

# 근골격계질환 위험도관련 주요 평가도구들에 대한 민감도 분석

## The sensitivity analysis for ergonomic checklists associated with musculoskeletal disorders

임수정\* · 최순영\* · 박동현\*

Su-Jung Im\* · Soon-Young Choi\* · Dong-Hyun Park\*

### 초록

작업관련성 근골격계질환을 효율적으로 예방하기 위한 제일 중요한 요소는 관련위험요인들에 대한 정확한 평가이다. 그러나 대부분의 근골격계질환관련 위험도 평가도구들은 주관적평가의 가능성에 대한 지적을 많이 받아왔다. 본 연구에서는 이와 같은 지적에 대한 좀 더 체계적인 분석을 위하여 주요 평가도구들(OWAS, RULA, REBA)에 대한 일종의 민감도 분석을 수행하였다. 분석은 다음과 같이 크게 두 가지 관점에서 진행되었다; 1) 숙련자와 비숙련자에 의한 평가결과에 대한 비교, 2) 평가 시점에 따른 평가 결과의 일관성에 대한 비교.

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다; 1) RULA와 REBA의 경우, 숙련자와 비숙련자간에 평가결과의 차이는 통계적으로 유의 하였다. 반면에 OWAS의 경우에는 숙련자와 비숙련자간에 평가결과에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다, 2) 적용된 모든 평가도구들은 그 결과에 있어서 평가 시점에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 연구 목적에 따른 1차 결과를 제시하였다. 이 결과를 토대로 하여 향후 형식이나 내용면에 있어서 좀 더 확장된 개념의 연구의 수행을 통하여 평가도구를 사용하는데 있어서 체계적이고 실용적인 지침을 도출해내리라고 판단된다.

---

\* 인하대학교 산업공학과

## Abstract

It has been very important to have an exact evaluation for risk factors in order to prevent MSDs(Musculoskeletal Disorders). However, most MSDs evaluation checklists have always been some problems of possibilities associated with subjective evaluation. Therefore, this study tried to conduct a sort of sensitivity analysis on three major evaluation checklists(OWAS, RULA, REBA). Specifically, major subjects in the study consisted of three parts as follows; comparison of the results between experienced and inexperienced subjects, analysis for the consistency of the results in terms of different evaluation times.

The results of the study were summarized as follows; 1) There was statistically significant difference of the results by RULA and by REBA between experienced and inexperienced subjects. This might due to the fact that experienced subjects have had better ability to detect the bad working posture during evaluation. However, the results by OWAS did not give any significantly different results between experienced and inexperienced subjects., 2) All three checklists showed significantly different results in terms of different evaluation times. Further study on this subject would eventually provide a sophisticated evaluating guidelines for MSDs regarding determination of subject-specific evaluation, identification of repetitive number of evaluations for stable results for each checklist, determination of job-specific evaluation methods, and so on.

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

우리나라의 작업관련성 근골격계질환자 발생건수는 1998년 IMF 외환위기 당시 124건으로 최저 수준을 보이다가 2000년 이후 급속히 증가추세를 보이고 있다(노동부, 1998, 1999, 2000, 2001; 월간노동, 2002). 최근 노동부 통계에 의한 근골격계질환자는 전체 업무상 질병 요양자 발생건수 8,721명 중 6,975명으로 약 79.97%를 차지하고 있으며(노동부, 2009), 그동안 안전사고로 분류돼 온 사고성 요통이 근골격계질환 통계로 포함되면서 가파른 상승세를 보이고 있다.

근골격계질환은 부적절한 작업 자세나 장기간 고정된 작업 자세, 반복동작 등에 의하여 발생하는 것으로 알려져 있으며(D.MacLeod, 1999; 기도형, 박기현, 2005), 여기에 ‘빨리빨리’로 대표되는 한국인의 특성으로 외국에 비해 발생률이 높고 최근에는 산업구조의 다양화와 단순 반복적인 작업의 증가, 근로자들의 고령화에 따른 근력 저하가 주

요 원인으로 꼽히고 있다(매일경제 2009년 08월 31일 월요일 A30면 사회면).

이와 같이 근골격계질환의 발생 원인은 모호하고 복잡적이어서 업무와의 관련성을 평가하기에 비교적 어려움이 있으며, 작업방법, 작업 자세 등 작업 요인과의 관련성을 파악하기 위하여 인간공학적 평가 도구를 이용한 평가를 실시할 경우 계량적 방법이 정립되어 있지 않아 객관적으로 평가할 수 없는 문제점을 안고 있다(한국산업안전보건공단, 2009). 특히 현재 사용되고 있는 대표적인 근골격계질환 유해요인 평가기법인 RULA(Rapid Upper Limb Analysis), OWAS(Ovako Working posture Assessment System), REBA(Rapid Entire Body Assessment), JSI(Job Strain Index), BLUE-X(Blue Laborer's Unified Ergonomic Index), LAM(Lumbar Action Meter)등은 평가자의 주관적인 요소, 평가 방법이 평가결과에 반영될 수 있는 단점을 가지고 있어 객관적인 평가 결과를 도출하기에는 어려움이 있다(이인석 등, 2003).

그동안 이와 같은 단점을 해결할 수 있는 시작점을 파악하기 위하여 근골격계질환 위험도 평가기법에 비교에 대한 많은 연구(정민수, 2008; 이관석 등, 2007; 서승록, 2006; 김대성 등, 1999)가 수행되어왔으나 대부분은 평가도구에 대한 단순비교에 그친 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이미 언급한 세 가지 평가도구들에 관련되는 특성을 고려한 평가도구 적용에 있어서의 일종의 민감도를 파악하고자 하였다. 구체적으로 본 연구에서는 숙련자와 비숙련자의 평가결과들에 대한 비교분석, 평가 시차에 따른 평가결과의 일관성, 작업특성별 평가결과의 일관성 등을 수행하고 살펴보고자 하였다.

## 1.2 연구의 목적과 범위

본 연구의 목적 및 범위는 다음과 같이 크게 세 부분으로 이루어진다.

- 첫째, 인간공학적 작업분석 평가도구 중 RULA, OWAS, REBA를 숙련자 그룹과 비숙련자 그룹으로 나누어서 같은 작업에 대하여 평가하여 그룹간 차이가 있는지 살펴보고 분석한다.
- 둘째, 숙련자 그룹을 대상으로 하여 일정한 시간 간격을 두고 같은 작업을 RULA, OWAS, REBA로 반복 평가하였을때 시간의 흐름에 따른 일관성을 살펴 보고 분석한다.
- 셋째, 숙련자 그룹을 대상으로 하여 작업특성(자동차의 작업하는 부위)별로 RULA, OWAS, REBA로 평가하였을때 차이 및 일관성을 살펴보고 분석한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상

연구에 사용된 자료는 A자동차회사의 563공정 중 부서별로 대표성을 가지는 공정 30개였으며, 이 공정들에 대하여 총 8명의 피실험자가 평가를 수행하였다. 피실험자는 크게 두 그룹(숙련자/비숙련자 그룹)으로 나뉘어지는데 숙련자 그룹은 RULA, REBA, OWAS를 사용하여 500공정이상 분석 경험을 가진 자 4명으로 구성되었고 비숙련자 그룹은 RULA, REBA, OWAS를 한번도 사용해본 경험이 없는 일반인 4명으로 구성되었다.

### 2.2 연구방법

본 연구는 다음과 같이 이루어져 있다(그림5).

첫째, 30개의 동영상을 임의의 순서대로 각 피실험자에게 보여주고 RULA, REBA, OWAS로 작업 자세를 평가하게 하였다. 숙련자에게는 동영상과 함께 따로 평가방법에 대하여 설명을 하지 않았고, 비숙련자 그룹에게는 RULA, REBA, OWAS에 대해서 1회 교육을 실시한 후 동영상을 배포하였다.

둘째, 평가도구의 일관성을 알아보기 위하여 18개의 동영상을 임의의 순서대로 숙련자 그룹에게 3일 간격으로 RULA, REBA, OWAS를 이용하여 5회 분석하게 하였다.

셋째, 자동차 부위별(도어, 차량내부, 차량 뒷 부분, 차량 앞 부분, 차량하부)로 평가 결과의 차이를 보기위하여 총 25개 동영상을 임의의 순서대로 숙련자 그룹에게 3일 간격으로 각 평가도구를 2회씩 분석하게 하였다.

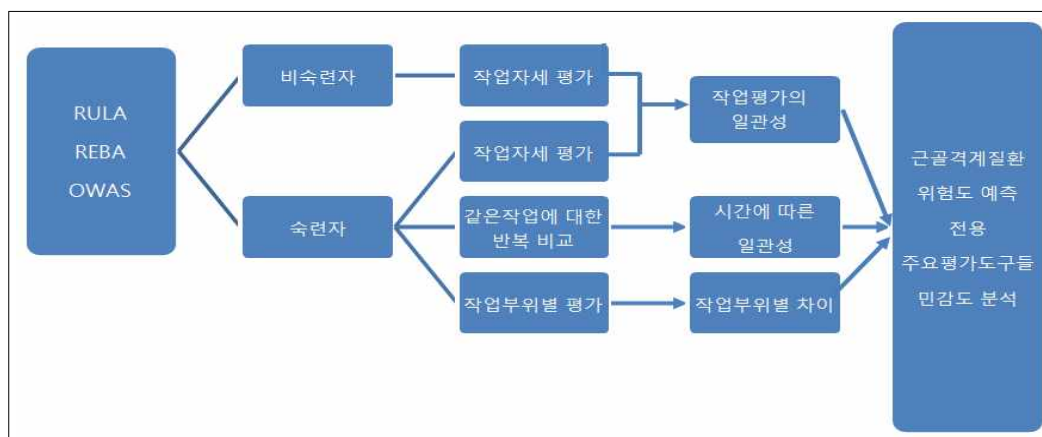


Figure 1. Process for sensitivity analysis

## 2.3 통계방법

본 연구에 사용된 통계 방법은 다음과 같다.

첫째, 숙련자와 비숙련자의 평가결과 차이를 비교하기 위하여 비모수 통계방법인 맨 위트니 유 검정(Mann-Whitney U test)을 이용하여 분석하였다. 그 이유는 평가결과 데이터는 순위척도이며, Table 1 에서 보는 바와 같이 데이터가 정규분포를 따르지 않았기 때문이다

Table 1. Results for normality test

Kolmogorov-Smirnov	
통계량	유의확률
.242	.000*

\* $p < 0.05$

둘째, 시간의 흐름에 따른 평가결과와의 일관성을 알아보고, 자동차 부위별 평가결과 차이를 비교하기 위하여 크루스칼-윌리스 검정(Kruskal-wallis test)을 이용하여 알아보았다. 그 이유는 평가결과 데이터는 순위척도이며, Table 1에서 보는 바와 같이 데이터가 정규분포를 따르지 않았기 때문이다.

## 3. 결 과

### 3.1 숙련도에 따른 작업 자세 평가 결과의 비교

#### 3.1.1 RULA를 이용하여 분석한 경우

RULA는 1단계부터 최대 4단계 까지 평가 할 수 있으며, 숙련집단에서의 평가결과 1단계 8개(6.6%), 2단계 51개(42.6%), 3단계 37개(30.8%), 4단계 24개(20%)로 나타났으며, 비숙련집단에서의 평가결과 1단계 10개(8.4%), 2단계 62개(51.6%), 3단계 44개(36.6%), 4단계 4개(3.4%)로 나타났다. 숙련집단 평가치의 평균은 비숙련집단 평가치의 평균보다 높았으며, 이 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(Table2).

Table 2. 숙련자, 비숙련자의 RULA 적용 결과에 대한 비교(Mann-Whitney U test)

	집단구분	N	Mean	SD	Min	Max	p-value
동영상	숙련자	120	2.63	0.898	1	4	.013*
	비숙련자	120	2.33	0.702	1	4	

1) \*p&lt;0.05

### 3.1.2 REBA를 이용하여 분석한 경우

REBA의 경우에도 0단계부터 최대 4단계 까지 평가 할 수 있으며, 숙련집단에서의 평가결과 0단계 17개(14.2%) 1단계 47개(39.2%), 2단계 56개(46.6%)으로 나타났고, 3단계와 4단계는 나타나지 않았다. 비숙련집단에서의 평가결과는 0단계 20개(16.6%), 2단계 62개(51.6%), 3단계 37개(30.8%)이었으며, 4단계는 나타나지 않았다. 숙련집단의 평가치의 평균은 비숙련집단의 평가치의 평균보다 높았으며, 이 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(Table 3).

Table 3. 숙련자, 비숙련자의 REBA 적용 결과에 대한 비교(Mann-Whitney U test)

	집단구분	N	Mean	SD	Min	Max	p-value
동영상	숙련자	120	1.33	0.712	0	2	.044*
	비숙련자	120	1.16	0.698	0	3	

1) \*p&lt;0.05

### 3.1.3 OWAS를 이용하여 분석한 경우

OWAS는 1단계부터 최대 4단계까지 평가 할 수 있으며, 숙련집단에서의 평가결과 1단계 8개(6.6%), 2단계 51개(42.6%), 3단계 37개(30.8%), 4단계 24개(20%)로 나타났으며, 비숙련집단에서의 평가결과 1단계 37개(30.8%), 2단계 59개(49.2%), 3단계 16개(13.3%), 4단계 8개(6.7%)로 나타났다. 숙련집단의 평가치의 평균과 비숙련집단의 평가치의 평균은 큰 차이가 없었으며 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. 숙련자, 비숙련자의 OWAS 적용 결과에 대한 비교(Mann-Whitney U test)

집단구분	N	Mean	SD	Min	Max	p-value
숙련자	120	1.96	0.844	1	4	.598
비숙련자	120	1.86	0.652	1	4	

1) \*p&lt;0.05

## 3.2 평가시점에 따른 작업 자세 평가 결과의 비교

### 3.2.1 RULA를 이용하여 분석한 경우

Table 5에서는 평가시점에 따라 RULA를 사용하여 근골격계질환 위험도를 평가하였을 때의 결과를 정리하였다. 동영상 1회차와 2회차의 평균단계는 2.45였으며, 동영상 3회차의 평균단계는 2.25로 1회차와 2회차 보다 낮은 단계를 보였다. 동영상 4회차의 평균단계는 2.55였으며, 동영상 5회차의 평균단계는 2.50으로 나타났는데, 평가시점은 평가결과에 대해서 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 5. RULA 평가시 평가시점에 따른 결과치의 비교(Kruskal-Wallis test)

	Mean	SD	N	p - value
동영상 1회차	2.45	.744	20	.491
동영상 2회차	2.45	.500	20	
동영상 3회차	2.25	.626	20	
동영상 4회차	2.55	.759	20	
동영상 5회차	2.50	.786	20	

1) \*p&lt;0.05

### 3.2.2 REBA를 이용하여 분석한 경우

Table 6에서는 평가시점에 따라 REBA를 사용하여 근골격계질환 위험도를 평가하였을 때의 결과를 정리하였다. 동영상 1회차의 평균단계는 1.00이었으며, 2회차 평균단계는 1회차 보다 높은 1.50이었으며, 동영상 3회차의 평균단계는 1.10으로 나타났다. 동영상 4회차의 평균단계는 1.05이었으며, 동영상 5회차의 평균단계는 1.25로 나타났다, 평가시점은 평가결과에 대해서 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 6. REBA 평가시 평가시점에 따른 결과치의 비교(Kruskal-Wallis test)

	Mean	SD	N	p - value
동영상 1회차	1.00	.725	20	.532
동영상 2회차	1.50	.607	20	
동영상 3회차	1.10	.553	20	
동영상 4회차	1.05	.510	20	
동영상 5회차	1.25	.520	20	

1) \*p<0.05

### 3.2.3 OWAS를 이용하여 분석한 경우

Table 7에서는 평가시점에 따라 OWAS를 사용하여 근골격계질환 위험도를 평가하였을 때의 결과를 정리하였다. 동영상 1회차의 평균단계는 1.80이었으며, 동영상 2회차 평균단계는 2.05로 나타났고, 동영상 3회차 평균단계는 1.80으로 나타났다. 동영상 4회차, 5회차 평균단계는 1.50이었으며, 평가시점은 평가결과에 대해서 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 7. OWAS 평가시 평가시점에 따른 결과치의 비교(Kruskal-Wallis test)

	Mean	SD	N	p - value
동영상 1회차	1.80	.608	20	.877
동영상 2회차	2.05	.389	20	
동영상 3회차	1.80	.405	20	
동영상 4회차	1.50	.688	20	
동영상 5회차	1.50	.606	20	

1) \*p<0.05

## 4. 고찰 및 결론

현재 자동차 산업의 전반적인 분위기는 전반적으로 과잉생산이 경제위기로 표출되는 상황이다. 현재 세계적으로 자동차 산업의 경우 2,000만대~2,400만대의 과잉시설로 인한 위기와 이러한 위기를 돌파하기 위하여 전 지구적인 경쟁에 돌입되고 있다. 이러한 이유로 자동차 산업에서는 1인당 생산량과 작업 수 증가로 근골격계질환도 같이



증가하였다. 한 설문조사에 따르면 S자동차 노동자 설문조사 대상자 474명중 근골격계 직업병 증상이 한 부위라도 있는 사람이 453명(95.6%)으로 조사되었고, 미국 국립산업 안전보건연구원(NIOSH)의 근골격계 직업병 증상 자각기준에 따른 유소견자는 430명(90.7%)이었다. 따라서 S자동차 노동자 10명 중 9명은 신체의 한 부위 이상에서 근골격계 직업병의 증상을 가지고 있는 것으로 조사되었다.(김영기, 2004)

이와 같이 막대한 잠재적인 폐해를 유발 할 수 있는 근골격계질환으로 인한 손실을 사전에 막기 위해서는 작업 방법 및 작업장의 인간공학적 개선을 통한 예방이 중요하며, 이를 위해서는 근골격계질환을 유발할 수 있는 작업의 작업부하 혹은 작업 자세를 정확하게 평가할 수 있어야 한다. 그러나 이러한 평가도구들 간에 절대적인 판정기준이 존재하지 않아 부담 작업 평가기법들로는 똑같은 작업에 대해 평가하더라도 다른 결과가 나타날 수 있다(곽원택, 2006). 문찬영(2005)에 의하면 18개 전신 자세에 대한 최대 지속 시간과 OWAS, REBA의 평가 결과 비교에서 OWAS, REBA가 저평가하는 것으로 나타났으며, 기도형(2005)에 의하면 OWAS, RULA, REBA로 똑같은 작업에 대해 평가하더라도 RULA와 OWAS는 33.5%, RULA와 REBA는 46.0% , OWAS와 REBA도 약 54.0%의 일치율을 보여 똑같은 작업에 대해 평가했지만 다른 결과가 나타났다.

이와 같은 평가도구들의 한계점 및 문제점을 좀 더 심층적으로 분석하기위하여 본 연구에서는 이제까지 시도되지 않았던 다음과 같이 크게 두 방향에서 기존의 평가도구를 분석하여 그 세부적인 특성을 파악하고자하였다.

- 1) 숙련자와 비숙련자의 평가결과에 대한 비교분석
- 2) 평가시점에 따른 평가결과에 대한 비교분석

본 연구에서 도출한 결론은 다음과 같다.

첫째, RULA와 REBA로 평가한 결과에서는 전체적으로 숙련집단의 평가결과가 비숙련자 집단에 비하여 높은 것으로 나타났다. 그 이유는 숙련집단이 비숙련집단에 비하여 RULA나 REBA에서 다루고 있는 근골격계질환관련 위험작업자세에 대하여 보다 더 잘 숙지하고 있기 때문에, 문제가 되는 위험작업자세를 포함하고 있는 장면을 잘 선택하는데 있다고 판단된다. 그러나 OWAS로 평가한 결과에서는 두 집단간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 비숙련자가 평가를 할 경우에는 OWAS로부터 시작을 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

둘째, 평가결과를 살펴보면 RULA, REBA, OWAS로 평가시 평가 시점에 따라 결과에 있어서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 동일한 동영상을 보고 평가하더라도 평가 시점에 따라 평가자가 같은 장면을 캡처 하지 않을 수도 있다고 예상되었으나 대부분의 경우에는 동일한 장면을 캡처하여 평가하는 것으로 판단된다. 따라서 숙련자 그룹의 경우(본 연구에서의 기준은 500공정 이상에 대한 평가경험)에는 평가 시점에 따라 그 결과의 차이가 없으므로 평가시점에 대한 영향을 고려할 필요가 없다고 판단된다.

본 연구에서는 연구 목적에 따른 1차 결과를 제시하였다. 이 결과를 토대로하여 향후 형식이나 내용면에 있어서 좀 더 확장된 개념의 연구의 수행을 통하여 평가도구를 사용하는데 있어서 체계적이고 실용적인 지침을 도출해내리라고 판단된다.

## 5. 참고 문헌

- [1] 광원택(2006). 인간공학적 작업부하평가 도구에 따른 근골격계 부담작업 평가 결과 차이. 환경대학교 대학원 공학석사 학위논문
- [2] 기도형, 박기현(2005). 작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교. 한국안전학회지, 제20권 제2호 pp.127-132
- [3] 김대성, 양성환, 이동경, 오정룡, 최정근 (1999) 작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교. 대한인간공학회 학술대회논문집, Vol.1999-2 pp.293-299
- [4] 김영기(2004). 자동차 산업의 구조조정과 노동강도 강화, 그리고 근골격계 직업병. 한국노동안전보건연구소 .연구소리포트 2004.02
- [5] 노동부(2002) 월간노동 12. vol. 333
- [6] 류청산(2002). SPSS 11.0 for Windows. 도서출판 엘리트
- [7] 문찬영, 나석희, 기도형, 정민근(2005) 최대지속 시간에 근거한 관찰적 자세 평가 기법의 평가. 대한산업공학회지, Vol.31 No. 4, pp.289-296
- [8] 서승록(2006). 자동차 조립공정에 대한 작업자세 평가도구의 비교. 대한인간공학회지, Vol.25, No.3 pp.61-66
- [9] 신현주, 박지수, 윤상영, 조영진(2005) 인간공학기사. 성안당
- [10] 안윤기, 박동련, 최일수(1999) 가설검정 - T검정, 비모수검정, 교차분석. 민영사
- [11] 엄명용(2007) 사회복지사를 위한 실용 비모수통계. 아산사회복지재단
- [12] 이관석, 김재형, 정민수, 전성재, 천영지(2007) 자동차 산업에서의 OCRA hecklist와 RULA 평가 비교. 대한인간공학회지, Vol.26, No.4 pp153-160
- [13] 이인석, 정민근, 최경임(2003). 지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교. 대한인간공학회지, Vol.22 No.1
- [14] 정민수(2008) 조립 산업에서의 OCRA checklist와 RULA 비교 평가 연구. 홍익대학교 대학원 석사학위 논문
- [15] 조영일(1995) 인간공학. 성안당
- [16] D.MacLeod, THE office ergonomics kit, Lewis Publishers, New york, 1999;
- [17] <http://www.kosha.or.kr/> 한국산업안전공단
- [18] <http://www.molab.go.kr/>노동부