

작업관련성 근골격계질환에 있어서 작업자세 위험도의 정량적 평가방법에 대한 연구

-허리 굴곡 자세를 중심으로-

박 동 현* · 노 안 나* · 최 서 연**

*인하대학교 산업공학과 · **인하대학교 대학원 의학과

A Study on Quantitative Evaluation Method for Risk of Work-related Musculoskeletal Disorders Associated with Back Flexion Posture

Dong Hyun Park* · An Na Noh* · Seo Yeon Choi**

*Dept. of Industrial Engineering, Inha University

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

Abstract

This study tried to develop a basis for quantitative index of working postures associated with WMSDs (Work-related Musculoskeletal Disorders) that could overcome realistic restriction during application of typical checklists for WMSDs evaluation. The baseline data(for a total of 603 jbs) for this study was obtained from automobile manufacturing company. Specifically, data for back posture was analyzed in this study to have a better and more objective method in terms of job relevance than typical methods such as OWAS, RULA, and REBA. Major statistical tools were clustering, logistic regression and so on. The main results in this study could be summarized as follows: 1) The relationship between working posture and WMSDs symptom at back was statistically significant based on the results from logistic regression, 2) Based on clustering analysis, three levels for WMSDs risk at back were produced for flexion as follows: low risk($< 18.5^\circ$), medium risk($18.5^\circ \sim 36.0^\circ$), high risk($> 36.0^\circ$), 3) The sensitivities on risk levels of back flexion was 93.8% while the specificities on risk levels of back flexion was 99.1%. The results showed that the data associated with back postures in this study could provide a good basis for job evaluation of WMSDs at back. Specifically, this evaluation methodology was different from the methods usually used at WMSDs study since it tried to be based on direct job relevance from real working situation. Further evaluation for other body parts as well as back would provide more stability and reliability in WMSDs evaluation study.

KeyWords : WMSDs, Quantitative Risk, Back Postures, WMSDs Symptom, Clustering, Logistic Regression

† 본 연구는 2014년도 인하대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음.

† Corresponding Author: Dong Hyun Park, Dept. of Industrial Engineering, Inha university,
100 Inharo, Nam-gu, Incheon, 402-751. Tel: 032-860-7370, E-mail: dhpark@inha.ac.kr

Received January 20, 2014; Revision Received March 11, 2014; Accepted March 17, 2014.

1. 서 론

최근 자료에 의하면 근골격계질환자는 2010년의 5,502명에 대비하여 2011년에는 약 7.7% 감소한 5,077명으로 나타났다[1]. 최근 근골격계질환발생의 이와 같은 지속적인 감소는 2003년에 도입된 근골격계질환 예방의무제도가 정착되고, 작업관련성 질환예방을 위한 정부의 지원사업이 확대된 결과라고 판단된다[2]. 그러나 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]. 또한, 앞에서 언급한 발생 건수를 자세히 살펴보면, 2007년 이래로 업무상질병에 대한 근골격계질환의 비율은 줄곧 70% 근처를 유지하고 있으며, 이는 근골격계질환이 발생 건수에 있어서는 감소하는 추세에 있더라도 현재까지 전체 산업안전/보건 분야에서의 영향력이 아직까지 크다는 것을 보여주는 것이라고 판단된다[1].

일반적으로 사업장에서 사용되고 있는 근골격계질환 관련 유해요인조사를 위한 평가도구는 2003년에 처음으로 노동부에서 제시한 “근골격계질환 부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA Code H-30)”을 필두로 하여 OWAS(Ovako Working Posture Analysing System), RULA(Rapid Upper Limb Assessment)나 REBA(Rapid Entire Body Assessment) 등을 들 수 있다[4].

특히 유해요인조사에 가장 빈번하게 사용되는 OWAS, RULA, REBA 등은 작업 자세에 기본하고 있는데, 이러한 근골격계질환과 부적절한 작업 자세와의 상관관계는 이미 많은 연구 결과에서 보고되고 있다 [5,6,7]. 그러나 이 평가도구들은 경우에 따라 그 적용에 있어서 몇 가지 제한점도 가지고 있다. 예를 들어 이러한 도구들을 사용하는데 있어서 대상 작업의 작업 주기가 극단적으로 짧지 않다면 동일 작업에 대해서도 평가자에 따라 서로 다른 작업 자세를 문제의 자세로 선택할 수 있다. 이 경우 최종 평가결과는 평가자에 따라 달라질 수 있으며, 따라서 이와 같은 문제점들에 대하여는 그동안 많은 지적이 있어왔다[8].

그 동안 평가도구들의 이와 같은 문제점을 구체적으로 분석하기 위해 많은 연구가 시도되었다. 기도형(2005)은 여러 제조 업종에 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 않은 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[9]. 이인석 등(2003)은 지각불편도와 각 도구(OWAS, RULA, REBA)를 이용하여 자동차 조립 공정의 대표적인 작업 자세 42개를 평가한 후에 각 도구 간의 결과, 각 도구와 지각불편도와의 관계를 비교하였다[10]. 평가된 부하 수준들의 값들 간의 상관관계를 분석한 결과, 세 평가기법 모두 지각불편도와 양의 상관관계를 보였으며, 상관계수는 REBA, OWAS, RULA의 순으로 나타났으며, 전신의 자세를 평가함에 있어서는 REBA가 가장 적합한 것으로 나타났다. OWAS와 REBA의 평가결과는 높은 상관관계를 보였으나, REBA와 RULA의 평가결과는 상관관계의 정도가 약한 것으로 나타났다. 신용철(2004)은 50개의 비디오 기록을 대상으로 2인의 평가자가 동시에 관찰한 후 평가자간 재현성, 평가자내 재현성을 비교하였다[11]. 그 결과 평가자내 재현성은 OWAS가 가장 높았으며, 평가자간 재현성은 RULA가 가장 높게 나왔다. 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 보고하였으며, 두 명 평가자간의 재현성은 기존의 연구결과[12,13]보다 상대적으로 낮게 나타났는데, 이는 두 평가자 간의 평가 도구에 대한 숙련도 차이로 판단하였다[11]. 따라서 실제 작업현장의 작업들에 대한 주요 평가 도구의 적용에는 평가 대상 업종, 평가자의 특성(평가도구 사용의 숙련 정도 등) 등과 관련되는 현실적인 어려움의 가능성과 그에 대한 해결 대책도 함께 고려하여야 한다고 판단된다.

본 연구에서는 앞에서 언급한 유해요인조사에서 흔히 쓰이는 주요 작업관련성 근골격계질환 평가도구들의 현실적인 한계를 극복하는데 기초가 될 수 있는 작업자세의 정량적 위험도를 도출하고자 하였다. 일반적으로 유해요인 평가나 작업의 위험도를 평가하는 방법으로 사용되고 있는 거의 모든 체크리스트 형태의 평가도구들은 작업주기 동안 한 두 가지 대표 작업 자세 또는 열악한 작업 자세 한 두 동작에 대한 정보만을 분석하여 작업의 위험도를 평가하므로 작업의 강도나 지속시간 등을 정확하게 평가하기 어렵다. 예를 들어 허리를 굽히는 작업자세가 한 번, 두 번 발생하는 작업의 정량적 위험도와 전 작업주기 동안 지속적으로 허리 굽힘 동작이 발생하는 작업의 정량적 위험도는 변별성이 높아야 되나 실제로 현재 사용되는 체크리스트로는 그것을 실현하기 매우 힘들다고 판단된다. 따라서 이와 같은 경우에는 동일한 작업에 대하여 분석결과에 대한 평가자간 일치율을 비교했을 때 차이가 비교적

클 수 있다는 한계점이 존재한다. 구체적으로 본 연구에서는 자동차 조립작업을 대상으로 하여 전체 작업주기 동안 작업 자세관련 위험도를 작업자의 근골격계질환 관련 증상을 토대로 정량적으로 표현하여 평가자나 피 평가자들이 보다 더 현실감 있는 위험도 예측을 가능하게 할 수 있는 토대를 마련하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상

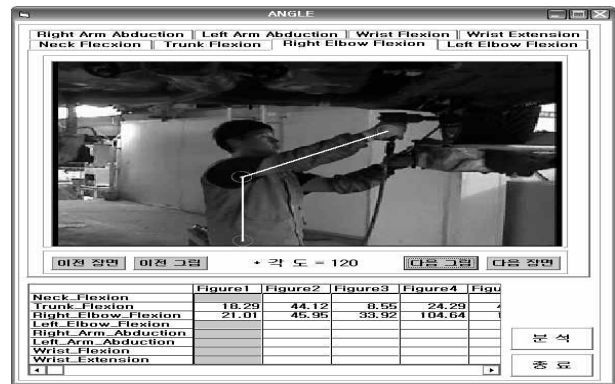
본 연구에서는 A자동차회사의 주요부서의 총 603개 공정(작업주기: 약 0.9~3.0분)들을 기본 연구 대상으로 하고, A사 전 작업자를 대상으로 한 증상설문의 결과를 이용하여 작업 자세에 대한 정량적 위험도를 도출하고자 하였다. 참고로 설문에는 주요 신체 부위에 있어서의 증상뿐만 아니라 현재 수행하는 작업, 작업경력, 병력 등을 포함하였다.

2.2 작업 자세 측정

공정별 작업 자세 분석은 본 연구에서 개발한 동작 분석시스템을 이용한 미시(微視)동작분석(Micromotion Study)에 그 기본을 두고 있는데 모든 데이터는 각 신체부위별 각도로 표기 된다. 시스템을 사용하기에 앞서서 수행된 비디오 촬영은 Figure 1과 같이 상반신촬영을 기본으로 하였으며, 측면과 정면에서 최소한 각 1 작업주기씩 진행되었다. 동작분석시스템을 이용한 미시 동작분석의 과정은 다음과 같다.

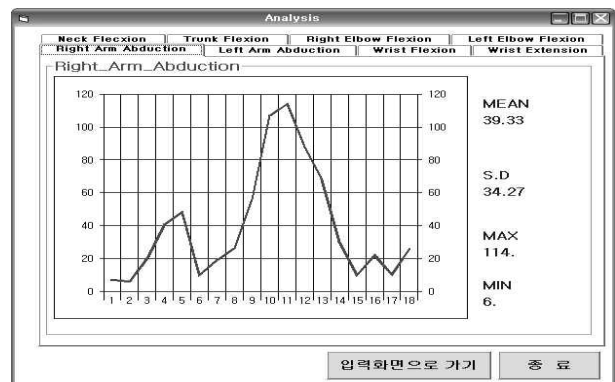
1) 전체 작업주기 동안 해당 작업의 작업 자세를 매 2초마다 연속된 사진으로 표현한다.

2) 변환된 사진을 동작분석시스템을 이용하여 분석한다. 이 시스템과 연결된 사진위에는 세 개의 점이 나타나는데 이것을 신체역학(Biomechanics)에 근거한 작업자세의 정의에 따라 분석자가 각 신체 관절 끝부분에 위치시키면(예를 들어 해당 장면에서 어깨 굴곡각도를 측정하기 위해서는 각 점을 손목, 어깨, 허리에 위치시키면 해당 신체부위의 각도를 측정할 수 있다[Figure 1]).



[Figure 1] Measurement for shoulder flexion angle(120°)

3) 이 시스템에서는 측정된 신체부위별 각도의 최대값, 최소값, 평균과 표준편차에 대한 정보가 그래프와 함께 결과로서 출력되고, 출력된 자료를 이용하여 작업자의 신체 부위별 작업 자세를 분석한다[Figure 2].



[Figure 2] Variation of shoulder abduction angle

2.3 군집화분석(Cluster Analysis)

본 연구는 작업 자세 위험도 결정의 사례적 접근방법으로 군집화분석(Cluster Analysis)을 활용하였다. 군집화 분석(Cluster Analysis)이란 자료 뒤에 숨어있는 내재적 그룹들을 드러내는 데 쓰이는 탐색적 자료 분석 기법인데 이 분석에서는 개체(units, records)간 거리에 근거하여, 서로 가까운 개체들은 같은 군집으로 묶이고 서로 상당히 떨어진 개체들은 다른 군집에 속하도록 한다[14,15]. 이상적으로는, 군집 내(內) 개체들은 동질적이 되고 군집 간(間) 개체들은 이질적이 된다. 군집화에는 여러 방법이 있지만 본 연구에서는 자료의 수와 특징 등을 고려하여 비 계층적 군집화(Nonhierarchical Clustering)의 한 방법인 K-평균 군집화 방법을 이용하여 자료를 분석하였으며, 군집중심은 Maximin 방법으로 구하였다[17].

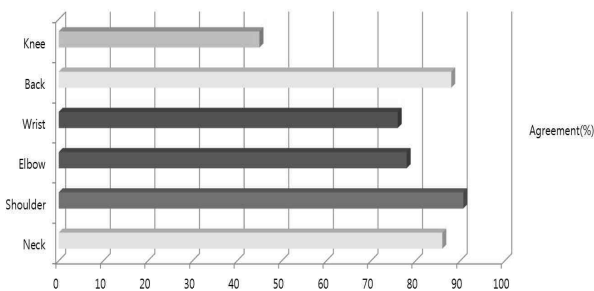
본 연구에서는 각 신체 부위별로 측정된 각도에 대한 K-평균 군집화 방법을 이용한 범주화에 있어서 각 군집 간(間)의 특징이 뚜렷하게 나타나는 군집 수를 결정하기 위하여 최초 군집의 수를 3개로 지정하여 군집을 실시하였고, 군집 간(間) 차이가 존재하지 않으면 군집의 수를 증가시켜 다시 군집화를 하는 방법을 선택하였다. 또한, 군집에 속한 변수의 수가 적을 때에는 가장 가까운 군집에 병합시켜 군집을 결정하였다. 본 연구에서는 전체 603개 공정 중 무작위로 선택한 402개 공정(전체 자료의 2/3)의 자료를 훈련(Training) 데이터로 사용하여 군집 분석을 하였으며, 나머지 201개 공정(전체 자료의 1/3)의 자료를 테스트(Test) 데이터로 사용하여 군집화 결과의 타당성을 검증하였다. 군집화 관련 분석은 SPSS사의 Clementine(v.8.1)을 활용하였으며, ANOVA, Logistic 회귀분석 등은 SPSSWIN(v.12.0)을 이용하여 수행하였다.

3. 결 과

3.1 증상설문

3.1.1 증상설문 자료의 검증

본 연구에서는 미리 조사한 증상설문조사 결과와 근골격계질환 발생으로 인한 치료 데이터를 연계하여 분석하였다. 다음 그림은 통증을 경험하였다고 응답한 경우, 실제로 해당 신체부위에 근골격계질환이 발생한 비율을 표시하고 있다[Figure 3].



[Figure 3] Percentage of accordance for the workers with symptoms who were diagnosed with MSDs at corresponding body parts

Figure 3의 결과를 토대로 하여 볼 때, 본 연구의 증상설문에서 자각통증이 있다고 응답한 작업자는 해당 부위에 실제로 근골격계질환이 발생할 가능성이 높다고 판단된다. 특히, 어깨, 허리, 목의 경우에는 자각증상이 실제 근골격계질환의 발생으로 직접 관련될 확률

이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 증상과 실제 진단결과와의 일치율이 가장 높은 신체 부위 중 하나인 허리 부위의 작업 자세를 정량적 위험도 평가의 주요 대상으로 다루었다. 근골격계질환에 관련된 대표적인 허리자세에는 허리굴곡을 들 수 있는데 일반적으로 굴곡(flexion)이라 함은 “해당 관절을 중심으로 연결되는 두 개의 분절이 이루는 관절각이 감소하는 움직임”을 의미하며 일반적으로 허리 굴곡 자세는 Figure 4와 같다.



[Figure 4] Working posture(back flexion)

3.1.2 통증유무 집단에 따른 작업 자세 측정각도의 차이에 대한 검증

증상설문을 통하여 작업자가 응답한 허리부위에서의 “통증 있음”과 “통증 없음” 집단 간(間)의 허리 작업자세 측정각도의 평균 차이가 통계적으로 유의한지의 여부를 분산분석을 통하여 확인하였다<Table 1, 2>. 그 결과, 허리 굴곡의 평균 각도는 집단 간에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 결과적으로, 본 연구에서 기초 자료로 사용하고 있는 각 신체부위별로 측정된 각도의 결과치는 통증의 유무에 따른 집단을 결정하는 중요한 변수이며, 통계적으로 통증을 발생확률이 높은 작업을 분류하는데 영향력이 높다고 판단되었다.

<Table 1> Descriptive statistics for back flexion angle with symptom and no symptom

Back Posture & Symptom	N	Mean	SD	95% CI	
				lower limit	upper limit
Back flexion	no symptom	453	12.35	7.79	11.63 13.07
	symptom	150	40.14	15.03	37.71 42.56
	total	603	19.26	15.68	18.01 20.51

<Table 2> ANOVA for back flexion angle of groups with symptom and no symptom

Back Posture	Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F	p-value
Back flexion	between group	87022.173	1	87022.173	856.478	.000
	within group	61064.409	601	101.605		
	total	148086.582	602			

3.1.3 작업 자세와 통증 유무에 대한 로지스틱 회귀분석

허리 자세와 관련 통증에 대하여 이항반응 회귀분석(binary response(통증 있음/없음) regression)의 한 방법인 이분형 로지스틱 회귀분석을 이용하여 허리에서

의 작업 자세와 통증 유무와의 관계를 살펴보았다 <Table 3>. 그 결과, 허리에서의 작업 자세는 통계적으로 유의하였고, 따라서 허리에서의 작업 자세(굴곡)는 통증과 관련성이 있는 것으로 판단되었다.

<Table 3> Results of logistic regression for back flexion angle of groups with symptom and no symptom

Back Posture	B	S.E.	Wald	Degrees of Freedom	p-value	Exp(B)	95% CI for Exp(B)	
							lower limit	upper limit
Back flexion	0.232	0.021	122.917	1	0.000	1.261	1.210	1.314
Constant	-6.436	0.530	147.493	1	0.000	0.002		

3.2 K-평균 군집화(K-means Clustering)를 이용한 자료의 범주화

K-평균 군집화 기법을 이용하여 측정된 각도를 범주화 하였다. 각 군집 간(間)의 특징이 뚜렷하게 나타나는 군집 수를 결정하기 위하여 최초 군집의 수를 3개로 지정하여 군집화를 실시하였고 군집 간(間) 차이가 존재하지 않으면 군집의 수를 증가시켜 다시 군집화를

하는 방법을 선택하였다. 또한 군집에 속한 변수의 수가 적을 때에는 가장 가까운 군집에 병합시켜 군집을 결정하였다. 분석 결과, Table 4는 허리 굴곡 각도에 관한 군집 결과이고 Table 5는 각 군집에 있어서의 통증관련 정보이다. Table 6은 Table 4와 Table 5의 결과를 토대로 하여 구성한 허리 굴곡 각도에 대한 정량적 위험수준의 정보이다.

<Table 4> Results from cluster analysis for back flexion angle

Cluster 1 (N=117)	Cluster 2 (N=24)	Cluster 3 (N=192)	Cluster 4 (N=69)
Mean(18.52) SD(3.69)	Mean(60.81) SD(10.02)	Mean(7.54) SD(3.33)	Mean(36.00) SD(5.68)

<Table 5> Cross tabulation of clusters and symptom (Back flexion angle)

Clusters		Symptom (Back flexion)	
		No	Yes
Cluster 1	Frequency	106	11
	%	90.60	9.40
Cluster 2	Frequency	1	23
	%	4.17	95.83
Cluster 3	Frequency	188	4
	%	97.92	2.08
Cluster 4	Frequency	11	58
	%	15.94	84.06

<Table 6> Risk levels for back flexion angle based on cluster analysis

Risk Levels	Low	Medium	High
Back flexion angle(degree)	< 18.52 °	< 36.00 °	> 36.00 °
Number of cases with symptoms	4	42	50
Ratio of cases with symptoms	4/255 (0.02)	42/95 (0.44)	50/52 (0.96)

3.3 군집화 결과의 타당성 검토

본 연구에서는 앞서 도출된 군집화 결과의 활용에 앞서 타당성을 검토하였다. 구체적으로 두 가지 방법을 사용하여 군집화 결과에 대한 타당성을 검토하였다.

3.3.1 군집 간(間) 사후검정을 위한 분산분석

Table 7은 허리 굴곡 각도에 대하여 K-means 군집 분석에 대하여 일원배치 분산분석을 실시한 결과인데 집단 간 허리 굴곡에 대하여 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, Table 8은 허리 굴곡에 대하여 Scheffe를 이용한 사후검정(Post Hoc Tests) 결과이다. 이 부분에서도 허리 굴곡은 군집별로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<Table 7> ANOVA for back flexion angles between clusters

Back Postures	Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F	p-value
Back flexion	between group	86632.583	3	28877.528	1321.847	0.000
	within group	8694.845	398	21.846		
	total	95327.428	401			

<Table 8> Comparisons of back flexion angles among clusters based on Scheffe's method

(I) Cluster	(J) Cluster	Difference (I-J)	Standard Error	p-value	95% CI	
					Lower Limit	Upper Limit
1	2	-17.6107*	0.7565	0.000	-19.7346	-15.4868
	3	12.6709*	0.5599	0.000	11.0990	14.2428
	4	-42.5678*	1.1679	0.000	-45.8467	-39.2889
2	1	17.6107*	0.7565	0.000	15.4868	19.7346
	3	30.2816*	0.6763	0.000	28.3828	32.1804
	4	-24.9571*	1.2280	0.000	-28.4046	-21.5095
3	1	-12.6709*	0.5599	0.000	-14.2428	-11.0990
	2	-30.2816*	0.6763	0.000	-32.1804	-28.3828
	4	-55.2387*	1.1176	0.000	-58.3764	-52.1009
4	1	42.5678*	1.1679	0.000	39.2889	45.8467
	2	24.9571*	1.2280	0.000	21.5095	28.4046
	3	55.2387*	1.1176	0.000	52.1009	58.3764

3.3.2 평가 자료를 이용한 결과 평가

K-means 군집결과를 토대로 하여 만들어진 위험도 평가방법의 타당성 여부를 증명하기 위한 두 번째 방법으로 조사된 전체 603개의 공정 중 2/3인 402개 공정의 자료를 훈련(Training) 자료로 사용하여 군집한 결과를 토대로 나머지 1/3인 201개의 자료(Test Data)를 이용하여 그 타당도를 검증하고자 하였다. 이를 위하여 각 신체 부위별 측정 각도가 군집 결과에 근거한 저 위험수준 집단에 속하면 통증이 없는 것이라고 간주하고 고위험수준 집단에 속하면 통증이 있는 것이라고 간주하였다. 특히 중 위험수준은 통증과 비통증이 혼재되어있는 경계 값(통증자의 비율: 35%)이라고 판단하여 중 위험수준 집단에 속하는 값을 가진 작업자

의 통증 유무는 현 단계에서의 타당성 평가에는 포함시키지 않았다<Table 6>.

각 신체부위별 통증 유무 판정 결과는 다음과 같다. 결과표에서 민감도의 수치는 통증이 있는 작업자를 통증이 있다고 판정을 내린 결과의 비율이고 특이도의 수치는 통증이 없는 작업자를 통증이 없다고 판정을 내린 결과의 비율이다. Table 9는 허리 굴곡 각도 위험수준에 의한 통증 유무 판정 결과이다. 결과에서 볼 수 있듯이 통증이 있는 작업자를 통증이 있다고 판정을 내린 결과의 정확도는 93.8%이고 통증이 없는 작업자를 통증이 없다고 판정을 내린 결과의 정확도는 99.1%로 나타났다.

<Table 9> Test results for risk levels of back flexion angle

		Based on Risk Levels		
		Symptoms at Back		Accuracy(%)
		No	Yes	
Actual Symptoms at Back	No	116	1	99.1 %
	Yes	2	30	93.8 %

* Sensitivity: 0.938, Specificity: 0.991

4. 고찰 및 결론

현재 많이 활용되고 있는 작업자세 평가도구를 살펴보면, OWAS의 경우는 광범위하게 적용될 수 있는 장점이 있으나 정밀한 분석에는 미흡한 단점이 있다. RULA와 REBA의 경우에는 상대적으로 광범위한 적용가능성에 있어서는 OWAS의 경우보다 한계를 가질 수 있으나 정밀한 분석을 하는데 있어서, 특히 상대적으로

높은 민감도를 요구하는 분석에는 OWAS의 경우보다 강점을 가진다고 알려져 있다[16]. 일반적으로 이와 같은 타당성 평가는 평가자간 및 평가자내의 일치율에 근거하여 왔는데, 평가자내 일치율의 경우, 85%이상이면 좋은 일치도(good agreement)라고 알려져 있고[5], 평가자간의 일치율의 경우, 75%이상이면 그 결과를 인정(acceptable) 할 수 있다고 알려져 있다[15]. 하지만 이와 같은 타당성에 대한 고려만으로 도출된 작업위험

도 결과의 객관성 및 정확성을 설명하기에는 많은 한계가 있다. 기존 평가방법의 이와 같은 한계를 보완하기 위해서는 평가자의 신뢰도 및 타당도를 파악하기 위하여 해당 작업을 수행해온 작업자의 근골격계질환에 대한 증상 경험 여부와 해당 작업에서의 작업 자세 정보와의 관련성을 규명하고, 그 결과를 적용하는 것이 한 가지 방법이 될 수 있으리라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 해당 작업을 수행해온 작업자의 근골격계질환에 대한 증상 경험 여부와 해당 작업에서의 작업 자세 정보와의 관련성을 파악하기 위하여 근골격계질환 위험도 평가의 사례적 접근을 평가 방법화 하고자 하였다. 본 연구의 주요 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 허리 자세와 관련 통증에 대하여 이분형 로지스틱 회귀분석을 이용하여 어깨에서의 작업 자세와 통증 유무와의 관계를 살펴본 결과, 허리에서의 작업 자세는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 따라서 허리 굴곡 자세는 통증과 관련성이 있는 것으로 판단된다.

둘째, 군집분석결과, 저, 중, 고 위험도의 허리자세 범주는 다음과 같다.

(저: $< 18.5^\circ$; 중: $18.5^\circ - 36.0^\circ$; 고: $> 36.0^\circ$)

본 연구에서 도출된 저, 중, 고 위험도의 허리자세 위험도는 기존의 방법과 비교하여 작업관련 사례적 접근이라는 측면에 있어서 의미가 있다고 사료 된다. 구체적으로 최적 작업 높이를 설정하는데 있어서 확실한 토대가 되리라 사료된다. 이 결과는 또한 허리 굴곡 각도가 클수록 그리고 그 지속시간이 길수록 통증 발생의 확률이 높아진다는 결과[18,19]를 지지하는 것으로 판단 된다.

셋째, 조사된 전체 603개의 공정 중 2/3인 402개의 자료를 훈련(Training) 자료로 사용하여 군집한 결과를 토대로 나머지 1/3의 자료를 이용하여 테스트(Test)를 한 결과, 허리 굴곡의 경우에는 통증이 있는 작업자를 통증이 있다고 판정을 내린 결과의 정확도는 93.8%이고, 통증이 없는 작업자를 통증이 없다고 판정을 내린 결과의 정확도는 99.1%로 나타났다.

현재 우리나라의 경우에 근골격계질환 예방관리는 인간공학적인 측면, 그중에서도 작업관련성을 고려함에 있어서 매우 미흡한 실정이다. 또한, 대부분의 사업장은 작업에 관련된 인간공학적인 요소들을 축적한 자료가 체계적으로 구축되어 있지 않고, 근골격계질환에 대한 객관적인 평가기준 또한 미흡한 실정이다. 본 연구는 이러한 문제들을 극복하고 체계적인 근골격계질환 예방관리를 위하여 정량적 평가기준의 타당성을 정립하는데 그 의미가 있다고 할 수 있다. 특히 결과의 타당성 검증 부분에서 확인한 바와 같이 본 연구의 결과는 작업관련성 등을 고려한 보다 현실적이고 체계적인 평

가방법을 도출하는데 있어서 좋은 토대가 되리라 판단된다. 앞으로 본 연구에서 다룬 허리부위에 대하여 다른 신체 부위 작업 자세에 대한 정량적 위험도의 결정은 작업관련성을 고려한 위험도 평가를 보다 더 향상시킬 것으로 사료된다.

5. References

- [1] 한국산업안전보건공단(2011), “산업재해통계”, <http://www.kosha.or.kr/board>.
- [2] 노동부(2010), “산업재해현황분석”, <http://www.index.go.kr/egams/>.
- [3] 김정룡(2004), “작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 인간공학”, 민영사.
- [4] 한국산업안전보건공단(2008), “근골격계질환 부담작업 유해요인조사 지침 KOSHA Code H-30”, 한국산업안전공단.
- [5] Altman, D.(1991), “Practical Statistics for Medical Research”, Chapman & Hall, London, pp. 403-409.
- [6] Armstrong, T., Buckle, P., Fine, L., Harberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., Kuorinka, I., Silverstein, B., Sjogaard, G. and Viikari-Juntura, E.(1993), “A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders”, Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 19(2), pp. 73-74.
- [7] Bernard, B. (Ed.)(1997), “Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiological evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and lower back”. DHHS(NIOSH)Publication No. 97-141, US Department of Health and Human Services.
- [8] 박원택(2006), “인간공학적인 작업부하평가 도구에 따른 근골격계 부담작업 평가 결과의 차이”, 한경대학교 산업대학원, 석사학위 논문.
- [9] 기도형, 박기현(2005), “작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교”, 한국안전학회지, 20(2), pp. 127-132.
- [10] 이인석, 정민근, 최경임(2003), “지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교”, 대한인간공학회, 22(1), pp. 43-56.
- [11] 신용철(2004), “Rapid Entire Body Assessment의 신뢰도 및 타당성 평가”, 한국산업위생학회지, 14(1), pp. 1-6.
- [12] Brujin, I., Engle, A. and van der Gulden,

J.(1998), "A simple method to evaluate the reliability of OWAS observations", Applied Ergonomics, 29(4), pp. 281-283.

[13] Mattila, M., Karwowski, W. and Vilkki, M.(1992), "Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method", Applied Ergonomics, 24(6), pp. 405-412.

[14] Hair, J. Jr., Anderson, R., Tatham, R. and Black, W.(1995), "Multivariate Data Analysis with Reading", Prentice Hall.

[15] Johnson, R. and Wichern, D.(2007), "Applied Multivariate Statistical Analysis", Prentice Hall.

[16] Hignett, S. and McAtamney, L.(2000), "Rapid Entire Body Assessment(REBA)", Applied Ergonomics, 31(2), pp. 201-205.

[17] 정충영, 최이규(1996), "SPSSWIN을 이용한 통계 분석", 무역경영사.

[18] May, S. and Lomas, D.(2010) "Posture, the Lumbar Spine and Back Pain", International Encyclopedia of Rehabilitation, pp. 1-8.

[19] 김영선, 권오준, 김기식, 구권호(2012), "한국 근로자의 요통 유병률과 근로환경의 연관성에 관한 연구", 한국산업위생학회지, 22(2), pp. 107-118.

저자 소개

박 동 현



현 인하대학교 산업공학과 교수로 재직중.

Pennsylvania State University 공학박사.

관심분야는 인간공학.

주소: 인천광역시 남구 용현 1,4동 인하대학교 산업공학과

노 안 나



현재 인하대학교 대학원 산업공학과 재학 중

관심분야: 산업공학

주소: 인천광역시 남구 용현동 253 인하대 2북 668A

최 서 연



현 한국RMS(주) 수석연구원으로 재직중.

인하대학교 산업공학과 공학박사, 인하대학교 의학과 사회 및 예방의학 박사 과정.

관심분야는 인간공학

주소: 인천광역시 남구 용현 1,4동 인하대학교 2북 668A