

자동차 업종의 근골격계질환 발생 위험요인에 대한 인간공학적 평가도구간 초과율 비교

정은교¹ · 김정만^{2*}

¹한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, ²동아대학교

A Comparison of Excess Rates of Risk Factors among Ergonomic Assessment Tools for Automobile and Part Manufacturing Industry Workers

Chung Eun Kyo¹ · Kim Jung Man^{2*}

¹Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA, ²University of Dong A

There are many assessment techniques used for occupational risk factors of MSDs in the workplaces. However, because all ergonomic assessment techniques or tools are based on theoretical background derived from work physiology, biomechanics, psychophysics, industrial hygiene, work system, and etc, it is impossible to compare the assessment techniques.

This study was conducted to compare the excess rates of risk factors among ergonomic assessment techniques and to make alternative methods.

Site-visits to 6 automobile products and parts company provided data for process repeated work where the produced data was examined for evaluating the relationship between workplace lay-out and work posture by using ergonomic assessment techniques.

We evaluated 157 jobs for simple repeated work and 37 jobs for manual materials handling (MMH).

In simple repeated work, the exceeded rates of AC were 36.3% in OWAS method and 93.0% in RULA method. The exceeded rate for RULA method was significantly higher than those for OWAS method ($p < 0.05$).

In MMH, the exceeded rates of AC were 80.0% in NLE method and 76.5% in WAC method. Statistically significant

differences were not identified in the exceeded rates for NLE and MAC methods ($p < 0.05$).

The analyzed results among ergonomic assessment techniques (OWAS, RULA, NLE/WAC) were applied to the same work places performing simple repeated work and manual materials handling simultaneously. The applied results showed statistically significant differences ($p < 0.05$) among ergonomic assessment techniques (OWAS, RULA, NLE/WAC). Exceeded rates of four ergonomic assessment techniques in decreasing order was "RULA > NLE > WAC > OWAS". The RULA method was the strongest assessment technique for automobile products and parts company.

We discovered that the results could easily be overestimated or underestimated when the ergonomic assessment techniques were not applied correctly during the evaluation process. Therefore, we recommend using at least 2 methods when evaluating and analysing the results.

Key Words: Musculoskeletal Disorders, Ergonomic assessment techniques, RULA, OWAS, NLE, WAC

접수일: 2008년 12월 11일, 채택일: 2009년 5월 6일

* 교신저자: 김정만(부산광역시 서구 동대신동 3가 1번지 동아대학교 예방의학교실,
Tel:051-240-2915; Fax:051-253-5729; Email: jmkim2@dau.ac.kr)

I. 서론

일반적으로 작업환경측정에서는 작업장의 어떤 유해물질에 대한 건강상 악영향을 조사하고 평가하기 위해서는 공기 중 농도를 측정하여 분석한 결과를 평가방법에 따라 그 노출 기준(TLV) 초과여부를 결정한다. 또 이 노출기준도 작업장의 유해조건을 평가하고 개선하기 위한 지침으로 사용되지 기존의 질병이나 육체적 조건을 판단하기 위한 척도 및 안전 농도와 위험농도를 정확히 구분하는 경계선이 아님을 엄격히 정하고 있다. 마찬가지로 이와 유사한 개념으로 근골격계 질환과 관련해서도 작업으로 인해 근골격계에 발생하는 건강상 악영향을 일으킬 수 있는 위험요인을 조사하고 확인한 자료를 평가도구를 적용하여 그 개선여부를 판단하기 위한 기준으로 사용하고 있다(CCOHS,2003). 다만, 특정물질에 대한 노출기준은 하나로 존재하지만, 근골격계질환에서는 평가도구마다 기준과 적용대상이 달라 작업장에서 사용하는 데 어려움을 호소하고 있다. 특히, 동일한 작업에 대하여 여

러 가지 평가도구를 병행하여 적용할 경우에는 더 그러하다.

이러한 근골격계질환의 위험노출정도를 파악하기 위해서는 여러 인간공학적 평가도구 등을 사용하게 되는데 동일한 작업을 평가함에 있어서도 평가도구간 상이한 차이로 어떤 작업 또는 자세에서는 평가기준 판정이 모호한 경우가 있다(OSHA, 2001). 따라서, 본 연구에서는 자동차 제조 및 자동차 부품 제조업종의 주요 제조공정인 프레스, 차체, 조립, 도장 등 대표공정에 한정하여 단순반복작업에 많이 사용되는 작업자세 부하 평가기법 OWAS와 RULA, 그리고 중량물취급 작업에 대표적으로 쓰이는 NLE와 WAC의 평가의 신뢰도를 비교해 보고자 한다. 본 연구결과는 자동차업종의 작업자세 평가기법 적용시에 지침으로 활용되기를 기대해 본다.

II. 연구대상 및 방법

연구대상 및 방법은 자동차 제조업 2개사와 자동차부품제

Table 1. Subjective companies

Company	Company type	No. of jobs
A	automobile parts industry	33
B	automobile parts industry	21
C	automobile parts industry	30
D	automobile parts industry	16
E	automobile products industry	29
F	automobile products industry	28
Total	6	157

Table 2. Analytical results using OWAS or RULA

	No. of subjective jobs	OWAS Action Level				RULA Action Level				
		1	2	3	4	1	2	3	4	
Automobile parts	A	33	4	15	10	4	0	0	12	21
	B	21	4	11	5	1	0	1	15	5
	C	30	3	16	5	6	0	5	18	7
	D	16	2	11	1	2	0	3	10	3
	sub total	100	13	53	21	13	0	9	55	36
Automobile products	E	29	1	16	10	2	0	1	13	15
	F	28	0	17	10	1	0	1	16	11
	sub total	57	1	33	20	3	0	2	29	26
Total	157	14	86	41	16	0	11	84	62	
		(8.9%)	(54.8%)	(26.1%)	(10.2%)	(0%)	(7.0%)	(53.5%)	(39.5%)	

조업 4개사의 최근 3년간 근골격계질환 발생 공정 또는 인간 공학적 위험요인(부적절한 자세, 반복성, 무리한 힘 등)을 보유한 근골격계부담작업(한국산업안전공단, 2003)을 조사대상으로 하여 작업대 높이, 작업빈도, 작업자세 등을 실측하고 3~5회의 작업주기 동안 관찰을 통해 작업하는 현장을 비디오 및 사진 촬영하여 자료 확보하였고 동영상 자료를 등간격으로 캡처하여 분석을 실시하였다. 대상 사업장은 <Table 1>과 같다.

분석은 수집된 자료를 단위작업별로 분류하여 정형적인 작업을 반복적으로 수행하는 경우에는 OWAS(Ovako Working posture Analysis System)와 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)를 적용하였고, 중량물 취급작업은 NLE(NIOSH Lifting Equation)와 WAC(Washington Administration Code)를 사용하여 근골격계질환 발생 위험요인을 평가하였다(Ergoweb, 2001 ; WISHA, 1995, 2002). 그리고 위험도(Action Category)를 테이블화 하여 그에 관한 대상작업별 실태와 평가도구간 초

과율 차이 등 상호 문제점을 도출하였다. 적용한 평가도구 OWAS와 RULA에서는 위험도를 4단계(AC 1, 2, 3, 4)로 분류하는데, 이중 AC 3이상을 위험기준(Action level ; 반드시 적절한 대책이 필요한 경우)으로 간주하였다. 평가도구 NLE와 WAC에서는 LI(Lifting Index) > 1.0인 경우를 위험기준(Action level)으로 간주하였다.

III. 결 과

1. 인간공학적 평가 및 분석결과

자동차 제조업체 2개사와 자동차 부품제조업 4개사 주요 공정의 조사대상작업 157개소에 대하여 조사한 결과는 <Table 2>와 같다. 자동차제조 및 자동차 부품 제조업체의 주요공정인 프레스, 사시, 차체, 조립, 검사, 포장 등 공정은 근

Table 3. The analysis results of NLE and WAC method for MMH

		No. of subjective jobs			No. of jobs exceeding Action Level(%)		
		Total	NLE	WAC	Total	NLE	WAC
Automobile parts	A	9	8	1	6(66.7%)	5(62.5%)	1(100.0%)
	B	5	2	3	2(40.0%)	1(50.0%)	1(33.3%)
	C	13	4	9	11(84.6%)	4(100.0%)	7(77.8%)
	D	3	2	1	3(100.0%)	2(100.0%)	1(100.0%)
	sub total	30	16	14	22(73.3%)	12(75.0%)	10(71.4%)
Automobile products	E	0	-	-	0	-	-
	F	7	4	3	7	4	3
	sub total	7	4	3	7(100.0%)	4(100.0%)	3(100.0%)
Total		37	20	17	29(78.4%)	16(80.0%)	13(76.5%)

Table 4. The analysis results of OWAS and RULA method for simple repeated work

		No. of subjective jobs	Average of AC		No. of jobs exceeding AL(%)	
			OWAS	RULA	OWAS	RULA
Automobile parts	A	33	2.4	3.6	14(42.4%)	33(100.0%)
	B	21	2.1	3.2	6(28.6%)	20(95.2%)
	C	30	2.5	3.1	11(36.7%)	25(83.3%)
	D	16	2.2	3.0	3(18.8%)	13(81.3%)
	sub total	100			34(34.0%)	91(91.0%)
Automobile products	E	29	2.5	3.5	12(41.4%)	28(96.6%)
	F	28	2.4	3.4	11(39.3%)	27(96.4%)
	sub total	57	-	-	23(40.4%)	55(96.5%)
Total		157	-	-	57(36.3%)	146(93.0%)

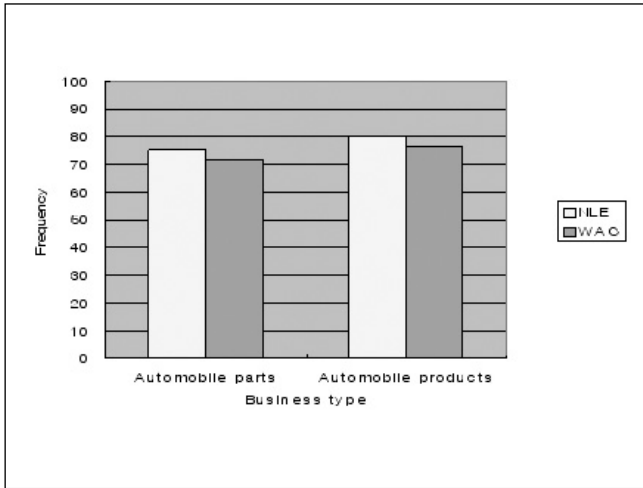


Fig 1. Frequency of jobs exceeding AL by two business type of NLE and WAC method for Manual Material Handling

골격계질환을 일으킬 가능성이 높은 작업으로 알려져 있다 (UAW-Ford Ergonomics, 1988). 그래서 주로 반복작업에 의해 이루어지는 단위작업에 대하여 인간공학적 평가도구 OWAS 및 RULA를 적용하여 해당작업을 평가분석해 본 결과, 위험도는 AC 1이 각각 14개소(8.9%), 0개소, AC 2가 각각 86개소(54.8%), 11개소(7.0%), AC 3이 각각 41개소(26.1%), 84개소(53.5%), AC 4가 각각 16개소(10.2%), 62개소(39.5%)인 것으로 나타났다.

업종별로 보면, 자동차부품 제조업체 조사대상작업 100개소에 대하여 평가기법 OWAS와 RULA 적용시 위험도 분포는 AC 1이 각각 13개소(13.0%), 0개소, AC 2가 각각 53개소(53.0%), 9개소(9.0%), AC 3이 각각 21개소(21.0%), 55개소(55.0%), AC 4가 각각 13개소(13.0%), 36개소(36.0%)로 나타났다. 자동차 부품제조업체를 대상으로 한 인간공학적 평가분석에서는 조사대상 57개소중 OWAS와 RULA 적용시 위험도 분포는 AC 1이 각각 1개소(1.8%), 0개소, AC 2가 각각 33개소(57.9%), 2개소(3.5%), AC 3이 각각 20개소(35.1%), 29개소(50.9%), AC 4가 각각 3개소(5.3%), 26개소(45.6%)인 것으로 나타났다.

또한, 전체 조사대상 157개소 중 중량물 취급작업이 이루어지는 37개소에 대하여 인간공학적 평가기법 NLE와 WAC을 적용하여 분석한 결과<Table 3><Fig 1>, 29개 작업(78.4%)이 위험기준을 초과(LI>1.0)하는 것으로 분석되었고 평가기법을 세분하여 NLE기법만을 적용한 경우에는 조사대상 20개소중 16개소(80.0%)에서 기준을 초과하였고, WAC기법만을 적용하여 평가한 경우에는 대상작업 17개소중 13개소(76.5%)가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났다.

사업장 6개사의 근골격계질환 발생 위험도 초과 작업수 및

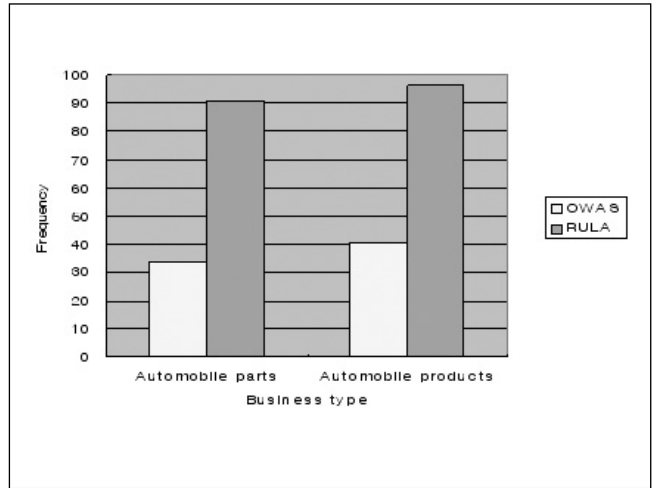


Fig 2. Frequency of jobs exceeding AL by two business types of OWAS and RULA method for simple repeated work

비율은 조사대상 157개 작업에 대해서 인간공학적 평가기법을 적용하여 동일한 작업에 대해 평가분석한 결과<Table 4>, OWAS에서는 57개소(36.3%, 18.8~42.4%)가 위험기준을 초과(AC≥3)하였고, RULA에서는 146개소(93.0%, 81.3~100%)가 위험기준을 초과(AC≥3)한 것으로 분석되었다. 또한, 업종별로는 자동차 부품 제조업체인 A, B, C, D사의 조사대상 100개소중 위험도 초과작업수(초과율)는 OWAS로 평가시 36개소(36.0%), RULA 평가에서는 91개소(91.0%)로 나타났으며, 자동차 제조업체인 E, F사의 조사대상작업 57개소중 위험도 초과작업수는 OWAS로 평가시 23개소(40.4%), RULA 평가시 55개소(96.5%)인 것으로 나타났다<Fig 2>. 즉 안전보건관리체계 등 작업환경을 잘 갖춘 규모가 큰 대기업이라 해서 위험기준 초과율이 낮게 나타나지는 않았다.

2. 평가도구간 초과율 비교

근골격계질환의 위험노출정도를 알기위해 적용한 인간공학적 평가도구인 OWAS, RULA, NLE, WAC간 초과작업수 차이를 조사한 결과는 <Table 5>, <Fig 3>과 같다.

평가도구별 분포를 보면, OWAS인 경우 13개소(35.1%), RULA인 경우 33개소(89.2%), NLE/WAC인 경우 29개소(78.4%)가 위험기준을 초과(AC≥3, LI>1.0)하는 것으로 나타나, 동일작업에 대해서도 평가도구간 위험기준 판정에 상당한 차이를 알 수 있어 어떤 작업에 대해 평가기법을 단편적으로 적용시 초과여부에 대한 판정 오차를 일으킬 우려가 있음을 의미하고 있다.

업종별로 보면, 자동차 제조업에서 조사대상작업 7개소중 평가기법 OWAS인 경우 2개소(28.6%), RULA인 경우 6개소

(85.7%), NLE/WAC인 경우 7개소(100.0%)가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났으며, 자동차 부품제조업에서 조사대상 작업 30개소중 평가기법 OWAS인 경우 11개소(36.7%), RULA인 경우 27개소(90.0%), NLE/WAC인 경우 22개소(73.3%)가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났다. 동일하게 행하여지는 작업에 대해 어떤 평가도구를 적용하느냐에 따라 위험기준 초과율이 다르게 나타났으며 그 크기순서는 RULA>NLE/WAC>OWAS 순으로 높았다.

중량물 취급시 평가기법으로 적용한 NLE와 WAC를 구분하여 정리하면<Table 6>, 조사대상 동일작업 20개소에 대해 세 평가기법 OWAS, RULA, NLE간 초과작업수(초과율) 차이를 비교분석한 결과, OWAS인 경우 7개소(35.0%), RULA인 경우 19개소(95.0%), NLE인 경우 16개소(80.0%)가 위험기준을 초과(AC≥3, LI>1.0)하는 것으로 나타났으며, 조사대상 동일작업 17개소에 대해 세 평가기법 OWAS, RULA, WAC을 적

용하여 평가도구간 초과율 차이를 비교분석한 결과, OWAS인 경우 6개소(35.3%), RULA인 경우 14개소(82.4%), WAC인 경우 13개소(76.5%)가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났다.

동일작업에 대해 상기 두 경우 전부 즉 NLE기법과 다른 기법(OWAS, RULA)을 적용했을때와 WAC기법과 다른 기법(OWAS, RULA)을 적용했을때 두 그룹간 위험기준 초과율이 각각 다르게 나타나 부담작업 평가시 어떤 평가도구를 적용해야 할지 충분한 검토가 이루어진 후 실시하여야 할 것으로 판단된다<Fig 4>. 자칫하면 인간공학적으로 위험하지 않은 작업을 잘못평가 할수 있고 어떤 작업은 과대 평가하게 되고 어떤 경우는 과소 평가하는 결과를 초래하게 된다. 본 연구를 통해 분석한 결과 평가도구의 초과율 차이는 RULA>NLE>WAC> OWAS 순으로 높게 나타나 동일한 작업을 평가함에 있어 RULA가 가장 초과작업수가 많았다. 자동

Table 5. Comparison of exceeding jobs with assessment methods at the same work

No. of subjective jobs			No. of jobs exceeding AL(%)		
			OWAS	RULA	NLE/WAC
Automobile parts	A	9	2	9	6
	B	5	2	5	2
	C	13	6	10	11
	D	3	1	3	3
sub total		30	11(36.7%)	27(90.%)	22(73.3%)
Automobile products	E	0	0	0	0
	F	7	2	6	7
	sub total	7	2(28.6%)	6(85.7%)	7(100%)
Total		37	13(35.1%)	33(89.2%)	29(78.4%)

Table 6. No. of jobs exceeding AL by assessment methods at the same MMH work

	No. of subjective jobs	OWAS Action Level			No. of subjective jobs	OWAS Action Level			
		OWAS	RULA	NLE		OWAS	RULA	NLE	
Automobile parts	A	8	2	8	5	1	0	1	1
	B	2	1	2	1	3	1	3	1
	C	4	3	4	4	9	3	6	7
	D	2	1	2	2	1	0	1	1
sub total		16	7	16	12	14	4	11	10
Automobile products	E	0	0	0	0	0	0	0	0
	F	4	0	3	4	2	2	3	3
	sub total	4	0	3	4	2	2	3	3
Total		20	7 (35.0%)	19 (95.0%)	16 (80.0%)	17	6 (35.3%)	14 (82.4%)	13 (76.5%)

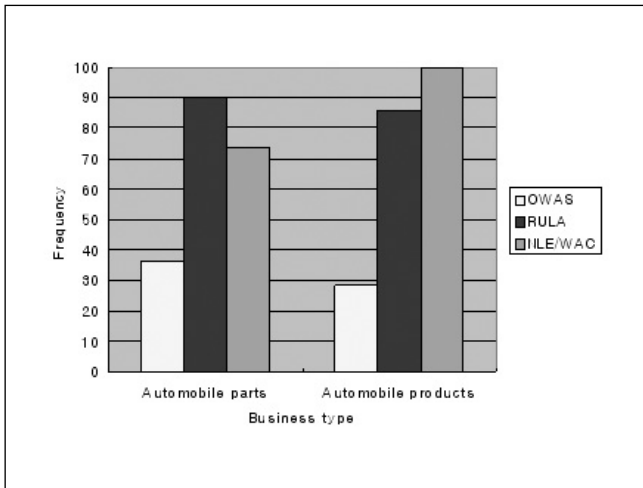


Fig 3. Frequency of jobs exceeding AL by two business type with assessment methods at the same work

차제조업종의 단순반복작업을 평가함에 있어 RULA가 더 강력한 평가기법임을 알수 있다.

IV. 고찰 및 결론

인간공학적 평가기법 들의 이론적 기본 배경은 작업 생리학, 생체역학, 심리학, 정신물리학, 산업위생 및 작업조직 등의 기술 모델에 근거를 두고 있다. 이렇듯 각각의 평가도구 들은 만들어진 이론적 배경 및 특성이 있어 평가도구를 비교 한다는 것은 불가능하다. 이러한 인간공학적 평가도구 등을 어떻게 단위작업에 잘 적용해서 평가하는 것이 평가오차를 줄이는 방법이 될 것이다. 그러나 이것 또한 쉽지 않은 문제 인 것 같다. 자동차산업 및 화학산업의 조립작업등에 대한 OWAS와 RULA를 적용한 평가도구 비교에서도 OWAS가 RULA보다 저평가되고 있음을 지적하고 있다(기도형, 2005).

인간공학적 평가도구들 중에는 상대적으로 간단한 경우도 있고 이와는 반대로 자세한 분석과 복잡한 장비를 필요로 하는 경우도 있다. 그래서 어떻게 하면 작업장의 부적절한 구조와 불편한 작업자세 등 근골격계질환 발생요인에 대한 작업분석을 통하여 작업환경에 잠재된 위험요인을 파악하고 이를 개선, 제거하기 위한 판단의 잣대로써 평가기법을 적용하게 되는데 현재 상당히 많은 평가도구들이 사용되고 있다.

조선업근로자를 대상으로 OWAS, RULA, Strain Index, OSHA Part A, BRIEF, ANSI Z-365 등 평가기법을 비교한 연구에서는 자가평가 결과가 전문가 평가결과에 비해 105.7~122.6% 정도 과대평가된 것으로 보고하고 있다(이운

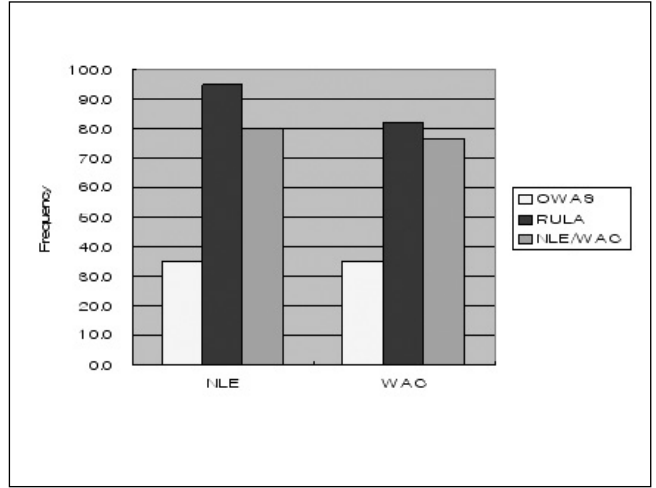


Fig 4. Frequency of jobs exceeding AL by assessment methods at the same MMH work

근, 2005).

이와같이 평가도구를 어떻게 적용하느냐에 따라 잘못하면 경영상의 손실도 올 수 있고 또 어떤 경우에는 문제가 있는데 문제가 없다고 평가할 수 있는 경우도 발생할 수 있다. 평가도구의 적용에 있어 신중을 기할 필요성이 있다는 것을 제시하고자 한다.

여러 가지 평가도구를 동시에 고려하였을 경우, 분석대상 작업이 반복적인 작업, 중량물 취급작업 및 혼합작업(단순반복작업+중량물 취급작업)이냐에 따라 인간공학 평가도구의 분석결과를 토대로 개선방안을 달리 적용해야 한다. <Table 7>은 작업의 형태에 따른 평가도구 결과별 관리수준을 나타낸 것으로 절대적인 방법은 아니며, 자동차 제조업 및 부품 제조업에 대한 오랜 기간동안의 분석결과와 경험을 통해 제시된 것이다. 분석 대상업종이 다를 경우에는 달리 적용될 수도 있으며 더 연구가 필요하다.

이와 같이 본 연구에서는 잘 알려진 정량적 평가도구들, 즉 OWAS, RULA, NLE, WAC을 사용하여 인간공학 위험요인을 다수 보유하고 있고 근골격계질환이 많이 발생하고 있는 자동차 제조 및 자동차부품 제조업체의 반복작업 및 중량물 취급작업이 행해지는 단위작업을 대상으로 실시하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

조사대상사업장의 단위작업 157개소에 대하여 반복작업과 중량물 취급작업을 구분하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 동일한 반복작업에 대해 평가했을 때, 근골격계질환 발생 위험도 초과율은 OWAS에서는 36.3%(18.8~42.4%)가 위험기준을 초과(AC≥3)하였고, RULA에서는 93.0% (81.3~100%)가 위험기준을 초과한 것으로 나타났다.

2) 중량물 취급작업이 행해지는 동일작업 37개소에 대해

Table 7. Application rules for the Ergonomic assessment methods

Characteristics of job	OWAS	RULA /REBA	QEC /JSI	NLE /WAC	Type of Control
Only simple repeated work	O	O	-	-	Engineering
	-	X	O	-	Administrative
	O	-	X	-	Administrative
	-	X	-	-	No need
Only manual materials handling	O	-	-	O	Engineering
	-	O	-	X	Administrative
	-	-	X	X	No need
Simple repeated work and manual materials handling	O	O	-	O	Automatic
	O	X	-	O	Engineering
	O	O	-	X	Engineering
	X	O	-	X	Administrative
	-	-	O	X	Administrative
	X	X	-	X	No need

※ Exceeding AL : O, Not exceeding AL : X, Not use Technique : -

여 NLE기법만을 적용한 경우 조사대상 80.0%가 기준을 초과(LL>1)하였고, WAC기법만을 적용하여 평가한 경우에는 대상작업 76.5%가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났다.

조사대상사업장의 반복작업과 중량물 취급작업이 동시에 이루어지는 동일한 단위작업 37개소에 대하여 세가지이상의 평가기법 OWAS, RULA, NLE/WAC을 적용하여 평가한 결과를 보면, OWAS인 경우 35.1%, RULA 89.2%, NLE/WAC는 78.4%가 위험기준을 초과(AC≥3, LL>1)하는 것으로 나타났다. NLE와 WAC를 구분하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1) NLE를 적용할 수 있는 단위작업 20개소에 대한 세 평가기법(OWAS, RULA, NLE)간 차이는 OWAS인 경우 35.0%, RULA는 95.0%, NLE는 80.0%가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났으며,

2) WAC를 적용한 17개소에 대한 세 평가기법(OWAS, RULA, WAC)간 초과율 비교에서도 OWAS인 경우 35.3%, RULA인 경우 82.4%, WAC인 경우 76.5%가 위험기준을 초과하는 것으로 나타났다.

어떤 대상작업을 평가함에 있어, 어떤 평가기법을 적용하느냐에 따라 자칫하면 과대평가할 수도 있고 어떤 경우는 과소평가하는 결과를 초래할 수 있음을 본 연구에서 밝혀졌다.

이상과 같은 결과를 토대로 다음과 같이 제안하고자 한다. 자동차 산업의 단위작업을 평가함에 있어 그 작업이 단순히 반복작업만을 행한다거나 중량물 취급작업만을 행한다면 적어도 2가지 이상의 평가기법을 사용하는 것이 바람직하

다. 그리고 어떤 작업이 반복작업과 중량물 취급작업이 혼합된 형태라면 최소한 3가지이상의 평가기법을 선정하여 분석 및 평가하기를 권고한다.

REFERENCES

1. Ergoweb Inc., Applied Workplace Ergonomics Training Course, 2001.
2. Cal/OSHA, Easy Ergonomics, A Practical Approach for Improving the Workplace, 1999.
3. 이윤근, 근골격계질환 위험요인에 대한 조선업 근로자 자기평가와 전문가 관찰방법 비교, 한국산업위생학회지 2005;15(2):83-89.
4. 기도형, 박기현. 작업자세 평가기법 OWAS, RULA, REBA 비교, 한국산업안전학회지 2005;20(2):127-132.
5. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 박정선, 사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 개발. 2001.
6. 한국산업안전공단 근골격계질환예방팀, 유해요인조사지침(안), 2003
7. OSHA, Ergonomics Program, 2001.
8. Canadian Centre for Occupational Health and Safety, Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) - Risk Factors, 2003

9. The UAW-Ford Ergonomics process job improvement guide, A publication of the UAW-Ford national joint committee on health and safety ; The University of Michigan, 1988.
10. WISHA, Ergonomics Rules, Washington State Department of Labor and Industries. 2002.
11. WISHA, Fitting the Job to the Worker, An ergonomics program guideline, 1995.