

안전인간공학

-인체측정학 및 작업공간 설계-

한국교통대학교 안전공학과

박 정 철

인체 측정 학(Anthropometry)

□ 인체 측정 학

- 인간 신체의 여러 부분의 치수에 대한 측정과 연구
- 작업장이나 제품의 물리적 치수를 사용자의 신체에 맞도록 하기 위해 기본적 원칙과 수량화된 자료를 제공

□ 활용

- 작업장이나 장비의 높이, 배치, 사용하는 데 드는 힘, 도달하기까지의 거리 등에 대한 설계 가이드라인 개발에 활용
- 의복, 자동차, 자전거, 가구, 수공구 등과 같은 소비제품의 설계에 적용

인간의 변산성(Variability)

□ 연령

- 신장: 20~25세까지 증가, 35~40세부터 감소 (남성>여성)
- 체중, 가슴둘레 등: 약 60세까지 증가 후 감소

□ 성별

- 성인 남성 > 성인 여성 (평균적으로 성인 남성의 92%)
 - 부위에 따라 비슷하거나 여성이 남성 능가
 - 엉덩이, 허벅지, 피하지방 두께 등
- 성장
 - 여아: 10~12세 사이에서 최대 성장률, 17세까지 꾸준히 성장
 - 남아: 13~15세 사이에서 최대 성장률, 20세까지 성장률 감소

□ 인종/민족

- 흑인 조종사: 백인 조종사에 비해 팔다리가 길고 몸통이 짧음 (Long & Churchill, 1965; NASA, 1978)
- 일본인 조종사: 미국인 조종사에 비해 신장이 작지만 앓은 키는 유사 (Yokohori, 1972)
- 미국 남성 90%에 맞도록 설계된 장비: 90%의 독일 남성, 80%의 프랑스 남성, 65%의 이탈리아 남성, 45%의 일본 남성, 25%의 태국 남성, 10%의 베트남 남성에 적합 (Ashby, 1979)

인간의 변산성(Variability)

□ 직업

- 운동 선수, 광부, 트럭 운전자, ...
- 직무 관련 신체적 활동, 직업이 요구하는 신체적 특징

□ 세대/연도

- 향상된 영양섭취와 생활 조건
- 만 17세 한국 남성: 166.2cm (1970) → 173.6 (2005)

□ 일시적 차이

- 신장 5cm (자세, 척추 연골 두께 등)
- 체중 1kg (신체의 수분량)



통계적 분석

□ 정규분포 (normal or Gaussian distribution)

표본의 평균 $M = \sum (X_i) / N$

표본의 표준편차 $s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - M)^2}{N - 1}}$

N : 표본의 크기

X_i : i 번째 측정치

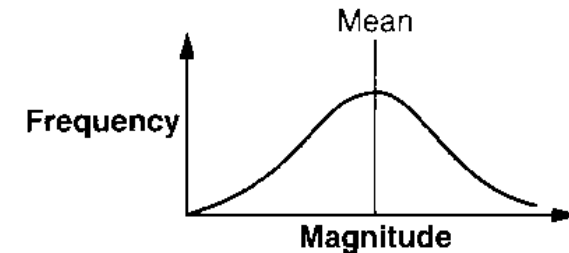


TABLE 10.1 Multiplication Factors for Percentile Calculation

Percentile	F
1st	-2.326
5th	-1.645
10th	-1.282
25th	-0.674
50th	0
75th	+0.674
90th	+1.282
95th	+1.645
99th	+2.326

□ 백분위수(Percentile)

- 특정 크기와 같거나 작은 치수를 갖는 사람들의 전체 집합에 대한 비율
- 50%ile = 평균

백분위수 $X = M + F \times s$

M : 평균

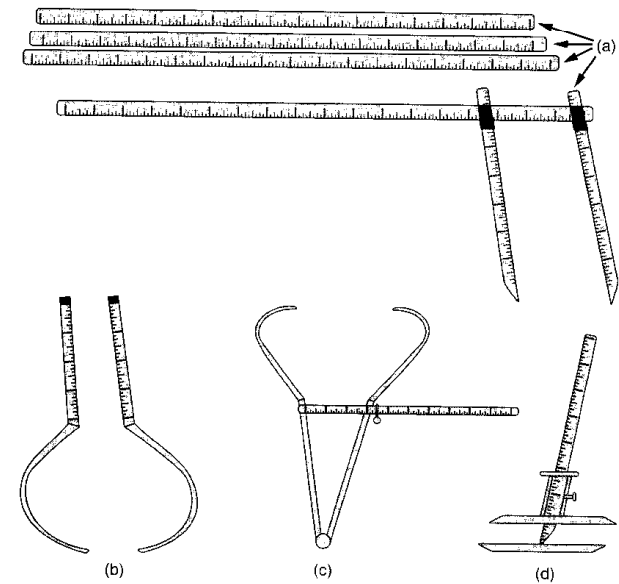
s : 표준편차

F : 백분위수에 해당하는 표준편차의 인수

인체 측정 데이터

□ 측정도구와 방법

- 인체측정기
- 표준자세에서 나체 측정
- 모란트 기법(Morant technique)
 - 격자로 된 평면을 직각으로 배치하여 신체 부위를 격자에 투사
- 사진 촬영, 영상 녹화, 홀로그램/레이저 활용



인체 측정 데이터

□ 조사 대상 및 시기

- 민간인 vs. 군인 데이터
- 조사 년도

□ 구조적 데이터와 기능적 데이터

■ 구조적(정적)

- 신체가 표준적, 정적 자세에 있을 때 수집된 신체 치수
- 키, 어깨너비, 손목 굽기, 하박 길이, 손의 너비

■ 기능적(동적)

- 신체가 다양한 작업자세를 취할 때 수집된 신체 치수
- 손목의 굽힘-펴기(flexion-extension) 범위, 가쪽-안쪽(ulnar-radial) 동작 범위, reach envelope (선 자세에서 오른손으로 뻗칠 수 있는 영역) 등

■ 구조적 데이터 → 기능적 데이터 변환

- 쉽게 접근 가능한 Reach의 경우 20~30% 감소

□ 상관관계

- 인체 측정 치수간의 높은 상관관계 또는 낮은 상관관계
- 평균 인간(average person)

설계시의 인체 측정 데이터 활용

□ 사용자 집단 결정

- 성별, 연령, 인종, 직업 등

□ 해당 신체 부위 결정

- 키, 어깨너비, 손가락 두께 등



□ 적용 원칙 결정

- 극단적 개인용 설계(design for extremes)
 - 최대치 기준 설계: 통로 크기, 지지 무게 등
 - 최소치 기준 설계: 선반 높이, 조작장치까지의 거리, 의자의 깊이 등
- 조절 가능 범위 설계(design for adjustable range)
 - 5%ile ~ 95%ile (또는 1~99%ile, 10~90%ile)
 - 높이 조절 가능 의자 등
- 평균치 기준 설계
 - 공공 장소의 의자, 계산대 높이 등
- 비용 고려



□ 데이터 보정

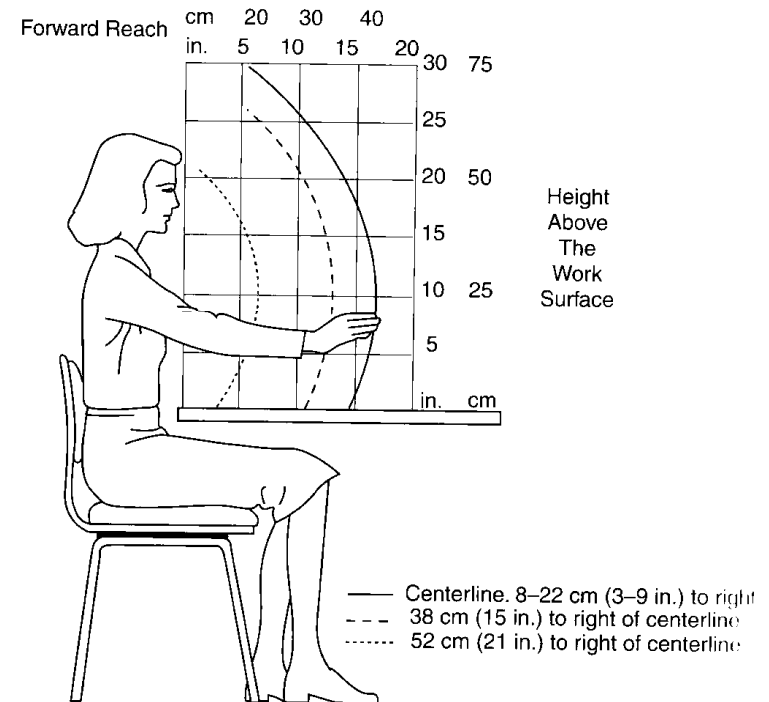
- 의복 착용, 자연스러운 자세, 여유공간 고려
- 여러 치수가 동시에 고려되어야 하는 경우: 컴퓨터 인체모델 활용

□ 확인 및 피드백

- 목업이나 시뮬레이터 활용

작업장 설계의 일반 원리

- 고려사항
 - 비용, 미적 요소, 내구성, 구조적 특성, 인간공학적 특성
- 여유공간 요건(clearance requirements)
 - 최대치 기준 설계
 - 의복 착용 고려
- 접근가능 요건(reach requirements)
 - 최소치 기준 설계
 - 의복 착용 고려
 - Reach envelope
(상체를 고정한 자세에서 손으로 뻗칠 수 있는 영역)
 - 사용 빈도, 힘의 강도 고려
- 유지/보수공을 위한 요건
- 가변성 요건
 - 조절의 용이성
 - 조절 방식
 - 작업장 조절 (작업대 형태, 위치, 높이, 방향 등)
 - 작업자 위치 조절 (의자 높이, 발판, 회전형 의자 등)
 - 작업물 조절 (지그, 클램프, 부품 정렬대 등)
 - 공구 조절 (길이 조절 가능 수공구 등)



작업장 설계의 일반 원리

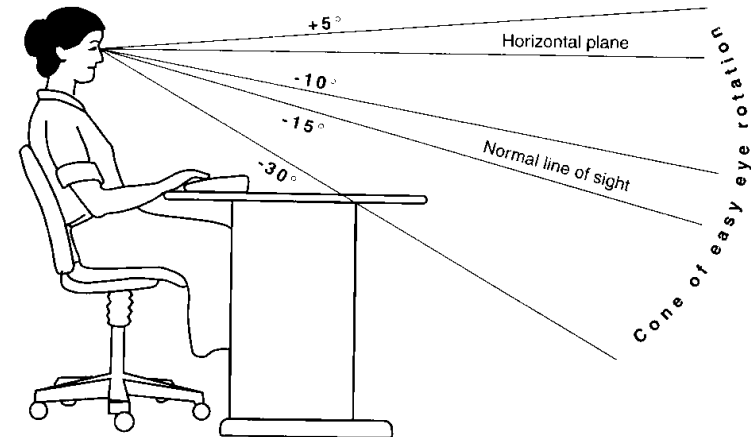
□ 가시도와 정상 시선

■ 가시도

- 시각도, 대비, 관찰 거리 등

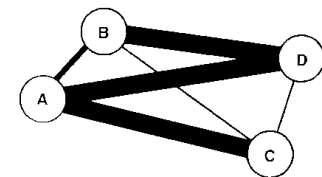
■ 정상 시선(normal line of sight)

- 눈이 쉬고 있을 때의 응시 방향
- 수평면의 10~15도 아래
- 디스플레이 위치: 정상 시선 기준 $\pm 15^\circ$ 범위 이내

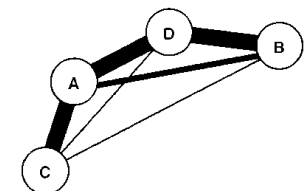


□ 구성요소 배치

- 사용빈도의 원리: PVA(일차 시각 영역), 잘 쓰는 손/발 주위
- 중요도 원리: 주요/부가 구성요소로 구분
- 사용순서의 원리: 이동의 효율성
- 일관성 원리: 기억 및 탐색 요구 최소화
- 제어장치-디스플레이 부합성 원리: 근접 및 동일 배열 유지
- 혼잡성 회피 원리: 조작 장치간 여유공간
- 기능적 집산화 원리: 관련 기능의 집산화



(a)



(b)

■ 원리들간의 상충관계

→ 링크 분석(link analysis) 또는 최적화 기법(optimization technique) 활용

선 자세와 앉은 자세 작업

□ 선 자세 작업

- 작업자들이 자주 돌아다녀야 하는 경우
- 매우 크거나 무거운 대상들을 다루는 경우
- 손으로 큰 힘을 써야 하는 경우
- 장시간 선 자세 작업시 고려사항
 - 신체에 무리한 부담
 - 체액이 다리쪽으로 쏠림
 - 바닥 매트나 쿠션 신발 착용

□ 앉은 자세 작업

- 장시간 작업 (신체 부담 적음, 혈액순환 향상)
- 정확한 작업 (균형감, 안정감)
- 앉은 자세 작업시 고려사항
 - 장시간 앉아서 작업시 허리에 부담
 - 발이나 무릎의 여유 공간 확보 필요
 - 높이 조절 가능 의자와 발판 제공
 - 일정 시간 후 일어서거나 걸을 수 있도록 해야 함

□ 앉거나 설 수 있는(sit-stand) 작업장

- 서서하는 작업과 앉아서 하는 작업이 혼재할 때

작업면 높이

□ 일반적 원칙 (Ayoub, 1973; Grandjean, 1988; Eastman Kodak Company, 1986)

- 서서 작업시: 팔꿈치 높이보다 5~10cm아래
- 앉아서 작업시: 팔꿈치 높이와 같게

□ 매우 정교한 조작을 요하는 경우

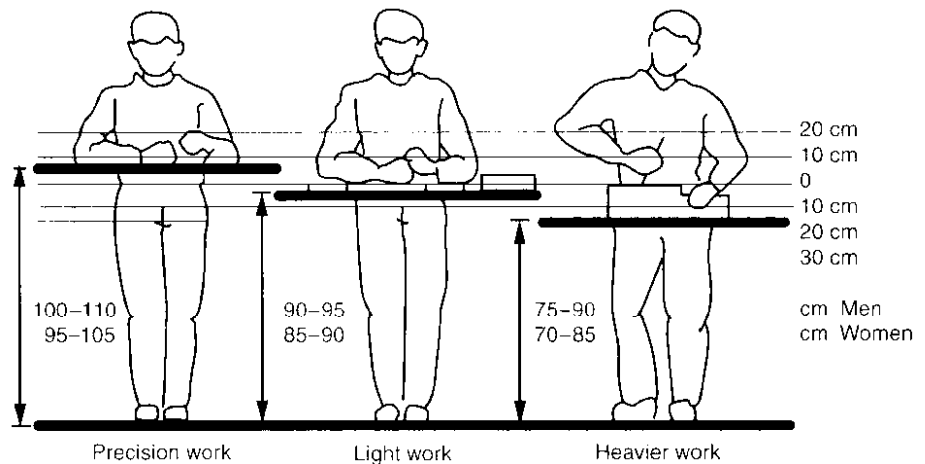
- 팔꿈치 높이보다 높이

□ 큰 힘을 요하는 경우

- 일반적인 경우보다 낮게

□ 조절 가능성

- 조절 불가능한 경우 큰 작업자 기준 설계
- 작은 작업자에게 디딤 발판이나 높낮이 조절 의자 제공



작업면 깊이와 경사

□ 작업면 깊이

■ 정상 작업 영역(normal work area)

- 상박(upper arm)을 뺀지 않고 하박(forearm)을 휘둘러서 닿을 수 있는 영역
- 즉각적으로 또는 빈번하게 도달되어야 하는 항목

■ 최대 작업 영역(maximum work area)

- 상박(upper arm)까지 뺀어서 휘둘러서 닿을 수 있는 영역

□ 작업면 경사

- 일반적으로 수평면
- 읽기 작업 - 약 15도 경사

