

세 미 나 명 : 작업자 중심의 인간공학적 작업환경 개선

발표자주제 : 인간공학적 개선원리 및 방법

발 표 자 명 : 인천대학교 산업경영공학과 김철홍 교수

1. 人間工學이란 ?

인간공학은 인간의 육체적, 생리적, 심리적 특성과 한계를 연구하고, 이를 도구, 기계, 장비, 제품, 직무, 작업환경 그리고 시스템 등의 설계에 응용함으로써, 인간이 이를 보다 편리하고, 안전하며, 쾌적하게, 그리고 효율적으로 이용할 수 있도록 연구하는 학문이다.

○ 어떤 제품을 사용하거나 일을 할 때:

“아 이건 불편하다.(운전석의 공간, 조종장치의 배열)”

☞ 불편함 제거의 요구(Easy, Comfort)

“이렇게 만들었으면 더 사용하기 쉬웠을걸!”

☞ 사용성 향상의 요구(Efficiency)

“컴퓨터를 오래 사용하면 왜 목과 어깨가 아플까?”

☞ 노동과학의 요구(Labor Science)

=> 인간공학의 기본관점: 인간(사업주/노동자, 생산자/소비자)중심의 설계

무엇을 설계하나? : 제품, 기계, 생활공간, 작업장, 일, 환경 등 인간이 사용하고 활동하는 모든 대상의 설계에 관련함,
즉, 인간을 위한 설계(Design for Human)을 추구하는 응용공학

인간을 위한 설계에서 주 관심대상이 소비제품을 중심으로한 경우에 적용되는 인간공학의 경우에는 사용자 중심의 제품경쟁력 강화에 중심을 둔 설계에 관한 인간공학이며,

주관심 대상이 제품 또는 용역을 생산하는 노동자를 그 중심에 두고 일과 사람의 관계에 중점을 두는 노동인간공학으로 노동자의 안전과 복지에 중점을 두게 된다.

2. 근골격계질환의 개요

최근 들어 그 발생빈도와 심각성이 증대되고 있는 근골격계질환 (MSDs: Musculoskeletal Disorders)이란 생산현장에서 작업자들이 겪게되는 불편한 작업자세, 기계화 등에 따른 빠른 작업속도, 증가되는 수동적인 단순반복작업 등과 같이 잘못 설계된 작업장의 구조나, 부적절한 작업요인과 사회경제적(Socioeconomic) 요인들이 신체활동과 관련한 근골격계의 특정 부위, 특히 목, 어깨, 팔 그리고 허리 등의 부위에 반복적 또는 과도하게 작용함으로써, 해당 신체부위가 통증, 근력의 약화, 유연성의 감소 등과 같은 이상 증세를 나타내는 직업성 질환을 총칭하는 말이다.

현대산업사회에서의 기술발달에 따라 작업형태가 단순반복작업의 형태로 세분화되며 또한 생산성향상과 경영합리화에 따른 공장설비의 자동화, 여유시간의 축소에 따라 노동강도가 강화되고 있다. 특히 국내에서는 IMF사태 이후 기업들의 구조조정경영합리화 전략에 따른 노동강도의 강화, 불규칙적인 작업내용 등 노동 환경에 많은 변화를 가져오고 있다. 이러한 노동 환경의 변화는 작업자에게 육체적, 정신적 피로도를 증가시켜 근골격계질환의 발생을 증가시키는 주된 요인이 되고 있다.

근골격계질환이 산업체 또는 일상생활에 미치는 영향은 이 질환과 관련된 산업재해 보상의 비용과 작업 손실 시간 등의 간접비용의 증가와 더불어, 작업자에게 미치는 영향 또한 손목 등 발병 부위의 통증과 직장 및 일상생활의 높은 긴장감등을 통하여 명백히 밝혀지고 있다. 그러나 국내의 근골격계질환 환자의 수는 전체 직업병에서는 10%-30% 전후를, 전체 산업재해에서는 3-4% 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이는 미국 및 유럽의 많은 국가들에서 전체 직업병중에서 근골격계질환이 차지하는 비율이 40-60% 이상, 전체 산업재해중에서는 20-30%를 차지하는 것과 비교해 볼 때, 우리나라에서 근골격계질환의 심각성과 그 실상이 제대로 밝혀지지 못하고 있음을 보여 준다고 할 수 있겠다. 현재 국내의 근골격계질환에 대한 문제의식의 수준은 각종 통계자료에서 보여지듯이 문제의 심각성정도에 비해 소홀히 다루어지거나 문제의 심각성을 의도적으로 왜곡하거나 심지어는 은폐하려는 염려스러운 실정이다.

연구결과에 따르면 미국 및 서유럽의 국가들은 진폐증, 소음성난청 등 1차적인 형태의 직업병의 발생구조에서 탈피하였으며, 근골격계질환이 전체 직업병의 절반 이상을 차지하고 있으면 그 발병을 또한 증가하고 있는 추세이다. 우리나라의 산업구조가 소위 선진국의 구조와 생산방식을 추종하고 있음

을 감안할 때 이러한 근골격계질환의 발생이 그에 따라 증가할 것이라는 사실은 쉽게 예측되어진다. 따라서 근골격계질환의 예방은 보다 정확한 현실과 상황을 파악한 객관적 자료에 바탕한 근본적이고 장기적인 관점에서 대책이 수립되어야 할 것이다.

3. 근골격계질환의 주요발생요인

가. 작업자 관련 요인 (개인차)

- 신체적 적응 능력이 떨어지는 고령자(연령)
- 남자에 비해 여성 작업자의 유병율이 더 높다(성별)
- 사고 경력과 근골격계질환과 관련된 유사질환을 가지고 있는 경우
- 작업경력이 많은 경우
- 작업습관이 부적절한 경우(힘, 자세, 휴식패턴 등과 관련하여)
- 규칙적인 운동을 하지 않는 경우

나. 작업 관련 요인 (물리적 스트레스)

- 부자연스러운 작업자세를 요구하는 작업(잘못된 작업장 구조)
- 무리한 힘을 요구하는 작업
- 반복적인 동작을 계속적으로 수행되는 작업
- 작업 수행 중 팔이나 팔꿈치, 손바닥 등이 날카로운 면과 접촉되는 작업
- 추운 환경에서 일하는 작업
- 과도한 진동이 손이나 팔 등에 전달되는 경우(잘못된 공구사용)

다. 사회경제적 요인 (조직적, 심리적 스트레스)

- 직업 만족도, 고용안정도가 낮은 경우
- 상사 및 동료들과의 인간관계가 원만치 않은 경우
- 촉박한 작업일정 등 업무적 스트레스가 높은 경우,
- 기타 정신 및 심리상태가 불안정한 경우

위의 세가지 요인중 작업자 관련 요인은 그에 대한 관리나 통제가 어려운 요인이다. 따라서 근골격계질환의 예방은 주로 작업관련요인과 사회경제적 요인의 개선에서 이루어져야 할 것이다.

기본적으로 근골격계질환의 발생은 기업의 이윤을 위해 끊임없는 이루어지는 생산성 향상을 위한 생산방식의 변화에서 생산의 주체인 인간(작업자)이 제대로 고려되어지지 못한 작업 및 조직환경에서 기인하는 것으로 파악되어야 하며, 그 예방을 위한 대책도 생산성에 중점을 둔 작업 및 조직환경적 요인의 개선에서 찾아야 할 것이다.

<근골격계질환과 작업요소간의 인과관계의 유의성 정도>

신체부위별 질환	강한 유의성	보통의 유의성	약한 유의성	유의성 없음
목/목 및 어깨부위 질환				
반복성		√		
힘		√		
불편한 자세	√			
진동			√	
어깨부위 질환				
불편한 자세		√		
힘			√	
반복성		√		
진동			√	
팔꿈치부위 질환				
반복성			√	
힘		√		
불편한 자세			√	
위 요소들의 조합	√			
손/손목부위 질환				
손목관 증후군				
반복성		√		
힘		√		
불편한 자세			√	
진동		√		
위 요소들의 조합	√			
건염				
반복성		√		
힘		√		
불편한 자세		√		
위 요소들의 조합	√			
진동 증후군				
진동	√			
요통				
들기작업/힘든동작	√			
불편한 자세		√		
힘든 육체작업		√		
전신진동	√			
정적 작업자세			√	

4. 근골격계질환 예방을 위한 인간공학

근골격계질환의 예방을 위한 인간공학의 경우에는 작업자를 중심에 둔 노동인간공학과 주로 관련되며, 이러한 인간공학의 접근은 작업자가 수행하는 일을 보다 안전하고 쾌적하게 설계하기 위한 내용에 관여하며 그 내용은 크게 다음 세 가지의 주 관점으로 요약되어 질 수 있다.

인간이 하는 일을 보다 편안하게, 피로하지(힘들지) 않게, 즐겁게 할 수 있도록 설계함에 있다. 이런 세가지 관점을 인간공학의 세부분야와 관련 시켜보면;

가. 보다 편안하게 일할 수 있도록 설계하는 것은

: 인체계측학, 생체역학에 기초하여 일하는 작업장이 작업자의 신체적 조건과 특성이 제대로 반영된 작업장의 설계, 작업방법의 설계, 수공구의 설계 등과 관련된 내용으로 작업자가 보다 편안하고 효율적으로 일할 수 있도록 하는 것이다.

나. 피로하지(힘들지) 않게 설계하는 것은

: 작업생리학, 생체역학에 기초하여 작업의 강도와 내용이 작업자의 육체적 능력을 초과하여 피로를 누적시키지 않는 범위에서 작업의 속도, 양, 강도, 작업/휴식의 비율 등을 설정하는 것과 관련된 내용이다.

다. 즐겁게 일하도록 설계하는 것은

: 일의 계획과 실행이 분리된 현대 산업사회의 생산방식에서 작업의 설계에 노동자가 참여 할 수 있도록 하여, 인간이 일에 예속되거나, 피동적인 상태에서 벗어나 인간이 생산과정의 주체로 설 수 있도록 작업설계의 주체성과 재량권을 최대한 부여하는 것과 관련된 내용이다.

5. 편안한 작업의 설계

가. 인체계측학과 그 응용

○인체계측학(Anthropometry)이란 인간의 신체측정에 관한 학문으로서 신체 각 부분의 크기, 활동범위, 근력 등을 측정하며, 여기서 얻어진 자료는 제품설계, 작업장, 생활가구 및 공간 등의 설계시 기초자료로 활용된다.

○인간의 신체는 크기, 무게, 부피에서 각각 다르다.

☞ 하지만, 도구, 기계, 작업장 사무가구의 크기는 이러한 사용자의 차이와 특성을 고려하지 않고 생산자 위주로 획일적으로 설계된 경우가 많음으로 하여

☞ 대부분의 사람(사용자, 작업자)에게 부적합함과 사용상의 불편함 등을 초래함

○인체치수에 영향을 미치는 요인

- 인종, 나이, 성별
- 직업
- 장기간의 변화
- 의복 및 개인장구의 사용을 고려한 작업장 및 작업의 설계

○인체계측학의 종류

- 구조적(정적) 치수 (Static Anthropometry)
- 기능적(동적) 치수 (Dynamic ")

○인체 계측 자료의 응용원칙

☞ 맞춤형 설계 (Customized Design for Individual)

: 개인별 신체적 특성과 차이를 반영하여 각 개인에게 꼭 맞는 맞춤형 설계로 가장 이상적이 설계 형태, 경제성의 문제가 충분히 고려되어야 한다

☞ 조절가능한 설계(Design for Adjustable Range)

: 가능한 최대 범위의 사용자가 수용될 수 있도록 사용자 집단의 신체적 특성과 차이의 범위를 고려하여 사용자가 조절가능하도록 설계

* 일반적 조절범위 5% 女 - 95%

경제성과 필요성에 의하여 1% 女 - 99% 男도 가능)

ex) 자동차 운전석 의자, 의자의 상하 조절 기능.

☞ 극단적인 사람을 위한 설계(Design for Extremes)

: 최소 또는 최대치 사용자의 인체치수를 사용하면 그보다 작거나 큰 사용자는 모두 수용하는 경우

ex) 문높이(95% 男), 선반높이(5% 女) (5% 女 - 95% 男)

☞ 평균치 설계(Design for Average)

: 평균치 인간의 개념 적용, 바람직하지 않음, 하지만 많은 경우 설계상의 편리함을 이유로 실생활에서 가장 많이 적용되는 우를 범하고 있음

- 공공장소, 사용 시간이 짧은 경우

ex) 대합실 의자, 은행의 계산대

* 실제 평균치 인간(Average man)은 존재 않음

나. 인체계측학과 작업공간의 설계

1) 작업공간(Work-Space)의 설계

: 작업공간이란 사람이 어떤 목적(작업상, 일상생활)을 달성하기 위하여 활동하는 공간을 총칭한다.

- 종류: 우주선, Tank의 조종석, 생산현장, 부엌, 강의실

- 작업형태에 따른 분류: 일반적으로 선작업, 앉은작업 공간으로 구

분

2) 정상작업역, 최대작업역

(1) 정상작업역(최소작업역)

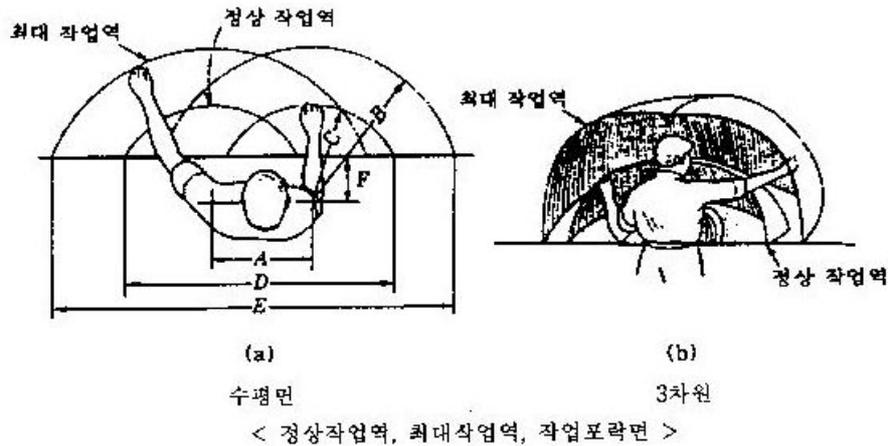
: 윗팔을 자연스럽게 수직으로 늘어뜨린채, 아랫팔만으로 편하게 뻗어 파악할 수 있는 구역

- 주요부품과 도구들은 정상작업역내에 위치

(2) 최대작업역

: 아랫팔과 윗팔을 곧게 펴서 파악할 수 있는 구역

- 모든 부품과 도구가 이 범위내에 위치해야 한다(특히 앉은작업의 경우)



3) 선작업대(Standing workplace)와 앉은 작업대(Sitting workplace)

* 앉은작업의 선작업에 대한 상대적 장점

- (1) 작은 근력의 이용에 따른 피로축적도가 상대적으로 낮다.
(선 경우는 앉은 경우에 비해 피로가 2배가량 빨리 축적된다.)
- (2) 안정감이 높아 정밀작업에 유리
- (3) 足動 조종장치의 작동이 용이하다.

* 앉은 작업이 추천되는 경우

- (1) 모든 작업도구 및 부품이 파악한계내에 위치할 경우
- (2) 작업시 큰힘이 요구되지 않는 경우 (< 4 kg)
- (3) 대부분의 작업이 정밀조립과 사무작업인 경우
- (4) 足動 조종장치가 자주 사용되어야 할 경우

* 선 작업이 추천되는 경우

- (1) 착석시 작업대의 구조가 다리의 여유공간을 갖지 못할 경우
- (2) 작업시 큰힘이 요구되는 경우 (> 4 kg)
- (3) 주요 작업도구 및 부품이 파악한계밖에 위치할 경우

(4) 작업내용이 많은 이동을 요하는 경우

* 입좌(立座) 겸용(sit/stand) 작업

- (1) 작업의 특성이 앉은 자세와 이동을 동시에 요구하는 경우에 적용
- (2) 높은 의자와 작업대로서 구성
- (3) 주방 또는 이동을 요하는 검사, 조립작업에 적용
- (4) 선작업에 비하여 20-50%의 작업에너지 감소 효과

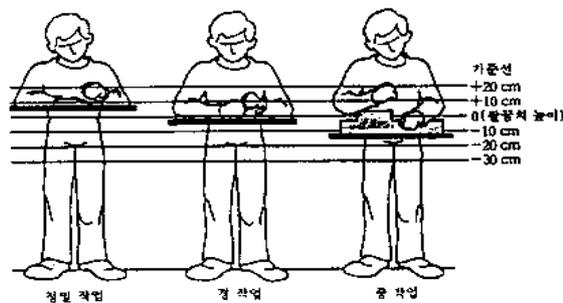


< 입좌식 의자와 작업대 >

4) 작업대의 높이

앉은작업, 선작업 공히 작업대의 높이 설정은 의자 등 기타 작업장의 시설물과의 관계를 고려하여 결정할 것이나 기준은 팔꿈치 높이를 참고점으로 하여;

- (1) 정밀작업인 경우 팔꿈치 보다 높게
- (2) 경조립 또는 사무작업인 경우는 팔꿈치 또는 그보다 약간 높게
- (3) 큰부품의 조립, 힘을 요하는 작업, Computer 작업대는 낮게 설정



< 선작업인 경우 작업의 종류에 따른 작업대 높이의 변화 >

< 부적절한 작업대의 높이, 의자의 사용에서 오는 신체적 이상 >

내용		취해지는 자세	신체적 이상
작업대	높은 경우	1. 머리를 들고 가슴 어깨를 일으키는 자세 2. 앞가슴을 위로 올리는 경향 3. 거드랑이를 벌린 상태 4. 눈과 대상물의 거리 단축	1. 허리가 경직되고 장, 근육이 압축됨 2. 어깨의 피로와 통증 3. 근시 발생의 원인 4. 호흡 긴박, 식욕 감퇴 등의 현상
	낮은 경우	1. 가슴이 압박 받음 2. 상체의 무게가 양 팔꿈치에 걸림	1. 등뼈가 앞으로 휘어짐 2. 어깨가 위로 올라가서 쉽게 피로를 느낌
의자	높은 경우	1. 엉덩이가 앞으로 나오고 발이 바닥에 닿지 않음 2. 하지의 움직임이 계속되어 자세가 불안해짐	1. 대퇴부가 압력을 받아 장애가 생김 2. 하지마비의 원인이 됨
	낮은 경우	1. 접촉부에 부분적인 압박이 가해지면 몸의 균형유지가 되지 않고 구부정한 자세가 됨 2. 하지의 움직임이 부자유함 3. 아랫배가 압박을 받음	1. 등뼈가 앞으로 휘기 쉽고 가슴에 압박을 받음 2. 내부 장기의 정상적인 활동 저해

다. 의자와 인간공학

인간은 많은 경우 하루의 1/3 이상을 앉아서 보낸다.

-> 특히 현대사회에서의 좌식작업과 활동 시간은 증가하고 있다.

-> 의자의 중요성에 대한 인식 결여

-> 신체조건과 의자의 불일치로 인한 신체적 불편과 비능률을 초래

어떤 의자가 가장 좋은 의자인가라는 문제는 인간공학 분야에서 끊임없이 논의되고 있는 질문중의 하나이다. 여러 연구결과와 실험을 통하여 내려진 결론은 불행히도 모든 사람과 모든 조건과 상황을 다 만족시킬 수 있는 하나의 의자는 존재할 수 없다는 것이다.

그 이유로는 다양한 사람들의 신체적인 특성과 끊임없이 변화하는 앉은 자세를 항상 완벽하게 충족시켜 줄 수 있는 의자란 사용자의 다양한 신체적 특성을 모두 수용할 수 있으며 끊임없이 변화하는 자세를 모두 수용할 수 있는 역동성을 지닌 의자여야 할 것이며, 사실상 이러한 의자는 존재하기가 어려우며 설사 다양한 센서와 자동조절장치를 가진 의자를 개발한다고 하더라도

라도 경제적인 측면에서의 실효성 등으로 인하여 그 제작이 어렵다고 할 것이다. 하지만 현실적인 최선의 접근방법으로는 다음의 의자설계의 기본 원리를 반영하며 사용자 집단의 기본적인 신체치수를 수용할 수 있으며, 몇 가지의 조절성을 가지는 의자를 제작하는 것일 것이다.

- (1) 요추의 전만(腰椎前灣: Lumbar Lordosis)을 유도할 것
- (2) 디스크의 압력을 줄이는 구조
- (3) 등근육(Back Muscle)의 정적부하(Static Load)를 감소시키는 구조
- (4) 자세고정(Posture Fixation)을 줄인다
- (5) 쉽게 조절할 수 있도록 설계 할 것

<컴퓨터 작업대의 설계 (Design of VDT Workstation)>

- ☞ 컴퓨터 작업대는 되도록 조절 가능한 것으로 구입 할 것
- ☞ 키보드의 중앙열 높이는 팔꿈치높이보다 약간 낮은 정도로 유지
- ☞ 모니터 화면 상단의 높이는 편안한 작업자세에서 눈높이보다 낮아야한다.
* Desk-top 형태의 컴퓨터는 본체를 Tower-case 형태처럼 세로로 세워 사용하면 화면의 높이를 낮출수 있음.
- ☞ 눈에서 화면까지의 거리는 50-75cm 정도로 유지
- ☞ 모니터는 사용자가 편안하게 작업하는 자세에서 시선이 화면의 중앙에 위치하도록 뒤쪽으로 일정 각도(보통 10-20°)정도 젖혀져야 한다.
- ☞ 화면에 조명의 반사(glare)를 방지하기 위하여 조명은 모니터의 수직 위쪽 또는 약간 후방에 위치토록 할 것
- ☞ 키보드의 몸쪽 끝에 손목지지대(Wrist Pad)를 이용하여 과도한 손목부위의 압박을 방지하고 손목의 피로를 경감시키도록 할 것.
- ☞ 증가된 마우스의 사용에 따른 마우스의 정확한 사용위치에 대한 고려 (키보드와 최대한 접근한 위치)

라. 작업장의 설계시의 기본 인간공학적 기준

- 1) 동적인 작업을 유도 할 것
 - 신체의 정적인 자세는 빠른 피로를 유발
- 2) 작업대 면의 높이는 작업자의 신체치수와 작업의 종류에 따라 변화
 - * 팔꿈치 높이를 기준으로 하여
 - 경/정밀작업: 팔꿈치 높이보다 약간 높게 (정밀조립)
 - 보통작업: 팔꿈치 높이 (작은 부품 조립, 사무작업)
 - 중작업: 팔꿈치 높이보다 낮게 (큰 부품조립, 망치질)
- 3) 불편한 자세를 피하고 신체역학적으로 가장 적은 힘으로 작업할 수 있도록 유도 (척추 및 관절의 곤은 상태 유지)
- 4) 되도록이면 양손을 모두 사용하도록 작업을 설계할 것
- 5) 필요시 발을 사용한 작업장의 설계 권장 (선 작업은 예외)
- 6) 육체적 작업에서 최대근력의 1/3이상을 사용하지 않도록 하되, 작업기간이 5분이내 이면 최대근력의 1/2까지 허용
- 7) 가능한 모든 부품과 수공구는 최대 작업역 내에 위치(동작경제의 원칙)
 - 사용빈도가 높은 부품과 공구는 최소작업역 내에 위치
- 8) 작업장의 전반적 설계시 가장 큰 사람과 작은 사람을 모두 수용하도록 설계
- 9) 작업자에게 작업의 시설과 도구를 제대로 사용하도록 교육할 것
- 10) 전후 작업과 연계하여 원활한 작업흐름을 고려한 공간배치

6. 보다 피로하지(힘들지) 않는 작업의 설계

안전하고 피로하지 않는 작업의 설계는 일에 대한 노동강도의 평가가 기본이 된다.

가. 노동강도의 평가

1) 노동강도의 평가 목적

노동강도 평가란 주어진 작업부하가 육체적, 정신적으로 작업자에게 미치는 영향을 평가하는 것으로 작업부하의 수준이 작업자의 육체적, 정신적 특성과 능력을 초과하지 않으며, 피로의 누적에 따른 육체적, 정신적 이상상태를 초래하지 않는 안전하고 적절한 작업부하를 설정하는데 그 목적이 있다.

2) 노동강도의 평가방법

기본적으로 노동강도의 평가는 외부에서 작업자에게 가해지는 작업부하(노동강도)와 작업환경에 우리 몸이 대처하는 과정에서 발생하는 신체적, 심리적 반응을 측정함으로써 그 정도를 평가한다. 또한 개인별 최대작업능력과 특성을 측정하여 주어진 작업부하(노동강도)가 개인의 최대작업능력과 특성을 초과하여 피로를 누적시키는가의 여부를 비교함으로써 그 적정성을 평가하고 있다.

대표적인 작업부하(노동강도)의 평가방법으로는 크게 (1) 병리학적 접근법, (2) 작업생리학적 접근법, (3) 생체역학적 접근법, (4) 심물리학적 접근법, (5) 피로도 측정법, (6) 기타 평가도구 및 기준의 비교법, (7) 작업장과 공구의 적합성 평가 등이 있다.

(1) 병리학적 접근법(Epidemiological Approach)은 원인(직업적 요인)과 결과(이상상태, 직업병) 사이의 연관성, 경향, 특성을 규명하는 방법으로 직업병이 발생하는 집단과 정상집단 간에 직업적 요인(작업부하, 작업환경, 작업특성..)이 직업병의 발생에 미치는 정도와 인과관계를 규명하는 방법으로 장기간의 관찰과 노력을 요하는 방법으로 주로 의학분야에서 많이 적용되고 있다. 현재 미국의 NIOSH 등에서는 장기간의 연구결과를 정리하여 특정 작업의 내용과 특정 형태의 근골격계질환의 발생에 따른

인과관계를 상당부분 정리하여 보고서를 발표하였다. 하지만 이러한 접근법은 일반적인 직업적 요인과 특성이 특정질병의 발생에 하나의 주요 요인으로 작용한다는 점은 규명하고 있으나 어느 정도 수준의 작업부하가 직업성 질환의 발생에 어느 정도의 영향을 미치는가에 대한 계량적인 규명은 하지 못하는 한계를 지니고 있다.

(2) 작업생리학적 방법(Work Physiological Approach)은 작업의 수행에 요구되는 에너지대사량을 측정하고 이를 작업자가 지닌 육체적 최대작업능력(PWC), 또는 심박수의 형태로 측정)와 비교하여 그 작업부하의 적절성을 평가하는 방법이다. 에너지대사량은 주로 산소소모량(VO_2) 또는 심박수(HR)의 측정을 통하여 평가하게 된다. 먼저 산소소모량 측정법은 심박수 방법에 비해 작업부하에 대한 평가의 정확도가 높으나, 측정에 고가의 장비와 시간, 그리고 전문성이 요구된다. 특히 개인의 최대 육체적 작업능력(PWC)은 그 측정에 따른 상당한 시간이 상당히 요구된다(최소 1인당 하루 1-2시간 3-5일 소요). 반면 심박수 측정법은 비교적 저렴하고 간편한 심박측정계를 이용하여 작업중의 심박수 변화를 측정하여 산소소모량 측정법과 비슷한 방법으로 작업부하를 평가하는 방법으로 현장에서 용이하게 이용된다는 점이 가장 큰 장점이다. 하지만 심박수 측정법은 비교적 낮은 수준의 작업부하와 그 변화에는 민감하지 못하고 심리적인 자극과 상태에 따른 변화에 민감하다는 점이 정확한 육체적 작업부하의 평가에 있어서의 단점이다.

(3) 생체역학적(Biomechanical Approach) 접근법은 물리학과 역학의 원리를 응용하여 작업에 따른 자세의 변화, 공구 및 부속품과 같은 중량물의 취급에 따른 작업부하의 변화가 신체의 근골격계에 어느 정도의 영향을 미치는가를 주로 힘 또는 압력(force)과 모멘트(Moment)의 기준에서 계량적으로 파악하는 방법이다. 신체의 각 부분(예: L5/S1 척추관)에 가해지는 압력 또는 모멘트 등을 역학 모델로 파악하여 그 부하량이 특정 신체부위의 허용한계를 초과하는가의 여부를 통하여 작업부하를 평가하는 방법이다. 이 방법은 고도의 전문성과 장비를 요구하는 방법이다. 생체역학 분야의 또 하나의 방법은 작업시 사용되는 근육의 사용 정도와 동원 형태(어느 부위의 근육이 더 많이 사용되는가의 여부)를 파악하기 위하여 근육의 움직임 시 발생하는 근전위의 변화(근전도:EMG)를 측정하는 방법이다. 이 방법은 특히 근골격계질환의 발생과 관련된 정적인 작

업자세와 그에 따른 작업부하의 평가에 효과적으로 사용될 수 있으며 이 또한 전문성과 장비의 사용에 따른 어려움이 있는 점이 지적된다.

- (4) 심물리학적 방법(Psychophysical Approach)은 작업에 주어지는 작업부하가 자신의 몸에 미치는 정도를 주관적으로(작업자 스스로) 평가하여 계량화하는 방법이다. 여러 가지 방법이 있으나 주로 많이 쓰이는 방법은 자극수준의 조절법(작업부하의 조절: Method of Stimulus)으로서 일정시간 동안 작업자가 스스로 작업부하(무게 또는 작업빈도)를 조절하여 반복한 후 자신이 피로하거나 다치지 않으면서 일할 수 있다고 판단하는 적정 작업부하를 찾아내게 하는 방법으로 적정 작업부하에 대한 개념과 그에 따른 조절법에 대한 훈련이 요구되어지며 상대적으로 긴 시간이 필요하다. 결과가 주관적이라는 논란을 배제하기 위하여 이 방법은 위의 생리학적 또는 생체역학적 방법과 병행하여 많이 시행하고 있으며 제대로 된 자극수준의 조절법이 적용되었을 경우에는 위 객관적인 신체적 반응에 대한 측정법들과 동일한 결과를 얻게되어 현재 인간공학분야에서 작업부하의 산출을 위한 실험에 많이 적용되고 있는 방법 중의 하나이다.
- (5) 피로도의 측정법(Fatigue Measurement)은 작업부하의 증가에 따라 체내에 누적되는 피로도를 측정하는 방법으로서 젓산 및 칼륨의 축적정도 또는 피로에 따른 시신경의 피로도를 측정하는 플리커지수(Flicker Index)를 측정하는 방법 등이 있다. 이 방법은 피로물질의 측정에 따른 어려움과 의학적 전문성이 요구되는 방법이다.
- (6) 기타 간이 평가도구 및 작업기준과의 비교법은 비교적 간단한 방법이나 지나치게 일반적인 평가라는 한계를 지닌다. 즉, 신속함과 간단함에 따른 정확성이 떨어지는 한계를 가진다. 그 예로는 최근 많이 이용되고 있는 근골격계작업에 대한 평가도구인 RULA, NIOSH Lifting Equation 등이 있다. 또한 현재 작업장에서 행해지고 있는 작업에 대한 여유율이 국제노동기구(ILO)가 추천하는 권고 기준에 비하여 어느정도 적절한지 등을 비교하는 방법이다. 하지만 이러한 간이 평가도구의 사용한 전체적인 사업장의 근골격계질환 위험도를 개략적으로 파악하고 개선의 정밀한 노동강도 분석의 기준 등의 보조자료로서 사용되어야 할 것이다..

(7) 작업장과 공구의 적합성 평가란 주로 작업장의 구조적인 요인(치수, 면적, 높이...)과 작업자의 신체적 특성(신체치수, 근력..)과 얼마나 적합하게 설계되었는가를 평가하는 내용으로 작업자의 특정인체치수와 작업장의 구조적 치수(예: 작업대 높이와 팔꿈치 높이, 의자 착석면 높이와 오금높이...)가 인간공학적인 작업장의 설계기준에서 따라 얼마나 적합하게 설계되었는가를 평가하는 방법이다. 작업장과 작업자의 신체적 특성이 서로 적합하거나 일치하지 않는 경우에는 작업자는 불편한 작업자세(예를 들어 낮은 작업대의 높이에 따른 허리의 숙임자세 등...) 등을 강요받게 되고 그에 따른 불편한 작업자세의 반복에 따른 근골격계질환의 발생이 높아지게 된다. 작업장의 적합성 평가방법은 직접적인 노동강도의 평가라기보다는 주로 작업자세의 불편함과 같은 간접적인 평가이지만 근골격계질환과 관련된 작업에서는 노동강도 평가의 보조적 수단으로 사용되어진다.

* 위의 방법등을 적용한 노동강도의 측정시 환경적요인(온, 습도, 환기, 조명, 소음, ...)에 의한 영향을 충분히 고려하여야 한다. 예를 들면 주물공장 또는 제련소에서의 작업은 높은 온도와 습도에 따라 같은 강도(무게의 중량물)의 작업을 하는 다른 사업장에 비하여 상대적 더 높은 노동강도에서 작업하고 있는 점들을 감안하여야 한다

* 또 한 가지 중요한 고려사항으로는 직무스트레스의 수준이다.

3) 어느 방법이 가장 효과적이며 적절한가?

정답은 없으며 작업의 종류와 특성에 따른 각 접근방법이 장단점을 가지고 있으며 때로는 여러 방법이 함께 적용되기도 한다. 작업의 특성에 따라 상대적으로 장점을 지닌 방법을 정리하면 다음과 같다.

(1) 중량물 취급 작업과 작업생리학, 생체역학

: 작업의 내용이 무거운 중량물(5kg 이상의 중량을 규칙적으로 취급하는 경우, 또는 그 이상의 중량물을 불규칙적이지만 작업시간 동안 연속적으로 취급하는 경우..)을 취급하는 경우에는 작업부하의 변화에 따른 생리적 변화의 변동폭이 비교적 큰 편에 해당한다. 이런 경우에는 산소소모량측정법(또는 심박수를 이용한 간이측정법)과 중량물 취급시 자세에 따

른 생체역학적 평가법이 적정할 것이다. 현장에서 보다 신속한 결과를 요구하는 경우에는 일부 평가의 정확성의 희생이라는 전제하에서 심박수에 의한 측정법도 적용될수 있다.

(2) 반복성 작업과 심물리학적 방법, 근전도, 피로도 측정법

: 요통을 제외한 반복성 근골격계질환의 발생이 많은 작업은 단위 작업당 작업부하가 상대적으로 작은 반면 반복성이 높은 것이 특징이다. 이러한 작업의 경우에는 작업생리학적 측정법보다는 심물리학적 방법을 이용한 적절한 작업빈도를 산정하는 것이 효과적이며, 이 경우 근전도와 피로도 측정을 병행하면 효과적이다. 일부 작업자세가 극히 비정상적인 경우에는 생체역학적인 분석도 효과적인 방법이 될 것이다. 다만 앞서서 언급한 것처럼 최근 많이 이용되고 있는 근골격계작업에 대한 평가도구(RULA...)는 어디까지나 직업적 위험요인의 일반적 위험성을 평가하는 보조도구로만 사용되어야 한다. 또한 작업장의 구조적 요인이 작업자의 신체적 특성과 얼마나 적합한가의 평가를 통한 작업자세의 평가도 같이 병행되어지면 효과적 일 것이다.

7. 보다 즐거운(주체적인) 작업의 설계

즐거운 작업의 설계란 대량생산의 현대산업사회에서 일의 설계(관리, 계획)와 실행(생산, 노동)이 분리됨에 따라 생산의 주체인 인간이 기계적 획일성과 강제된 작업속도에 노출됨에 따른 문제로서 생산자의 주체인 작업자들이 자신이 수행하는 작업의 설계에 참여함으로써 피동적 생산의 객체가 아닌 주체로서 일을 능동적으로 즐겁게 수행 할 수 있도록 하는 것과 관련된 내용으로 사회경제적, 사회심리적 관점에서 풀어야 할 문제이다.

생산성 향상의 기초가 된 분업의 개념과 현대 산업사회의 경영학과 산업공학의 효시가 되는 테일러의 과학적관리법 등의 기본골격인 일의 분화(분업화, 전문화), 그리고 작업방법 및 작업시간의 표준화(획일화)는 기업의 이윤확대를 위한 생산성의 비약적 향상을 가져다 주었다. 하지만 긍정적인 측면과 함께, 생산현장의 작업자들이 삶의 의미를 부여할 수 있는 즐겁고 보람 있는 주체적인 활동으로서의 일의 원 의미를 단순한 생계의 수단으로 전락 시킴과 함께 육체적 정신적으로 수동적이고 무의미한 단순동작의 반복을 강제하게 되었다.

특히 컨베이어 시스템이 도입된 포드주의식 생산방식에 따른 대량생산, 대

량소비 사회에서 노동조합은 임금인상 등 경제적 부를 일정부분 보장받는 조건으로 자신들이 수행할 작업의 편성권을 사업주에게 이양하게 되었으며, 이후 일의 계획과 실행이 분리되게 되면서 작업자는 거대 생산시스템의 한 부분으로 전락하게 된 것이다. 이러한 분화되고 획일화되어진 작업내용이 작업자들에게는 신체적, 정신적 부담으로 작용하게 되며 근골격계질환이나 뇌심혈관계질환은 그 결과적 현상의 하나이다.

따라서 단순한 생계수단이 아닌 삶의 의미를 가질 수 있는 일의 내용, 그리고 작업자들이 단순한 반복적 기능과 단순작업의 반복이 아닌 생산활동의 주체로 다시 설수 있게 될 때, 근골격계질환과 뇌심혈관계질환의 예방도 근본적인 근접을 이루게 될 것이다. 즉, 그동안 자신이 수행하는 일에 대한 작업편성권을 다시 작업자가 가지게 함으로서 작업자들이 자신의 일에 대한 계획과 실행을 함께 할 수 있도록 함으로서 생산활동의 객체에서 주체로 다시 서게 하는 것이다. 기업의 이윤을 위한 생산성의 향상과 배치될 수 있는 점이 존재하지만 일부 국가의 자동차 산업에서 시행되어 상당한 효과를 거둔 사례가 있다. 스웨덴 볼보자동차의 우데발라 공장에서 도입되었던 작업자들이 직접 작업을 설계하고 계획할 수 있는 재량권의 이양을 통하여 기존의 높은 생산성과 함께 높은 직무만족을 가져 올 수 있는 사례 등에 대한 적극적인 연구가 요구되는 문제이다. 이는 국내외의 대표적 자동차 공장의 기술체계와 작업조직 유형을 비교한 기존 연구의 사례로서, 국내의 자동차 산업의 경우 전형적인 노동배제적 합리화 전략하에 기계적인 전향적 테일러주의를 유지하고 있는 점과 비교하여 스웨덴 볼보 자동차의 노동포섭적 합리화와 장인적 포스트 테일러주의의 기술/작업체계 그리고, 노동조합이 주장한 노동의 인간화 전략이 가져다 줄 수 있는 장점에 대한 적극적인 연구가 필요하다.

8. 인간공학의 적용 원리

- 가. 인간공학적 원리 그리고 안전이 우선하는 조건에서 제시된 개선안의 실현가능성, 경제성, 시급성 등을 고려하여 개선의 우선순위를 정하여 시행한다.
- 나. 일반적으로 생산성에 크게 영향을 주지않는 물리적인 작업장 및 작업방법의 개선(편안한 작업을 위한 개선)이 먼저 시행되어질 수 있는 개선방향이 진행되고, 이를 통하여도 궁극적인 개선이 이루어지지 못할 경우

노동강도와 같은 생산성과 관련된 사항이 다음으로 진행되어지게 된다. 예를 들면, NIOSH Lifting Equation(NLE)을 이용하여중량물 취급 작업에 대한 위험 요인을 평가 결과 부담작업으로 평가된 경우, 작업장의 구조적 분체에 기인하는 운반작업의 수평, 수직위치, 허리비틀림, 손잡이 등을 최대한 개선한 이후 다시 NLE로서 유해성을 평가하고 여전히 유해성이 존재하는 경우에는 작업빈도, 중량물의 무게 등 생산성과 직접 관련된 요인들을 순차적으로 개선해 나가는 것이다. 다만, 여기서 많은 사업장에서 발견되듯이 외형적인 작업장의 개선만을 통하여 유해요인의 위험수준이 낮아지지 않음에도, 마치 유해작업 환경의 개선을 다한 것으로 평가하고자 하는 미봉적인 개선대책은 경계되어야 할 것이다.

9. 맺는 말

인간공학은 인간(여기서는 주로 작업자)의 위한, 인간을 중심에 둔 설계(일, 제품...)를 하는 학문이다. 근골격계질환의 주요 발생원인은 주로 작업의 내용(자세, 반복성, 힘, 휴식비율,..) 그리고 고용안정, 직무만족 등과 같은 사회경제적 요인이 복합적으로 작용하여 발생하는 직업성 질환이다. 따라서 이러한 근골격계질환의 예방을 위한 인간공학의 활용과 개선원리도 인간의 한계와 특성을 고려하지 않는 생산성과 이윤이 우선된 작업장과 작업의 설계에서 원인을 찾고 개선이 이루어져야 한다. 즉 인간이 하는 일은 보다 편안하게, 힘들지 않게, 그리고 즐겁게(주체적으로) 이루어지도록 설계되어야 한다. 생산과정을 통한 경제활동의 궁극적 수혜자는 기업이 아닌 인간이기 때문이다.