

인간공학 11

근골격계질환(2)

2018

박재희



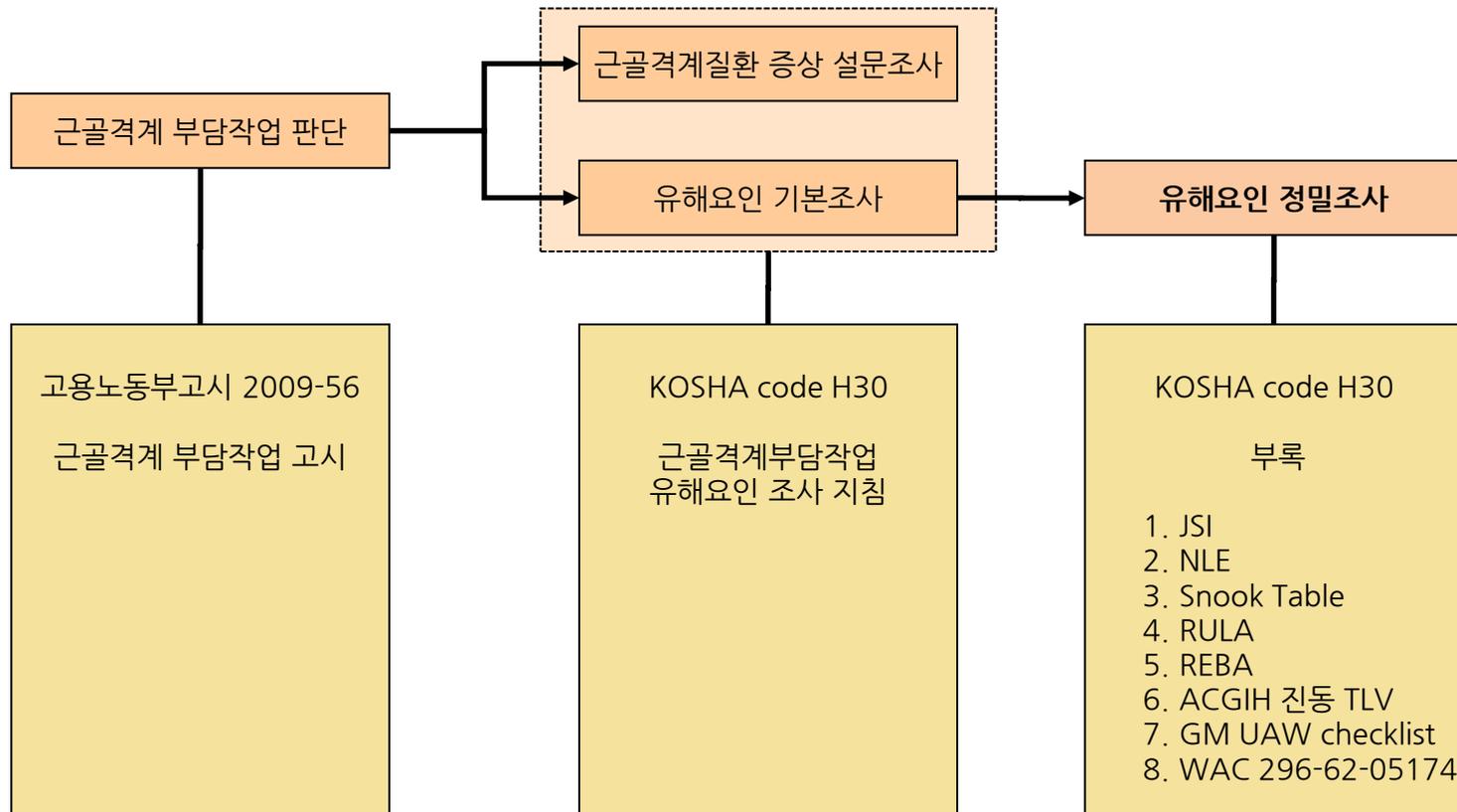
학습목표

- 근골격계질환 유해요인을 파악한다.
- 근골격계 부담작업 판정 방법을 이해한다.
- RULA, REBA, NLE 등을 이용한 작업 부하를 평가할 수 있다.
- 근골격계 부담이 높은 작업에 대해 인간공학적 개선원리를 적용해 개선안을 낼 수 있다.

1. 유해요인 조사도구

유해요인 조사절차

- KOSHA 가 제안하는 유해요인 조사 절차



KOSHA code H30 추천도구

평가도구	개발자	유형	주 대상 작업
JSI	Moore & Garg	지수 계산법	수작업
NLE	NIOSH	지수 계산법	들기/내리기작업
Snook Table	ACGIH Snook & Ciriello	참조 테이블	밀기/끌기/나르기/ 들기/내리기
RULA	U. of Nottingham	자세관찰기법	상지중심작업
REBA	U. of Nottingham	자세관찰기법	전신작업
ACGIH Hand/Arm Vibration TLV	ACGIH	기타	진동공구 작업
GM-UAW	GM Labor Union	체크리스트	자동차조립작업
WAC 296-62-05174	Washington State	체크리스트	일반적 작업

그 외 인간공학적 작업부하 평가도구

평가도구	개발자	유형	주 대상 작업
OWAS	Ovako Co. & FIOH	자세관찰기법	전신작업
MAC	HSL	지수계산법	중량물취급작업
3D SSPP	U. of Michigan	시뮬레이션	중량물취급작업
QEC	U. of Surrey	체크리스트	일반적작업
OCRA	Washington State	체크리스트	일반적 작업
PATH	Buchholz et al.	자세관찰법	비정형작업 (건설업)
PEO	Fransson-Hall et al.	자세관찰법	일반적작업
PLIBEL	Kemmlert	체크리스트	일반적작업

작업부하 평가도구의 구분

- 체크리스트 방법
 - WAC, ANSI Z365, QEC, GM-UAW
- 작업자세 평가방법
 - OWAS, RULA, REBA
- 지수적 평가방법
 - JSI, NLE
- 기타 평가방법
 - Snook Table, ACGIH 진동기준

ANSI Z 365 체크리스트 개요

- 개발(자)
 - 미국, 표준기관인 ANSI에서 제정한 ANSI-Z365: Management of work related musculo- skeletal disorders (1995) 의 부속 체크리스트
- 평가방법
 - 반복성, 부하, 작업자세 등 모두 17개 평가 항목을 포함하고 있으며 각 항목별 노출 시간을 고려한 평가
- 평가결과
 - 항목별 점수의 합계로 작업의 위험수준 3단계로 구분
 -
- 적용사례
 - 농업부문 중 종묘산업체 작업 평가(Meyers et al., 1997)
 - 자동차공장 조사 (이윤근, 1998)

ANSI Z 365 평가방법-체크리스트

유해요인	유해정도	노출시간(V 로 체크)		
		1시간이하	1-4시간	4시간 이상
반복작업	0.5-3회/분 반복			
	4회이상/분 반복			
중량물 들기	2.3-6.8kg			
	6.8-13.5kg			
	13.5-22.5kg			
	22.5kg-			
중량물 밀기/당기기	가벼움 (쉬움)			
	중간 정도 (견딜만 함)			
	무거움 (힘듦)			
중량물 (3m이상)	2.3-6.8kg			
	6.8-13.5kg			
	13.5-22.5kg			
	22.5kg-			
목/어깨	목/어깨 (굴곡/신전/회전/팔들기)			
팔	팔 최대 뻗기			
팔꿈치	팔꿈치 비틀기			
손/손목	손/손목 굴곡/신전/편향/집기			
허리	허리 굴곡/신전/회전			
무릎	무릎 굴곡/꿇기			
진동	동력 공구 사용			
접촉스트레스	신체압박(공구 혹은 작업대로부터)			
정적자세	정적인 자세/동작			
작업환경	저온, 고열, 유해광선, 소음, 분진, 클래어			
키보드	키보드 작업			
작업부하	인센티브제도/작업속도조절 불가능			

OWAS 개요

- 개발(자)
 - 핀란드의 Ovako 철강 회사에 적용된 결과를 발표 (1977)
 - 산업안전 분야에서 실용적으로 적용된 초창기 기법
- 평가방법
 - 팔/허리/다리 자세와 작업부하(힘)로 자세를 분류하여 평가
- 평가결과
 - 위험등급을 Action Level 4 단계로 평가
- 주요특징
 - 전신의 자세를 대상으로 하여 철강분야 뿐만 아니라 다양한 업종에 적용하기가 유리함 (예: 제조업, 농작업, 간호작업, 어업 등)
 - 자세 분류 체계가 단순하여 배우기 쉬움
 - 자세 분류가 너무 단순하여 세밀한 분석을 하기가 어려움 → 부하 평가의 민감도가 낮음
 - 고려되지 않는 유해요인 항목이 많음 (예: 목자세, 손목자세, 진동, 반복성 등)

OWAS 자세 분류

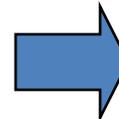
신체부위	작업자세 (괄호안은 자세코드)			
허리	(1) 바로 섰	(2) 굽힘	(3) 비틀	(4) 굽히고 비틀
				
팔	(1) 양팔 어깨아래	(2) 한팔 어깨 아래	(3) 양팔 어깨 위	
				
다리	(1) 앉음	(2) 두 다리로 섰	(3) 한 다리로 섰	(4) 두 다리 구부림
				
	(5) 한 다리 구부림	(6) 무릎 꿇음	(7) 걸기	
				
하중	(1) 10kg 이하	(2) 10 ~ 20 kg	(3) 20 kg 이상	

OWAS 평가체계

부위	코드
허리	1 2 3 4
팔	1 2 3
다리	1 2 3 4 5 6 7
하중	1 2 3



OWAS 코드
* * * *



작업범주	개선사항
1	문제 없음
2	추가 조사 요
3	개선 요
4	즉시 개선 요

RULA 개요

- 개발(자)
 - 영국 노팅엄 대학 McAtamney and Corlett이 개발 (1993)
- 평가방법
 - 신체를 상지(A)와 목/몸통/다리의 체간(B)으로 구분하여 자세를 평가한 후 반복/힘 점수를 추가하여 평가
- 평가결과
 - 점수화된 결과를 가지고 Action Level 4 단계로 평가
- 주요특징
 - 상지의 작업자세 분석에 초점
 - VDT 작업과 같은 정형작업 분석 등에 많이 이용

RULA 평가체계

그룹 A

부위	지수
상완	1 2 3 4
전완	1 2
손목	1 2

그룹 B

부위	지수
목	1 2 3 4
상체	1 2 3 4
다리	1 2

C점수



정적 근육사용
취급하중

D 점수



정적 근육사용
취급하중

작업범주	개선사항
1	문제 없음
2	추가 조사 요
3	개선 요
4	즉시 개선 요

RULA 점수



상지(표 A와 점수 C)

Score A		손목							
상완	전완	1		2		3		4	
		손목 비틀림		손목 비틀림		손목 비틀림		손목 비틀림	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	4	4
	2	3	4	4	4	4	4	4	4
	3	4	4	4	4	4	4	4	4
4	1	4	4	4	4	4	4	4	4
	2	4	4	4	4	4	4	4	4
	3	4	4	4	5	5	5	5	5
5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
	2	5	6	6	6	6	6	6	6
	3	6	6	6	7	7	7	7	7
6	1	7	7	7	7	7	7	7	7
	2	8	8	8	8	8	8	8	8
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

A 점수 4

추가 0

C 점수 4



체간(표 B)

Score B	상 체											
	1		2		3		4		5		6	
	다리		다리		다리		다 리		다리		다리	
목	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6			
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6			
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6			
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7			
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8			
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9			

B 점수 2

추가 1

D 점수 3



RULA 자세 평가

A. 상지 자세 평가

상완 (Upper Arm)	90 도 이상 굴곡(flexion)	4
	45-90 도 굴곡(flexion)	3
	20-45 도 굴곡(flexion)	2
	0- 20 도 굴곡 (flexion)	1
	0-20 도 신전(extension)	1
	20 도 이상 신전(extension)	2
전완 (Lower Arm)	100 도 이상 굴곡 (flexion)	2
	60-100 도 굴곡 (flexion)	1
	0-60 도 굴곡 (flexion)	2
손목 (Wrist)	15 도 이상 굴곡	3
	0-15 도 굴곡	2
	중립자세	1
	0-15 도 신전	2
	15 도 이상 신전	3

손목 비틀림 (Wrist Twist)	적절한 범위 내 비틀림	1
	한계직전의 비틀림	2

B. 체간 자세 평가

목 (Neck)	20 도 이상 굴곡	3
	10-20 도 굴곡	2
	0-10 도 굴곡	1
몸통 (Trunk)	0 도 이상 신전	4
	60 도 이상 굴곡	4
	20-60 도 굴곡	3
	10-20 굴곡	2
다리 (Legs)	중립자세(상체지지)	1
	다리 지지	1
	다리 지지 불충분	2

반복과 힘 사용 추가 점수

점수	정적/반복적 움직임
⓪	작업자세가 주로 정적인 (1분 이상 자세 유지) 경우
+1	작업자세를 분당 4회 이상 반복적으로 수행하는 경우

점수	힘 사용
0	2kg이하의 작업물을 간헐적으로 드는 경우
+1	2~10kg의 작업물을 간헐적으로 드는 경우
+2	2~10kg의 작업물을 정적/반복적으로 드는 경우; 10kg이상의 작업물을 간헐적으로 드는 경우
+3	10kg이상의 작업물을 정적/반복적으로 드는 경우; 갑작스럽게 작업물을 들거나 충격을 받는 경우

RULA 점수와 Action Level

RULA 점수표

C \ D	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

RULA 작업부하평가 표

RULA 점수	Action level	위험도	개선조치
1	1	위험성 거의 없음	안전
2	1	위험성 거의 없음	안전
3	2	위험성 보통	추가적 관찰 필요
4	2	위험성 보통	추가적 관찰 필요
5	3	위험성 높음	조만간 개선 요
6	3	위험성 높음	조만간 개선 요
7	4	위험성 매우 높음	즉시 개선 요

REBA 개요

- 개발(자)
 - RULA를 개발한 McAtamney 에 의해 전신작업 평가를 위해 개발(2000)
- 평가방법
 - 신체를 체간(A)과 상지(B)로 구분하여 자세를 평가한 후 각각 힘과 손잡이 점수를 추가하여 평가
- 평가결과
 - 15 점으로 평가된 REBA 점수를 가지고 Action Level 5 단계(0-4)로 평가
- 주요특징
 - RULA와 유사한 특징을 가지고 있어 장단점에서도 유사
 - RULA에 비해 전신의 작업자세를 분석하기에 적절

REBA 평가체계

그룹 A

부위	지수
몸통	1 2 3 4 5
목	1 2 3
다리	1 2 3 4

그룹 B

부위	지수
상완	0123456
전완	1 2
손목	1 2 3

+

취급하중 or 힘

+

손잡이

↓
점수 C

+

정적자세
반복작업
급격자세변화

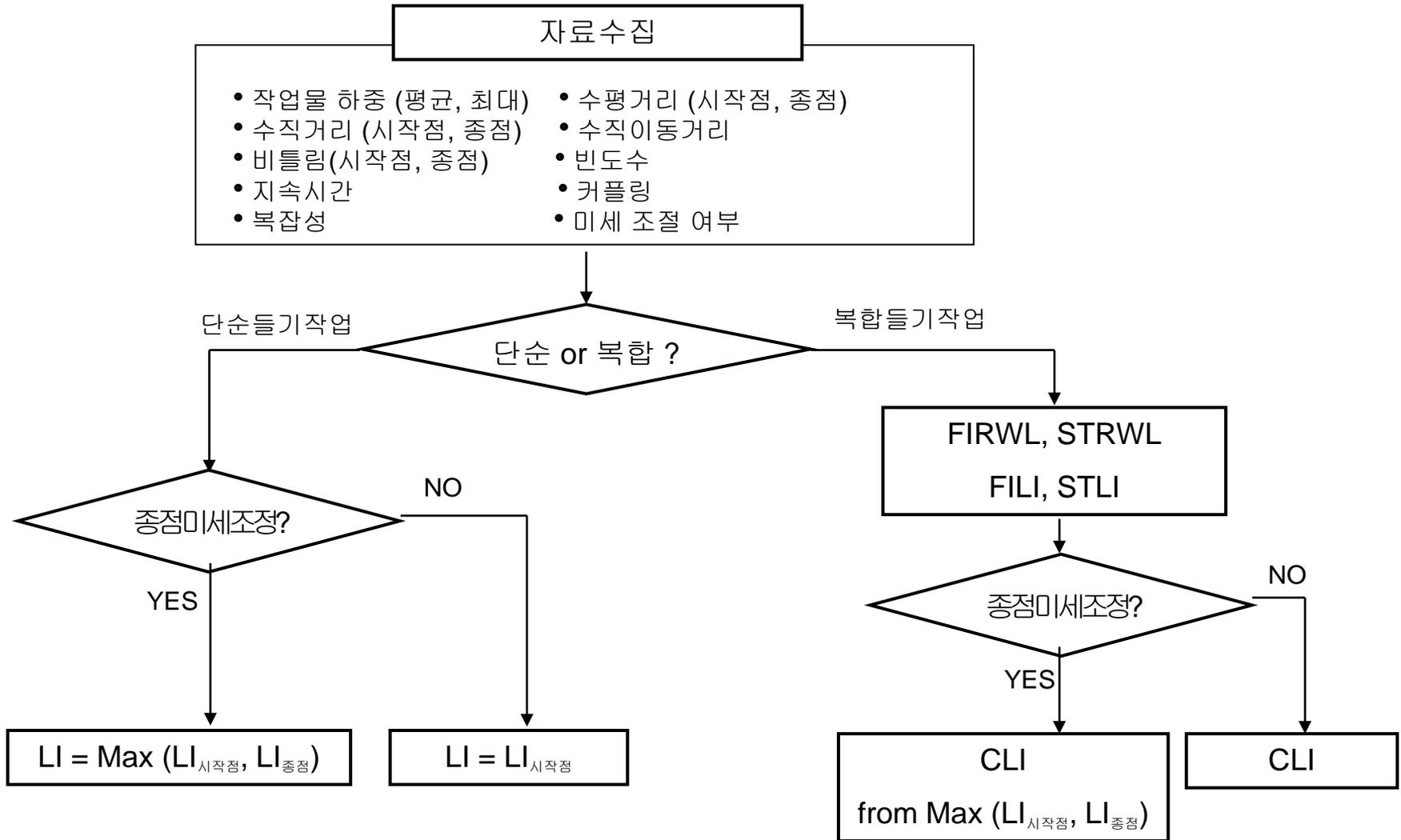
REBA 점수

작업범주	개선사항
0	문제 없음
1	문제 없음
2	추가 조사 요
3	개선 요
4	즉시 개선 요

NLE 개요

- 개발(자)
 - 미국 국립산업안전보건원(NIOSH)에서 들기작업의 위험 요인을 평가하기 개발한 지침(1981)
 - 수정된 NLE(NIOSH Lifting Equation) 제시 (1991)
- 평가방법
 - 손의 (수평, 수직) 위치, 이동거리, 몸통 비대칭각도, 작업빈도, 커플링 등을 측정
 - 측정, 관찰된 값으로부터 HM, VM, DM, AM, FM, CM 등의 승수를 계산
- 평가결과
 - 권장무게한계(RWL)과 N를 계산하여 판단
 - $N > 1$ 인 경우 작업 개선이 요구
- 주요특징
 - 들기/내리기 작업만 평가 (나르기/밀기/끌기 불가)
 - 두 손 들기 작업에 국한

NLE 평가체계

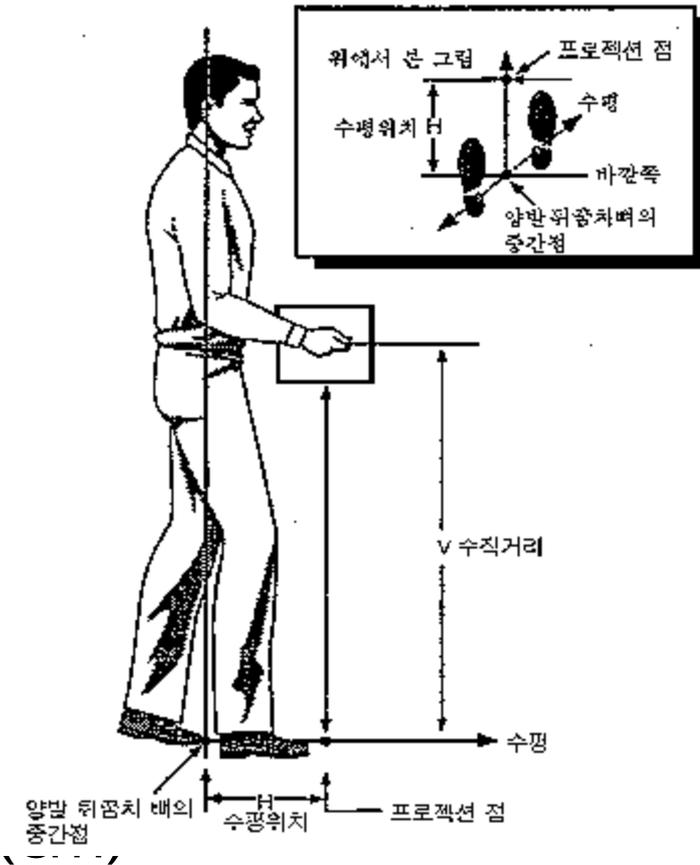


용어 정의 (1)-RWL, LI

- 권장무게한계 (RWL: Recommended Weight Limit)
 - 건강한 작업자가 특정한 들기작업에서 실제 작업시간 동안 허리에 무리를 주지 않고 요통의 위험 없이 들 수 있는 무게의 한계
- 들기 지수 (LI: Lifting Index)
 - 특정 작업에서의 육체적 스트레스의 상대적인 양
 - $LI = \text{실제 작업 무게} / \text{권장 무게 한계} = L / RWL$
 - 실제 작업물의 무게(L)와 권장무게한계(RWL)의 비
 - 1.0 보다 크면 작업 부하가 권장치 보다 크다고 할 수 있음
- 시점(시작점)
 - 물건을 들기 시작하는 지점
- 종점
 - 물건을 내려 놓는 지점

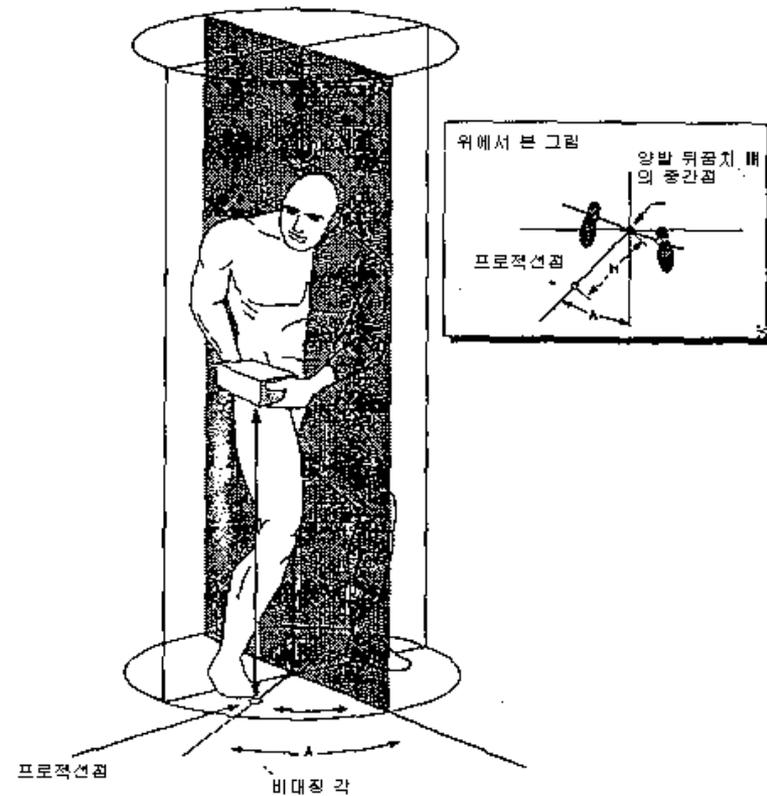
용어 정의 (2) – 작업 변수

- 무게 (L: Load Weight)
 - 작업물의 무게 (Kg)
- 수평위치 (H: Horizontal Location)
 - 두 발 뒤꿈치 뼈의 중점에서 손까지
 - 시작점과 종점에서 측정
- 수직위치 (V: Vertical Location)
 - 바닥에서 손까지의 거리(cm)
 - 시작점과 종점에서 측정
- 수직이동거리 (D: Vertical Travel)
 - 들기작업에서 수직으로 이동한 거



용어 정의 (3) – 작업 변수

- 비대칭 각도 (A: Asymmetry Angle)
 - 정면에서 비틀린 정도를 나타내는 각도
 - 시작점과 종점에서 측정
- 들기 빈도 (F: Lifting Frequency)
 - 15분 동안의 평균적인 분당 들어 올리는 횟수 (회/분)
- 커플링 분류 (C: Coupling Classification)
 - 드는 물체와 손과의 연결 상태
 - 물체를 들 때에 미끄러지거나 떨어뜨리지 않도록 하는 손잡이 등의 상태
 - 양호 (Good), 보통 (Fair), 불량 (Poor)



용어 정의 (4)-종점 미세조정



폐기물 수거

종점 미세조정 없음
목표를 향해 투척



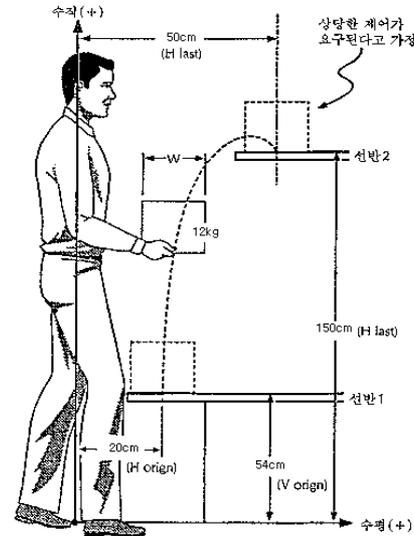
부품 장착

종점 미세조정 있음
지정된 위치에 적재

용어 정의 (5)-단순들기 vs 복합들기

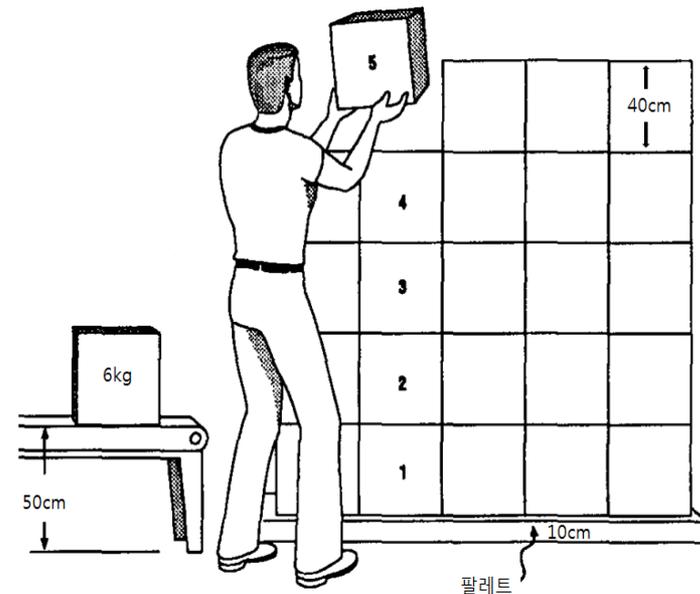
단순들기

작업중 작업변수가 일정



복합들기

작업중 작업변수가 변화



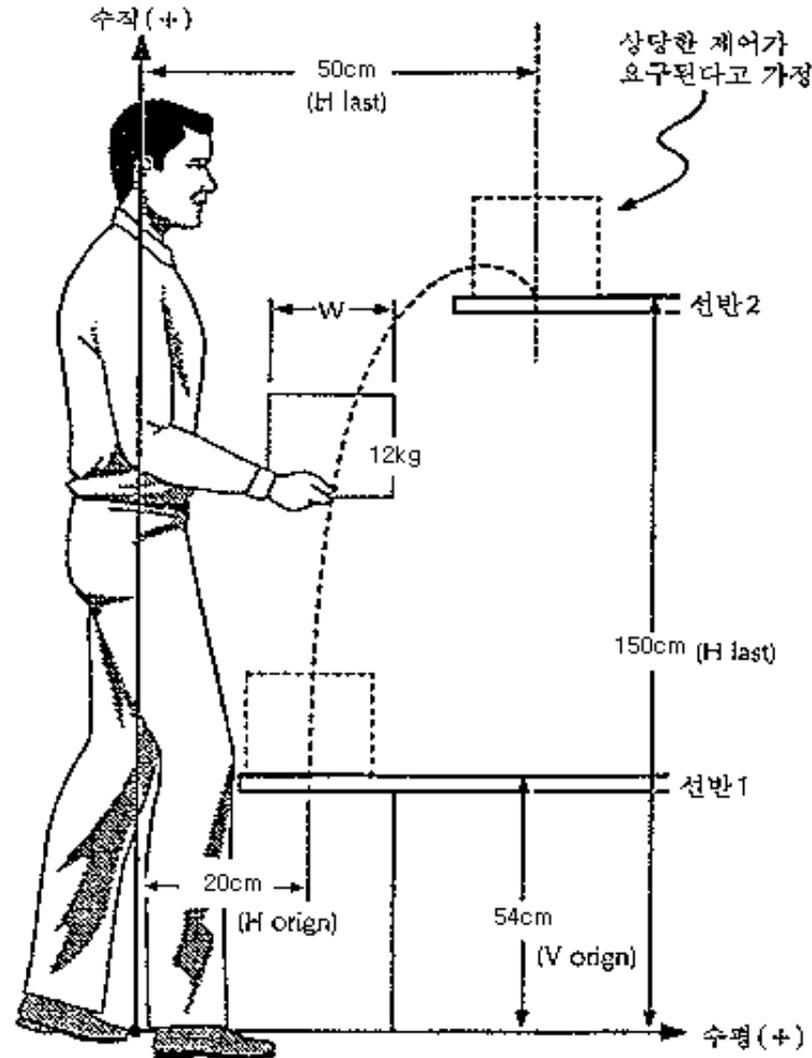
들기작업 공식-RWL

- $RWL (kg) = 23 \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$
- 23kg : 최적의 환경에서 들기작업을 할 때의 최대 허용무게
- 최적의 환경
 - 허리의 비틀림 없이 정면에서
 - 들기작업을 가끔씩 할 때 ($F < 0.2$, 5분에 1회 미만)
 - 작업물이 작업자 몸 가까이 있으며 ($H = 15\text{cm}$)
 - 수직위치 (V)는 75cm 이하
 - 작업자가 물체를 옮기는 거리의 수직이동거리(D)가 25cm이하
 - 커플링이 좋은 상태

틀기작업 공식 – 계수 정의

계 수	계 수 설 명	계 수 구 하 는 법
HM	수 평 계 수 (Horizontal Multiplier)	$25/H$
VM	수 직 계 수 (Vertical Multiplier)	$1-(0.003 V-75)$
DM	거 리 계 수 (Distance Multiplier)	$0.82 + (4.5/D)$
AM	비 대 칭 계 수 (Asymmetric Multiplier)	$1-(0.0032A)$
FM	빈 도 계 수 (Frequency Multiplier)	표 참 조
CM	커 플 링 계 수 (Coupling Multiplier)	표 참 조

단순들기 작업 평가 예



분당 3회 반복

작업 1 시간 이내

중점 미세조정 있음

단순들기 NLE 평가 사례

?

ERGONOMICS

NIOSH 단순 들기작업 분석표 (V 3.1)

회사명	예 제 NLE-1	조사일	2004년 10월 25일
공정명		조사자	한경대학교
작업명		단위작업	

순서 1. 작업변수들을 측정 기록한다.

작업 사진
결과 요약표
신규 분석
시트 복사

작업물 무게 (kg)		손의 위치 (cm)				수직 거리 (cm)	비대칭 각도 (°)		작업 시간 (시간)	작업 빈도 (회/분)	손잡이 C
		시점		종점			시점	종점			
L(평균)	L(최대)	Ho	Vo	Hd	Vd	D	Ao	Ad	T	F	
12	12	20	54	50	150	96	0	0	1.0	3	보통 ▼

순서 2. 작업변수들로부터 승수를 구하고 이들을 곱해 RWL(권장무게한계)를 계산한다.

(RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM)

승수	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM		RWL
시점	23	1.00	0.94	0.87	1.00	0.88	0.95	=	15.72 kg
종점	23	0.50	0.78	0.87	1.00	0.88	1.00	=	6.87 kg

순서 3. 시점과 종점의 LI(들기 지수)를 계산한다. 종점 미세조정 여부를 고려해 최종 판단한다.

시점	$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{12}{15.72} = 0.76$	안전한 작업
종점	$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{12}{6.87} = 1.75$	위험한 작업 관리적 개선 가능

→ 종점 미세조정 →

있음 ▼

최종

LI

1.75

copyright© 2004 인간과학응용연구소

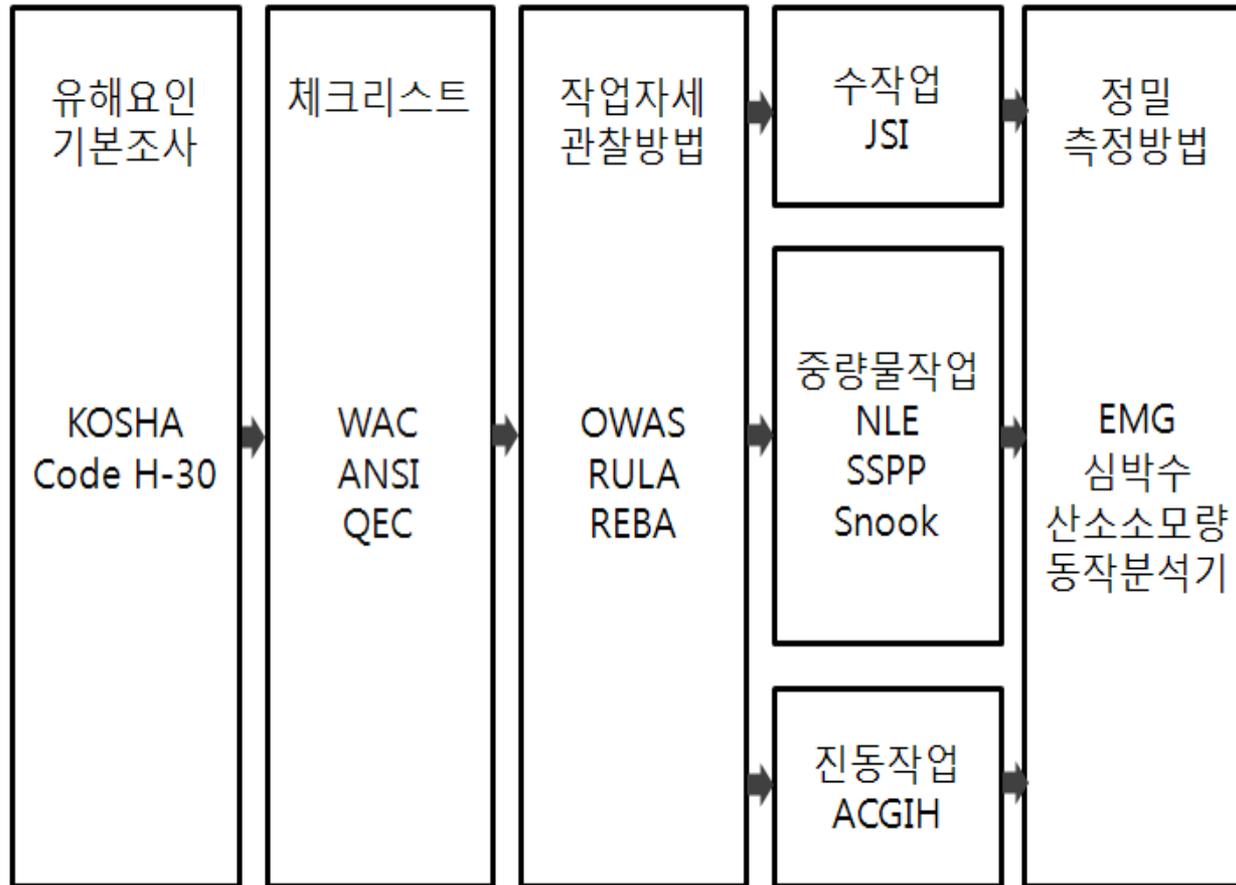
3. 요약

유해요인 조사도구의 선택

신체부위 유해요인	손	전완	상완	상체	목	하지	
자세	JSI					SSPP	
부하							
반복	ACGIH					REBA	
시간						QEC	
진동							

* 박재희, 2010

적절한 유해요인 조사 절차



KOSHA code H30, 체크리스트, 자세관찰법, NLE 등 다수의 평가기법을 사용해 평가한 후 AL 등의 가중평균으로 평가하는 것이 권고됨

* 박재희, 2010