근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 대책

대한산업안전협회 충남북부지회 최인석 팀장

인간은 필요에 따라 도구, 기계, 장치 등을 사용하게 되는데 이런 집단들이 작게는 기업이 되고 크게는 기업이나 사회를 형성하는 구성 요소의 하나가 된다.

도구, 기계, 장치 등을 머신이라 하고 기업이나, 사회를 시스템이라 하여 인간과 어우러진 시스템을 맨머신시스템이라 한다.

이런 머신들이 인간의 특성에 부합하면 쉽고, 효율적이며, 안전하게 목적 달성이 가능하게 되어 삶의 질이 향상되는 효과를 가져 온다.

반대인 경우에는 작업은 복잡하고 비효율적으로 생산적이지 못하며 육체적 부담으로 신체 일부가 정상적으로 기능하기 어려운 상태에 이르는 근골격계질환이 발생하고 부주의에 의한 안전사고가 증가한다.

※ 본고에서는 지면의 제한이 있고 또한 매3년마다 실시하는 정기조사가 2주기를 지난 시점이기에 조사 후 수립된 개선 계획을 시행하는데 필요한 인간공학적 개선대책에 관련해서만 언급하겠다.

Ⅰ. 정의

1. 인간공학

인간공학을 에르고노믹스(ergonomics)라고 한다. 인간의 육체적 · 심리적 특성을 머신에 반영하는 것이 목표이며 이런 것이 반영되도록 조정하는 것이 인간공학의 역할이다.

유럽에서는 'ergonomics'를 인간의 근력 발현을 정상화한다는 의미로 너무 큰 근육의 힘을 쓰지 않도록 기계 설계를 생각하는 것, 즉 인간의 특성을 고려하여 기계를 설계하는 것을 뜻한다.

따라서 인간공학의 관계분야는 매우 넓다. 기계공학은 말할 것도 없고 전기 · 항공 · 통계학 분야를 포함하며, 생체의 기능을 연구하는 생리학를 비롯하여 심리학과도 관계된다.

2. 근골격계질환

근골격계질환은 무거운 물건의 취급, 반복적 동작, 부적절한 자세, 부적합 환경 등으로 신체의 근육, 인대, 신경, 건(힘줄)에 생기는 파열, 염증, 부종으로 일상적 생활에 불편을 느끼거나 참을 수 없을 정도의 고통을 호소하는 등 다양한 양상을 보인다.

3. 유해요인조사

작업환경, 작업방법, 작업조건에 근골격계질환의 유발 요인이 무엇이고 어느 정도 발생가능한지를 조사하는 것으로 조사에 그치지 않고 개선을 위한 사전 활동이다.

4. 작업개선

작업개선은 근골격계질환 예방을 위하여 유해요인조사를 통해 확인된 유해요인을 제거하거나 유해 수준을 낮은 단계로 조정하는 과정으로 공학적, 관리적 대책을 적용한다.

Ⅱ. 인간공학적 대책 적용 우선 순위

1. 근골격계질환자가 발생한 작업
2. 위험성평가결과 평가점수가 높은 작업
3. 설문결과 증상 호소자가 많고 주관적 어려움을 호소하는 작업
4. 기술력, 시간 및 금전 제약이 적은 작업
5. 편리성, 효율성 향상이 기대되는 작업

Ⅲ. 공학적 대책의 적용 원리

1. 인체측정치를 이용한 작업환경개선

인간의 신체별 크기는 사람마다 다양하기 때문에 공학적대책을 적용하기 위해서 개선 대상 작업의 근로자 인체측정치를 반영하여 작업환경(작업대, 의자, 작업공간, 수공구 등)을 제공한다.

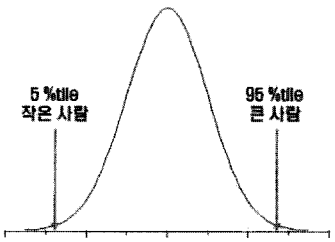
인체측정치를 이용하여 공학적개선 순서는 조절식설계를 적용해 보고 불가한 경우 극단치설계를 적용한다. 그럼에도 불가한 경우 평균치설계를 채택하는데 평균치설계가 최후의 방법임을 명심하여야 한다.

가. 조절식 설계

(1) 작업에 사용하는 작업대, 의자, 작업공간 등을 체격이 다른 여러 근로자들을 위하여 직접 크기를 조절 할 수 있도록 조절식으로 설계.

(2) 조절범위는 여성의 5퍼센타일(최소치)에서 남성의 95퍼센타일(최대치)로 한다.

※ 퍼센타일(Percentile)이라 함은 전체를 100으로 봤을 때, 작은 쪽에서 몇 번째인가를 나타내는 백분위수.



〈그림 1〉 정규분포 퍼센타일

나. 극단치 설계

(1) 조절 가능한 설계를 적용하기 곤란한 경우에는 극단치를 이용하여 설계할 수 있다.

(2) 극단치를 이용한 설계는 최대치를 이용하거나 최소치를 이용.

① 최대치는 남성의 95퍼센타일을 이용하고 남성 95퍼센타일 미만의 작업자는 모두 수용 가능한 설계조건이다.

[최대치 설계의 예]

- 작업공간의 높이
- 통로나 비상구 높이
- 받침대의 안전한계

② 최소치는 여성의 5퍼센타일을 이용하고 여성 5퍼센타일을 초과하는 작업자는 모두 수용 가능한 작업설계이다.

[최소치 설계의 예]

- 보관대 선반의 높이
- 조정장치까지의 거리
- 대차가 움직이기 위한 힘

다. 평균치 설계

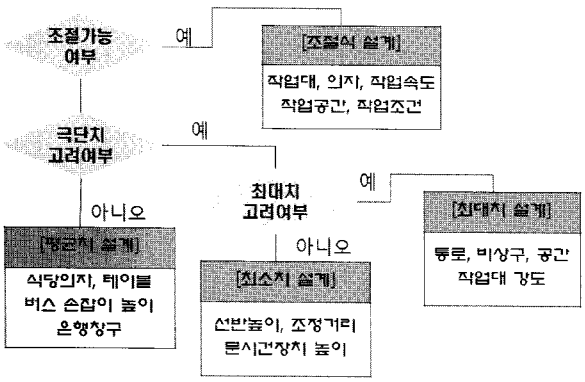
(1) 조절식이나 극단치를 이용한 설계가 곤란한 경우에는 평균치를 이용하여 설계.

(2) 평표치는 남녀 혼합 50퍼센타일 범위를 이용하되, 짧은 시간동안 근로자들이 공동으로 이용하는 설비 등에 적용하고 조절식이나 극단치 설계가 곤란한 최후의 수단으로 선택한다.

[평균치 설계의 예]

- 식당 테이블 높이
- 사무실의 의자 높이
- 작업장의 콘베이어 높이

(3) 평균치 설계는 조절식이나 극단치 설계가 불가한 최후의 설계단계로 작업자의 다양성을 고려할 때 최저 수준의 인간공학적 대책이다.



〈그림 2〉 공학적개선 순서

2. 인체측정치의 적용 절차

가. 개선의 대상과 연결되는 인체 부위의 치수 결정
[예] 수공구 손잡이는 손바닥 너비, 손가락 길이

나. 사용자가 성인, 남자, 여자인지를 확인

다. 조절식, 극단치, 평균치설계에서 어떤 설계기준을 선택할지를 결정(기술력, 경제성, 효용성 고려)

라. 사용자 인체치수를 측정하거나 인체측정 치수 정보를 사용하여 퍼센타일 결정

바. 작업 특성이나 복장을 고려한 여유치 고려

사. 설계치수의 결정

아. 제작

Ⅳ. 공학적 대책의 종류

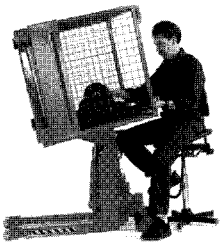
1. 작업대

가. 작업대

(1) 정면을 보면서 팔꿈치 각도가 90도 정도가 유지.

(2) 작업면 각도를 조절(틸팅)할 수 있도록 한다.

(3) 틸팅은 가급적 동력을 이용하는 것이 좋고 불가피하면 수동방식도 무난하다.



〈그림 3〉 높이조절 및 틸팅 작업대

나. 작업대 높이

정밀작업, 경조립, 중량물 작업에 맞도록 우선적으로 조절식 작업대를 검토하고 불가한 경우 고정식 작업대를 선택한다.

(1) 입식작업대가 요구되는 작업

① 걷는 작업이 필요한 경우

② 높은 자세, 낮은 자세, 뻗침이 번갈아 발생되는 경우

③ 무거운 중량물의 취급이나 큰 힘이 요구되는 경우

④ 앉기 위한 다리 여유공간이 없는 경우

⑤ 최대작업역 이상의 작업공간이 필요한 경우

〈표 1〉 입식작업대 권장 높이

입식작업대	조절식	고정식	
		발판사용	발판없음
정밀작업	97.5~125cm	125cm	110cm
경조립	90~118cm	118cm	105cm
중량물작업	75~105cm	105cm	90cm

⑵ 좌식작업대가 요구되는 작업

① 장시간의 작업을 요하는 경우

② 정밀도가 요구되는 작업

③ 양발의 조작이 필요한 경우

④ 정밀한 발의 조작이 필요한 경우

〈표 2〉 좌식작업대 권장 높이

좌식작업대	조절식	고정식
정밀작업	67~85cm	85cm
경조립	57.5~72.5cm	72.5cm
중량물작업	52.5~70cm	70cm

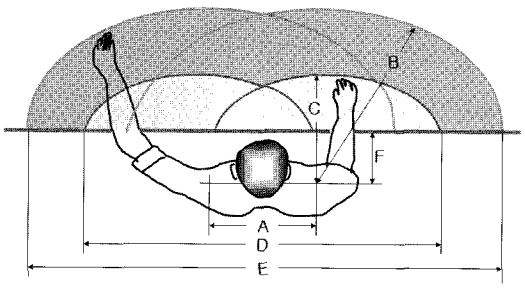
다. 작업영역

⑴ 수시 취급하는 물건은 정상작업역 이내에서 이루어지도록 한다.

※ 정상작업역이란 상완을 자연스럽게 몸에 붙인 채로 전완을 움직일때 도달하는 영역

⑵ 부득이한 경우에는 최대작업역에서 하되 그 작업이 최소화되도록 한다.

※ 최대작업역이란 어깨에서부터 팔을 뻗쳐 도달하는 최대 영역



C : 정상작업역(34~45Cm)

B : 최대작업역(55~65Cm)

D : 2C + A　　E : 2B + A　F : 19Cm

〈그림 4〉 정상작업역과 최대작업역

2. 의자

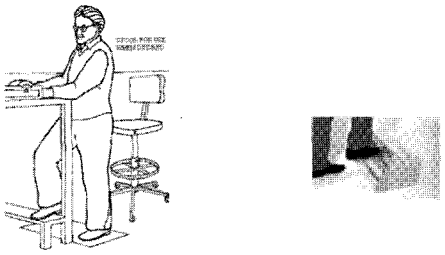
가. 의자의 높이는 눈과 손의 위치가 적절하고 무릎관절의 각도가 90도 전 · 후가 되도록 조절할 수 있어야 한다.

나. 의자는 충분한 너비의 등받이가 있어야 하고 근로자의 체형에 따라 허리부위부터 어깨부위까지 편안하게 지지될 수 있어야 한다.

다. 의자의 앉는 면은 근로자의 엉덩이가 앞으로 미끄러지지 않는 재질과 구조로 하고 의자의 깊이는 근로자의 등이 등받이에 닿을 수 있어야 한다.

라. 가능한 한 팔걸이가 있는 것을 사용한다.

마. 같은 위치에서 장시간 서서 작업하는 경우에는 선 채로 엉덩이만 걸치는 입좌식의자와 발받침대를 제공한다.



〈그림 5〉 입좌식의자와 발받침대

3. 작업공간

작업공간을 배치할 때는 다음 사항를 고려하여 야 한다.

가. 사용빈도 : 빈번하게 사용하는 요소들은 사용하기 편리한 곳에 배치

나. 중요성 : 목적을 달성하는 데 상대적으로 더 중요한 요소들은 사용하기 편리한 지점에 위치

다. 사용순서 : 연속해서 사용하여야 하는 구성요소들은 서로 옆에 놓여야 하고, 조작의 순서를 반영하여 배열

라. 일관성 : 동일한 구성요소들은 기억이나 찾는 것을 줄이기 위하여 같은 지점에 위치

마. 기능성 : 비슷한 기능을 갖는 구성요소들끼리 한데 모아서 서로 가까운 곳에 위치

바. 부자연스러운 작업자세 및 동작을 예방하고 접촉스트레스를 줄이기 위하여 충분한 작업 공간(95퍼센타일 치수)을 확보.

사. 자연스런 작업 흐름이 유지되도록 배치한다.

4. 수공구

가. 수공구는 가능한 들기 않고 메달아 사용하여 불필요한 근력 사

용을 방지한다.

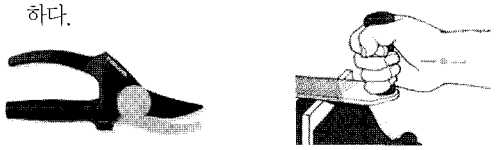
〈그림 6〉 스프링 바란스

나. 수공구는 잡을 때 손목이 비틀리는 경우 수근관증후군, 팔꿈치를 돌리는 경우 골프테니스엘보우, 팔꿈치를 드는 경우 경견완증후군의 위험이 가중된다.

(1) 손목은 중립을 유지.

(2) 팔꿈치는 몸통에 붙이고 비틀리지 않토록 한다.

(3) 상완이 수직으로 유지 되도록 수공구의 손잡이 개선이 중요하다.



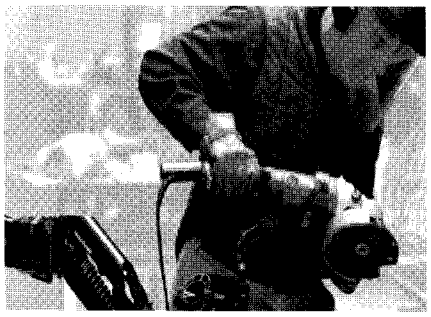
〈그림 7〉 인간공학적 수공구

다. 수공구의 손잡이는 손바닥 전체에 압력이 분포되도록 너무 크거나 작지 않도록 하고 미끄러지지 않으며 충격을 흡수할 수 있는 재질을 사용한다.

라. 무리한 힘을 요구하는 공구는 동력을 사용하는 공구로 교체하거나 지그를 활용한다.

마. 진동공구는 진동의 크기가 작고, 진동의 인체전달이 작은 것을 선택하고 연속적인 사용시간을 제한한다.

바. 무거운 수공구 사용시 피로 방지를 위해 보조도구를 사용할 수 있다.



〈그림 8〉 수공구 보조도구

사. 수공구의 손잡이를 연장하면 허리를 과도히 굽혀 발생될 수 있는 허리 부상을 방지할 수 있다.

5. 들기장치

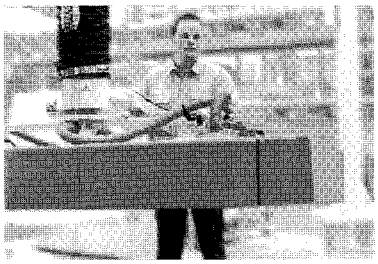
가. 요통재해의 가장 큰 원인은 들기작업이다.

나. 들기작업은 허리의 굽힘각도에 따라 L4-L5에 걸리는 부하가 허용범위의 2~3배까지 변화되어 인력 들기작업을 배제할 수 있는 작업방법 모색이 필요하게 된다.

다. 들기작업을 제거할 수 없는 경우 작업무게와 빈도를 최소화하며 양호한 작업자세를 갖는 것도 중요하다.

라. 그러나 인력 작업을 배제하거나 최소화하기 어려운 경우 최대한의 동력장치 사용 방법을 강구해야만 한다.

마. 들기장치의 종류는 크레인, 마그네틱리프트, 진공리프트, 유공압리프트, 에어패드가 주로 사용된다.



〈그림 9〉 진공 들기장치

6. 운반장치

가. 생산과정에서 필수 불가결한 요소중의 하나가 원료나 제품의 운반이다.

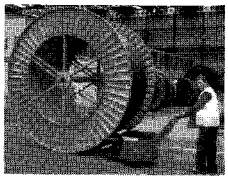
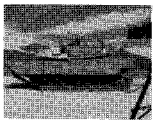
※ 운반이 경영에 미치는 영향(미국 공장 일례)

- 가공비의 30~40%는 운반비
- 공정시간의 70~80%는 운반비
- 재해의 70%가 운반이 의한 직간접적인 원인

나. 운반과정에서 인력운반을 최소화하는 것은 근골격계질환이나 안전사고 예방의 중요한 부분이다.

다. 운반은 자동화하거나 상황에 다라 기계화하는 것이 대부분이다.

라. 기계화 운반잔치의 종류는 지게차, 크레인, 컨베이어와 같은 고전적 방법 외 작업 특성에 맞는 운반도구와 Air Caster 사용도 효과적이다.

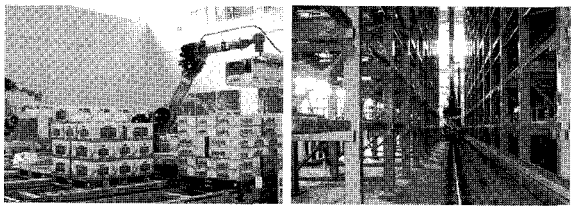



〈그림 10〉 동력식 밀기장치와 Air Caster

7. 적재장치

가. 물건의 적재는 들기와 운반이 반복적으로 요구되는 인간공학적 개선의 여지가 높은 작업이다.

나. 인체 부담을 줄이면서 작업 공간을 효율적으로 활용하기 위한 적재용로봇, 파렛타이져, 스테커 등이 활용되고 있다.



〈그림 11〉 적재로봇과 스테커크레인

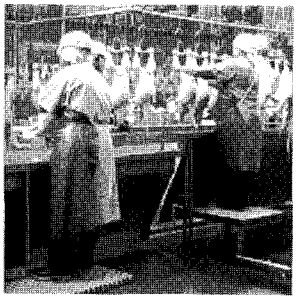
8. 작업발판

가. 근로자의 신장은 일정하지 않고 모두가 다르기 때문에 라인작업대, 고정작업대의 경우 부적절한 작업자세를 유발하여 허리나 어깨의 통증의 원인이 된다.

나. 작업대를 조절할 수 없는 경우 작업대의 높이를 최대치로 설계하고 신장이 작은 작업자는 발판을 밟고 올라 적정한 작업높이를 선택하도록 한다.

다. 미끄럽지 않은 재질을 선택한다.

라. 작업발판은 작업 성격에 맞추어 높이를 조절할 수 있도록 한다.



〈그림 1〉 높이 조절식 발판

9. 피로예방매트

가. 피로예방매트는 장시간 시멘트와 같이 딱딱한 표면에 서서 작업을 함으로써 야기되어 질 수 있는 피로를 감소시키기 위해 사용한다.

나. 나무, 카펫 또는 고무와 같은 어느 정도 탄성을 가진 부드러운 바닥재는 피로를 감소시킬 뿐 아니라 미끄럼과 넘어짐으로 인해 발생할 수 있는 사고 등으로부터 안전적인 측면이 있다.

다. 피로예방매트 사용과 함께 고려할 사항

(1) 근로자가 자세를 선택하거나, 자유롭게 변경시킬 수 있는 환경 제공.

(2) 발바닥의 형상에 맞으며 발굼치를 받칠 수 있는 적당한 쿠숀의 신발 제공.

(3) 피로예방메트에 걸려 넘어지지 않토록 주의가 필요하다.

〈그림 12〉 피로예방매트

10. 허리보호대

가. 허리보호대는 원래 재활치료를 위한 목적으로 사용되었으나 최근에 산업용으로 제품화되었다.

나. 척추에 가해지는 힘을 감소시키고, 복부 내부압을 증가시켜서 척추를 곧추 시키는 효과로 허리부담을 감소시킨다.

다. 단점은 심혈관계 부담 가중, 운동성 제약, 안전에 대한 과신도 있어 상황에 맞는 사용 지혜가 필요하다.

Ⅳ. 맺음말

인간의 육체적는 힘의 발휘, 반복 횟수, 관절의 활동 범위에 한계가 있음을 인정하고 머신이나 시스템이 인간 위주의 설계가 되어야 한다.

과거 주어진 환경에 근로자를 투입하여 적응을 강조했던 안전관리가 다양한 근로자의 특성을 배려한 작업환경이 설계되고 제공되어야 안전사고 예방은 물론 작업에 효율성을 증대시키는 생산적 안전관리가 지속될 수 있다.