

안전분야-연구자료

연구원 2000-1-11

S-RD-I-2000-1-11

작업과 인간공학

- 실무 지침(안) -

1999.12

한국산업인진공단
산업안전보건연구원

서 문

고도의 기술발달 추세와 더불어 각 산업현장에서는 작업수행과 관련된 휴먼 에러 및 근골격계 질환이 날로 증가하고 있는 가운데, 현재 우리나라의 산업안전보건에 관한 연구분야 중 인간공학에 관한 연구는 아직 초기 단계를 벗어나지 못하고 있는 실정입니다. 특히, 산업현장의 안전보건관리 실무자들조차도 인간공학에 대한 인식정도가 매우 낮아, 안전보건문제에 대한 대책수립시 상당한 문제점들이 부각되고 있습니다.

따라서, 본 연구는 인간공학에 대한 이해를 돕기위해 인간공학 분야 중에서도 작업장에서 활용할 수 있는 산업인간공학에 관한 실무지침(안)을 만들어 사업장의 다양한 문제점을 인식시키고 개선대책을 수립할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하였습니다.

본 지침(안)은 크게 세 부분, 즉, 첫째는 작업장에서의 인간공학에 대한 개론, 둘째는 작업장에서의 신체활동과 특성, 셋째는 작업장에서의 인간공학에 대한 적용에 관련된 내용으로 구성하였습니다.

그리고, 안전보건관계자들이 불안전 행동에 대해 쉽게 이해, 적용, 활용할 수 있는 인간공학적 분석방법들, 실제적인 선진국의 사례와 인간공학적 평가도구들을 소개하였습니다. 본 지침(안)을 통해 인간공학에 대한 이해의 폭이 확립되고, 산업현장에서 널리 활용되므로써 인간공학적 문제로 인한 재해를 예방하는데 기여할 수 있게 되기를 바랍니다.

참고적으로, 작업장에서 쉽게 사용할 수 있는 인간공학적 체크리스트, 인체 측정 자료, NIOSH Lifting Equation(NLE)에 대한 자료, 기타 인간공학적 평가 도구들을 직접 개발하여 제공하고 있으므로 작업장에서 적극 활용하시기 바랍니다.

1999. 12. 31.

산업안전보건연구원장

목 차

I. 인간공학 개론	1
1. 인간공학의 역사적 배경	1
2. 인간공학의 정의	2
3. 인간공학의 목적 및 필요성	6
4. 인간공학의 학문적 연구분야	10
II. 인간의 특성	12
1. 작업부하에 대한 생리적인 반응	12
2. 작업과 휴식 비율의 산정	12
3. 정보처리과정	14
4. 시각	15
5. 청각	22
6. 골격과 근육	30
7. 관절운동 및 손의 동작	38
8. 척추관절 동작	41
III. 인체 측정	47
1. 인체측정의 필요성	47
2. ISO의 인체측정 항목	48
3. 인체측정 자료의 사용	49
4. 인체치수의 분류	50
5. 인체치수에 영향을 미치는 요인	50

6. 인체측정자료의 설계원리	50
IV. 작업장 설계와 작업대 설계	52
1. 작업장 설계	52
2. 작업대 높이	54
3. 작업장 설계시 인간공학적 기준	55
V. 앉아서 하는 작업과 의자 설계	57
1. 앉아서 하는 작업	57
2. 작업면 높이(앉아서 하는 작업인 경우)	58
3. 앉아서 하는 작업에 대한 인간공학적 기준	58
4. 앉은 작업면에 관한 인간공학적 원리	59
5. 작업의자 설계	60
6. 의자 설계의 인간공학적 원칙	60
7. 작업 의자 선택시 기준	62
8. 앉은 작업과 작업의자 설계시 체크사항	63
VI. 서서하는 작업	64
1. 서서하는 작업이 추천되는 경우	64
2. 서서하는 작업시 고려해야할 사항	64
VII. 수공구 설계	66
1. 수공구의 역사	66
2. 수공구 설계원칙	67
3. 누적외상성 질환(CTDs : Cumulative Trauma Disorders)	68
4. CTDs의 발병과 관련한 주요 직업적 요인	68
5. 사업장 대상의 종합적 CTDs 예방 프로그램	69

VIII. 과도한 육체적 업무와 정신적 부하	71
1. 적절한 인양과 운반 작업 기술	71
2. 육체적 활동을 요하는 직무 설계 시 고려사항	77
3. 들어올리는 작업시 인간공학적 권장사항	78
4. 과도한 육체적 업무에 대해 반드시 기억하여야 할 사항	79
5. 정신적 부하	79
IX. 작업설계와 직무만족	81
1. 작업설계시 고려해야 인간공학적 요소	82
2. 근로생활의 질 향상을 위한 직무설계 방법	82
3. 적절하게 설계된 작업에 있어서 수행하여야 할 사항	83
4. 작업설계에 대한 인간공학적 지침	84
기술자료 A : 인체 측정 자료	85
기술자료 B : 인간공학 체크리스트	90
기술자료 C : NIOSH Lifting Equation(NLE)	96
기술자료 D : 기타 작업자세의 인간공학적 평가도구	106

I. 인간공학 개론

1. 인간공학의 역사적 배경

선진국의 인간공학 연대별 발전과정을 보면 아래 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 연대별 인간공학의 발전과정

연대	주요 내용	상세 설명
1890년대	테일러(F.W. Taylor) : "Time Study"	일일 적정 생산량을 산출하기 위해서 초시계를 사용하여 동작최소시간을 측정
1910년대	길브레쓰 부부(Frank & Lillian Gilbreth) : "Motion Study"	사진 촬영기를 사용하여 인간의 동작을 개선, Therblig을 이용한 동작분석(Operation Analysis)
1940년대	제 2차 세계대전	잠수함, 비행기의 공간설계, 인간의 심리를 연구하여 신종 비행기의 설계, 수류탄, 방독면의 효율적 설계, 보초사병의 효율
1960년대	미국항공우주국(NASA)	외계 환경으로부터 인간보호, 무중력 상태의 적응, 기구의 개발
1970년대	산업재해, 안전관리의 인식의 변화	경제적으로 기계화의 한계, 인간의 사회복지를 인식, 인간의 가치 상승, ILO, NIOSH, 요통문제 발생
1980년대	인간공학적 작업/제품설계	MMH(Manual Materials Handling), HCI(Human Computer Interaction), CTDs, WMSDs

우리 나라의 인간공학이 처음 소개된 것은 공군을 통해서다. 이미 60년대에 항공의학연구소가 설립되었으나 항공의학 자체에 보다 인간공학에 더 큰 관심

을 가지고 있었다. 그후 70년대에 산업공학과가 대학에 설치되면서부터 작업관리, 인간공학 등의 과목이 개설되었다. 1979년에는 KIST(한국과학기술연구소)가 국민체위 조사를 수행하여 여러가지 공산품의 규격과 자료를 제공했으며, 1982년에는 대한인간공학회가 설립되어 학술적인 교류가 시작되었다. 현재에는 여러 대학에서 인간공학연구실을 가지고 있으며, 이 분야를 전공한 전문인력들이 배출되고 있다.

이처럼, 1890년대부터 100년 동안 인간공학에 대한 개념을 중심으로 계속적인 발전을 해온 미국에 비해, 우리 나라의 경우에는 이제 35년 정도의 역사를 가지고 있을 뿐이며, 1990년대에 들어와서야 작업장에 응용, 적용되고 있는 실정이다.

2. 인간공학의 정의

인간공학이란 인간활동의 최적화를 연구하는 학문으로 인간이 작업활동을 하는 경우에 인간으로서 가장 자연스럽게 일하는 방법을 연구하는 것이다. 미국에서는 Human Engineering이라는 명칭 외에 Human Factors Engineering, Engineering Psychology, Applied Experimental Psychology 등이라고도 쓰이고 유럽에서는 Ergonomics라는 용어로도 통용되어 사용하고 있다.

Ergonomics라는 용어는 희랍어의 Ergon(작업, work) + nomos(관리, Laws) + ics(학문)로 조합된 단어로서, 일을 인간의 특성에 맞게 수행하도록 하는 학문이라고 해석할 수 있다. 다시 말해서, 일을 할 때에 에너지를 합리적으로 배분하여 자연스럽게 작업을 하기 위하여 어떻게 하면 좋은가를 연구하는 과학적 학문이다. 미국의 E. J. McCormick은 '인간공학이란 인간이 기계나 물건을

사용하는 데에 있어서 기술의 체계를 지적인 좁은 뜻으로는 인간의 작업과 작업환경을 인간의 정신적, 신체적 능력에 적용시키는 것을 목적으로 하는 과학이다.'라고 하였다.

L.C. Mead는 '인간공학은 기계와 인간에 의한 생산성 향상, 환경안전, 능력적인 것과 같이 기계와 인간을 조합시키려고 하는 것이다.'라고 하였다. W.E. Woodson에 따르면 '인간공학은 인간의 작업이나 인간-기계계의 능률이 잘 되어 나가는 것과 같이 여러 가지 기계장치의 설계를 하는 것으로서 거기에는 정보의 표시방법이나 제어의 방식도 포함되어 있어, 기계장치의 설계에는 효율에 중점을 두고, 조작시에 있어서 인간의 안전을 확보하여 불쾌감, 불안감을 제거해 주는 것이 중요하다'라고 했다.

다시 정리하면, 인간공학은 작업이 수행되는 작업장 환경과 그 작업을 수행하는 근로자들과 관련된 일에 대해 연구하는 학문이며, 작업장이 어떻게 설계될 수 있는가, 또는, 많은 건강상의 문제를 예방하고 효율을 증가시키기 위해서 근로자들에게 어떻게 적용될 수 있는가를 결정하는데 사용된다. 즉, 근로자들이 작업에 맞추어지는 것이 아니라 그 작업을 근로자들에게 맞추기 위한 것이다. 한가지 간단한 예로, 작업대의 높이를 높여서 근로자가 자신의 작업영역에 닿기 위해서 몸을 구부리지 않아도 되게 만드는 것이다.

작업장에 인간공학을 적용하면 분명한 이익이 있다. 근로자에게 있어서는 더 건강하고 안전한 작업조건이고 사용자에게 있어서는 생산성이 증가된다는 것이다. 인간공학은 작업방법, 의자높이, 기계위치, 공구위치, 작업위치와 같은 요인, 진동, 온도, 소음, 조명과 같은 요인과 교대작업, 휴식, 식사시간 등을 포함해 근로자에게 편안함과 건강함을 가져다 줄 수 있는 많은 작업조건들을 포함하는 광범위한 과학이다.

위에서 언급한 인간공학의 개념을 기초로 한 산업인간공학(Industrial Ergonomics)은 인간능력과 관련된 과학(생리학, 심리학 및 산업공학 등)을 인원, 직무, 공구 및 장비, 작업장소 및 공간, 작업환경으로 이루어지는 작업체계를 개선하는데 응용하는 분야이다. 이는 인간공학을 제품설계에 응용하는 것으로부터 구별하여 인간공학을 작업장이나 사무실 환경에 적용시키는 것을 의미한다.

1) OSHA(Occupational Safety and Health Administration)의 정의

인간공학에 대해서 미국의 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서는 아주 간단하게 “인간공학(Ergonomics)이란 일을 사람에게 맞추는 과학(Science of fitting the job to the worker)”이라고 정의하고 있다. 또한, 인간의 기계화가 아니라 “인간을 위한 공학(Design for Human Use)”이라고도 한다. 그러므로, 인간공학은 인간이 포함된 환경에서 그 주변의 환경조건이 인간에게 맞도록 설계/재설계하는 것이라 할 수 있다.

2) ISO(International Standard Organization)의 정의

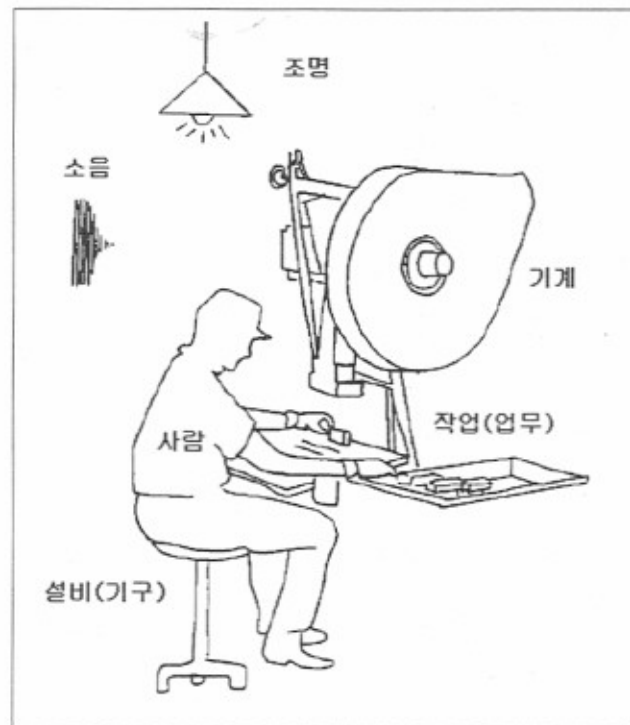
인간공학 관련 용어의 정의는 다양하지만, 인간공학을 작업장에 보급하기 위해서 가장 중요한 일을 ISO에서 진행하고 있다. N. Butz로부터 ISO/TC159/SC1/WG1담당자의 「작업 시스템의 설계 원칙 (ISO6385)」 개정 작업으로 제안된 최신 정의에 의하면,

「인간공학은 건강, 안전, 복지, 작업성과 등의 개선을 요구하는 작업, 시스템, 제품, 환경을 인간의 신체·정신적 능력과 한계에 부합시키기 위해 인간 과학으로부터 지식을 생성·통합하는 것이다」

「Ergonomics produces and integrates knowledge from the human

sciences to match jobs, systems, products and environments to the physical and mental abilities and limitations of people. In doing so, it seeks to improve health, safety, well-being and performance.」

와 같다. 또한, 인간의 형태와 인지 측면을 기본 범위로 하고, 공산품뿐만 아니라 시스템, 작업, 환경 등 산업·생활에 구별없이 넓은 범위를 포함할 것이라 전망하고 있다. 이 정의는 아직 여론이 분분하여, 독일은 인간 과학도 포함해야 한다고 주장하고 있으며, 일본의 산업계 특히 전기·전자 관련 기술 영역에서는 소프트웨어 관련 인터페이스 설계는 인간공학이 취급하는 과제가 아니라고 주장하는 기술자가 꽤 있다. 이는 인간공학이 여전히 의자와 책상의 치수를 취급하는 학문이라는 편견에서 온 것이다.



[그림 1-1] 작업장에서의 인간의 위치

이상과 같이, 인간공학은 [그림 1-1]과 같이 작업장에서 인간의 위치에 의해 정의 될 수 있다. 인간이 어디에 있든지간에 인간이 있는 곳에 인간에게 영향을 주는 여러 가지 환경적, 작업적, 사회적 요인들이 인간을 중심으로 변화해야 한다는 것이다. 특히, 작업장에서는 기계, 작업, 조명, 소음, 작업설비, 기구 등이 인간을 중심으로 생성/변화해야 한다는 것을 의미한다.

3. 인간공학의 목적 및 필요성

인간공학의 목적은 근로자의 배치, 작업방법, 기계설비, 전반적인 작업환경 등에서 근로자의 신체적인 특성이나 행동하는데 받는 제약조건 등이 고려된 시스템을 디자인하여 인간과 기계 및 작업환경과의 조화가 잘 이루어질 수 있도록 하여 근로자의 안전, 작업능률을 향상시키고자 함에 있다.

인간-기계 시스템의 비용적 측면에서 볼 때, 교통사고의 96%(운전자 과실), 항공기 사고의 80%(조종사 과실), 안전 재해의 84%(근로자, 관리자 과실) 등이 모두 인간의 과실이나 잘못 설계된 주변환경 때문이다. 그러므로 이런 근로자의 인적오류나 잘못 설계된 주변환경을 인간특성에 적합하게 평가하여 작업장, 작업방법 등을 재설계, 개선하기 위해 인간공학이 필요하다. 작업장에서 아주 작거나 중대한 인간공학적 변화가 논의되어서 수행된다하더라도 그 변화에 영향을 받을 근로자들이 그 논의를 숙지하지 않는다면 그것은 쓸모 없는 것이다. 그러므로, 어떤 변화가 필요하고, 적절한 것인지를 결정하는데 근로자의 도움이 없이는 아무 의미가 없게 된다. 왜냐하면 그 근로자들은 누구보다도 자기 자신의 업무를 잘 알고 있기 때문이다.

1) 인간공학의 기업적용에 따른 기대효과

- ▷ 생산성의 향상
- ▷ 근로자의 건강 및 안전 향상
- ▷ 직무만족도의 향상
- ▷ 제품과 작업의 질 향상
- ▷ 이직율 및 작업손실시간의 감소
- ▷ 산재손실비용의 감소
- ▷ 기업이미지와 상품선호도 향상
- ▷ 노사간의 신뢰 구축
- ▷ 선진 수준의 작업환경과 작업조건을 마련함으로써 국제적 경쟁력 확보

2) 인간공학적 작업관리의 필요성

선진국의 인간공학적 작업관리기법을 우리 실정에 맞도록 수정, 개선하고 문화적, 사회적 여건에 따라 실행 전략을 구축하는 단계가 반드시 필요하다고 판단된다. 이와 병행하여, 작업환경이나 근로자 관리 부문의 국제표준화 움직임에 대한 대응 연구도 시급히 필요하다.

(1) 관·산·학의 연계체제 구축

현재 한국의 여건을 살펴보면, 학계에서는 외국자료와 이론을 중심으로 현실과 거리가 있는 연구가 진행되고 있으며, 산업계에서는 경영여건 및 산업정책에서 작업안전에 대한 중요성이 무시되거나 기피되는 현상이 있으며, 공공부문의 정책제시나 연구활성화 등에 대한 역할도 아직 정립되지 못하고 있다고 생각된다. 공동포럼, 비전 및 전략 추진팀 구성, 연구대상, 현장자료, 연구결과를 유기적으로 연결하는 컨소시엄이나 연구센터 등의 연구 연계체제의 구축이 시

급하다.

(2) 정보화 작업(Data Base 화)

산업안전보건 및 인간공학 관련 정보의 교환, 표준자료의 제공 및 표준업무의 개발 등과 같은 업무는 정보화 작업이 필수적인 요건으로 미국, 유럽의 경우 인터넷을 통하여 산업안전보건 전담기관의 주요업무인 업무통계, 표준작업관리지침, 인간공학 관련 학술 자료, 주요 사례연구 등이 정보 네트워크에 제공되고 있으며, 공동연구, 연구자문, 관련 장비, 연구기기 수배 등이 정보망을 통하여 이루어지고 있다. 이러한 부분의 노력도 우리의 작업안전 관리 수준을 높이기 위하여 필수적으로 진행되어야 하는 작업이다.

3) 기업과 인간공학

기업은 제품과 용역의 창출을 통한 인간생활의 향상과 근로자의 복리를 증진하며, 제품과 용역의 판매를 통해 이윤을 창출한다. 최근에 소비자의 요구에 부합하는 기업활동이 요구되어 생산자 중심에서 소비자 중심의 시장경제로 변화하여 인간을 위한 설계가 필요하게 되었다. 그러므로, 기업과 인간공학은 공통대상인 인간의 삶의 질 향상과 복리증진을 위한 상호보완적 관계에 있다.

4) 사업장에서의 인간공학

사업장에서의 인간공학의 적용분야를 크게 나누면 (1) 작업장내 연구, (2) 장비/공구/설비의 설계, (3) 제품설계, (4) 재해/질병예방 등으로 세분할 수 있다.

(1) 작업장내 연구

작업장내에서 하는 조사 연구는 제조, 사무기능 혹은 기타 분야의 기존작업을 개선하는데 주안점을 둔다. 전형적인 작업장내 연구분야는 ① 사고분석, ② 작업방법 개선, ③ 검사 작업의 분석, ④ 작업환경(온·습도, 소음, 조명), ⑤

조작시 착오의 조사, ⑥ 작업 설계 등이 있다.

(2) 장비/공구/설비의 설계

이 영역은 사내 장비와 소량 품목의 설계를 칭한다. 인간공학분야의 지식을 활용하면 장비와 설비의 설계를 개선할 수 있다. 미국에서는 전통적으로 이 분야를 강조해 왔고, 특히 군사 및 우주항공분야에서 중요시되었다. 전형적인 장비와 설비의 설계사업에는 ① 장비조정장치의 설계, ② 배치, ③ 작업공간 등이 있다.

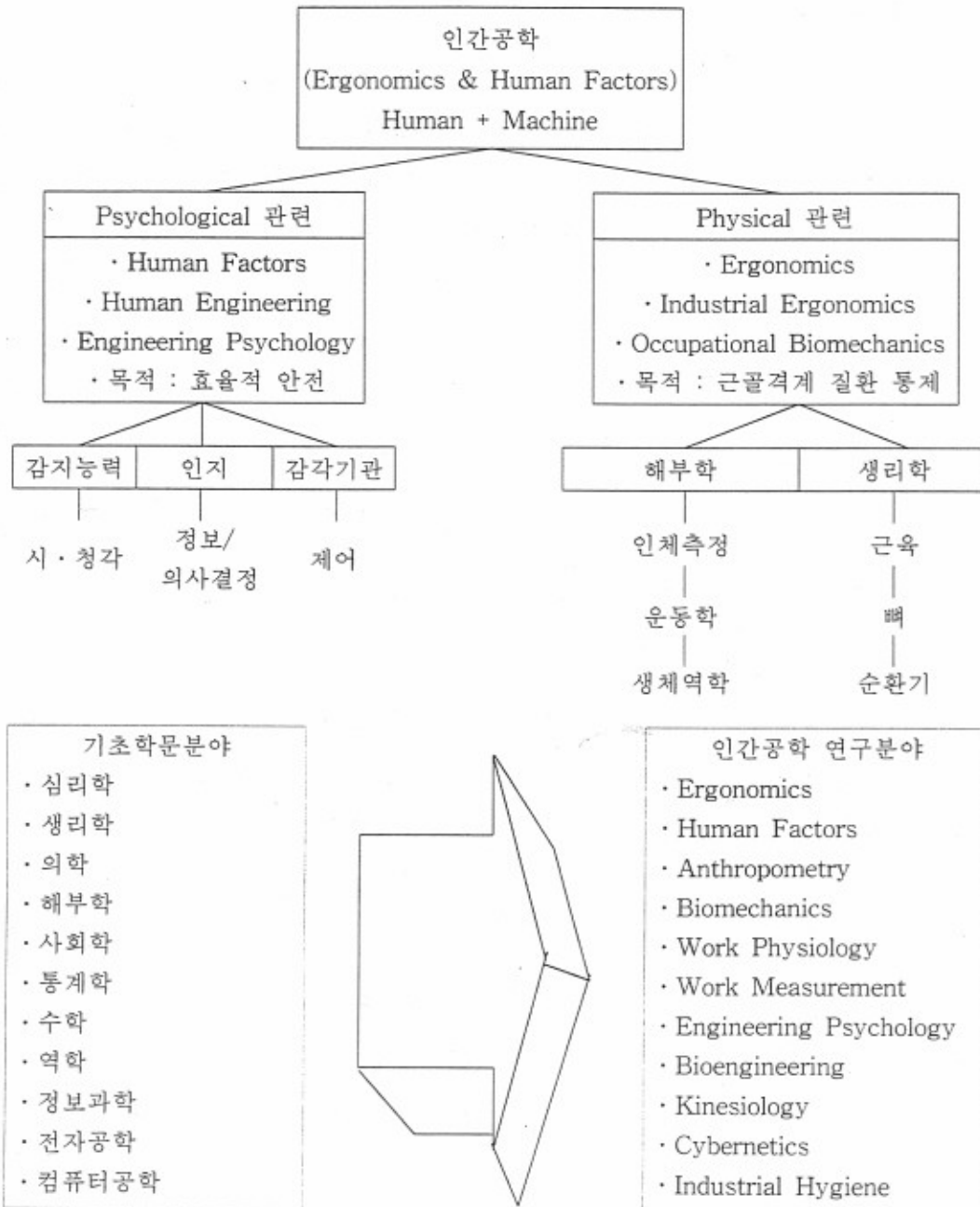
(3) 제품설계

제품설계는 사내 장비설계와 비슷하여, 다양한 사용자를 위하여 장비를 설계하는 것과 관계된다. 인간공학전문가는 최초 형태(Prototype)를 설계하거나, 최초설계의 모형(Mockup)을 시험 평가하는 것을 도울 수 있다. 사고와 오조작을 분석하면 더욱 개선할 수 있다. 표지나 지침의 설계는 이 분야에 훈련된 사람이 쉽게 할 수 있다.

(4) 재해/질병 예방

부적절하게 설계되었거나 적당하지 못한 작업도구와 작업공간 때문에 발생할 수 있는 재해와 직업병은 종종 몇 달이나 몇 년에 걸쳐 천천히 진행된다. 하지만 근로자는 오랜 시간이 지나서야 무언가가 잘못되었다는 징후를 느끼게 된다. 예를 들어, 근로자는 일을 할 때 불편함을 느낄 수도 있고, 일을 마치고 집에 돌아간 후에 근육이나 관절에 통증을 느낄 수 있다. 또한, 근로자는 오랜 시간에 걸쳐서 아주 조그마한 근육통을 느낄 수도 있다. 불편한 것으로 시작한 것이 어떤 경우에는 심각한 재해나 직업병을 일으킬 수 있기 때문에 이런 문제점을 해결하기 위해 인간공학적 작업평가가 이루어져야 한다.

4. 인간공학의 학문적 연구분야



1) 인간공학적 작업관리 연구동향

(1) 작업분석 분야

최근의 추세는 직무분석 및 평가와 관련된 것이 많으며 특히 CTDs 등 수작업 관련 연구가 증가 추세에 있다. 대표적인 예로서 손동작의 분석 측정 시스템 개발, 동작분석 시스템과 결과분석 모형, 주관적 평가, 작업부하의 연관모형 등이 있으며, 이외에도 전통적인 인체역학, 작업생리학의 지식을 직무분석에 응용하는 연구가 많이 진행되고 있다. 이와 병행하여 최근의 정보통신, 컴퓨터의 발전에 따른 정보통신 관련 작업의 평가, 분석 등도 많이 연구되고 있다.

(2) 제품설계 분야

한국의 인간공학을 이용한 제품설계가 최근 강조되고, G7 과제로서 감성공학부문이 채택됨으로 인하여, 인간의 감성을 반영하여 이를 제품개발에 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 이는 직접적인 근로자의 작업관리와는 거리가 있으나 궁극적으로 사용자 편의성, 작업의 안락도, 감성적으로 안락한 작업자세, 작업 안락도 평가지수의 개발 등의 측면에서 작업관리와 관련이 있다.

II. 인간의 특성

1. 작업부하에 대한 생리적인 반응

인간공학은 신체에 무리가 되는 피로가 누적되지 않고 근골격계의 부상을 방지할 수 있는 육체적 작업의 안전한 기준의 설정과 관련된다. 작업부하에 대한 학문적인 접근방법이 있는데, 작업생리학은 근로자가 직업적인 요인에 의하여 피로가 누적되거나 신체적인 무리를 가져오지 않고 수행할 수 있는 작업기준의 설정에 관련되어 있다. 또한, 생체역학은 물리학 등의 역학원리를 기초로 하여 신체 부위별 관절과 근육에 가해지는 부하를 분석하여 근골격계에 부상을 방지할 수 있는 작업기준의 설정과 관련되어 있다. 특히, 들기작업에서는 요추(L5/S1)에 가해지는 압력을 기준으로 안전한 작업부하의 설정 등에 응용하고 있다.

작업부하에 대한 생리적인 반응의 측정지수는 아래와 같다.

▷ 산소소비량 : 안정시 0.25~0.3 l/분

(1 liter의 산소는 5kcal의 에너지에 해당)

▷ 심박수 : 안정시 분당 70~80 회

▷ 혈압 : 안정시 120/80 mmHg

▷ 체온 : 안정시 36.5℃

2. 작업과 휴식 비율의 산정

1) Murrell's Model

하루 동안에 보통 사람이 낼 수 있는 에너지는 약 4,300kcal/일 정도이며, 여기서 기초대사와 여가에 필요한 2,300kcal를 빼면 나머지 2,000kcal/일 정도가 평상 작업에 가용한 에너지이다. 이것을 480분(8시간 근무시)으로 나누면 4kcal/분이 나온다. 작업에 필요한 평균 에너지가의 상한을 5kcal/분으로 잡을 때, 어떤 활동이 한계를 넘으면 휴식시간을 포함시켜 주어야 한다. 이를 계산하는 식은 아래와 같다. 이는 개인의 특성에 따라 많은 차이를 보이고 있어 아래의 공식을 사용시에 주의해야 한다. 또한, <표 2-1>의 작업형태에 따라 에너지 소비량과 산소소비량은 달라지므로 이를 고려하여야 한다.

$$\triangleright \text{휴식시간(R)} = [T \cdot (M - 4)] / [M - 1.5]$$

M = Net 에너지소비량 (Kcal/min) = 전체 에너지가 - 안정시 에너지가

T = 전체 작업시간

<표 2-1> 작업형태에 따른 에너지 및 산소 소비량

노 동 급	에너지 소비량		산소소비량 (l/분)
	Kcal/분	Kcal/8시간	
매우 힘든 작업	12.5이상	6,000이상	2.5이상
어느 정도 힘든 작업	10.0~12.5	4,800~6,000	2.0~2.5
힘든 작업	7.5~10.0	3,600~4,800	1.5~2.0
중간	5.0~7.5	2,400~3,600	1.0~1.5
가벼운 작업	2.5~5.0	1,200~2,400	0.5~1.0
어느정도 가벼운 작업	2.5이하	1,200이하	0.5이하

<예제> 하루 8시간 작업시, 작업의 에너지소비량이 7.5Kcal/min이고, 안정시 대사량이 1.5Kcal/min일 경우, 휴식/작업 비율은 ?

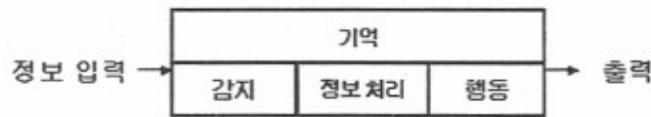
$$M = 7.5 - 1.5 = 6 \text{ Kcal/min}, T = 8 \text{ 시간}$$

$$\text{휴식시간(R)} = [8 \cdot (6 - 4)] / (6 - 1.5) = 3.55 \text{ 시간}$$

$$\text{작업시간} = 8 - 3.55 \text{ 시간} = 4.45 \text{ 시간}$$

3. 정보처리과정

정보처리란 인간의 주요한 활동중의 하나로 인간이 지속적으로 자신의 감각을 통하여 정보를 입수하고 판단하여 결론을 내린다. 정보 표시는 정보활동의 효율성에 큰 영향을 미치는데 기계설계 기사, 검사기사, 운전기사 및 조종사 등은 정보처리가 중요하다. 인간이 정보를 처리하는 순서는 [그림 2-1]과 같다.



[그림 2-1] 정보처리 과정

정보 전달은 먼저 감각기관을 통하는데 적절한 조명이 유지되어야 하고 소음의 방해가 없어야 한다. 복잡한 정보일수록 가시적이어야 하며 단순한 정보나 긴급한 정보는 청각적이어야 한다. 시각적인 것과 청각적인 것을 동시에 이용한다면 최상의 조건이다. 사람이 정보를 인지하는데는 한정된 능력만을 갖고 있으므로 정보를 분류하고 단순화하면 이러한 한정된 능력에 대한 요구 사항이 적어지고 실수를 보다 적게 유발한다.

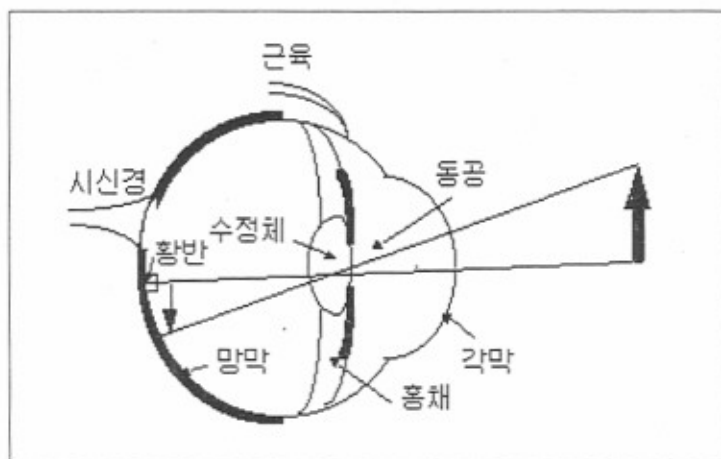
중요한 일에는 주의력이 필요한데 보다 치밀한 주의력을 요하는 일에는 주의를 기울인다. 정보처리는 시간을 요하며 수집정보는 하나씩 처리하고 너무 성급히 결단을 내리지 않도록 주의한다. 복잡한 작업일 경우에는 교육과 훈련이 필요하다. 궁극적으로 피드백이 필수적이며 자신의 결정이 올바른지를 체크한다. 피드백은 신속히 이루어져야 하고 정확해야 하며 쉽게 이해될 수 있어야 한다.

이상의 정보처리 과정은 일차적으로 인간의 감각기관을 통해서 이루어진다. 본 장에서는 이런 감각기관 중에서 시각과 청각에 대해 상세히 알아보도록 하겠다.

4. 시각

1) 눈의 구조

사람의 눈은 사진기와 매우 흡사하다. [그림 2-2]는 눈의 구조를 나타낸 것이다. 사람이 대상물을 눈을 통해 보는 과정은 광선이 수정체를 통하여 초점이 맞추어지고 망막에 상이 맺히게 된다. 이 상이 시신경을 통해 뇌로 전달되어 대상물을 인식하게 된다.



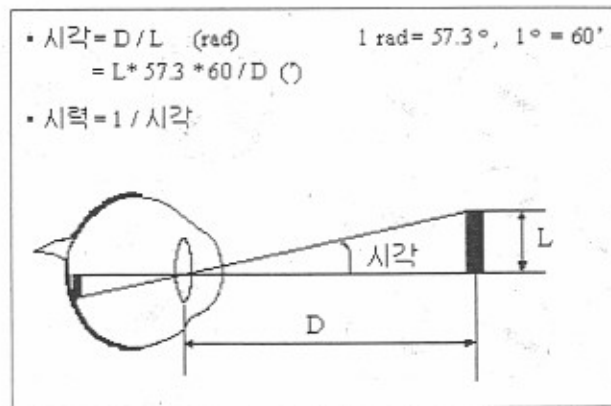
[그림 2-2] 눈의 구조

여러 유형의 시력은 광선의 초점이 망막 위에 맺어지도록 수정체를 조절하는 눈의 조절작용에 의해 결정된다. 정상적인 조절작용하에서는 상의 초점을

망막에 정확히 맞추기 위해서, 멀리 있는 물체를 볼 때는 수정체가 얇아지고 가까이 있는 물체를 볼 때는 수정체가 두꺼워진다. 이런 조절 능력이 사람마다 차이가 있고, 불충분하게 나타나는 경우가 있다. 이를 근시나 원시라고 하는데, 근시의 경우에는 수정체가 두꺼워진 상태로 남아 있는 경향이 있어서 가까운 물체는 초점을 맞출 수 있으나 먼 물체를 볼 때에는 초점이 정확히 맞출 수가 없다. 반면에 원시는 수정체가 얇은 상태로 남아 있는 경향이 있어서 멀리 있는 것은 잘 볼 수 있으나 가까운 물체를 보기가 힘들다. 그렇기 때문에 안경을 통해 수정체를 통과하기 전에 굴절시켜 망막상에 초점이 맺어지도록 교정할 수 있다.

2) 시력의 척도

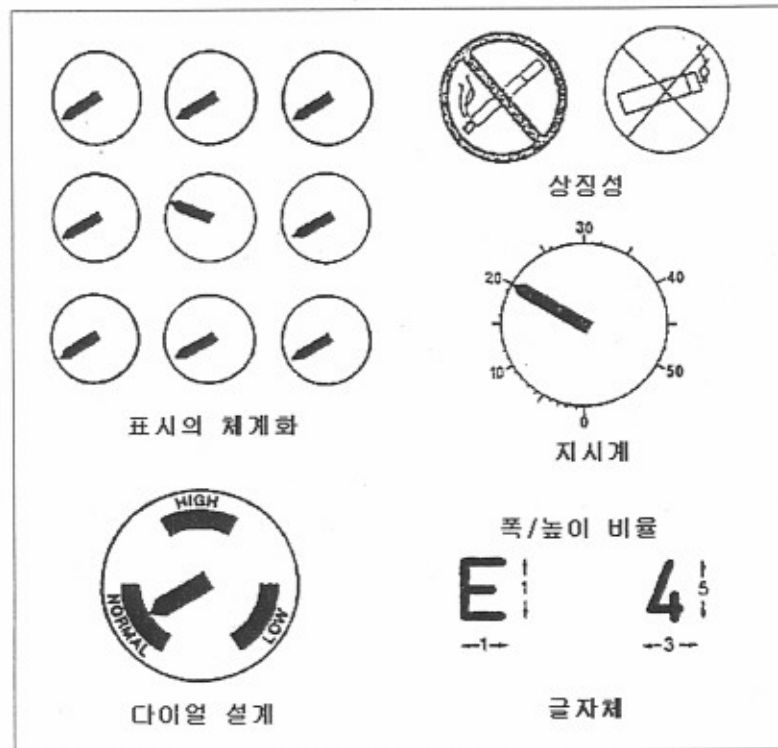
가장 보편적으로 사용하는 시력의 척도는 최소가분시력(Minimum Separable Acuity) 혹은 간격 해상력으로서 이는 눈이 식별할 수 있는 표적의 최소 모양이나 표적 부분들 간의 최소 공간을 말한다. 이는 정확히 식별할 수 있는 최소의 세부공간을 볼 때 생기는 시각의 역수로 측정한다. [그림 2-3]는 최소가분시력을 구하는 방법을 나타낸 것이다.



[그림 2-3] 최소가분시력 측정

3) 작업 표시의 체크 사항

작업과 연관되는 표시를 할 경우 다음과 같은 체크사항이 있다. 이에 대한 설명은 [그림 2-4]에 나타내었다.



[그림 2-4] 작업관련 표시 형태

- (1) 표시의 체계화 : 표시 및 검사항목의 체계화, 이상 상태의 명확화
- (2) 상징성 : 두텁게, 얇게
- (3) 지시계 : 넓게, 눈금표시, 수치 분명, 색깔 형태
- (4) 다이얼의 설계 : 상세히, 등급을 간단히

(5) 글자체(Lettering)

$$\text{높이}(mm) = \frac{\text{조망거리}(mm)}{200}$$

4) 작업의 제어수단

사람과 기계 사이에 의사전달은 통제를 통해 훨씬 효율적으로 나타날 수 있는데 이러한 행위는 항상 제어를 통한 작동에 의하여 이루어진다. 조작자는 작동(operation)이나 진행표시(display)를 보면서 수월하게 제어를 할 수 있다. 제어는 적절한 공간을 확보하여야 하며 접촉확인이 쉽도록 한다. 왜냐하면, 사람은 과로 등으로 인해 피로하게 되면 본능적으로 행동하는 경향이 있기 때문이다. 제어가 일상적인 관습에 위배되거나 모호하게 되면 실수가 많아진다. 예로써 북미주의 경우 작업작동 스위치 켜는 것을 위로 돌리거나 손잡이를 시계방향으로 돌려서 끈다.

마찬가지로 진행표시의 작동이 제어수단의 작동과 일치하는가를 확인하여야 한다. 가능하면 제어수단을 통합하여 조작회수를 감소시키도록 해야한다. 예를 들면 조이스틱(joystick)은 2개의 레버(lever)를 결합한 것으로 표준화도 중요하다. 가능하면 동일한 운반체나 작업영역에서는 중요한 제어수단들이 동일한 위치에 자리하도록 하고 동일한 방법으로 조작하는 것이 바람직한데 하나의 작동위치에서 또 하나의 작동위치로 이동한 작업자가 혼동되어 실수를 저지를 가능성이 높아지게 된다. 제어조작은 피드백이 신속하고 정확하게 이루어지도록 하여야 한다.

제어 패널을 계획 및 설계할시에 적절한 조화가 이루어지도록 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 제어수단과 진행표시는 동일한 시야 내에 위치시킨다.
- (2) 사용빈도는 빈번하게 사용하고 제어수단은 손 가까이에 위치시킨다. 또한 빈번하게 관찰하는 표시는 시야의 중앙에 위치시킨다.
- (3) 조작의 올바른 순서가 중요하다고 생각하면 제어수단과 진행 표시를 순서대로 배치한다.

- (4) 순서가 중요하지 않다면 기능에 따라 제어수단과 진행표시를 짝짓는다.
- (5) 중요한 제어수단이나 비상용 제어수단은 용이하게 손닿을 수 있는 곳에 위치시키고 통상적인 시야범주에 위치시킨다.

이러한 기본원리들이 때로는 상충될 때가 있는데, 그 때는 우선순위를 결정하여 판단하고 체크해야 한다. 그 사항은 다음과 같다. (1) 손닿는 거리, (2) 서로의 간격, (3) 인식과 확인, (4) 조작습관, (5) 피드백, (6) 제어수단과 진행표시의 상관성, (7) 제어수단과 진행표시의 레이아웃(layout) 등이다.

5) 시각적 표시장치의 제어수단과 진행표시

제어수단이 되는 장치와 진행표시를 올바르게 조작할 수 있도록 하는 방법으로 아래와 같은 것이 있으면 [그림 2-5]에 나타내었다.

- (1) **Grouping** : 연관되는 제어수단과 진행표시는 모은다.
- (2) **제어수단과 진행표시의 상관성**
- (3) **통상적인 예상치**
- (4) **긴급용(Emergency)** : 우연히 ON 위치시키는 작동은 어렵게 하고 OFF는 작동 및 접근 용이하게 한다.
- (5) **상호간격(Spacing)** : 손동작 제어수단으로 이용된다.
- (6) **형태(Shape)** : 접근하기 쉬운 형태로 한다

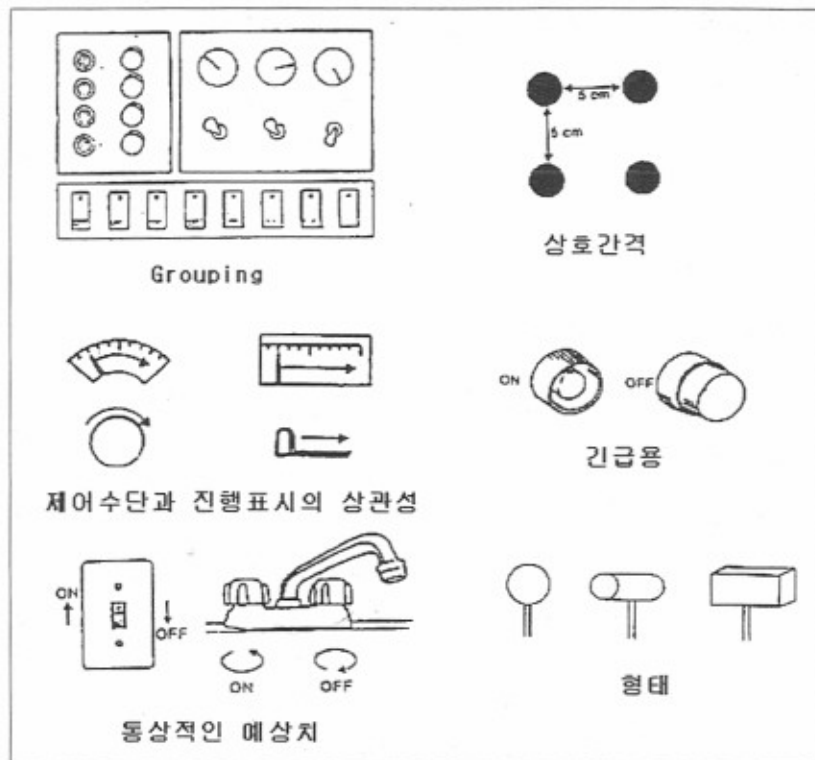


그림 2-5 제어수단과 진행표시

6) 표시 장치 설계의 제 원칙

- (1) 표시 장치 통합의 원칙 : 상호 관련된 정보는 공통 표시 장치계에 나타냄
- (2) 회화적 사실성의 원칙 : 암호 표시 이해 쉬워야 함
- (3) 이동 부분의 원칙 : 고정된 눈금이나 좌표계에 이동부분의 영상을 나타냄
- (4) 추종 추적의 원칙 : 원하는 성능 지표와 실제 성능 지표를 공통 좌표계에 나타냄

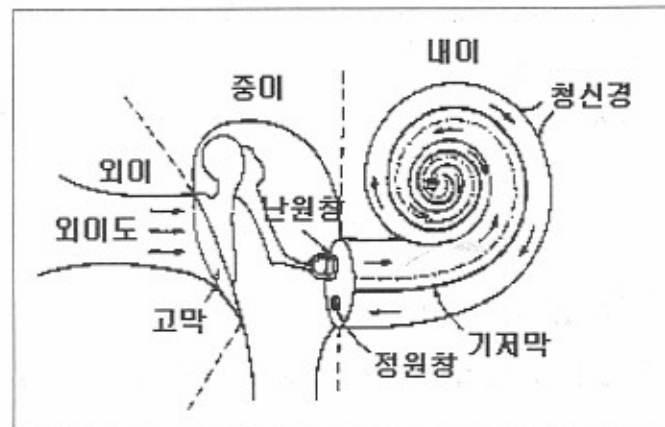
(5) 빈도분리의 원칙 : 높은 빈도의 정보는 기대되는 방향으로 이동함

(6) 최적 축적의 원칙 : 정확도를 고려하여 최적 축적을 결정

5. 청각

1) 귀의 구조

음은 어떤 음원으로부터의 진동에 의해 발생된다. 그러한 진동은 여러 가지의 매체를 통해서 전달될 수 있으나 우리가 주로 관심을 갖는 것은 공기를 통하여 귀로 전달되는 진동에 관한 것이다. 소리의 두 가지 속성은 진동수와 강도(진폭)이다. [그림 2-6]의 귀의 구조를 나타낸 것이다.



[그림 2-6] 귀의 구조

음의 진동수는 음의 고저를 나타내는 것으로 단위시간 동안에 발생하는 압력과동의 횟수, 소리의 높고 낮음(pitch)과 관계되고, 단위는 Hz(Hertz)를 사용한다. 예를 들어, 60 Hz는 1초 동안에 음의 진동현상이 60회 발생한 것을 나타낸 것이다.

(1) 가청 주파음역 : 20~20,000Hz

① 저주파 음역 : 250Hz

② 회화주파 음역 : 250Hz - 3,000Hz

③ 고주파 음역 : 4,000Hz(소음성난청을 유발할 가능성이 큰 영역)

(2) 옥타브(octave) = $\log_2 (f_2/f_0)$: 1 octave 높아지면 주파수 2배

(3) 음압(sound pressure) : 단위면적당 힘의 단위로 표시(단위 : N/m²)

(4) 음압범위

① 인간의 청력역치(0.00002N/m²)

② 불쾌감 청력역치(60N/m²)

(5) 음압 수준(척도)

$$\text{dB (decibel)} = 1/10 \text{ bel} = 20 \log_{10}(P_1/P_0)$$

P1 : 주어진 음의 강도(음압), P0 : 표준치 (1,000hz 순음의 가청최소 음압 : 20uN/m²)

<표 2-2> 여러 음에 대한 dB 수준

소음원	dB
경보싸이렌	140
제트(Jet) 엔진 15m에서	130
리베트기 1.2m에서	120
회전톱	110
전동식 드릴 3m에서	100
보통 공장(사람 통행 많음)	80
보통 사무실(사람 통행 적음)	60
조용한 사무실	40
속삭임	20
가청 최소 수준	0

2) 소음의 종류

소음은 주어진 작업의 완료와는 정보적으로 무관한 청각적 자극을 말하며, 물리적인 면에서는 불규칙음, 비주기적이고 고주파음역의 특성을 나타내는 음이다.

(1) 연속음(continuous noise)

- ① 하루종일 같은 크기의 소리가 발생하는 것을 연속음이라 함.
- ② 단속음이 반복됨으로써 연속음과 같이 들림.
- ③ 1초에 1회 이상일 때 연속음으로 봄

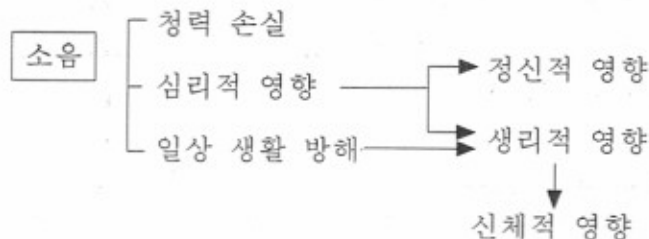
(2) 단속음(interrupted noise)

- ① 1일 작업중 폭로되는 소음이 여러가지 음압수준으로 나타남
- ② 발생하는 소음의 반복음이 1초보다 간격이 클 때 단속음으로 봄

(3) 충격음(impulse noise)

- ① 다이너마이트 폭발, 단조해머 작업
- ② 일시에 나타나는 충격적인 음
- ③ 최대 음압수준이 120dB이상인 소음이 1초 이상의 간격으로 발생하는 것
- ④ 충격음의 최대 허용기준은 140dB(A)임.

3) 소음의 영향



(1) 청력 손실의 원인 : 소음의 세기, 노출시간이나 기간, 소음의 주파수, 노출회수, 개인의 감수성 차이

(2) 청력의 손실의 종류

① 재해성 난청

- 고막파열로 인한 청력장애 : 공기전도장애로 인한 난청
- 순간적인 폭발음에 의하여 고막이 파열되는 경우
- 중이의 등골이 진동을 전달하지 못하게 됨
- 음파는 직접 난원창에 부딪히게되어 정상때와는 다르게 된다

② 일시적 난청

- 강열한 소음에 폭로되어 생기는 일시적난청
- 4000Hz ~ 6000Hz에서 가장 많이 생김
- 소음에 폭로된지 2시간부터 발생하며 20~30dB의 청력손실을 초래
- 청신경 세포의 피로현상
- 회복시간 : 정도에 따라서 12~25시간을, 때로는 여러 달 요함
- 소음에 폭로된 총량은 같더라도
- 소음에 연속적으로 폭로될 때 일시적 난청 가능성 큼

③ 신경성 난청

- 영구적 난청 : 일시적 난청, 즉 청신경의 피로가 축적되면 신경세포는 비가역적인 변성을 일으키거나 파괴되어 영구적 난청이 생김, 영구적 난청의 청력손실은 소음에 폭로되어 5~10년이 경과된 후에 최고도에 이룸, 질병, 약물복용, 환경소음에 의해서도 영구적 난청 가능
- 노인성 난청 : 나이가 많아짐에 따라 청신경이 퇴행성 변화를 일으켜 청력손실을 초래하는 것, 성별 차이 존재 : 1,000Hz 이하를 제외

하고는 남자가 심하다

(3) 생리적 영향

- ① 타액 및 위액분비가 감소, 위의 운동이 억제되어 소화장애를 일으킴
- ② 놀라움의 증상 : 혈압 및 뇌압이 상승, 땀이 많이 나며 호흡이 변함, 전신근육이 수축됨
- ③ 소음에 계속 폭로될 때에는 없어지는 경향

(4) 회화의 방해

- ① 은폐 효과 (Masking effect) : 한 음이 다른 음에 대한 귀의 감수성을 감소시키는 상황, 한음의 가청 역치가 다른 음 때문에 높아지는 효과, 예) 타자기에 말소리

4) 연속음의 허용한계

- (1) 우리나라 소음 기준 : 8시간 근무에 대한 법정 노출 한계
- (2) 소음계의 A특성으로 측정 : 연속음으로 8시간동안 90dB(A)이상에 폭로 되서는 안됨
- (3) 5dB(A)법칙 : 5dB 높아질때마다 노출 허용시간 1/2로 감소
- (4) 최고음압 : 140dB(C)를 넘는 충격음에 폭로되어서는 안됨

<표 2-3> 소음 노출의 허용 한계

음압수준 dB(A)	허용시간
85	16
90	8
95	4

5) 소음 방지 대책

- (1) 소음원의 제거 및 억제 : 소음방지대책 가운데 가장 효과적인 방법. 예) 소음기 부착, 진동 부분의 구조개량, 작업방법의 변경 등
- (2) 실내에서의 흡음 효과 : 실내의 내벽에 음향 재료를 붙여 소음 감소
- (3) 장애물에 의한 차음효과 : 장애물의 물리적 성질과 벽체를 만든 구조, 형태에 달림
- (4) 소음기의 이용 : 일반적으로 흡기나 배기의 출입구 또는 덕트의 도중에 설치

6) 귀마개와 귀덮개

- (1) 1,000Hz이상의 음에서 약 25~35dB의 차음효과
- (2) 120dB 이상의 소음에서는 귀마개와 귀덮개를 동시에 사용
- (3) 소음 적은 경우 : 통화 이해도 감소
- (4) 소음 심한 경우 : 소음과 신호강도 동시에 줄여 통화 이해도 증가 (Weber 비)

7) 경계 및 경보 신호의 선택/설계 원칙

- (1) 귀는 중음역에 가장 민감하므로 500~3,000Hz(200~5,000Hz)의 진동수를 사용하라.
- (2) 고음은 멀리 가지 못하므로 장거리(>300m)용으로는 1,000Hz이하의 진동수를 사용하라.
- (3) 신호가 장애물을 돌아가거나 칸막이를 통과해야 할 때는 500Hz 이하의 진동수를 사용하라.

- (4) 주의를 끌기 위해서는 (초당 1~8번 나는 소리나 초당 1~3번에 오르내리는 소리 같이) 변조된 신호를 사용하라.
- (5) 배경 소음의 진동수와 다른 신호를 사용하라.
- (6) 경보 효과를 높이기 위해서 개시 시간이 짧은 고강도 신호를 사용하라. 수화기를 사용하는 경우에는 좌우로 교번하는 신호를 사용하라.
- (7) 가능하다면 다른 용도에 쓰이지 않는 확성기, 경적 등과 같은 별도의 통신 계통을 사용하라.

8) 청각적 표시장치 설치의 원리

(1) 일반 원리

- ① 양립성(Compatibility) : 가능한한 사용자가 알고 있거나 자연스러운 신호차원과 코드를 선택한다. 예컨데, 긴급용 신호일때는 높은 주파수를 사용하여 높고 길게 울리도록 한다.
- ② 근사성(Approximation) : 복잡한 정보를 나타내고자 할 때는 다음과 같이 2단계 신호를 고려한다.
 - 주의신호 : 주의를 끌어서 정보의 일반적 부류를 식별하게 한다.
 - 지정신호 : 주의신호로 식별된 신호에 정확한 정보를 지정하는 것으로 처음신호 후에 나타낸다.
- ③ 분리성(Dissociability) : 청각신호는 기존입력(유의적 입력이든 소음이든)과 쉽게 식별되는 것이어야 한다. 가령 두가지 인상의 채널을 듣고 있다면 각 채널의 주파수가 분리되어 있어야 식별할 수 있다.
- ④ 검약성(Parsimony) : 조작자에 대한 입력신호는 꼭 필요한 정보만 제공한다.
- ⑤ 불변성(Invariance) : 동일한 신호는 항상 동일한 정보를 지정하도록

한다.

(2) 표현 원리

- ① 극한적 청각 차원을 피한다. 가령 지나치게 고강도인 신호는 깜짝 놀라게하여 실제 포퍼먼스를 망칠 수 있다.
- ② 주변 소음 수준에 상대적으로 세기를 설정한다. 주변 소음수준 때문에 차폐되지 않도록 세기를 조정한다.
- ③ 간헐 또는 변동신호를 사용한다. 가능한한 오래 지속되는 신호를 피하고 간헐적이거나 변동하는 신호를 사용한다. 이렇게 하면 지각적 순응을 줄일 수 있다.
- ④ 청각 채널이 과부하되지 않게 임의 상황에서는 몇 가지 신호만을 사용한다. 신호가 너무 많으면 혼동을 일으키고 조작자에게 지나친 부담을 준다.

9) 청각적 표시장치 설치의 원리

- (1) 사용할 신호를 시험한다. 설치하고자 하는 신호를 사용할 사람들의 대표 표본에 대하여 시험하여, 제대로 검출하고 식별하는지 확인한다.
- (2) 기존 신호와 상충되지 않도록 한다. 신규신호는 기존 신호나 전에 사용하던 신호와 의미가 상충되지 않아야 한다.
- (3) 기존 신호의 전환이 쉽도록 해야한다. 표현 양식이 다른 것(가령 시각신호)을 청각신호로 대체할 때는 당분간 두 양식을 겸용하여 새로운 청각 신호에 익숙해지도록 한다.

6. 골격과 근육

1) 골격계(Skeletal System)

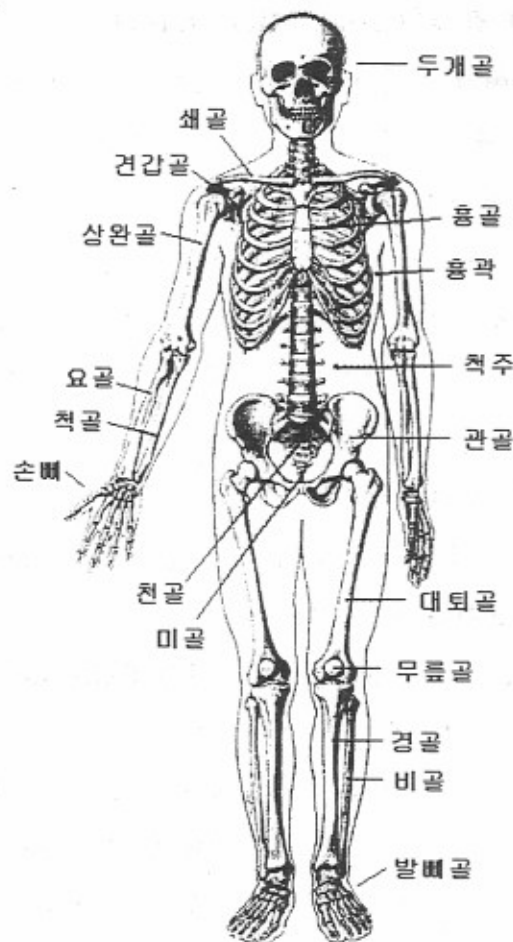
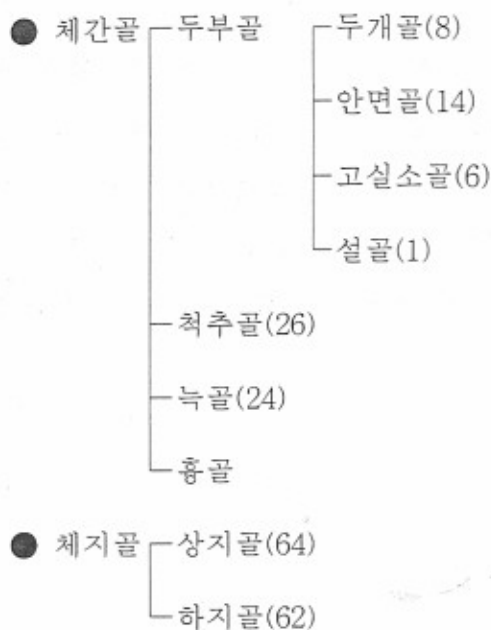
인간의 골격은 2개의 다리로 서로 걸으며 손을 자유로이 사용하고 말을 한다는 것이 다른 동물과 다르게 발달된 점이다. 골격은 인체의 지주를 가리키고 근육의 부착점인 동시에 체격을 결정 짓는 것으로 수동적 운동을 하는 기관이다.

골격의 주요기능은

- (1) 인체를 지지하고 그 외형을 유지한다.
- (2) 인체의 주요기관을 보호한다.
- (3) 골격근의 기능적 수축에 따라 수동운동을 수행한다.
- (4) 골격 중에 골수가 내장되어 있어 조혈작용을 수행한다.
- (5) 인과 칼슘의 저장 등을 수행하는 것이다.

인체는 전신의 뼈의 수가 약 206개로 뼈와 뼈 사이를 관절 형태로 연결되어 있어 이들이 모여서 골격계를 구성하고 있다. 골(뼈) 그 모양에 따라 장골(상단골, 대퇴골), 단골(수근골, 족근골), 편평골(두개골), 함기골(상악골)의 4종 나누어진다.

또한 부위에 따라, 아래 [그림 2-7]과 같이 크게 체간골, 체자골로 골격계가 분류된다.



[그림 2-7] 인체의 골격 구조

인간공학의 영역에서는 작업자세에 수반되는 척추 작용의 차이는 인체 부담에 직접 영향을 미치기 때문에 상세한 연구가 수행되고 있으며, 예를 들어 바닥면에 있는 중량물을 들어올릴 때 등을 구부린 자세에서의 들기동작(Stooping)은 쪼그려 앉은 자세에서의 들기동작(Squatting)에 비하여 과대한 부하가 척추에 미치기 때문에 추간판 탈출증 등을 발생시켜 요통의 원인이 되는 것이 지적되고 있다.

2) 관절(Articulation Joint)

뼈와 뼈가 이어진 곳, 2개 또는 그 이상의 뼈가 연결된 부분을 관절이라 한다. 관절은 우리 몸의 기둥인 뼈가 2개 이상 서로 연결되어 여러 가지 기능적인 운동을 가능하게 하기도 하고 골격구조를 지지하고 유지하면서 인체 움직임을 원활하게 해 준다. 또한 관절은 그 연결 형태에 따라 움직임이 가능한 것(가동결합)과 불가능한 것(부동결합)이 있는데 모두가 인체 연결 및 움직임의 기능적인 역할을 담당한다.

3) 관절운동

관절운동은 체간(Trunk)이나 체지(Limbs)¹⁾의 극히 복잡하고 종합적인 운동을 표현하는 것이다.

(1) 굴곡(Flexion)과 신전(Extension)

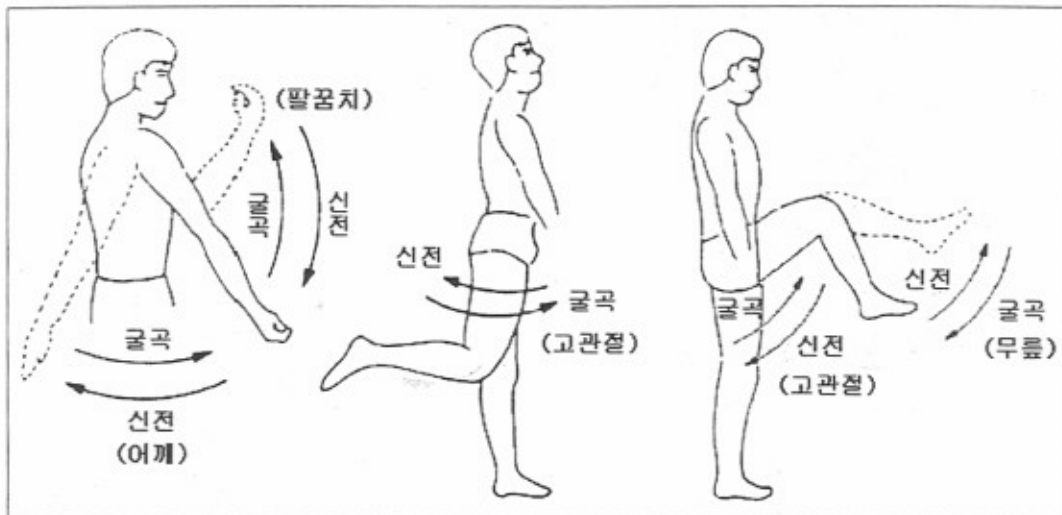
- ① 굴곡 : 신체부분을 좁게 구부리거나 각도를 좁히는 동작으로 팔과 다리의 굴곡, 몸통굴곡, 손의 굴곡 등의 동작이 있다.
- ② 신전 : 신체 부위를 곧게 펴거나 각도를 늘리는 동작으로 굴곡에서 다시 돌아오는 동작을 말한다.
- ③ 과신전 : 해부학적 자세 이상으로 과도하게 신전되는 동작.

(2) 외전(Abduction)과 내전(Adduction)

- ① 외전 : 사지를 체간(몸의 정중면)으로부터 멀리 떨어지게 하는 운동을 말한다. (중심선으로부터 인체 분절이 멀어지는 동작) 상하지를 외측 상방으로 올리는 운동과 손가락에서는 중지를 중심으로 하여 손가락이 여기서 멀어지는 경우이다.

1) 체간 : 머리, 목, 몸통으로 나누며 몸통은 다시 가슴, 배, 골반으로 구분된다.
체지 : 상지와 하지로 사지를 의미한다.

- ② 내전 : 사지를 체간(몸의 정중면)으로부터 가깝게 하는 운동을 말한다. (인체분절이 중심선에 가까워지는 동작) 상·하지를 외측 상방에서 내리는 운동과 손가락에서는 중지를 중심으로 하여 손가락이 여기서 가까워지는 경우이다.



[그림 2-8] 관절의 운동(I)

(3) 회외(Supination)와 회내(Pronation)

- ① 회외 : 정위(正位)상태²⁾에서 손바닥을 외측으로 돌리는 운동이다.
 ② 회내 : 정위(正位)상태에서 손바닥을 몸통쪽으로 돌리는 운동이 회내이다. 일상생활에서 도어의 핸들을 돌리거나 부채질을 할 때의 손목 운동이다.

(4) 회전운동(Rotation)

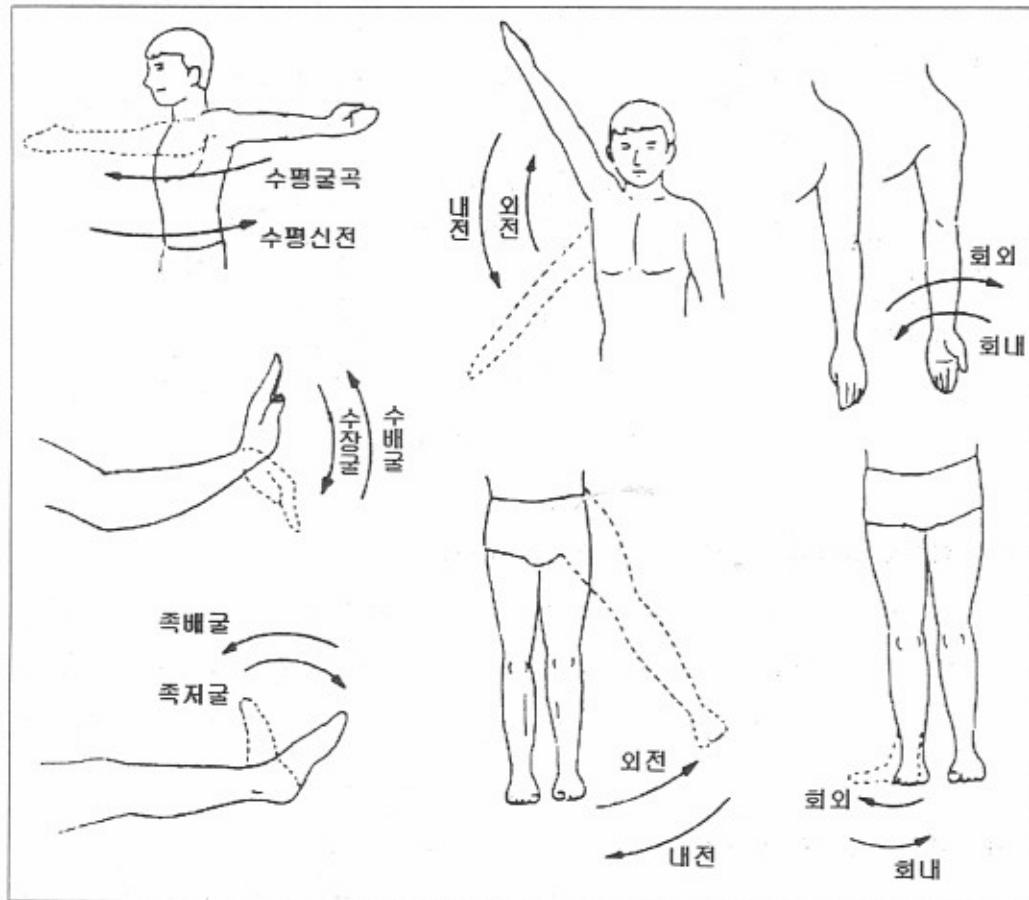
축을 중심으로 해서 뼈가 움직이는 것으로 움직이는 면이 축과 수직을

2) 정위 : 상지를 아래로 내리고 손바닥을 전방으로 향하게 한 상태

이룬다. 머리가 제1경추의 고리에서 벗어나지 않고 목을 돌리는 동작이 그 예이다.

(5) 회선운동(Circumlocution)

움직이는 뼈의 안쪽 끝은 축(Axis)이 되고 밖의 끝은 원을 그리면서 움직이는 것으로 이 운동은 굴곡, 신전, 외전, 내전 등이 합쳐져 이루어지는 운동이다.



[그림 2-9] 관절의 운동(II)

4) 근육계(Muscular System)

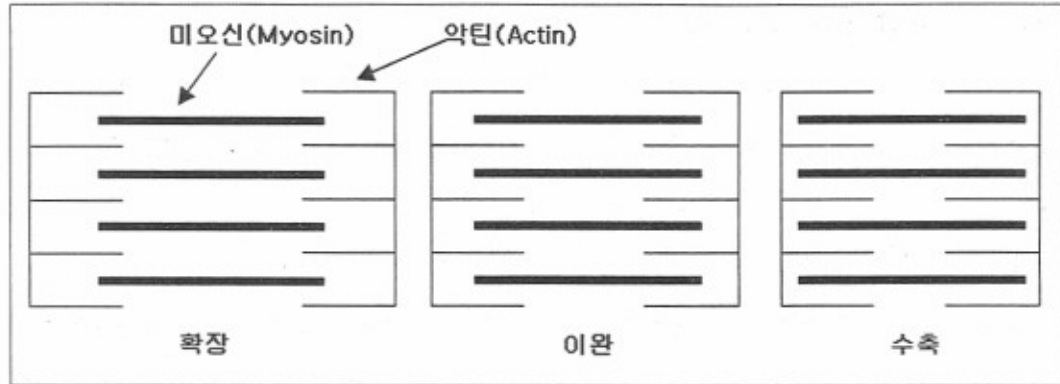
우리 몸에는 대략 600개 이상의 근육이 있는데 이것은 신경 자극에 의해 수축과 이완이 일어남으로서 우리 몸을 움직이게 할 수도 있고 생명 유지 활동도 할 수 있다. 근육은 여기에 신경·근육조직을 둘러싸고 있는 근막, 그리고 근육조직 뭉치의 끝을 뼈에 붙이는 힘줄(건) 등을 총칭한다.

인체 내에는 형태와 기능에 의해 3가지형의 근육이 있다. 그 하나는 뼈에 부착하여 골격운동을 돕는 골격근과 다음은 내장 및 혈관벽 등을 구성하는 평활근(내장근)과 마지막으로 심장벽을 이루는 심근이다.

여기서 골격근은 운동신경의 지배를 받아 자신의 의지대로 움직일 수 있는 수의근(횡문근)이며, 심근과 평활근은 자율신경의 지배를 받아 마음대로 조절할 수 없는 불수의근에 속한다.

- 형활근-내장근-불수의근
- 횡문근-심근
- 골격근-수의근

골격근(Skeletal Muscle)은 힘줄(Tendon)에 의해 뼈에 붙어 있으며 근육이 수축하면 근은 팔꿈치, 어깨, 엉덩이, 무릎 등의 관절에서 움직임을 일으킨다. 그리고 각 근육은 여러 근섬유(근세포)로 되어 있으며 그 길이는 0.5~30cm 정도이다. 하나의 근육은 수십만개의 섬유로 되어 있는데 이 섬유는 조직에 의해 연결되어 있는데 신경자극(Impulse)을 받으면 이러한 섬유를 통하여 전달운반된다. 그리고 그 속에 산소와 영양소(에너지)를 공급하는 혈관도 분포되어 있다. 근육이 실행하는 유일한 활동은 수축하여 길이를 단축하는 일이다. 근섬유의 수축단위는 근원섬유인데 이것은 두가지 기본형인 단백질 필라멘트인 미오신(Myosin)과 악틴(Actin)으로 되어 있다.



[그림 2-10] 근섬유의 상태 모식도

각 근섬유는 여러 근원 섬유로 되어 있다. 미오신과 악틴 필라멘트는 위 그림처럼 밴드로 배열되는데 근육이 수축하면 악틴 필라멘트가 미오신 필라멘트 사이로 미끄러진다. 우리가 근육에 힘을 주든가 동작을 취하는 것은 대거에서 「힘을 줘라」 「동작을 취하라」라는 명령이 내리게 되어 운동신경을 거쳐 근 섬유로 전달된다. 그러면 근원섬유의 단백질 필라멘트가 서로 미끄러져서 길이가 짧아지게 된다. 이처럼 우리들은 근육을 수축시켜 모든 운동을 하고 있는 것이다. 근육을 사용하는 기회가 많으면 근섬유의 근 하나 하나가 굵어진다. 이것이 다발이 되어 보디빌더와 같은 근육이 되는 것이다.

근육의 기능을 살펴보면 근육은 잡아 당길수는 있으나 밀수는 없다. 따라서 움직이게 했던 뼈를 원상으로 되돌려 놓기 위해서는 반대쪽에서 잡아당겨 주지 않으면 안되는데 이와 같은 역작용을 하는 근육을 길항근(Antagonist)이라고 한다. 또한 강한힘이 필요한 장소에서는 몇 개의 근육이 동일한 작용을 함으로써 서로 돕는 경우가 있는데 이와 같은 근육을 협력근(Synergists)이라고 한다. 그리고 인체의 어느 관절 부분을 움직일 때 직접적으로 주축이 되는 근육을 주동근(Prime Movers)이라 하고 주동근을 보조적으로 도와주는 근육을

보조근(Assistant Movers)이라 한다.

골격근에 의한 신체운동은 신체 각 부위에 다양한 효과를 가져온다. 심장박동의 수와 강도, 호흡횟수, 발한의 양, 식욕 증가, 골격구성의 발달 등이 직접 혹은 간접으로 골격근의 움직임에 의해 영향받는다. 이와 같은 것들의 효과는 근활동의 강도와 지속 시간에 의해 이루어지는데 무엇보다도 중요한 사실은 근육 자신의 크기, 구조, 근력, 효율 등에 영향을 미친다는 점이다.

근육은 사용하지 않으면 위축이 되고 많이 사용하면 비대해진다. 이런 현상은 근섬유 자신의 근육질(원형질)이 변화하는 것이지 섬유의 수가 증가하는 것은 아니다. 근육섬유가 파괴되면 제한된 범위이기는 하지만 재생된다.

일의 능력이라 할 수 있는 근력은 훈련에 의해서 증가된다. (1) 근육을 비대하게 만든다. 근력은 근의 굵기에 비례한다. (2) 훈련은 길항근이 적당한 시간에 완전히 이완되도록 해서 근의 협동력을 높이며 주동근의 기능을 방해하지 않도록 한다. (3) 근 수축을 시작하기 위한 자극을 주는 기관인 대뇌피질의 기능을 증진시킨다.

근 피로를 초래하는 요인은 근육의 작업수행 능력을 저하시키고 무기력하게 만드는 것으로 (1) 과중활동, (2) 부적합한 영양상태, (3) 순환기 계통의 장애, (4) 호흡기계통의 장애, (5) 감염, (6) 내분비 장애, (7) 정신적 요인, (8) 기타 요인으로 부정확한 자세나 안정피로는 근 피로 원인의 한 요인이다. 부정확한 자세는 자세를 유지하기 위해 중력에 대항해서 근육수축을 일으키는 데 어려움을 주고 인대와 근육에 피로를 가져온다. 안근의 부적당한 기능은(예를 들면 조명에 부적응했을 때) 눈의 피로를 가져온다.

7. 관절운동 및 손의 동작

1) 손의 특징

손의 복잡함이란 인간이 만든 정밀하고 정교한 그 어떤 기계도 그 앞에서 무색해질 정도이다. 18세기에 칸트는 “손은 눈에 보이는 뇌의 일부” 라고 말하여 두뇌의 발달과 손과의 관계를 언급하였고, 20세기에 브로노우스키는 “손은 정신의 칼날” 이라고 하였다. 즉 손은 제2의 두뇌라고 할만큼 높은 식별력을 가지고 있다.

인간의 조상들이 직립의 자세를 취하기 전 까지는 인간은 가장 방어력이 약한 동물이었다. 그러나 일단 직립자세를 취하게 되어 손이 몸을 지탱하고 이동하는 일에서 해방되자 무기와 도구를 만들어 사용할 수 있게 되었다. 그 동기는 우리의 엄지손가락이 다른 손가락들과 마주보게 진화되어 고도의 정밀한 작업을 예를 들면 힘있게 잡기(Power Grip), 정확하게 잡기(Precision Grip) 등으로 정확성과 조작성이 높아지게 된 것이다.

구조적으로 보아 손은 인간의 신체에서 복잡한 부위로 한 손은 여덟 개의 손목뼈, 다섯 개의 손바닥뼈, 열 네 개의 손가락뼈 등 모두 스물 일곱 개의 뼈를 가지고 있는데 이것은 우리 신체에 있는 뼈의 1/4이상이 된다. 그리고 열 · 감촉 · 고통을 감지하는 손의 신경망은 신체에서 가장 정교하다. 손은 약 6.5cm 당 수 천 개의 신경 종말을 갖고 있는데 대부분이 손가락 끝에 모여 있어 감각이 매우 예민하다.

손의 힘줄(건)은 기관차와 같은 방식으로 연결되어 손의 많은 뼈마디와 फै 떨어진 곳에서 그 뼈들을 움직이게 하는 근육들을 이어주는 역할을 한다. 손에는 또 미로와 같은 인대와 근막이 있어 각 부분을 서로 붙들어 매고 있다. 근

막은 신경, 혈관, 그리고 그 밖의 다른 구성 요소의 기초물질을 공급하는 결합 조직의 층이다.

2) 손의 기본 기능

손의 기본 기능은 운동기능과 지각기능의 두 가지로 구별된다.

운동기능은 (1) 벨을 누르는 동작과 같은 “압배”, (2) 무거운 양동이 따위를 운반할 때와 같은 “굽혀 내림”, (3) 컵과 공을 잡을 때와 같은 “따기”, (4) 엄지 끝과 1~2개의 손가락 끝은 물건을 잡을 때와 같은 “따기”, (5) 딱딱한 물건을 잡을 때의 “점”과 같다.

지각기능은 (1) 입체식별 기능: 형태나 크기를 아는 기능, (2) 중량식별 기능: 파악한 물건의 무게를 아는 기능, (3) 정도식별 기능: 파악한 것의 정도를 아는 기능, (4) 온도 식별 기능: 파악한 것의 온도와 그 분포 상태를 아는 기능 등과 같다.

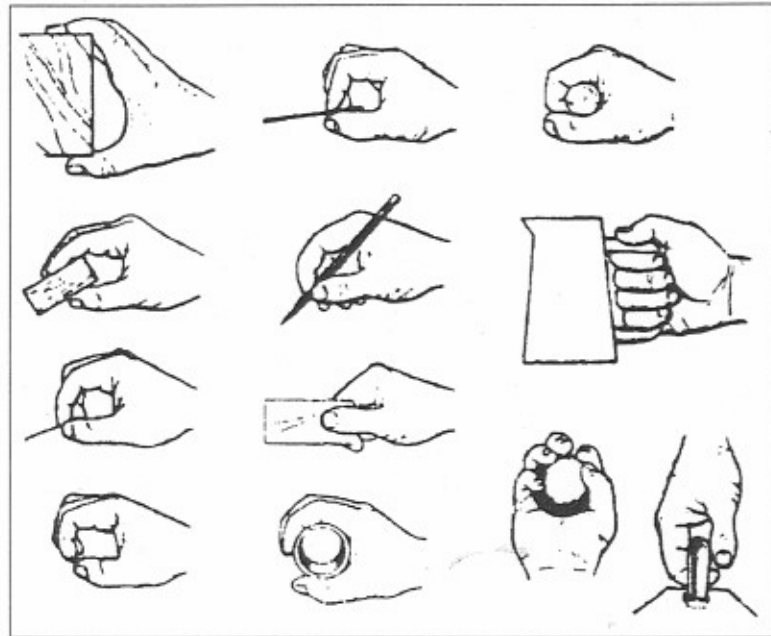
손에 의해 얻어진 이들 정보를 곧바로 대뇌에 전달되며 거기서 총합된 정보에 의해 손에 파악되는 것이 무엇인가를 알 수 있는 것이다.

3) 손의 쥐기 동작

물건을 잡는 손의 형태는 작업의 종류에 따라서 결정된다. 손의 동작을 분류하면 그 하나는 손아귀 안에 완전히 혹은 부분적으로 잡거나 쥐는 운동이며 다른 하나는 밀거나 들어 돌리는 것 같이 유지의 의미가 아니라 손으로 다루는 운동이다. [그림 2-11]은 손의 쥐기 형태를 나타낸 것이다.

4) 손의 기본 동작 형태

쥐기 동작은 다시 두 형태로 볼 수 있는데 완전히 쥐기(Power Grip)로 손가락을 굴곡시켜서 손바닥과 함께 물건을 거머쥐는 것으로 이때 엄지손가락은 손바닥을 향해서, 뉘어지면서 누르는 형태가 된다. 다른 하나는 잡기(Precision Grip)인데 이것은 엄지와 어떤 다른 손가락을 이용해서 물건을 가볍게 잡는 동작이다.



[그림 2-11] 손의 쥐기 형태

이 두가지 운동의 경우 모지³⁾의 위치가 기본적으로 다르다. 전자의 경우 모지는 중수지 관절이나 수근중 수관절에서 내전(Adduction)상태이며 손은 척골 쪽으로 약간 기울여 손목은 중립 상태를 유지한다. 후자의 경우 모지가 외전(Abduction)과 내측 회전하며 손은 요척골의 중앙에 놓이며 손목은 배측 굴곡

3) 모지 : 엄지손가락

이 된다.

그 외에 쥐기 동작에 있어서 쥐는 힘, 즉 악력에 대하여 살펴보면 남자의 평균 악력은 49.3kgf이며 여성의 평균치는 35kgf 인데 20대 중반에서 가장 강하며 60년대에서는 15%정도 감소함을 보이고 있다. 대체로 악력은 엄지의 능력에 의존되는데 모지의 움직임은 근력이 악력의 가장 중요한 요소가 된다.

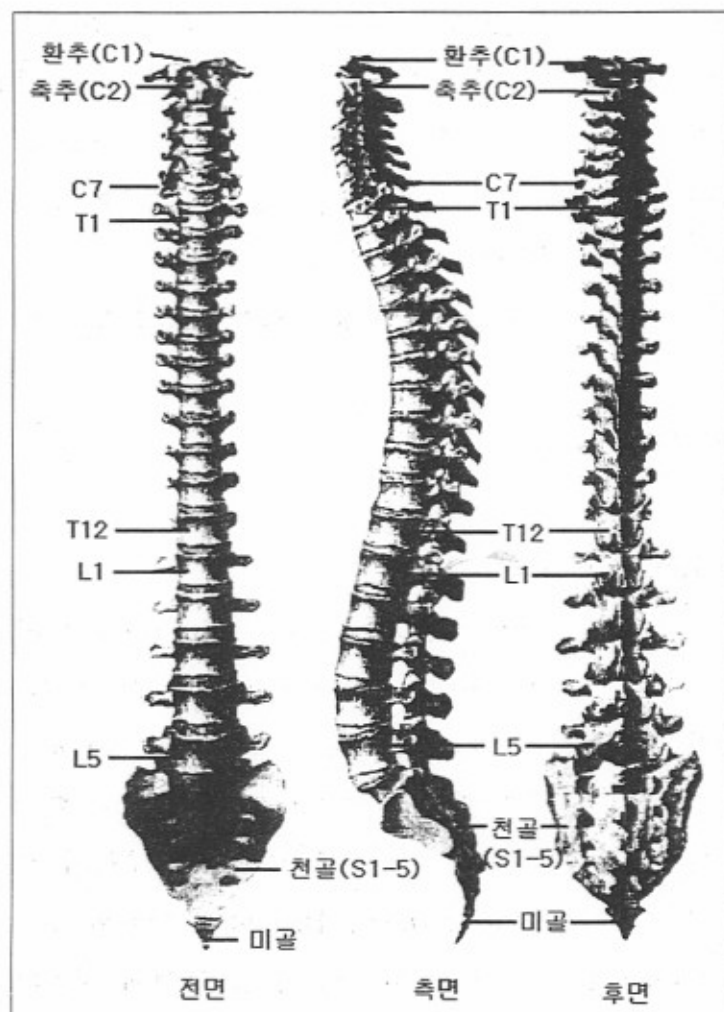
작업 수행에 있어서 손의 동작과 더불어 그 역할을 살펴보면 사람의 손은 뼈·동맥·신경·인대·건 등의 해부학적 복잡한 구조로 되어 있으면서 작업 도구로서 작업뿐만 아니라 일상생활에서도 많은 역할을 하고 있음을 앞서 기술한 내용을 통하여 충분히 인지 할 수 있을 것이다. 근로자의 작업 자세는 팔과 더불어 손이 항상 자연스러운 위치에 있도록 해야 한다. 그리고 무리하지 않고 올바르게 움직인다면 손과 팔은 일생동안 훌륭한 동반자가 될 것이다.

8. 척추관절 동작

1) 등뼈(Vertebral Column : 척주)

등뼈는 33개의 척추가 이어져 형성되는 긴뼈로서 머리를 받치고 늑골이 붙은 틀이 되고 중추신경의 일부인 척수를 담고 있으며 체형을 형성하고 체중을 지지하며 신체활동 시 몸통(동체)을 틀거나 굽히는 일을 담당하는 인체 골격의 중심을 이루는 뼈이다. 등뼈는 뼈와 뼈 사이에 연골이 끼어 뼈 부분과 연골부분으로 형성되며 전자는 후자보다 더 긴 것으로 이 뼈 부분이 척추(Vertebrae)이고 연골부분이 추간 원판(Intervertebral Disc)이다. 척추와 추간 원판 사이에는 강력한 인대(Ligament)로 보강되어 있으며 등뼈 전체 길이의 80%는 척추이고 20%는 추간 원판이다.

등뼈는 목부분이 경추로 7개의 뼈, 가슴부위는 흉추로 12개, 허리부분이 요추로 5개, 천추가 5개, 미추가 4개로 5개의 부위로 나누는데 여기서 천추와 미추는 대체로 16세쯤 되면서 하나의 뼈로 융합되어서 천골과 미골이 된다. [그림 2-12]은 등뼈의 전면, 측면, 후면을 나타낸 것이다.

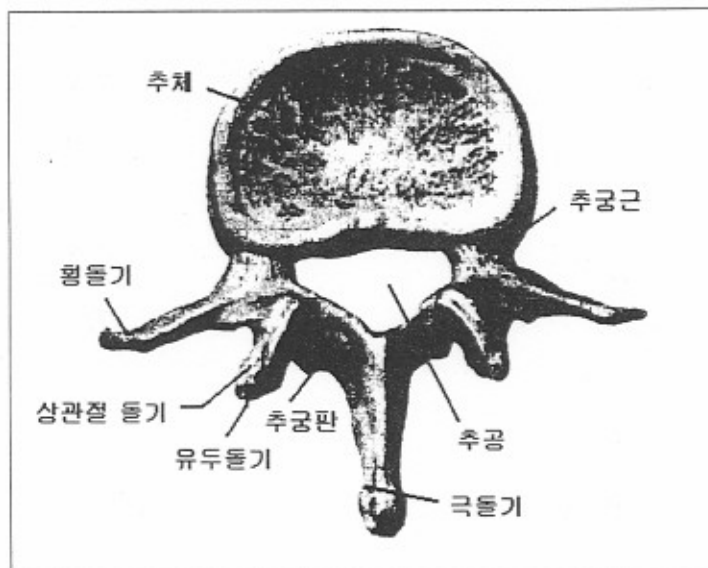


[그림 2-12] 등뼈의 전·측·후면

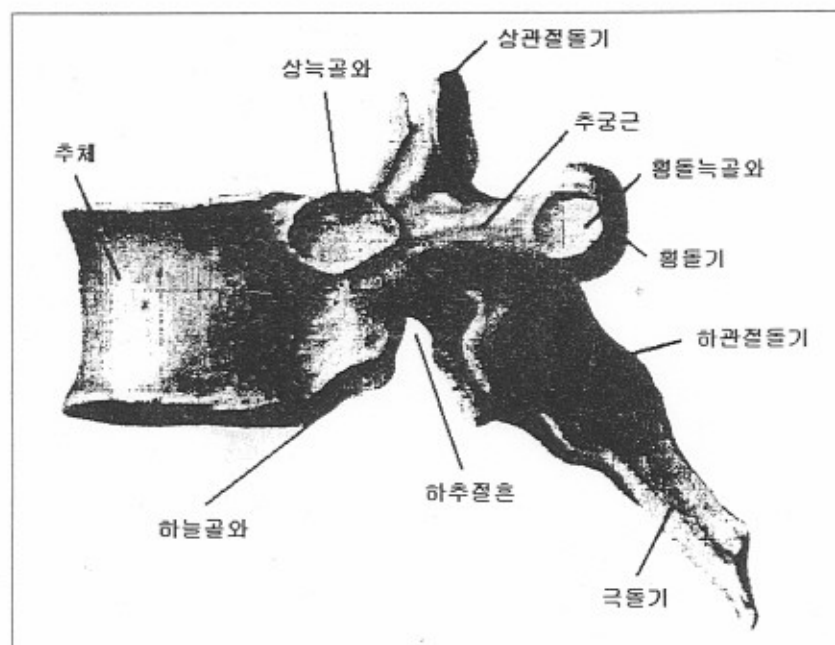
척추는 부위별로 굴곡이 있어 4개의 만곡을 형성하는데 원래 태내에서는 활과 같이 한쪽으로 휘어 있다가 생후 여러 가지 여건으로 4개의 만곡이 생기는 것이다. 흉부와 천미부에서 밖으로 휘어 있는 만곡은 태아 때부터 이루어지는데 흉부의 만곡은 심폐기관을 담기 위함이고 천미부의 만곡은 생식기 계통의 기관들을 보호하기 위해 생긴 것이며, 경추가 안으로 휘어 있는 것은 생후 3개월 정도 즉 자신의 머리를 가누기 시작할 무렵 머리의 무게로 인해 만곡이 생기는 것이며, 요추의 만곡은 생후 12~18개월경부터 즉, 걷기 시작할 무렵부터 상체의 체중을 지지하므로 그 무게 때문에 생기는 것이다. 따라서 흉부와 천미부의 만곡은 1차만곡이며, 경부와 요부의 만곡은 2차만곡이다.

2) 기본적 형태와 기능

척추뼈의 몸체 즉 추체는 전면 즉 복부쪽에 위치하며 원추 모양의 구조물로서 상하로 관절면을 이루고 있으며 인체의 체중을 전달하고 지지한다. 추공은 추체의 뒷면 추공 주위에 위치하며 추공속에 들어 있는 척수를 보호한다. 추공은 추궁과 추체에 의해 형성되는 구멍으로서 각 척추 뼈가 연결될 때 이 추공이 연결되어서 척추관이 형성되며 그 안에는 척수를 담고 있다. 추궁에는 뒤로 극상돌기 1개와 양옆으로 횡돌기 2개 등 3개의 돌기가 돌어나 있는데 이 돌기들에는 근육이 부착되어 있어 지렛대 역할로 척추의 운동을 돕는다. 추궁의 상하에는 두 개씩 4개의 관절돌기가 있고 돌기의 끝에는 하나씩 관절면이 있어 각각 아래, 위의 척추뼈와 관절을 이루어 척추의 움직임을 제한하고 척추가 앞으로 미끄러지는 것을 방지하고 또한 척추가 굴곡된 상태에서 신전될 때는 일시적으로 체중을 지지하기도 한다.



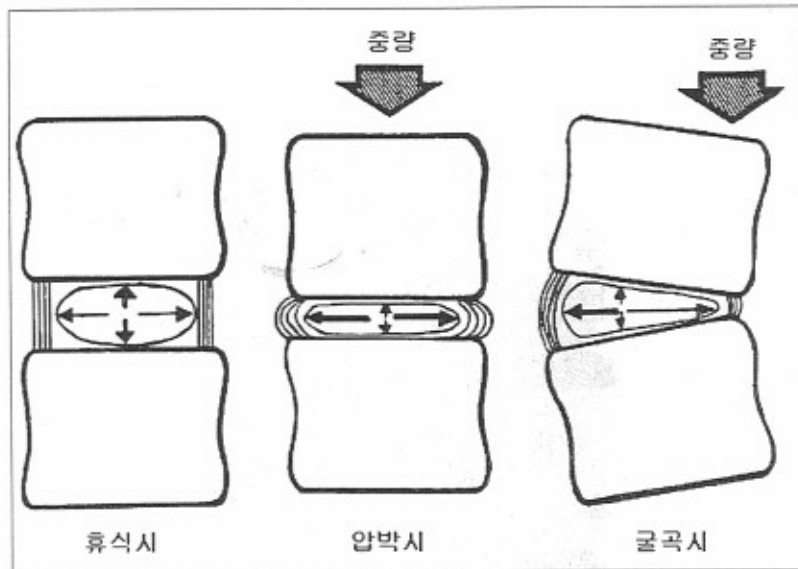
[그림 2-13] 척추골(상면)



[그림 2-14] 척추골(우측면)

3) 척추관절의 운동

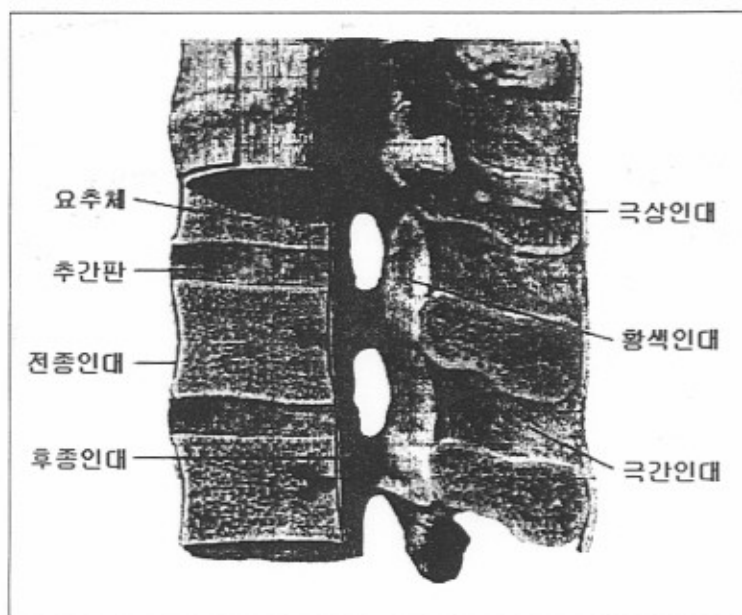
추간 원판은 무겁고 강한 섬유성 연골로 제리 덩어리 같이 생겨 수핵, 섬유륜으로 구성되어 있는데 이것이 두 개의 척추 사이에서 쿠션 역할을 증대시키면서 척추 운동을 가능케 한다. 이것은 척추와 인대에 의해서 묶여있어 척추의 움직임은 추간 원판의 압박 혹은 견인과 각 척추의 관절면 활강에 의해 일어난다.



[그림 2-15] 척추운동에 따른 추간판의 변화

척추관절의 운동은 회선운동, 굴곡과 신전운동, 측방굴곡 운동 등이 있는데 이들 운동은 관절면의 경사나 방향, 거리 및 추간 원판의 두께 등에 따라 그 범위가 달라진다. 이와 같은 척추 운동에 영향을 미치는 요인을 살펴보면 부하로 인해 압축된 추간 원판이 척추골을 밀어내려는 힘과 옆에서 묶어주고 있는 인대의 힘에 의해 척추가 안정되며 전, 후방으로 만곡은 척추를 안정시켜 줄뿐만 아니라 각 부위에서 일어나는 운동의 정도와 성질을 결정짓고 추간 원판은

그 두께에 따라 운동 허용 한계가 결정되는데 추간 원판이 두꺼울수록 운동 허용 범위가 커진다. 따라서 무거운 짐을 졌을때나 지나치게 부담스런 하중이 계속적으로 주어질 때 추간 원판이 압축되어 운동 범위가 적어지며 그와 함께 추간 원판의 퇴행과정이 이루어져 본래 가지고 있는 탄력성이 감소되며 점성 탄력체로서의 기능을 상실하여 충격 흡수체로서 기능과 재분배 능력이 감소하게 된다. 그리하여 퇴행으로 추간 원판 구성 요소인 수핵이 농후화되며 섬유륜의 균열, 혹은 연골단판의 파열을 일으켜 인접 추체와 이루는 척추 분절간 운동이 평활치 못하고 과도하여 정상안정도를 상실하게 된다.



[그림 2-16] 등뼈의 인대(측면)

III. 인체 측정

1. 인체 측정의 필요성

인간의 신체측정에 관한 학문으로서 신체 각 부분의 크기, 활동범위, 근력의 측정 등에 관련하며, 여기서 얻어진 자료는 제품설계, 작업장, 생활가구 및 공간 등의 설계의 기초자료로 활용된다. 인간의 신체는 크기, 무게, 부피에서 각각 다르다. 그런데, 공구, 기계, 작업장, 사무가구의 크기는 일정하여 대부분의 사람에게 부적합하게 된다. 그러므로, 인체치수 자료를 통해 장비나 설비의 설계에 널리 응용할 수 있다.

인간공학의 기초분야로 인식되고 있는 국내의 인체측정자료는 자료의 유형, 자료의 수, 측정부위, 동적인 데이터의 부족으로 설계자가 실제 프로젝트를 진행하는데는 별로 도움이 되지 않는다. 그래서 대부분의 국내 설계자들은 선진 외국업체 측정자료를 인용하고 있는 실정이므로, 실제로 한국인 체위에 적합한 디자인개발에는 많은 어려움과 번거로움이 따른다.

그러므로, 설계자가 실제 프로젝트에 쉽게 적용할 수 있는 한국인 인체도형 자료에 대한 기술적 연구가 절실히 요구되어진다. 이것은 설계자에게 가장 중요한 기초자료가 되고 제품을 평가하는데도 중요한 척도가 되며 나아가서는 2/3차원 마네킨, 시뮬레이션(Simulation)을 위한 컴퓨터지원 마네킨을 구축하는 중요한 기본자료가 된다.

일상생활에서 우리는 제품, 자동차, 의자, 의복 등과 같은 신체모양이나 치수와 관련있는 물건들을 자주 사용하게 된다. 이러한 물건들이 인체의 신체적인 안락성과 성능에 얼마나 영향을 미치는가는 경험을 통해 알 수 있다. 인체측정

을 하는 것은 인체특성과 성질을 알고, 산업제품을 만들고, 사용하는데 있어서 그 특성을 적용하는데 있다. 이러한 인체 측정자료는 산업활동의 기준치를 설정함으로서 설계의 표준화를 이루고, 효율적인 품질관리가 가능하며, 소비자 불편요소를 사전에 제거함으로서 자원낭비와 원가절감의 효과를 가져온다.

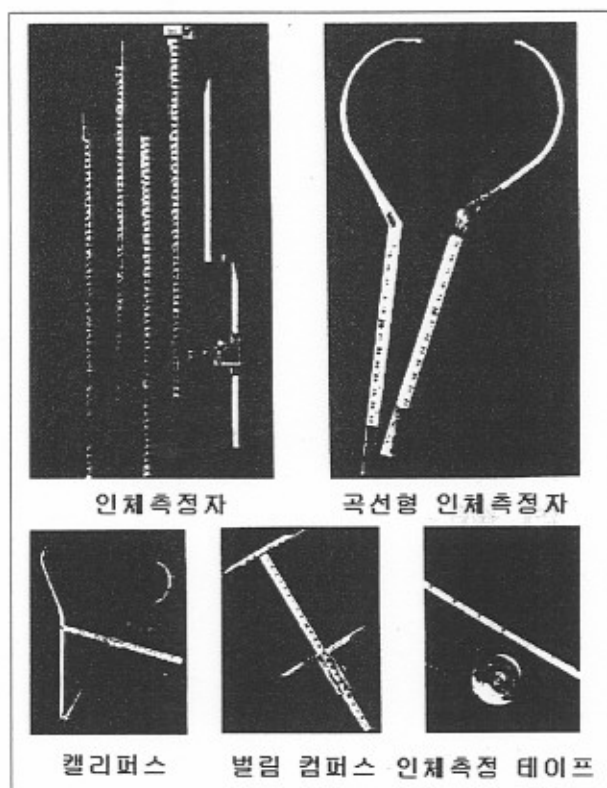
21 세기의 디자인흐름은 기존의 시스템 중심의 설계에서 탈피하여 인간중심, 인간친화적인 제품을 창조하려는 흐름이다. 이때 변화의 지향점은 제품을 개발할 때 먼저 사용하는 측의 인체특성과 성질에 대한 인간공학적인 연구의 필요성이 더욱더 중요시되고 있다. 최근 기업의 세계화, 국제화의 정책은 더욱더 설계자에게 특정 집단의 인체특성 및 성질에 대한 데이터를 해석하여 설계에 응용할 수 있는 능력의 배양이 요구되고 있다. 따라서 산업디자인 기술의 선진화, 세계화를 위해서는 먼저 한국인 인체도형의 연구가 시급히 요구되는 실정이다.

2. ISO의 인체 측정 항목

이 규격은 ISO SC3/WG1에서 심의되어 온 것으로, 1996년 7월 15일에 제정되었다. 본 규격은 직장의 작업공간 및 가정의 실내공간의 인간공학적 설계를 위한 것이고, 기본적으로 필요한 인체치수 측정항목, 측정점들의 정의, 측정 도구와 측정 방법 및 측정시의 자세에 대해서 규정하고 있다. 측정항목수는 체중을 포함해 56항목이고, 관절(상지·하지를 포함하는)에 관한 측정항목은 39항목, 손가락에 관한 측정 항목은 7항목, 다리에 관해서는 2항목, 머리·목에 관한 측정 항목은 7항목이다.

정적인 상태의 부위측정은 KS A7003(인체측정 용어정의)과 KS A7004(인체 측정 방법)에 따라, Martin 인체측정기를 이용한 직접 측정법을 사용하고, 동

적 상태의 부위측정은 Laubach와 동일한 방법으로 Goniometer와 각도기를 이용하여 측정한다. [그림 3-1]은 마틴식 인체 측정기에 포함된 측정도구를 나타낸 것이다.



[그림 3-1] 인체측정에 이용되는 도구

3. 인체 측정 자료의 사용

- 1) 한국인 인체도형 제작에 필요한 기초자료 생성
- 2) 안전하고 쾌적한 장비 개발에 활용
- 3) 인체측정자료의 데이터베이스화

- 4) 작업공간 설계 기본원리와 구성의 기초자료
- 5) 중요 신체치수 정보의 활용 양성화
- 6) 산업제품, 공공시설 및 장애인 시설 의료장비 등의 디자인을 위한 기초자료 제공
- 7) 첨단기술 산업분야에 있어서 설계기준 제공과 설계자료의 표준화에 활용

4. 인체치수의 분류

- 1) 정적 치수(구조적 인체치수) : 정지상태에서의 신체부위별 치수 측정, 작업장과 제품을 사람에 적합시키는 것을 목적으로 함
- 2) 동적 치수(기능적 인체치수) : 움직이는 상태에서의 활동범위 측정, 작업공간 설계와 배치에 관련된 치수

5. 인체치수에 영향을 미치는 요인

- 1) 인적요소 : 인종, 나이, 성별, 직업, 장기간의 변화
- 2) 기타요소 : 피복, 개인착용장구

6. 인체측정자료의 설계원리

사용자 집단의 신체적인 특성을 고려한 설계

- 1) 조절범위의 설계(Design for Adjustable Range) : 사용 대상집단의 대부분을 수용(5~95%), 이상적인 설계원리, 상대적으로 높은 비용이 소요된

다.

- 2) 극단치의 설계(Design for Extremes) : 작은(5%)의 여성 또는 큰(95%)의 남성을 기준으로 한다.
- 3) 평균치의 설계(Design for Average) : 평균의 개념이 모호하며, 권장되지 못하는 원리로 공공장소 등 사용시간이 짧은 경우 등에 적용된다.

IV. 작업장 설계와 작업대 설계

1. 작업장 설계

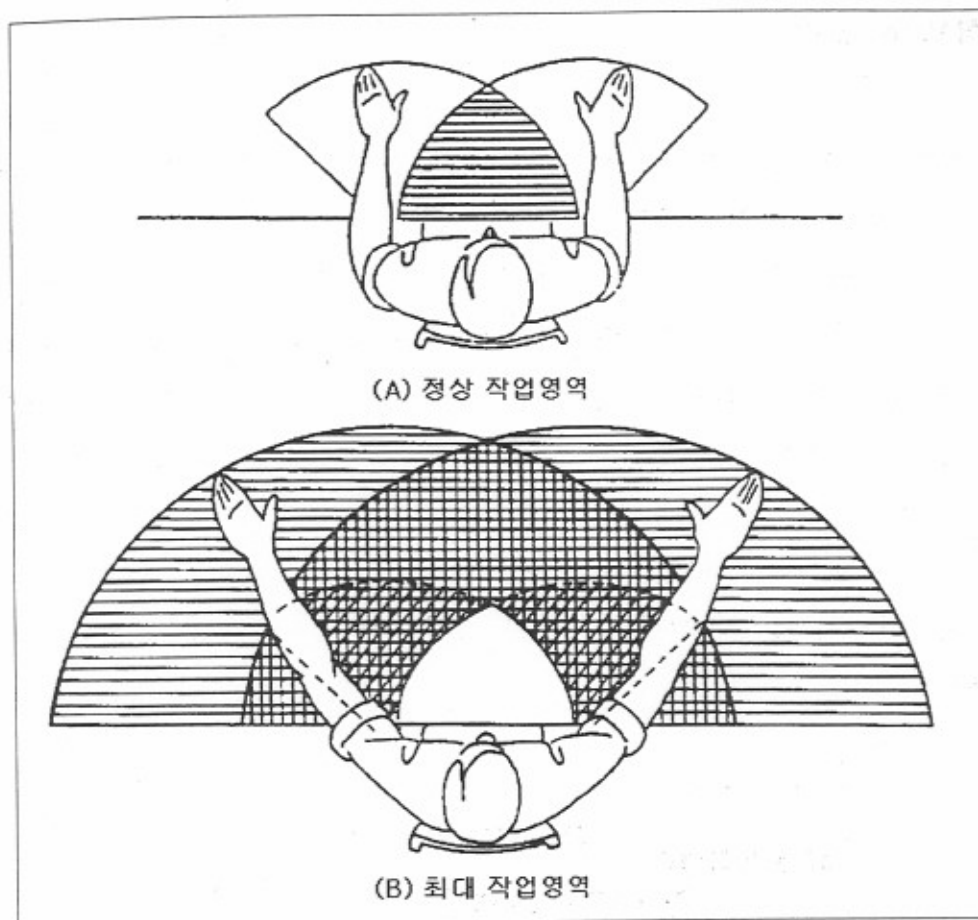
많은 종류의 수작업이 작업대(책상, 탁자, 조리대 등)와 같은 수평면 상에서 수행된다. 이와 같은 작업대에서 정상작업영역과 최대작업영역은 [그림 4-1]에 나타낸 것과 같다.

1) 정상작업영역 : 윗팔을 자연스럽게 수직으로 늘어뜨린 채, 아랫팔만으로 편하게 뻗어 파악할 수 있는 구역으로 주요부품과 도구들을 이 영역내에 위치시킨다.

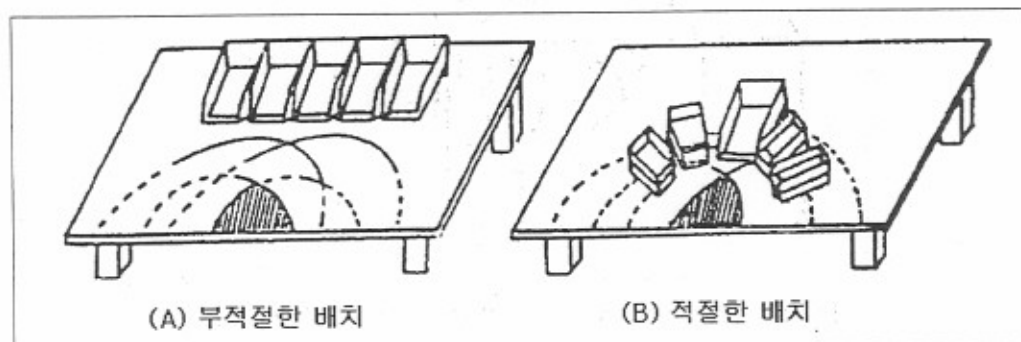
2) 최대작업영역 : 아랫팔과 윗팔을 곧게 펴서 파악할 수 있는 구역으로 모든 부품과 도구가 이 범위내에 위치하여야 한다.

[그림 4-2]는 정상작업영역과 최대작업영역을 고려한 부품 수납공간의 배치 형태를 나타낸 것으로 (A)는 최대작업영역을 벗어나는 배치로 부적절하며, (B)의 경우에는 정상작업영역과 최대작업영역 사이에 적절하게 배치되어 있는 형태를 보여주고 있다.

이를 통해 작업장의 적절한 배치 형태를 결정할 수 있는데, 예를 들어, 사용이 잦은 부품이나 공구의 경우에는 작업자에게 무리가 되지 않는 곳(정상작업영역)에 부품을 배치하여 작업에 무리가 되지 않도록 설계해야 한다. 또한, 사용이 적은 공구나 부품의 경우에는 최대작업영역에 배치시켜야 한다.



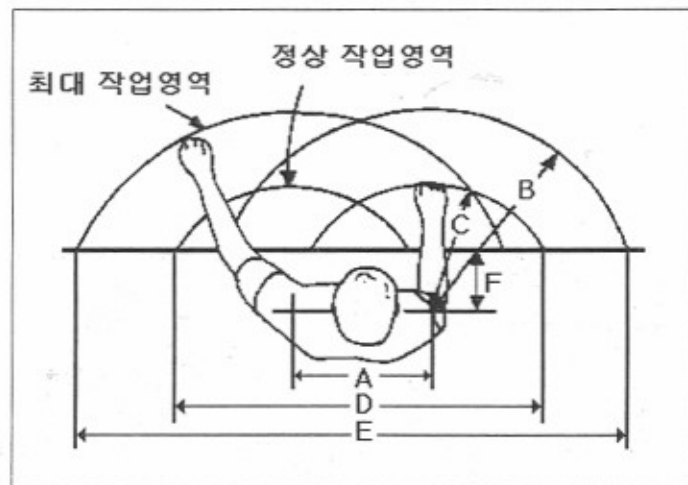
[그림 4-1] 작업영역



[그림 4-2] 작업영역에 따른 배치 형태

2. 작업대 높이

작업대의 높이 설정은 의자와 같은 작업장의 시설물과의 관계를 고려하여 결정할 것이나 기본은 팔꿈치 높이를 기준으로 하여 결정한다. 탁자, 책상 등에서 수행되는 작업의 다양성과 개인차 때문에 어떤 하나의 절대적인 최적 높이를 설정할 수는 없지만, 체격, 신체 역할을 고려하여 다음과 같은 지침을 밝힐 수 있다. 즉, 작업대의 높이는 윗팔이 자연스럽게 수직으로 늘어뜨려지고 아랫팔은 수평 또는 약간 아래로 비스듬하여 작업면과 '자연스러운' 관계를 유지할 수 있는 수준으로 정해야 한다. 작업면이 이보다 높아 윗팔을 늘어뜨리지 못하고 조금 올려야 할 때에는 작업대사(Metabolic Cost)가 증가한다. 아래 [그림 4-3]과 [표 4-1]은 작업영역에 따른 작업대의 치수를 결정한 예를 나타낸 것이다.



[그림 4-3] 작업대 치수 결정을 위한 작업영역

표 4-1. 작업대의 작업영역 치수 결정 예

치수	미국인		한국인	
	남	여	남	여
A	40.64	35.56	37.78	34.92
B	67.31	59.69	62.10	57.91
C	39.37	35.56	34.73	32.14

주의 : [그림 4-3]에서 $D=2C+A$, $E=2B+A$, $F=19\text{cm}$ 라고 할 경우

3. 작업장 설계시 인간공학적 기준

- 1) 동적인 작업을 유도할 것 - 신체의 정적인 자세는 빠른 피로를 유발
- 2) 작업대의 작업면의 높이는 작업자의 신체치수와 작업에 따라 변화
- 3) 불편한 자세를 피하고 생체역학적으로 가장 적은 힘으로 작업할 수 있도록 유도
- 4) 되도록 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 5분 이내이면 최대근력의 1/2까지 허용
- 7) 가능한 모든 부품과 수공구는 최대작업영역 내에 위치, 사용빈도가 높은 부품과 공구는 정상작업영역 내에 위치
- 8) 작업장의 전반적 설계시 가장 큰 사람과 작은 사람을 모두 수용하도록 설계

9) 근로자에게 작업의 시설과 도구를 제대로 사용하도록 교육할 것

10) 전후 작업과 연계하여 원활한 작업흐름을 고려한 공간배치

V. 앉아서 하는 작업과 의자 설계

1. 앉아서 하는 작업

산업이 발달하면서 인간은 직립인간이라는 호모사피엔스(Homo Sapiens) 개념에서 차츰 좌식 인간이라는 호모세덴스(Home Sedens) 개념으로 바뀌게 되었다. 작업수행에 의자 사용이 가능하다면 반드시 그 작업은 앉은 자세에서 수행되어야 할 것이다.

앉은 자세의 목적은 근로자로 하여금 작업에 필요한 안정된 자세를 갖게 하여 작업에 직접 필요치 않는 신체 부위(다리, 발, 몸통 등)를 휴식시키자는 것이다. 똑같은 작업이라도 앉아서 실시하는 것과 서서 실시하는 것 사이에는 에너지 소비(작업 대사량) 차이가 발생하며, 작업의 적합한 의자는 작업자의 불필요한 동작을 제거시켜 생산성을 증가시키는 효과를 가져온다.

작업이 많은 육체 노동을 요구하지 않고 제한된 공간에서 수행될 수 있다면 일은 앉은 상태로 해야한다. 그러나 하루종일 앉아 있는 것은 몸, 특히 척추에 좋지 않다. 그러므로 근로자가 앉아서만 일하지 않도록 여러 가지 일을 병행해야 한다.

적절하게 설계된 의자는 앉아서 하는 업무에 필수적이다. 의자는 근로자가 다리와 작업장소를 쉽게 바꾸도록 설계되어야 한다. 우리가 사용하는 의자 중에는 편안한 것도 있고 불편한 것도 있다. 의자의 부적절한 설계 역시 인간의 작업 퍼포먼스에 영향을 미치며 요통과 허리문제를 일으키는 원인이 될 수 있다.

2. 작업면 높이(앉아서 하는 작업인 경우)

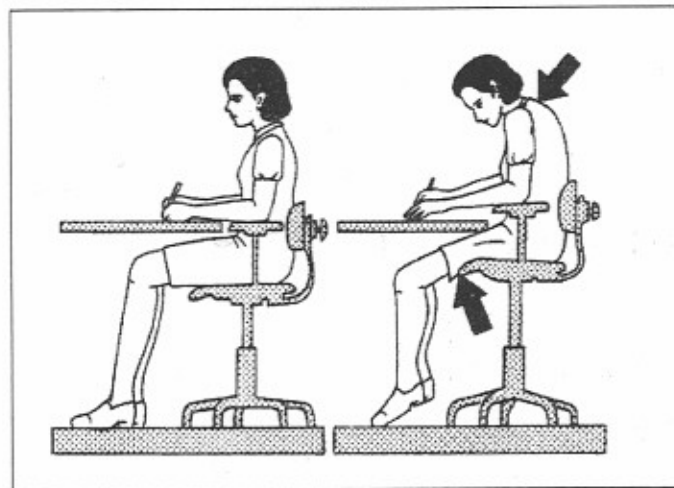
작업 때문에 허리, 복(腹), 어깨의 통증을 경험한 사람이라면 작업면의 높이 때문에 이러한 통증이 생김을 알 수 있을 것이다. 작업면이 너무 낮으면 허리를 많이 구부려야 하고 너무 높으면 어깨를 편안한 자세보다 더 올려야 하기 때문에 어깨와 목이 불편하게 된다. 적절하게 설계된 작업면 높이는 팔 윗부분(상완)이 편안한 자세에서 팔꿈치를 90° 정도로 하여 작업하면 팔목을 곧게 유지할 수 있어서 편안하므로 타자나 전자부품 조립과 같은 반복 작업에서 효과적일 것이다. 작업면 높이는 좌석높이, 작업면 두께, 대퇴부 두께의 영향을 받는다. 좌석과 작업대 밑면 사이의 공간에는 가장 큰 사용자의 대퇴부가 들어갈 수 있어야 한다.

작업장소는 가능한 한 편안해야 한다. [그림 5-1]은 의자에 의한 작업면의 높이가 결정되는 것을 보여준다. 화살표는 잠재적인 재해가 발생하지 못하도록 하기 위해 개선될 필요가 있는 부분을 나타내고 있다. 오른쪽 근로자의 앉아있는 상태를 개선하기 위해 의자 높이가 낮아져야 하고 약간 앞으로 기울어져야 하며 근로자는 다리 받침대를 사용해야 한다.

3. 앉아서 하는 작업에 대한 인간공학적 기준

- 1) 근로자는 불필요하게 팔을 뻗치거나 비트는 일없이 작업하는 모든 범위에 도달해야 한다.
- 2) 적절히 설계된 작업 장소는 근로자가 업무의 앞이나 근처에 똑바로 앉아 있는 상태를 의미한다.

- 3) 작업 테이블과 의자는 업무 테이블이 대략 팔꿈치와 같은 수준이 되도록 설계되어야 한다.
- 4) 등은 똑바로 하고 어깨는 펴야 한다.
- 5) 가능하다면 팔꿈치, 팔의 앞부분, 손의 보호를 위해 조정 가능한 몇 가지 형태이어야 한다.



[그림 5-1] 작업자세는 가능한 한 편안하게 유지

4. 앉은 작업면에 관한 인간공학적 원리

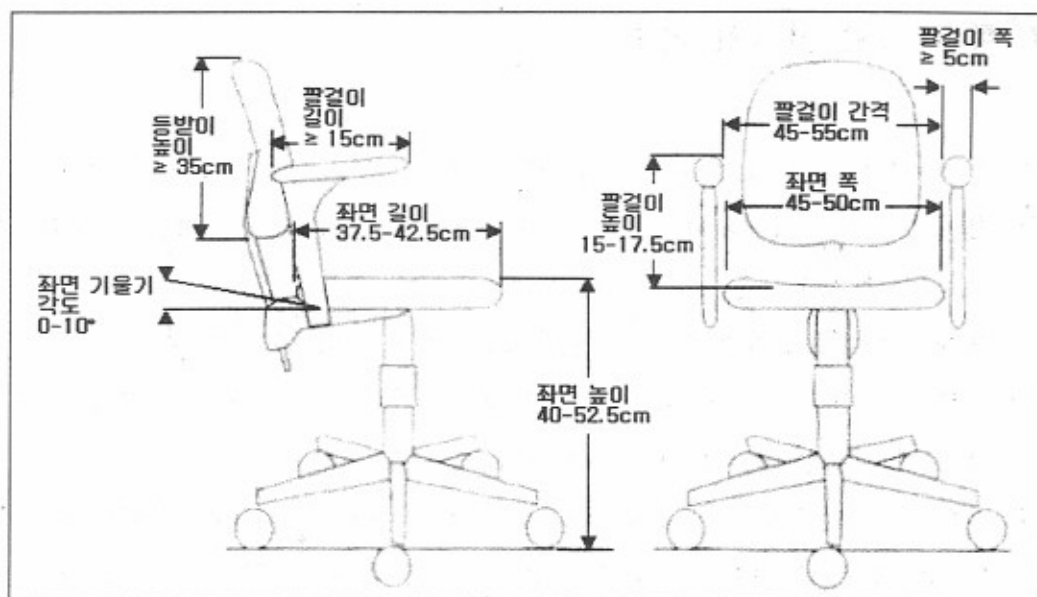
- 1) 가능하다면 작업면 높이를 조정하여 개인의 신체치수에 맞춘다.
- 2) 작업면 높이가 팔꿈치 높이와 같아져야 한다.
- 3) 작업면 하부의 여유공간이 적절하여 사람의 대퇴부가 자유롭게 움직일 수 있어야 한다.

5. 작업의자 설계

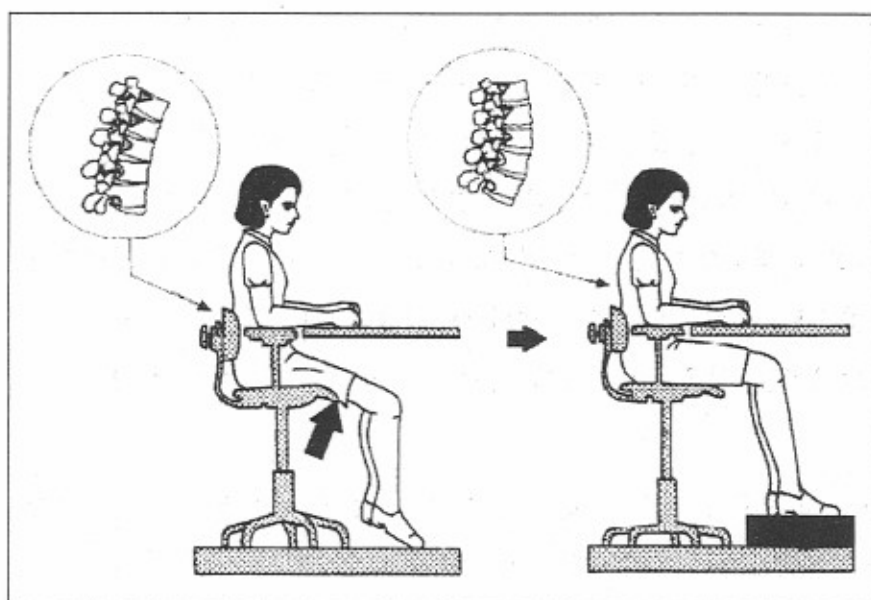
앉아서 일하는 목적을 충분히 만족시켜 주어야 하는 것이 의자의 기능이고 이 기능을 충분히 만족시켜 주려면 앉은 사람의 몸에 맞아야 한다. 즉, 의자에 있어서 적합한 설계는 인체의 크기에 맞는 것이다. 그러나 사람에 따라 인체의 크기가 다르기 때문에 모든 사람에게 맞는 의자는 존재하지 않으며 또한 모든 사람의 신체에 맞춰 설계하기란 불가능하다. 따라서 평균치에 가까운 보통 사람이라는 개념을 정립하는 인체 측정 자료의 통계치를 활용, 도입하는 것으로 적절한 작업의자를 설계할 때는 인간공학적 요건을 충족시켜야 한다.

6. 의자 설계의 인간공학적 원칙

- 1) 사람이 의자에 앉아 있을 때 체중이 주로 좌골관절에 실려있어야 한다.
- 2) 대퇴를 압박하지 않도록 의자 좌면 앞부분은 오금보다 높지 않아야 하며 신발의 뒷꿈치도 감안해야 한다.
- 3) 의자 좌면의 폭은 큰사람에게 맞도록 하고 깊이는 장딴지가 들어갈 여유를 두고 대퇴를 압박하지 않도록 작은 사람에게 맞도록 해야 한다.
- 4) 의자에 앉을 때 체중이 주로 좌골관절에 실려야 안정감이 생기므로 등판과 좌면의 각도와 등판의 완곡이 중요하다. 등판의 지지가 미흡하면 척추가 평행에서 벗어나 압력이 안쪽으로 치우치게 되어 척추 질환의 원인이 된다.



[그림 5-2] 최적 의자 설계 안



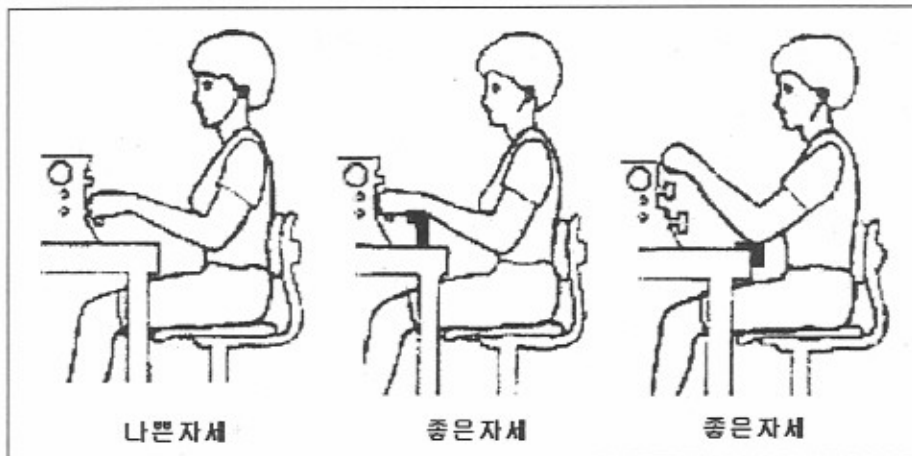
[그림 5-3] 의자 높이가 허리에 미치는 영향

7. 작업 의자 선택시 기준

- 1) 작업의자는 수행하는 일과 작업 테이블의 높이에 따라 적절해야 한다.
- 2) 좌석 높이나 등받이 높이가 따로 조정되어야 하고 등받이 기울기도 조정할 수 있어야 한다.
- 3) 작업의자는 근로자가 앞이나 뒤로 쉽게 기댈 수 있어야 한다.
- 4) 근로자는 작업 테이블 밑에 다리를 움직일 수 있는 충분한 공간을 확보하고 쉽게 다리의 위치를 변화시킬 수 있어야 한다.
- 5) 발은 바닥에 평평하게 붙여야 한다. 이것이 안되면 근로자는 발을 올려 놓을 수 있는 받침대를 사용해야 한다. 발 받침대는 대퇴부나 무릎 뒤쪽의 압력을 줄일 수 있다.
- 6) 작업 의자를 요추부를 지지하는 등받이가 있어야 한다.
- 7) 좌석은 앞의 가장자리 방향이 밑으로 약간 굽어져야 한다.
- 8) 작업 의자는 안정성을 위해 다리를 다섯 개 갖추어야 한다.
- 9) 근로자들은 자신들이 편하다는 것을 알지 못하기 때문에 팔을 쉬는 것이 필요한지 필요하지 않은지 알 필요가 있다. 어떤 경우에 있어서는 팔을 쉬는 것으로 근로자가 작업 테이블에 더욱 가까이 갈 수가 있다.
- 10) 미끄러지는 것을 막기 위해 미끄럼 방지 처리를 해야 한다.

몇 가지 업무에서 팔을 지탱하고 쉬면 팔의 피로를 덜 수 있다. 위의 정보는 많은 근로자들에게 있어서 다소 비현실적일 수 있다. 하지만 근로자와 책임자는 사업장에서의 안전보건의 문제가 인간공학적 원칙을 적용하지 않은 것과 관련이 있다는 것을 이해하고 인식하여야 한다. 인간공학의 중요성을 이해함으로써

써 근로자 및 경영자가 생산성과 적합한 인간공학적 환경에 대한 관계를 이해한다면 그들의 작업환경을 개선할 수 있다.



[그림 5-4] 적절한 앉은 작업 자세

8. 앉은 작업과 작업의자 설계시 체크사항

- 1) 작업자체가 많은 육체적 노동을 요구하지 않고 제한된 공간에서 수행될 수 있다면 앉은 상태에서 하여야 한다.
- 2) 하루종일 앉아 있는 것은 신체에 좋지 않다. 그러므로 여러 가지 일을 병행해야 한다.
- 3) 적절히 설계된 작업의자는 앉아서 하는 작업수행에 필수적이다.
- 4) 앉아서 하는 일은 근로자가 작업구역에 도달하기 위해 불필요하게 또는 지나치게 팔을 뻗거나 비틀지 않도록 설계되어야 한다.
- 5) 일을 수행하는 근로자를 위해 작업의자를 선택하거나 앉아서 작업 수행할 것을 계획할 때 고려해야할 많은 인간공학적 요인이 있다.

VI. 서서하는 작업

근전도, 인체 측정, 무게 중심 결정 등의 방법으로 서서 작업하는 사람에 맞는 작업대의 높이를 구해보면 팔꿈치 높이보다 5~10cm 정도 낮은 것이 가벼운 조립작업이나 이와 비슷한 조작작업에 적당하다. 입식 작업대 높이의 경우에도 작업의 성격에 따라서 최적 높이가 달라지며, 일반적으로 미세부품 조립과 같은 섬세한 작업일수록 높아야 하며, 거친 작업에는 약간 낮은 편이 낫다. [그림 6-1]은 정밀작업, 일반작업, 힘든작업에 추천되는 작업대의 높이가 팔꿈치 높이와 비교되어 있다.

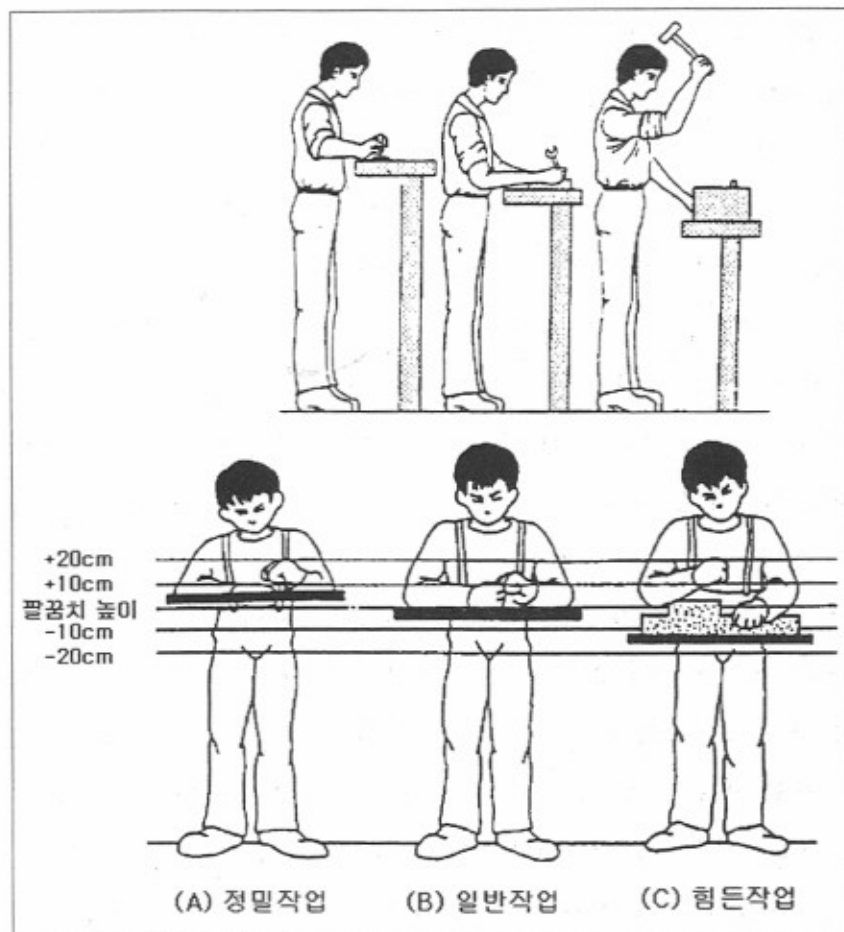
1. 서서하는 작업이 추천되는 경우

- 1) 착석시 작업대의 구조가 다리의 여유공간을 갖지 못한 경우
- 2) 작업시 큰 힘이 요구되는 경우(4kg이상)
- 3) 주요 작업도구 및 부품이 한계범위 밖에 위치할 경우
- 4) 작업내용이 많은 이동을 요하는 경우

2. 서서하는 작업시 고려해야할 사항

- 1) 부드럽고 충으로 된 바닥에서 일하게 한다.
- 2) 적당한 간격으로 팔을 벌리거나 필요할 때마다 움직일 수 있는 정도의 공간이 주어져야 한다.
- 3) 차량의 바닥처럼 움직이는 경우에는 미끄러지지 않는 표면이어야 한다.

- 4) 작업자가 계속해서 일하는 경우는 탄력 있는 바닥이어야 한다.
- 5) 작업장 내의 요소들을 많이 움직이지 않고도 한눈에 볼 수 있게 배열한다.
- 6) 표지판이나 지시사항 등도 합리적인 가시영역 내에 설치되어야 한다.



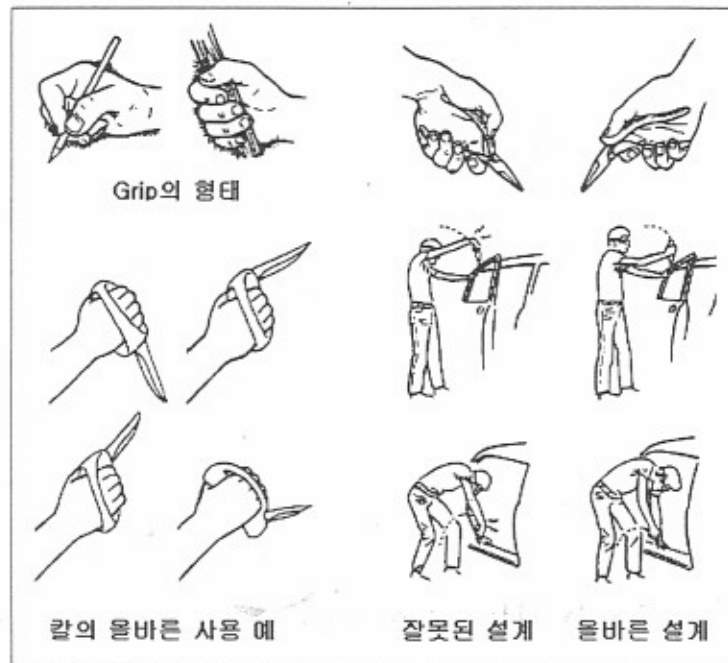
[그림 6-1] 선 작업자세의 종류

VII. 수공구 설계

1. 수공구의 역사

도구는 백만년 전부터도 원시인들에 의해서 사용되어 왔다는 증거가 많다. 그러나 최근까지만 해도 인간요소는 복잡한 장비들에만 적용되었을 뿐 수공구를 설계할 때에는 무시되어 왔다. 부적절하게 설계된 수공구는 사고와 부상을 포함하여 여러 가지 바람직하지 못한 결과를 야기한다. 미국 자료에 의하면 모든 보상 대상이 되는 부상의 5~10%가 수공구의 사용과 관련있다고 한다. 그 중에도, 칼, 렌취(Wrench)와 망치가 부상에 연루될 가능성이 가장 높은 공구이다. 이런 부상 자료는 대부분 손가락을 찢거나 손바닥을 베는 등의 외상들이다. 부적절한 공구 설계로 인해 발생할 수 있는 것이 바로 같은 작업을 반복적으로 수행함으로써 발생하는 누적외상성질환(특히, 근골격계질환)이 최근에 문제가 되고 있다.

수공구는 인간공학적 요건에 따라 설계되어야 한다. 근로자들이나 업무에 맞지 않는 잘못 설계된 수공구나 연장은 건강상의 부정적인 효과를 일으킬 수 있으며, 생산성을 감소시킨다. 생산성을 유지하고 건강상의 문제를 예방하기 위해서, 근로자와 업무에 모두 맞게 설계되어야 한다. 적절하게 설계된 수공구는 근로자의 적절한 신체자세와 움직임에 기여할 수 있고, 또 생산성을 향상시킬 수 있다. [그림 7-1]은 잡기의 기본 형태와 수공구의 적절한 사용 예를 나타낸 것이다.



[그림 7-1] 손동작 및 올바른 수공구 사용 예

2. 수공구 설계원칙

- 1) 손잡이의 길이는 95%의 남성의 손폭을 기준으로 한다.
 - 최소 11cm가 되어야 한다.(장갑사용시 최소 12.5cm)
- 2) 손바닥 부위에 압박을 주는 손잡이의 형태(Form-fitting)는 피할 것
 - 손잡이의 단면이 원형을 이루어야 한다.
- 3) 손잡이의 직경은 사용 용도에 따라서;
 - 힘을 요하는 작업도구일 경우 : 2.5~4cm
 - 정밀을 요하는 작업의 경우 : 0.75~1.5cm
- 4) 플라이어(Plier) 형태의 손잡이에는 스프링 장치 등을 이용하여 자동으로

손잡이가 열리도록 설계할 것

- 5) 양손잡이를 모두 고려한 설계를 할 것
- 6) 손잡이의 재질을 미끄러지지 않고, 비전도성, 열과 땀에 강한 소재로 선택
- 7) 손목을 꺾지 말고 손잡이를 꺾어라.
- 8) 가능한 수동공구가 아닌 동력공구를 사용할 것
- 9) 동력공구의 손잡이는 한 손가락이 아닌 최소 두 손가락이상으로 작동하도록 설계할 것
- 10) 최대한 공구의 무게를 줄이고 사용시 무게의 균형(Counter Balancing)이 유지되도록 설계

3. 누적외상성 질환(CTDs : Cumulative Trauma Disorders)

특정 신체부위가 반복적인 스트레스에 기인하여 점진적으로 발생하는 육체적 질환으로 미국에서는 요통재해와 함께 산업재해의 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 국내에서도 타자수, 조립작업에서 높은 발병율을 기록하고 있다. 현재 1993년부터 매년 평균 15%씩 증가하고 있는 추세에 있다.

4. CTDs의 발병과 관련한 주요 직업적 요인

- 1) 작업강도 : 무게, 크기, 작업자세, 작업물 특성, 진동, 작업시간, 반복
- 2) 부자연스러운 작업자세 : 손뻗침, 비틀, 손 위로 들기, 무릎굽힘, 구부림, 쪼그림,
- 3) 과도한 힘의 발휘

- 4) 높은 반복 및 작업빈도 : 속도, 횟수, 사용지체, 힘, 공정속도, 장비설정치, 작업량, 완료스케줄
- 5) 기계적 스트레스
- 6) 정적 부하
- 7) 부적절한 휴식
- 8) 낮은 온도, 진동

일반적으로 이런 위험요인은 상호 연관되어 있거나 복합적으로 나타난다. 이런 연관관계를 분석하기 위해 연관관계 다이어그램(Diagram), 연관메트릭스(Relationship Matrix), 요인 분석(Factor Analysis) 등이 사용되며, 작업방법/작업강도/공구, 장비의 설계/작업빈도, 속도/작업장 설계/작업환경설계/치공구 설계 등을 평가할 때 사용된다. 연관관계는 일대다, 다대일, 다대다 등 복잡할 수 있으며, 원인의 비중, 파급효과가 모두 다르다.

5. 사업장 대상의 종합적 CTDs 예방 프로그램

1) 인간공학적 분석 및 설계

- (1) 기록의 검토
- (2) 종업원에 대한 설문조사
- (3) 종업원의 면접
- (4) 작업장의 시찰
- (5) 회사측과의 협의(기초 자료의 마련)
- (6) 작업장 분석 : Video Taping, 위험작업자의 선정

(7) 위험요인의 평가 : 작업장별 위험 순위도

(8) 작업장에 대한 세부분석 및 추천 사항

(9) 수공구의 평가 및 개선

(10) 사무실 작업에 대한 평가의 병행

2) 종업원에 대한 훈련 및 교육

관리자, 기술자, 일선감독자, 보건관계자 등을 대상으로 한 전반적인 인간공학과 누적외상성질환에 대한 예방 및 정부시책에 대한 교육 실시, 교육 후 인간공학 추진 집단(Ergonomic Group)의 조직, 지속적이고 자체적인 교육의 유지를 유도

3) 의학적 관리

사내 보건관계자와의 협의를 통해 선발된 종업원을 CTDs의 발병위험도에 따라 상·중·하로 구분하여 작업순환, 보호구 착용, 재활 및 의학적 조치를 통해 지속적 기록의 유지관리하는 것을 목적으로 하며, 가능한 모든 자원을 동원하여 의료자료를 관리하고 상해시 근로자를 보호하는 활동이다.

(1) 상해방지와 인간공학적 작업관리 지원

(2) 증상조사, 자료관리 주관

(3) 직무평가, 작업평가 주관

(4) 안전관리, 안전지침 설계지원

(5) 의료비용 조사, 분석, 관리, 개선활동

(6) 작업자 교육훈련 지원

VIII. 과도한 육체적 업무와 정신적 부하

컴퓨터 시대, 자동화, 작업의 인지적 측면을 강조하게 되면서 상당한 육체적 노력과 물질, 필수품, 도구 등의 인력물자취급을 등한시하는 경향이 있다. 그러나 건설, 제조, 일상생활 등의 작업에서는 직무를 수행하기 위해 상당한 육체적 활동을 필요로 할 때가 많다. 상자를 싣고 내리거나, 컨베이어 벨트에서 물건을 들어 내리거나, 창고에 물건을 쌓는 일 등은 모두 인력물자 취급작업이다. 이러한 인력물자 취급작업에서는 과도한 육체적 활동으로 인한 척추 손상이 일반적인 것으로 전체 산업재해 발생 가운데 많은 비율을 차지하고 있다.

따라서, 인력물자 취급작업은 신체에 무리를 주지 않으며, 특히 근육통이 수반되지 않도록 설계되어야 한다. 오랫동안 과도한 육체적 활동을 요하는 작업을 수행하게 되면 호흡횟수와 심장박동이 빨라지게 된다. 근로자가 신체에 무리를 주는 과도한 육체적인 작업을 수행할 때 쉽게 피로해질 수 있다. 가능하면 과도한 작업을 하게 될 때는 기계의 힘을 빌려서 하는 것이 좋다. 기계의 힘은 근로자에게 위험수준을 감소시킬 수 있게 한다.

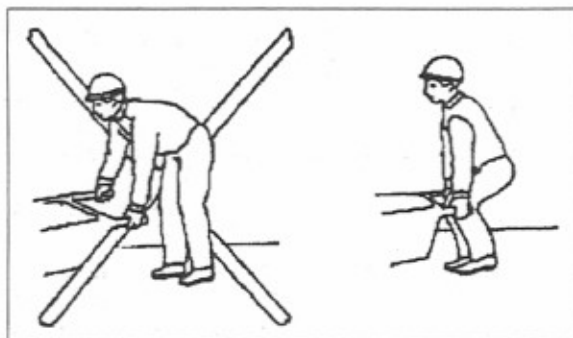
육체적 노력을 요하는 작업은 근로자 개인의 능력을 초과해서는 안된다. 그리고, 힘이 덜 드는 일과 번갈아 하여 일정한 간격으로 하루 중에 계속 바뀌어야 하며, 휴식시간이 하루 일과 중에 포함되어야 한다.

1. 적절한 인양과 운반 작업 기술

들어올리거나 운반하는 작업은 육체적으로 많은 힘이 필요한 작업이고 특히, 허리에 재해를 일으킬 수 있는 위험을 안고 있는 작업이다. 이와 같은 재해 발

생을 예방하기 위해서 대상 물체의 무게, 대상 물체를 다루는 높이의 효과, 들어올릴 때나 운반시의 작업 조건을 검토하는 것이 중요하다. 안전한 작업방법을 어떻게 선택하고 대상 물체의 하중 부담을 더 가볍게 해줄 수 있는 장치나 장비를 어떻게 사용할 지를 알아야 할 것이다.

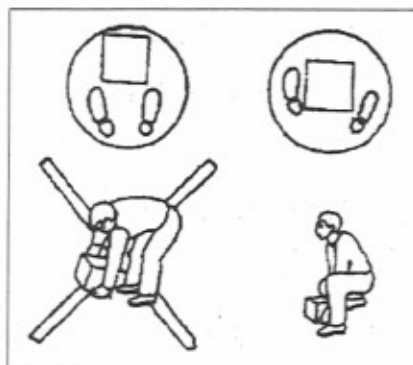
1) 등의 자세



[그림 8-1] 등의 자세

몸에서 가깝게 대상 물체를 들어올리도록 한다. 그렇지 않으면 척추사이 추간판 압력이 증가한다. 대상 물체를 들어 올릴때는 허리를 똑바로 펴도록 한다.

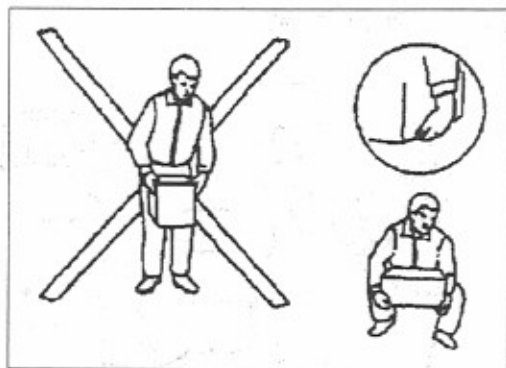
2) 다리의 자세



[그림 8-2] 다리의 자세

들어올리는 대상 물체에 가능한 가깝게 서도록 한다. 대상 물체에 가깝게 설수록 안전하다. 균형을 잘 유지할 수 있도록 발을 어느정도 알맞게 벌리도록 한다.

3) 팔과 손잡는 자세



[그림 8-3] 팔과 손잡는 자세

올바른 각도로 어깨에다 지지하고 양손을 사용하여 대상물체를 꼭 잡도록 한다. 몇 개의 손가락만 사용하면 대상 물체를 꼭 쥌 수가 없다. 가능하면 양손을 사용하여 대상 물체를 들려 올리도록 한다.

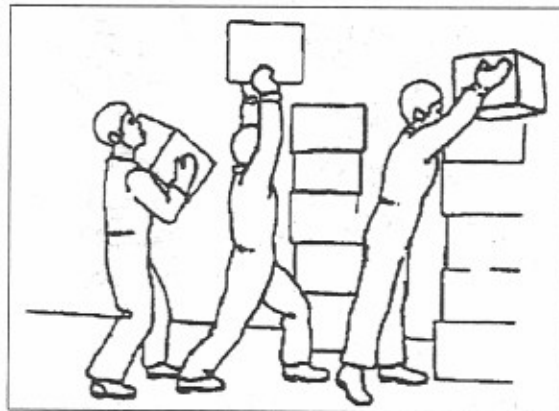
4) 대상 물체를 옆으로 이동할 때



[그림 8-4] 대상물체를 옆으로 이동할 때

대상물체를 들어올리면서 동시에 몸을 비틀지 않아야 한다. 그렇지 않으면 허리 재해의 위험성이 증가한다. 걷는 자세로 발을 놓고 안쪽 발은 대상 물체를 옮기는 방향으로 약간 돌린다. 물건을 들어올리고 난 다음에는 돌아가는 방향의 발에다 체중을 이동시킨다.

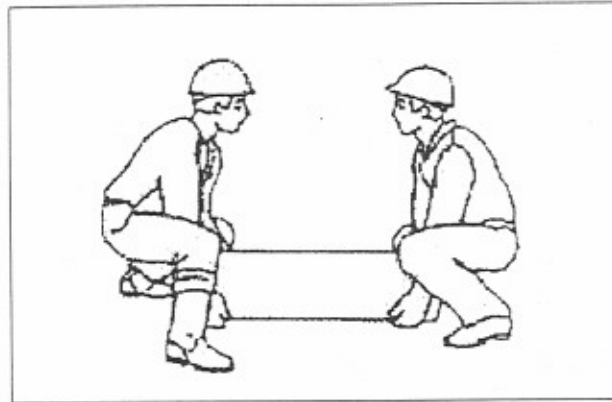
5) 대상 물체를 위로 들어올릴 때



[그림 8-5] 대상물체를 위로 들어올릴 때

어깨 높이보다 더 위로 대상 물체를 들어 올려야 할 때는 걷고자 하는 방향에 발을 놓는다. 먼저, 가슴높이로 대상 물체를 올린다. 그리고 안 다음 대상 물체를 옮겨 놓기 위해서 발을 바깥쪽으로 내어놓고 위로 대상 물체를 밀고, 앞으로 내어놓은 발에다 체중을 이동한다. 바닥에서 대상 물체를 들어올릴 때는 힘이 세배가 더 들 수 있으므로 적당한 높이는 70-80cm에서 들어올리도록 한다.

6) 다른 사람과 같이 들기



[그림 8-6] 다른 사람과 같이 들기

다른 사람과 함께 대상 물체를 들어올릴 때는 서로 힘을 동일하게 주도록 하며, 함께 드는 연습이 필요하다. 들어올리는 동작은 동시에 같은 속도로 이루어지도록 한다.

7) 운반

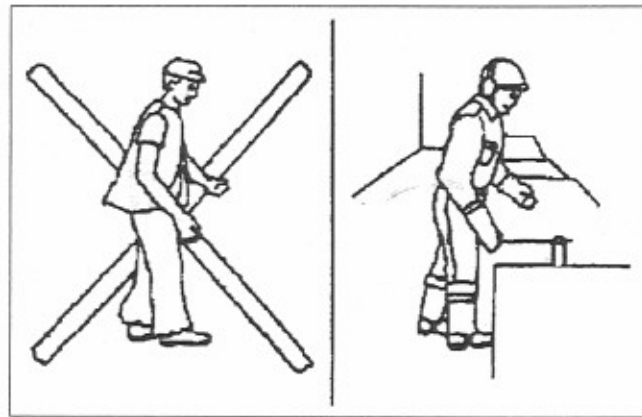


[그림 8-7] 운반

운반작업은 뒷목, 팔의 윗부분, 심장과 혈액순환에 통증과 장애를 줄 수 있다. 물건을 몸에 가깝게 붙이고 운반하도록 한다. 그러면 조금만 노력을 기

울여도 몸의 균형을 잡을 수 있고 대상물체를 운반할 수 있다. 둥근 대상물체는 무게중심이 몸에서 멀어질 수 있기 때문에 운반하기가 어렵다. 좋은 손잡이가 있으면 일이 더 쉬워지고 안전을 확보할 수 있다. 양손을 사용하여 대상물체의 무게를 분산시키도록 한다. 또한, 대상물체가 컨베이어 벨트, 운반구 등으로 운반될 수 있는지 사전에 점검해 보아야 한다. 너무 무거운 대상물체는 인력으로 운반하지 않도록 하고, 적당한 손잡이가 있고, 손잡이가 적절한 위치에 있으며, 대상물체를 들어 옮길만한 공간이 있는가 확인이 필요하다. 또 바닥은 미끄럽지 않고, 운반 통로 상에 장애물이 없으며, 적당한 조명시설이 있는가를 확인해 보아야 한다. 적절하게 설계되지 않았다면 걸어서 가거나 문쪽으로 가거나 경사로로 갈 때 위험하다.

8) 복장

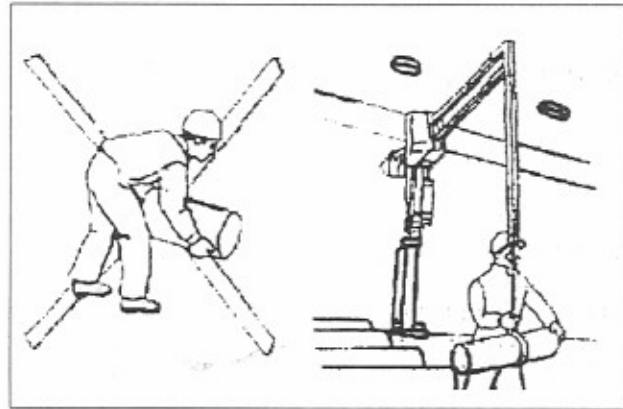


[그림 8-8] 복장

복장은 기온과 몸에서 나오는 체열 사이의 온도를 조절할 수 있어야 한다. 복장은 너무 헐겁고 길고 늘어지지 않아서 위험하지 않은 것이어야 한다. 장갑은 손을 보호하고 대상물체를 잘 집을 수 있도록 만들어져야 한다. 신발은 단단하고, 미끄러지지 않는 바닥이 넓은 것이어야 한다. 신발 위의 앞

부분은 떨어지는 대상물체에 발을 모호하도록 만들어져야 한다. 안전모는 기계적인 운반작업을 할 때 필수적인 것이다. 안전모는 반드시 순간에 떨어지지 않도록 꼭 조여야 하고 시야를 확보할 수 있어야 한다.

9) 보조기구



[그림 8-9] 보조기구

일을 쉽게 하는데 사용되는 기구들은 육체적 활동의 부담을 덜고 재해의 위험을 줄이기 위해서 사용하기 쉽고 가볍게 만들어야 한다. 예를 들어, 자석, 편심기, 레버 손잡이 등은 대상물체를 잘 잡을 수 있고 작업환경을 개선할 수 있는 것이어야 한다.

2. 육체적 활동을 요하는 직무 설계 시 고려사항

- 1) 작업 대상 물체의 무게
- 2) 근로자가 얼마나 자주 대상 물체를 들어야 하는가
- 3) 대상 물체를 들어올리는 근로자와 대상 물체 사이의 거리

- 4) 대상 물체의 모양
- 5) 직무를 수행하는데 걸리는 시간

3. 들어올리는 작업시 인간공학적 권장사항

1) 대상물체의 무게를 줄인다.

- 크기를 작게 포장한다.
- 한번에 옮기는 물건의 수를 줄인다.
- 많은 대상 물체를 옮기기 위해 여러 사람을 활용한다.

2) 대상 물체를 다루기 쉽게 만든다.

- 대상 물체의 모양과 크기를 바꾸어서 무게 중심이 운반하는 사람의 가까이 있도록 한다.
- 몸을 구부리지 않도록 하기 위해 대상 물체를 엉덩이 높이보다 약간 높게 쌓는다.
- 최소한 엉덩이 높이로 대상 물체를 올릴 때는 기계 도구를 이용한다.

3) 대상 물체를 운반할 때는 2명 이상이나 기계 도구를 이용한다.

- 재료를 다루기 쉽게 하기 위해 저장기술을 사용한다.
- 적절한 높이의 이동식 깔판과 선반, 벽걸이 선반을 사용한다.

4) 무거운 대상 물체는 깔판의 중앙이 아니라 모서리에 위치하도록 한다.

단, 물건이 쉽게 깔판에서 떨어져 사람을 다치게 하지 않도록 한다.

- 대상 물체가 이동 되는 거리를 가장 짧게 한다.
- 작업 구역의 배치를 개선한다.

5) 생산이나 보관장소를 바꾼다.

- 대상물체의 이동 횟수를 줄인다.

- 일을 많은 사람에게 할당한다.

- 기계의 도움을 받는다.

6) 창고나 작업 구역을 재배치한다.

- 몸을 비트는 행동을 줄인다.

- 모든 대상 물체를 몸의 앞에 놓는다.

- 몸을 돌리기에 충분한 공간을 확보한다. 몸을 비틀지 않고 발을 이동해서 몸을 돌린다.

4. 과도한 육체적 업무에 대해 반드시 기억하여야 할 사항

1) 과도한 힘든 업무에서는 기계의 도움을 받아야 한다.

2) 힘든 업무는 힘이 덜 드는 업무와 번갈아 한다.

3) 휴식시간이 업무에 포함되어야 한다.

4) 업무 계획 시 근로자가 어떻게 대상 물체를 올려야 하며 대상 물체의 무게나 모양과 같은 인간공학적 요인을 고려해야 한다.

5. 정신적 부하

최근의 작업에서는 신체적부하로부터 정신적부하로 비중이 이행하고 있고, ISO 6385 「작업 설계에 있어서의 인간공학의 원칙」의 용어의 정의의 (안)중에는 정신적작업 부하의 부분에 관한 용어를 간단하게 정의하고 있다. 정신적부하(Mental Stress)는 「외부에서 인간에 대해 미치게 하고, 또한 정신적으로 작용하는 평가가능한 영향의 전체」라고 정의되고 있다. 또, 정신적부담

(Mental Strain)은 「정신적부하에 의해 개인의 내부에 즉시 일어나는 영향(장기에 걸치는 영향이 아닌)이며, 각자의 대처 양식을 포함하고, 개인의 습관 및 그 때의 조건에 의존하는 것」라고 정의되고 있다. 한층 정신적부담의 영향으로서, 촉진적효과와 감퇴적효과, 기타의 효과로 나누어지고 있다. 감퇴적효과는 피로와 피로양증상으로 나누어지고, 회복을 위해서 휴양 등의 시간이 걸리는 것을 피로, 작업자가 두어지고 있는 상황이 변화되면 곧바로 소실하는 것을 피로양증상과 정의하고 있다. 이 피로양증상에는, 단조감, 주의력저하, 심리적 포화가 정의되고 있다. 이는 직무만족과 연결된다.

IX. 작업설계와 직무만족

인간공학은 인간의 여러가지 능력과 특성에 적합하도록 기계설비와 작업방법 등의 하드웨어(Hardware)적 요소를 설계하고 개선하는 것에 중점을 두는 것이지만 근로자의 적정배치, 교육훈련, 직무설계 등에 대한 사항까지 포함하는 것이다. 따라서 인간적 요소를 고려하여 작업을 설계하는 것이 중요하다. 적절하게 설계된 작업은 직접적인 안전보건 문제뿐만 아니라 근로자의 정신·육체적 특징을 고려한 것이다. 작업이 설계되는 방법은 그 작업이 다양한지, 반복적인지, 또한 근로자가 편안할 수 있는지 부적절한 환경에서 일해야 하는지 흥미있고 자극적인 일인지, 지루하고 단조로운 일인지를 결정하는 것이다.

그리고 작업이 요구하는 여러가지 능력과 특성에 적합한 근로자 및 인간에게 있어서 특정한 작업에 대한 작업능력 및 개인차를 고려한 배치, 즉, 적성배치를 필요로 한다. 근로자에 대한 교육훈련에 있어서는 근로자가 몸담고 있고 조직 속에 유효한 적응과 효과적인 직무수행을 위하여 필요성을 갖게되며 또한 자동화 및 신기계 설비의 도입에 따라 작업이 변화되었을 경우에 있어서 재훈련이 필요하며 장래에 필요로 하는 직무에 따른 훈련도 필요한 것이다.

직무를 수행하고자 하는 의욕이 생기도록 설계하고 개선하는 직무설계 또한 필요하다. 단순화, 전문화, 표준화 등의 원리에 따른 직무의 설계로 작업에 있어서 인간성과 생산성의 조화를 목표로 하는 필요조건이다.

근로자의 직무만족이나 동기부여를 저해하는 조직의 여러가지 요인을 제거하고 작업이 보다 만족하게 수행될 수 있도록 작업을 설계하기 위하여 고려하여야 할 항목으로서는

첫째, 작업장과 그 직접적인 환경에 있어서의 위험으로부터의 보호하는 것,
 둘째, 인간공학의 원칙을 적용하고 작업자의 신체적, 육체적 적성에 대하여
 설비, 장치 및 작업공정을 적합화시키는 것,
 셋째, 작업속도와 단조로운 일에 의한 스트레스 방지, 직무설계, 직무내용,
 작업조직의 개선을 통한 근로생활의 질을 향상시키는 것,
 넷째, 작업환경의 개선 계획수립, 실시에 있어서 전원 참가하도록 하는 것
 등이 있다.

1. 작업설계시 고려해야 인간공학적 요소

- 1) 수행하여야 하는 작업의 형태
- 2) 업무를 수행하여야 하는 작업방법
- 3) 얼마나 많은 업무를 수행하여야 하는지의 작업의 양
- 4) 업무를 수행하는데 필요한 작업순서
- 5) 업무를 수행하는데 필요한 장비의 형태

2. 근로생활의 질 향상을 위한 직무설계 방법

1) 직무확대(Job Enlargement)

종래의 직무에 다른 여러 가지 직무를 부가시켜 직무의 변화를 갖게 함으로써 작업이 가지는 반복성, 단조로움을 줄이는 방법을 말한다. 과업의 수를 증가, 사이클 타임을 길게, 준비·조사직무를 부과, 다기능화 등이 있다.

2) 직무교체(Job Rotation)

일정기간마다 작업자가 서로 직무를 교체함으로써 작업을 다양화하고 단순성을 적게 하고 다기능화를 추구하는 것이다. 직무의 수평적 교체는 교육 훈련에 의해 2~3개월 일을 한 후 직무이동을 통해 조직의 일원으로서 좀 더 조직을 이해할 수 있고 구성원으로서 소속감도 느낄 수 있게 하는 것이다.

3) 직무충실(Job Enrichment)

직무확대에 부가해서 종래에는 감독자나 관리자에게 한정되어 있던 계획, 통제의 기능을 작업자에 이양, 확대하고 동기부여 요인을 포함시켜 작업을 유의성있게 하는 것을 말한다.

4) 그룹 생산 방식(Group Production Method)

제품이나 반제품을 단위로 하여 작업집단을 편성하고 작업집단에 목표의 설정일정, 조사 등의 계획-실험-통제에 걸친 권한과 책임을 부여하고 작업자의 목표추구 집단내의 소속욕구를 충족시키고 제품과의 연결성을 높이는 방법을 말한다.

3. 적절하게 설계된 작업에 있어서 수행하여야 할 사항

- 1) 근로자가 몸의 위치를 바꾸도록 한다.
- 2) 정신적 자극을 주는 업무를 포함시킨다.
- 3) 근로자의 작업습관을 고려 작업환경에 따라서 작업활동을 바꿀 수 있도록

의사 결정 범위를 허용한다.

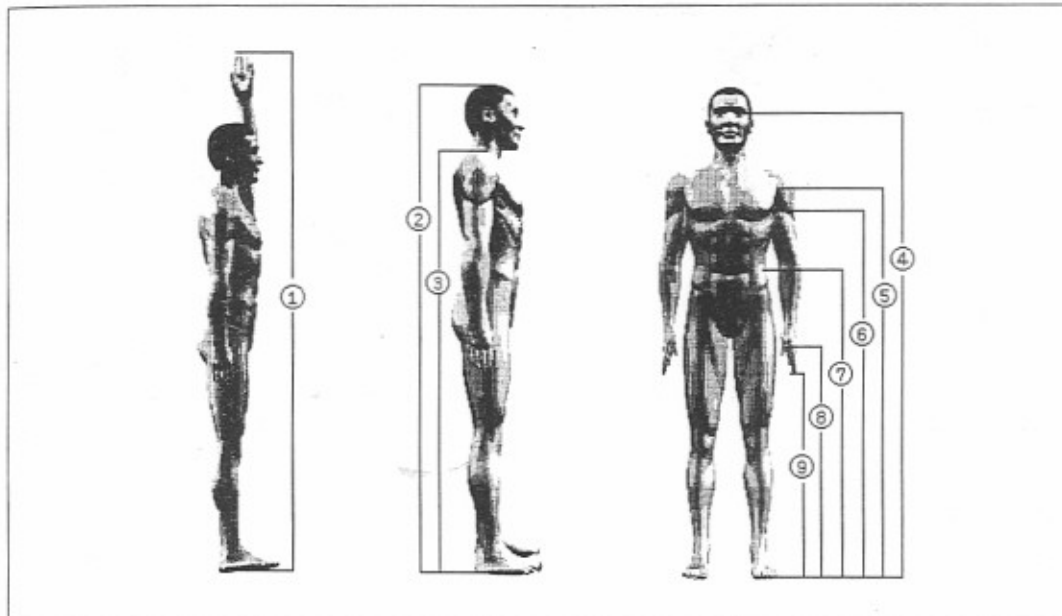
- 4) 근로자에게 성취감을 갖도록 한다.
- 5) 어떤 작업이 필요하며 그 작업을 어떻게 하는 것인가를 근로자에게 가르치기 위해서 적절한 교육을 한다.
- 6) 근로자가 작업을 완성하고 충분한 휴식을 취하는데 필요한 적절한 업무와 휴식 시간표를 제공한다.
- 7) 새로운 일에 조정기간을 갖도록 하여 근로자가 그 작업에 익숙해지도록 한다.

4. 작업설계에 대한 인간공학적 지침

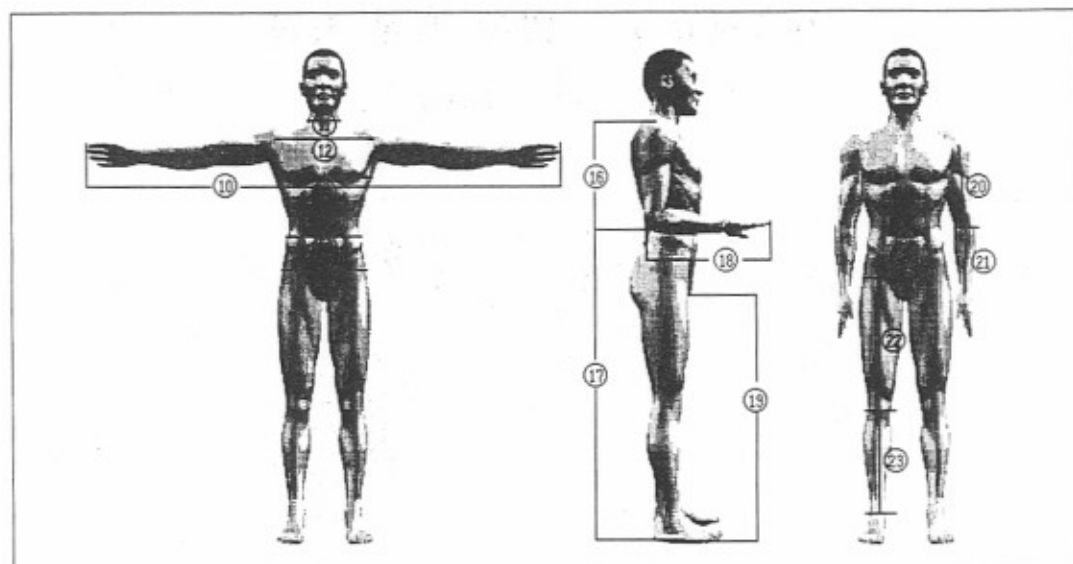
- 1) 적절하게 설계된 작업은 근로자의 안전보건 문제뿐만 아니라 정신적·신체적 특징을 고려해야 한다.
- 2) 작업설계는 그 일이 변화를 갖는지, 반복작업인지, 근로자가 편안한 상태인지 아니면 부적절한 상황에 놓여 있는지, 또한 업무가 흥미 있는 것인지 지루한 것인지를 고려해야 한다.
- 3) 작업을 설계할 때 작업을 수행하기 위해서 필요한 장비의 형태, 작업의 형태, 작업방법 등과 같이 고려해야 할 많은 인간공학적 요소들이 있다.
- 4) 적절하게 작업이 설계되면 근로자는 몸을 탄력적으로 바꿀 수 있다. 그렇게 되면 근로자는 보다 많은 관심 있는 일을 할 수 있고 의사 결정 권한을 가질 수 있고, 성취감을 얻을 수 있고, 적당한 휴식시간을 가질 수 있고, 새로운 작업에 대한 조정시간을 가질 수 있다.

기술자료 A : 인체 측정 자료

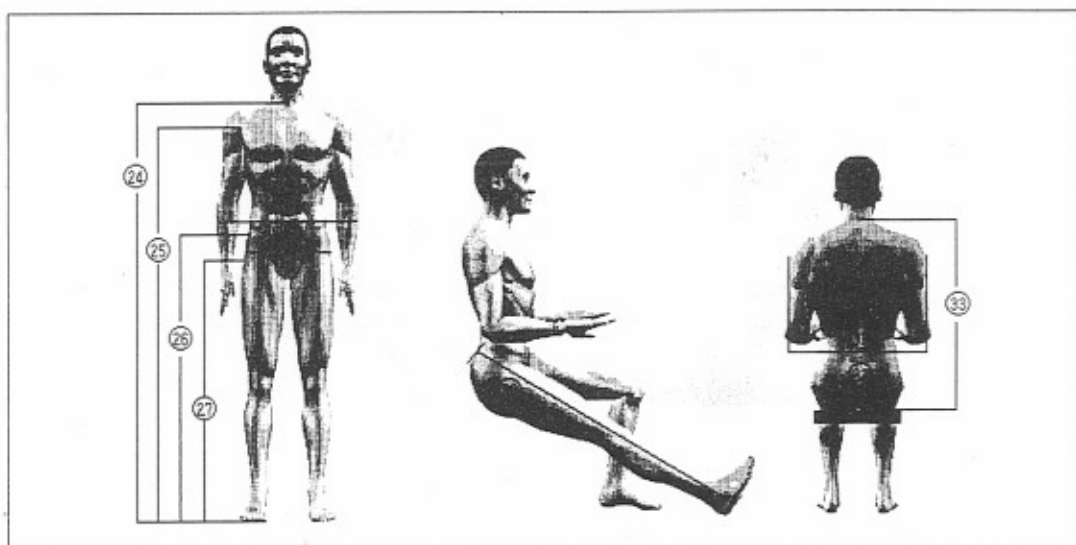
- 한국성인층(18세~60세) 기준 -



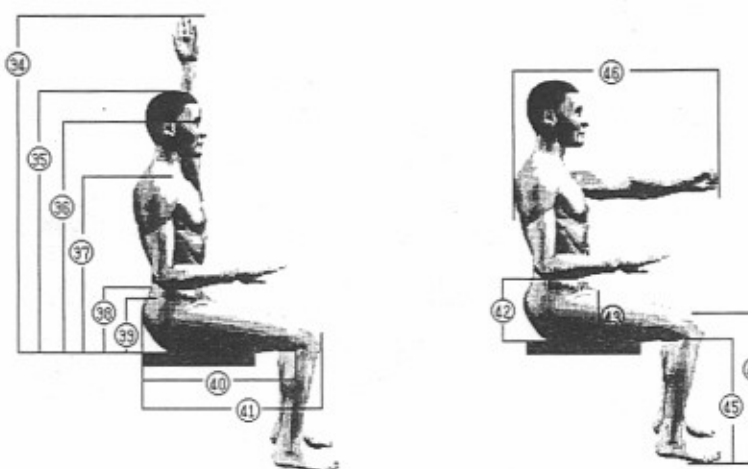
측정항목	성별	평균	표준편차	백분위수		
				5%	50%	95%
① 머리위로 뻗은 손끝높이	남	207.4	10.6	191.0	206.9	224.8
	여	196.6	10.6	183.3	197.2	208.7
② 키	남	170.8	5.4	161.7	170.7	179.9
	여	158.5	5.4	149.5	158.5	167.1
③ 어깨 높이	남	139.2	4.8	130.9	139.1	146.9
	여	129.5	4.7	121.5	129.7	136.9
④ 눈 높이	남	159.4	5.2	150.1	159.8	167.8
	여	148.1	4.2	141.4	147.8	155.0
⑤ 겨드랑이 높이	남	129.1	4.8	120.1	129.2	136.8
	여	120.5	4.9	112.1	121.1	128.6
⑥ 젖꼭지 높이	남	123.5	4.7	114.9	123.8	131.2
	여	114.2	4.3	107.2	114.2	121.4
⑦ 허리 높이	남	102.8	4.6	95.2	103.0	110.2
	여	96.1	4.3	88.4	96.2	103.0
⑧ 중지 종자골 높이	남	74.8	3.1	69.8	74.9	80.0
	여	70.1	3.1	64.3	70.4	74.8
⑨ 손끝 높이	남	65.5	3.0	60.9	65.7	70.3
	여	60.8	3.0	56.0	61.1	65.3

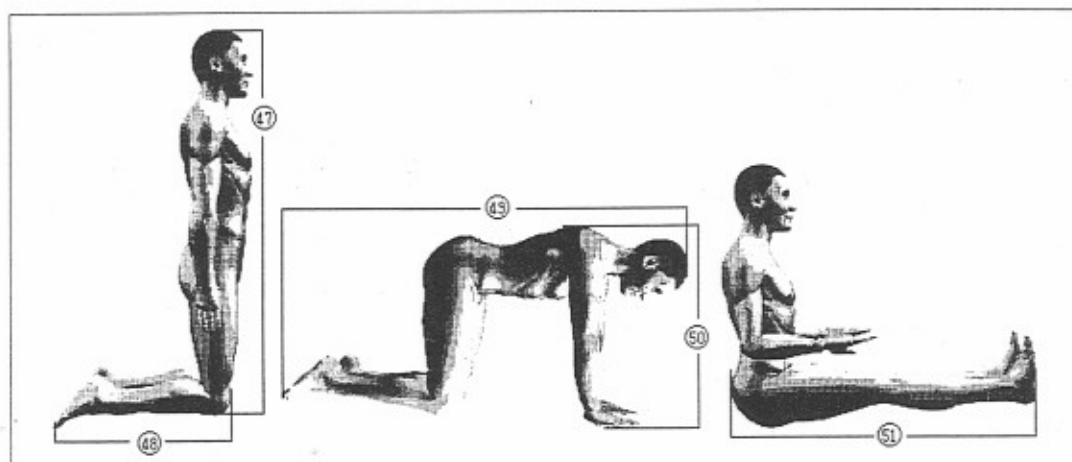


측정항목	성별	평균	표준편차	백분위수		
				5%	50%	95%
⑩ 양팔벌린 길이	남	173.1	6.8	161.2	173.0	184.0
	여	157.8	6.1	148.0	157.6	168.2
⑪ 목 너비	남	11.7	0.9	10.3	11.7	13.3
	여	10.5	1.3	8.8	10.3	12.8
⑫ 어깨관절 너비	남	36.5	2.3	32.4	36.7	39.8
	여	33.9	3.0	29.9	33.4	39.1
⑬ 가슴 너비	남	30.0	2.0	26.8	30.0	33.6
	여	28.2	2.3	24.8	28.2	32.6
⑭ 허리 너비	남	27.4	2.2	23.8	27.6	30.8
	여	24.9	2.3	21.7	24.5	29.3
⑮ 장골 극점 너비	남	24.7	2.6	20.2	25.1	29.0
	여	23.4	2.1	20.0	23.4	26.9
⑯ 어깨점 팔꿈치 길이	남	33.9	1.7	31.1	33.8	36.7
	여	32.4	1.8	29.3	32.4	35.4
⑰ 팔 굽힌 팔꿈치 높이	남	104.6	3.9	98.2	104.7	110.8
	여	97.1	3.9	90.9	97.2	103.0
⑱ 팔꿈치 손끝 길이	남	44.6	1.9	41.5	44.6	47.7
	여	41.8	1.7	39.4	41.6	45.2
⑲ 회음 높이	남	74.0	4.4	65.8	74.2	80.4
	여	70.7	4.3	63.7	71.0	76.6
⑳ 위팔 길이	남	28.4	1.7	25.8	28.4	31.3
	여	27.1	2.1	23.3	27.0	30.6
㉑ 아래팔 길이	남	23.6	1.6	20.8	23.6	26.0
	여	21.9	1.6	19.6	21.9	24.8
㉒ 대퇴 길이	남	38.0	3.4	32.5	37.7	43.6
	여	35.2	3.2	29.4	35.3	40.3
㉓ 정갈이 길이	남	37.3	3.0	32.6	37.4	42.4
	여	33.6	2.8	29.1	33.8	38.0



측정항목	성별	평균	표준편차	백분위수		
				5%	50%	95%
24 목앞점 높이	남	139.7	4.9	131.3	140.0	147.8
	여	130.8	5.0	123.0	131.1	138.3
25 어깨관절 높이	남	136.7	4.9	128.9	136.8	144.6
	여	127.1	4.5	119.7	127.1	134.3
26 요추 높이	남	97.1	4.7	89.2	97.2	105.3
	여	90.3	4.4	82.3	90.2	97.5
27 장극극점 높이	남	93.8	4.2	86.5	93.9	100.7
	여	80.7	6.3	69.4	81.1	91.6
28 최대 몸통 너비	남	47.8	3.4	42.8	47.8	53.5
	여	44.6	3.3	39.6	44.3	50.7
29 엉덩이 너비	남	32.3	1.7	29.4	32.2	35.3
	여	32.7	1.6	30.0	32.7	35.5
30 기능적 다리 길이	남	97.1	4.8	89.0	97.0	105.2
	여	91.6	4.6	85.1	91.3	99.0
31 앞은 팔꿈치 너비	남	43.8	3.8	37.7	43.6	50.2
	여	39.0	4.2	32.1	39.0	46.3
32 앞은 엉덩이 너비	남	34.8	2.1	31.8	34.6	38.3
	여	33.9	2.0	30.0	34.3	36.3
33 앞은 목 뒤 높이	남	67.0	3.1	61.9	67.0	72.3
	여	61.3	3.5	54.9	61.2	66.4

						
측정항목	성별	평균	표준편차	백분위수		
				5%	50%	95%
㉔ 앉아 머리위로 뻗은 손끝높이	남 여	134.5 123.4	5.3 4.7	126.0 114.8	134.0 123.7	143.9 130.7
㉕ 앉은 키	남 여	91.5 84.9	3.3 3.9	86.2 77.8	91.6 85.0	96.7 90.5
㉖ 앉은 눈 높이	남 여	80.5 74.2	3.5 3.7	74.7 67.3	80.7 74.8	86.0 79.1
㉗ 앉은 어깨 높이	남 여	60.2 55.2	2.7 2.8	55.8 49.7	60.2 55.6	64.7 59.2
㉘ 앉은 허리 높이	남 여	24.0 22.3	2.6 2.9	19.6 17.1	24.3 22.4	28.2 27.3
㉙ 앉은 요추 높이	남 여	17.2 15.8	3.5 3.8	11.4 9.8	17.2 15.4	22.7 22.0
㉚ 앉은 엉덩이 오금 길이	남 여	46.0 44.2	2.5 2.3	41.9 40.8	46.1 44.1	49.9 48.1
㉛ 앉은 엉덩이 무릎 길이	남 여	55.3 52.7	2.2 2.5	51.7 48.4	55.5 52.7	59.0 56.9
㉜ 앉은 팔꿈치 높이	남 여	26.0 23.9	2.6 2.6	21.9 19.0	25.8 23.8	30.5 28.0
㉝ 앉은 넓적다리 두께	남 여	13.3 12.4	1.4 1.8	11.0 8.9	13.2 12.5	15.7 15.1
㉞ 앉은 무릎 높이	남 여	51.4 46.0	2.4 2.4	47.4 41.4	51.6 46.3	55.1 49.5
㉟ 앉은 오금 높이	남 여	42.8 38.1	2.2 2.3	39.5 34.5	42.8 38.1	46.4 41.4
㊱ 앞으로 뻗은 팔 엄지 길이	남 여	74.5 69.5	3.2 4.0	69.1 62.8	74.5 69.8	79.7 75.8



측정항목	성별	평균	표준편차	백분위수		
				5%	50%	95%
④⑦ 무릎 굽힌 높이	남	192.1	4.0	121.8	129.3	135.7
	여	121.1	3.9	114.6	121.2	127.3
④⑧ 무릎 굽힌 다리 길이	남	62.3	3.5	56.0	62.7	67.9
	여	55.7	4.7	46.0	56.5	62.6
④⑨ 기는 자세 길이	남	134.7	7.4	122.4	135.1	146.0
	여	119.8	8.4	103.0	120.5	131.8
⑤⑩ 기는 자세 높이	남	73.5	4.9	65.7	73.5	82.0
	여	70.8	5.3	62.1	70.9	78.5
⑤① 엉덩이 발뒤꿈치 길이	남	105.4	4.4	98.1	105.8	112.3
	여	97.8	4.9	91.1	98.0	105.9
⑤② 몸무게	남	67.2	7.5	55.0	67.0	80.5
	여	55.4	6.8	46.0	54.5	68.5

기술자료 B : 인간공학 체크리스트

A. 작업장 설계시 체크항목

체크 항목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 동적인 작업을 유도할 것 - 신체의 정적인 자세는 빠른 피로를 유발	☐ ☐		
(2) 작업대의 작업면의 높이는 작업자의 신체치수와 작업에 따라 변화	☐ ☐		
(3) 불편한 자세를 피하고 생체역학적으로 가장 적은 힘으로 작업할 수 있도록 유도	☐ ☐		
(4) 되도록 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 5분 이내이면 최대근력의 1/2까지 허용	☐ ☐		
(7) 가능한 모든 부품과 수공구는 최대작업영역 내에 위치, 사용빈도가 높은 부품과 공구는 정상작업영역 내에 위치	☐ ☐		
(8) 작업장의 전반적 설계시 가장 큰 사람과 작은 사람을 모두 수용하도록 설계	☐ ☐		
(9) 근로자에게 작업의 시설과 도구를 제대로 사용하도록 교육할 것	☐ ☐		
(10) 전후 작업과 연계하여 원활한 작업흐름을 고려한 공간배치	☐ ☐		

B. 앉아서 하는 작업시 체크항목

체 크 항 목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 근로자는 불필요하게 팔을 뻗치거나 비트는 일없이 작업하는 모든 범위에 도달해야 한다.	☐ ☐		
(2) 적절히 설계된 작업 장소는 근로자가 업무의 앞이나 근처에 똑바로 앉아 있는 상태를 의미 한다.	☐ ☐		
(3) 작업 테이블과 의자는 업무 테이블이 대략 팔 꿈치와 같은 수준이 되도록 설계되어야 한다.	☐ ☐		
(4) 등은 똑바로 하고 어깨는 펴야 한다.	☐ ☐		
(5) 가능하다면 팔꿈치, 팔의 앞부분, 손의 보호를 위해 조정 가능한 몇 가지 형태이어야 한다.	☐ ☐		
(6) 가능하다면 작업면 높이를 조정하여 개인의 신 체치수와 선호에 맞춘다.	☐ ☐		
(7) 작업면 높이가 팔꿈치 높이와 같아져야 한다.	☐ ☐		
(8) 작업면 하부의 여유공간이 적절하여 사람의 대퇴부가 자유롭게 움직일 수 있어야 한다.	☐ ☐		
(9) 작업자체가 많은 육체적 노동을 요구하지 않 고 제한된 공간에서 수행될 수 있다면 앉은 상태에서 하여야 한다.	☐ ☐		
(10) 하루종일 앉아 있는 것은 신체에 좋지 않다. 그러므로 여러 가지 일을 병행해야 한다.	☐ ☐		
(11) 적절히 설계된 작업의자는 앉아서 하는 작업 수행에 필수적이다.	☐ ☐		
(12) 앉아서 하는 일은 근로자가 작업구역에 도달 하기 위해 불필요하게 또는 지나치게 팔을 뻗 치거나 비틀지 않도록 설계되어야 한다.	☐ ☐		
(13) 일을 수행하는 근로자를 위해 작업의자를 선 택하거나 앉아서 작업 수행할 것을 계획할 때 고려해야할 많은 인간공학적 요인이 있다.	☐ ☐		

C. 작업의자 설계시 체크항목

체크 항목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 사람이 의자에 앉아 있을 때 체중이 주로 좌골관절에 실려있어야 한다.	☐ ☐		
(2) 대퇴를 압박하지 않도록 의자 좌면 앞부분은 오금보다 높지 않아야 하며 신발의 뒷꿈치도 감안해야 한다.	☐ ☐		
(3) 의자 좌면의 폭은 큰사람에게 맞도록 하고 깊이는 장딴지가 들어갈 여유를 두고 대퇴를 압박하지 않도록 작은 사람에게 맞도록 해야 한다.	☐ ☐		
(4) 의자에 앉을 때 체중이 주로 좌골관절에 실려야 안정감이 생기므로 등판과 좌면의 각도와 등판의 완곡이 중요하다. 등판의 지지가 미흡하면 척추가 평행에서 벗어나 압력이 안쪽으로 치우치게 되어 척추 질환의 원인이 된다.	☐ ☐		
(5) 작업의자는 수행하는 일과 작업 테이블의 높이에 따라 적절해야 한다.	☐ ☐		
(6) 좌석 높이나 등받이 높이가 따로 조정되어야 하고 등받이 기울기도 조정할 수 있어야 한다.	☐ ☐		
(7) 작업의자는 근로자가 앞이나 뒤로 쉽게 기댈 수 있어야 한다.	☐ ☐		
(8) 근로자는 작업 테이블 밑에 다리를 움직일 수 있는 충분한 공간을 확보하고 쉽게 다리의 위치를 변화시킬 수 있어야 한다.	☐ ☐		
(9) 발은 바닥에 평평하게 붙여야 한다. 이것이 안되면 근로자는 발을 올려 놓을 수 있는 받침대를 사용해야 한다. 발 받침대는 대퇴부나 무릎 뒤쪽의 압력을 줄일 수 있다.	☐ ☐		
(10) 작업 의자를 요추부를 지지하는 등받이가 있어야 한다.	☐ ☐		
(11) 좌석은 앞의 가장자리 방향이 밑으로 약간 굽어져야 한다.	☐ ☐		
(12) 작업 의자는 안정성을 위해 다리를 다섯 개 갖추어야 한다.	☐ ☐		
(13) 근로자들은 자신들이 편하다는 것을 알지 못하기 때문에 팔을 쉬는 것이 필요한지 필요하지 않은지 알 필요가 있다.	☐ ☐		
(14) 미끄러지는 것을 막기 위해 미끄럼 방지 처리를 해야 한다.	☐ ☐		

D. 서서하는 작업시 체크항목

체크 항목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 착석시 작업대의 구조가 다리의 여유공간을 갖지 못한 경우	☐ ☐		
(2) 작업시 큰 힘이 요구되는 경우(4kg이상)	☐ ☐		
(3) 주요 작업도구 및 부품이 한계범위 밖에 위치할 경우	☐ ☐		
(4) 작업내용이 많은 이동을 요하는 경우	☐ ☐		

E. 과도한 육체작업시 체크항목

체크 항목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 작업 대상 물체의 무게를 결정한다.	☐ ☐		
(2) 근로자가 얼마나 자주 대상 물체를 들어야 하는지를 알아야 한다.	☐ ☐		
(3) 대상 물체를 들어올리는 근로자와 대상 물체 사이의 거리를 알아야 한다.	☐ ☐		
(4) 대상 물체의 모양을 알아야 한다.	☐ ☐		
(5) 직무를 수행하는데 걸리는 시간을 알아야 한다.	☐ ☐		
(6) 과도한 힘든 업무에서는 기계의 도움을 받아야 한다.	☐ ☐		
(7) 힘든 업무는 힘이 덜 드는 업무와 번갈아 한다.	☐ ☐		
(8) 휴식시간이 업무에 포함되어야 한다.	☐ ☐		
(9) 업무 계획 시 근로자가 어떻게 대상 물체를 올려야 하며 대상 물체의 무게나 모양과 같은 인간공학적 요인을 고려해야 한다.	☐ ☐		

F. 수공구 설계시 체크항목

체 크 항 목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 손잡이의 길이는 95%의 남성의 손뾰를 기준으로 한다. 최소 11cm가 되어야 한다.(장갑사용시 최소 12.5cm)	☐ ☐		
(2) 손바닥 부위에 압박을 주는 손잡이의 형태(Form-fitting)는 피할 것. 손잡이의 단면이 원형을 이루어야 한다.	☐ ☐		
(3) 손잡이의 직경은 사용 용도에 따라서; - 힘을 요하는 작업도구일 경우 : 2.5~4cm - 정밀을 요하는 작업의 경우 : 0.75~1.5cm	☐ ☐		
(4) 플라이어(Plier) 형태의 손잡이에는 스프링 장치 등을 이용하여 자동으로 손잡이가 열리도록 설계할 것	☐ ☐		
(5) 양손잡이를 모두 고려한 설계를 할 것	☐ ☐		
(6) 손잡이의 재질을 미끄러지지 않고, 비전도성, 열과 땀에 강한 소재로 선택	☐ ☐		
(7) 손목을 꺾지말고 손잡이를 꺾어라.	☐ ☐		
(8) 가능한 수동공구가 아닌 동력공구를 사용할 것	☐ ☐		
(9) 동력공구의 손잡이는 한 손가락이 아닌 최소 두 손가락이상으로 작동하도록 설계할 것	☐ ☐		
(10) 최대한 공구의 무게를 줄이고 사용시 무게의 균형(Counter Balancing)이 유지되도록 설계	☐ ☐		

G. 작업(직무) 설계시 체크항목

체크 항목	불필요 /필요	자유기록	좋은사례
(1) 근로자가 몸의 위치를 바꾸도록 한다.	☐ ☐		
(2) 정신적 자극을 주는 업무를 포함시킨다.	☐ ☐		
(3) 근로자의 작업습관을 고려 작업환경에 따라서 작업활동을 바꿀 수 있도록 의사 결정 범위를 허용한다.	☐ ☐		
(4) 근로자에게 성취감을 갖도록 한다.	☐ ☐		
(5) 어떤 작업이 필요하며 그 작업을 어떻게 하는 것인가를 근로자에게 가르치기 위해서 적절한 교육을 한다.	☐ ☐		
(6) 근로자가 작업을 완성하고 충분한 휴식을 취하는데 필요한 적절한 업무와 휴식 시간표를 제공한다.	☐ ☐		
(7) 새로운 일에 조정기간을 갖도록 하여 근로자가 그 작업에 익숙해지도록 한다.	☐ ☐		
(8) 근로자의 안전보건 문제뿐만 아니라 정신적·신체적 특징을 고려해야 한다.	☐ ☐		
(9) 일이 변화를 갖는지, 반복작업인지, 근로자가 편안한 상태인지 아니면 부적절한 상황에 놓여 있는지, 또한 업무가 흥미 있는 것인지 지루한 것인지를 고려해야 한다.	☐ ☐		
(10) 작업을 수행하기 위해서 필요한 장비의 형태, 작업의 형태, 작업방법 등을 고려해야 한다.	☐ ☐		

기술자료 C : NIOSH Lifting Equation

- 단일 작업에 대하여 -

[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 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·바이오메카니컬 해석·역학(병리학)의 각 분야에서의 연구 성과를 통합한 결과이다.

그러나, 본 기준의 실용성은 현시점에서는 완전하게는 확인되고 있지 않다. 향후, 데이터를 집약해 검토를 거듭할 필요가 있다.

[2] 본 기준의 적용 범위

본 기준은 다음과 같은 중량물을 취급하는 작업에는 적용할 수 없다.

- ◎ 한 손으로 물건을 취급하는 경우
- ◎ 8시간 이상 물건을 취급하는 작업을 계속하는 경우
- ◎ 앉거나 무릎을 굽힌 자세로 작업을 하는 경우
- ◎ 작업 공간이 제약된 경우
- ◎ 밸런스가 맞지 않는 물건을 취급하는 경우
- ◎ 운반이나 밀거나 끌거나 하는 것 같은 작업에서의 중량물 취급
- ◎ 손수레나 운반카를 사용하는 작업에 따르는 중량물 취급
- ◎ 빠른 속도로 중량물을 취급하는 경우(약 75cm/초를 넘어가는 것)
- ◎ 바닥면이 좋지 않은 경우(지면과의 마찰 계수가 0.4미만의 경우)

◎ 온도/습도 환경이 나쁜 경우(온도 19~26°C, 습도 35~50%의 범위에 속하지 않는 경우)

[3] 단일작업 해석: RWL(와)과 LI

본 방법에는 거의 동일한 조건의 중량물을 취급하는 작업을 하는 경우의 해석(단일작업 해석, Single-task analysis)과, 조건이 다른 중량물을 취급하는 작업을 실시하는 경우의 해석(복수작업 해석, Multi-task analysis)이 있다. 여기에서는 먼저 단일작업 해석의 방법을 해설한다.

단일작업 해석에서는 먼저 중량물을 옮기려는 거리나 들기 회수 등의 작업 조건으로부터 RWL(Recommended Weight Limit, 추천 중량 한계)이라고 하는 수치를 계산한다. 이 RWL(단위: kg)은 건강한 작업자가 그 작업 조건에서 작업을 최대 8시간 계속해도 요통의 발생 위험이 증대되지 않는 취급물 중량의 한계값이다. RWL은 이하의 식으로 계산한다. 각 계수는 다음절에서 설명한다.

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

여기에서, LC는 부하 상수, HM은 수평 계수, VM은 수직 계수, DM은 거리 계수, AM은 비대칭성 계수, FM은 빈도 계수, CM은 결합 계수이다.

RWL이 계산된 다음에 아래식으로 LI(Lifting Index, 들기 지수)를 구한다.

$$LI = L / RWL$$

여기에서 L은 실제의 작업에서 취급하는 물건의 중량(Load Weight, 부하 중량)이다. LI는 식에 나타내었듯이 실제의 작업이 추천 한계인 RWL의 몇 배가 될지를 나타내는 값이다. 결국 L이 주어진 작업 조건에서 중량물을 취급하는 작업의 한계 중량인 RWL을 넘어가고 있는지를 알아보는 것이다. LI가 1 보다 크게 되는 것은 요통의 발생 위험이 높은 것을 나타낸다. 그러므로, LI가 1 이하가 되도록 작업을 설계/재설계할 필요가 있다.

[4] 각계수의 개요

1. LC(Load Constant, 부하 상수)

RWL을 계산하는 데 있어서의 상수로 23kg 이다. 다른 계수 HM, VM, DM, AM, FM, CM은 전부 0~1의 범위를 취하므로 결국 본 기준에서는 어떠한 경우도 RWL은 23kg를 넘어가지 않게 된다.

2. HM(Horizontal Multiplier, 수평 계수)

발의 위치에서 물건을 보관유지하고 있는 손의 위치까지의 수평 거리(H, Horizontal Location, 수평 위치. 단위 : cm)로부터 아래식을 이용해 구한다. 발의 위치는 발목의 위치로 하고, 발의 전후로 교차하고 있는 경우는 좌우의 발목의 위치의 중점을 다리 위치로 한다. 손의 위치는 중앙의 위치로 하고, 좌우의 손위치가 다른 경우는 좌우의 손위치의 중점을 이용한다.

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

주) 본 기준은 두 손으로 물건을 취급하는 작업만을 대상으로 하고 있다..

3. VM(Vertical Multiplier, 수직 계수)

지면으로부터 중량물을 보관유지하고 있는 손위치까지의 수직 거리(V, Vertical Location, 수직 위치. 단위 : cm)로부터 다음의 식을 이용해 구한다. 손의 위치는 HM의 경우와 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} VM &= 1 - (0.003 \times |V - 75|) & (0 \leq V \leq 175) \\ &= 0 & (V > 175\text{cm}) \end{aligned}$$

4. DM(Distance Multiplier, 거리 계수)

중량물을 들고 내리는 수직 방향의 이동 거리의 절대치(D, Vertical Travel Distance, 수직 이동 거리. 단위 : cm)로부터 다음의 식을 이용해 구한다. 수직 이동 거리 D는 중량물의 이동전 원래 지점(origin)과 이동 지점(destination)의 위치에서의 수직 위치 V의 차의 절대치이다.

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

주) 본 기준에서는 들기 속도를 취급하지 않는다. 따라서, 대단히 빠른 들기 동작(약 1초 이내에 75cm이상의 거리를 오르내림하는 동작)이나 던지는 등의 중량물을 취급하는 동작에는 적용할 수 없다.

5. AM(Asymmetric Multiplier, 비대칭성계수)

중량물이 몸의 정면에서 몇 도 어긋난 위치에 있는지 나타내는 각도 A(Asymmetry Angle, 비대칭각. 단위:도. 바닥에 있어서의 양발목 중점을 각도계측의 중심으로 하고 몸의 정면에 중량물이 있는 경우를 0도, 몸의 바로 옆에 있는 경우가 90도가 된다)로부터 아래식을 이용해 구한다.

$$\begin{aligned} \text{AM} &= 1 - 0.0032 \times A \quad (0 \leq A \leq 135^\circ) \\ &= 0 \quad (A > 135^\circ) \end{aligned}$$

주) 여기서 정의한 비대칭각 A는 중량물의 위치를 가리키는 값이고, 실제의 몸이 비틀기 양을 나타내는 값은 아니다.

6. FM (Frequency Multiplier, 빈도 계수)

원칙적으로 들기 빈도 F(Lifting Frequency. 단위:회/분), 작업 시간 LD(Lifting Duration), 수직

위치 V(Vertical Location. VM에서 해설 항)로부터 다음표를 이용해 결정한다..

들기 빈도 F (회/분)	작업 시간 LD(Lefting 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

들기 빈도 F는 적어도 15분간 작업을 관찰해서 구하는 것이 기본이지만, 빈도가 일정하지 않을 경우에는 보다 긴 시간의 관찰로 구할 필요가 있다. 빈도가 다른 작업이 조합되어 있는 경우는 그것을 해석하는 것이 마땅하지만, 전체적인 평균 빈도를 이용한 해석하는 것도 가능하다.

들기 작업이 15분 이상 계속되지 않는 경우에는 다음과 같은 특별 순서를 취한다. 예를 들어, 한 Cycle이 8분간의 들기 작업(들기 빈도는 10회/분)과 7분간의 들지 않는 작업인 휴식이 반복되는 경우에 있어서 15분간의 평균 들기 빈도 F는 $10\text{회/분} \times 8\text{분} \div 15\text{분} = 5.33\text{회/분}$ 으로 계산한다. 같은 방법으로 한 Cycle이 1분간의 들기 작업(들기 빈도는 10회/분)과 2분간의 들지 않는 작업으로 구성되어 있는 경우에는 15분간 작업하는 것으로 계산하기 위해서는 5 Cycle이 실행되는 것이 되므로, 이때의 들기 빈도 F는 $10\text{회/분} \times 1\text{분} \times 5\text{Cycle/분} \div 15\text{분} = 3.4\text{회/분}$ 과 같이 계산된다. 이러한 경우의 작업 시간 LD의 분류는 반복되는 Cycle의 시간으로 하고, Cycle중에 들기 작업이 짧기 때문이 1시간 미만의 분류($LD \leq 1\text{시간}$)로 하지 않는다.

들기 빈도 F가 0.2회/분보다 작은 경우에 있어서의 F는 0.2회/분으로 한다. F가 거의

없는 0.1회/분인 경우는 충분히 긴 휴식 시간이 포함되어 있으므로 작업 시간 LD가 1 시간 이하의 분류($LD \leq 1$ 시간)의 빈도 계수 FM($FM \geq 1.00$)을 항상 이용한다.

표에 값이 없는 경우는 근방의 값으로부터 직선보간법을 이용해서 구한다.

7. CM(Coupling Multiplier, 결합 계수)

중량물을 들기 쉬움에 관한 계수로, 결합 타입(Coupling Type)과 수직 위치 V(Vertical Location, VM에서 설명했음)로부터 다음표를 이용해 결정한다.

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

결합 타입의 분류는 이하 같이 정한다.

- 1) **양호(Good)** : 최적으로 설계된 용기(상자이나 운반용 나무상자 등)를 사용하면, 최적의 손잡이나 손을 넣을 수 있는(hand-hold cut-out) 용기 형태인 경우는 이것으로 분류한다(주1~3참조). 또는, 용기에 넣어 운반하지 않을 것 같은 원재료 등이나 부드러운(loose) 물건이나 부정형(irregular)의 물건을 사용하면서 그것을 손으로 싸거나 쉽게 잡아서 드는 것이 용이하면 이것으로 분류한다(주6참조).
- 2) **보통(Fair)** : 최적으로 설계된 용기를 사용하면서, 손잡이가 보통이거나 손을 넣을 수 있는 용기가 최적이지 않으면 이것으로 분류된다(주1~4참조). 손잡이가 보통이거나 손을 넣을 수 있는 용기가 아니거나, 부드러운 물건이나 부정형의 물건을 사용하면서, 손을 용기의 밑에 넣어 거의 90도 이상 굴곡시킬 수 있다면 이것으로 분류된다(주4참조).
- 3) **불량(Poor)** : 최적으로 설계되지 않은 용기, 부드러운 물건, 부정형의 물건 등이 부피가 크고, 들기 힘들고, 각이 날카로운 물건의 경우에 이것으로 분류하고(주5참조), 딱딱하지 않아서 들면 한 가운데가 튀어나와 버리는 것 같은 물건도 이것으로 분류된다.

주1) 최적으로 설계된 손잡이란, 물건의 직경이 1.9~3.8cm, 물건의 길이가 11.5cm이상, 손잡이와 물건사이의 여유(clearance)가 5cm이상, 물건의 형태가 원통형으로 표면은 매끈매끈하지만 미끄러지지 않는 것이다.

주2) 최적으로 설계된 손을 넣을 수 있는 용기란, 손을 넣을 수 있는 폭이 3.8cm이상,

길이가 11.5cm이상, 반타원형(semi-oval), 물건과의 사이의 여유(clearance)가 5cm 이상, 매끈매끈하지만 미끄러지지 않고, 두께가 0.6cm이상(예, 골판지의 2배의 두께)이라는 것이다.

주3) 최적으로 설계된 용기란, 가로가 40cm이하, 높이가 30cm이하로, 매끈매끈하지만 미끄러지지 않는 표면의 것을 말한다.

주4) 바닥으로부터 골판지상자를 드는 경우, 상자의 밑에 약 90도 굴곡시켜 드는 것이 가능해야 한다.

주5) 가로가 40cm보다 길거나, 높이가 30cm보다 높고, 거칠거나 미끄러지기 쉬운 표면, 각이 날카로운 상자, 밸런스가 맞지 않고, 불안정한 내용물, 장갑을 사용할 필요가 있는 경우의 용기는 최적으로 설계되었다고 할 수 없다. 부드러운 물건은 손으로 잡는 밸런스를 취하기 힘든 부피가 큰 것을 말한다.

주6) 손목이 과도하게 꺾이거나, 부자연스러운 자세 없이 물건을 드는 경우와 잡는데 쓸데없는 힘이 들어가는 것 같은 것이 없는 경우를 말한다.

8. 특별 제어: 이동 전 위치와 이동 후 위치의 어느 쪽의 조건으로 계산할지를 결정

이동 전 조건으로 계산하는 것이 기본이지만, 중량물을 먼저 이동할 때에 다음과 같은 특별 제어(Significant Control)(이)가 요구되는 경우에는 이동 전과 이동 후의 양방의 RWL, L₁을 계산하지 않으면 안 된다. 이 자리합, DM(거리 계수), AM(비대칭성계수), FM(반도 계수)은 이동 전과 같은 값을 이용하면 좋다. 이동 전과 이동 후의 RWL를 함께 구한 경우, 작업 전체의 RWL은 양자 중이 작은 편의 값을 선택한다.

1) 이동 장소 부근에서 쥐기를 바꿀 필요가 있는 경우 : 이동 전과 이동 후의 수직 위치가 크게 다르기 때문에 중량물을 들기가 바뀌는 경우나 기구의 기계 장착 같이 이동 장소에서 물건 들기가 바꿀 필요가 있는 경우가 이것에 해당한다.

2) 이동 장소 부근에서 중량물을 들어 보관유지할 필요가 있는 경우 : 이동 후, 두는 타이밍이 요구되기 때문에, 중량물을 든채로 조금 대기할 경우가 이것에 해당한다.

3) 이동 후 중량물을 정확한 위치에 둘 필요가 있는 경우 : 중량물을 자연스럽게 쌓아올리는 경우나 기구의 가이드에 접촉해 부품을 장착해야 하는 경우 등이 이것에 해당한다.

9. 작업중에 작업 조건이 바뀌는 경우

쌓아올려진 중량물을 내리는 작업에서는 최초의 중량물이 높은 위치에 있는 것으로

수직 위치 V는 높지만, 중량물을 내리는 작업이 계속될 수록 수직 위치 V는 낮아지게 된다. 이러한 경우는 다른 계수도 고려해 가장 좋지 않은 조건(통상은 V가 최저/최고의 위치)의 값을 선택한다.

[5] 작업 설계나 작업 개선에 이용

1. NI에 대하여

NI는 주어진 작업 조건이 어느 정도 요통의 발생 위험을 가지고 있을지를 나타내는 종합적인 평가 지수로 이용할 수 있다. 값은 작을수록 좋다. 1이하로 하면 요통의 발생 위험은 억제할 수 있다. NI가 1~2가 되면 어느 정도 요통 발생이 실제 증가된다. NI의 양적 평가에 대해서는 충분한 정보는 아직 제공되고 있지 않고, 차후의 연구를 기다릴 필요가 있다.

NI는 복수의 작업의 비교에도 이용할 수 있다. 통상, 달랐던 조건의 작업 부담도의 강약을 비교하는 것은 곤란하지만, NI를 작업마다 구해 비교하면 작업의 부담도있는 것은 개선의 중요도 순위 결정이 가능하게 된다.

NI는 특별 제어(Significant Control)의 영향 평가에도 이용할 수 있다. 예를 들어, 만약 이동 후보다 이동 전의 NI가 클 경우는 특별 제어가 불필요하도록 작업 개선을 할 수 없을かを 검토하는 의의가 있다고 판단된다.

2. 각계수에 대하여

HM, VM, DM, AM, FM, CM의 계수의 값을 비교하는 것으로, 통상은 곤란한 작업 조건의 어디를 개선하는 것이 가장 유효한지를 작업 요인의 순위 결정이 가능하게 된다.

HM, VM, DM, AM, FM, CM의 계수는 전부 0~1의 범위를 취하지만, 이 중 최고로 작은 값을 취하는 계수가 가장 큰 부담도를 가지는 요인으로 값이 작은 계수로부터 개선을 진행시켜가면 효과적이다. 각 계수를 1에 가깝게 하는 일반적인 개선법으로 다음과 같은 것이 있다.

1) HM(수평 계수) : 작업자와 중량물사이의 거리를 짧게 하는 것과 같이 장애물을 없애거나 중량물의 크기를 작게 한다. 상부에서 중량물을 취급하지 않도록 하며(발이 방해가 되어 작업자와 중량물사이의 거리가 길게 되기 때문). 만약 그것이 불가능하면 발사이에 중량물을 넣을 수 있도록 해야한다.

2) VM(수직 계수) : 이동 전이나 이동 후의 높이를 바꾼다. 상부나 어깨보다 높은 위치에서의 중량물 취급은 피한다.

- 3) DM(거리 계수) : 들거나 내리는 거리를 짧게 한다.
- 4) AM(비대칭성계수) : 몸을 비틀지 않고 끝나는 것처럼, 이동 전과 이동 후의 위치를 근접하게 한다. 또는, 걸어서 몸 전체로 방향을 바꿔 이동 전과 이동 후의 위치를 뺀다.
- 5) FM(빈도 계수) : 중량물의 들기 회수나 작업 시간을 줄인다. 휴식 시간이나 중량물을 들기가 아닌 가벼운 작업 시간을 늘린다.
- 6) CM(결합 계수) : 중량물과 손잡이를 최적인 것으로 개선한다.

[6] 계산예

1) 데이터 수집

취급 중량(평균 중량 L_{av} 와 최대 중량 L_{max}), 중량물의 이동 전과 이동 후의 조건(수평 위치 H 와 수직 위치 V), 비대칭각 A , 들기 빈도 F , 결합 타입 C , 작업 시간 LD , 특별 제어의 유무에 관한 데이터를 수집한다.

취급하는 중량		이동 전 위치		이동 후 위치		비대칭각	들기 빈도	결합	작업 시간	특별
$L_{av}(kg)$	$L_{max}(kg)$	$H(cm)$	$V(cm)$	$H(cm)$	$V(cm)$	도 $A(도)$	$F(회/분)$	타입	$LD(시간)$	제어
10	10	30	50	30	90	0	1	양호	1	있음

2) 각 조건의 계수 계산

식이나 표로부터 계수를 구한다.

	부하정수	수평계수	수직계수	이동계수	비대칭계수	빈도계수	결합계수
	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM
이동 전 위치	23	0.83	0.93	0.93	1	0.94	1
이동 후 위치	23	0.83	0.96	0.93	1	0.94	1

주1) 거리 계수 DM 은 이동 전과 이동 후의 V 의 차로부터 구한다.

주2) 특별 제어가 없는 경우, 이동 전을 계산하면 된다.

3) RWL과 NI의 산출

여기에서는 특별 제어가 있는 것으로 이동 전과 이동 후의 RWL 를 계산한다. 그리고, 값이 작은 즉, 엄한 편의 RWL (여기에서는 이동 전)를 선택해 NI 를 계산한다.

	$RWL(=LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM)$	$LI(=L_{av} / RWL)$
이동 전 위치	$23 \times 0.83 \times 0.93 \times 0.93 \times 1 \times 0.94 \times 1 = 15.5$	$10/15.5 = 0.65$
이동 후 위치	$23 \times 0.83 \times 0.96 \times 0.93 \times 1 \times 0.94 \times 1 = 16.0$	$10/16.0 = 0.625$

4) 해석

여기에서 LI는 0.65가 1보다 작기 때문에 이 작업 조건에 의해 근골격계 장애의 위험이 낮다고 판단된다. 위험을 더 경감하기 위해서는 먼저 가장 작은 값을 나타낸 계수의 개선을 검토한다. 여기에서는 수평 계수가 0.83로 가장 작기 때문에 수평 거리 H(중량물과 몸의 거리)를 작게 하도록 개선한다(여기에서 수평 거리 H는 그다지 크지 않기 때문에 얻어지는 개선도는 작다).

작업자세 평가 도구들

평가 도구	평가 항목	적용
Posturegram	정적인 자세(머리, 몸통, 상지, 하지)	정적인 자세
OWAS(Ovako Working posture Analysing System)	정적인 자세(허리, 상지, 하지)	정적인 자세(중공업, 건설업)
Posture Targeting	정적인 자세(머리, 몸통, 상지, 하지)	정적인 자세
AET(H-AET)	정적인 자세, 중노동 작업, 반복되는 작업에 노출	모든 작업, 물리적, 정신적 부하 포함
Upper extremity posture analysis system	불편한 상지 자세, 수작업에 노출	반복적인 수작업(가축업)
Classification System for the trunk and shoulders	불편한 자세(몸통, 어깨)	선자세, 정적인 자세(자동 조립)
Posture recording	불편한/정적인 앉은 자세	앉은 자세
Hand exertion classification system	반복성이나 무거운 수작업에 노출정도, 어깨, 팔, 손목, 손의 불편도, 접촉 스트레스, 진동	반복적인 수작업(제조업, 창고업)

작업자세 평가 도구들

평가 도구	평가 항목	적용
RULA(Rapid Upper Limb Assessment)	불편한 자세(목, 몸통, 팔, 다리, 손목), 근육의 사용(정적/동적), 근육의 힘	반복적인 작업(제조업, VDT, 정밀 작업)
SI(Strain Index)	상지의 작업 자세(노출된 작업자와 그렇지 않은 작업자)	반복적인 작업(상지 작업, 제조업)
ANSI Z-365 Checklist	상지 작업, VDT 작업	반복적인 작업(제조업, VDT)
BRIEF Survey	손/손목, 팔꿈치, 어깨, 목, 허리, 다리에 대해 자세, 빈도, 힘, 사용시간을 평가	반복적인 작업(상지 작업)

평가 도구	평가 항목	적용
NIOSH Lifting Equation	수평거리, 수직거리, 이동거리, 빈도, 불균형 정도, 손잡이 형태, 취급 중량	들기작업(제한조건 많음)
FL(Force Limit)	연령, 수평거리(어깨중심), 수직거리(어깨중심), 빈도	들기작업(성별, 연령 포함)
요추부추간판압박력 추정식	신장, 체중, 중량, 수평거리(L5/S1 중심), 상체경사각도, 무릎각도, 무릎과 상체의 각도	들기작업(다양한 작업자세)

OWAS

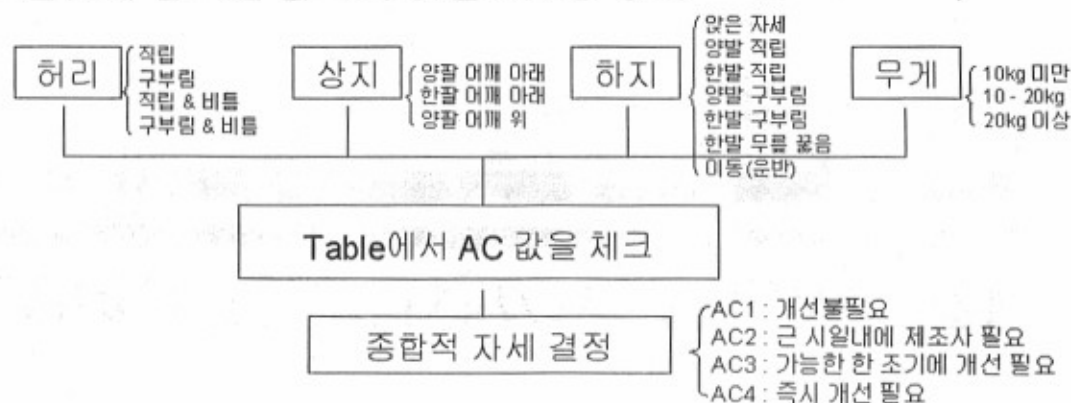
(Ovako Working posture Analysing System)

- ☞ Finland 제철회사 Ovako Oy의 Karhu와 노동위생연구소의 Kuorinka에 의해 1973년에 개발
- ☞ 1977, 1981년 두 편의 논문에 자세분류 기재
- ☞ 1985년 Stoffert의 논문에 완전한 평가방법 제시
- ☞ 좋지 않은 작업자세 평가에 이용
- ☞ 가능한 자세의 노출 위험요소 평가
- ☞ 측정자간 자세판별 일치율 90% 이상
- ☞ 20개 이상의 업종에서 테스트되어 사용 중에 있음
- ☞ 분석시 모든 데이터가 활용가능

OWAS

(Ovako Working posture Analysing System)

- ☞ 불안전에 대한 주관적 평가
 - ☞ 각 자세의 건강에 대한 영향 평가
 - ☞ 관찰에 입각한 분석의 실현가능성 평가
- 평가항목



V-DYAS Pro 1.2

화일 작업장정보 관하여

[사제업적] [자세분석] [회로결과]

개인정보 입력

사업장명 :

주 업 종 :

종 정 명 : ▼

예름 : 성별 : ▼

연령 : 세 경력 : 년

입력내용 확인

상지부위 :

허리부위 :

하지부위 :

실재무게 :

상지부위(팔)

어깨 아래	한쪽 어깨 위	어깨 위

허리부위

목바로 편	앞으로 구부림	앞으로 비틀	구부리며 비틀

실재무게

10kg이하	11~20kg	21kg이상

하지부위(다리)

앉음	앞발로 지지함	한발로 지지함

엎�기rouch (한발지지)	엎�기rouch (한발지지)	무릎을 바닥에	흠족임

RULA **(Rapid Upper Limb Assessment)**

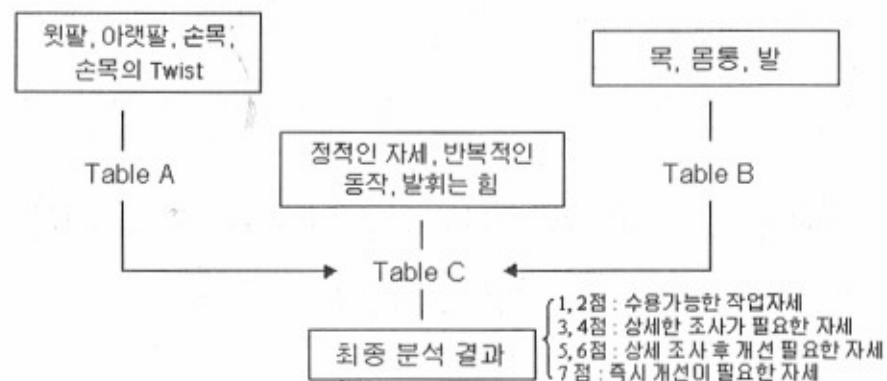
- ☞ 1993년 Mctamney 논문에 처음 소개
- ☞ 인간공학 전문가용 분석 도구(비전문가가 사용하기 어려움)
- ☞ 작업과 관련된 상지 질환의 위험성 평가
- ☞ 작업자세의 위험성 평가
- ☞ 상지를 주로 사용하는 작업 뿐만 아니라 전체 작업 분석 가능
- ☞ 1점 ~ 7점까지 정량적인 방법으로 접근

RULA

(Rapid Upper Limb Assessment)

- ☞ 윗팔, 아랫팔, 손목, 손목 Twist의 자세 평가
- ☞ 목, 몸통, 발의 자세평가
- ☞ 정적인 자세, 반복적인 동작, 발휘하는 힘의 평가

평가
항목



BRIEF Survey

(Baseline Risk Identification Ergonomics Factors)

- ☞ HumanTech Inc.에서 사용중인 평가도구
- ☞ 수십 종의 연구 논문을 중심으로 개발
- ☞ 작업 및 작업자세를 인간공학적으로 적합한지를 초기에 모니터링하는 도구
- ☞ Hand/Wrist, Elbow, Shoulder, Neck, Back, Legs에 대해 조사
- ☞ 각 신체부위에 대해 Posture, Force, Duration, Frequency의 위험성 평가
- ☞ 이 중 두 개 이상 선택 되면 문제 있는 작업

BRIEF Survey 평가지

	Hand/Wrist		Elbow	Shoulder	Neck	Back	Legs
Posture	Pinch Grip	Radial Deviation	Forearm Rotation	Raised $\geq 45^\circ$	Bent Forwards $\geq 20^\circ$	Bent Forwards $\geq 20^\circ$	Squat
	Finger Press	Ulnar Deviation	Full Extension (Hammering)	Arm Behind Body	Bent Sideways	Twisted	Stand on one legs
	Power Grip	Flexion $\geq 45^\circ$			Bent Backwards	Bent Sideways	Kneel
		Extension $\geq 45^\circ$			Twisted		
Force	Pinch Grip ≥ 2 lbs Power Grip ≥ 10 lbs		Exerting ≥ 10 lbs	Exerting ≥ 10 lbs	Weight 포함	Load ≥ 20 lbs	Pedal force ≥ 10 lbs
Duration	Any Grip ≥ 10 초			≥ 10 초	≥ 10 초	≥ 10 초	$\geq$ 하루 30%
Frequency	≥ 30 /min		≥ 2 /min	≥ 2 /min	≥ 2 /min	≥ 2 /min	≥ 2 /min
Total Score	2		2	3	1	2	2

☒ 물리적 스트레스 ☐ 진동 ☐ 기계적 스트레스 ☐ 낮거나 높은 온도	☒ 상세히 조사할 내용 ☐ 선 자세 ☐ 앉은 자세 ☐ 공구 사용	☐ 상지/하지 ☐ 작업 자세 ☐ 손/팔의 진동 ☐ 전신의 진동	☐ NIOSH Lifting ☐ 정적인 힘 ☐ 작업 시간/휴식 ☐ 조명, 소음
--	---	---	--

FL (Force Limit)

- ☞ 유럽석탄제강공동회의(ECSC)에서 개발
- ☞ 연령, 작업빈도, 어깨선을 중심으로 한 대상물까지의 수직 /수평 거리를 고려하여 무게 산정
- ☞ FL은 최대 무게(kg)을 의미함
- ☞ 선자세, 쏘그려 앉은 자세, 무릎을 꿇은 자세, 한/두 손 들기 작업자세를 포함
- ☞ 유럽지역의 들기작업에 대한 지침으로 공포, 사용 중

FL 프로그램(WinFL 1.0)

당신의 연령 ?

☐ 10~40세
 ☐ 41~50세
 ☐ 51~60세

작업 빈도(작업주기)는 ?

☐ <분당 1회>

수평거리(이때-대상을)

30 cm

수직거리 : Vertical

30 cm

결과 종료

초기화 입력 인쇄 인쇄

작업 빈도

구분	1회/분 미만	1회/분 이상
10~40세	25kg	15kg
41~50세	25kg	15kg
51~60세	21kg	15kg

최적 물기 용량(FL) = 25.91 kg

[참고 사항]
 1. 일본인의 경우(노동성 자료), 30세의 남성 작업자가 중량을 취급시, 일시작업의 알때 30kg, 반복작업의 알때 15kg 까지 허용한다.
 2. 미국인의 경우(IOSHIC 자료), 30세의 남성 작업자가 중량을 취급시, 25kg 까지 허용한다.
 3. 독일인의 경우, 30세의 남성 작업자가 중량을 취급시, 일시작업에 알때 55kg, 반복작업에 알때 30kg 까지 허용한다.
[시정 조치안]
 은 Force Limit의 경우(성별 고려안함), 30세의 작업자가 중량을 취급시, 25.91kg 까지 허용하므로 이를 넘지 않는 무게가 바람직 할 것으로 사료된다.
 BioMech 1.2

발작가능 합니다.

요추부 압박력 추정식 (Biomechanical Modeling for L5/S1)

- ☞ 추간판의 물리적스트레스와 직접적인 인과관계가 있는 요인
- ☞ 허용한계는 비가역적인 변화를 일으키지 않는 최대 압박력을 의미
 - 시체의 추간판을 이용하여 비가역적인 변화를 실험
 - 3400(N)이 사용 ; Chaffin의 연구 논문(1969)
 - 최근, 4400 ± 1880 (N)이 사용 ; Jager의 연구 논문(1997)
 - 성별, 연령에 상관관계
- ☞ 추정법의 종류
 - 2차원/3차원, 정적/동적, 생체역학적 모델/통계학적 모델
 - 현재, 3차원 정적 생체역학적 통계 모델이 사용

요추부 압박력 추정식 (Biomechanical Modeling for L5/S1)

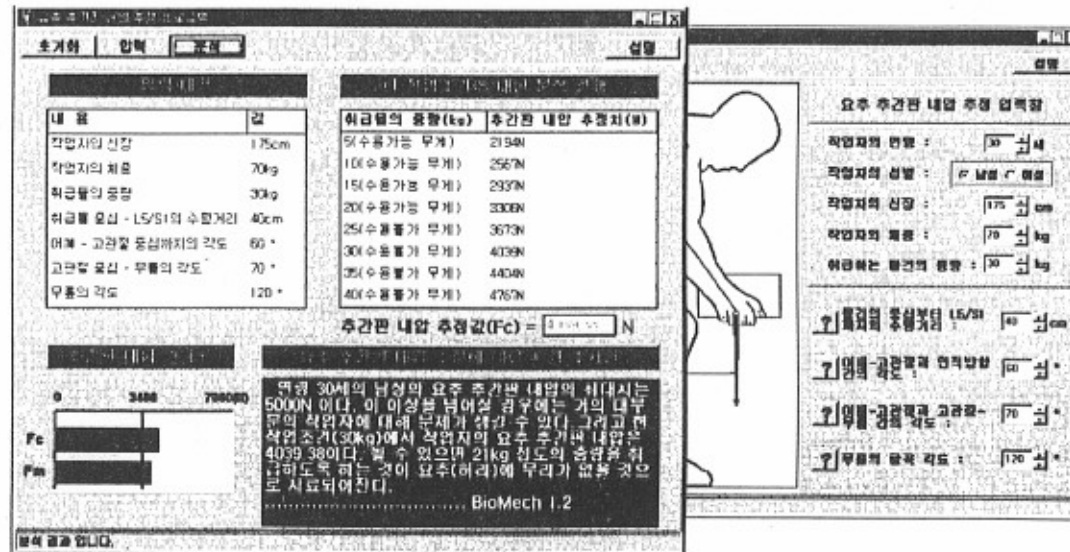
☞ 요추부 압박력 추정에 사용되는 요인

- 상반신의 체중과 취급하는 물건의 중량
- 복압
- 골반의 회선
- 작업 속도(빈도)
- 작업자의 신장
- 중량물에서 L5/S1까지의 거리
- 무릎, 발목, 고관절 등의 각도

☞ 요추부 압박력 추정식의 이용 방법

- 최대 작업 강도의 평가
- 전체적인 작업 강도의 평가
- 작업 개선 시 이용

요추부 압박력 추정 프로그램 (BioMech 1.2)



작업과 인간공학

(연 구 원 2000-1-11)

발 행 일 : 2000. 1.

발 행 인 : 원 장 정호근

연구수행자 : 연 구 원 양성환, 김대성

발 행 처 : 한국산업안전공단
산업안전보건연구원

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032)5100-939

F A X : (032)518-0867

비매품