

근골격계질환 위험도 평가 관련 문제 작업 자세 결정에 관한 연구

노안나*·최서연**·박동현*

*인하대학교 산업공학과

**인하대학교 대학원 의학과

A study on determination of working posture to be analyzed during MSDs evaluation

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

*Dept. of Industrial Engineering, Inha University

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

Abstract

This study tried to identify the problems associated with the posture to be analyzed and tried to suggest guidelines for MSDs(Musculoskeletal Disorders) evaluation based on working posture. A total of 50 jobs from 3 different types of industries(electronics, hospitals, automobiles) were used for MSDs evaluation study which was done by 6 observers. Two indexes were applied to identify the problem in this study which were percentage of agreement and counter-time-error rate. Specifically, 'counter-time-error rate' represented a degree of consistency in terms of selecting the posture to be analyzed time after time.

Main results of the study were as follows; 1) The average percentage of agreement for representative posture for whole body was relatively higher than that for representative postures for individual body parts, 2) The counter-time-error rate(%) has been reduced as the evaluation process has repeated for the same job. 3) The counter-time-error rate(%) for electronics, hospitals, and automobiles were 63.4%, 61.2%, and 67.3% respectively. 4) The counter-time-error rate(%) for the job with the work cycle of 0.5 to 2 minutes were lower than that of the jobs with the work cycles less than 0.5 minute or greater than 2 minute. 5) The work cycles and the number of trials had significant effects on counter-time-error rate while the types of industries did not have significant effects on counter-time-error rate. Some guidelines could be prepared from the results of the study. Probably, there should have an extension in terms of form and matter for this study in order to have more practical output.

Key word: working posture, MSDs, checklists, agreement

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

Received July 20, 2015; Revision Received September 20, 2015; Accepted September 20, 2015.

1. 서 론

근골격계질환은 최근 국내 산업안전보건 분야에서 가장 큰 문제 중 하나로 대두되고 있으며 힘, 부적절한 자세, 반복, 압력, 진동과 추위 등 환경적 요인, 작업 조직 등의 작업 관련 요인, 개인의 신체조건 및 질병 등의 개인적 요인이 복합적으로 작용하여 발병하는 것으로 알려져 있다. 근골격계질환은 한 번 발생하면 장기간 병원 치료와 요양을 요하는 등 작업자 개인과 기업 측 모두에게 심각한 손실을 초래하는 특징을 가지고 있다[1] [2] [3].

우리나라는 2003년 7월부터 근골격계질환에 대한 유해요인 조사와 의학적 조치, 중량물에 대한 조치 및 질환자 발생 규모에 따라 예방관리 프로그램을 시행할 것을 사업주의 의무 사항으로 법제화 하였으며, 구체적인 조사를 위한 표준 지침으로 KOSHA Code H-30이 개발되었다[4] [5]. KOSHA Code H-30에 의하면 근골격계 부담 작업 유해요인 조사는 작업 현장을 조사하는 유해요인 기본 조사와 작업자의 질환을 조사하는 증상설문조사로 나누어지며, 기본 조사 시 정밀 분석을 위해서는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)나 REBA(Rapid Entire Body Assessment) 등의 인간공학 적 작업분석 평가도구를 사용하도록 권장하고 있다[6].

그러나 주요 평가도구라고 할 수 있는 OWAS, RULA, REBA의 평가 도구 간 신뢰도가 20-50%에 불과하며, 이러한 인간공학적 작업 분석 평가도구들 간 판정 기준이 절대적으로 명시되어 있지 않다[7]. 또한 같은 작업이라 할지라도 평가 도구들 간에 다른 결과가 나타날 수도 있다는 기존의 연구 결과나 동일한 평가 도구를 사용하더라도 평가자가 특정 작업의 한 사이클 내에 어떤 장면의 자세를 선택하여 평가에 임하는지에 따라서 평가 결과가 달라질 수 있는 가능성 때문에 유해요인 조사 시 평가방법관련 특성에 대한 고려와 그에 대한 선택은 근골격계질환에 대한 위험도 평가에 있어서 가장 중요한 부분 중의 하나라고 할 수 있다[2].

이에 본 연구에서는 근골격계질환 관련 대표 공정들에 대한 평가 실험을 통하여 위험도 평가 시 보다 근본적인 문제로 제기 될 수 있는 평가 장면의 선정 방법에 따른 신뢰도에 대한 문제를 파악하고 이에 근거한 가이드라인을 수립하고자 하였다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1 연구 기간 및 대상

본 연구 대상은 전자 업종(A전자, B전자), 병원 업종(C병원), 자동차 업종(D자동차)에서 취득한 작업 자료 중 상대적으로 객관적인 위험도 평가가 가장 가능하다고 판단되어 평가도구를 효율적으로 잘 사용할 수 있는 자료 17개(전자), 16개(병원), 17개(자동차)의 총 50개 작업을 선정하였다. 이들 작업에 대하여 총 6명의 평가자가 평가를 수행하였으며, 평가도구 사용 시 사용경력에 따른 편차를 없애기 위하여 평가자들은 모두 RULA, REBA, OWAS등의 평가도구들에 대한 사용 경험이 전혀 없는 대상자로 선발하였다.

2.2 연구 방법

본 연구에서 평가자들에 의한 위험도 평가는 다음과 같이 진행되었다.








1) 참여한 평가자들은 기본적으로 근골격계질환의 위험도 평가에 대한 경험이 없으므로 약 2시간 정도의 교육을 실시한 후, 별도의 10개의 작업들에 대해서 위험도 평가를 연습하는 기회를 가졌다.

2) 교육 및 연습 후 모든 평가자는 앞서 언급한 50개 작업에 대하여 RULA, REBA, OWAS를 적용하여 평가하였다.

3) 평가자의 일관성을 확보하기 위하여 50개 동영상 을 평가자들에게 배포한 후 RULA, REBA, OWAS를 이용한 평가를 실시하도록 하였다. 동영상은 엑셀 랜덤 함수를 이용하여 매 실험마다 동영상 순서를 랜덤하게 배포하였으며, 실험은 3일 간격으로 총 4회 진행되었다.

4) 각 실험 수행 시 평가자에게 위험 작업을 직접 캡처 하도록 하였으며, 평가 시 작업 자세 측정은 캡처 방법에 따라 크게 두 부분으로 분류하였다. 첫 번째 부분에서는 작업 전체에서 가장 열악하다고 판단되는 작업 자세를 선정하여 캡처하고 이에 대한 자세 평가를 수행하도록 하였으며, 두 번째 부분에서는 각 신체 부위별로 가장 열악하다고 판단되는 신체 부위를 개별 작업자세로 선정하여 캡처하고 자세 평가를 수행하도록 하였다. 이는 이 두 가지 방법들이 근골격계질환에 대한 위험도 평가를 하는데 있어서 차이를 알아보기 위하여 시도하였다[Figure 1].

캡처 방법에 따른 평가의 일치율을 알아보기 위해 전체 작업주기 중 가장 위험해 보이는 자세를 캡처하는 작업은 '대표 작업 자세 캡처', 전체 작업주기 중 각 부위별(허리, 목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 다리) 가장 위험해 보이는 자세를 캡처하는 작업은 '신체 부위별 대표 작업 자세 캡처' 라 명명하였다.

Capture method	Body parts	Working postures
Representative posture for whole body	-	
Representative postures for individual body parts	Back	
	Neck	
	Leg	
	Shoulder	
	Elbow	
	Wrist	

[Figure 1] Comparison of capture methods

2.3 평가의 신뢰도

먼저 평가 도구(OWAS, RULA, REBA)를 이용하여 위험도 평가 시 회 차가 진행됨에 따라 달라질 수 있는 평가자들 내의 일종의 신뢰도를 평가하기 위해 일치율 (Percentage of agreement)을 사용하였다. 또한 본 연구에서는 위험도 평가의 일관성을 보다 더 체계적으로 평가하기 위해서 다음과 같이 ‘카운터 타임 오차율’ 이라고 명명한 지수를 다음과 같이 정의하고 사용하였다. 여기서 ‘카운터 타임’이란, 특정 작업의 작업주기 내에서 평가자가 가장 열악한 자세의 장면으로 지적한 동영상상의 카운터 시간을 의미한다. 예를 들어서 작업주기가 1분인 작업에서 평가자가 평가대상 자세로 지적한 장면이

0.15(1분을 100 단위로 표현하였을 때)라면, 평가자는 새로운 작업주기가 시작되고 0.15분 후의 장면을 평가대상으로 지적했다는 것을 의미한다. 또한 오차율은 동일 작업에 대하여 평가 회 차가 진행됨에 따라 달라지는 카운터 타임 중 가장 큰 값과 작은 값과의 차이를 전체 작업주기로 나눈 값으로 정의하였으며 수식으로는 다음과 같다. 이는 일치율과 반비례 개념을 가지므로 값이 작을수록 일치도가 높음을 의미한다. 구체적으로 본 연구에서는 동일 작업에 대하여 반복측정횟수에 따라 이 평가자의 ‘카운터 타임’에 대한 결정의 일관성이 있는지를 살펴보고자 하였다. 또한, 카운터 타임 오차율에 대하여 독립변수(업종, 회 차, 작업주기)의 영향력을 파악하기 위하여 회귀분석(Regression analysis)을 실시하였으며, 여기서 모든 통계치의 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

$$\text{카운터 타임 오차율(\%)} = \frac{|\text{최대 카운터 타임} - \text{최소 카운터 타임}|}{\text{작업주기}} \times 100$$

3. 결 과

3.1 캡처 방법에 따른 일치율

‘대표 작업 자세 캡처’와 ‘신체 부위별 대표 작업 자세 캡처’를 이용하여 캡처 방법에 따른 일치율을 확인한 결과는 <Table 1>과 같이 신체부위 중 ‘다리’는 대표 작업 자세 캡처 일치율 88.7%, 신체 부위별 대표 작업 자세 캡처 일치율 88.6%로 일치율이 가장 높게 나타났으며, 신체부위 ‘어깨’는 대표 작업 자세 캡처 일치율 48.9%, 신체 부위별 대표 작업 자세 캡처 일치율 47.8%로 가장 낮은 일치율을 보였다. 이는 근골격계 작업 관련 위험도 평가 시 신체부위에 상관없이 ‘신체 부위별 대표 작업 자세’ 캡처보다 ‘대표 작업 자세’ 캡처시 평가자들간 일치율이 근소하게 높은 것으로 나타났으며, 이는 평가자가 위험을 인지하는 작업 자세에 대하여 ‘대표 작업 자세’ 선정 일치율이 높다는 것을 의미한다.

<Table 1> Average percentage of agreement for capture methods

	Representative posture for whole body (%)	Representative postures for individual body parts (%)
Back	65.0	58.5
Neck	59.8	59.3
Leg	88.7	88.6
Shoulder	48.9	47.8
Elbow	70.0	64.3
Wrist	59.6	52.5

캡처 방법에 따른 평가자들 간의 신뢰도를 알아보기 위하여 여섯 신체부위에서의 작업 자세 정보를 모두 고려하는 평가도구 RULA, REBA로 평가한 결과는 <Table 2>와 같다.

평가도구 RULA의 경우 '다리'의 대표 작업 자세 캡처 일치율은 93.9%, 신체 부위별 대표 작업 자세 캡처 일치율은 90.4%로 가장 높게 나타났으며, '어깨'의 경우 대표 작업 자세 캡처 일치율은 48.5%, 신체 부위별 대표 작업 자세 캡처 일치율은 45.5%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

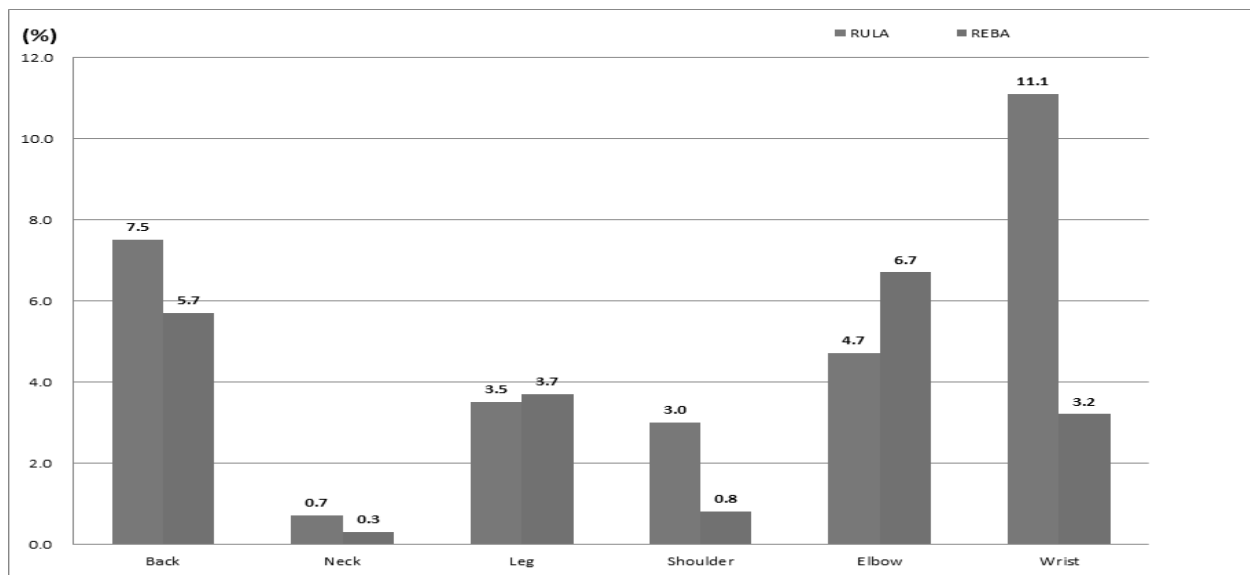
REBA의 경우에도 '다리'의 대표 작업 자세 캡처 일치율은 87.0%, 신체 부위별 대표 작업 자세 캡처 일

치율은 83.3%로 가장 높게 나타났으며, '어깨'의 경우 대표 작업 자세 캡처 일치율은 50.0%, 신체 부위별 대표 작업 자세 캡처 일치율은 49.2%로 나타로 가장 낮은 것으로 나타났다.

대표 작업 자세와 신체 부위별 대표 작업 자세에 대한 일치율의 차이는 (그림 2)와 같이 평가도구 RULA를 이용 시 '목'이 0.7%로 가장 작은 차이를 보였고 '손목'이 11.1%로 차이가 가장 큰 것으로 나타났으며, 평가도구 REBA를 이용 시 '목'이 0.3%로 가장 작은 차이를 보였고, '팔꿈치'가 6.7%로 가장 큰 차이를 보여 신체 부위와 평가 방법에 따라 차이를 보였다.

<Table 2> Average percentage of agreement for capture methods by evaluation methods

	RULA		REBA	
	Representative posture for whole body (%)	Representative postures for individual body parts (%)	Representative posture for whole body (%)	Representative postures for individual body parts (%)
Back	68.0	60.5	62.1	56.4
Neck	53.6	52.9	66.0	65.7
Leg	93.9	90.4	87.0	83.3
Shoulder	48.5	45.5	50.0	49.2
Elbow	69.5	64.8	70.5	63.8
Wrist	57.2	46.1	62.0	58.8



[Figure 2] The conformity difference between whole body and individual body parts of the Representative posture

3.2 카운터 타임 오차율

3.2.1 회 차별 카운터 타임 오차율

회차가 진행에 다른 각 회차 간 카운터 타임 오차율은 <Table 3>과 같이 ‘다리’, ‘팔꿈치’의 오차율이 다른 신체 부위 보다 상대적으로 낮았으며, ‘목’의 오차율은 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 1회-2회차와 3회-4회차의 오차율에 대한 감소율은 신체 부위는 ‘목’에서 25.3%로 가장 높게 나타났으며, ‘허리’에서 3.8%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 회차가 진행됨에 따라 신체 부위별 오차율을 감소율이 큰 순서로 정리하면 목>손목>팔꿈치>어깨>다리>허리 순으로 나타났다.

3.2.2 업종에 따른 카운터 타임 오차율

업종에 따른 카운터 타임 오차율을 분석한 결과는 <Table 4>, <Table 5>와 같다. 카운터 타임에 대한 평균 오차율은 64.0%였고, 신체 부위별 평균 오차율은 목, 다리, 팔꿈치에서 다른 신체 부위들 보다 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 또한 전자, 병원, 자동차 세

업종에 대한 업종별 카운터 타임 오차율은 <Table 4>와 같이 병원 업종이 가장 낮았으며, 자동차 업종의 오차율이 가장 높은 것으로 나타났다.

카운터 타임 오차율을 업종별로 분석한 결과 <Table 5>와 같이 전자 업종의 경우, 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 손목=어깨>팔꿈치>다리>목>허리 인 것으로 나타났으며, 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 ‘다리’의 오차율이 다른 신체 부위 보다 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 병원 업종의 경우 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 목>어깨>허리>팔꿈치>손목>다리 인 것으로 나타났으며, 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 ‘목’의 오차율이 다른 신체 부위 보다 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 자동차 업종의 경우 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 목>팔꿈치>다리=어깨>손목>허리 인 것으로 나타났으며, 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 ‘팔꿈치’의 오차율이 다른 신체부위 보다 상대적으로 낮았고, 어깨의 오차율은 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

<Table 3> Average counter-time-error rates(%) between trials

Body parts	First-second trials (%)	Second-third trials (%)	Third-fourth trials (%)	Average (%)
Back	68.0	66.9	64.2	66.4
Neck	88.0	67.7	62.7	72.8
Leg	64.3	62.0	58.3	61.5
Shoulder	70.0	67.0	59.0	65.3
Elbow	66.7	61.7	55.0	61.1
Wrist	70.0	69.7	62.3	67.3

<Table 4> Average counter-time-error rates(%) by industry types

Body parts	Average counter-error-rates(%)			
	Electronics	Hospitals	Automobiles	Aerage
Back	63.7	66.7	68.6	66.3
Neck	63.7	58.0	67.0	62.9
Leg	56.8	59.7	67.9	61.5
Shoulder	65.7	61.1	68.9	65.2
Elbow	65.4	62.5	58.5	62.1
Wrist	65.3	59.4	72.9	65.8
Average	63.4	61.2	67.3	64.0

<Table 5> Average counter-time-error rates(%) between trials by industry types

Body parts	First-second trials (%)			Second-third trials (%)			Third-fourth trials (%)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Back	65.7	70.8	69.6	63.7	70.5	68.6	61.8	58.9	67.6
Neck	66.7	67.7	72.5	62.7	54.2	66.7	61.8	52.1	61.8
Leg	59.8	64.6	72.5	57.8	54.2	67.6	52.9	60.4	63.7
Shoulder	70.6	66.7	72.5	68.6	61.5	70.6	57.8	55.2	63.7
Elbow	71.6	65.6	61.8	63.7	64.6	59.8	60.8	57.3	53.9
Wrist	70.6	66.7	76.5	67.6	61.5	71.6	57.8	50.0	70.6

1: Electronics, 2: Hospitals, 3: Automobiles

<Table 6> Average counter-time-error rates(%) by cycle times

Body parts	< 10 seconds	10~30 seconds	30~60 seconds	1~2 minutes	> 2 minutes
Back	68.3	64.0	62.8	66.7	70.0
Neck	64.4	68.3	64.5	58.3	60.0
Leg	63.9	63.9	53.3	61.1	67.8
Shoulder	61.7	72.2	60.0	65.0	67.8
Elbow	62.8	66.7	56.7	54.4	65.0
Wrist	67.2	72.8	61.1	63.3	70.5
Average	64.7	68.0	59.7	61.4	66.9

<Table 7> Average counter-time-error rates(%) between trials by cycle times

Body parts	First-second trials(%)					Second-third trials(%)					Third-fourth trials(%)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Back	71.7	67.8	63.3	68.3	75.0	70.0	66.7	63.3	66.7	73.3	63.3	57.6	61.7	65.0	61.7
Neck	68.3	80.0	76.7	70.0	66.7	65.0	65.0	60.0	58.3	60.0	60.0	60.0	56.7	46.7	53.3
Leg	68.3	68.3	58.3	63.3	68.3	66.7	66.7	55.0	60.0	70.0	56.7	56.7	46.7	60.0	65.0
Shoulder	68.3	76.7	71.7	71.7	70.0	60.0	75.0	60.0	61.7	70.0	56.7	65.0	48.3	61.7	63.3
Elbow	66.7	76.7	65.0	55.0	70.0	65.0	61.7	56.7	58.3	66.7	56.7	61.7	48.3	50.0	58.3
Wrist	68.3	76.7	70.0	65.0	78.3	66.7	71.7	63.3	63.3	75.0	66.7	70.0	50.0	61.7	58.3

1: <10 seconds, 2: 10~30 seconds, 3: 30~60 seconds, 4: 1~2 minutes, 5: > 2 minutes

<Table 8> Regression results on average counter-time-error rates(%)

Independent variable	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p-value
	B	S.E			
Constant	.354	.042		8.483	.000*
Work cycles	.025	.009	.105	2.791	.005*
Industry types	-.026	.015	-.063	-1.681	.093
Trials	-.037	.014	-.089	-2.694	.007*

3.2.3 작업주기에 따른 카운터 타임 오차율

작업주기에 따른 평균 카운터 타임 오차율은 <Table 6>과 같이 작업주기 ‘10초 이내’ 작업의 신체 부위별 평균 카운터 타임 오차율은 허리>손목>목>다리>팔꿈치>어깨 순으로 높게 나타났고, 작업주기 ‘10~30초 이내’ 작업의 신체 부위별 평균 카운터 타임 오차율은 손목>어깨>목>팔꿈치>허리>다리 순으로 나타났다. 작업주기 ‘30~60초 이내’ 작업의 신체 부위별 평균 카운터 타임 오차율은 목>허리>손목>어깨>팔꿈치>다리 순으로 나타났으며, 작업주기 ‘1~2분 이내’ 작업의 경우, 신체 부위별 평균 카운터 타임 오차율은 허리>어깨>손목>다리>목>팔꿈치 인 것으로 나타났고, 작업주기 ‘2분 이상’ 작업의 신체 부위별 평균 카운터 타임 오차율은 손목>허리>다리>어깨>팔꿈치>목 순으로 나타났다. 이는 작업주기별로 평균 카운터 타임 오차율이 작업주기가 너무 짧거나, 혹은 너무 길거나 하지 않은 중간 정도의 작업주기(20초~2분) 일 때 상대적으로 낮은 오차율을 보이는 것으로 파악되었다.

작업주기에 따른 회차별 카운터 타임 오차율은 <Table 7>과 같이 작업주기 ‘10초 이내’ 작업의 신체 부위별 오차율의 감소율은 다리>어깨>팔꿈치>목>허리>손목 순으로 나타났으며, 작업주기 ‘10초~30초 이내’ 작업의 신체 부위별 오차율의 감소율은 목>팔꿈치>다리>어깨>허리>손목 순으로 나타났다. 작업주기 ‘30초~60초 이내’ 작업의 신체 부위별 오차율의 감소율은 어깨>손목>목>팔꿈치>다리>허리 순으로 나타났으며, 작업주기 ‘1분~2분 이내’ 작업의 신체 부위별 오차율의 감소율은 목>어깨>팔꿈치>다리>손목>허리, 작업주기 ‘2분 이상’ 작업의 신체 부위별 오차율의 감소율은 손목>목>허리>팔꿈치>어깨>다리 순으로 나타났다<Table 7>.

3.3 카운터 타임에 영향을 미치는 요인(회귀 분석결과)

작업주기, 업종, 회차 등의 요인이 카운터 타임 오차

율에 미치는 영향은 <Table 8>과 같이 작업주기와 회차의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 동일 작업에 대한 평가 회차가 증가할수록 카운터 타임 오차율은 감소하는 것으로 나타났다.

4. 고찰 및 결론

근골격계질환은 단순 반복 작업, 중량물 취급 작업, VDT 작업 등 매우 다양한 작업에서 발견되며, 목, 어깨, 허리, 팔, 다리 등의 신경, 근육 및 그 주변조직에서 발생하는 질환으로 사업장 근로자들의 근골격계질환에 영향을 주는 요인을 파악하고 유소년자의 의학적 조기관리와 근골격계 부담 업무의 업무환경개선 등을 통하여 예방할 수 있는 질환이다[4] [8].

본 연구는 이제까지 대부분의 근골격계질환 위험도 평가에 있어서 있어온 평가자, 평가형식, 평가대상 작업의 특성을 고려치 않은 평가 방식에서 벗어나 전자업종, 병원 업종, 자동차 업종 등 주요 업종에서 작업자들의 근골격계 관련 위험도 평가의 특성에 대하여 살펴보고 위험도 평가에 대한 올바른 접근 방안을 제시하고자 시도되었다.

본 연구의 결과는 크게 두 부분으로 이루어지는데, 첫째 부분은 주요 평가도구를 이용한 근골격계질환에 대한 평가 시 보다 근본적인 문제라고 제기 될 수 있는 평가 장면의 선정 방법에 대한 비교였다. 구체적으로 본 연구에서는 평가 장면 결정 방법에 따른 평가 결과의 일치율의 차이를 알아보기 위해 전체 작업주기 중 가장 위험해 보이는 자세를 1회 캡처하는 '대표 작업 자세 캡처' 와 전체 작업주기 중 각 부위별(허리, 목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 다리)로 1회씩 가장 위험해 보이는 자세를 캡처하는 '신체부위별 대표 작업 자세 캡처' 를 이용하였다. 결론적으로 체크리스트(RULA, REBA, OWAS)를 사용하여 근골격계 작업관련 위험도 평가 시 신체부위에 상관없이 그리고 평가방법에 상관없이 '신체부위별 대표 작업 자세' 캡처보다 '대표 작업 자세' 캡처 시 평가자들 간의 일치율이 근소하게 높은 것으로 나타났다.

둘째 부분은 앞서 정의한 카운터 타임에 대한 오차율 분석이다. 여기서 카운터 타임 오차율이란 동일 작업에 대한 문제 작업 자세 결정에 대한 일종의 신뢰도라고 할 수 있다. 예를 들어서 어떤 평가자가 동일 작업(시작 카운터 타임: 0.00, 종료 카운터 타임: 1.00)에 대하여 1회 차 평가시의 카운터 타임이 0.15였고, 2회 차 평가시의 카운터 타임이 동일하게 0.15였다면 오차율은 0%이다. 따라서 이 오차율은 증가될수록 신

뢰도가 떨어지는 것을 의미한다. 첫번째로 회 차에 따른 카운터 타임 오차율에 대해 살펴보았는데, 오차율의 변화를 살펴보면 회 차가 진행되면 모두 감소하는 것으로 나타났는데 이는 경험이 많아질수록 평가자의 신뢰도가 향상되었다는 Li and Buckle(1998)의 결과를 지지한다고 판단된다. 먼저 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 다리, 팔꿈치의 오차율이 다른 신체 부위 보다 상대적으로 낮았으며, 반면에 목의 오차율은 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 오차율의 감소율은 목에서 가장 컸고(25.3%), 허리에서 가장 작은 것(3.8%)으로 나타났으며 회 차가 진행됨에 따라 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 목>손목>팔꿈치>어깨>다리>허리 인 것으로 나타났다[9].

두 번째로 업종별 카운터 타임 오차율을 살펴보았을 때 세 업종에는 병원 업종의 오차율이 가장 낮았고, 자동차 업종의 오차율이 가장 높은 것으로 나타났다. 각 업종에 대하여 회 차별 카운터타임 그 결과를 구체적으로 살펴보면 전자 업종의 경우, 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 손목=어깨>팔꿈치>다리>목>허리 인 것으로 나타났다. 또한 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 다리의 오차율이 다른 신체부위 보다 상대적으로 낮았으며, 반면에 다른 신체 부위의 오차율은 서로 비슷한 것으로 나타났다. 병원 업종의 경우, 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 목>어깨>허리>팔꿈치>손목>다리 인 것으로 나타났다. 또한 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 목의 오차율이 다른 신체부위 보다 상대적으로 낮았으며, 반면에 허리의 오차율은 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 자동차 업종의 경우, 신체 부위별 오차율의 감소율을 큰 순서로 정리하면 목>팔꿈치>다리=어깨>손목>허리 인 것으로 나타났다. 또한 신체 부위별로 평균 오차율을 살펴보았을 때 팔꿈치의 오차율이 다른 신체부위 보다 상대적으로 낮았으며, 반면에 어깨의 오차율은 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 앞서 언급한 바와 같이 전반적으로는 회 차가 진행됨에 따라 오차율은 감소하는 것으로 나타나고 있다. 그러나 오차율의 감소는 및 평균 오차율은 업종마다 그 양상이 많이 다르므로 평가대상 업종이 무엇이냐에 따라 위험도평가의 신뢰도를 향상시키기 위한 준비가 차별화되어야한다고 사료된다.

세 번째로, 작업주기별 카운터 타임 오차율을 살펴보았을 때 먼저 작업주기에 따른 평균 카운터 타임 오차율을 분석한 결과를 살펴보면 작업주기 '10초 이내' 작업의 경우, 신체 부위별 평균 카운터 타임 오차율이 큰 순서로 정리하면 허리>손목>목>다리>팔꿈치>어깨, 작업주기 '10~30초 이내' 작업의 경우, 손목>어

깨>목>팔꿈치>허리>다리, 작업주기 '30~60초 이내' 작업의 경우, 목>허리>손목>어깨>팔꿈치>다리, 작업주기 '1~2분 이내' 작업의 경우, 허리>어깨>손목>다리>목>팔꿈치, '2분 이상' 작업의 경우, 손목>허리>다리=어깨>팔꿈치>목 인 것으로 나타났다. 또한 작업주기별로 평균 카운터 타임 오차율을 살펴보았을 때 작업주기가 너무 짧거나, 혹은 너무 길거나 하지 않은 중간 정도의 작업주기(30초~2분) 일 때 상대적으로 낮은 오차율을 보이는 것으로 나타났다.

네 번째로 카운터 타임 오차율에 영향을 미치는 요인을 살펴보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과 작업주기 및 회 차는 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났는데 반하여 업종은 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이제까지의 결과를 종합하여 볼 때, 작업주기의 경우는 중간 정도의 작업주기(30초~2분) 일 때 상대적으로 낮은 오차율을 보이는 것으로 나타났는데, 이것은 중간 정도의 작업주기(30초~2분)를 가지는 작업이 상대적으로 짧은 작업주기를 가지는 작업(작업주기가 30초 이내)이나 상대적으로 긴 작업주기를 가지는 작업(작업주기가 2분 이상)보다 상대적으로 낮은 오차율을 보이는 것으로 나타났다. 회 차의 경우는 일반적으로 회 차가 진행될수록 오차율이 낮아지는 것으로 나타났다. 이 결과는 또한 업종, 작업주기에 상관없이 항상 동일한 결과를 도출하는 것으로 나타났다. 업종의 경우에도 카운터 타임 오차율에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못했지만 일정한 경향은 볼 수 있었는데, 그 경향을 구체적으로 살펴보면 업종에 관련된 카운터 타임의 오차율은 낮은 순서로 정리하면 병원, 전자, 자동차인 것으로 나타났다. 각 업종에 있어서는 전자의 경우, 어깨, 팔꿈치, 손목 부위가, 병원의 경우, 허리 부위가, 자동차의 경우, 팔꿈치를 제외한 모든 신체 부위의 카운터 타임의 오차율이 65% 이상으로 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

결론적으로 본 연구의 결과들을 토대로 한 근골격계 질환 위험도 평가에 있어서 고려해야하는 핵심사항 및 사용지침은 다음과 같다. 1) 근골격계 질환 위험도 평가에 관련하여 문제 작업 자세를 결정하는데 있어서 고려한 어느 경우에도 작업 주기 중 한 번의 캡처를 하는 '대표 작업 자세 캡처' 방법의 일치율이 신체 부위별로 문제 작업 자세를 개별적으로 결정하는 '신체 부위별 대표 작업 자세 캡처' 의 방법의 일치율보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 따라서 문제 작업 자세 에 대한 결정은 '대표 작업 자세 캡처' 방법이 상대적으로 안정적인 방법으로 권장된다. 2) 본 연구에서는 평가자의 신뢰도에 영향을 주는 요인을 분석하기 위하여 '카운터 타임 오차율' 의 개념을 제안

하였는데, 본 연구에서 고려한 모든 상황에 있어서 회 차가 진행될수록 카운터 타임 오차율은 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 근골격계 질환 관련 위험도 평가는 경험이 많을수록 평가자의 신뢰도가 높아진다고 판단된다. 그런데 이와 같은 경향은 신체 부위에 따라 다른데 목>손목>팔꿈치>어깨>다리>허리의 순서로 회 차가 거듭될수록 신뢰도가 높아진다. 3) 업종별 오차율은 병원>전자>자동차의 순서로 카운터 타임의 오차율이 낮은 것으로 나타났다. 이는 업종별 작업 특성에 기인하는 것으로 판단되며, 따라서 평가대상 업종이 무엇이나에 따라 위험도평가의 신뢰도를 향상시키기 위한 준비가 차별화되어야한다. 4) 작업주기별로 평균 카운터 타임 오차율을 살펴보았을 때 작업주기가 너무 짧거나, 혹은 너무 길거나 하지 않은 중간 정도의 작업주기(30초~2분) 일 때 상대적으로 낮은 오차율을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 30초 이내의 작업주기를 가지는 작업에 대해서는 상대적으로 높은 반복 평가를 수행하고, 2분 이상의 작업주기를 가지는 작업에 대해서는 작업주기를 30초~2분 사이의 적당한 작업으로 나누어서 평가를 수행하고, 추후에 한 작업으로 다시 종합하여 평가를 수행하는 방법을 고려할 수 있다고 생각한다.

본 연구에서는 근골격계 질환 관련 위험도 평가에 있어서 핵심부분이라고 할 수 있는 문제 작업 자세 결정의 특성과 그 결정에 있어서 영향을 미치는 요인들에 대한 연구를 하였는데, 이제까지 이 부분에 대한 아무런 고려 없이 관습적으로 일반적인 평가도구(OWAS, RULA, REBA 등)를 사용했던 것을 생각하면, 본 연구는 근골격계 질환 관련 위험도 평가의 상존하는 잠재적 문제점을 직접 고려하였다는 점에서 그 의미를 가진다고 할 수 있다. 그러나 이 방향의 연구에 있어서 보다 더 실질적인 결과를 도출하기 위해서는 연구의 전반적인 확장이 필요하다. 즉, 본 연구의 피험자(평가자)도 그 경력에 따라 그리고 업종도 세 업종에 좀 더 다양한 업종으로 세분화하는 것이 필요하다고 사료된다,

5. References

- [1] MacLeod D(1999), "The office ergonomics kit", Lewis Publisher, New York.
- [2] Do-Hyung Kim, Kee-Hyun Park(2005), "Comparison of Posture Classification Schemes of OWAS, RULA and REBA", Journal of the Korean Society of Safety,

- 20(2):127-132.
- [3] Won-Taek Kwak(2006), "A study on the variation in action levels of various MSD workload evaluation tools, Hankyong National University.
- [4] Ministry of Labor (2004), "근골격계 질환예방 업무 편람". 노동부고시 제 2000-72호.
- [5] Yun-Keun Lee, Hee-Sok Park, Jung-Keun Park(2010), "Development of a Self-Administered Checklist for Evaluation of the Musculoskeletal Disorders Risk Factors in Construction Industry ", Journal of the ergonomics society of Korea, 29(5):811-818.
- [6] KOSHA CODE H-30-2008(2008), 근골격계 부담작업 유해요인조사지침
- [7] Kee, D, Karwowski, W(2007), "A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry", International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 13(1):3-14.
- [8] Landis JR, Koch GG(1977), "The measurement of observer agreement for categorical data", International Biometric Society, 33(1):159-174.
- [9] Jung-Yong Kim,(2004), "Work hazards assessment techniques", Minyoungsa, Seoul.
- [10] Guangyan Li, Peter Buckle(1998), "A Practical Method for the Assessment of Work-Related Musculoskeletal Risks - Quick Exposure Check (QEC)", Proceedings of the human factors and ergonomics society 42nd Annual Meeting, 2:1351-1355.

저 자 소 개

노 안 나



인하대학교 산업공학과 석사 취득.
관심분야: 근골격계질환, 산업안전보건 등

박 동 현



현 인하대학교 산업공학과 교수로 재직중.
Pennsylvania State University
공학박사.
관심분야 : 인간공학

최 서 연



현재 한국RMS(주) 연구개발부 근무 중.
관심분야: 근골격계질환, 산업안전보건 등