

근골격계질환관련 주요 평가 도구 사용에 있어서의 초보평가자의 일관성 및 업종별 특성에 대한 연구

임수정* · 최순영** · 박동현*

*인하대학교 산업공학과 · **인하대학교 의학과

Study on Consistency of Novice User and Sensitivity of Industrial Types During MSDs Evaluation Using Major Checklists

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

*Dept. of Industrial Engineering, Inha University

**Dept. of Social & Preventive Medicine, Inha University

Abstract

The validity of the results from observational methods such as RULA, REBA, OWAS has been one of major concerns due to their subjective characteristics in determining the posture of interests. There have been many studies regarding validity of the results from each checklist. However, most studies provided only fragmentary rather than comprehensive results in nature. This study specifically tried to analyze consistency of novice user based on intra-observer consistency and sensitivity of industrial types during MSDs(Musculoskeletal Disorders) evaluation with major checklists. In this study, twenty two novice subjects were participated to conduct MSDs evaluation for the forty five jobs from three types of industries(automobile, electronics, hospital).

The main results for this study were summarized as follows; 1) The action level based on RULA was always higher than that from REBA and OWAS for all three types of industries., 2) The order of consistency from novice users was OWAS(72.7%(kappa=0.57)) RULA(54.3%(kappa=0.41)), REBA(41.0%(kappa=0.34)), 3) The percentage of agreement between 2nd and 3rd trials was higher than those between 1st and 2nd trials and between 1st and 3rd trials irrespective of industrial types during using RULA and REBA., 4) The average score of automobile industry was higher than those of hospital and electronics industries., 5) The types of jobs associated with five body parts(A1(Front), A2(Interior), A3(Rear), A4(Lower), A5(Door)) in automobile industry showed statistically significant differences in terms of MSDs scores for the body parts considered in each checklists.

Keywords: Checklists for MSDs evaluation, Consistency, Novice user, Industrial types

† 본 연구는 2012년도 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

† 교신저자: 박동현, 인천시 남구 용현4동 인하대학교 산업공학과

Tel: 032-860-7370, E-mail: dhpark@inha.ac.kr

2012년 4월 20일 접수; 2012년 6월 11일 수정본 접수; 2012년 6월 11일 게재확정

1. 서론

최근 자료(한국산업안전보건공단, 2010)에 의하면 근골격계질환자는 전년동기(6,234명) 대비 약 13.3% 감소한 5,502명으로 나타났다[1]. 이는 2003년에 도입된 근골격계질환 예방의무제도가 정착되고, 작업관련성 질환 예방을 위한 정부의 지원사업이 확대된 결과라고 판단된다[2]. 하지만 아직도 일부 사업장에서는 직접적으로 유해요인조사를 실시하는데 있어서 그 결과에 대한 해석이나 방법 자체의 장단점을 충분히 이해하지 못하고 있는 경우가 많이 있는 것으로 나타나고 있다[3].

일반적으로 일선 사업장에서 사용되고 있는 근골격계 질환 관련 유해요인조사를 위한 이론적 배경을 살펴보면 2003년에 처음으로 노동부에서 제시한 “근골격계질환 부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA Code H-30)”를 필두로 하여 OWAS(Ovako Working Posture Analysing System), RULA(Rapid Upper Limb Assessment)나 REBA(Rapid Entire Body Assessment) 등을 들 수 있다[4]. 그러나 이러한 도구들은 모두 대부분 절대적인 판정 기준이 존재하지 않아 부담작업 판정결과에 차이가 나타날 수 있고 작업자의 연속된 작업 동작 중 어떤 장면의 자세를 선택하느냐에 따라서도 평가결과가 달라질 수 있는 등, 그 결과에 많은 논란이 야기 될 수 있다[5].

그 동안 평가도구들의 이와 같은 문제점을 분석하기 위해 많은 연구가 시도되었다. 기도형(2005)은 여러 제조업종에 속한 224개의 작업에 대해 평가하였는데, 업종에 상관없이 RULA와 OWAS는 33.5%, RULA와 REBA는 46.0%, OWAS와 REBA도 약 54.0%의 일치율을 보여 평가결과가 일치할 확률이 높지 않는 것으로 나타났으며, 업종별(철강산업, 자동차 산업, 전자 산업, 화학 산업)로 분석한 결과 OWAS와 REBA는 RULA에 비하여 전반적으로 작업 자세 부하를 저평가하는 것으로 나타났다고 보고하였다[6]. 하지만 이 결과들은 각 평가기법들의 단계와 점수의 단순 비교이었으며, 평가기법 사용시 단독평가자를 기준으로 하였고 때문에 객관성이 확보되었다고 판단되지는 않는다. 이인석 등(2003)은 자동차 조립 공정의 대표적인 자세 42개를 대상으로 지각불편도와 각 도구를 이용하여 평가한 후에 평가 결과를 비교하였다[7]. 평가된 부하 수준들의 값들 간의 상관관계를 분석한 결과, 세 평가기법 모두 지각불편도와 양의 상관관계를 보였으며, 상관계수는 REBA, OWAS, RULA의 순으로 나타났다. 전신의 자세를 평가함에 있어서는 REBA가 가장 적합한 것으로 나타났다. OWAS와 REBA의 평가결과는 높은 상관계수를 보였으나, REBA와 RULA의 평가결과는 그 정도가 약한 것으로 나타났다. 이인석 등

(2003)의 결과는 세 가지 주요 평가도구에 대한 다양한 특성에 관한 많은 분석결과를 포함하고 있으나 그 기본 대상이 자동차 조립공정에 국한되었다는 것에 그 한계를 가지는 것으로 판단된다[7]. 신용철(2004)은 50개의 비디오 기록을 대상으로 2인의 평가자가 동시에 관찰한 후 평가자간 재현성, 평가자내 재현성을 비교하였다[8]. 특히 이 연구에서는 REBA의 재현성에 중점을 두었는데, 그 결과 관찰자내 재현성은 OWAS가 가장 높았으며 관찰자간 재현성은 RULA가 가장 높게 나왔는데 이러한 결과에 비추어 볼 때 REBA의 재현성은 RULA와 OWAS의 재현성과 비교할 만한 양호한 수준이었다고 판단하였다. 또한 분석도구들에 따른 조치수준의 상관관계도 비교하였는데 REBA는 OWAS와 RULA와 상관성이 있으며 상관계수는 각각 $r=0.58(p<0.01)$, $r=0.48(p<0.01)$ 이라고 보고하였다. 하지만 두 명의 관찰자간의 재현성은 기존의 연구결과보다 상대적으로 낮게 나타났으며, 연구 대상이 장애인 요양시설이라는 점이 근골격계질환관련 연구에서 흔히 다루어지지 않는 대상이라는 관점에서 객관적인 해석이 힘들다는 점이 있다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 기존의 평가도구들의 문제점 및 사용성 평가연구 등에 있어서 노출된 취약 부분을 보완한 평가 도구들에 대한 새로운 사용성 평가를 하고자 하였다. 앞에서 언급한 기존의 연구의 결과들을 살펴보면 신뢰도, 타당도, 그리고 평가도구들 간의 상관관계 등이 주류를 이루었다. 하지만 대부분의 경우, 그 결과들이 단편적이었다고 사료되며, 특히 특정 상황을 평가하기위한 도구를 결정하는데 있어서는 현재까지의 결과가 구체적인 지침을 주기에는 부족함이 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 평가도구의 신뢰도에 있어서의 가장 기본이 되는 항목이라고 할 수 있는 평가자내의 일관성을 분석하고, 업종별 각 평가도구의 특성에 대하여 파악하고자 하였다. 특히 앞서 언급한 것처럼 주요 평가도구들은 일선 사업장에서 흔히 별 사용경험이 없는 사용자들에 의하여 사용되는 경우도 많이 있는데 본 연구에서는 바로 그런 상황에 있어서의 평가도구의 사용에 대한 분석을 수행하고자 하였다. 구체적으로 본 연구에서는 대표적 작업자세 평가 도구인 RULA, REBA, OWAS를 이용하여 초급 숙련도를 가진 22명의 평가자를 대상으로 45개의 작업동영상(자동차 25개, 전자 10개, 병원 10개)을 분석하였다. 이와 같은 분석을 통하여 본 연구에서는 특히 평가도구를 적용하는데 있어서 가장 근본이라고 할 수 있는 평가자내의 일관성을 각 평가도구별, 각 업종별, 각 작업부분별, 그리고 각 평가도구에 있어서도 각 세부점수(신체부위별 점수)별로 살펴보았다. 또한 업종별로(자동차, 전자, 병원), 그리고 동일 업종이라도 작업부분별로(자동차 작업부분) 작업위험도의 특성에 대한 분석을 실시하였다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상은 A자동차회사(자동차업종에서의 일반적인 조립 작업; A1(Front): 후드를 포함하는 전반부 작업, A2(Interior): 내부 작업, A3(Rear): 트렁크를 포함하는 후반부작업, A4(Lower): 하부 작업, A5(Door): 도어 작업), B전자(핸드폰 조립), C병원(병원의 일반적인 업무; 중환자실, 병동, 진단검사의학과, 원무과 등)의 공정 중 평가도구를 효율적으로 사용할 수 있는, 즉 작업자세가 모두 잘 보이는 공정 각각 25개, 10개, 10개였으며, 이 공정들에 대하여 총 22명의 평가자가 평가를 수행하였다.

2.2 연구방법

평가자는 RULA, REBA, OWAS를 한번도 사용해본 경험이 없는 일반인으로 구성되었으며 4시간의 교육 및 4시간의 실습 후에 평가를 수행하게 하였는데, 선정된 45개의 동영상(자동차회사25개, 전자10개, 병원10개)은 각 평가자에게 임의의 순서대로 보여주고 RULA, REBA, OWAS를 적용하여 작업 자세를 평가하게 하였다. 특히 각 평가도구에 있어서 평가자내의 일관성을 알아보기 위해 3일 간격으로 RULA, REBA, OWAS를 이용하여 총 3회 분석하게 하였다.

2.3 통계방법

또한 본 연구에서는 첫째, 분석된 모든 상황에서의 평가자내의 일관성(intra-observer reliability)을 살펴 보기위해 일치율(percentage of agreement)과 kappa(k) 계수를 사용하였고, 둘째, 업종별, 작업부분 등에 따른 작업위험도의 차이가 있는지를 살펴 보기위해 크루스칼-윌리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 이용하였다. 특히 kappa(k)계수의 경우, k값이 0이면 전혀 일치 하지 않음을 의미하고 1이면 완전 일치함을 의미한다. 구체적으로 Choen's k의 기준으로 살펴보면 $k \leq 0.2$ 일 경우 근소한(Slight) 일치도, $0.2 < k \leq 0.4$ 일 경우 규칙에 어긋나지 않은(fair) 일치도, $0.4 < k \leq 0.6$ 일 경우 보통(moderate) 일치도, $0.6 < k \leq 0.8$ 일 경우 실질적인(substantial) 일치도, $0.8 < k \leq 1.0$ 일 경우 거의 완벽한(Almost Perfect)일치도로 판단된다[9]. 이 모든 통계 과정에는 SPSSWIN 12.0이 이용되었다.

3. 결과

3.1 업종별 작업 자세 평가 결과

3.1.1 자동차 업종

자동차업종에서의 RULA에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(1%), 2단계(25%), 3단계(33%), 4단계(41%)로 나타났으며, REBA에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(20%), 2단계(56%), 3단계(20%), 4단계(4%)로 나타났으며, OWAS에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(26%), 2단계(51%), 3단계(15%), 4단계(8%)로 나타났다<표 1>. 자동차 업종에 속한 작업들의 경우, RULA로 평가한 결과 3, 4단계가 차지하는 비율이 전체의 74%로 REBA와 OWAS로 평가한 결과 보다 높게 평가된 것으로 나타났다(REBA의 경우 24%, OWAS의 경우 23%).

<표 1> 자동차 업종에 RULA, REBA, OWAS의 분석 결과

자동차	1단계	2단계	3단계	4단계
RULA	(1%)	(25%)	(33%)	(41%)
REBA	(20%)	(56%)	(20%)	(4%)
OWAS	(26%)	(51%)	(15%)	(8%)

3.1.2 전자 업종

전자 업종에서의 RULA에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(4%), 2단계(58%), 3단계(26%), 4단계(12%)로 나타났으며, REBA에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(49%), 2단계(47%), 3단계(3%), 4단계(1%)로 나타났으며 OWAS에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(66%), 2단계(28%), 3단계(5%), 4단계(2%)로 나타났으나 자동차업종에 비해서는 모든 평가도구에 있어서의 비율이 낮은 것으로 나타났다(REBA의 경우 4%, OWAS의 경우 7%).

<표 2> 전자 업종에 RULA, REBA, OWAS의 분석 결과

전자	1단계	2단계	3단계	4단계
RULA	(4%)	(58%)	(26%)	(12%)
REBA	(49%)	(47%)	(3%)	(1%)
OWAS	(66%)	(28%)	(5%)	(2%)

3.1.3 병원 업종

병원 업종에 속한 작업들의 경우, RULA에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(9%), 2단계(54%), 3단계(21%), 4단계(16%)로 나타났으며 REBA에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(49%), 2단계(4%), 3단계(8%), 4단계(1%)로 나타났고 OWAS에 의한 위험도 평가 결과, 각 조치단계의 비율은 1단계(56%), 2단계(34%), 3단계(6%), 4단계(4%)로 나타났다<표 3>. 병원 업종에 속한 작업들의 경우, RULA로 평가한 결과 3, 4단계가 차지하는 비율이 전체의 37%로 자동차와 전자업종에서처럼 병원업종에서도 REBA와 OWAS로 평가한 결과 보다 높게 평가된 것으로 나타났으나 자동차업종에 비해서는 모든 평가 도구에 있어서의 비율이 낮고, 전자업종에 비해서는 약간 높은 것으로 나타났다(REBA의 경우 9%, OWAS의 경우 10%).

<표 3> 병원 업종에 RULA, REBA, OWAS의 분석 결과

병원	1단계	2단계	3단계	4단계
RULA	(9%)	(54%)	(21%)	(16%)
REBA	(49%)	(4%)	(8%)	(1%)
OWAS	(56%)	(34%)	(6%)	(4%)

3.2 평가도구별 평가자의 일관성

3.2.1 평가도구별 평가자의 일관성(총점)

<표 4>에서는 RULA, REBA, OWAS의 평가 결과(총점)에 대한 평가자내의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 평가자내 평균 일치율과 kappa는 OWAS(72.7%, 0.57), RULA(54.3%, 0.47), REBA(41.0%, 0.34) 순으로 나타났으며, RULA, REBA의 경우는 2회-3회를 비교한 결과에서 각각 58.4%(k=0.43), 43.8%(k=0.38)로 1회-2회, 1회-3회를 비교한 결과보다 높은 평가자내 일치율을 나타냈다. OWAS의 경우는 상대적으로 회차 간의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 모든 평가 도구에서 총점은 1, 2, 3회 평가에서 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 단순한 일치율 뿐 만 아니라 측정시간의 일치도를 나타내는 kappa도 계산하였는데 여기서는 세 가지 평가 도구중 REBA(0.34)를 제외하고는 평균적으로 ‘보통(moderate) 일치도’의 범주에 속하는 것으로 나타났다.

<표 4> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(총점)

평가 도구	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
RULA	53.3	0.41	51.1	0.38	58.4	0.43	51.1	0.38	58.4	0.43	54.3	0.41	0.190
REBA	42.8	0.35	36.3	0.30	43.8	0.38	36.3	0.30	43.8	0.38	41.0	0.34	0.462
OWAS	73.1	0.58	72.0	0.56	73.0	0.58	72.0	0.56	73.1	0.58	72.7	0.57	0.810

p: Based on Kruskal Wallis

3.2.2 신체부위별 평가자내의 일관성

<표 5>, <표 6>, <표 7>에서는 RULA, REBA, OWAS의 평가 결과(총점)에 대한 각 신체부위별 평가자내의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. RULA와 REBA의 경우, 모든 신체부위에서 1회-2회를 비교한 평가결과가 1회-3회, 2회-3회를 비교한 결과보다도 높은 평가자내 일치율을 보였다. 반면 OWAS의 경우 2회-3회를 비교한 결과가 다리와 상지에서 각각 72.4%(k=0.59), 78.3%(k=0.65)로 1회-2회, 1회-3회를 비교한 결과보다 높은 일치율을 나타냈다. 그러나 RULA의 목과 손목의 경우를 제외하고는 모든 평가도구에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

RULA의 경우를 살펴보면 윗팔을 제외하고는 평균적으로 모두 60% 이상의 일치율을 보였으며, 모든 신체부위의 kappa 값은 평균적으로 ‘보통(moderate) 일치도’의 범주에 속하는 것으로 나타났다(표5). REBA의 경우에는 일치율의 측면에서 살펴보면 RULA의 경우에서처럼 윗팔을 제외하고는 평균적으로 모두 60% 이상의 일치율을 보였는데, RULA의 경우와 비교해보면 목, 아래팔, 손목 등에서는 상대적으로 일치율이 높은 것으로 나타났다(표6). 또한 모든 신체 부위의 kappa 값은 RULA에서와 같이 평균적으로 ‘보통(moderate) 일치도’의 범주에 속하는 것으로 나타났다. OWAS의 경우에는 일치율의 측면에서 살펴보면 허리, 상지에서 상대적으로 높은 일치율을 보였고, kappa 값은 허리의

경우에 평균적으로 ‘실질적인(substantial) 일치도’의 범주에 속하는 것으로 나타났는데 이는 이전의 다른 결

과들(‘보통(moderate) 일치도’) 보다는 상대적으로 높은 일치도였다.

<표 5> RULA의 평가자내 일관성(신체부위별 점수)

신체부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
몸통	70.1	0.60	61.7	0.50	65.7	0.55	61.7	0.50	70.1	0.60	65.8	0.55	0.073
목	67.0	0.58	60.7	0.53	66.3	0.55	60.7	0.53	67.0	0.58	64.7	0.55	0.025
다리	89.6	0.61	87.2	0.50	87.3	0.51	87.2	0.50	89.6	0.61	87.8	0.54	0.132
윗팔	66.1	0.50	48.1	0.34	55.2	0.41	48.1	0.34	66.1	0.50	56.4	0.42	0.356
아래팔	71.2	0.45	67.7	0.41	70.5	0.44	67.7	0.41	71.2	0.45	69.7	0.43	0.075
손목	67.3	0.53	54.6	0.40	61.7	0.49	54.6	0.40	67.3	0.53	61.1	0.47	0.005

p: Based on Kruskal Wallis

<표 6> REBA의 평가자내 일관성(신체부위별 점수)

신체부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
몸통	66.0	0.54	59.9	0.46	63.4	0.51	59.9	0.46	66.0	0.54	63.1	0.50	0.917
목	76.3	0.56	66.7	0.43	69.3	0.48	66.7	0.43	76.3	0.56	70.7	0.49	0.920
다리	89.8	0.71	81.0	0.66	84.0	0.68	81.0	0.66	89.8	0.71	84.7	0.68	0.458
윗팔	61.3	0.46	49.2	0.38	53.7	0.40	49.2	0.38	61.3	0.46	54.6	0.41	0.622
아래팔	79.1	0.52	75.2	0.45	77.8	0.48	75.2	0.45	79.1	0.52	77.3	0.48	0.078
손목	79.2	0.57	64.0	0.39	70.6	0.50	64.0	0.39	79.2	0.57	71.2	0.49	0.270

p: Based on Kruskal Wallis

<표 7> OWAS의 평가자내 일관성(신체부위별 점수)

신체부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
허리	84.1	0.76	81.0	0.70	82.4	0.73	81.0	0.70	84.1	0.76	82.5	0.73	0.190
하지	69.5	0.55	67.8	0.53	72.4	0.59	67.8	0.53	72.4	0.59	69.7	0.56	0.462
상지	75.0*	0.60*	74.9	0.60	78.3	0.65	74.9	0.60	78.3	0.65	76.1	0.62	0.810

p: Based on Kruskal Wallis

3.3 업종별 평가자내의 일관성

3.3.1 업종별 평가자내의 일관성(총점)

<표 8>은 자동차 업종의 평가도구별 평가자내의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 각 도구별 평가자내 평균일치율과 kappa는 각각 OWAS(69.5%, k=0.53),

RULA(55.3%, k=0.40), REBA(39.5%, k=0.31)순으로 OWAS가 가장 높게 나타났다. RULA, REBA의 경우 2회-3회를 비교한 결과가 각각 58.7%(k=0.45), 42.4%(k=0.34)로 1회-2회, 1회-3회를 비교한 결과보다 높게 나타났다. 그러나 모든 평가도구에 있어서 회차에 따른 평가 결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

<표 9>는 전자업종의 평가도구별 평가자내의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 각 도구별 평가자내 평균 일치율과 kappa는 OWAS(79.3%, k=0.58), RULA(53.3%, k=0.40), REBA((42.1%, k=0.31) 순으로 OWAS가 가장 높게 나타났다. RULA, OWAS의 경우 모두 2회-3회를 비교한 결과가 각각 56.8%(k=0.44), 80.0%(k=0.58)로 1회-2회, 1회-3회를 비교한 결과보다도 높게 나타났다. 그러나 모든 평가도구에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

<표 10>은 병원 업종의 평가도구별 평가자내의 일

치율과 kappa를 보여주고 있다. 각 도구별 평가자내 평균 일치율과 kappa는 OWAS(73.8%, k=0.54), RULA(51.9%, k=0.40), REBA((42.7%, k=0.32) 순으로 OWAS가 가장 높게 나타났다.

RULA, OWAS의 경우 모두 2회와 3회를 비교한 결과가 각각 59.0%(k=0.48), 76.4%(k=0.58)로 1회-2회, 1회-3회를 비교한 결과보다도 높게 나타났다. 그러나 모든 평가도구에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

<표 8> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(총점; 자동차 업종)

신체 부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
RULA	54.3	0.39	53.1	0.37	58.7	0.45	53.1	0.37	58.7	0.45	55.3	0.40	0.709
REBA	40.2	0.33	36.0	0.28	42.4	0.34	36.0	0.28	42.4	0.34	39.5	0.31	0.113
OWAS	71.0	0.56	68.9	0.51	68.7	0.52	68.7	0.51	71.0	0.56	69.5	0.53	0.817

p: Based on Kruskal Wallis

<표 9> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(총점; 전자 업종)

신체 부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
RULA	53.6	0.41	49.5	0.35	56.8	0.44	49.5	0.35	56.8	0.44	53.3	0.40	0.541
REBA	46.3	0.36	35.0	0.22	45.0	0.34	35.0	0.22	46.3	0.36	42.1	0.31	0.323
OWAS	78.6	0.57	79.5	0.59	80.0	0.58	78.6	0.57	80.0	0.59	79.3	0.58	0.608

p: Based on Kruskal Wallis

<표 10> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(총점; 병원 업종)

신체 부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
	% 일치율	kappa											
RULA	49.5	0.37	47.2	0.35	59.0	0.48	47.2	0.35	59.0	0.48	51.9	0.40	0.564
REBA	45.9	0.36	36.8	0.25	45.5	0.36	36.8	0.25	45.9	0.36	42.7	0.32	0.577
OWAS	72.7	0.52	72.3	0.52	76.4	0.58	72.3	0.52	76.4	0.58	73.8	0.54	0.711

p: Based on Kruskal Wallis

3.3.2 업종별 평가자내의 일관성(신체부위점수)

<표 11>은 자동차업종의 신체부위별 평가자내 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 자동차업종에서의 RULA의 경우를 살펴보면 평균적으로 윗팔 부위에서의 일치

율(49.3%)이 상대적으로 가장 낮게 나타났고, kappa 값(0.34; ‘규칙에 어긋나지 않은(fair) 일치도’)의 경우에도 가장 낮은 것으로 나타났다. REBA의 경우에서도 평균적으로 윗팔 부위에서의 일치율(52.0%)이 상대적으로 가장 낮게 나타났고, kappa 값(0.38; ‘규칙에 어긋나

지 않은(fair) 일치도)의 경우에도 가장 낮은 것으로 나타났다. 하지만 RULA와 REBA 모두 윗팔의 경우에 있어서 2회-3회간의 일치율과 kappa 값이 1회-2회, 1회-3회에서 보다 근소하게나마 높은 것으로 나타났다. 또한 자동차업종의 경우, OWAS를 살펴보면 RULA나 REBA에 비하여 상대적으로 높은 일치율과 kappa 값('보통(moderate) 일치도' 이상)을 가지는 것으로 나타났다. 그러나 모든 평가도구의 모든 신체 부위에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

<표 12>는 전자업종의 신체부위별 평가자내 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 전자업종에서의 RULA의 경우를 살펴보면 평균적으로 윗팔 부위에서의 일치율(53.6%)이 상대적으로 가장 낮게 나타났고, kappa 값(0.38; '규칙에 어긋나지 않은(fair) 일치도')의 경우에도 가장 낮은 것으로 나타났다. REBA의 경우에서도 평균적으로 윗팔 부위에서의 일치율(53.6%)이 상대적으로 가장 낮게 나타났고, kappa 값(0.37; '규칙에 어긋나지 않은(fair) 일치도')의 경우에도 가장 낮은 것으로 나타났다. 하지만 RULA와 REBA 모두 윗팔의 경우에 있어서 2회-3회의 일치율과 kappa 값이 1회-2회, 1회-3회에서 보다 근소하게나마 높은 것으로 나타났다. 전자업종에서의 OWAS의 경우를 살펴보면 RULA나 REBA에 비하여 상대적으로 높은 일치율과 kappa 값('보통(moderate) 일치도' 이상)을 가지는 것으로 나타

났다. 그러나 모든 평가도구의 모든 신체 부위에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 자동차업종에서와 같이 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

<표 13>은 병원업종의 신체부위별 평가자내의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 병원업종에서의 RULA의 경우를 살펴보면 평균적으로 윗팔 부위에서의 일치율(17.9%)이 상대적으로 가장 낮게 나타났고, kappa 값(0.41; '규칙에 어긋나지 않은(fair) 일치도')의 경우에도 가장 낮은 것으로 나타났다. REBA의 경우에서도 평균적으로 윗팔 부위에서의 일치율(19.8%)이 상대적으로 가장 낮게 나타났고, kappa 값(0.41; '규칙에 어긋나지 않은(fair) 일치도')의 경우에도 가장 낮은 것으로 나타났다. 하지만 자동차와 RULA와 REBA 모두 윗팔의 경우에 있어서 2회-3회의 일치율과 kappa 값이 1회-2회, 1회-3회에서 보다 근소하게나마 높은 것으로 나타났다. 병원업종에서의 OWAS의 경우를 살펴보면 RULA나 REBA에 비하여 상대적으로 높은 일치율과 kappa 값('보통(moderate) 일치도' 이상)을 가지는 것으로 나타났다. 하지만 세 평가도구 모두에 있어서 평가자내의 일관성(일치율과 kappa값에 근거)은 자동차와 전자업종에 비하여 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 또한 모든 평가도구의 모든 신체 부위에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 RULA의 목의 경우를 제외하고는 자동차 및 전자업종에서와 같이 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다.

<표 11> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(신체부위별점수; 자동차 업종)

평가 도구	신체 부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		P
		% 일치율	kappa											
R U L A	허리	61.1	0.51	58.5	0.48	61.1	0.51	58.5	0.48	61.1	0.51	60.2	0.50	0.169
	목	58.9	0.48	61.8	0.51	65.5	0.55	58.9	0.48	65.5	0.55	62.1	0.51	0.158
	다리	86.4	0.50	85.1	0.47	83.1	0.36	83.1	0.36	86.4	0.50	84.9	0.44	0.414
	윗팔	48.5	0.34	47.1	0.31	52.2	0.38	47.1	0.31	52.2	0.38	49.3	0.34	0.295
	아래팔	64.5	0.48	70.9	0.57	69.5	0.56	64.5	0.48	70.9	0.57	68.3	0.54	0.350
R E B A	손목	55.3	0.42	55.3	0.42	57.5	0.44	55.3	0.42	57.5	0.44	56.0	0.43	0.110
	허리	61.5	0.49	57.6	0.44	60.7	0.48	57.6	0.44	61.5	0.49	60.0	0.47	0.789
	목	72.7	0.54	65.5	0.42	69.3	0.48	65.5	0.42	72.7	0.54	69.2	0.48	0.246
	다리	82.9	0.68	76.9	0.54	79.5	0.58	76.9	0.54	82.9	0.68	79.8	0.60	0.426
	윗팔	51.8	0.38	49.5	0.35	54.7	0.42	49.5	0.35	54.7	0.42	52.0	0.38	0.282
O W A S	아래팔	81.1	0.59	77.1	0.50	80.4	0.57	77.1	0.50	81.1	0.59	79.5	0.55	0.453
	손목	71.3	0.52	63.3	0.37	69.1	0.47	63.3	0.37	71.3	0.52	67.9	0.45	0.636
	허리	69.5	0.55	66.4	0.5	69.8	0.55	66.4	0.50	69.8	0.55	68.6	0.53	0.227
	하지	84.9	0.75	78.4	0.64	77.8	0.63	77.8	0.63	84.9	0.75	80.4	0.67	0.611
	상지	71.8	0.57	71.6	0.57	75.6	0.63	71.6	0.57	75.6	0.63	73.0	0.59	0.676

p: Based on Kruskal Wallis

<표 12> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(신체부위별점수; 전자 업종)

평가 도구	신체 부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
		% 일치율	kappa											
RULA	허리	71.4	0.58	63.2	0.44	68.2	0.53	63.2	0.44	71.4	0.58	67.6	0.52	0.233
	목	67.7	0.53	62.7	0.43	68.2	0.50	62.7	0.43	68.2	0.53	66.2	0.49	0.566
	다리	94.5	0.78	89.5	0.57	92.3	0.69	89.5	0.57	94.5	0.78	92.1	0.68	0.507
	윗팔	54.1	0.38	48.6	0.31	58.2	0.44	48.6	0.31	58.2	0.44	53.6	0.38	0.867
	아래팔	68.2	0.55	65.0	0.51	71.8	0.61	65.0	0.51	71.8	0.61	68.3	0.56	0.468
REBA	손목	63.6	0.53	54.1	0.41	66.8	0.57	54.1	0.41	66.8	0.57	61.5	0.50	0.680
	허리	68.2	0.47	63.6	0.39	65.9	0.43	63.6	0.39	68.2	0.47	65.9	0.43	0.962
	목	71.4	0.49	69.1	0.44	70.0	0.47	69.1	0.44	71.4	0.49	70.2	0.47	0.256
	다리	92.7	0.66	89.5	0.42	93.2	0.60	89.5	0.42	93.2	0.66	91.8	0.56	0.677
	윗팔	54.5	0.39	50.5	0.33	55.9	0.40	50.5	0.33	55.9	0.40	53.6	0.37	0.407
OWAS	아래팔	79.5	0.52	74.1	0.40	77.7	0.50	74.1	0.40	79.5	0.52	77.1	0.47	0.533
	손목	68.6	0.48	61.4	0.36	72.7	0.55	61.4	0.36	72.7	0.55	67.6	0.46	0.477
	허리	72.7	0.52	68.6	0.47	73.6	0.53	68.6	0.47	73.6	0.53	71.6	0.51	0.196
	하지	83.6	0.71	85.9	0.75	88.6	0.80	83.6	0.71	88.6	0.80	86.0	0.75	0.674
	상지	77.7	0.58	79.1	0.61	76.4	0.55	76.4	0.55	79.1	0.61	77.7	0.58	0.787

p: Based on Kruskal Wallis

<표 13> RULA, REBA, OWAS의 평가자내 일관성(신체부위별점수; 병원 업종)

평가 도구	신체 부위	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
		% 일치율	kappa											
RULA	허리	68.6	0.58	68.6	0.57	74.1	0.65	68.6	0.57	74.1	0.65	23.4	0.60	0.617
	목	67.7	0.45	54.5	0.39	66.0	0.53	54.5	0.39	67.7	0.53	22.9	0.46	0.050
	다리	93.6	0.74	90.0	0.56	92.7	0.69	90.0	0.56	93.6	0.74	31.8	0.66	0.466
	윗팔	52.7	0.40	50.0	0.36	60.0	0.48	50.0	0.36	60.0	0.48	17.9	0.41	0.412
	아래팔	65.0	0.50	61.4	0.44	71.4	0.59	61.4	0.44	71.4	0.59	22.1	0.51	0.413
REBA	손목	62.3	0.50	54.1	0.38	66.4	0.55	54.1	0.38	66.4	0.55	21.1	0.48	0.362
	허리	67.7	0.55	60.9	0.44	67.3	0.54	60.9	0.44	67.7	0.55	22.9	0.51	0.190
	목	76.8	0.59	66.8	0.42	68.2	0.43	66.8	0.42	76.8	0.59	26.0	0.48	0.081
	다리	88.2	0.63	82.7	0.40	85.5	0.50	82.7	0.40	88.2	0.63	29.9	0.51	0.960
	윗팔	58.2	0.46	47.7	0.31	58.6	0.46	47.7	0.31	58.6	0.46	19.7	0.41	0.686
OWAS	아래팔	72.3	0.38	71.4	0.38	70.5	0.34	70.5	0.34	72.3	0.38	24.5	0.37	0.168
	손목	78.2	0.63	67.7	0.46	71.8	0.53	67.7	0.46	78.2	0.63	26.5	0.54	0.205
	허리	68.2	0.49	70.5	0.53	77.7	0.64	68.2	0.49	77.7	0.64	23.2	0.55	0.733
	하지	85.0	0.74	82.3	0.70	86.9	0.78	82.3	0.70	86.9	0.78	28.9	0.74	0.879
	상지	83.6	0.59	83.2	0.59	87.3	0.70	83.2	0.59	87.3	0.70	28.4	0.63	0.796

p: Based on Kruskal Wallis

3.3.3 자동차 작업 부분별 평가자내의 일관성(총점)

<표 14>는 자동차 작업부분별 RULA, REBA, OWAS의 평가 결과에 대한 평가자내의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 자동차 업종의 경우 5개의 작업 부분(A1(Front): 후드를 포함하는 전반부작업, A2(Interior): 내부 작업, A3(Rear): 트렁크를 포함하는 후반부작업, A4(Lower): 하부 작업, A5(Door): 도어 작업)에 있어서

평균적으로 OWAS의 일관성이 상대적으로 가장 높았고, 그 다음은 RULA, REBA의 순이었다. OWAS의 경우에는 회차가 증가함에 따라 일치율의 증가에 있어서 특정 경향을 보이지는 않았으나 RULA와 REBA의 경우에는 작업부분 A4(하부 작업)의 경우를 제외하고는 대부분 회차가 증가함에 따라 일관성(일치율, kappa)도 함께 증가하는 것으로 나타났다.

<표 14> 자동차 작업부분별 RULA, REBA, OWAS의 평가 결과에 대한 평가자내 일관성(총점)

작업 부분	평가 도구	1회-2회		1회-3회		2회-3회		최소		최대		평균		p
		% 일치율	kappa											
A1	RULA	44.5	0.32	46.4	0.33	47.3	0.35	44.5	0.32	47.3	0.35	46.1	0.33	0.578
	REBA	30.0	0.21	31.8	0.22	48.2	0.40	30.0	0.21	48.2	0.40	36.7	0.28	0.734
	OWAS	79.1	0.46	73.6	0.36	73.6	0.37	73.6	0.36	79.1	0.46	75.4	0.40	0.308
A2	RULA	53.6	0.35	59.1	0.41	61.8	0.46	53.6	0.35	61.8	0.46	58.2	0.41	0.683
	REBA	32.7	0.25	33.6	0.26	33.6	0.26	32.7	0.25	33.6	0.26	33.3	0.26	0.058
	OWAS	64.5	0.49	57.3	0.39	60.9	0.45	57.3	0.39	64.5	0.49	60.9	0.44	0.751
A3	RULA	50.0	0.34	60.0	0.47	54.5	0.39	50.0	0.34	60.0	0.47	54.8	0.40	0.387
	REBA	39.1	0.29	34.5	0.25	42.7	0.34	34.5	0.25	42.7	0.34	38.8	0.29	0.311
	OWAS	76.4	0.56	70.9	0.40	73.6	0.47	70.9	0.40	76.4	0.56	73.6	0.48	0.893
A4	RULA	60.9	0.31	58.2	0.29	75.5	0.55	58.2	0.29	75.5	0.55	64.9	0.38	0.352
	REBA	46.4	0.38	40.9	0.31	30.9	0.36	30.9	0.31	46.4	0.38	39.4	0.35	0.463
	OWAS	71.8	0.45	79.1	0.58	72.7	0.46	71.8	0.45	79.1	0.58	74.5	0.50	0.961
A5	RULA	48.2	0.32	49.1	0.35	53.6	0.40	48.2	0.32	53.6	0.40	50.3	0.36	0.968
	REBA	52.7	0.47	38.2	0.30	41.8	0.34	38.2	0.30	52.7	0.47	44.2	0.37	0.722
	OWAS	63.6	0.49	63.6	0.48	62.7	0.47	62.7	0.47	63.6	0.49	63.3	0.48	0.958

p: Based on Kruskal Wallis

3.4 업종별 작업특성에 대한 평가

<표 15>는 업종별 RULA, REBA, OWAS 평가 결과의 비교를 나타낸 것이다. 자동차 업종의 RULA, REBA, OWAS의 평균점수는 각각 5.58, 5.75, 2.04점으로 전자(4.28, 3.80, 1.45)와 병원(4.32, 3.90, 1.59)보다도

높았으며 업종간의 차이는 세 가지 평가 도구 모두에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 그러나 개별 업종간 비교를 하였을 때 RULA와 REBA의 경우에는 전자업종과 병원업종에서의 근골격계질환 관련 작업특성에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.<표 16>

<표 15> 업종별 평가 결과 비교

평가도구	자동차	전자	병원	p
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
RULA	5.58±1.51	4.28±1.51	4.32±1.71	0.000
REBA	5.75±2.72	3.80±2.12	3.90±2.23	0.000
OWAS	2.04±0.86	1.45±0.67	1.59±0.79	0.000

p: Based on Kruskal Wallis

<표 16> 개별 업종간 평가 결과 비교

평가도구	자동차	전자	자동차	병원	전자	병원
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
RULA	5.58±1.51	4.28±1.51	5.58±1.51	4.32±1.71	4.28±1.51	4.32±1.71
p	0.000		0.000		0.563	
REBA	5.75±2.72	3.80±2.12	5.75±2.72	3.90±2.23	3.80±2.12	3.90±2.23
p	0.000		0.000		0.931	
OWAS	2.04±0.86	1.45±0.67	2.04±0.86	1.59±0.79	1.45±0.67	1.59±0.79
p	0.000		0.000		0.000	

p: Based on Mann-Whitney

<표 17>은 업종별 신체부위 평가 결과의 비교를 나타낸 것이다. 자동차 업종은 RULA로 평가한 결과, 아래팔을 제외한 나머지 신체부위(윗팔, 손목, 목, 몸통, 다리)에서 각각 3.81, 3.42, 3.07, 2.78, 1.09점으로 전자와 병원업종의 평가결과보다 높았다. 또한 REBA와

OWAS의 평가결과도 다리와 하지를 제외한 나머지 신체부위의 평균점수가 전자와 병원업종의 평가결과 보다 높았으며 이 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한 RULA의 경우에는 자동차와 전자, 자동차와 병원간의 비교에서는 아래팔, 그리고 전자와 병원의

비교에서는 아래팔, 손목 및 다리를 제외하고는 모든 신체부위에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, REBA의 경우에는 아래팔과 손목을 제외하고는 모든

신체부위에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.<표 18>

<표 17> 업종별 신체부위 평가 결과 비교

평가도구	신체부위	자동차	전자	병원	p
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
RULA	윗팔	3.81±1.32	2.96±1.19	2.77±1.36	0.000
	아래팔	1.89±0.89	1.98±1.18	1.93±1.07	0.000
	손목	3.42±1.29	3.21±1.25	3.20±1.21	0.000
	목	3.07±1.33	2.38±0.88	2.24±1.16	0.000
	몸통	2.78±1.39	2.00±0.87	2.25±1.09	0.000
	다리	1.09±0.40	1.00±0.37	0.97±0.36	0.000
REBA	윗팔	2.62±1.13	1.55±0.75	1.90±1.00	0.000
	아래팔	1.57±0.55	1.28±0.51	1.35±0.59	0.000
	손목	1.51±0.92	1.14±0.52	1.20±0.61	0.004
	목	3.57±1.28	2.83±1.09	2.61±1.28	0.002
	허리	1.31±0.51	1.28±0.47	1.30±0.50	0.000
	다리	1.54±0.73	1.55±0.75	1.50±0.76	0.000
OWAS	허리	2.27±1.01	1.63±0.79	1.76±0.94	0.000
	상지	1.90±0.87	1.50±0.68	1.37±0.71	0.000
	하지	1.09±0.33	1.77±1.15	1.86±1.46	0.000

p: Based on Kruskal Wallis

<표 18> 개별 업종간 신체부위 평가 결과 비교

평가도구	신체부위	자동차	전자	자동차	병원	전자	병원
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
RULA	윗팔	3.81±1.32	2.96±1.19	3.81±1.32	2.77±1.36	2.96±1.19	2.77±1.36
	p	0.000		0.000		0.053	
	아래팔	1.89±0.89	1.98±1.18	1.89±0.89	1.93±1.07	1.98±1.18	1.93±1.07
	p	0.775		0.966		0.844	
	손목	3.42±1.29	3.21±1.25	3.42±1.29	3.20±1.21	3.21±1.25	3.20±1.21
	p	0.041		0.015		0.724	
	목	3.07±1.33	2.38±0.88	3.07±1.33	2.24±1.16	2.38±0.88	2.24±1.16
	p	0.000		0.000		0.021	
	몸통	2.78±1.39	2.00±0.87	2.78±1.39	2.25±1.09	2.00±0.87	2.25±1.09
	p	0.000		0.000		0.000	
	다리	1.09±0.40	1.00±0.37	1.09±0.40	0.97±0.36	1.00±0.37	0.97±0.36
	p	0.000		0.000		0.085	
REBA	윗팔	2.62±1.13	1.55±0.75	2.62±1.13	1.90±1.00	1.55±0.75	1.90±1.00
	p	0.000		0.000		0.005	
	아래팔	1.57±0.55	1.28±0.51	1.57±0.55	1.35±0.59	1.28±0.51	1.35±0.59
	p	0.104		0.509		0.414	
	손목	1.51±0.92	1.14±0.52	1.51±0.92	1.20±0.61	1.14±0.52	1.20±0.61
	p	0.119		0.964		0.197	
	목	3.57±1.28	2.83±1.09	3.57±1.28	2.61±1.28	2.83±1.09	2.61±1.28
	p	0.000		0.000		0.250	
	허리	1.31±0.51	1.28±0.47	1.31±0.51	1.30±0.50	1.28±0.47	1.30±0.50
	p	0.000		0.000		0.000	
	다리	1.54±0.73	1.55±0.75	1.54±0.73	1.50±0.76	1.55±0.75	1.50±0.76
	p	0.000		0.000		0.002	
OWAS	허리	2.27±1.01	1.63±0.79	2.27±1.01	1.76±0.94	1.63±0.79	1.76±0.94
	p	0.000		0.000		0.000	
	상지	1.90±0.87	1.50±0.68	1.90±0.87	1.37±0.71	1.50±0.68	1.37±0.71
	p	0.000		0.000		0.000	
	하지	1.09±0.33	1.77±1.15	1.09±0.33	1.86±1.46	1.77±1.15	1.86±1.46
	p	0.000		0.000		0.220	

p: Based on Mann-Whitney

<표 19>는 자동차 작업부분별 RULA, REBA, OWAS 신체부위 평가 결과의 비교를 나타낸 것이다. 모든 평가도구에 있어서 자동차 업종의 모든 작업부분의 신체부위별 점수는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. RULA의 경우, 상대적으로 고위험도를 가지는 것으로 나타난 신체부위는 A1(Front)에서는 윗팔, A2(Interior)에서는 윗팔, A3(Rear)에서는 윗팔과 목, A4(Lower)에서는 윗팔과 목, 그리고 A5(Door)에서는 윗팔과 몸통으로 나타났다. RULA에서는 5개의 작업부분 모두에서 공통적으로 윗팔의 위험도가 높은 것으로 나타났다.

REBA의 경우, 상대적으로 고위험도를 가지는 것으로 나타난 신체부위는 A1(Front)에서는 윗팔과 허리, A2(Interior)에서는 윗팔과 허리, A3(Rear)에서는 윗팔과 허리, A4(Lower)에서는 윗팔, 그리고 A5(Door)에서는 윗팔과 허리로 나타났다. REBA에서도 RULA의 경우와 같이 5개의 작업부분 모두에서 공통적으로 윗팔의 위험도가 높은 것으로 나타났다. OWAS의 경우, A4(Lower)의 경우를 제외하고는 나머지 모든 작업 부분에서 허리와 하지에 있어서 공통적으로 고위험도를 가지는 것으로 나타났다.

<표 19> 자동차 작업부분에 따른 신체 부위별 평가 결과 비교

평가 도구	신체 부위	A1(Front)	A2(Interior)	A3(Rear)	A4(Lower)	A5(Door)	p
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
RULA	윗팔	2.87±.831	3.08±.758	3.02±.852	3.49±.653	2.85±.918	.000*
	아래팔	1.50±.564	1.52±.658	1.45±.588	1.43±.565	1.35±.571	.000*
	손목	2.15±.854	1.91±.957	1.96±.964	1.90±.855	1.71±.902	.000*
	목	2.26±1.068	2.35±1.331	2.52±1.175	3.08±1.471	2.09±1.075	.000*
	몸통	2.38±.954	2.30±1.369	2.29±1.130	1.18±.714	2.59±1.255	.000*
	다리	.98±.257	1.24±.493	.96±.294	1.08±.348	1.09±.434	.000*
REBA	윗팔	2.73±.920	3.12±.835	2.90±.958	3.44±.782	2.77±.983	.000*
	아래팔	1.38±.578	1.28±.482	1.36±.506	1.36±.512	1.22±.453	.000*
	손목	1.41±.593	1.36±.540	1.27±.510	1.30±.516	1.28±.469	.004*
	목	1.49±.530	1.61±.605	1.61±.525	1.50±.530	1.59±.528	.002*
	허리	2.55±.743	2.73±1.056	2.58±.904	1.56±.642	2.83±1.079	.000*
	다리	1.12±.428	1.55±.759	1.15±.417	1.14±.449	1.44±.607	.000*
OWAS	허리	2.29±.862	2.54±1.002	2.39±.963	1.46±.723	2.38±1.031	.000*
	상지	1.53±.698	1.88±.857	1.85±.855	2.41±.747	1.73±.894	.000*
	하지	2.27±1.309	3.24±1.812	2.14±1.050	2.24±1.277	2.62±1.193	.000*

p: Based on Kruskal Wallis

4. 고찰

자세 부하 평가 기법 중 관측법은 실제 산업현장에서 작업 자세 부하를 측정하기 위하여 가장 많이 사용되고 있으며, 직접 측정법과 달리 작업자를 방해하지 않고 또한 고가의 장비를 사용할 필요가 없다[10]. 하지만 이와 같은 방법이 효율적으로 사용되기 위해서는 현장에서의 작업 평가에 관련된 작업 위험 요인과 작업 관련성 질환의 증상과의 인과 관계가 확인되어 타당성이 입증되고, 평가도구로서 신뢰도가 검증된 것이어야 한다[11]. 이에 평가도구의 검증, 비교하기 위한 많은 연구가 진행되었다[7][8][12][13][14]. 하지만 이전의 연구에서는 단독평가자이거나 평가결과에 대한 단순비교를 하거나 업종과 작업특성을 고려하지 않은 연구가 많았다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구들과는 다른 다수의 평가자들(22명)에 의한 결과를 토대로 다음과 같은

주제의 분석을 하고자하였다.

첫째, 업종별(병원, 전자, 자동차) 작업자세 평가결과에 대한 비교분석을 수행하였다. 업종별로 분석한 결과 자동차, 전자, 병원 모두에서 RULA가 REBA와 OWAS보다 일반적으로 높게 평가하는 것으로 나타났다. 이는 기도형(2005), 신용철 등(2004), 문찬영(2004), 이관석 등(2009)의 내용과 일치한다고 할 수 있다 [6][8][15][16]. 이러한 결과의 이유로는 RULA는 상지부 점수와 하지부의 점수를 합산하여 산출하는데 상지부 점수의 범위가 좁게 설정되어 있어 위험도가 낮은 요인이라도 높은 수준으로 평가되고, OWAS는 목에 대한 평가항목이 없기 때문이라는(이관석 등, 2009) 기존의 연구결과들과 일치한다고 판단된다[8].

둘째, 본 연구에서는 이전에 평가도구를 사용해본 경험이 없는 일반인을 8시간 교육 및 훈련 후 평가를 수행하게한 후 각 평가자내의 일관성을 여러 각도로 분석하고자하였다. 구체적으로 본 연구에서의 평가자들은 숙련도의 관점에서 보면 초보 평가자였다고 판단되며,

따라서 평가자간의 일관성을 살펴보기에는 많은 무리가 따르는 그룹의 평가자들이라고 판단되어 평가자내 일관성만 분석하였다. 전체 데이터를 대상으로 한 평가자내의 일관성에 대한 결과는 다음과 같다. 1) RULA, REBA, OWAS에서 평가한 결과 평균 관찰자내 일치율은 각각 54.3%($k=0.41$), 41.0%($k=0.34$), 72.7%(0.57)로 OWAS의 평가결과가 가장 높은 일치율을 보였다. 업종별, 자동차 작업부분별로 분석한 결과에서도 OWAS가 가장 높은 평가자내 일치율을 보였다. 이는 OWAS가 몸통과 팔의 자세 분류가 상세하지 못하며, 자세의 지속시간, 팔목과 팔꿈치에 대한 정보가 반영되지 못하기 때문에 일치율이 가장 높게 나타난 것이라고 한 결과와 일치하는 결과라고 판단된다[11]. 또한 신용철(2004)의 연구에서도 OWAS가 84%($k=0.78$)로 RULA, REBA, OWAS 중 가장 높은 일치율을 보였다[8]. 다시 말해서 OWAS는 비록 근골격계질환에 대한 세부적이고 변별성있는 평가를 하는데 있어서 좋은 도구라고는 할 수 없지만, 평가도구로서의 일관성 자체는 좋은 도구라고 판단되며, 특히 초보 평가자가 근골격계질환을 평가하는데 있어서는 어느 정도 의미가 있는 것으로 판단된다. 또한 모든 평가도구에서 평가결과(총점)는 회차별로(1회, 2회, 3회) 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 2) 각 평가 도구의 신체부위별 점수에 관련한 평가자내의 일관성을 살펴보면 RULA와 REBA 모두에서 윗팔의 경우를 제외하고는 60%이상인 것으로 나타났고, 특히 다리에서의 일치율이 가장 높은 것으로 나타났다.

셋째, 본 연구에서는 더 나아가서 평가자내의 일관성을 업종별로 나누어서 분석하였다. 업종별로 나누어서 분석한 평가자내의 일관성에 대한 결과는 다음과 같다. 1) 먼저 평가 결과의 총점과 관련하여 자동차, 전자, 병원의 모든 업종에서, 각 도구별 평가자내 평균일치율과 kappa는 OWAS, RULA, REBA의 순이었으며, 특히 RULA, REBA의 경우에는 2회-3회를 비교한 결과가 1회-2회, 1회-3회를 비교한 결과보다 높게 나타났다. 그러나 모든 평가도구에 있어서 회차에 따른 평가결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다. 2) 각 평가 도구의 신체부위별 점수에 관련한 평가자내의 일관성을 업종별로 살펴보았을 때 자동차와 전자 업종의 경우에는 회차별로(1, 2, 3회) 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 총점의 경우에서와 같이 윗팔의 경우에만 상대적으로 낮은 일관성(60% 이하의 일치율, 0.4 이하의 kappa)을 보이는 것으로 나타났다. 병원업종의 경우에도 회차별로(1, 2, 3회) 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 자동차, 전자 두 업종에 비하여 평균 %일치율과

kappa 값이 상대적으로 낮게 나타났다. 특히 일치율에 있어서는 대부분 30%이하의 매우 낮은 수치로 나타났다. 이는 병원 업종의 작업이 병리, 진단검사 등의 실험실, 원무와 같이 동작이 작은 작업에서부터 중환자실과 같은 동작이 큰 작업에 이르기까지 매우 다양한 동작 특성에 기인한다는 것을 의미하며, 이는 병원업종과 같은 작업 및 동작 특성이 매우 다양한 작업들에 대한 위험도 평가를 위해서는 기존의 평가도구와는 다른 차원의 특성화된 평가도구를 개발하고 사용해야한다는 것을 의미한다고 판단된다. 3) 업종 중에서도 자동차 업종에 대해서는 작업부분별(A1(Front), A2(Interior), A3(Rear), A4(Lower), A5(Door))로 평가자내 일관성을 살펴보았는데, 업종별 분석결과와 같이 모든 작업 부분에서, 각 도구별 평가자내 평균일치율과 kappa는 OWAS, RULA, REBA의 순이었으며, 회차에 따른 평가결과의 차이는 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 나타났다. 또한 자동차업종의 작업부분 중에서는 상대적으로 A4(Lower)의 평가자내 % 일치율(RULA: 64.9%, REBA: 39.4%, OWAS: 74.5%)이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 자동차 하부 작업의 극단적인 작업자세(과도한 목 신전 및 어깨굴곡)로 인한 위험도 평가에 있어서의 명확성에 있다고 사료된다.

넷째, 자동차 업종의 RULA, REBA, OWAS의 평균 점수는 각각 5.58, 5.75, 2.04점으로 전자(4.28, 3.80, 1.45)와 병원(4.32, 3.90, 1.59)보다도 높았다. 이는 또한 신체부위별 점수에 대한 평가에 있어서도 유사한 경향(자동차 업종에 속한 작업들의 위험도가 전자 및 병원 업종에 속한 작업의 위험도 보다 높은)을 나타내는 것으로 나타났다. 자동차업종의 작업특성상 부품의 운반, 수공구의 사용 등으로 인한 무게/힘(Load/Force)부분에서 다른 업종에 비하여 높은 점수가 부여된 결과라 판단된다. 또한 신체부위별로도 RULA로 평가한 아래팔과 REBA, OWAS로 평가한 다리(하체)를 제외한 나머지 부위에서 모두 전자와 병원업종의 평가결과 보다 높게 나타났다. 이는 자동차 업종의 특성상 차량 하부 작업시 과도한 어깨굴곡, 목신전 등이 빈번하게 발생하는 차량하부작업, 쪼그려 앉거나 하체가 불안정한 자세가 발생하는 차량 내부작업 등 극단적인 자세가 발생하는 작업으로 구성되어 있어 상대적으로 다른 업종보다도 자동차업종의 평가결과가 높은 결과를 나타냈다고 판단된다. 구체적으로 RULA의 경우에는 아래팔과 다리, REBA의 경우에는 다리, 그리고 OWAS의 경우에는 하체를 각각 제외하고는 모든 신체부위에 있어서 자동차업종의 위험도가 다른 두 업종(전자, 병원)의 위험도보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 또한 각 업종간 신체부위별 점수에 대하여 비교하였을 때, RULA의

경우에는 자동차와 전자, 자동차와 병원간의 비교에서는 아래팔, 그리고 전자와 병원의 비교에서는 아래팔, 손목 및 다리를 제외하고는 모든 신체부위에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, REBA의 경우에는 아래팔과 손목을 제외하고는 모든 신체부위에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 아래팔의 경우에는 RULA와 REBA 모두 다른 신체 부위에 대한 평가에 비해서 상대적으로 덜 세부적인 평가체계(RULA: 3단계, REBA: 2단계)에 기인하는 것으로 판단된다.

다섯째, 자동차업종의 작업 부분별로 RULA, REBA, OWAS로 평가한 결과, 그 차이는 모든 신체 부위에 있어서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 자동차 A1(Front)부분은 RULA, REBA에서 손목부분의 평가결과와 REBA에서 아래팔의 평가결과가 다른 작업 부분보다 높게 나타났다. A1(Front)부분은 Hood/Bonnet에서 이루어지는 작업이 많아 아래팔의 과도한 신전이 발생하고, 부품조립이나 수공구 사용으로 인해 손목의 굴곡이나 신전이 많이 나타나기 때문에 다른 부분보다 평가결과가 높게 나타났다고 판단된다. 자동차 A2(Interior)부분은 다리에서의 RULA, REBA, OWAS 평가 결과가 다른 부분보다 높게 나타났다. A2(Interior)부분은 작업이 대부분 내부에서 이루어지기 때문에 다리가 불안정한 자세로 작업이 이루어지는 경우가 많아 다리에서 높은 평가결과가 나타났다. 또한 차량 내부 작업시 다리를 바깥에 두고 작업할 때 허리를 자동차 바닥높이에 맞춰 구부리게 되므로 OWAS에서의 허리에 대한 평가 결과가 가장 높게 나왔다. Ferguson 등 (2011)의 연구에서도 자동차 업종의 내부 작업시 허리동작 측정기로 허리각도를 측정한 결과 47.51° 로 비교적 과도한 허리 신전을 보이는 것으로 나타났다[17]. 자동차 A4(Lower)부분은 윗팔에서의 RULA, REBA, OWAS평가 결과가 다른 부분보다 높게 나타났다. 작업자의 키보다 높게 위치한 자동차 하부작업 특성상 작업자가 어깨를 최대한 굴곡시키는 자세가 되기 때문이라고 사료된다. 이와 같은 이유로 목 신전이 발생하여 목 부분에서 REBA 평가결과가 다른 부분보다 높게 나타났는데 이는 기존의 연구결과(Ferguson 등 (2011))에서도 자동차의 하부부분 작업시 다른 부분 작업시 보다 목신전($-14.86 \sim -39.96^\circ$)의 정도가 큰 것으로 나타났다. 자동차 A5(Door)부분은 허리, 몸통에서의 RULA, REBA평가 결과가 다른 부분보다 높게 나타났다. 도어 부분 작업은 도어의 높이에 맞춰 허리를 구부리므로 허리, 몸통에서의 평가 결과가 높게 나타났다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 평가도구의 사용에 있어서의 초보사용자의 일관성 및 업종에 따른 평가결과에 대한 분석을 수행하였는데 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 업종별로 분석한 결과 자동차, 전자, 병원 업종 모두에서 RULA가 동일작업에 대하여 REBA와 OWAS보다 일반적으로 높게 평가하는 것으로 나타났다.

둘째, 초보평가자들의 RULA, REBA, OWAS의 총점에 대한 평균 관찰자내 일치율은 OWAS(72.7%(0.57)) RULA(54.3%(k=0.41)), REBA(41.0%(k=0.34))의 순으로 OWAS의 평가결과가 가장 높은 일치율을 보였다. 업종별, 자동차 작업부분별로 분석한 결과에서도 OWAS가 가장 높은 평가자내 일치율을 보였다. 신체부위별 점수에 있어서도 일치율의 순서는 동일하였으나 RULA와 REBA의 경우에도 윗팔을 제외한 모든 신체부위점수는 그 일치율이 60%이상인 것으로 나타났다.

셋째, 평가자내의 일관성을 업종별로 나누어서 분석한 결과는 다음과 같았다. 1) 먼저 평가 결과의 총점과 관련하여 자동차, 전자, 병원의 모든 업종에서, 각 도구별 평가자내 평균일치율과 kappa는 OWAS, RULA, REBA의 순이었다. 2) 병원업종의 경우에는 자동차, 전자 두 업종에 비하여 평균 %일치율과 kappa 값이 상대적으로 낮게 나타났다. 3) 자동차업종의 작업 부분 중에서는 상대적으로 A4(Lower)의 평가자내 % 일치율(RULA: 64.9%, REBA: 39.4%, OWAS: 74.5%)이 가장 높은 것으로 나타났다.

넷째, 자동차 업종의 RULA, REBA, OWAS의 평균 점수는 각각 5.58, 5.75, 2.04점으로 전자(4.28, 3.80, 1.45)와 병원(4.32, 3.90, 1.59)보다도 높았다.

다섯째, 자동차업종의 작업 부분별로 평가한 결과, 그 차이는 모든 신체 부위에 있어서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한 자동차 A1(Front)부분은 RULA, REBA에서 손목부분의 평가결과와 REBA에서 아래팔의 평가결과가 다른 작업 부분보다 높게 나타나는 등, 부분별로 작업별 특성에 따른 결과가 도출되었다.

여섯째, 본 연구의 결과를 통해서 이제까지 기존의 연구들에서 대부분 다루지 않았던 평가도구의 신체부위점수별, 업종별 특성을 살펴보았다. 그 결과들을 토대로하여 기존의 평가도구들의 사용상 지침, 업종별로 특성화된 평가도구의 개발 근거가 1차적으로 도출되었다고 판단되며 궁극적으로는 본 연구의 전반적인 규모의 확장을 통한 보다 안정적인 결과 도출이 가능하다고 사료된다.

6. 참고 문헌

- [1] 한국산업안전보건공단, <http://www.kosha.or.kr/board>, "산업재해통계", (2010).
- [2] 노동부, <http://www.index.go.kr/egams/>, "산업재해 현황분석", (2010).
- [3] 김정룡, "작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 인간공학", 민영사, (2004): 146-147.
- [4] 한국산업안전보건공단, "근골격계질환 부담작업 유해요인조사 지침 KOSHA Code H-30", 한국산업안전공단, (2008).
- [5] 광원택, "인간공학적 작업부하평가 도구에 따른 근골격계 부담작업 평가 결과의 차이", 한경대학교 산업대학원, 석사학위 논문, (2006).
- [6] 기도형, 박기현, "작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교", 한국안전학회지, 20(2), (2005): 127-132.
- [7] 이인석, 정민근, 최경임, "지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교", 대한인간공학회, 22(1), (2003): 43-56.
- [8] 신용철, "Rapid Entire Body Assessment의 신뢰도 및 타당성 평가", 한국산업위생학회지, 14(1), (2004): 1-6.
- [9] J. R. Landis, G. G. Koch, "The measurement of observer agreement for categorical data." *Biometrics*, 33(1), (1977): 159-174.
- [10] 기도형, 이경태, 박재희, 최경임, "산업안전보건관리자를 위한 인간공학", 한경사, (2010): 602-603.
- [11] 정병용, 이동경, "현대인간공학", 민영사, (2009): 652.
- [12] I. de Bruijin, J. A. Engels, J. W. J. van der Gulden, "A simple method to evaluate the reliability of OWAS observations", *Applied Ergonomics*, 29(4), (1998): 281-283.
- [13] 박무국, 류태범, 기도형, 정민근, "인간공학적 작업부하 평가방법을 이용한 근골격계 부담작업 환경기준의 정확성 평가", 대한인간공학회지, 25(2), (2006): 119-123.
- [14] 박재희, 광원택, "근골격계 부담작업 평가에서 개별장면의 대표값들과 전문가관정 결과 간의 비교", 대한인간공학회지, 25(2), (2006): 205-210.
- [15] 문찬영, "대칭/비대칭 자세의 최대 지속시간을 이용한 자세 평가 기법 비교, 포항공과대학교 석사학위 논문, (2004).
- [16] 이관석, 염정원, 허학무, 손종민, 옥동민, 박상근,

"인간공학적평가기법(OWAS,RULA,REBA,QEC)의 비교" 대한인간공학회학술대회 논문집, (11), (2009): 205-209.

- [17] S. A. Ferguson, W. S. Marras, W. G. Allread, G. G. Knapik, K. A. Vandlen, R. E. Splittstoesser, G. Yang, "Musculoskeletal disorder risk as a function of vehicle rotation angle during assembly tasks", *Applied Ergonomics*, 42(5), (2011): 699-709.

저자 소개

임수정



현재 인하대학교 대학원 산업공학과 재학 중
 관심분야: 산업공학

주소: 인천광역시 남구 용현동 253 인하대학교 2북 668A

최순영



고려대학교 대학원 보건학 석사, 인하대학교 산업공학과 박사 취득. 현재 인하대학교 의학과 박사과정, 관심분야: 산업보건, 인간공학

주소: 인천광역시 남구 용현동 4동 인하대학교 2북 668A

박동현



인하대학교에서 학사를 취득하였으며, 미국 University of Alabama에서는 석사와 미국 Pennsylvania State University에서는 박사를 취득하였다. 현재 인하대학교 산업공학과에서 교수로 재직 중이며, 관심분야는 인간공학이다.

주소: 인천광역시 남구 용현4동 인하대학교 산업공학과