

인간공학적 작업분석평가 도구에 따른 근골격계 부담작업 평가 결과의 차이

곽원택 · 박재희

한경대학교 안전공학과

1. 서 론

최근 들어 우리나라의 산업안전 분야에서 가장 큰 문제 중의 하나로 취급되고 있는 작업 관련성 근골격계질환(work-related musculoskeletal disorders)은 관절 부위의 근육, 건(tendon), 인대(ligament)등의 미세 섬유질에 발생한 손상으로 인해 불편함(discomfort), 통증, 장애 등을 유발하는 증상을 통칭하는 것이다(Hagberg et al.,1995). 노동부에서 매년 발표하고 있는 산업재해 통계에서 근골격계질환은 직업병 중 신체부담작업과 요통으로 분류되고 있으며, 최근 들어 급격히 늘어가는 추세이다(노동부, 2004).

근골격계질환은 작업 관련 요인, 작업자 특성요인, 사회심리적요인등의 다양한 요인이 복합적으로 작용하여 유발되는 것으로 알려져 있다(Winkel and Mathiassen, 1994). 근골격계질환은 한 번 발병하면 장기간의 요양을 요하는 등 작업자의 신체적, 심리적 고통을 유발할 뿐만 아니라, 사회적으로 생산성감소, 보상비용 증가 등의 경제적 손실을 증가시킨다. 근골격계질환으로 인한 손실을 사전에 막기 위해서는 작업 방법 및 작업장의 인간공학적인 개선을 통한 예방이 중요하며, 이를 위해서는 근골격계질환을 유발할 수 있는 작업의 작업부하 혹은 작업자세를 정확하게 평가할 수 있어야 한다.

근골격계질환의 유해요인을 평가하기 위한 연구는 상대적으로 객관적 접근이 가능한 작업 관련 요인의 정량화에 초점이 맞추어져 왔다. 작업 관련 요인의 부하 크기를 올바르게 평가하기 위해서는 강도, 반복, 지속시간 등의 요소가 동시에 고려되어야 하나 현재까지 이 분야에 대한 연구는 주로 강도 요인 중 자세부하를 측정하는 데 집중되어 왔다.

자세부하를 중심으로 한 인간공학적 분석 평가 도구로는 OWAS, RULA, REBA등이 있다.¹⁾²⁾³⁾ OWAS는 Karhu 등(1977)이 철강업에서 작업자들의 부적절한 작업자세를 정의하고 평가하기 위해 개발한 대표적인 작업자세 기법이다.¹⁾ RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지(upper limb)분석에 초점을 맞추어서 작업자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 평가하기 위해 만들어진 기법이다.²⁾ REBA는 Hignett & McAtamney(2000)가 개발하였으며 직업성 상지질환과 관련한 위해인자에 대한 개인작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었다.³⁾

가장 널리 사용되는 이러한 평가 기법과 관련해 많은 비교 연구들이 있었다. 기도형(2004)은 외부부하와 반복에 따른 팔 동작의 심물리학적 자세부하에서 산업현장에서

일어나는 작업 부하를 올바르게 평가할 수 있게 할 뿐만 아니라, 평가에서 부하의 크기가 문제가 될 때 외부 부하와 동작 반복 중 어느 요인을 얼마나 줄여야 하는가에 대한 방향을 제시하여 적절한 부하를 가진 작업의 설계에 유용하게 활용될 수 있으며 외부 부하, 동작반복, 팔 동작 등을 실험 변수로 하는 실험을 수행하여 이들 요인들이 지각 불편도에 미치는 영향의 크기를 정량화하였다.⁴⁾ 이인석(2003)은 지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교에서 OWAS의 부하 결과와 REBA는 높은 양의 상관계수를 보였으나, OWAS와 RULA는 음의 상관계수를 보였으며 통계적 검정결과 상관관계가 유의하지 않은 것으로 나타났다. RULA와 REB 간에는 약간의 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. RULA는 하지의 자세에 대한 평가가 충분히 이루어지지 않아 지각불편도와 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다.⁵⁾

이러한 연구들은 작업현장에서 일어나는 작업의 부하를 올바르게 평가하고 이해하는데 도움이 될 뿐만 아니라 OWAS, RULA, REBA 등의 자세분류 체계들에서 소홀히 다루어지고 있는 외부부하, 동작반복의 효과를 개선한 새로운 자세분류체계의 개발에 필요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 본 연구도 이런 과정에서 근골격계 작업평가에 널리사용되고있는 OWAS, RULA, REBA를 동일 작업에 적용하여 평가 결과 상의 차이가 있는지 알아보려고하였다. 세 평가 기법을 작업자세 부하 측면에서 비교하고 특징을 분석하였다(Table 1 참조). 평가 대상 작업장으로는 에어필터 조립공정의 대표적인 작업 자세들을 대상으로 하였다.

2. 방 법

2.1 대상작업

OWAS, RULA, REBA를 적용하여 평가할 대상작업장으로 충남에 소재하고 있는 중소기업인 한 에어필터 제조공장을 정했다. 이 기업에서의 생산 공정은 입고→절곡→접착→조립→가스켓작업→사상작업→포장 등으로 나누어져 있는데 각 공정마다 서로 다른 작업자가 배치되어 작업을 하고 있었다. 작업대의 높이는 87-96cm 이었으며 높이 조절은 되지 않았다. 분석을 위해 전체 공정을 12개의 작업으로 나누었고 각 작업은 다시 32개의 단위 작업으로 나누었다.

2.2 조사방법

각 단위작업에 대하여 적어도 3회의 반복이 이루어지는 동안 디지털캠코더를 이용하여 각 공정의 작업내용을 촬영하였다. 작업자세 분석을 위하여 측면에서 촬영이 이루어졌으며 손목의 각도 등에 유의하여 촬영하였다. 촬영은 공정순서에 준하여 순차적으로 이루어졌다. 비디오 촬영에 대해 작업자들에게 사전 양해가 구해졌고 정상적 방법으로 작업이 이루어지도록 요청했다.

2.3 분석방법

작업의 위험도 평가를 위해 OWAS, RULA, REBA의 평가방법을 이용하여 각 장면의 자세를 평가하였다. 각 작업 중 1분 이내에 이루어지는 작업에 대해서는 1장의 장면을 대표작업으로 선정하였으며(그림 1의 작업 2참조), 2분 이상의 작업은 그들 중 빈도나 자세유지 시간이 가장 길은 작업을 대상으로 선정하였다.(그림 1 작업1 참조). 따라서 최종적으로 32가지의 단위작업이 분석되었다. 분석에는 계산과정의 편의성을 위해 자체개발한 EXCEL VBA 프로그램을 이용하였다.

작업현장 사진				
작업 1 (알루미늄작업)				
	1-1	1-2	1-3	1-4
작업 2 (CELL코르키)				
	2-1			

그림 1. 조사대상 작업의 장면 선택



작업 분석			
사 진	OWAS	RULA	REBA
	1221	3	1
1-4	AL=1	AL=2	AL=1
	2121	3	3
2-1	AL=1	AL=2	AL=2

그림 2. 작업부하 평가결과

3. 결 과

3.1 평가도구간 상관분석

OWAS, RULA, REBA에 의한 평가 결과 간의 상관관계를 알아보기 위해 비모수 상관관계수인 Spearman 상관계수를 산출하였다. OWAS, RULA, REBA 점수 간에 모두 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다(표 1 참조). 또한 AL(Action level)에 대한 상관관계수에서도 마찬가지로 유의한 상관관계가 나타났다(표 2 참조) 각 평가도구별 AL의 점수에 대하여 도수분포표를 그림 3에 나타내었다.

3.2 분석도구간 검정

분석도구간 차이를 알아보기 위해 AL(Action level) 값에 대해 비모수 검정방법인 Friedman 검정을 실시하였다. 검정결과 세 방법의 결과 값에는 유의한 차이가 나타났다. ($X^2 = 32.554$, $P = 0.000$). 두 방법간의 차이를 알아보기 위해 wilcoxm 부호등급검정을 실시하였다. 각각의 평가결과는 표 3, 4에 나타내었다.

표 1. OWAS, RULA, REBA 평가도구 점수에 대한 상관분석

			OWAS	RULA	REBA
Spearman's rho	OWAS	Correlation Coefficient	1.000	.464**	.736**
		Sig. (2-tailed)	.	.008	.000
		N	32	32	32
	RULA	Correlation Coefficient	.464**	1.000	.693**
		Sig. (2-tailed)	.008	.	.000
		N	32	32	32
	REBA	Correlation Coefficient	.736**	.693**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
		N	32	32	32

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

표 2. 평가도구의 AL(Action level) 점수에 대한 상관분석

			ALLOWAS	ALRULA	ALREBA
Spearman's rho	ALLOWAS	Correlation Coefficient	1.000	.546**	.620**
		Sig. (2-tailed)	.	.001	.000
		N	32	32	32
	ALRULA	Correlation Coefficient	.546**	1.000	.507**
		Sig. (2-tailed)	.001	.	.003
		N	32	32	32
	ALREBA	Correlation Coefficient	.620**	.507**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.003	.
		N	32	32	32

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

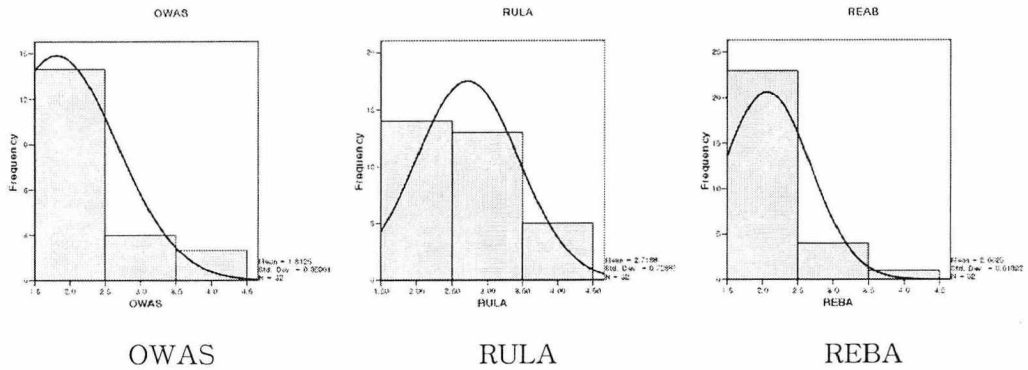


그림 3. 평가도구별 작업부하 평가 결과

표 3. 부호등급 검정결과

Test Statistics ^c

	ALRULA - ALOWAS	AL-REBA - ALOWAS	AL-REBA - ALRULA
Z	-4.284 ^a	-2.138 ^a	-4.031 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.033	.000

- a. Based on negative ranks.
- b. Based on positive ranks.
- c. Wilcoxon Signed Ranks Test

표 4. Wilcoxon 부호등급검정 결과

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ALRULA - ALOWAS	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	22 ^b	11.50	253.00
	Ties	10 ^c		
	Total	32		
AL-REBA - ALOWAS	Negative Ranks	3 ^a	7.50	22.50
	Positive Ranks	11 ^b	7.50	82.50
	Ties	18 ^c		
	Total	32		
AL-REBA - ALRULA	Negative Ranks	20 ^a	11.00	221.00
	Positive Ranks	1 ^b	10.00	10.00
	Ties	11 ^c		
	Total	32		

검정결과 RULA가 OWAS에 비하여 상대적으로 Action Level을 높게 평가하고 있다($Z = -4.284, P = 0.000$). 또 REBA 도 OWAS 에 비교해 작업의 위험도를 높게 평가하고 있다($Z = -2.138, P = 0.033$). 마지막으로 RULA가 REBA에 비하여 높게 평가하고 있다. ($Z = -4.031, P = 0.000$). 이 내용 결과에 따라 작업의 분석 방법에 따라 OWAS, RULA, REBA간의 유의한 차이가 있다고 판단되며, $RULA > REBA > OWAS$ 순으로 작업부하를 높게 평가 한다는 것을 알 수가 있었다.

4. 토 의

RULA가 다른 방법에 비하여 높게 평가한다는 것은, 이미 다른 연구결과에서도 확인되고 있다. 이러한 요인은 상지 몸통에서 근력점수와 힘점수가 중복 평가되고있기 때문으로 판단된다. OWAS는 배우기 쉽고, 현장에 적용하기 쉬운 장점 때문에 많이 이용되고 있으나, 작업자세를 너무 단순화했기 때문에 세밀한 분석에 어려움이 있다. OWAS의 분석결과는 구체적이지 못하기 때문에 작업 개선을 위해서는 추가의 세부 분석과정이 필요하다. 근본적으로 세 방법간에도 분석방법간의 유의한 차이가 있다. 예를 들어 REBA는 손잡이가 평가 되었으며, OWAS는 분석방법에서 반복이 없다.

AL(Action level)의 분석 간에도 서로 일치하는 지에 대한 관련연구와 자료가 부족

하다. RULA와 REBA에서는 OWAS에 비하여 외부 부하를 세분화하고 있다. 근골격계 질환을 유발할 수 있는 유해요인을 과도한 중량물의 취급, 불편한 자세의 반복으로 나누어 평가해 본 결과, 모든 작업에서 근골격계질환의 위험이 높은 유해 작업으로 평가되었다. 이러한 불편한 작업자세의 반복은 대부분의 경우 작업자의 신체적 특성을 제대로 고려하지 않은 부적절한 작업대의 높이, 작업방향 등의 작업장 구조적 문제가 근본 원인이 되는 것으로 파악되었다. 따라서 작업자의 신체적 특성과 차이를 반영한 작업장의 개선이 절실히 요구된다.

본 연구의 결과를 바탕으로, 작업자세 평가기법을 이용하여 작업자세 부하를 평가할 때는 각 기법의 특성과 작업 및 작업자세의 특성을 고려하여 적절한 기법을 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 작업자세 평가기법을 빨리 많은 작업자세를 관찰하여 부하가 높은 작업을 판별하는 데는 적당한 방법이지만 작업자세의 부하와 위험요인을 정밀하게 분석하여 비교하는 데는 한계점을 보완하고 작업의 특성에 맞는 기법을 보완 개발하는 노력이 필요하다.

참고문헌

- 1) Takala, E. and Freund, J. (2000), OWAS Revised: Biomechanical calculations and time aspects of loading, Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress, vol.5, 413-414.
- 2) McAtamney, L. & Corlett, E.N (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24(2) 91-99.
- 3) Hignett, S. and McAtamney, L. (2000), Rapid Entire Body Assessment: REBA, Applied Ergonomics, 31, 201-5.
- 4) 기도형 (2004), 외부 부하와 반복에 따른 팔 동작의 심물리학적 자세 부하, IE Interfaces 17(2), 218-225.
- 5) 이인석, 정민근, 최경임(2003), 지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교, 대한인간공학회지, 22(1), 43-56.