

A Study on the Characteristics of Checklists for Work-related Musculoskeletal Disorders

Dong Hyun Park, Min Kim, In Seong Seo

Inha University, Department of Industrial Engineering, Incheon, 22212

작업 관련 근골격계질환 체크리스트 사용 특성에 관한 연구

박동현, 김민, 서인성

인하대학교 산업경영공학과

Corresponding Author

In Seong Seo

Inha University, Department of Industrial Engineering, Incheon, 22212

Email : jjab001@naver.com

Received : April 04, 2019

Revised : January 08, 2020

Accepted : January 17, 2020

Copyright©2020 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: This study tried to identify and analyze the problems associated with the use of checklists regarding musculoskeletal disorders (MSDs). An eventual objective of this study was to suggest a guideline for applying checklists based on the results of the study.

Background: An evaluation for work-related MSDs is usually initiated by applying checklists such as OWAS, RULA, and REBA. However, there have been many limitations for using these checklists. Specifically, there can always be a possibility for different outcomes depending on analyst, duration of cycle time, types of jobs and so on. One of the biggest problems has been a high possibility of inconsistency for selecting the posture except the job with very short cycle time. This study tries to propose a certain guideline regarding applying checklists with categorized approaches to evaluate MSDs for different cases.

Method: The total number of jobs considered in this study was 40 (10 jobs from hospital, 10 jobs from electronics assembly, 20 jobs from automobile assembly). There were 2 groups of subjects (5 experienced and 30 inexperienced subjects). 'Experienced subject' is defined as the subject who has applied MSDs checklists more than 1,000 times. An evaluation process was repeated for 3 times in every 3 days for each subject. SPSS 25.0 was used for statistical analysis. The factors considered in the study were groups of subjects (experienced, inexperienced), types of industries, types of checklists, and cycle times.

Results: In case of experienced subjects, there were no statistically significant cases with consistencies for the counter-time of the posture selected for short (< 15 seconds) and medium (15~30 seconds) cycle times while there was 14.29% of statistically significant cases with consistencies for long cycle time (> 30 seconds). The percentages of statistically significant cases with consistencies for the counter-time in case of inexperienced subjects were 50%, 55%, and 67% for short, medium and long cycle times respectively. RULA had a higher percentage of statistically significant cases with consistencies for the counter-time than that of OWAS and REBA. Further analyses were done using the data with counter-time error rate less than 10% in order to analyze the data with relatively high reliability. The percentage of the data with counter-time error rate less than 10% increased as cycle time increased. Electronics assembly jobs had the highest percentage of the data with counter-time error rate less than 10%.

Conclusion: The guideline was proposed to have better and more reliable use of MSDs checklists in terms of groups (experienced, inexperienced), types of industries,

cycle times, and types of checklists.

Application: The results of this study can be a good basis for better and reliable use of MSDs checklists.

Keywords: Musculoskeletal disorders (MSDs), Characteristics of ergonomics checklist, Counter-time, Guidelines for applying MSDs checklists

1. Introduction

근골격계질환은 현대인의 운동부족 및 근로자들의 고령화로 인한 근력저하와 더불어 산업구조의 단순화, 경제 발전에 따른 작업량 상승 등 원인이 다양하고 복합적이기 때문에 그 예방 및 관리가 매우 어렵다는 특징이 있다(Kim et al., 2004). 특히 근골격계질환은 업무상 질병에서 차지하는 비율이 증가추세에 있고 노동력 손실로 인한 경제적 피해가 가장 크다고 알려져 있으며(Jung, 2003; Seo, 2006) 집단적으로 발병하는 특성으로 인해 근로자들의 대규모 노동력 손실을 유발하고 경제적 손실 뿐 만 아니라 근로자 삶의 질에 영향을 미쳐 사회 전반적으로 큰 문제점이 되고 있다(Seo, 2006; Kee, 2012).

근골격계질환에 대한 예방 및 관리는 일반적으로 인간공학 평가도구(체크리스트)를 활용하는 것으로 시작되는데(Lee et al., 2003) 이러한 평가도구(체크리스트)들은 근골격계질환이 발생한 후에 평가가 진행되어 예방보다는 사후 대처로 활용되고 있고, 한정된 시간과 자원 등의 요인에 의해 조사가 단편적으로 이루어지고 있다(Kee and Park, 2005; Shin and Jeong, 2008). 실제로 일반적인 분석에 있어서는 수행하는 작업 중 가장 열악한 작업 자세를 선정해서 그에 대한 위험도를 평가하는 방법이 적용되고 있고 이로 인해서 작업장면의 분포와 특성을 온전히 반영하지 못하는 한계점과 분석자의 특성 등 개인적 요인에 의해서도 그 결과의 일관성에 많은 문제가 있을 수 있다고 알려져 있다(Lee, 2005; Jeong, 2007).

현재 근골격계질환 관련 분석의 일반적인 문제점을 구체적으로 살펴보면 근골격계질환은 그 특성상 1회적인 조사로는 질환을 예방하기 어렵고(Jung, 2003) 평가도구들 간 절대적인 판정 기준이 존재하지 않아 결과에 차이가 있을 수 있다. 또한 동일한 평가도구를 사용하더라도 어떤 장면의 자세를 선택하는가에 따라 평가결과가 달라질 수 있고, 따라서 어느 특정 시점에서의 단편적인 작업내용에 대한 위험요인 평가는 많은 한계점이 있다(Lee, 2005; Kwak, 2006). 게다가 비정형 작업의 경우에는 사용되는 인체부위가 다양하며 지속시간 또한 예측하기 어렵다는 특징이 있다(Yun, 2009). 그동안 근골격계 유해요인 조사 및 인간공학 평가도구의 한계점을 극복하기 위해 여러 선행 연구들이 진행되었지만, 대부분 정형적인 작업 자세가 주를 이루는 제조업 중심으로 많이 이루어졌으며 지정된 문제 작업 자세에 대한 평가도구에 대한 단순비교에 그친 경우가 대부분이었다. 따라서 보다 더 현실적이고 효율적인 근골격계질환에 대한 평가 및 관리를 위해서는 근골격계질환을 유발할 수 있는 작업들의 작업 자세와 부하를 정확하게 평가할 매뉴얼이 확립되어야 하고(Noh, 2015) 일시적인 조사와 평가로 그치지 않고 장기간 반복적인 평가를 진행하여 질환 발생률 최소화를 목적으로 하여야 한다고 알려져 있다(Jung, 2003; Lee, 2005; Lim, 2010).

본 연구에서는 실제 평가도구 적용 시 평가자 스스로 문제 작업 자세를 선정하게 하였으며 카운터 타임을 기록하고 일치율을 도출하여 비교하였다. 그 이유는 동일한 작업의 영상을 평가함에 있어 완벽하게 일치하는 문제 작업 자세를 선정하는 것은 어려우며 따라서 최소한의 일치정도를 파악하고자 정량적인 측정방법인 일치율 결과를 살펴보고자 하였기 때문이다. 결론적으로 본 연구에서는 근골격계질환 관련 평가도구의 한계점을 보다 종합적으로 분석하고, 그 한계점을 극복하기 위하여 이제까지 항상 논란이 되어 왔던 근골격계질환 관련 평가도구의 사용상 문제점을 분석하여, 각각의 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 병원, 전자조립, 자동차조립 등 다양한 특성을 가진 작업들 중 작업 자세 측정이 용이한 병원 10개, 전자 10개, 자동차 20개를 선정하였다. 이를 대상으로 근골격계 유해요인 조사를 수행함에 있어 주로 활용되고 있는 인간공학 평가도구(OWAS, RULA, REBA) (Park, 2006; Shin and Jeong, 2008) 관련 경험자 집단과 미경험자 집단의 문제 작업 자세 선정 및 평가도구 적용상의 특성을 파악하고자 하였다. 경험자와 미경험자의 분석 결과를 비교하는 연구는 이미 수행된 바 있으나, 경험자 집단 내 비교, 미경험자 집단 내 비교에 관한 연구는 아직 수행된 바 없어 그 집단의 특성을 파악하고, 궁극적으로는 각 집단별, 업종별 평가도구 사용에 대한 가이드라인을 제시하고자 하였다.

2. Method

2.1 Experimental design

근골격계질환의 발생가능성을 정량적으로 평가하기 위한 시도는 대부분 단순 반복적 작업과 같이 정형적인 작업위주로 수행되어 왔으며, 대표적인 예로 자동차조립과 전자조립 작업 등이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 정형적인 작업 뿐 아니라 비정형적인 작업의 특성을 함께 알아보고자 병원 업종을 추가로 선정하여 결과를 살펴보고자 하였다. 구체적으로 비정형 작업을 하는 병원 업종에서 10개, 정형적인 작업을 하는 전자 업종에서 10개와 자동차 업종에서 20개를 선정하여, 분석을 수행하였다. 작업들은 자세 측정이 용이한 공정들을 위주로 사전에 선별하였으며, 특히 자동차 작업의 경우, 작업 관련 근골격계질환 발생에 있어서 중심이 되는 업종이고 부서마다 작업 자세 및 특징이 상이하므로 각 부서를 대표하는 작업 5개씩 선정하여 보다 더 세부적인 분석을 시도하였다. 구체적으로 조립 작업 중 차체 내부(interior) 작업 5개, 전반부(front) 작업 5개, 후반부(rear) 작업 5개, 하부(lower) 작업 5개를 분석대상으로 선별하였다. 평가자 집단은 경험자 집단(5명)과 미경험자 집단(30명)으로 이루어졌으며 이들이 현재 가장 대중적으로 사용되는 인간공학 평가도구(OWAS, RULA, REBA)를 활용하여 대상 작업들에 대한 근골격계질환 관련 위험도 평가를 수행하였다. 경험자 집단은 인간공학 평가도구를 사용하여 1,000회 이상 분석 경험이 있는 피실험자들로 구성하였으며, 미경험자 집단은 평가도구 활용 경험이 전혀 없는 피실험자들로 구성하였다.

본 연구의 전체적인 과정은 다음과 같다.

첫째, 미경험자들의 경우, 평가도구 사용에 익숙하지 않기에 평가도구의 특징과 활용법에 대한 교육이 필수적으로 요구되며 따라서 약 3시간에 걸쳐 사전교육을 받은 후, 본 논문에서 분석할 대상에 속하지 않은 연습용 데이터로 총 3개 작업에 대하여 연습을 실시한 뒤 평가에 임하게 하였다.

둘째, 조사 대상이 된 40개 작업(동영상)은 업종별로 자동차 20개(automobile; 내부(interior) 작업 5개, 전반부(front) 작업 5개, 후반부(rear) 작업 5개, 하부(lower) 작업 5개), 전자 10개(electronics; 노트북조립 작업), 병원 10개(hospital; 간호사업무)로 이루어져 있으며, 작업주기의 길이에 따른 평가에 대한 영향을 알아보기 위하여 작업주기별로 15초 미만(짧은 작업주기), 15초 이상 30초 미만(중간 작업주기), 30초 이상(긴 작업주기)으로 분류하여 평가를 진행하였다.

셋째, 평가는 앞에서 언급한 40개 작업을 한 세트로 하여 각 세트를 3일 간격으로 총 3회 평가를 시행하도록 하였으며 매번 평가 시 40개 작업의 평가 순서는 각 작업에 대하여 난수를 추출한 결과에 근거하였다.

넷째, 평가자들은 작업주기 중 근골격계질환에 관련하여 가장 유해하다고 판단되는 자세(이하 '문제 작업 자세'로 명명)를 선정하고 해당 장면에 대한 동영상의 카운터 타임을 기록한 후 본인이 선정한 문제 작업 자세에 대하여 인간공학 평가도구를 활용하여 평가를 진행하였다.

다섯째, 회차별 문제 작업 자세에서의 카운터 타임 일치율(1) 및 각각의 인간공학 평가도구 결과(부분 및 최종 점수)의 일치율(2)을 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{문제 작업 자세에서의 회차별 카운터 타임 일치율(\%)} = \left[1 - \left(\frac{|X-Y|}{Z} \right) \right] \times 100 \quad (1)$$

X-Y = 회차별 카운터 타임 값의 차이

Z = 작업주기

$$\text{평가도구 세부 및 최종 점수결과의 일치율(\%)} = \left[1 - \left(\frac{|\alpha-\beta|}{\gamma} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

α - β = 회차별 평가도구 점수의 차이

γ = 평가도구 점수의 최댓값

여섯째, 본 연구에서는 다섯째에서 언급한 일치율을 토대로 개별 작업에 대하여 각 평가자들의 일치율을 도출한 후 Kruskal-wallis 검정을 통해 각 평가자들의 회차별 문제 작업 자세 선정 카운터 타임 일치율이 작업주기에 따라 통계적인 차이가 있는지 보고자 하였다. 또한, 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 피실험자 간 작업별 문제 작업 자세에서의 카운터 타임 일치율의 오차가 10% 이내인 결과 즉, 상대적으로 일치도가 높은 문제 작업 자세를 선정한 작업을 토대로한 데이터를 대상으로 Kruskal-wallis 검정을 실시하였다. 일곱째, 여섯째에서 도출된 인간공학 평가도구의 분석값을 백분율로 환산하고 평가도구 항목 중 통계적 차이가 있는 비율과 평가도구 항목 중 공통적으로 통계적 차이를 보인 항목들을 정리하였다.

2.2 Statistical Analysis

본 연구의 통계분석에는 SPSS 25.0 (IBM SPSS Statistics 25 Documentation, 2007a; IBM SPSS Statistics 25 Documentation, 2007b)이 사용되었으며, 전문가 5명, 비전문가 30명으로 구성된 피실험자 집단의 특성에 따른 평가결과의 차이는 비모수적 검정인 Kruskal-wallis 검정으로 분석하였다. 구체적으로, 각각의 피실험자로 하여금 개별 작업영상에 대한 가장 열악한 작업 자세를 3회 반복하여 선정하도록 하고, 선정결과의 카운터 타임이 10% 이내의 오차를 보인 결과만을 바탕으로 피실험자 간 통계적으로 유의한 차이가 있는지 Kruskal-wallis 검정을 통해 확인하고자 하였다. 더 나아가 경험자들 간 그리고 미경험자들 간 그룹 내 결과의 유의한 차이가 있는지 함께 비교하였다.

3. Results

3.1 Comparison of counter-times for the posture selected

3.1.1 Experienced subjects

(Table 1)은 경험자들 간 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 일치율을 작업주기 별로 분석한 결과이다. 경험자들의 경우에 통계적으로 유의한 차이를 보인 작업은 긴 작업주기에서만 3개(14.29%)로 나타났다.

Table 1. Comparison of counter-times for the posture selected in case of experienced subjects

Cycle time	Job	Mean	Standard deviation	Min	Max	p-value	Frequency (Percentage)
Short (< 15 sec)	H2	92.28	7.136	85.53	100.00	.667	0 (0%)
	EI2	99.56	0.763	98.33	100.00	.106	
	EI3	80.00	33.485	25.00	100.00	.168	
	EI4	99.19	1.387	96.97	100.00	.106	
	EI7	92.62	11.734	73.85	100.00	.319	
	EI9	99.44	0.954	97.92	100.00	.106	
	EI10	98.00	2.353	93.75	100.00	.311	
Medium (15~30 sec)	AI1	88.05	19.501	55.17	100.00	.168	0 (0%)
	H1	96.97	4.165	90.07	100.00	.303	
	H7	92.85	9.377	78.05	100.00	.629	
	H10	87.01	20.017	51.95	100.00	.303	
	EI6	100.00	0.000	100.00	100.00	1.000	
	EI8	97.75	10.860	88.57	100.00	.106	

Table 1. Comparison of counter-times for the posture selected in case of experienced subjects (Continued)

Cycle time	Job	Mean	Standard deviation	Min	Max	p -value	Frequency (Percentage)
Medium (15~30 sec)	AF1	85.33	21.126	45.00	100.00	.168	0 (0%)
	AF3	99.62	0.654	98.57	100.00	.106	
	AF4	97.78	3.291	91.67	100.00	.168	
	AF5	86.43	23.288	49.12	100.00	.106	
	AL3	98.10	1.844	96.43	100.00	.406	
	AR3	84.31	26.926	41.18	100.00	.106	
Long (> 30 sec)	H3	93.57	11.038	75.89	100.00	.106	3 (14.29%)
	H4	82.31	24.534	36.73	100.00	.033*	
	H5	89.42	17.920	60.32	100.00	.168	
	H6	86.47	16.354	59.56	100.00	.593	
	H8	79.53	17.867	55.81	100.00	.611	
	H9	85.96	22.831	48.52	100.00	.048*	
	EI1	99.37	0.874	97.65	100.00	.171	
	EI5	90.36	12.603	68.67	100.00	.611	
	AF2	85.64	24.647	46.15	100.00	.106	
	AI2	96.62	4.726	87.32	100.00	.168	
	AI3	94.83	8.881	80.60	100.00	.106	
	AI4	96.04	5.536	85.14	100.00	.168	
	AI5	79.02	29.357	22.67	100.00	.303	
	AL1	92.92	9.873	73.45	100.00	.303	
	AL2	96.25	6.437	85.94	100.00	.106	
	AL4	91.88	13.286	69.57	100.00	.168	
	AL5	83.08	28.752	36.54	100.00	.168	
	AR1	84.44	24.996	44.44	100.00	.319	
	AR2	86.22	33.016	28.89	100.00	.040*	
	AR4	91.11	15.258	66.67	100.00	.106	
AR5	86.55	22.819	49.57	100.00	.168		

* $p < .05$

AI: Job of Automobile Interior Part, AF: Job of Automobile Front Part, AR: Job of Automobile Rear Part, AL: Job of Automobile Lower Part, EI: Job of Electronics, H: Job of Hospital

3.1.2 Inexperienced subjects

(Table 2)는 미경험자들 간 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 일치율을 작업주기 별로 분석한 결과이다. 미경험자들의 경우에 통계적으로 유의한 차이를 보인 작업은 짧은 작업주기에서 4개(50%), 중간 작업주기에서 6개(54.55%), 긴 작업주기에서 6개(54.55%)로 나타났다.

Table 2. Comparison of counter-times for the posture selected in case of inexperienced subjects

Cycle time	Job	Mean	Standard deviation	Min	Max	p -value	Frequency (Percentage)
Short (< 15 sec)	H2	83.48	26.317	18.42	100.00	.004*	4 (50%)
	EI2	86.78	22.749	18.33	100.00	.024*	
	EI3	82.82	25.543	13.89	100.00	.077	
	EI4	86.33	23.235	21.21	100.00	.006**	
	EI7	83.52	26.888	27.69	100.00	.010*	
	EI9	87.38	20.232	10.42	100.00	.087	
	EI10	95.89	8.470	53.75	100.00	.069	
Medium (15~30 sec)	AI1	82.91	20.978	31.03	100.00	.095	6 (54.55%)
	H1	88.18	19.173	16.31	100.00	.005**	
	H7	87.75	18.281	9.76	100.00	.028*	
	H10	82.08	26.874	1.30	100.00	.025*	
	EI6	90.73	19.247	15.45	100.00	.061	
	EI8	93.49	8.963	68.67	100.00	.079	
	AF1	84.44	25.331	20.00	100.00	.011*	
	AF3	83.40	21.659	40.00	100.00	.163	
	AF4	85.46	18.663	45.83	100.00	.055	
	AF5	86.35	19.700	19.30	100.00	.069	
	AL3	80.28	25.811	25.00	100.00	.013*	
AR3	86.93	19.335	11.76	100.00	.010*		
Long (> 30 sec)	H3	84.94	21.126	26.53	100.00	.023*	14 (66.67%)
	H4	85.61	17.987	41.04	100.00	.014*	
	H5	85.29	24.545	12.70	100.00	.024*	
	H6	81.60	24.511	16.91	100.00	.011*	
	H8	89.51	16.567	16.28	100.00	.011*	
	H9	80.74	24.102	13.02	100.00	.046*	
	EI1	86.72	18.422	37.65	100.00	.402	
	EI5	88.76	17.455	34.94	100.00	.084	
	AF2	83.76	20.880	30.77	100.00	.020*	
	AI2	86.42	16.485	38.03	100.00	.495	
	AI3	87.89	18.072	25.37	100.00	.010*	
	AI4	85.53	20.478	35.14	100.00	.134	
	AI5	82.25	22.151	12.00	100.00	.027*	
	AL1	86.52	17.069	41.24	100.00	.116	
AL2	89.97	15.482	40.63	100.00	.005**		

Table 2. Comparison of counter-times for the posture selected in case of inexperienced subjects (Continued)

Cycle time	Job	Mean	Standard deviation	Min	Max	p -value	Frequency (Percentage)
Long (> 30 sec)	AL4	85.02	19.821	21.74	100.00	.152	14 (66.67%)
	AL5	80.29	27.917	8.65	100.00	.012*	
	AR1	80.99	26.431	13.89	100.00	.022*	
	AR2	79.95	24.617	22.22	100.00	.025*	
	AR4	84.72	22.006	27.08	100.00	.024*	
	AR5	77.55	26.888	23.08	100.00	.132	

* $p < .05$, ** $p < .01$

AL: Job of Automobile Interior Part, AF: Job of Automobile Front Part, AR: Job of Automobile Rear Part, AL: Job of Automobile Lower Part, EI: Job of Electronics, H: Job of Hospital

3.2 Analysis for the data with counter-time error rate less than 10%

본 연구에서는 상대적으로 신뢰성 높은 데이터에 대한 분석을 수행하기 위하여 각 회차별로 선정된 카운터 타임 차이의 비율이 10% 이내의 경우를 살펴보았다.

3.2.1 Hospital jobs

Analysis for the data with counter-time error rate less than 10%

(Table 3)은 병원 작업을 평가할 때, 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 경우, 그 비율 및 그에 대한 평가도구별 분석 결과, 통계적으로 유의한 차이를 보인 항목 비율을 정리한 결과이다. 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 비율은 경험자의 경우 짧은 작업주기에서 평균 60%, 중간 작업주기에서 평균 53%, 긴 작업주기에서 평균 50%로 나타났고, 미경험자의 경우 짧은 작업주기에서 평균 47%, 중간 작업주기에서 평균 25%, 긴 작업주기에서 평균 21%로 나타났다. 두 집단(경험자, 미경험자) 모두 작업주기가 길어짐에 따라 오차 10% 이내의 비율이 감소하는 것으로 나타났다.

문제 작업 자세 관련 카운터 타임 오차가 10% 이내인 경우, 평가도구별로 통계적으로 유의한 차이를 보인 항목 비율은 OWAS의 경우 경험자는 모든 작업주기에서 0%로 나타났고 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 20%, 중간 작업주기에서 평균 47%, 긴 작업주기에서 평균 67%로 나타났다. RULA의 경우 경험자는 짧은 작업주기에서 0%, 중간 작업주기에서 평균 7%, 긴 작업주기에서 평균 12%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 20%, 중간 작업주기에서 평균 47%, 긴 작업주기에서 평균 82%로 나타났다. REBA의 경우 경험자는 짧은 작업주기에서 0%, 중간 작업주기에서 평균 3%, 긴 작업주기에서 평균 10%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 20%, 중간 작업주기에서 평균 43%, 긴 작업주기에서 평균 62%로 나타났다. 결과적으로 카운터 타임 오차가 10% 이내인

Table 3. Analysis for the data with counter-time errors rate less than 10% in hospital jobs

Cycle time	Job	Counter time		OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE	E	IE
Short	H2	60%	47%	0%	20%	0%	20%	0%	20%
Average		60%	47%	0%	20%	0%	20%	0%	20%

Table 3. Analysis for the data with counter-time errors rate less than 10% in hospital jobs (Continued)

Cycle time	Job	Counter time		OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE	E	IE
Medium	H1	60%	20%	0%	60%	0%	50%	0%	40%
	H7	60%	27%	0%	40%	10%	50%	0%	50%
	H10	40%	27%	0%	40%	10%	40%	10%	40%
Average		53%	25%	0%	47%	7%	47%	3%	43%
Long	H3	60%	17%	0%	60%	0%	80%	0%	70%
	H4	40%	33%	0%	60%	10%	80%	20%	60%
	H5	40%	13%	0%	60%	10%	80%	10%	70%
	H6	60%	13%	0%	60%	10%	80%	0%	50%
	H8	60%	20%	0%	80%	20%	80%	10%	60%
	H9	40%	27%	0%	80%	20%	90%	20%	60%
Average		50%	21%	0%	67%	12%	82%	10%	62%

E: Experienced subjects, IE: Inexperienced subjects, H: Job of Hospital
 Short: < 15 seconds, Medium: 15~30 seconds, Long: > 30 seconds

경우, OWAS의 경우에는 그 결과에 있어서 작업주기에 상관없이 유의한 차이가 나지 않는 것으로 나타났고, 다른 두 평가도구의 경우에는 작업주기가 길어질수록 그 결과에 있어서 유의한 차이의 비율이 높아지는 것으로 나타났다.

Body parts associated with significantly different results

(Table 4)는 병원 작업을 평가할 때, 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 경우, 각 집단의 평가도구별로 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목을 정리한 결과이다. 즉 다음의 표에서는 각 평가도구별, 각 집단별로 동일 대상에 대한 평가에 있어서 일치율이 떨어지는 항목을 정리하였다. OWAS의 경우 경험자는 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목은 없었고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 아랫팔(Forearms), 중간 작업주기에서는 아랫팔(Forearms), 허리(Back), 긴 작업주기에서는 아랫팔(Forearms), 허리(Back), 다리

Table 4. Body parts associated with significantly different results for hospital jobs

Job	Cycle time	OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE
Hospital	Short	-	Forearms	-	Wrist	-	Activity score
	Medium	-	Back, Forearms	-	Upper arm, Wrist, Neck	-	Legs, Upper arm, Activity score
	Long	-	Back, Forearms, Legs	-	Upper arm, Wrist, Wrist twist, Force/Load, Muscle, Neck, Trunk	-	Trunk, Legs, Upper arm, Coupling score, Activity score

E: Experienced subjects, IE: Inexperienced subjects
 Short: < 15 seconds, Medium: 15~30 seconds, Long: > 30 seconds

(Legs)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. RULA의 경우 경험자는 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목은 없었고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 손목(Wrist), 중간 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손목(Wrist), 목(Neck), 긴 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손목(Wrist), 손목 비틀림(Wrist Twist), 무게/힘(Force/Load), 근육(Muscle), 목(Neck), 상체(Trunk)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. REBA의 경우 경험자는 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목은 없었고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 행동점수(Activity score), 중간 작업주기에서는 다리(Legs), 윗팔(Upperarm), 행동점수(Activity score), 긴 작업주기에서는 상체(Trunk), 다리(Legs), 윗팔(Upperarm), 손잡이(Coupling score), 행동점수(Activity score)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 병원 작업에 대한 평가에 있어서 경험자들의 경우에는 세 평가도구 모두에서 작업주기에 상관없이 그 결과값에 있어서 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 없는 것으로 나타났으나 경험자들의 경우에는 다양한 항목에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3.2.2 Electronics jobs

Analysis for the data with counter-time error rate less than 10%

(Table 5)는 전자 작업을 평가할 때, 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내 경우, 그 비율 및 그에 대한 평가도구별 분석 결과, 통계적으로 유의한 차이를 보인 항목 비율을 정리한 결과이다. 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 비율은 경험자의 경우 짧은 작업주기에서 평균 90%, 중간 작업주기에서 평균 90%, 긴 작업주기에서 평균 80%로 나타났고, 미경험자의 경우 짧은 작업주기에서 평균 49%, 중간 작업주기에서 평균 45%, 긴 작업주기에서 평균 39%로 나타났다. 두 집단(경험자, 미경험자) 모두 작업주기가 길어짐에 따라 오차 10% 이내의 비율이 감소하는 것으로 나타났으나 경험자들의 경우에는 그 비율(80~90%)이 상대적으로 매우 높았다.

문제 작업 자세 관련 카운터 타임 오차가 10% 이내인 경우, 평가도구별로 통계적으로 유의한 차이를 보인 항목 비율은 OWAS의 경우 경험자는 모든 작업주기에서 0%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 20%, 중간 작업주기에서 평균 20%, 긴 작업주기

Table 5. Analysis for the data with counter-time errors rate less than 10% in electronics jobs

Cycle time	Job	Counter time		OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE	E	IE
Short	EI2	100%	33%	0%	40%	0%	30%	0%	30%
	EI3	60%	43%	0%	20%	0%	30%	0%	30%
	EI4	100%	33%	0%	20%	0%	40%	0%	30%
	EI7	80%	33%	0%	0%	0%	30%	0%	40%
	EI9	100%	73%	0%	20%	0%	40%	0%	10%
	EI10	100%	80%	0%	20%	0%	20%	0%	10%
Average		90%	49%	0%	20%	0%	32%	0%	25%
Medium	EI6	100%	43%	0%	20%	10%	40%	10%	40%
	EI8	80%	47%	0%	20%	10%	50%	10%	30%
Average		90%	45%	0%	20%	10%	45%	10%	35%
Long	EI1	100%	40%	0%	40%	10%	70%	10%	50%
	EI5	60%	37%	0%	20%	10%	60%	10%	30%
Average		80%	39%	0%	30%	10%	65%	10%	40%

E: Experienced subjects, IE: Inexperienced subjects, EI: Job of Electronics
 Short: < 15 seconds, Medium: 15~30 seconds, Long: > 30 seconds

에서 평균 30%로 나타났다. RULA의 경우 경험자는 짧은 작업주기에서 0%, 중간 작업주기에서 평균 10%, 긴 작업주기에서 평균 10%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 32%, 중간 작업주기에서 평균 45%, 긴 작업주기에서 평균 65%로 나타났다. REBA의 경우 경험자는 짧은 작업주기에서 0%, 중간 작업주기에서 평균 10%, 긴 작업주기에서 평균 10%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 25%, 중간 작업주기에서 평균 35%, 긴 작업주기에서 평균 40%로 나타났다. 결과적으로 전자 작업에 대한 평가에 있어서는 두 집단(경험자, 미경험자) 모두 모든 평가도구의 적용에 있어서 작업주기가 길어질수록 그 결과에 있어서 유의한 차이의 비율이 높아지는 것으로 나타났다.

Body parts associated with significantly different results

(Table 6)은 전자 작업을 평가할 때, 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 경우, 각 집단의 평가도구별로 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목을 정리한 결과이다. OWAS의 경우 경험자는 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목이 없었고, 미경험자는 중간, 긴 작업주기인 경우 아랫팔(Forearms)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. RULA의 경우 경험자는 중간, 긴 작업주기에서 손목(Wrist)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손목(Wrist), 중간 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손목(Wrist), 손목 비틀림(Wrist Twist), 긴 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손목(Wrist), 손목 비틀림(Wrist Twist), 무게/힘(Force/Load), 근육(Muscle), 목(Neck)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. REBA의 경우 경험자는 긴 작업주기에서 행동점수에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 행동점수, 중간 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손잡이(Coupling), 행동점수(Activity), 긴 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손잡이(Coupling), 행동점수(Activity)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 전자 작업에 대한 평가에 있어서 경험자들의 경우 OWAS에 있어서는 작업주기와 관계없이 그 결과값에 있어서 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 없는 것으로 나타났고, RULA에 있어서는 중간, 긴 작업주기에서 손목(Wrist), REBA에 있어서는 긴 작업주기에서 행동점수(Activity)에 관련하여 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 미경험자들의 경우에는 짧은 작업주기 작업에 대한 OWAS의 경우를 제외하고는 다양한 항목에 있어서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Body parts associated with significantly different results for electronics jobs

Job	Cycle time	OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE
Electronics	Short	-	-	-	Upper arm, Wrist	-	Activity score
	Medium	-	Forearms	Wrist	Upper arm, Wrist, Wrist twist	-	Upper arm, Coupling score, Activity score
	Long	-	Forearms	Wrist	Upper arm, Wrist, Wrist twist, Force/Load, Muscle, Neck	Activity score	Upper arm, Wrist, Coupling score, Activity score

E: Experienced subjects, IE: Inexperienced subjects
 Short: < 15 seconds, Medium: 15~30 seconds, Long: > 30 seconds

3.2.3 Automobile jobs

Analysis for the data with counter-time error rate less than 10%

(Table 7)은 자동차 작업을 평가할 때, 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 경우, 그 비율 및 그에 대한 평가도구 별 분석 결과, 통계적으로 유의한 차이를 보인 항목 비율을 정리한 결과이다. 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 비율은 경험자의 경우 짧은 작업주기에서 평균 80%, 중간 작업주기에서 평균 67%, 긴 작업주기에서 평균 66%로 나타났고, 미경험자의 경우 짧은 작업주기에서 평균 47%, 중간 작업주기에서 평균 35%, 긴 작업주기에서 평균 32%로 나타났다. 자동차 작업의 경우에

도 두 집단(경험자, 미경험자) 모두 작업주기가 길어짐에 따라 오차 10% 이내의 비율이 감소하는 것으로 나타났다.

문제 작업 자세 관련 카운터 타임 오차가 10% 이내인 경우, 평가도구별로 통계적으로 유의한 차이를 보인 항목 비율은 OWAS의 경우 경험자는 모든 작업주기에서 0%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 20%, 중간 작업주기에서 평균 40%, 긴 작업주기에서 평균 74%로 나타났다. RULA의 경우 경험자는 짧은 작업주기에서 0%, 중간 작업주기에서 평균 10%, 긴 작업주기에서 평균 16%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 30%, 중간 작업주기에서 평균 47%, 긴 작업주기에서 평균 79%로 나타났다. REBA의 경우 경험자는 짧은 작업주기에서 0%, 중간 작업주기에서 평균 7%, 긴 작업주기에서 평균 12%로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 평균 20%, 중간 작업주기에서 평균 40%, 긴 작업주기에서 평균 68%로 나타났다. 자동차 작업에 대한 평가에 있어서는 두 집

Table 7. Analysis for the data with counter-time errors rate less than 10% in automobile jobs

Cycle time	Job	Counter time		OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE	E	IE
Short	AI1	80%	47%	0%	20%	0%	30%	0%	20%
	Average	80%	47%	0%	20%	0%	30%	0%	20%
Medium	AF1	40%	27%	0%	40%	10%	40%	10%	50%
	AF3	80%	30%	0%	40%	10%	50%	10%	40%
	AF4	100%	33%	0%	40%	10%	50%	0%	50%
	AF5	40%	43%	0%	40%	10%	40%	10%	40%
	AL3	100%	33%	0%	40%	10%	40%	0%	30%
	AR3	40%	43%	0%	40%	10%	60%	10%	30%
Average		67%	35%	0%	40%	10%	47%	7%	40%
Long	AF2	40%	17%	0%	100%	30%	100%	20%	90%
	AI2	100%	57%	0%	60%	10%	70%	10%	60%
	AI3	100%	33%	0%	80%	10%	80%	10%	70%
	AI4	100%	37%	0%	60%	10%	80%	10%	70%
	AI5	40%	43%	0%	60%	30%	70%	10%	60%
	AL1	80%	43%	0%	60%	10%	70%	10%	50%
	AL2	100%	27%	0%	80%	10%	80%	10%	70%
	AL4	80%	43%	0%	60%	20%	70%	20%	50%
	AL5	40%	13%	0%	80%	20%	80%	10%	60%
	AR1	40%	17%	0%	100%	20%	100%	10%	80%
	AR2	40%	23%	0%	80%	20%	80%	10%	80%
	AR4	60%	23%	0%	80%	10%	80%	10%	70%
AR5	40%	43%	0%	60%	10%	70%	10%	70%	
Average		66%	32%	0%	74%	16%	79%	12%	68%

E: Experienced subjects, IE: Inexperienced subjects, AI: Job of Automobile Interior Part, AF: Job of Automobile Front Part, AR: Job of Automobile Rear Part, AL: Job of Automobile Lower Part
 Short: < 15 seconds, Medium: 15~30 seconds, Long: > 30 seconds

단(경험자, 미경험자) 모두 모든 평가도구의 적용에 있어서 작업주기가 길어짐에 따라 유의한 차이를 보이는 항목의 비율이 증가되는 것으로 나타났다.

Body parts associated with significantly different results

(Table 8)은 자동차 작업을 평가할 때, 문제 작업 자세 관련 카운터 타임의 오차가 10% 이내인 경우, 각 집단의 평가도구별로 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목을 정리한 결과이다. OWAS의 경우 경험자는 공통적으로 유의한 차이를 보인 항목은 없었고, 미경험자는 짧은 작업주기에서 아랫팔(Forearms), 중간 작업주기에서 허리, 아랫팔(Forearms), 긴 작업주기에서 허리, 아랫팔(Forearms), 다리에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. RULA의 경우 경험자는 중간, 긴 작업주기에서 공통적으로 손목(Wrist)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 손목(Wrist), 근육(Muscle), 상체(Trunk), 중간 작업주기에서는 손목(Wrist), 무게/힘(Force/Load), 목(Neck), 상체(Trunk), 긴 작업주기에서는 윗팔(Upperarm), 손목(Wrist), 손목 비틀림(Wrist Twist), 무게/힘(Force/Load), 근육(Muscle), 목(Neck), 몸통(에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. REBA의 경우 경험자는 긴 작업주기에서 하중/힘에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 미경험자는 짧은 작업주기에서는 상체(Trunk), 하중/힘(Force/Load), 중간 작업주기에서는 상체(Trunk), 하중/힘(Force/Load), 윗팔(Upperarm), 행동점수(Activity) 등 긴 작업주기에서는 상체(Trunk), 다리(Legs), 하중/힘(Force/Load), 윗팔(Upperarm), 행동점수(Activity) 등에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 자동차 작업에 대한 평가에 있어서 경험자들의 경우에 OWAS에 있어서는 작업주기와 관계없이 그 결과값에 있어서 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 없는 것으로 나타났고, RULA에 있어서는 중간, 긴 작업주기에서 손목, REBA에 있어서는 긴 작업주기에서 힘 요인에 관련하여 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 미경험자들의 경우에는 모든 경우에 있어서 다양한 항목에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 8. Body parts associated with significantly different results for automobile jobs

Job	Cycle time	OWAS		RULA		REBA	
		E	IE	E	IE	E	IE
Automobile	Short	-	Forearms	-	Wrist, Muscle, Trunk	-	Trunk, Force/Load
	Medium	-	Back, Forearms	Wrist	Wrist, Force/Load, Neck, Trunk	-	Trunk, Force/Load, Upper arm, Activity score
	Long	-	Back, Forearms, Legs	Wrist	Upper arm, Wrist, Wrist twist, Force/Load, Muscle, Neck, Trunk	Force/Load	Trunk, Legs, Force/Load, Upper arm, Activity score

E: Experienced subjects, IE: Inexperienced subjects
 Short: < 15 seconds, Medium: 15~30 seconds, Long: > 30 seconds

4. Discussion and Conclusion

4.1 Consistencies of counter-time for the posture selected

본 연구에서는 근골격계질환 평가 관련 기존 평가도구를 사용하는데 있어서 가장 큰 문제점으로 지적되어온 문제 작업 자세 선정 문제의 적절성 관련 특성을 파악하기 위하여 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 일치율을 도출하여 다양한 조건에서의 일관성을 보고자 하였다. 경험자의 경우 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 일치율 비교 시 짧은, 중간 작업주기에서는 유의한 차이를 보이는 경우가 없었고, 긴 작업주기(30초 이상)에서만 유의한 차이를 보이는 비율이 14.29%로 나타났다. 미경험자의 경우 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 일치율 비교 시 짧은 작업주기 50%, 중간 작업주기 55%, 긴 작업주기 67%로 작업주기가 길어짐에 따라 유의한 차이를 보이는

비율이 증가하였다. 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율은 경험자들이 미경험자들에 비해 훨씬 낮게 나타났는데 그 이유는 인간공학 평가도구 활용과 근골격계질환 관련 위험 작업 자세 선정에 대하여 경험자들이 미경험자들에 비해 상대적으로 정확하게 숙지하고 있기 때문이라 판단된다(Lim, 2010). 따라서 기존의 평가도구들을 이용한 근골격계질환 평가의 정확성과 객관성을 높이기 위해서는 일정 수준 이상의 평가도구에 대한 지식과 경험이 필요하며, Table 1의 결과에서 보듯이 경험자의 경우에도 작업주기가 30초 이상인 경우 30초 미만으로 작업주기를 분리한 후 문제 작업 자세를 선정해서 평가를 하는 것이 바람직하다고 판단되며 이 결과는 Shin and Jeong (2008)의 결과를 지지한다.

4.2 Analysis for the data with counter-time errors rate less than 10%

상대적으로 신뢰성 높은 데이터에 대한 분석을 수행하기 위하여 각 회차별로 선정된 카운터 타임 차이의 비율이 10% 이내의 경우를 살펴보았다. 본 연구에서는 카운터 타임 오차 10% 이내인 데이터는 상대적으로 신뢰도가 높은 것으로 판단하였다. 구체적으로 각 집단(경험자, 미경험자)별 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 오차 10% 이내인 경우, 그 비율 및 그에 대한 평가도구별 분석 결과를 비교하고, 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율 및 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목을 도출하여 각 집단의 업종별, 주기별에 따른 평가도구 관련 활용 특성이 있는지 확인하고자 하였다.

두 집단(경험자, 미경험자) 모두 작업주기가 길어짐에 따라 카운터 타임 오차가 10% 이내인 비율이 감소하였다. 다시 말해 작업주기가 길어짐에 따라 문제 작업 자세 선정의 일관성이 떨어졌다고 해석할 수 있다. 카운터 타임 오차가 10% 이내인 비율은 전자, 자동차, 병원 순으로 높게 나타났다. 카운터 타임 오차가 10% 이내인 비율이 높다는 것은 집단 내의 문제 작업 자세 선정의 일관성이 상대적으로 높은 것을 의미한다. 병원이 가장 낮은 비율로 나타났는데 이는 비정형적인 작업의 문제 작업 자세를 선정할 때 두 집단 모두 상대적으로 어려움이 있다는 것으로 판단되며 전자의 카운터 타임 오차가 10% 이내인 비율이 가장 높게 나타난 이유는 작업이 상대적으로 정형적이고 하지의 움직임이 상대적으로 작다는 것과 무엇보다도 작업주기가 상대적으로 짧다는 작업의 특성이 반영된 것으로 판단된다.

평가도구별 분석에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율은 두 집단(경험자, 미경험자) 모두 공통적으로 작업주기가 길어짐에 따라 증가하였으며, 세 평가도구(OWAS, RULA, REBA) 중 OWAS와 REBA가 RULA에 비하여 낮은 비율로 나타났다. 그 이유는 OWAS의 세부항목이 다른 평가도구(RULA, REBA)에 비하여 적고, 점수의 범위가 넓은 특성(Lim, 2010)과 비정형적인 작업을 평가함에 있어서 상대적으로 높은 적합성을 가진 REBA의 특성이 반영된 결과로 판단된다(Lee et al., 2003; Shin et al., 2004). 따라서 미경험자들이 인간공학 평가도구를 활용하여 문제 작업 자세를 선정하고 평가할 때, 정형적이고 짧은 작업주기를 가진 작업에 대하여 OWAS 활용 훈련을 충분히 수행한 후 REBA와 병행하여 평가한다면 보다 정밀도 높은 평가결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

평가도구별 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 경험자의 경우 RULA에서는 손목, REBA에서는 행동점수, 하중/힘 등으로 나타났다. 특히 손목의 경우 작업 자세 변화가 빠르고 다양하기 때문에 각도 및 비틀림의 유무를 판단함에 있어 평가자들의 다양한 시각이 반영된 결과로 판단된다(Nordstrom, 1988; Lee, 2005). 전자 작업을 평가할 때 작업주기가 30초 이상일 경우, REBA의 행동점수 항목 중 '분당 4회 이상 반복'에서 다양한 평가결과가 나타났고, 자동차 작업을 평가할 때 중량물을 다루는 작업과 손을 이용한 타격 작업에 대하여 REBA의 하중/힘 항목 중 '충격 또는 갑작스런 힘'을 판단함에 있어 다양한 평가결과가 나타났다. 따라서 REBA에 대한 보다 더 효율적인 사용을 위해서는 손목 부위와 작업의 특성을 반영하는 항목에 대한 추가적인 교육과 그에 대한 반복적인 연습이 필요하다고 판단된다.

미경험자의 경우 작업주기가 길어짐에 따라 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목의 수가 증가하였고, 구체적인 항목으로는 주로 허리, 다리가 있었으며 상반신을 주로 활용하는 전자 작업을 평가할 때는 공통적으로 유의한 차이를 보이는 인체부위가 주로 허리로 나타났다. 작업주기가 길어짐에 따라 공통적으로 유의한 차이를 보이는 수와 그 종류가 증가하였는데 그 이유로는 작업주기가 길어짐에 따라 다양한 작업 자세가 도출되고 문제 작업 자세를 선정하고 평가함에 있어 미경험자들의 상대적으로 낮은 평가도구 활용 숙련도 및 작업 특성의 이해도가 영향을 미친 것으로 판단된다. OWAS의 경우 평가도구 항목 중 '아랫팔'이 공통적으로 유의한 차이를 보이는 인체부위로 많이 나타났는데 이는 미경험자들이 작업 자세를 평가함에 있어 손이 어깨 위로 올라간 상태를 판단하는데 어려움이 있다는 것으로 판단되며, 추가적으로 몸통의 비틀 자세(Twist) 및 다리를 구부린 선 자세 등을 평가함에 있어 미경험자들의 평가도구

활용에 있어서의 낮은 숙련도 및 다양한 시각이 반영된 결과로 판단된다. RULA의 경우 평가도구 항목 중 '손목'이 공통적으로 유의한 차이를 보이는 인체부위로 많이 나타났는데 이는 손목의 특성 및 타 평가도구에 비하여 항목의 세부점수와 추가점수를 부여할 수 있는 항목이 많은 RULA의 특성이 영향을 미친 것으로 판단된다. 추가적으로 주관적인 무게/힘 등 작업의 특성을 반영하는 항목들이 도출되었는데 이는 상대적으로 낮은 작업 특성의 이해도가 영향을 미친 것으로 판단된다. REBA의 경우 평가도구 항목 중 '행동점수'가 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목으로 많이 나타났는데 그 이유는 미경험자들이 주관적인 평가항목 특히 '불안한 자세'를 평가함에 있어 어려움이 있었고 다른 주관적인 평가항목인 손잡이의 경우 의료용 핀셋, 전동 드릴 등 사용하는 도구의 손잡이 상태를 평가함에 있어 다양한 시각이 반영된 결과로 판단된다. 이는 앞서 언급한 작업 특성에 대한 낮은 이해도가 영향을 미친 결과로 판단되며 특히 미경험자의 경우 평가 전 해당 작업을 직접 모의 시연해보거나 하는 등 작업 특성을 충분히 이해하는 기회를 가지게 한 후 평가도구를 활용한다면 보다 정밀도 높은 평가결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

4.3 Conclusion

본 연구에서는 비정형적인 작업으로 구성되어 있는 병원, 상체위주의 정형작업으로 구성되어 있는 전자, 전신위주의 정형작업으로 구성되어 있는 자동차 작업에 대하여 작업주기별로 구분하고 경험자 집단과 미경험자 집단의 평가도구 활용의 특성을 분석 비교하였다. 문제 작업 자세 관련 카운터 타임 일치율을 비교하여 동일 작업에 대한 평가 일관성을 확인하였고 두 집단(경험자, 미경험자) 모두 비정형적인 병원 작업의 문제 작업 자세 선정 일관성이 가장 큰 차이를 보였다. 또한, 두 집단 모두 작업에서 작업주기가 길어짐에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목 비율과 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목이 증가하였다. 본 연구의 결과를 토대로한 경험자와 미경험자의 평가도구 사용에 대한 권장지침은 다음과 같다.

Guidelines for experienced subjects evaluator

경험자들의 경우 업종별, 주기별로 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목 비율이 RULA, REBA, OWAS 순으로 높게 나타났으며 그 비율이 미경험자들에 비하여 훨씬 낮게 나타났다. 특히 OWAS의 경우 병원, 전자, 자동차 작업을 평가함에 있어서 모든 작업주기에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목 비율이 0%로 나타났다. 그 이유로는 OWAS 평가도구의 세부항목이 다른 평가도구(RULA, REBA)에 비하여 적고, 점수의 범위가 넓은 특성이 반영된 결과로 판단된다(Lim, 2010). REBA의 경우 전신을 주로 활용하는 작업(병원, 자동차)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목 비율이 RULA에 비하여 낮게 나타났다. 그 이유로는 REBA의 개발 목적과 평가도구 세부항목의 특성이 반영된 결과로 판단되며(Hignett and McAtamney, 2000) 전신을 활용하는 작업이나 비정형적인 작업 특성을 갖는 작업을 평가할 때는 OWAS와 REBA를 활용하고 상체위주의 작업 특성을 갖는 작업을 평가할 때는 RULA를 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다(Kim et al., 1999; Lee et al., 2003; Shin et al., 2004). 따라서 근골격계질환 관련 위험도를 평가할 때 하나의 평가도구만을 활용한 평가 및 분석이 아닌 평가도구의 특성을 활용하여 평가도구들을 복합적으로 사용한다면 보다 정밀도 높은 평가결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다(Lee et al., 2003; Shin et al., 2004). 하지만 작업주기가 길어졌을 때, 공통적으로 유의한 차이를 보인 RULA의 손목, REBA의 행동점수 및 무게/힘 항목에 대하여는 추가적인 교육과 훈련이 필요하다 판단되며 손목의 각도 평가와 더불어 작업의 특성을 반영하는 추가적인 평가를 시행할 것을 고려해볼 만하다.

또한, 모든 업종에서 작업주기가 길어질수록 평가도구별 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목 비율과 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목들이 증가하였다. 특히 긴 작업주기인 경우(작업주기가 30초 이상) 모든 업종에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목 비율이 10% 이상으로 나타났다. 따라서 평가하고자 하는 작업의 작업주기가 30초 이상인 긴 작업주기를 가진 경우에는 해당 작업의 작업주기를 분할하여 분할된 작업주기가 30초 미만인 되도록 한 후 각각의 작업에 대하여 인간공학 평가도구를 사용하여 근골격계질환 관련 위험도 평가를 수행한다면 보다 정밀도 높은 평가결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Guidelines for inexperienced subjects evaluator

미경험자들의 경우 병원 작업을 평가할 때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율은 세 평가도구(OWAS, RULA, REBA) 중 REBA의 비율이 가장 낮게 나타났으며, 전자 작업을 평가할 때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율은 세 평가도구 중 OWAS의 비율이 가장 낮게 나타났다. 자동차 작업을 평가할 때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율은 세 평가도구 중 REBA의 비율이 가장 낮게 나타났

고 업종별, 주기별로 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율이 경험자들에 비하여 훨씬 높게 나타났다. 그 이유로는 미경험자들의 미숙한 평가도구 활용 숙련도로 인해 평가도구 항목 중 인체부위의 각도를 측정하는 항목들이 유의한 차이를 보였다고 볼 수 있고, 미경험자들의 낮은 작업 특성 이해도로 인해 평가도구 항목 중 작업의 특성을 반영하는 주관적인 항목들이 유의한 차이를 보였다고 볼 수 있다. 또한 작업주기가 길어짐에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이는 비율 및 공통적으로 유의한 차이를 보이는 항목들이 증가 되었는데 그 이유로는 작업주기가 길어짐에 따라 다양한 작업 자세가 연출되고 이를 평가함에 있어서 미경험자들의 평가도구 활용 숙련도 및 작업 특성의 이해도가 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서 각 작업의 특성과 평가도구별 활용법에 대한 전반적인 교육과 훈련이 필요하다고 판단된다. 구체적으로 미경험자의 경우 평가 전 해당 작업을 직접 모의 시연해보거나 하는 등 작업 특성을 충분히 이해하는 기회를 가지게 한 후 평가도구를 활용한다면 보다 정밀도 높은 평가결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 문제 작업 자세 선정부터 본 연구에서 제시한 결과를 토대로 하여 초심자에게 적합한 OWAS를 활용하여 평가도구 활용 훈련을 충분히 한 후 (Lim, 2010) REBA를 활용한 평가도구 활용 훈련을 한다면 보다 정밀도 높은 평가를 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

추가적으로, 본 연구에서는 정형·비정형적인 작업을 주기별로 분류하고 각 집단의 평가도구 활용 특성을 파악하여 평가도구 사용에 대한 1차 사용지침을 도출하였다. 이 사용지침의 적용은 이제까지 일반적으로 진행되어왔던 평가에 관련되는 여러 다양한 조건에 대한 고려가 전혀 없이 진행되던 사례들에 비하여 상대적인 차별성을 가진다고 할 수 있다. 하지만 본 연구에서도 몇 가지 한계점이 있었는데 그 첫 번째는 평가 집단의 수가 적다는 것이었고, 두 번째는 전형적인 제조업의 작업주기(보통 1~2분 이내의 작업주기)와는 다르게 긴 작업 주기를 가지는 업종, 즉 작업주기가 긴 업종(예, 버스조립, 농기계 조립 등)에 대한 분석에 있어서 본 연구의 방법을 적용하면 한 작업에 대한 평가의 양이 과도하게 늘어남은 점이였다. 따라서 추후 연구에서는 평가 집단의 수를 늘리고 어느 한 시점의 문제 작업 자세 선정이 아닌 전체 작업주기를 등간격으로 분할한 후, 해당 구간의 문제 작업 자세를 분석 및 비교하고 경험자의 숙련도에 따라 그 집단을 세분화해서 평가를 수행하면 보다 더 세부적인 사용지침을 도출할 수 있으리라 판단된다. 단, 이 과정에 있어서 작업주기가 상대적으로 긴 특수 업종에 대해서는 안정적인 평가결과를 도출할 수 있는 평가 작업주기를 재설정하는 과정이 추가적으로 필요하다고 판단된다.

References

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.

IBM SPSS Statistics 25 Documentation, IBM SPSS Statistics Algorithms, <https://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=-swg27049428> (retrieved August 8, 2017).

IBM SPSS Statistics 25 Documentation, IBM SPSS Statistics Base, <https://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=-swg27049428> (retrieved August 8, 2017).

Jeong, B.Y., Risk Factors Analysis System: Current Issues and Future Directions, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(2), 123-129, 2007.

Jung, E.G., Systematic Approach and Strategies for Preventing Musculoskeletal Disorders, *Journal of the Bulletin of the Korean Institute for Industrial Safety*, 3(1), 18-24, 2003.

Kee, D.H. and Park, K.H., Comparison of Posture Classification Schemes of OWAS, RULA and REBA, *Journal of the Korean Society of Safety*, 20(2), 127-132, 2005.

Kee, S.W., A system for Indirect Evaluation of Muskuloskeletal Disorders, *Inha University*, 2012.

Kim, D.S., Yang, S.W., Lee, D.K., Oh, J.R. and Choi, J.K., Comparison of the ergonomic evaluation tools for the working postures, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 2, 293-299, 1999.

Kim, Y.K., Kang, D.M., Koh, S.B., Son, B.C., Kim, J.W., Kim, D.W., Kim, G.H. and Han, S.H., Risk Factors of Work-related Musculoskeletal Symptoms Among Motor Engine Assembly Plant Workers, *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 16(4), 488-498, 2004.

Kwak, W.T., A study on the variation in action levels of various MSD workload evaluation tools, *Hankyong University*, 2006.

Lee, I.S., Jeong, M.G. and Choi, K.I., Comparison of observational posture evaluation methods based on perceived discomfort, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 22(1), 43-56, 2003.

Lee, Y.K., Comparison of Shipyard Worker Self-reported and Expert-observed Method using the Same Checklist for Ergonomic Risk Factors, *Journal of the Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 15(2), 83-89, 2005.

Lim, S.J., The sensitivity analysis for major ergonomic checklists associated with musculoskeletal disorders, *Inha University*, 2010.

Noh, A.N., A study on use attributes and their limits of major checklists for evaluating Musculoskeletal Disorders, *Inha University*, 2015.

Nordstrom, D.L., Vierkant, R.A., Layde, P.M. and Smith, M.J., Comparison of self-reported and expert-observed physical activities at work in a general population, *American Journal of Industrial Medicine*, 34(1), 29-35, 1988.

Park, J.H., Comparison of the Representative Values of the Sampled Work Scenes with the Expert's Judgment in the MSD Workload Evaluation, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(2), 205-210, 2006.

Seo, S.L., Comparison of evaluation tools of work posture in automobiles assembly process, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(3), 61-66, 2006.

Shin, C.K. and Jeong, B.Y., Comparison of Task Assessment Results between Work Sampling Scenes and Extreme Task Scenes, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(3), 53-60, 2008.

Shin, Y.C., Lee, J.T. and Kang, D.M., Evaluation on Reliability and Validity of Rapid Entire Body Assessment, *Journal of the Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(1), 27-32, 2004.

Yun, J.H., Comparison of work characteristics for musculoskeletal hazard assessment of atypical works, *Chungbuk University*, 2009.

Author listings

Dong Hyun Park: pp0825@naver.com

Highest degree: PhD, Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Pennsylvania State University

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Inha University

Areas of interest: Physical Ergonomics, WMSDs

Min Kim: min1106.kim@gmail.com

Highest degree: M.S., Department of Electrical Engineering, Inha University

Position title: Ph.D., Candidate, Department of Industrial Engineering, Inha University

Areas of interest: Physical Ergonomics, WMSDs

In Seong Seo: jjab001@naver.com

Highest degree: M.S., Department of Industrial Engineering, Inha University

Position title: Safety Manager, Department of Production, Daewonsanup Corporation

Areas of interest: Physical Ergonomics, WMSDs