

근골격계질환 관리를 위한 인간공학적 접근

나 건

▶ 국제디자인대학원대학교 교수

인간공학

대한인간공학회

인간공학 개요

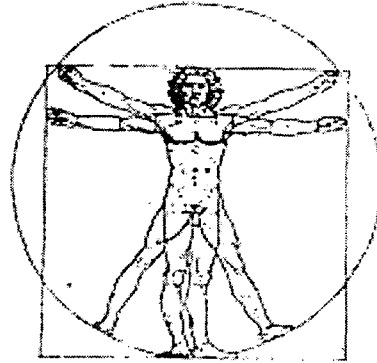
- 인간공학의 정의 :

- 인간공학은 기계와 기계조작 및 환경조건을 인간의 특성, 능력 및 한계에 잘 조화되도록 설계하기 위한 수법을 연구하기 위한 학문

- A. Chapanis -

인간공학이란?

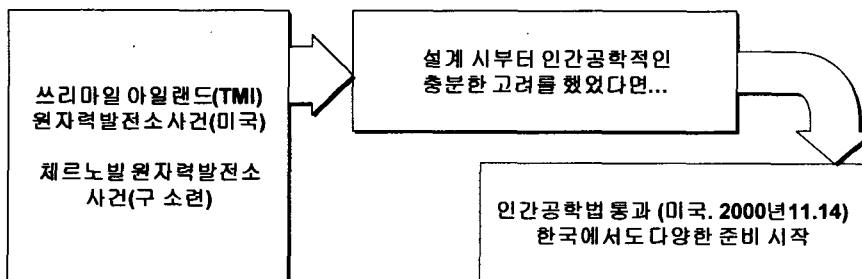
- 인간이 보다 안전하고 위생적이며, 효율적이고 생산적이면서 편안하도록.....
사람의 일, 그리고
과업, 직무, 정보, 도구, 장비, 설비, 환경을 연구하는 과학

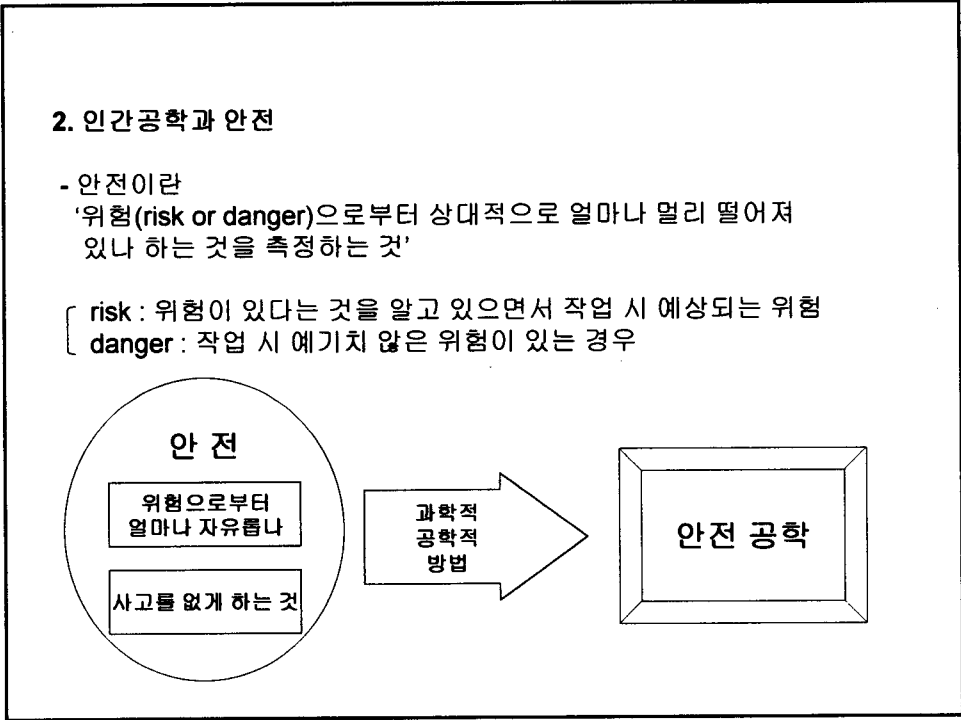
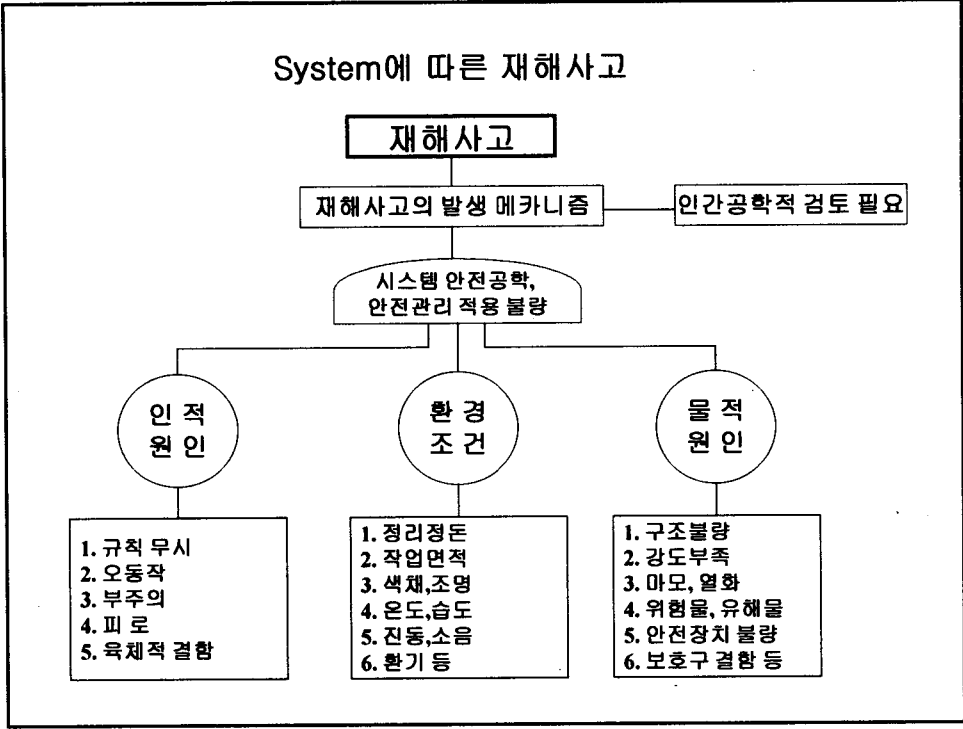


☞ 인간공학과 산업안전

- 인간공학은 인간과 사물 간의 상호작용을 다루는 둘 이상의 자연과학 또는 공학이 관련
- 주위에 존재하는 비효율성과 부적당한 고려로 야기될 수 있는 나쁜 효과들을 수정하고, 문제를 인식하게 하는 일들을 인간공학이 해결

☞ 인간공학 무시 사례





인간공학과 안전보건

◆ 인간의 출력과 제어

- 육체적 작업과 수동 물리 취급
- 인간의 시스템 제어
- 제어장치와 자료 입력장치
- 수공구

◆ 작업장 설계

- 응용 인체측정학, 작업공간 설계, 자세
- 물리적 공간의 구성요소 배열
- 작업공간 설계의 대인 측면

◆ 환경조건

- 조명
- 기후
- 소음
- 운동

◆ 인간

- 육체적 중노동, 스트레스
- 비숙련화, 기술적 문맹
- 오동작, 에러발생
- 직업병

◆ 재해

- 노동 상해
- 공업 중독
- 화재 및 폭발
- 기기 장치의 공장 또는 파괴
- 공장 공해

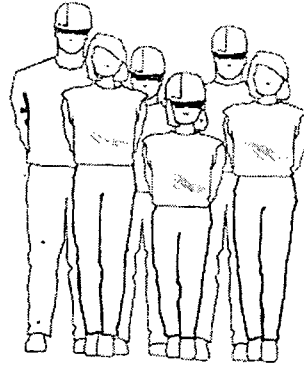
안전 최대화!

6가지 인간 시스템

1. 신체치수(인체측정학)
2. 지속성(생리학)
3. 힘(생체역학)
4. 손과 팔의 사용(신체운동학)
5. 작업환경(소음, 빛, 진동, 온도)
6. 정보처리(인지공학)

1. 신체치수(인체측정학)

- 신체치수(인체측정학)
- 치수의 범위 결정
- 어떤 사이즈
여야 하나?



2. 지속성(생리학)

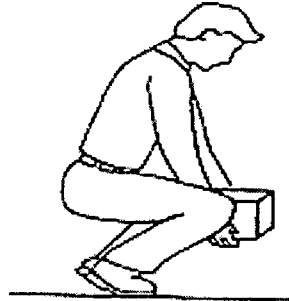
- 지속성(생리학)
인간의 지속능력은
다양하다.
- 동적작업, 정적 작업



3. 힘(생체역학)

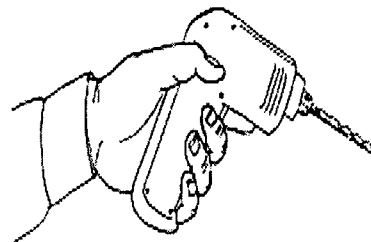
힘(생체역학)

- 근육의 힘에 의해 제공되는 힘
- 골격들에 의해 제공받은 역학적 힘



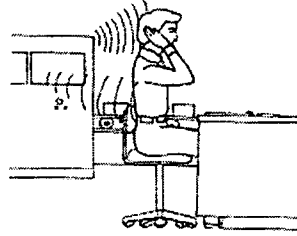
손과 팔의 사용(신체운동학)

- 인간 신체의 많은 부분에 적용
- 골격과 관절이 움직이는 능력을 연구
- 1) 작업 목적
- 2) 인간목표



작업환경(소음, 빛, 진동, 온도)

- 다양한 환경내의 작업에 대한 인간의 내성 연구는 우리들의 한계를 정한다.



정보처리(인지공학)

정보처리 (인지적)

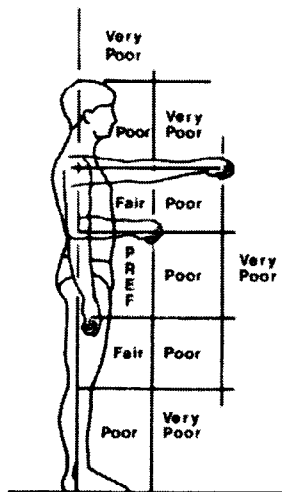
- 작업의 실행정보를 일상적으로 처리한다.



인간공학 응용분야

1. 인간공학은 어디에 사용하느냐
 - 인간공학을 필요로 하는 모든 직무와 작업.
2. 왜 인간공학을 사용하는가
 - 인간 성능 척도의 효과를 높이는데 사람의 능력을 기초로 설계.
3. 언제 인간공학을 사용하는가
 - 제조과정 설계에서부터 사용.
4. 인간공학 정보는 어떻게 사용하느냐
 - 공학자들과 설계자들에 의해서 사용하도록 되어 있음.
 - 인간공학 평가와 현행 작업장 개선에 도움이 됨.

☞ NIOSH 기준의 응용



NIOSH에서 제시

(National Institute for Occupational Safety and Health)

- 손을 이용한 들기 작업의 육체적 스트레스를 평가하는 도구
- 작업자세와 작업 설계에 도움을 주기 위하여 이용
- 결과값으로 권장 무게 한계를 산정하여 작업의 설계에 적용

인간공학 개요 - 이름

- ERGONOMICS : ergon - 일, 작업(work)
+ nomus - 자연법칙(natural law)
- 다른 이름 : Human Factors
Human Engineering
Biomechanics (생체역학)
Work Physiology (작업 생리학)
Engineering Psychology (공학심리)
Engineering Anthropometry (인체계측공학)

인간공학 개요 - 접근법-

- A. **작업에 맞는 근로자 선발 및 훈련-----**
 - 인사부서에서의 전통적 접근방식
- B. **작업을 근로자에게 맞도록 디자인 -----**
 - 이것이 인간공학임. 엔지니어, 장비디자이너, 안전보건관계자 포함
- C. **이상의 두 가지 모두 필요함. -----**
 - 근로자 선발과 훈련만으로 항상 작업장 디자인 결함을 보완할 수 없음 (sick job vs. sick people)

인간공학 개요 -인간공학 vs. 산업위생-

A. 산업위생은 환경에 의해 발생한 스트레스와 위험성에 주안

B. 인간공학은 "작업 그 자체에서 나오는 스트레스와 위험성에 주안"

- 작업장 디자인, 제품 디자인, 시스템 디자인으로 개선. 현재 작업장 디자인에 많은 관심

• 안전(safety) VS 인간공학(ergonomics)

- 단기결과 (short-term)

- 명확한 결과(overt)

- 분명한 원인과 결과
(cause & effect)

- 현장에 즉시 비용 발생
(immediate)

- 즉시 예측할 수 있는 결과
(immediately measurable effects)

- 장기 결과 (long term consequence)

- 모호한 결과 (subtle)

- 불분명한 원인과 결과(unclear)

- 현장에 오랫동안 비용 발생(cost)

- 예측하기 쉽지 않은 결과

CTDs의 업무상 관련 및 비업무상 관련 요소 비교

• 일반적 작업관련 요소 VS	작업(업무) 이외의 요소
- 부과되는 힘 (40 N 이상 , 5 kg)	- 선천적 결함
- 반복적 요소: 30초 이하 CT. or 동일 형태반복이 사이클 타임의 50%	- 급성의 부상, 만성 질병 - 노령화 현상
- 역학적 부하	- 여성 > 남성 (2:1 to 10:1)
- 나쁜 자세 : 중립 위치(neutral position) 벗어날 경우 힘의 손실	병원방문 빈도, 작은 손에 비해 높은 스트레스, 출문, 남성위주의 작업장 디자인으로 작은 여성; 나쁜 자세 발생

인간공학 개요 - 개인적 차이 -

• 중요한 변수 : 나이, 성별, 민족, 숙련

A. 신체구조적 차이 : 크기 (SIZE), 힘.

B. 생리학적 차이

- 감각 기능 (시각, 청각)
- 반응시간
- 신진대사

C. 심리학적 차이

- 습관 (Behavior)
- 지능 (intelligence)
- 태도 (attitudes), 기술 (skills)

* 우리가 바라는 작업장이 아니라 근로자가 원하는 작업장으로 디자인

누적 외상 병(CTD)

- 누적 외상 병(CTDs)은 조립작업의 병.
- 반복된 긴장이 오랜 시간 지속되어 발병.
- 개별적인 개별 직무는 위험하지 않을 수 있으나
- 장기간 근육에 반복적으로 영향을 주는 작업은 CTDs를 초래

개 요

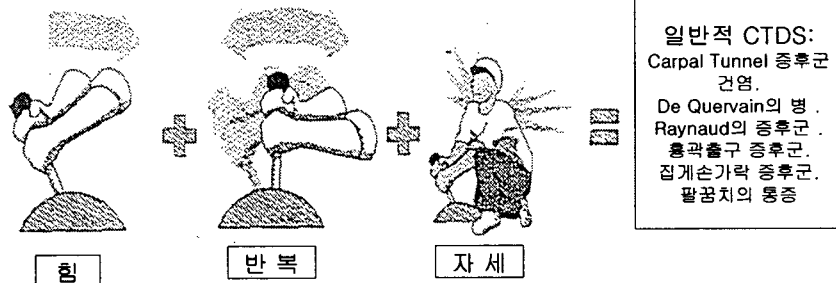


그림 2.1 누적 외상 병의 원인이 되는 직업적 요인

힘 + 반복 + 자세 = 일반적인 CTDs

디자인 전략

1. 작업자의 힘을 최소화 해야 한다.
2. 작업의 반복을 최소화해야 한다.
작업에서 높은 반복의 실행은 경계.
 - a. 30초 보다 적은 사이클 시간.
 - b. 긴 사이클 작업의 경우 50% 이상 반복 동작이 포함된 일.
 - c. 생산물이 500 unit/shift 이상.
 - d. 20,000 행위(작은동작)/shift 이상의 작업.

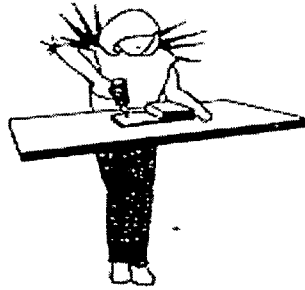
디자인 전략

3. 편안하고 이완된 자세를 위한 작업장, 작업 그리고 도구의 디자인.

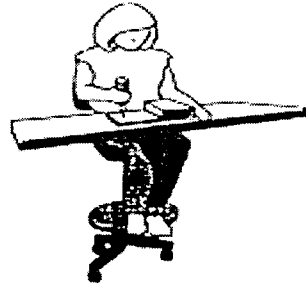
관절의 자세는 작업설계, 도구 디자인 그리고 노동자의 인체 계측 사이의 상호작용에 의해 결정

4. 작업 표면에서 급격한 모서리 같이 몸에 무리를 주는 부분은 피해라!

디자인 전략



자세 문제



개선된 디자인

그림 2.2 향상된 자세의 작업장 디자인

작업 디자인

작업 디자인의 주된 목적은 반복작업을 최소화 시킬 수 있게 작업에 적합한 배치를 노동자에게 제공하는 것.

1. 작업을 확대함으로 노동자에게 단순하고, 높은 반복 작업이 할당 되는 것을 피한다.
2. 높은 반복 작업, 일관된 작업 그리고 노동자들이 쉽게 질리는 작업은 기계화한다.
3. 두드리는 작업을 위해 작업공구를 제공해야 한다.

작업 디자인

4. 기계의 속도에 맞추는 것을 피한다.
5. 한 손 작업을 감소하기 위해 양손 작업이나 손을 번갈아가며 하는 작업위해 디자인해야 한다.
6. 작업자가 작업방법에 친근하고, 용이하며, 쉽게 이해하고 적용할 수 있는 안전훈련을 실시한다.
7. 작업자의 능률적 작업에 대한 적절한 인센티브를 제공한다

작업장 디자인

작업장 디자인의 목적은 운동의 범위에서 작업자가 작업을 쉽고, 편안한 작업자세가 유지될 수 있게 작업 공간을 디자인 하는 것.

1. 작업자의 신체에 따른 조절 범위를 조정할 수 있는 디자인.
2. 주된 행동이 최적 작업영역내에서 작업되도록 디자인 되어야 함.
3. 작업이 정면에서 작업될 수 있도록 행동을 관찰해 본다.
4. 지그들과 고정구들을 사용해야 한다.

작업장 디자인

5. 작업 자세가 자연스러운 자세를 유지 되도록 한다.
6. 불편한 작업동작이 나오는 작업장은 피해야 한다.
7. 정적 근육의 부하와 일반적인 피로를 감소시키기 위해 신체를 지지 할수 있는 것을(의자, 걸상, 팔걸이) 제공한다.
8. 두 손 작업이나 양손 교대작업을 위한 작업장설계를 한다.
9. 작업 영역에 편리한 공구대나 도구걸이를 제공한다.
10. 작업자가 접촉하는 모든 모서리에 Pad를 대야 한다.
11. 작업장과 도구와 작업자의 자세는 상호작용 함.

작업장 디자인

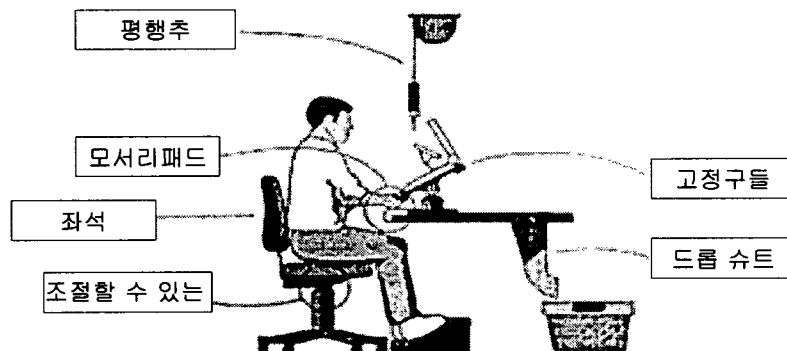


그림 2.3 인간공학 작업장의 디자인 특징들

작업장 디자인

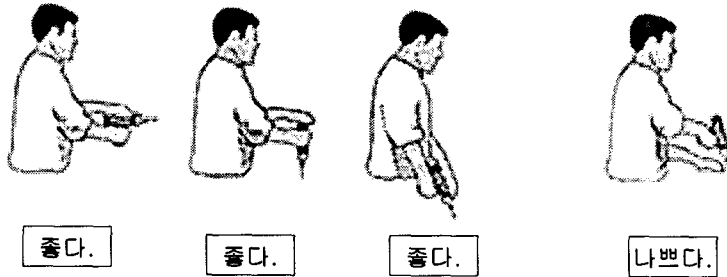


그림 2.4 도구와 작업장은 자세에 영향을 미친다.

손잡이와 도구 디자인

손잡이는 작업자와 작업 환경사이의 인터페이스이다.

1. 손바닥의 압박을 주는 것을 피해야 함.

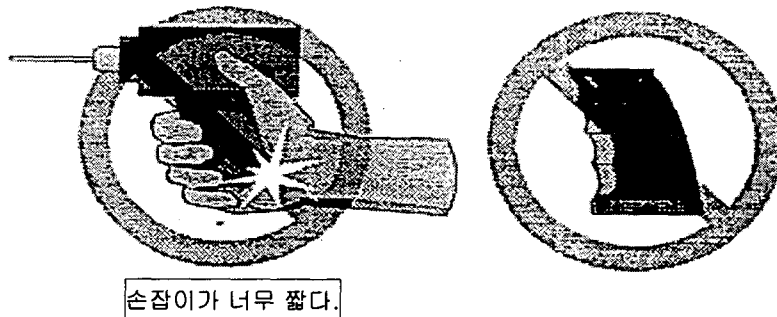


그림 2.5 손안에 압박을 주는 손잡이

손잡이와 도구 디자인

2. 적당한 손잡이 지름과 마찰을 주는 표면과 함께 힘을 최소화해 주어야 한다.

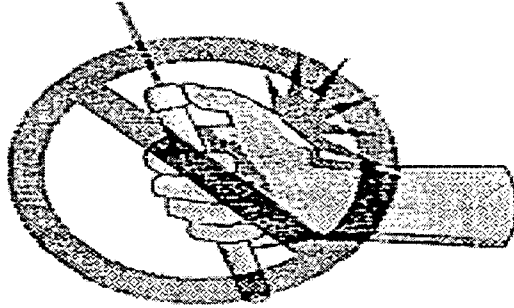


그림 2.6 손잡이 지름이 너무 작다.

3. 도구의 무게를 줄여라.

손잡이와 도구 디자인

4. 진동을 최소화 해야 함 (특히 40-150 헤르츠의 범위 내에서).

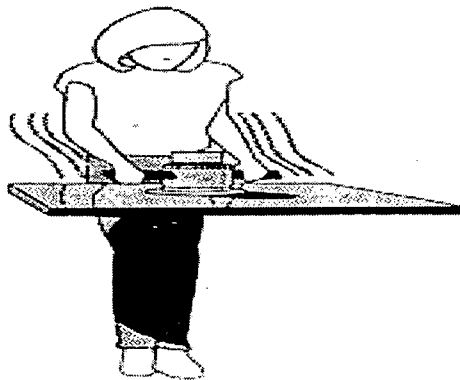
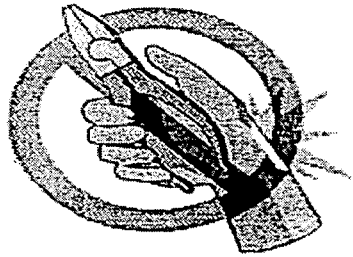


그림 2.7 손-팔의 진동

손잡이와 도구 디자인

5. 손 접촉면은 열의 전도력이 있으면 안됨.
6. 갑작스러운 충격(두드리기, 쥐기)을 피해라.
7. 손목이 꺾이는 자세를 피한다; 손목을 꺾지 말고 금속(손잡이 도구)를 꺾어라.



굽은 손목



손목 도구

그림 2.8 손목의 중립자세를 유지하게 하는 손잡이

손잡이와 도구 디자인

8. 보호용 장갑으로 혈액순환에 방해 받지 않고 알맞게 맞는 다양한 크기의 장갑을 근로자들에게 제공하라 (장갑은 악력을 20 -30 % 감소시킨다)
9. 손잡이에 모서리가 있거나 형태의 부적절로 인해 표면에 압박이 가해지거나 압력점이 발생할 경우를 피하라.

관리적 조치

관리 조치들은 공학적 대책이 전개되는 동안 CTD 문제를 최소화하거나 예방하는데 우선 이용될 수 있다.

1. 작업의 배치 전환 (CTD 유발 작업과 다른 근육사용작업)
2. CTD 유발 경향작업은 연장시간 또는 연장 스케줄 억제.
3. CTD 경향의 일들에 대하여 생산성 향상 장려금을 피할 것.
4. 최소 2주간은 관련기술을 익히도록 훈련시키고 또 2주이상을 작업속도에 숙련될 수 있는 기간이 되도록 기회 배려 .

관리적 조치

5. CTD 인식 교육을 통하여 근골격계질환을 조기발견하고 위험상황으로의 진전예방 및 적절한 조치 강구 가능 .
6. 적절한 작업 방법을 작업자에 훈련시킨다.
7. 정기적인 주기로 작업방법에 대해 인간공학적 점검시행
8. 반복(개인당 횟수)과 힘(공동 들기)을 줄이기 위해 종업원 추가 투입

단순반복 작업 무엇이 문제인가?

1. 무리한 힘
2. 반복
3. 나쁜 자세
4. 기타 : 운동,
조명, 진동

번호 : _____
 작성일 및 위치 : _____
 검토자 : _____

The Strain Index.

Rating	Intensity of Exertion (강도)	사이클 당 % duration of Exerian	분당 회 수 (Efforts/min)	손 / 손목 자세 (hand/wrist posture)	작업의 속도 (Speed of Work)	Duration per day (hrs)
1	약한(light)	10	4	매우 좋음	매우 느림	1
	1	0.5	0.5	1	1	0.25
2	다소 힘들 (somewhat hard)	10-29	4-8	좋은 (good)	느림	1-2
	3	1	1	1	1	0.5
3	힘들	30-49	9-14	보통(fair)	보통	2-4
	6	1.5	1.5	1.5	1	0.75
4	매우 힘들 (very hard)	50-79	15-19	나쁜(bad)	빠름	4-8
	9	2	2	2	1.5	1
5	한계치에 가까움 (near maximal)	> 80	> 20	아주 나쁜	매우 빠름	> 8
	13	3	3	3	2	1.5

<RESULT>
 1. The Strain Index : _____
 2. 기타 사항(Remarks) : _____

스트레인 지표에 관한 설명

가. 1 단계 : 데이터(점수) 결정 기준

1. 강도

평가 기준	Borg Scale B	가한 힘
약함	2 이하	이완된 상태
다소 힘들	3	의식적 힘을 추가
힘들	4-5	현저히 힘을 사용, 얼굴 무표정
매우 힘들	6-7	과다한 힘 사용, 얼굴표정 변함
극한에 가까움	7 이상	힘을 주기 위해 어깨나 몸통 사용

2. 사이클 점정

사이클 % = 100 * (힘 부가 시간 (초) / 전체 측정시간

사이클 (초) = %

3. 분당 회수

분당회수 = 힘을 가한 회수 / 총 관측 시간 (분)

4. 손 / 손목 자세

평가 기준	손목신장각도	손목굴절각도	외전 각도	감지 자세
매우 좋음	0 - 10	0 - 5	0 - 10	완전히 중립
좋음	11 - 25	6 - 15	11 - 15	거의 중립
보통	26 - 40	16 - 30	16 - 20	중립이 아님
나쁨	41 - 60	31 - 50	21 - 25	현저히 굽어짐
아주 나쁨	60도 이상	50도 이상	25도 이상	극한

5. 작업의 속도

평가 기준	MTM	감지 속도
매우 느림	80 이하	매우 이완된 느린 속도
느림	81 - 90	고유한 시간의 속도
보통	91 - 100	보통의 동작 속도
빠름	101 - 115	시드름, 속도유지 요구
매우 빠름	115% 이상	속도유지 불가능 정도

나. 2 단계

가중치에 따른 환산 점수 결정

평가점수	강도	사이클	분당회수	손 자세	작업속도	작업시간
1	1	0.5	0.5	1	1	0.25
2	3	1	1	1	1	0.5
3	6	1.5	1.5	1.5	1	0.75
4	9	2	2	2	1.5	1
5	13	3	3	3	2	1.5

다. 3 단계

SI (스트레인 지표) = 각요소의 환산점수의 곱

(강도*사이클 %*분당회수*손/손목자세*작업속도*작업시간)

라. 종합평가 해석

SI 점수	해 석
SI 결과 5 이상	정밀조사가 요구됨: 상지 전환에 노중 가능성이 있음
SI = 3 이하	안전함
SI = 7 이상	매우 위험

1. 작업장단 * 작업 확인 시 체크 1. 운영직명명리 <input type="checkbox"/> 5 회당 <input type="checkbox"/> 2. 작업일 확인 <input type="checkbox"/> 4. 구공급 <input type="checkbox"/> 3. 식이.식기 <input type="checkbox"/> * 다른종류 <input type="checkbox"/> 4. 다의물건 <input type="checkbox"/> 추가분지내용 _____		5. 의사소통, 조영 평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 8. 의사소통 (계통남에도)	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 3. 목적의 활동		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 10. 작업 단속/목적 사항에 있어 / 분	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 3. 평가		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 11. 목적 활동도	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 4. 작업자제 별 항목		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 12. 조영	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 5. 작업		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 13. 조영 (C)	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 6. 작업 내용 (이두원)		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 14. 조영	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 7. 작업 확인		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 15. 조영	
평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 8. 작업 확인		평가자의 질문 <input type="checkbox"/> 작업자의 질문 <input type="checkbox"/> 16. 조영	