
상완	전완	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	6	6
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	6	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

$$A \text{ 점수} + \text{근육사용량} + \text{힘} = C \text{ 점수}$$

B 점수

목	몸통											
	1		2		3		4		5		6	
	다리		다리		다리		다리		다리		다리	
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
3	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
4	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
5	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

$$B \text{ 점수} + \text{근육사용} + \text{힘} = D \text{ 점수}$$

C 점수 (최종점수표)

최종 점수									
D 점수									
C 점수	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

4) NLE (the Revised NIOSH Lifting Equation)

개발 : NIOSH

장점 : 중량물 들기 작업의 기준을 제시

들기 지수(Lifting Index, LI : 취급하는 물체 무게와 권고무게기준(RWL)의 비)와 권고무게기준(Recommend Weight Limit, RWL)을 제시

단점 : 들기 거리등의 다양한 수치가 필요

평가방법 : 수평위치(H), 수직위치(V), 수직이동거리(D), 작업빈도 승수(FM) 이외에 비대칭 각도 승수(AM)와 손잡이 상태(C)를 측정

다음식에 의해 RWL을 계산

$$RWL = 23(25/H)\{1-(0.003 | V-75)\{0.82+(4.5/D)\}\{1-(0.0032A)\}\}(FM)(CM)$$

▪H(Horizontal distance) : 대상 물체의 수평위치 즉, 대상 물체의 중심(물체를 잡을 때 손의 위치)으로부터 두 발목의 중간 지점까지의 거리. 범위는 25-63 cm이하의 경우 25cm로 한다.

▪V(Vertical distance) : 대상 물체의 수직위치 즉, 바닥으로부터 물체의 중심(물체를 잡을 때 잡을 때 손의 위치)까지의 거리로서 범위는 0-175cm이다.

▪D(Vertical travel distance) : 물체의 수직 이동거리로서 범위는 25-175cm이며, 25cm이하의 경우 25cm로 한다.

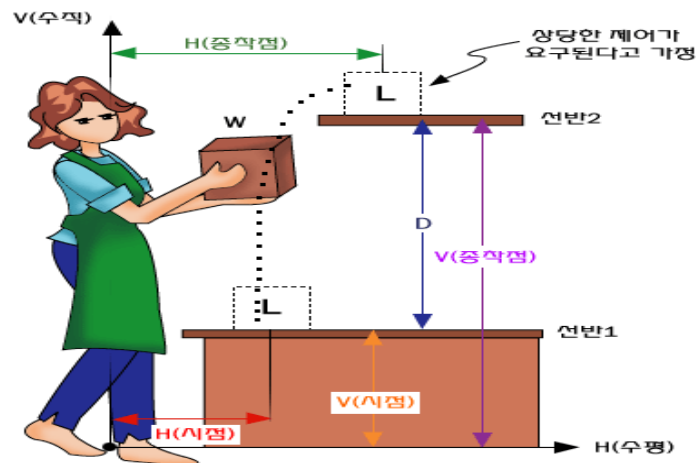
▪F(Frequency, 회/분) : 들기 빈도이며, 빈도가 0.2회/분 이하인 경우 0.2회/min(즉, 5분마다 한 번 씩 들기를 실시)으로 한다.

▪A(Asymmetric angle) : 물체의 위치가 사람의 정중면(sagittal plane)에서 벗어난 각도이며, 범위는 0-135 도이다.

LI는 다음 방정식으로 정의된다.

$$LI = \text{취급 물체무게(kg)} / \text{RWL(kg)}$$

NIOSH에 의하면 LI가 '1' 을 초과할 경우 '일부' 작업자세에서, LI가 '3' 을 초과할 경우 '다수'의 작업자세에서 들기작업과 관련된 요통 발생의 위험수준이 증가할 것이라고 한다. 따라서 LI는 작업조건을 인간공학적으로 개선하기 위한 우선순위를 결정하는데 이용되며, 이를 바탕으로 LI를 '1' 이하가 되도록 작업조건을 설계하는 것이 바람직하다.



평가방법	무게 (kg)	손의 위치(cm)				수직 이동 거리 (cm)	비틀림각도(°)		빈도	시간	손잡이상태		NLE 결과값	
		시 점	종축점	시 점	종축점		시 점	종축점			시점	종축점	시점	
NLE	L	H	V	H	V	D	A	A	F	T	양호	○	RWL(NIOSH)	LI(NIOSH)
											보통	○		
											불량	○		

5) ACGIH 들기작업 허용기준(TLVs for Lifting Tasks)

개발 : ACGIH

장점 : NLE보다 간단한 평가가 가능

단점 : 기준의 초과여부만 판단가능하며 정확한 권고무게를 알 수 없다.

중량물을 두 손으로 취급하고, 단일 들기 직무, 정중면에서 30°이내에서 작업이 이루어지는 경우에만 적용

평가방법 : 작업빈도 및 시간에 따라 간헐적 들기 작업(Infrequent Lifting), 중간정도의 들기 작업(Intermediate Lifting Frequency), 잦은 들기 작업(Frequent Lifting)을 기준으로 3개의 표로 구성되고, 각 표마다 4개의 수직영역과 수평영역에 의해 12개의 작업영역(Zone)으로 구분되어진다. 작업빈도 및 시간을 고려하여 표를 정하고 수직거리와 수평거리를 이용하여 RWL(ACGIH Lifting)를 구한다.

들기작업 허용기준 : 하루 두 시간 작업, 한 시간에 60회 이상 또는 하루 두 시간 작업이상, 한 시간에 12회 이상

수직영역	수평영역		
	좁다 : < 30cm	중간 : 30 to 60cm	연장 : > 60 to 80cm
한계선 또는 30cm 어깨위 8cm에서 어깨아래높이	16 kg	7 kg	알 수 없음
주먹높이에서 어깨아래	32 kg	16 kg	9 kg
정강이 중간에서 주먹높이	18 kg	14 kg	7 kg
바닥에서 정강이 중간	14 kg	알 수 없음	알 수 없음

Notes for Table 1 through 3 :

수평영역: 양발의 복사뼈의 중앙과 중량물의 중간의 거리

연장: 들기작업을 시작하는 지점에서부터 수평도달거리가 발목의 종추에서 80cm를 넘지 않음.

한계점: 일상적으로 들기작업의 시작점이 바닥에서 180cm이상이거나 어깨위로 30cm이상 높은 지점

알 수 없음: 일상적인 들기작업 표에서 드러나지 않은 행위인 “안전한 들기 한계를 알 수 없음” 은 안전한 들기 허용기준의 증거를 제안할 수 없으며 가벼운 무게의 간혹 있는 들기작업은 가능하다.

주먹높이: 작업자가 양팔을 몸 옆에 붙이고 직립으로 서 있으며 주먹의 형태를 치하고 있을때 해부학상으로 손가락마디의 경계선

들기작업 허용기준 : 하루 두 시간 이상, 한 시간에 12에서 30회
또는 하루 두 시간, 한 시간에 60, 360번

수직영역	수평 영역		
	좁다 : < 30cm	중간 : 30 to 60cm	확장 : > 60 to 80cm
한계선 또는 30cm 어깨위 8cm에서 어깨아래높이	14 kg	5 kg	알 수 없음
주먹높이에서 어깨아래	27 kg	14 kg	7 kg
정강이 중간에서 주먹높이	16 kg	11 kg	5 kg
바닥에서 정강이 중간	9 kg	알 수 없음	알 수 없음

들기작업 허용기준 : 하루 두 시간 이상, 한 시간에 30, 360번 이상

수직영역	수평영역		
	좁다 : < 30cm	중간 : 30 to 60cm	확장 : > 60 to 80cm
한계선 또는 30cm 어깨위 8cm에서 어깨아래높이	11 kg	알 수 없음	알 수 없음
주먹높이에서 어깨아래	14 kg	9 kg	5 kg
정강이 중간에서 주먹높이	9 kg	7 kg	2 kg
바닥에서 정강이 중간	알 수 없음	알 수 없음	알 수 없음

평가방법	무게 (kg)	물건 위치 (cm)		빈도	시간	ACGIH 결과값
		시 점				
ACGIH	L	수평영역	수직영역	횟수/시간		시점
						RWL (ACGIH)

6) ACGIH 손 활동도 허용기준

개발 : ACGIH는 손, 손목, 전완에서의 근골격계질환 위험을 평가하기 위한 허용기준(TLV)을 제시하고 있다.

장점 : 손, 손목, 어깨의 위험도를 파악 가능

작업관찰만으로 평가 가능

단점 : 진동공구 등을 사용하는 작업장은 적용할 수 없다.

평가방법 : 손 활동량 수준(Hand Activity Level)을 평가, NPF를 평가 후 허용기준(TLV)을 판단, 기준을 초과하는지를 비교한다. ACGIH에서 제시한 손 활동도 허용기준을 0.78이다.

ACGIH 손 활동도 허용기준

작업	조사자	조사일
	왼손	오른손
손 활동도(HAL)		
힘(NPF)		
비율=NPF/(10-HAL)		
측정값 TLV= AL=	>TLV□ AL to TLV□ <AL□	>TLV□ AL to TLV□ <AL□

HAL					
0	2	4	6	8	10
손을 사용하지 않은 최대시간 ;규칙적이지 않는 격심한 운동	일관되고, 확실한 긴 단절 또는 매우 느린 동작	느린지속 동작/격심한 운동; 빈번한, 짧은 단절	지속적인 동작/격심한 운동; 드문단절	급속하고, 지속적인 동작/ 격심한 운동; 규칙적이지 못한 단절	급속하고, 지속적인 동작/ 지속적인 어려움 또 는 지속된 격심한운동

NPF

%MVC	Borg Scale		Moore-Garg Observation	NPF
	Score	Verbal-Anchor		
0	0	없음		0
5	0.5	극히 약함	거의 두드러지지 않거나 또는 완화 운동	0.5
10	1	매우 약함		1
20	2	약함(가벼움)	두드러지거나 또는 명확한 운동	2
30	3	보통		3
40	4		명백한 운동, 그러나 얼굴의 표정 변화없음	4
50	5	강함(무거움)		5
60	6		얼굴 표정의 변화와 지속된 운동	6
70	7	매우 강함		7
80	8			8
90	9		어깨와 허리의 힘을 사용	9
100	10	극히 강함		10

7) QEC(Quick Exposure Check)

개발 : Li와 Buckle

장점 : 관찰자가 작업관찰을 통해서도 평가 할 수 있고 설문지처럼 노동자에게 주어 평가하는것도 가능

단점 : 위험도의 높고 낮음만 파악 가능

평가방법 : 자세에 대한 문항 9개와 하중에 대한 문항 7개로 구성되어 있으며 허리, 어깨/팔, 손/손목, 목, 무릎 등의 각 신체부위별 자세와 무게, 시간, 손의 하중, 진동, 눈의 피로, 업무수행의 어려움, 업무수행시의 스트레스 등으로 구성되어있고, 각각의 가산점에 가중치를 부가하는 방식으로 신체 각 부위의 위험도를 계산했다. 점수가 높을수록 인간공학적 위험도가 큰 것을 의미한다.

※ 다음은 귀하의 주요 업무의 작업조건입니다. 아래의 사항 중 해당되는 부분에 'V'표를 해 주십시오.

<허리>

(1) 귀하의 주요 업무를 수행할 때, 허리부분이

☐A1. 거의 중립적이다(20도 이내)

☐A2. 중정도로 구부리거나 또는 비틀거나 옆으로 구부린다(20-60도 사이)

☐A3. 매우 심하게 구부리거나 비틀거나 옆으로 구부린다(60도 이상)

(2)손으로 물건을 운반하는 업무라면, 허리의 움직임(은)

☐B1. 횟수가 많지 않다(1분에 3회 또는 그 이하)

☐B2. 자주 한다(1분에 8번 정도)

☐B3. 매우 자주 한다(1분에 12번이나 그 이상)

(3)손으로 물건을 운반하는 업무가 아니라면, 대부분 고정된 자세를 취하고 하는 업무입니까?

☐B5 1. 아니오

☐B4 2. 예

<어깨/팔>

(4) 귀하의 주요 업무를 수행하는데 있어서

☐C1. 허리 혹은 그 아래에서 작업을 한다.

☐C2. 가슴 높이에서 작업을 한다.

☐C3. 어깨높이 위에서 작업을 한다.

(5) 팔 운동의 반복정도가

☐D1. 빈번하지 않다 (간헐적인 팔의 운동).

☐D2. 빈번하다(규칙적이지만 약간 쉬는 시간이 있다)

☐D3. 매우 빈번하다 (거의 지속적인 팔의 운동).

<손목/손>

(6) 귀하의 주요 업무에서

☐E1. 거의 손목이 중립적인(올바른) 위치에 있다.

☐E2. 손목이 상하 혹은 좌우로 구부린 상태이다.

(7) 손목/손의 작업시 반복적인 운동입니까?

☐F1. 1분에 10회나 그 미만이다.

☐F2. 1분에 11-20회이다.

☐F3. 1분에 20회를 넘는다.

<목>

(8) 귀하의 업무수행중에 머리카락 목을 과도하게 구부리거나 비틀면서 하십니까?

☐G1. 아니오.

☐G2. 예, 때때로.

☐G3. 예, 계속적으로

※ 귀하의 주요 업무에 대한 전반적인 질문입니다.

(1) 귀하의 주요 업무를 수행할 때, 취급하는 최대의 무게는 얼마입니까?

☐a1. 경한정도(5kg 이하)

☐a2. 중정도(6-10kg)

☐a3. 무겁다(11-20kg)

☐a4. 매우 무겁다(20kg 초과)

(2) 위 업무(1번)를 수행하면서 보내는 시간이 하루 중 얼마나 됩니까?

☐1. 2시간 미만

☐2. 2-4시간

☐3. 4시간 초과

(3) 위 업무(1번)를 수행할 때 한 손에 가해지는 최대의 하중은 얼마입니까?

☐b1. 적다(예: 1kg 이하).

☐b2. 중정도 이다((예: 1-4kg 정도)

☐b3. 높다((예: 4kg 초과).

(4) 작업동안에 진동에 노출될 위험이 있습니까?

☐d1. 적거나 거의 없다.

☐d2. 중정도이다 ☐d3. 높다

(5) 업무수행 중 눈에 가해지는 피로감이

☐e1. 낮다(자세하게 쳐다보고 할 필요가 거의 없다)

☐e2. 높다(자세하게 쳐다보고 해야한다)

(6) 업무를 수행하는 데 어려움이 있습니까?

☐f1. 전혀 없다.

☐f2. 가끔 있다.

☐f3. 자주 있다.

(7) 업무를 수행하면서 얼마나 스트레스를 경험합니까?

☐g1. 전혀 없다.

☐g2. 조금 있다.

☐g3. 중정도이다.

☐g4. 많이 있다.

QEC 점수표

허리점수

	A1	A2	A3	점수 1	B1	B2	B3	점수 2	b1	b2	b3	점수 3		A1	A2	A3	점수 4	B4	B5	점수 5	등 총점 (1+2+3+4+5)
a1	2	4	6		2	4	6		2	4	6		b1	2	4	6		2	4		
a2	4	6	8		4	6	8		4	6	8		b2	4	6	8		4	6		
a3	6	8	10		6	8	10		6	8	10		b3	6	8	10		6	8		
a4	8	10	12		8	10	12		8	10	12										

어깨/팔 점수

	C1	C2	C3	점수 1	D1	D2	D3	점수 2	b1	b2	b3	점수 3		C1	C2	C3	점수 4	D1	D2	D3	점수 5	어깨/팔 총점 (1+2+3+4+5)
a1	2	4	6		2	4	6		2	4	6		b1	2	4	6		2	4	6		
a2	4	6	8		4	6	8		4	6	8		b2	4	6	8		4	6	8		
a3	6	8	10		6	8	10		6	8	10		b3	6	8	10		6	8	10		
a4	8	10	12		8	10	12		8	10	12											

손목/손 총점

	F1	F2	F3	점수 1	E1	E2	점수 2	b1	b2	b3	점수 3		F1	F2	F3	점수 4	E1	E2	점수 5	손목/손 총점 (1+2+3+4+5)
c1	2	4	6		2	4		2	4	6		b1	2	4	6		2	4		
c2	4	6	8		4	6		4	6	8		b2	4	6	8		4	6		
c3	6	8	10		6	8		6	8	10		b3	6	8	10		6	8		

목총점

	G1	G2	G3	점수 1	e1	e2	점수 2	목 총점 (1+2)
b1	2	4	6		2	4		
b2	4	6	8		4	6		
b3	6	8	10		6	8		

작업자 점수

d1	d2	d3	f1	f2	f3	g1	g2	g3	g4	작업자 총점
1	4	9	1	4	9	1	4	9	16	

허리: _____ 어깨/팔: _____ 손목/손: _____ 목: _____

III. 비디오 촬영 기법

일반적으로 인간공학 도구를 이용한 작업자세의 위험요인을 분석할 때는 비디오를 이용하여 실제 작업을 촬영한 뒤에 작업을 자세별로 분류하고 평가한다. 비디오를 이용하여 작업을 촬영할 때 원칙으로는 노동자의 전, 후, 좌, 우에서 촬영을 하여야 하나 장비, 인력, 시간의 여건상 보통 1대에서 2대의 비디오를 이용한다. 대부분의 인간공학 도구는 작업자의 측면을 기준으로 자세를 평가하므로 최대한 측면에서 머리부터 발끝까지가 신체 전체가 기록되도록 하고 평가 시에도 이런 장면을 이용한다. 촬영 중에는 가능하면 노동자가 취급하는 중량물의 무게를 저울 등을 통하여 측정하고 중량물의 이동거리, 몸과의 거리 등도 측정해 놓으면 좋다. 전체적인 노동환경도 촬영을 할 수 있도록 한다. 비디오 촬영을 통한 분석 시에는 가능한 촬영 대상인 노동자와 함께 평가하며 촬영 자료로 판단이 불가능한 자세나 신체부위는 노동자에게 현장에서와 동일한 자세를 취하게 하여 평가할 수도 있으며 빈도나 힘의 사용 등을 문답을 통해 알 수도 있다.

아래의 참고자료 1은 신체 전체가 촬영되어있고 측면에서 촬영하여 올바른 촬영이며 참고자료 2는 정면에서 촬영한 장면으로 허리, 목 등의 각도를 정확하게 판단하기가 어렵고 다리는 가려져 있어 판단이 어렵다.

참고자료 1



참고자료 2



위험요인 개선대안

위험요인을 발견을 하고 환자가 발생하였을 경우 치료 등의 조치를 취한 후에 위해 작업장에 대한 개선을 실시하여야 한다. 위험요인이 제거가 안 된 상태에서 다른 노동자가 동일한 작업을 수행한다면 다시 산업재해가 발생하는 것은 불을 보듯 명확한 것이다. 또한 환자가 현장에 복귀하였을 경우 현장의 개선이 없다면 질환의 재발은 또한 피할 수 없는 과정이다. 그러므로 질환이 발생한 현장은 위험요인을 찾아 제거하고 환자가 발생하지 않아도 지속적으로 현장을 인간공학적으로 개선하지 않는다면 근골격계 질환자의 발생은 결코 막을 수 없을 것이다.

그러나 인간공학적으로 아무리 잘 설계되어 있는 작업이라 할지라도 노동시간과 속도, 자세, 노동자의 체력조건 등에 의해 결정되는 노동강도가 적절히 조절되지 않는다면 현장의 공학적 개선은 의미가 매우 작아질 수 있다.

IV. 참조자료

다음은 인간공학적 위험의 제거를 위한 해결방안이다. 근육골격계질환의 위험요인으로는 작업장, 작업방법, 사용된 가공품이나 부품 등 모든 작업 매개변수가 관계가 있다. 그러나 앞에서의 인간공학 평가 도구들의 위험도 평가는 기술적 해결방안의 범주에 속하므로 몇 가지 경우에 한해 관리적 해결방안이 더 영구적인 기술적 해결방안이 개발될 수 있을 때까지 작업위험에 노동자가 노출되는 것을 줄이기 위해 임시적인 수단으로 사용되어야 한다.

해결방안의 개발

서론

전제

세가지 중요한 주의사항

- 몸 한부분의 스트레스를 줄이기 위해 변화를 줄때마다 항상 다른 부분에 가능한 영향을 고려해야 한다.
- 노동자의 스트레스를 줄이는 변화를 시킬 때 같은 라인의 다른 노동자나 다른 시간에 똑같은 작업장을 사용하는 노동자에게 가능한 영향을 고려해야 한다.
- 목표는 가능한 한 많이 작업스트레스에 대한 노출을 줄이는 것이고, 모든 위험이 상관관계에 있다는 것을 기억하라. 위험을 제거함으로써 다른 위험에 대한 노출을 줄일 것이다.

다음은 위험요소를 제거하기 위한 일반적인 원칙들이다.

Part 1. 인체측정의 원리

인체측정학이 중요한 이유

스트레스를 주는 자세는 대개 작업장과 그것을 사용하는 사람 사이에 잘못된 조화로 인한 것이다. 작업장의 배치와 공구, 장비, 기계의 설계가 육체적 치수를 수용하지 않았을 때 어떤 일이 발생할 수 있는가에 대한 예가 있다. 이 모든 사람들에게 맞는 작업장과 장비를 설계하는 것은 엄청난 기술적 도전이다. 우리는 노력해야 한다.

몇가지 기본적인 지침

1. 평균을 위한 설계를 하지마라.
2. 극단을 위해 설계하라.
3. 하나의 범위에 맞게 설계하라.
4. 조절할 수 있게 설계하라.

인체측정학의 적용

인체측정학의 자료를 사용할 때 인간공학과 일반적인 안전의 관심사항과 관련된 요소들을 고려해야 한다.

1. 작업분석

- 무엇이 적절하고 안전하게 작업을 하는 것과 관련되는지를 결정하라.
- 스트레스를 주는 작업의 요소를 확인하라.

2. 관련된 신체의 치수를 찾아내라.

- 특정 신체의 측정치를 가진 노동자, 즉, 너무 작거나 너무 큰 노동자 또는 작업장의 설계에 적용하지 못하는 극단적인 팔다리의 길이를 가진 노동자에게 스트레스를 주는 작업을 확인하라.
- 어떤 신체 치수가 조절될 필요가 있는지를 확인하라. 종종 단 하나의 치수가 관련될 것이다.

- 조절될 필요가 있는 집단의 비율을 결정하라. 필요로 하는 설계가 범위에 대한 것인지, 극단을 위한 것인지, 또는 조절을 위한 것인지를 결정하라. 또한 영향을 받는 집단의 특징을 결정하라.
- 적절한 표나 다른 수단에 의해 자료를 획득하라. 필요하다면 의류와 개인적인 보호장비를 고려하라.

3. 작업장 또는 작업을 재설계할 때 자료를 적용하라.

- 노동자의 정보와 협력으로 변화를 실행하라.
- 목표로 삼은 작업 위험을 줄이고 새로운 위험을 유도하지 않는 것을 보장하기 위해 변화의 유효성을 검토하라.
- 특히 새로운 사람이 전직이나 작업 재구성으로 인해 어떤 작업으로 오는 경우 변화의 유효성을 검토하기 위해 규칙적으로 조치를 취하라.

Part 2. 작업장의 배치

작업장을 변화시키는 것은 고정된 기계, 작업면, 저장시설, 견고 서고 앉는 표면과 구조, 공급물과 산출물 운반구와 컨베이어 등의 설계와 배치를 다루는 것이다.

1. 작업높이

노동자의 팔꿈치 높이로 측정한다. 정밀하고 세밀한 작업은 팔꿈치보다 조금 높게, 심한 수동조립 작업은 팔꿈치보다 약간 아래에 있어야 한다.

2. 리치와 여유

Reach: 작업장의 설계는 노동자가 작업을 할 때 똑바로 서서 전방을 향하는 자세를 유지하도록 해야 한다. 일상적이고 반복적인 작업 활동에 있어 팔꿈치가 측면에 편하게 걸려있는 상태의 전박의 수평운동으로 정의되는 호 내에서 작업하는 것이 가능해야 한다.

표시장치는 노동자가 목을 구부리거나 내뺀지 않고 조사할 수 있도록 배치되어야 한다. 노동자의 시야의 위 또는 아래로 약 15도에서 22도 이내에 위치해야 한다.

- 리치가 가장 짧은 노동자를 적용시켜라.
- 손가락 관절과 어깨 높이 사이에 무거운 물건의 잡는 지점을 위치시켜라.
- 노동자가 몸을 뒤틀도록 하는 위치를 피하라.
- 가장 큰 치수를 가진 노동자를 고려하라.
- 작업면 아래에 적절한 다리와 발의 공간을 제공하라. 앉아있는 노동자를 위해 허벅다리의 충분한 수평 수직 공간을 허용하라.
- 기계적인 스트레스를 감소시키기 위해 작업대, 장비, 공구의 가장자리와 구석이 둥글거나 곡선모양이거나 형질이 대어져야 한다.
- 들어올리는 작업이 있다면 노동자가 몸을 뒤트는 일 없이 들어올릴 수 있는 충분한 공간이 있도록 해라. 노동자가 들어올릴 때 중량물을 몸에 가까이 유지하도록 장애물이 없어야 한다.

인력물자 취급의 작업 스트레스의 최소화

손의 수평거리, 바닥에서 손까지의 수직거리, 수직이동거리, 들어올리거나 비대칭적으로 들어올릴 때 몸을 뒤틀기, 빈번한 들어올리기는 작업장의 배치와 설계에 의해 영향을 받는다.

- 노동자가 중량물을 잡거나 배치시킬 때 기대거나 뒤틀거나 내뺀도록 하는 장애를 제거시켜라.
- 노동자가 반대쪽의 물건을 옮기기 위해 내뺀거나 앞으로 기댈 필요가 없도록 하기 위해 큰 상자나 팔레트의 모든 면으로부터 자유로운 접근성을 제공하라.
- 노동자가 들어올릴 때 물체에 가까워지게 배치하라.
- 노동자가 중량물을 들어올리기 전에 몸으로 당기는 것이 가능한 롤러 컨베이어를 제공하거나 중량물을 노동자에게 가져오고 물건을 허리나 팔꿈치 높이 근처로 공급하도록 하는 동력 컨베이어를 사용하라.
- 서 있을 때는 손가락관절 높이 또는 앉아 있을 때는 팔꿈치 높이에 가능한 한 가까이 부품을 공급하도록 장비 및 기계를 옮겨라.

- 노동자가 측면에서 컨베이어의 중량물을 내린다면, 컨베이어 구동 메커니즘에 닿을 필요가 없는 위치에 사람을 배치시켜라. 넓은 컨베이어에서는 노동자에게 부품을 밀어내는 부품 전향장치를 사용하라.
- 노동자의 몸에 가까이 부품을 제공하는 중력식 슬라이드 또는 선반을 사용하라.
- 노동자가 한곳에서 다른 곳으로 부품과 재료를 들어올려 옮겨야 하기보다는 그것을 미끄러뜨릴 수 있는 작업면을 준비하라.
- 손가락관절 높이와 어깨 높이 사이에 공구, 재료, 부품을 저장하라.
- 가능하면 언제라도 기계적인 도움은 재료를 다루는데 사용되어 부품이 최소한의 밀기와 당기기로 움직여질 수 있도록 해야 한다.
- 들어올리기 스트레스를 줄이는 방법
: 한 명보다는 두 명이 들어올리게 하는 것
들어올리기의 빈도나 지속기간을 줄이는 것
기계적인 도움이 제공될 수 없다면 들어올려지는 중량물의 무게를 줄이는 것.

앉아있는 것 VS 서 있는 것

가능하면 언제라도 사람들은 작업을 할 때 교대로 앉아 있고 서 있을 수 있어야 한다. 작업이 정적인 작업과 정적인 작업이 결합되어 있다면 앉고/서서하는 작업장이 특히 실용적이다.

좌석의 정확한 설계와 선택이 필수적이다.

- 좌석은 등의 요추부분에 지지를 제공하는 등받침을 가져야 한다.
- 의자 높이는 작업면이 팔꿈치 근처에 있도록 조절될 수 있어야 한다.
- 의자 높이는 허벅지가 거의 수평이 되거나 또는 무릎이 엉덩이보다 약간 낮은 상태로 발이 바닥 또는 발판 위에 안전하게 지지될 수 있도록 조절될 수 있어야 한다.
- 좌석의 위와 작업대 또는 다른 작업면의 밑사이에 허벅지 여유가 적절하여야 한다.
- 좌석의 깊이와 등받침의 위치는 무릎 뒤의 압력을 제거하도록 설계되어야 한다. 좌석의 앞 모서리는 똑같은 이유로 둥글게 되어야 한다.
- 팔걸이는 팔의 움직임을 방해하거나 또는 노동자가 작업에 가까이 가는 것을 막지 않는다면 제공하여야 한다.
- 의자는 더 큰 안정성을 위해 5개의 다리가 있어야 한다.

미끄러짐과 떨어짐의 최소화

- 통로와 소통량이 많은 지역에서 미끄러움을 방지하는 바닥면이나 덮개를 제공하는 것.
- 바닥을 깨끗이 해서 물, 기름 그리고 그 외의 오염물질을 막는 것
- 바닥과 통로면을 깨끗이 해서 넘어질 위험을 막는 것
- 노동자가 좋은 정지 마찰력을 가진 적절한 신발을 착용하도록 장려하는 것
- 노동자가 걷고 재료를 움직이는 곳에 적절한 빛을 제공하는 것

전신 피로의 최소화

- 중량물을 올리고 내리는 지역을 가능한 한 가깝게 배치하는 것
- 걷는 것을 최소화하기 위해 한사람의 노동자에 의해 수행되는 작업을 위한 공간을 가까이 배치하는 것.
- 작업 순서에 맞추는 방식으로 공간을 배열하는 것
- 구부리고, 수작업을 최소화하기 위해 중량물을 옮기는 리프트와 다른 자동화된 전송 장치를 제공하는 것
- 몸을 높이고 낮추는 것을 최소화하기 위해 물건을 바닥에서 떼어놓는 것.
- 서서하는 작업장에 반(反)피로 매트나 다른 적절한 바닥재를 사용하는 것.

Part 3. 수공구와 장비

몇몇 일반적인 원칙

- 손 대신에 공구를 사용하라.

기계적 스트레스, 베이는 것, 강렬한 힘, 손가락이 손상되는 것을 막아 손을 보호하기 위해

- 근육 대신에 전기 공구를 사용하라.

손을 주로 쓰는 작업을 하는 노동자는 전기 수공구를 제공받아야 한다.

- 어느 손으로든지 사용에 편리함과 낮은 스트레스를 주는 공구를 제공하라.

공구는 왼손잡이와 오른손잡이 모두에게 적용될 수 있도록 설계되어야 하고, 사용자가 양손을 대체하고, 어색한 자세를 피하게 하고, 필요할 때 자주 사용하는 손을 쉬도록 해야 한다.

- 공구 손잡이는 적절한 재료로 만들어져야 한다.

유순한 재료는 기계적인 스트레스를 줄이고 진동과 극단적인 온도에 대해 손을 보호하는데 도움을 준다. 미끄럼 방지 손잡이는 공구를 지니는데 필요한 힘의 양을 줄이는데 도움을 준다. 적절히 단열이 된 손잡이는 극단적인 온도와 전기 충격에 대한 노출을 감소시킨다. 고무나 플라스틱으로 처리된 것은 이러한 목적에 잘 부합되지만 보호 재료는 필요한 쥐는 힘을 증가시켜서는 안 된다.

강렬한 활동의 감소

- 지지(support): 예를 들어, 평형추 또는 공기 평형기를 사용하는 견인용 링트장치 또는 환충장치 시스템에 대해 기계적인 지지수단을 공구에 갖추어라. 기계적인 지지가 제공될 수 없다면 작업장은 노동자가 작업 주기 사이에 공구를 내려놓거나 호이스트로 배치할 수 있도록 설계되어야 한다.

- 균형(balance): 공구의 무게 중심은 노동자의 몸과 손잡이에 가까워야 하고, 공구를 쥐는 손의 중심에 라인이 있어야 한다. 무게 중심은 또한 공기 호스의 배치에 의해 영향을 받는다는 것을 주의하라.

- 토크 제어장치(torque control): 작업 설명서에서 요구하는 최소한의 토크 조절을 유지하라. 손, 손목, 팔의 스트레스를 줄이기 위해 특히 직렬 공구와 권총 모양의 공구와 같은 기계적인 토크 제어장치를 제공하라. 토크 제어장치의 예는 반응 막대(reaction bar), 인조 팔, 다중 방추형 드라이버, 그리고 자동 공기 차단 장치를 포함한다.

일반적인 지침으로서 직렬 공구로부터 노동자가 흡수할 수 있는 최대 토크는 3.2 N·m 이어야 하고 권총모양의 공구의 경우는 9.0 N·m 이어야 한다. (N·m는 뉴턴 미터로 거리에 대해 작용한 힘의 단위를 나타낸다)

- 무게(weight): 완충기처럼 적절한 압력이 필요한 전기 공구를 제외하고, 공구의 무게는 가능한 작아야 하고, 매우 무거운 공구는 기계적인 지지 수단이 필요하다.

- 잡기(grip): 공구의 손잡이는 안정적이고 효율적인 잡기를 위해 설계되어야 한다. 대부분의 적용에 있어서 파워그립(power grip)이 이용된다. 손잡이는 직경이 3.175cm에서 4.445cm사이이면서 원통모양이나 타원모양이어야 한다. 정교한 작업에는 작은 손잡이와 정확한 집기가 선호되고, 나사 드라이버처럼 수동회전과 작은 힘을 요구하는 공구는 미끄러지지 않게 해야 한다. 또한 진동에 의한 공구는 느슨할수록 좋다.

- 한 뺨(span): 가위처럼 두 개의 손잡이가 있는 수동 공구의 경우 손잡이 사이의 거리는 대부분의 남성과 여성의 손에 맞추기 위해 5.08cm에서 6.985cm사이로 측정되어야 한다.

- 스프링이 달린 손잡이(spring-loaded handles): 가위, 집게 그리고 그 외의 손으로 자르고 쥐는 공구는 사용 중에 반복적으로 열고 닫혀져야 한다.

- 방아쇠의 설계(trigger design): 방아쇠 제어장치가 작동될 때 가벼운 접촉만을 필요로 해야 한다. 방아쇠는 둥근 모서리를 가져야 하고 펀치 포인트에서 벗어나야 한다. 손잡이는 방아쇠를 건드리지 않게 설계되어야 한다.

자세로 인한 스트레스(postural stress)의 감소

- 원칙: 스트레스를 주는 손과 손목의 자세는 대개 공구의 모양과 손잡이의 디자인과 상관관계에 있다.

- 손목이 아니라 공구를 구부려라: 공구는 중립적인 손목자세로 사용되도록 설계되어야 한다. 이것은 종종 공구에 공구와 각을 이루는 손잡이를 마련함으로써 달성될 수 있다.
- 올바른 공구의 모양을 선택하라: 권총모양이나 직각 모양의 공구와 직렬 공구 사이의 선택은 작업면이나 재공품의 방향과 높이에 달려있다. 일반적으로 권총 모양이나 직각 모양의 공구는 수직면이나 허리높이 아래의 수평면에 사용되어야 한다. 직렬 공구는 허리 높이의 수평면이나 손가락관절 높이 아래의 수직면에 사용되어야 한다.
- 스트레스를 주는 손가락의 굴곡을 막아라 : 사용자가 다른 관절을 직선으로 유지하면서 마지막 손가락의 관절을 구부리는 것을 요하는 공구를 피하라. 이러한 자세를 장기간 사용하는 것은 트리거 핑거(trigger finger)라고 불리는 상태와 관련이 있다.

기계적인 스트레스의 감소

- 수공구 손잡이는 손바닥의 아랫부분으로 눌러서는 안 된다. 긴 손잡이나 손바닥의 넓은 영역 위로 힘을 분산시킬 만큼 크고 둥근 손잡이가 있는 공구를 사용하라.
- 모든 사용자의 손의 크기에 맞지 않을 것이기 때문에 손가락 홈이 있는 손잡이를 피하라.
- 기계적인 스트레스로부터 손바닥과 손가락을 보호하기 위해 장갑을 사용하라.
- 대체적인 공구가 기계적인 스트레스를 줄이기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 라켓(racket)이 갖추어진 나사 드라이버는 나사를 박거나 제거하는데 필요한 힘의 양뿐만 아니라 손의 기계적 스트레스도 감소시킨다.

극단적인 온도에서의 노출 감소

- 수공구에 단열된 손잡이를 준비하라.
- 적절히 맞는 장갑을 준비하라.
- 배출공기가 손이나 팔로 직접 보내지지 않도록 설계된 공구를 준비하라.

진동에 대한 노출의 감소

- 일반적으로 전기 공구의 진동에 대한 노출은 다음을 사용함으로써 줄여지게 될 것이다.
 - 적절히 단열된 수공구
 - 필요한 쥐는 힘을 최소화시키도록 설계된 수공구(예를 들어, 무게가 더 가벼운)
 - 진동을 최소화하도록 속도를 조절할 수 있는 수공구
 - 자동 차단기가 있는 수공구
- 기계적인 충격의 임팩트 렌치(Impact wrench), 왕복 패드 샌더는 사용금지 된다.

Part 4. 부품과 재료

이 절은 (중량물을 적재하고 내리는 작업을 위한) 운반구의 설계, 인력물자 취급·부품·운반구의 설계, 장갑의 세 가지 영역에서 기본적인 인간공학적 지침을 내용으로 한다.

운반구 설계 (중량물 싣기와 내리기)

- 가위모양의 리프트 테이블(scissor lift table)같은 자동 높이 조절 장치는 노동자가 중량물을 싣고 내릴 때 운반구에 가까워질 수 있도록 적절한 발의 여유를 허용해야 한다.
- 노동자에게 가까이 부품을 오게 하는 기울어진 기계장치‘.
- 상자 들레를 돌 필요를 줄이는 회전대
- 내용물에 쉽게 접근 할 수 있게 하는 제거가 가능한 면(面)이나 경사면.
- 중량물을 싣거나 내리기 위해 기댈 때 기계적인 스트레스를 감소시키는 충전물이나 부드럽고 둥근 면.
- 쉬운 접근과 제거를 위해 부품이 붙게 되거나, 제거하기 위해 별도의 노력을 필요로 하지 않게 하는 짐 깔개 또는 패킹 재료와 함께 배열된 내용물

운반구와 재료의 설계(수작업)

- 특히 다른 들어올리는 요소가 변화될 수 없다면, 가능한 한 무게를 낮게 하라.
- 나를 때 최대한의 효율성을 위해 치수를 작게 하라. 운반구는 바닥에서 들어올릴 때 무릎 사이를 지날 수 있을 정도로 작아야 한다.
- 들어올려서 옮길 때 제어의 손실을 막기 위해 가능한 한 손 사이의 균형을 맞추기 쉽게 짐을 만들어라.
- 잡는데 안전하고 효율적인 수단을 제공하라. 파워그립이나 혹그립으로 고안된 손잡이가 제일 좋다. 손잡이는 기계적인 스트레스를 줄이기 위해 생체역학적으로 둥글거나 형꼴이 대어져야 하고 충분히 커야한다.
- 수레와 소형운반차에 관해서는:
 - 손잡이는 밀고 당길 때 다양한 높이로 손을 위치시킬 수 있도록 수직이어야 한다.
 - 바퀴는 크고, 가급적 딱딱한 고무로 되어야 하며, 좋은 베어링으로 결합되어야 한다.
 - 두 바퀴는 쉽게 선회해야 한다.
 - 설계는 운송되는 중량물의 크기와 유형에 맞추어야 한다.
 - 수레는 가장 작은 사용자가 수레를 밀 때 위를 넘어 볼수 없을 정도로 높아서 안된다.
 - 기억하라: 대부분의 경우에 수레를 미는 것이 당기는 것보다 안전하다.
- 장치를 물건에 부착해서 사용하는 갈고리와 손잡이는 쉽게 빠르게 붙이고 뗄 수 있도록 설계되어야 한다.
- 들어올리는 장치는 필요하다면 부품 상자, 기계, 컨베이어 또는 운반기구에 닿을 수 있어야 한다.
- 장치는 노동자에게 쉽게 움직여야 하고, 물체를 움직이고 배치하기 위해 과도한 힘을 필요로 하지 않아야 한다.
- 기계적인 들어올리기 보조장치를 설계할 때 사용하기 편리하고 쉽게 하기 위해 주의해야 한다.

적절한 장갑의 공급

- 공구를 조작하고 재료와 부품을 지니는데 필요로 하는 힘의 양을 줄여준다. 진동, 극단적인 온도, 그리고 기계적인 스트레스에 대한 노출에 손을 보호한다. 그러나 장갑은 인간공학적 문제의 첫 번째 해결방안으로서 사용되어서는 안되고 다른 해결방안이 실행될 수 없거나 실행하기 위해 시간이 오래 걸리는 경우 최후(또는 임시적)의 수단으로서만 사용되어야 한다.
- ·잘 맞는 것
 - 보호가 필요한 손 부위만 덮는 것
 - 땀뻗하지 않은 것
 - 안전한 집기를 제공하는 것
 - 작업에 맞는 것

Part 5. 환경 조건

소음

- 청각 신호의 음조, 세기, 고저는 배경 소음과 구분될 수 있어야 하고, 시각 신호는 시끄러운 곳에서 청각신호로 대체되어야 한다.
- 잘 방음되는 칸막이나 소음 방지기(hearing protection)의 사용을 통해 주위의 소음으로부터 발생하는 피로를 줄일 수 있도록 노력해야 한다.
- 높은 소음 수준은 청력을 손상시킬 것이다. 부록의 “소음과 소음 분석”을 참조하라.

조명과 색

- 눈부심을 피하라. 약간의 눈부심조차도 피로와 불안을 초래할 수 있다. 반사된 눈부심은 탁자, 재공품, 기계의 빛이 비치는 원천을 반사하는 빛과 시각 표시 장치 단말기에서 나온다.
- 깜박거리는 빛을 피하라. 늘 결점이 있는 형광등을 교체하거나 눈에 보이는 깜박임을 생성하는 설치물을 수리하라.

- 일반적으로 작업이 정교하고 세밀함이 더 할수록 조명의 양은 점점 더 높일 필요가 있다.
- 직접적인 눈부심을 최소화하기 위해:
 - 노동자가 작업을 직접 보고 있을 때 시야에 광원(光源)이 없어야 한다.
 - 모든 빛은 차양이 제공되어야 한다.
 - 눈에서 광원까지의 선은 수평에서 30도 이상의 각도를 만들어야 한다.
- 반사되는 눈부심을 최소화하기 위해:
 - 약간의 고전력의 광원보다 저전력 광원을 많이 사용하는 것이 더 낫다.
 - 광원은 눈부심이 노동자의 시야 내의 어떤 표면으로부터의 반사를 생체역학하도록 배치되어야 한다.
 - 기계, 작업면, 기관 등의 위에서 반사하는 색이나 물질의 사용을 피하라.
- 정교하거나 섬세한 작업이 수행되는 작업영역의 조명에 대한 몇 가지 권장 사항
 - 광원은 그림자를 피하기 위해 노동자의 앞과 위에 배치되어야 한다.
 - 직접적으로 보이지 않도록 광원을 가려라.
 - 빛은 골이 지거나(ribbed) 젓빛인 유리 스크린으로 발산되어야 한다. 스크린은 넓고 깊어서 작업 영역이 가능한 한 균일하게 비춰지도록 해야 한다.
- 작업장 내부와 주위의 색의 선택은 노동자의 위안, 효율성, 성과에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 여기 인간공학적 설계에서 색의 사용을 결정하는 몇 가지 원칙이 있다.
 - 5-9개 이상의 서로 다른 색코드(color code)가 하나의 표시장치나 제어장치에 사용되어서는 안 된다.
 - 색코드가 사용되는 곳은 전문적인 규정이 색맹의 노동자를 위해 만들어져야 한다.
 - 보색(예를 들어, 빨간색과 녹색, 청색과 오렌지색, 보라색과 노란색, 등)은 서로의 바로 옆에 놓여서는 안 된다.
 - 작업 면과 다른 작업 배경의 색은 다루어지는 재료와 물건의 색과 잘 대비되는 것으로 선택되어야 한다. 강철과 다른 금속 같은 청회색 재료는 예를 들어, 짙은 상아색이나 밝은 베이지색에서 잘 나타난다.
 - 눈길을 끄는 색은 작업장의 작고 중요한 특성에 주목을 끌기 위해 사용되어야 한다. 밝은 색은 중요한 제어장치를 위해 남겨져야 한다. (예를 들어, 빨간색의 비상 정지 버튼)

Part 6. 관리적 해결방안

- 작업 매개변수를 곧바로 재설계될 수 없을 때, 어떠한 기술적 해결방안도 효과를 낼 수 없는 경우
- 노동자 사이의 작업을 다르게 배분
 - 개별 노동자에게 다른 작업 할당량.
 - 작업이 이루어지는 방식의 차이
 - 작업을 완수하기 위해 사용되는 동작 순서의 변경 등을 한다. 더욱이 사람들은 작업스트레스를 최소화하기 위해 그들의 작업을 다르게 하도록 교육을 받아야 할 것이다. 또한 모든 통제가 측정되는 것처럼, 관리적 통제가 유효성으로 평가된다는 것이 중요하다.

반복을 줄이기 위한 작업 방법의 변경

1. 작업 확대

작업 확대는 단일 노동자가 수행하는 작업의 수와 다양성을 증가시키는 것을 의미한다. 그 목적은 각 사람이 특정 순서를 수행하는 횟수의 수를 줄임으로써 근골격 작업 스트레스를 줄이는 것이다. 작업 확대는 개별작업의 작업스트레스를 최소화시키기 위한 대응으로 사용되어서는 안 된다.

2. 노동자 교대

노동자 교대에서 노동자는 일정한 시간동안 하나의 작업이나 작업 세트를 수행하고 나서 또 다른 시간동안 다른 작업이나 작업세트로 이동한다.

- 다른 작업은 노동자를 다른 물리적 필요사항에 노출시켜야 한다.
- 각 작업이 가능한 한 인간공학적으로 안전하게 만들어지도록 노력해야 한다.
- 노동자 교대는 더 영구적인 기술적 해결방안이 실행될 수 있을 때까지 작업 위험에 대한 지나친

노출로부터 노동자를 보호하는 임시적인 조치로서만 사용되어야 한다.

·노동자가 작업장에서 교대한다면 작업장이 인체의 크기와 능력의 범위에 대해 적응되는 것이 가장 중요하다.

3. 작업휴식 반복주기(work-rest cycling)

작업휴식 반복주기는 육체적인 노력을 요구하는 작업을 하는 노동자를 위한 규칙적인 휴식을 계획하는 것을 의미한다. 그 목적은 몸이 반복되고 지속적인 활동에서 회복하는 시간을 허용하는 것이다.

손을 주로 쓰는 작업에서 휴식에 필요한 빈도와 지속기간은 근육의 활동량과 총 주기에 달려 있다.

일반적으로 활동이 심하고 주기가 길수록(즉, 활동이 오래 지속될수록), 근골격 조직이 활동으로부터 회복하는 것은 점점 더 많은 시간을 필요로 한다.

자세로 인한 스트레스를 줄이기 위한 작업 방법의 변경

작업 방법의 작은 변화는 자세로 인한 스트레스를 줄이는데 상당한 도움을 줄 수 있다. 운동의 순서와 작업 습관의 수정은 보통 매우 쉽게 최소 비용으로 실행될 수 있다. 작업순서의 변화는 단지 작업을 수행할 때의 움직임의 변화시키는 것만으로 스트레스를 주는 자세를 줄일 수 있다.

※ 노동부고시 제2003-24호: 근육골격계부담작업의 범위

노동부고시 제2003-24호(2003.7.15)는 근육골격계부담작업의 범위를 나타내고 있다. 이 고시에는 아래에 제시한 바와 같이 총 11개(① ~ ⑪)의 항목으로 이루어져 있으며 크게 부자연스런 자세, 과도한 손의 힘, 반복 동작, 반복 충격, 무겁고, 자주 또는 부자연스런 들기 작업으로 구분된다. 조사 대상 작업이 근육골격계부담작업에 해당되는지를 살펴보았다. 노동부 고시에 명시된 11개의 근육골격계부담작업 항목과 진동과 관련된 2개 항목은 아래와 같다.

- ① 하루에 4시간 이상 집중적으로 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업
- ② 하루에 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업
- ③ 하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업
- ④ 지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업
- ⑤ 하루에 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업
- ⑥ 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업
- ⑦ 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업
- ⑧ 하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업
- ⑨ 하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업
- ⑩ 하루에 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업
- ⑪ 하루에 총 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업

2) KOSHA 코드: 근육골격계부담작업 유해요인조사 지침

근육골격계부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA CODE H-30-2003)(한국산업안전공단, 2003) 산업보건기준에관한규칙 제9장의 규정에 의거 근육골격계부담작업의 유해요인조사 목적, 시기, 방법, 내용, 조사자, 개선과 사후조치 등을 제시하는 것을 목적으로 한다.

유해요인조사 방법은 유해요인 기본조사, 근육골격계질환 증상조사와 유해도평가로 이루어지며 유해요인 조사결과에 따라 개선우선순위결정, 개선대책 수립과 실시 등의 유해요인관리와 개선효과 평가의 순서로 진행된다.

유해요인조사 내용은 작업장 상황 및 작업조건 조사로 구성되며 작업장 상황조사 항목은 작업공정, 작업설비, 작업량, 작업속도 및 최근 업무의 변화 등이며, 작업조건조사 항목은 반복성, 부자연스런 또는 취하기 어려운 자세, 과도한 힘, 접촉스트레스, 진동 등이 있다.

조사방법은 (가)작업장 상황을 조사하고 (나)작업조건을 조사한다. 작업조건 조사에는 1단계 작업내용을 조사한 후 2단계 각 작업별 작업부하(A) 및 작업빈도(B)를 조사하여 작업내용별 총점수(A×B)를 산출한다. 3단계는 작업별로 관찰된 유해요인별 원인을 분석한다.

이 방법은 인간공학 유해요인의 정밀분석 또는 개인노출량의 정량적인 평가라기 보단 정밀분석에 선행하여 개인의 유해요인을 정성적으로 조사하는 도구이다.

KOSHA CODE
H - 30 - 2003

<별표 1>

유해요인 기본조사표

=====

(※ 해당사항에 √ 하시고, 내용을 기재 하시오)

● 조사 구분	☐ 정기조사 ☐ 수시조사 ☐ 근골격계질환자 발생시 ☐ 새로운 작업·설비도입시 ☐ 업무의 양과 작업공정 등 작업환경 변경시
● 조사 일시	● 조 사 자
● 부 서 명	
● 작업공정명	
● 작 업 명	

가. 작업장 상황 조사

● 작업 설비	☐ 변화 없음 ☐ 변화 있음(언제부터)
● 작 업 량	☐ 변화 없음 ☐ 줄음(언제부터) ☐ 늘어남(언제부터) ☐ 기타()
● 작업 속도	☐ 변화 없음 ☐ 줄음(언제부터) ☐ 늘어남(언제부터) ☐ 기타()
● 업무 변화	☐ 변화 없음 ☐ 줄음(언제부터) ☐ 늘어남(언제부터) ☐ 기타()

KOSHA CODE

H - 30 - 2003

나. 작업조건 조사

1단계 : 작업별 과제 내용 조사 (유해요인 조사자)

직종명(Job Title) :

작업내용(Tasks) :

2단계 : 각 작업별 작업부하 및 작업빈도 (근로자 면담)

작업 부하(A)	점수	작업 빈도(B)	점수
매우 쉬움	1	3개월마다(년2~3회)	1
쉬움	2	가끔(하루 또는 주2~3일)	2
약간 힘들	3	자주(1일 4시간)	3
힘들	4	계속(1일 4시간 이상)	4
매우 힘들	5	초과근무 시간(1일 8시간 이상)	5

작업내용	작업 부하(A)	작업 빈도(B)	총점수(A×B)

3 단계 : 유해요인 및 원인 평가서

식 종 영	근 로 자 명	
유해요인 설명<부록 1, 2, 3참조>		
· 반 복 성	같은 근육, 힘줄 또는 관절을 사용하여 동일한 유형의 동작을 되풀이해서 수행함	
· 부자연스런 또는 취하기 어려운 자세	반복적이거나 지속적인 팔을 뻗음, 비틀, 구부림, 머리 위 작업, 무릎을 꿇음, 쏘그림, 고정 자세를 유지함, 손가락으로 집기 등	
· 과도한 힘	물체 등을 취급할 때 들어올리거나 내리기, 밀거나 당기기, 돌리기, 휘두르기, 지탱하기, 운반하기, 던지기 등과 같은 행위·동작으로 인해 근육의 힘을 많이 사용해야 하는 것	
· 접촉스트레스	작업대 모서리, 키보드, 작업공구, 가위사용 등으로 인해 손목, 손바닥, 팔 등이 지속적으로 눌리거나 반복적으로 물체에 압력을 가함으로써 해당신체부위가 충격을 받게 되는 것	
· 진 동	신체의 특정부위가 동력기구 또는 장비와 같은 진동하는 물체와 접촉함으로써 영향을 받게 되는 것	
· 기 타 요 인	극심한 지온 또는 고온, 너무 밝거나 어두운 조명	
작업별로 관찰된 유해요인 원인분석		
유해요인	유해요인에 대한 원인	총점수
작업내용1		
작업내용2		

V. 실습을 통한 인간공학 평가 도구들의 적용

실습을 통하여 작업별 위험도를 파악해보고 위험요소들을 제거하기 위해서 어떤 방안이 있겠는가를 파악해 본다.

가. 반복작업에 대한 평가

작업내용 : 플라스틱 사출기에서 탱크를 받아 분리하고 인서트를 결합한다. 육안검사 후 이상이 없으면 탱크를 쿨링지그에 안착하고 안착해 놓았던 탱크를 떼어내어 코크플러그를 조립하고 탱크를 CART에 적재한다.

나. 반복작업에 대한 평가

작업내용 : 컨베이어로 이송되어 오는 코어를 작업대로 내린 후 양측에 4개의 볼트를 체결하고 2개의 볼트를 이용 Bracket을 결합한 후 망치로 두드린다. 조립이 끝난 코어는 마킹을 하고 육안검사 후 CART에 적재한다.

다. 부적절한 자세와 힘의 사용

작업내용 : 엔진과 발전기를 연결하는 작업이다. 작업의 대부분이 볼트를 체결하는 작업이며 스페너로 체결한다. 먼저 볼트를 손으로 체결한 후 스페너를 이용하고 마지막으로 스페너와 파이프를 결합하여 최고 힘으로 잠근다. 불안정한 상태로 작업을 하는 시간이 대부분이다.

라. 빈도가 높은 반복작업

작업내용 : 각각의 품목을 이송되는 컨베이어상에서 분리해서 통에 담거나 압축, 분쇄기에 투입하는 작업이다. 작업속도가 빠르고 선별을 위해 주의 집중이 요구된다. 작업장은 2층 구조이고 작업장 하부는 압축, 분쇄기가 있어 작업장 바닥의 진동에 작업자는 노출된다.

마. 중량물취급작업

작업내용: 라이너를 세척하기위하여 대차로 이송한 후 몇 개는 세척통에 담그고 몇 개는 다른 대차위로 옮기는 작업이다.

변수	값
대차의 높이	52cm
세척통의 바닥 높이	20cm
라이너높이	32cm
작업자와 대차1 중심의 거리	60cm
작업자와 세척통 중심의 거리	55cm
작업자와 대차2 중심의 거리	66cm
대차1에서 세척통까지의 거리	140cm
대차1에서 대차2까지의 거리	150cm
허리의 각도(대차1-세척통)	120°
허리의 각도(대차1-대차2)	90°
라이너 무게	11.4Kg

