Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 26, No. 2 pp.113-122, May 2007

조선업의 심출작업에 종사하는 비정형 근로자에 대한 근골격계질환 분석

구본언 · 박근상 · 김창한

건국대학교 산업공학과

Analysis of Musculoskeletal Disorders for Labor of Un-standardization Work; on the Subject of the Centering-Work in a Shipbuilding Industry

Bon Ean Koo, Keun Sang Park, Chang han Kim

Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701

ABSTRACT

In shipbuilding industry, musculoskeletal disorders increase rapidly since 2001. Musculoskeletal disorders was occurred the number of 735 in 2003 and the number of 479 on the whole in 2002 and is increased. About this, it is in progress actively that a lot of research services for problem grasping and technology seminar for prevention of musculoskeletal disorders of shipbuilding industry with KOSHIPA (The Korea Shipbuilding Association) in the center in 2002. But, it is actuality that the research is in many difficulties by absence of basic data in shipbuilding industry that most un-standardization work forms. Therefore, this study analyzed present condition of musculoskeletal disorders to shipbuilding industry that most un-standardization work forms. Also, we analyzed on the subject of the Centering-work that appearance extremely much musculoskeletal disorders.

Keyword: Shipbuilding industry, Musculoskeletal disorders, Ergonomics, Un-standardization work

1. 서 론

최근 산업재해율의 증가와 함께 작업에 있어서 작업의 세분화, 단순반복작업 및 노동강도의 증가가 함께 이루어지고 있는 상황에 따라 작업관련성 근골격계질환이 급증하고 있다. 미국과 같은 선진국의 경우도 이미 근골격계질환이 전체 직업병의 약 60%를 차지하고 있어 심각한 실정이다. 우리나라의 직업성 근골격계질환은 1993년부터 집계되기 시작한 이래 점차 증가하는 추세를 보이고 있다. 1996년에는 506명이 직업성 근골격계질환으로 인정받게 되었으며 전체 직업병 환자에서 차지하는 비율이 점차 높아지고 있다(노동부, 1996: 근로복지공단, 1997).

국내에서는 2000년도 당시까지만 해도 근골격계질환에 대한 정확한 실태가 알려져 있지 않은 상태에서 2001년도부터 그 문제의 심각성이 대두되기 시작하였다. 조선업에 있어서도 2001년부터 근골격계질환이 급증하여 2002년에는 전체적으로 479명, 2003년에는 735명이 발생하여 조선업에 있어서도 근골격계질환자가 증가 추세에 있는 것으로 나타나고 있다(한국산업안전공단, 2004). 이것은 조선업에 종

교신저자: 박근상
주 소: 143-701 서울시 광진구 화양동 1번지, 전화: 02-450-3530, E-mail: ergpark@konkuk.ac.kr

사하는 작업자가 단순반복잡업, 부적절한 작업자세 등의 주요인으로 인하여 다른 업종에 비하여 훨씬 더 많이 근골격계질환에 노출되어 있기 때문으로 사료된다.

미국의 경우 직업성 근골격계질환 건수는 1998년도에 253,300건으로 전체 직업병 건수에서 64.2%를 차지하고 있고, 이로 인한 작업 손실일이 연간 626,000일, 그리고 150~200억불의 보상비용을 포함하여 연간 전체 손실비용이 450~540억불 정도인 것으로 알려져 있다. 국내의 경우에는 2002년 5월 노동부 발표자료에 의하면 근골격계질환자수 1인당 평균직접 손실액이 29,732,408원으로 그로 인한, 총 직접 손실액은 2000년 질환자수를 기준으로 300억 정도로 추산되고 있다. 또한 여기에 기업에서 부담하는 비용을 합산하면 기업의 경제력 손실에 커다란 영향을 끼침을 알 수 있다.

이에 대해, 2002년 한국조선공업협회를 중심으로 조선업 근골격계질환 예방을 위한 기술세미나와 문제점 파악을 위한 연구용역 등이 활발히 진행되고 있으나, 비정형화 작업이 대부분을 차지하고 있는 조선업에 있어서의 기초적 데이터의 부재로 인하여 연구에 많은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 조선업에 있어서 근골격계질환에 가장 많이 노출되어 있는 심출작업에 대하여 근골격계질환 현황을 살펴보고, 인간공학적인 측면에서 근골격계질환 발생원인을 파악하여 예방을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

조선업의 현장직 근로자 3,735명을 대상으로 KOSHA (한국산업안전공단)의 근골격계질환 증상분석표를 작성하였으며, NIOSH(미국국립산업안전보건연구원)의 증상자 분류기준을 토대로 정상인과 유증상자(증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나 혹은 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하고 증상의 정도가 '약한 통증' 혹은 '중간 통증'인 자), 유소견자(증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나 혹은 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하고 증상의 정도가 '심한 통증' 혹은 '매우 심한 통증'인 자) 그리고 질환의심자(증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나 혹은 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하고 증상의 정도가 '심한 통증' 혹은 '매우 심한 통증'이며 지난 일주일 동안 통증이 있는 자)로 구분을 하였다.

본 연구에서는 증상분석표 분석결과에서 얻어진 자료를 바탕으로 가장 많이 질환에 노출되어 있는 심출작업자 120명을 대상으로 연령별, 경력별, 신체부위별 발생현황을 통계처리 하였으며, 근골격계질환 분석표로부터 정상인, 유증상자, 유소견자, 질환의심자로 분류하고 조사대상 전체근로자와 비교하여 증상 발생비율 및 신체부위별 증상의 발생비율을 분석하였다.

심출작업이란 선체의 블록(block)을 목표 정도 이내로 취부작업이 용이할 수 있는 범위까지 조정하여 고정하는 작업으로서 블록의 길이와 높이 및 폭을 체크하고 수준(level)을 맞추어 불필요한 블록의 여유분의 절단, 마킹(marking) 및 준비/마무리(setting), 정도관리 등을 하는 작업을 말한다. 본 연구에서는 수준을 맞추어 마킹을 하는 심출작업에 대하여 무작위로 작업자를 추출(sampling)하여 촬영한 후 각각의 작업자세 및 신체부위별 작업에 대한 위험성을 OWAS (Ovako working posture analysis system)와 RULA (rapid upper-limb assessment tool) 그리고 REBA(rapid entire body assessment tool)를 이용하여 평가하였다.

3. 근골격계질환 증상 분석결과

3.1 근골격계질환 증상 및 직종별 비율

본 연구의 분석 대상 전체 작업자의 평균연령은 36.2±7.2(평균±표준편차, 이하생략)세, 평균근무연수는 12.5±5.8년이었으며 심출작업자는 평균연령이 33.8±5.1세, 평균근무연수는 10.3±4.3년으로 나타났다. 심출작업자의 평균연령과 평균근무연수가 조사대상 전체근로자와 비교하여 각각 2.4세와 2.2년 정도 적으며 심출작업이 상대적으로 다른 직종에 비하여 젊은 작업자들에 의하여 이루어지고 있는 것을 의미한다.

그림 1은 조사대상 전체근로자와 심출작업자의 근골격계질환 증상별 비율을 비교하여 나타낸 것이다. 근골격계질환 유증상자의 비율을 개관해 보면 심출작업자의 근골격계질환 발생비율이 75.8%로 4명 중 3명의 비율로 질환이 있는 것으로 나타났다. 이것은 조사대상 전체근로자의 66.2%보다 약 10% 정도 높은 것으로 심출작업자가 다른 직종의 근로자보다 젊다는 것을 감안할 때 작업의 특성이 근골격계질환을 유발하는 요인이 많이 포함되어 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 증상의 정도가 '약한 통증' 혹은 '중간 통증'을 호소하는 유증상자의 비율은 41.7%였다. 전체근로자와 심출작업자 모두 유소견자에 비하여 질환의심자가 월등히 많은 것으로 나타나 심출작업자의 경우에는 15배나 많았다. 이것은 증상조사표 작성 시 작업자가 통증을 최근에 느낀 경우는 더 아픈 쪽으로 작성하는 경향에 따른 것으로 보인다.

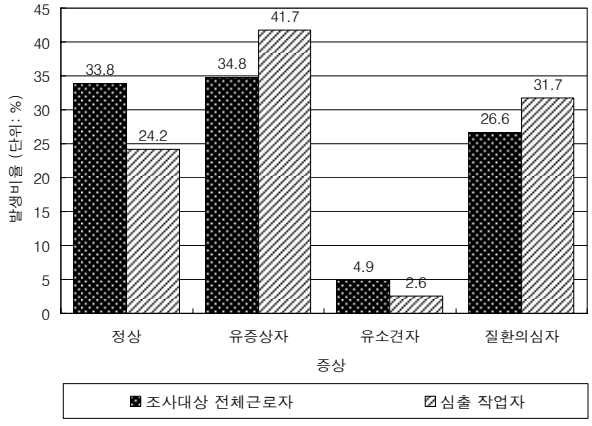

그림 1. 조사대상 전체근로자와 심출작업자의 근골격계질환 증상비율(전체근로자=3,735인, 심출작업자=120인)

3.2 신체부위별 발생비율

표 1은 전체 근로자와 심출작업자의 신체부위별 호소율을 근골격계질환의 분류에 의해 나타낸 것이다. 조사대상 전체근로자의 증상호소율은 허리(38.6%)가 가장 많고 어깨(30.1%) 그리고 다리/발(28.1%)의 순으로 나타났다. 이것은 조선업의 대부분의 직종이 허리에 부담을 많이 주는 작업환경으로 구성되어 있어 이러한 영향으로 허리부분에 대한 증상호소율이 높게 나타난 것으로 사료된다. 한편 심출작업자의 증상호소율은 다리/발(42.5%)이 가장 많고 다음이 허리(38.4%) 그리고 어깨(30.9%)의 순으로 나타났다. 허리와 어깨부위에 대한 호소는 전체근로자와 거의 같은 수준이었지만 심출작업의 특성상 주로 엉거주춤하게 서있는 자세와 한쪽 발에 중심을 두고 서서 작업을 하는 경우가 많기 때문에 다리/발 부분에서 증상호소율이 15%가까이 많게 나타난 것으로 보인다.

또한 신체부위별 증상호소율은 특정부위에만 국한되는 것이 아니라 여러 신체부위에서 중복적으로 증상을 호소하는 경향이 있는 것으로 나타났다.

표 1. 조사대상 전체근로자의 신체부위별 증상호소율(단위: %)

증상	정상		유증상자		유소견자		질환의심자	
작업자 / 신체부위	전체	심출	전체	심출	전체	심출	전체	심출
목	76.2	70.9	16.3	25.0	1.2	1.7	6.3	2.5
어깨	69.9	69.1	19.0	23.3	1.4	0.8	9.7	6.7
팔/팔꿈치	89.8	90.0	6.9	7.5	0.5	0.0	2.7	2.5
손/손목	83.5	80.8	10.9	0.8	1.0	14.2	4.6	4.2
허리	61.4	61.6	23.8	25.0	3.3	1.7	11.5	11.7
다리/발	71.9	57.5	18.6	28.3	1.1	0.8	8.4	13.3

4. 심출작업의 작업자세 분석결과

4.1 OWAS에 의한 작업자세 분석

OWAS는 특별한 용구를 필요로 하지 않으며 현장에서 기록 및 해석할 수 있고 평가 기준이 완비되어 있어 분명하고 간편하게 작업자세를 평가할 수 있는 기법이다. 본 연구에서는 OWAS 자세 분류체계에 의하여 작업자세를 허리와 상지, 하지, 무게의 4항목으로 나누어 이것을 코드화한 네 자리의 숫자(자세코드)로 기록하며 4단계의 조치단계(Action Category:AC) 판정표에 의해 최종판정을 하였다.

표 2는 OWAS자세 분류체계에 의하여 심출작업자들의 작업자세를 평가하여 신체부위별로 분류하여 나타낸 것이다. 상지부분의 작업자세는 양팔이 모두 어깨보다 밑에 있는 경우(72.7%)가 많았으며 다음으로 한팔을 어깨 위로 올린 경우(18.2%) 그리고 양팔이 어깨 위에 있는 자세(9.1%)의 순으로 나타났다. 허리부분 작업자세에서는 앞 또는 뒤로 굽혀서 작업하는 경우가 72.7%로 가장 많이 나타났으며, 똑바로 선 경우가 18.2%, 비틀거나 옆으로 굽히는 경우가 9.1%였다.

하지부분의 작업자세를 보면 양발을 굽혀 선 경우가 63.6%로 가장 많고, 한쪽 발에 중심을 두고 똑바로 서있는 경우가 18.2%, 양발을 똑바로 선 경우와 무릎을 바닥에 대

표 2. OWAS의 자세 분류체계에 의한 심출작업의 작업자세 분포(단위: %)

항목	수준	자세 및 무게	비율
상지	1	양팔이 모두 어깨보다 밑	72.7
	2	한팔이 어깨의 높이 혹은 그것보다 위	18.2
	3	양팔이 모두 어깨의 높이 혹은 그것보다 위	9.1
허리	1	똑바로 선 경우	18.2
	2	앞 또는 뒤로 굽히는 경우	72.7
	3	비틀거나 옆으로 굽히는 경우	9.1
	4	앞/뒤로 굽힌 상태에서 옆으로 굽히거나 비튼 경우	0.0
하지	1	앉은 경우	0.0
	2	양발로 똑바로 선 경우	9.1
	3	한쪽 발에 중심을 두고 똑바로 선 경우	18.2
	4	양발을 굽혀 선 경우(엉거주춤)	63.6
	5	한쪽 발에 중심을 두고 무릎을 굽혀 선 경우	0.0
	6	한쪽 또는 양발의 무릎을 바닥에 대고 있는 경우	9.1
	7	걷거나 이동하는 경우	0.0
무게(힘)	1	10kg 이하인 경우	100.0
	2	10~20kg인 경우	0.0
	3	20kg 이상인 경우	0.0

고 있는 경우는 각각 9.1%를 보였다. 작업 중에 사용하는 힘은 10kg 이하의 무게를 드는 경우가 100.0%로 조사되어 심출작업은 중량물 취급과는 관계가 적은 것으로 나타났다.

또한, 목/머리 부위의 작업자세를 분석한 결과, 20° 이상 앞으로 굽힌 경우가 45.5%, 20° 이상 비튼 경우가 27.3%, 목이 정위치에 있거나 20° 이상 옆으로 굽힌 경우와 뒤로 굽힌 경우가 각각 9.1%로 나타나 목을 굽히거나 비틀린 상태에서 작업을 하는 경우가 전체의 90% 이상을 차지하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 토대로 작업자세를 코드화해 보면, 허리 부분의 작업자세는 앞 또는 뒤로 굽혀서 작업하는 경우가 72.7%로 수준은 2이며, 상지부분은 양팔이 모두 어깨보다 밑에 있는 경우가 72.7%로 수준은 1이며, 하지부분은 양발을 굽혀 선 경우가 63.6%로 수준은 4로 나타낼 수 있다. 무게의 경우에 있어서는 10kg 이하를 드는 경우가 100.0%로 수준 1이 되었다.

이상과 같이, 신체 각 부위별 비율이 높은 항목의 점수를 코드화 하여 조치단계 판정표에 대입한 결과 조치단계(AC) 값은 수준 3으로 '가능한 빠른 시일에 개선해야 하는 작업'으로 평가 되었다.

이와 같이 동일한 방법으로 분석한 심출작업에 대한 조치단계 수준의 비율을 그림 2에 나타내었다. 전체적으로 개관해 보면 조치단계(AC) 3이 전체적으로 차지하는 비율이 50%가 넘게 나타났다. 그러나 현재의 심출작업 시의 작업자세 중에서 양발을 굽혀서 엉거주춤한 자세(하지의 수준 4)를 '한쪽 또는 양발의 무릎을 바닥에 대는 자세'(하지의 수준 6)로 개선하거나, 높낮이 조절이 가능한 보조작업대를 도입하여 한쪽 발에 중심을 두고 똑바로 선 자세'(하지의 수준 3)로 개선하거나, '양발로 똑바로 선 자세'(하지의 수준 2)로 작업방법을 개선하게 되면 기존의 조치단계(AC) 3과 4가 각각 54.6%와 9.1%에서 3.1%정도로 낮아지고, 조치단계(AC) 2가 기존의 18.2%에서 75.8%로 증가하게 되어 전체적으로 작업부담을 경감시킬 수 있다.

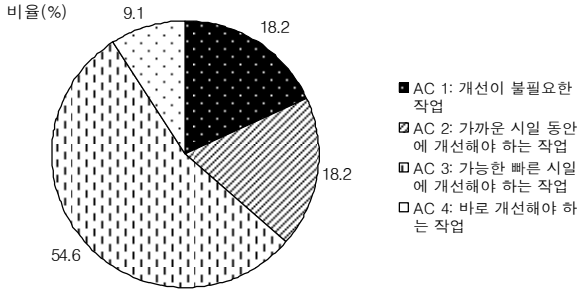

그림 2. 심출작업의 조치단계 수준의 비율

4.2 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)에 의한 작업자세 분석

RULA는 작업자의 작업관련성 상지질환(work-related upper limb disorder)과 관련된 유해인자에 대한 작업자의 유해요인 노출 정도와 정적인 작업, 반복적인 동작, 힘 등을 고려하여 평가를 할 수 있다. 평가를 위해 사용되는 인자는 위팔과 아래팔, 손목, 목, 몸통, 다리, 근육 사용 정도 그리고 작업빈도가 있다. 평가 절차는 먼저, 평가그룹 A인 팔과 손목에 관련된 부위를 분석하여 이와 관련된 표에서 값을 찾고, 평가그룹 B 인 목, 몸통, 다리에 관련된 부위를 분석하여 이와 관련된 표에서 값을 찾는다. 추가적으로 근육 사용 정도와 무게 사용빈도에 관련된 점수를 더하여 이와 관련된 표를 이용하여 최종점수를 산출하고 조치단계를 판정하게 된다.

4.2.1 평가그룹 A(팔, 손목에 관련된 부위)의 분석

표 3은 RULA의 작업자세 분석에 의하여 평가그룹 A의 작업자세를 평가하여 신체부위별로 분류하여 나타낸 것이다. 윗팔의 자세를 분석한 결과, 상체를 중심으로 20~45° 사이에 위치한 경우가 54.6%로 가장 많고, 45~90° 사이에 위치한 경우가 36.4%, 90° 이상에 위치한 경우가 9.1%로 나타났다. 윗팔의 추가항목 사항에 있어서는 윗팔이 몸으로부터 벌어져 있는 경우가 45.5%로 나타났다.

아래팔의 자세를 분석한 결과, 상체를 중심으로 아래팔이 100° 이상에 위치한 경우가 54.6%로 가장 많았고 다음으로 0~60° 사이가 36.4%, 60~100° 사이에 위치한 경우가 9.1%의 순서로 나타났다. 아래팔의 추가항목에 있어서는 팔이 몸통을 벗어나 작업하는 경우가 9.1%로 나타났다.

손목의 자세를 분석한 결과, 아래팔의 축을 중심으로 수평에 위치한 경우가 81.8%로 대부분을 차지하고 있으며, 위쪽이나 아래쪽으로 0~15° 굽혀진 경우와 위쪽이나 아래쪽으로 15° 이상 굽혀진 경우가 각각 9.1%로 나타났다. 손목의 추가항목에 대하여 살펴보면 손목이 좌측이나 우측으로 꺾여 있는 경우가 72.7%, 수평으로 위치한 경우는 27.3%로 나타났다. 손목의 비틀림은 손목이 최대치의 절반 이내에서 비틀어진 경우가 100.0%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

근육의 사용 정도에 대한 분석결과와 무게(힘)가 부가된 경우의 분석결과는 작업자세가 고정된 자세이거나 분당 4회 이상의 반복 작업인 경우가 63.6%, 간헐적으로 2~10kg 사이의 짐을 드는 경우가 54.6%, 간헐적으로 2kg 이하의 짐을 드는 경우가 각각 45.5%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

평가그룹 A에 속한 각 신체부위별 평가점수를 종합적으로 살펴보면, 윗팔의 전체점수는 2점과 3점이 각각 36.4%,

표 3. RULA의 자세 분류체계에 의한 평가그룹 A의 작업자세 분포(단위: %)

항목	점수	자세 및 무게	비율
윗팔	1	−20~20° 위치	0.0
	2	−20° 이상 위치	0.0
	2	20~45° 위치	54.6
	3	45~90° 위치	36.4
	4	90° 이상 위치	9.1
윗팔 추가 항목	1	어깨가 들려있는 경우	0.0
	1	윗팔이 몸에서부터 벌려져 있는 경우	45.5
	−1	팔이 어딘가에 지탱되어 지거나 기댄 상태일 때	0.0
아래팔	1	60~100° 위치	9.1
	2	0~60° 위치	36.4
	2	100° 이상 위치	54.6
아래팔 추가항목	1	팔이 몸의 중앙을 교차하여 작업하는 경우	0.0
	1	팔이 몸통을 벗어나 작업하는 경우	9.1
손목	1	0° 위치	81.8
	2	0~±15° 위치	9.1
	3	±15° 이상 위치	9.1
손목 추가항목	1	손목이 좌측이나 우측으로 꺾여 있는 경우	72.7
손목 비틀림	1	손목이 최대치의 절반 이내에서 비틀어진 경우	100.0
	2	손목이 최대치 범위까지 비틀어진 상태인 경우	0.0
근육	1	고정된 작업자세나 분당 4회 이상의 반복 작업인 경우	63.6
무게 (힘)	0	간헐적으로 2kg 이하의 짐을 드는 경우	45.5
	1	간헐적으로 2~10kg 사이의 짐을 드는 경우	54.6
	2	정적작업이나 반복적으로 2~10kg 사이의 짐을 드는 경우	0.0
	3	정적, 반복적으로 10kg 이상의 짐을 들거나, 또는 갑작스럽게 물건을 들거나 충격을 받는 경우	0.0

4점이 18.2%, 5점이 9.1%로 나타났다. 아래팔의 전체점수는 2점이 81.9%, 1점과 3점이 각각 9.1%로 분석되었다. 손목의 전체점수는 2점이 72.7%, 1점이 18.2%, 4점이 9.1%로 분석되었다. 손목의 비틀림에 대해서는 손목이 최대치의 절반 이내에서 비틀어진 경우인 1점이 100.0%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

따라서, 신체 각 부위별 비율이 높은 항목의 점수를 위의 평가그룹 A의 평가표인 표 5의 셀에 각각 대입한 결과 평가그룹 A의 점수는 3점과 4점이 되었다. 이와 동일한 방법으로 전체적인 신체 각 부위별 점수를 대입한 결과 평가그룹 A의 점수가 2점과 3점이 각각 36.4%, 4점, 5점, 6점이 각각 9.1%로 나타났다.

심출작업의 작업자세 중에서 위쪽 팔이 몸에서 벌어져 있는 경우의 작업자세를 개선하여 제거함으로써 4점과 5점을 각각 9.1% 낮출 수 있고, 2점은 18.2% 정도 높일 수 있다. 또한 작업에 사용하고 있는 파워자키의 손잡이 부분을 일자형에서 T자형으로 개선하면 윗팔의 벌어진 작업자세를 제거할 수 있어, 평가그룹 A의 점수를 효과적으로 감소시킬 수 있다.

4.2.2 평가그룹 B(목, 몸통, 다리에 관련된 부위)의 분석

표 4는 RULA의 작업자세 분류에 의하여 평가그룹 B의 작업자세를 평가하여 신체부위별로 분류하여 나타낸 것이다. 목의 자세에 대하여 분석한 결과를 보면 목이 앞으로 0~10° 정도 숙인 상태가 9.1%, 10~20°인 상태가 45.5%, 20° 이상 숙인 상태가 27.3%, 뒤로 젖혀진 상태가 18.4%로 나타났다. 목의 추가항목에 대하여 살펴보면 목이 비틀린 경우와 옆으로 구부러진 경우가 각각 18.2%로 분석되었다.

표 4. RULA의 자세 분류체계에 의한 평가그룹 B의 작업자세 분포(단위: %)

항목	점수	자세 및 무게	비율
목	1	0~10° 위치	9.1
	2	0~20° 위치	45.5
	3	20° 이상 위치	27.3
	4	젖혀질 시	18.2
목 추가 항목	1	작업 중 목이 회전(비틀림)되는 경우	18.2
	1	작업 중 목이 옆으로 구부러지는 경우	18.2
몸통	1	선 자세에서 0~10° 위치, 앉은 자세에서 −20° 위치	9.1
	2	0~20° 위치	45.5
	3	20~60° 위치	36.4
	4	60° 이상 위치	9.1
몸통 추가항목	1	작업 중 몸통이 회전(비틀림)되는 경우	9.1
	1	작업 중 몸통이 옆으로 구부러지는 경우	0.0
다리 /발	1	다리와 발이 지탱되어지고 균형이 잡혀 있을 경우	100.0
	2	그렇지 않을 경우	0.0
근육	1	고정된 작업자세나 분당 4회 이상의 반복작업인 경우	45.5
무게 (힘)	0	간헐적으로 2kg 이하의 짐을 드는 경우	54.6
	1	간헐적으로 2~10kg 사이의 짐을 드는 경우	45.5
	2	정적작업이나 반복적으로 2~10kg 사이의 짐을 드는 경우	0.0
	3	정적, 반복적으로 10kg 이상의 짐을 들거나, 또는 갑작스럽게 물건을 들거나 충격을 받는 경우	0.0

몸통의 자세에 대한 분석한 결과에서는 서있는 자세에서

0~10° 또는 앉은 자세에서 −20°인 경우가 9.1%, 서있는 자세에서 0~20°인 경우가 45.5%, 20~60°인 경우가 36.4%, 60° 이상 숙이고 작업하는 경우가 9.1%로 분석되었다. 몸통의 추가항목에 대하여 살펴보면 작업 중 몸통이 회전되는 자세가 9.1%로 나타났다. 다리/발의 자세에서는 다리와 발이 지탱되고 균형이 잡혀 있는 경우가 100.0%로 분석되었다.

근육의 사용 정도와 무게(힘)이 부가된 경우의 분석결과는 작업자세가 고정된 자세이거나 분당 4회 이상의 반복작업인 경우가 45.45%를 차지하였다. 또한, 간헐적으로 2kg 이하의 짐을 드는 경우와 간헐적으로 2~10kg 사이의 짐을 드는 경우가 각각 54.6%, 45.5%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

평가그룹 B에 속한 각 신체부위별 평가점수를 종합적으로 살펴보면, 목의 전체점수는 3점이 36.4%, 2점이 27.3%, 4점이 18.2%, 1점과 5점이 9.1%로 분석되었다. 몸통에 대한 전체점수를 분석한 결과는 2점이 45.5%, 3점이 27.3%, 4점이 18.2%, 1점이 9.1%로 분석되었다. 다리/발의 자세에서는 1점인 다리와 발이 지탱되고 균형이 잡혀 있는 경우가 100.0%로 분석되었다.

따라서, 신체 각 부위별 비율이 높은 항목의 점수를 평가한 결과 평가그룹 B의 값은 3점으로 나타났다. 전체적인 신체 각 부위별 점수를 대입한 결과 4점이 27.3%로 가장 많이 나타났으며, 2점과 3점, 5점, 7점은 각각 18.2%로 분석되었다.

심출작업 시에 목을 20° 이상 숙여서 하는 작업을 10~20°에 위치하도록 작업자세를 개선하게 되면 27.3%에 해당하는 3점을 2점으로 낮출 수 있다. 또한, 20° 이상 허리 숙인 작업을 0~20° 사이에 위치하도록 작업자세를 개선하게 되면 2점인 45.5%를 90% 정도로 낮출 수 있다. 이를 위하여 작업보조 장비인 파워자키 사용 시에 높낮이 조절이 가능한 보조받침대를 사용하면 목과 몸통의 작업개선이 가능하며 작업부담을 감소시킬 수 있다.

종합적으로, 팔과 손목부위에 대한 평가점수를 환산(평가그룹 A점수 + 근육/무게(힘) 점수)한 값을 살펴보면 4점이 45.45%로 가장 많이 나타났고, 그 다음으로 3점이 27.3%, 5점과 6점 8점이 각각 9.1%로 분석되었다. 또한, 목과 몸통, 다리부위에 대한 평가점수를 환산(평가그룹 B점수 + 근육/무게(힘) 점수)한 값을 살펴보면 5점이 27.3%로 가장 많이 나타났고, 3점과 4점, 6점이 각각 이 18.2%, 7점과 8점이 각각 9.1%로 분석되었다.

4.2.3 평가그룹 A+B, 행동점수, 최종점수 분석

심출작업을 RULA의 분류자세에 의하여 전체적으로 평가그룹 A+B(평가점수 C)를 산출하여 비율로 나타내었다(그림 3). 개관해 보면 '계속적 관찰과 빠른 작업개선을 요하는 작업'인 5~6점이 63.6%로 가장 많이 나타났으며, 이러한 원인은 평가그룹 B에서 나타난 목과 몸통의 자세 때문인 것으로 사료된다. 따라서 4.2.1에서 전술한 작업자세의 개선방법을 적용하게 되면 평가점수 C의 값은 3점이 54.6%, 5점이 27.3%, 4점과 6점이 각각 9.1%로 나타날 수 있으며, 전체적으로 '계속적 추적관찰을 요하는 작업'이 27.3%에서 63.6%로 증가하고, '계속적 관찰과 빠른 작업개선을 요하는 작업'이 36.4%로 감소하여 개선이 필요한 작업을 36.4%로 낮출 수가 있다.

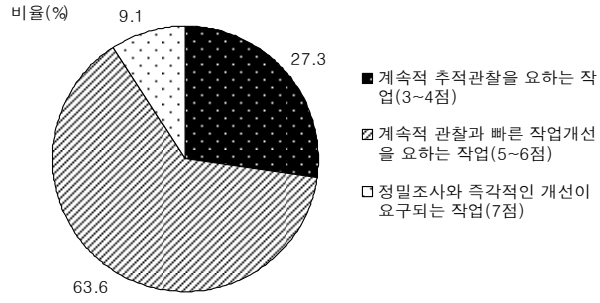

그림 3. 심출작업의 최종점수 및 조치단계

4.3 REBA(Rapid Entire Body Assessment)에 의한 작업자세 분석

REBA는 작업자세와 관련하여 나타나는 근골격계질환의 위험성 평가를 할 수 있다. 주요 평가대상 작업요소로는 반복성과 정적작업, 힘, 작업자세, 연속작업시간 등이 있다. 평가 절차는 먼저, 신체부위별로 A와 B의 평가그룹으로 나누어지며 허리와, 목, 다리의 자세분석을 하여 점수를 구하고 무게/힘에 대한 점수를 더하여 평가그룹 A의 점수를 구한다. 다음에는 팔과 팔목에 대한 자세분석을 하여 점수를 구하고 여기에 손잡이에 대한 점수를 더하여 평가그룹 B의 점수를 구한다. 그리고 평가그룹 A와 평가그룹 B의 합계점수 환산표를 이용하여 평가점수 C를 산출한다. 이렇게 구해진 평가점수 C는 다시 행동점수와 더해져 5~15점 사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 5개의 위험수준(Risk Level)로 분류된다.

4.3.1 평가그룹 A(몸통, 목, 다리 자세 및 무게/힘)에 대한 분석

표 5는 REBA에 의한 작업자세에 의하여 그룹 A의 작업자세를 평가하여 신체부위별로 분류하여 나타낸 것이다.

목의 자세에 대한 분석결과를 보면, 목이 앞으로 20° 이상 구부리거나 뒤로 젖힌 자세가 63.6%로 가장 많았고 목이 앞으로 0~20° 정도 구부린 자세가 36.4%로 나타났다. 추

표 5. REBA의 자세 분류체계에 의한 평가그룹 A의 작업자세 분포(단위: %)

항목	점수	자세 및 무게	비율
목	1	0~20° 숙인 자세	36.4
	2	20° 이상 숙이거나 뒤로 젖힌 자세	63.6
	1	목이 비틀리거나 옆으로 숙여질 때	36.4
몸통	1	곧바로 선 자세	0.0
	2	0~20° 구부리거나 뒤로 젖힌 자세	54.6
	3	20~60° 구부리거나 20° 이상 뒤로 젖힌 자세	36.4
	4	60° 이상 구부린 자세	9.1
	1	몸통이 비틀리거나 옆으로 구부러질 때	9.1
다리	1	두 다리가 모두 나란하거나 걷거나 앉아 있는 자세	100.0
	2	발바닥이 한발만 땅에 지지되어 있는 자세	0.0
	1	무릎이 30~60° 사이로 구부러진 자세	0.0
	2	무릎이 60° 이상 구부러진 자세(앉은 자세 제외)	0.0
무게 (힘)	0	5kg 이하의 무게나 힘이 가해지는 경우	72.7
	1	5~10kg 사이의 무게나 힘이 가해지는 경우	9.1
	2	10kg 이상의 무게나 힘이 가해지는 경우	0.0
	1	갑작스런 충격이나 힘이 가해지는 경우	18.2

가항목으로 목이 비틀리거나 옆으로 구부러진 자세는 36.4로 나타났다. 다리자세의 분석결과에서는, 두 다리가 모두 나란하거나 걷거나 앉아 있는 경우가 100%로 나타났다.

몸통의 작업자세는 0~20° 구부리거나 뒤로 젖힌 자세가 54.6%로 가장 많았고 20~60° 구부리거나 20° 이상 뒤로 젖힌 자세가 36.4%, 60° 이상 구부린 자세가 9.1%로 분석되었다. 몸통이 비틀리거나 옆으로 구부러진 자세는 9.1%로 나타났다. 몸통의 전체점수를 살펴보면 2점이 54.6%, 3점이 27.3%, 4점이 18.2%로 분석되었다. 목의 전체점수를 살펴보면 2점이 63.6%로 가장 많이 나타났으며, 1점과 3점이 각각 18.2%로 분석되었다. 또한, 다리의 전체점수는 1점이 100%로 나타났다.

분석결과의 3가지 평가항목에서 신체 각 부위별 비율이 높은 항목의 점수를 표 10의 평가그룹 A의 점수 평가표에 대입하여 평가점수를 얻은 결과 3점이 나왔다. 전체적으로 심출작업의 신체 각 부위별 점수를 대입한 결과 4점이 36.4%, 3점이 27.3%, 2점과 6점이 각각 18.2%로 분석되었다.

심출작업 시에 몸통의 작업자세를 20° 이상 구부린 자세를 0~20° 사이로 개선해주면 54.6%를 차지하는 2점이 100%로 될 수 있으며, 목의 자세에서도 목이 비틀리거나 옆으로 숙여지는 자세를 제거하게 되면 18.2%인 3점은 제거할 수 있게 되며, 1점이 18.2%에서 36.4%로 증가하게 된다. 이와 같이 4.2 RULA에 의한 작업자세 분석에서 전술한 작업개선방법을 동일하게 적용하면, 평가그룹 A의 평가점수를 효과적으로 낮출 수 있다.

무게/힘이 가해진 경우에 있어서의 분석결과는 5kg 이하가 72.7%으로 대부분을 차지하고 있으며, 5~10kg 사이의 무게나 힘이 가해진 경우가 9.1%로 나타났다. 추가항목으로 갑작스런 충격이나 힘이 가해지는 경우도 18.2%로 나타났다.

4.3.2 평가그룹 B(윗팔, 아랫팔, 손목)에 대한 분석

표 6은 REBA에 의한 작업자세 분류에 의하여 평가그룹 B의 작업자세를 평가하여 신체부위별로 분류하여 나타낸 것이다. 윗팔의 작업자세를 분석한 결과는, 윗팔이 −20° 또는 20~45°인 경우가 63.6%, 45~90°가 27.3%, 90° 이상이 9.1%로 나타났다. 추가항목으로 윗팔이 벌어지거나 회전하는 경우가 36.4%, 어깨가 들려진 경우가 18.2%로 나타났다.

표 6. REBA 자세 분류체계에 의한 평가그룹 B의 작업자세 분포(단위: %)

항목	점수	자세 및 무게	비 율
윗팔	1	±20°인 자세	0.0
	2	−20° 이상 또는 20~45°인 자세	63.6
	3	45~90° 들린 자세	27.3
	4	90° 이상 들린 자세	9.1
	1	윗팔이 벌어지거나 회전시	36.4
	1	어깨가 들려진 상태	18.2
	−1	팔이 무엇인가에 지탱되거나 기대어진 상태	0.0
아래팔	1	60~100° 사이로 들린 자세	27.3
	2	100° 이상 들리거나 0~60° 사이로 들린 자세	72.7
손목	1	0~15° 사이의 꺾임이나 들린 자세	90.9
	2	15° 이상의 꺾임이나 들린 자세	9.1
	1	손목이 비틀어진 자세	72.7

아래팔의 분석결과를 살펴보면, 상체를 중심으로 아래팔이 0~60° 또는 100° 이상에 위치한 경우가 72.7%, 아래팔이 60~100°에 위치한 경우가 27.3%로 나타났으며, 손목의 경우는 0~15° 사이에서 꺾이거나 들린 경우가 90.9%로 대부분을 차지하고 있으며, 15° 이상에서 꺾이거나 들린 경우는 9.1%로 나타났다. 추가항목에 대해서도 손목이 비틀어진 경우가 72.7%로 분석되었다.

윗팔의 전체점수를 살펴보면, 2점과 3점이 각각 36.4%, 4점이 18.2%, 5점이 9.1%로 분석되었다. 아래팔의 점수는 2점이 72.7%, 1점이 27.3%로 나타났다. 손목의 전체점수를 살펴보면 2점이 63.6%, 1점이 27.3%, 3점이 9.1%로 나타났다. 신체부위별 비율이 높은 점수에 평가점수를 산출한 결

과 3점과 5점이 나왔으며, 동일하게 심출작업의 전체적인 신체 각 부위별 점수를 대입한 결과 3점이 36.4%, 4점과 5점이 각각 18.2%, 2점과 6점, 8점이 각각 9.1%로 분석되었다.

심출작업 시에 윗팔의 작업자세 중 윗팔이 벌어지거나 회전 시 또는 어깨가 들려진 상태를 4.2 RULA에 의한 작업자세 분석에서 전술한 작업개선방법을 동일하게 적용하면, 2점이 63.6%로 증가하게 되고 3점은 27.3%, 4점은 9.1% 감소하며, 5점은 제거할 수 있게 된다. 이와 같이 하여 평가그룹 B의 평가점수를 효과적으로 감소시킬 수 있다.

손잡이에 대한 평가에 있어서는 무게중심에 위치한 튼튼하고 잘 고정된 적절한 손잡이가 있는 경우가 100%로 문제가 없는 것으로 나타났다.

4.3.3 평가그룹 A+B, 행동점수, 최종점수 분석

종합적으로 평가그룹 A와 B의 점수를 살펴보면 평가그룹 A의 경우에는 4점이 45.5%, 6점이 27.3%, 2점이 18.2%, 3점이 9.1%로 나타났으며, 평가그룹 B의 점수는 3점이 36.4%, 4점과 5점이 각각 18.2%, 2점과 6점, 8점이 각각 9.1%로 분석되었다.

심출작업 시의 작업자세에 대한 전체적인 분석에 의하면 4점이 27.3%, 2점과 6점, 7점이 각각 18.2%, 5점과 8점이 각각 9.1%로 분석되었다. 그러나 평가그룹 A의 목이나 몸통의 작업자세를 앞에서 제시한 작업방법으로 개선하게 되면 3점이 36.4%, 2점과 4점이 각각 18.2%, 5점과 6점 및 7점이 각각 9.1%로 나타나 효과적으로 전체적인 점수를 감소시킬 수 있다.

그림 4는 이러한 작업자세의 개선을 토대로 심출작업 시의 작업자세에 대하여 종합적으로 최종점수를 산출하여 비율로 나타낸 것으로 위험수준이 보통 수준인 2가 72.7%, 위험의 정도가 낮은 수준 1이 18.2%, 위험의 정도가 높은 수준인 3은 9.1%로 감소하는 것이 나타났다.

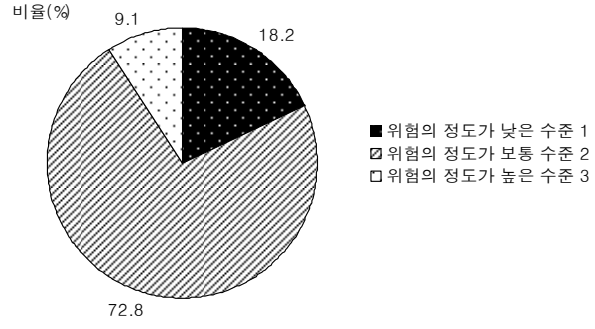

그림 4. REBA의 자세 분류체계를 통한 조치수준(Action Level) 분석

5. 결과 및 검토

본 연구에서는 조선업의 근골격계질환 현황을 살펴보고, 인간공학적인 측면에서 근골격계질환 발생원인을 파악하여 예방을 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 심출작업에 대하여 근골격계질환 증상조사와 작업자세 분석을 실시하였다.

심출작업의 분석결과 심출작업자의 평균연령과 평균근무연수는 조사대상 전체 근로자의 평균보다 연령은 2.4세, 근무연수는 2.2년 정도 적은 것으로 나타났으나, 근골격계질환 발생비율은 10% 정도 더 높은 것으로 나타났다. 이와 같이 평균연령과 평균근무연수가 낮음에도 불구하고 근골격계질환에 가장 많이 노출되어 있는 이유는 정적인 수작업과 불합리한 작업환경에 기인하는 것으로 사료된다. 따라서, 직종의 순환근무와 작업자세의 개선 및 자동화 등을 통한 근골격계질환의 예방이 요구된다.

증상호소율은 다리/발이 가장 많고 다음으로 허리, 어깨 순으로 나타났으며, OWAS 분석에서도 다리/발 부분에서 평가점수가 높아 유해요인이 되는 것으로 나타났다. 증상발생원인은 OWAS 분석결과에서 알 수 있듯이 주로 엉거주춤하게 서있는 자세인 수준 4가 60%가 넘는 것에 기인하는 것으로 나타났다. 따라서 양발을 굽혀선 경우(엉거주춤)인 수준 4를 한쪽 또는 양발의 무릎을 바닥에 대고 있는 경우인 수준 6으로 작업자세를 개선하거나, 높낮이 조절이 가능한 보조작업대를 사용하여 한쪽 발에 중심을 두고 똑바로 선 경우인 수준 3이나 양발로 똑바로 선 경우인 수준 2로 작업방법을 바꾸어 주게 되면 자연스럽게 허리를 굽히는 자세도 사라져 다리/발 부분과 허리부분에서 발생하는 증상을 예방할 수 있다. 이러한 결과로서 기존의 조치단계 3와 조치단계 4가 54.6%와 9.1%에서 평균적으로 3.0%로 낮아지고, 조치단계 2가 18.2%에서 75.8%로 증가하여 전체적으로 작업자세의 부담이 감소하는 것을 살펴볼 수 있다.

RULA의 분석결과에서는 윗팔의 작업자세 중 윗팔이 몸에서 벌어져 있는 경우의 작업자세를 파워자키의 손잡이 부분을 일자형에서 T자형으로 개선함으로써 평가그룹 A의 종합점수에서 4점과 5점을 각각 9.1% 낮출 수 있고, 2점은 18.2% 정도 높일 수 있다. 또한, 작업 시 목을 20° 이상 숙여서 하는 작업을 10~20°에 위치하도록 작업자세를 개선함으로써 27.3%에 해당하는 3점을 2점으로 낮출 수 있으며, 20° 이상 허리숙인 작업을 0~20° 사이에 위치하도록 함으로써 2점인 45.5%를 90% 정도로 증가하여 작업자세의 부담을 감소시킬 수 있다. 작업개선방법으로는 파워자키 사용 시에 높낮이 조절이 가능한 보조 받침대를 사용함으로써 목과 몸통의 작업개선이 가능하며 평가그룹 B의 종합점수를

낮추어 작업자세 부담을 감소시킬 수 있다. 평가점수 C의 행과 열을 조합한 평가그룹 A+B를 분석한 결과 '계속적 관찰과 빠른 작업개선을 요하는 작업'인 5~6점이 63.6%로 가장 많이 나타났으며, 전술한 작업자세 개선방법을 사용하여 전체적으로 '계속적 추적관찰을 요하는 작업'인 3~4점이 27.3%에서 63.6%로 증가하고, '계속적 관찰과 빠른 작업개선을 요하는 작업'인 5~6점이 36.4%로 감소하여 개선이 필요한 작업을 36.4% 정도로 낮출 수가 있다.

REBA의 분석결과에서는 몸통의 작업자세를 20° 이상 구부린 자세에서 0~20° 사이로 개선해주면 54.6%를 차지하는 2점이 100.0%로 될 수 있으며, 목의 자세에서도 목이 비틀리거나 옆으로 숙여지는 작업자세를 제거하게 되면 18.2%인 3점이 없어지게 되며, 1점이 18.2%에서 36.4%로 증가하게 된다. RULA에서의 작업개선방법을 똑같이 적용하면, 평가그룹 A의 종합점수를 효과적으로 낮출 수 있다. 윗팔의 작업자세 중 윗팔이 벌어지거나 회전 시 또는 어깨가 들려진 상태를 RULA에서 제시한 개선방법을 사용하면 2점이 63.6%로 증가하게 되고 3점은 27.3%, 4점은 9.1% 감소하며, 5점은 제거된다. 따라서 평가그룹 B의 종합적인 점수를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 평가점수 A+B의 행과 열을 조합한 총점을 분석한 결과, 4점이 27.3%, 2점과 6점, 7점이 각각 18.2%, 5점과 8점이 각각 9.1%로 분석되었으며, 평가그룹 A의 목이나 몸통의 작업자세를 앞에서 제시한 작업방법으로 개선함으로써 3점이 36.4%, 2점과 4점이 각각 18.2%, 5점, 6점, 7점이 각각 9.1%로 나타나 효과적으로 전체적인 평가점수를 감소시킬 수 있다.

종합적으로 최종점수를 분석한 결과, 위험수준이 보통인 수준 2(4~7점)가 72.7%, 위험의 정도가 낮은 수준 1(2~3점)이 18.2%, 위험의 정도가 높은 수준 3(8~10점)이 9.1%로 나타났으나, 앞에서 제시한 개선방법을 적용하면 위험의 정도가 낮은 수준 1(2~3점)이 54.6%, 위험의 정도가 보통 수준인 2(4~7점)가 45.5%로 나타나서 개선이 필요한 작업을 36.4%나 감소시킬 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

지금까지는 근골격계질환 관련한 인간공학적인 분석은 정형적인 업무를 많이 포함하는 제조업을 중심으로 행하여 왔기 때문에 상대적으로 복잡한 특성을 가지고 있는 비정형화된 작업을 많이 포함하고 있는 조선업에 대해서는 인간공학적인 틀에 맞추어 연구하기에는 어려움이 있었다.

본 연구에서는 근골격계질환 증상분석표를 작성하여 종합적인 평가를 실시하였으며, 다양한 인간공학적인 체크리스트를 사용하여 작업자세의 문제점과 그로 인한 인간공학적 작업환경 개선에 대한 시뮬레이션이 가능하도록 하는 기초적인 틀을 마련하고자 하였다. 이런 기초적인 연구를 발판으로 하여 비정형화 작업의 대표라 할 수 있는 조선업의 작업들에 대한 좀 더 심층적인 분석과 조선업 특유의 작업자세를 정의하고 평가하는 것이 향후의 과제로서 요구된다.

참고 문헌

노동부, 단순반복작업 근로자 작업관리지침, 노동부고시 제2000-72호, 2001.

한국산업안전공단, 2003년도 산업재해 현황분석, 자료 2004-66-355, 2004.

한상환, 백남종, 박동현 등, 조선업 근로자의 누적외상성질환 실태와 누적외상성질환 범용 작업위험도 평가도구를 이용한 작업분석, 대한산업의학회지, Vol 9, No 4, pp579-588, 1997.

구본언, 박근상, 조선업종에 있어서의 근골격계질환 현황, 대한인간공학회 2005 춘계 학술대회, 2005.

김대성, 양성환 외, 작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교, 대한인간공학회 1999 추계 학술대회, 1999.

Bernard, B.(ED)., Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence of work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, low backs, DHHS (NIOSH), us, Department of Health and Human services, pulicution NO.97-141, 1997.

Hignett & McAtamney, L., Technical Note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, Vol 31, pp201-205, 2000.

Karhu O, et al., Observing working postures in industry: Example of OWAS application, *Applied Ergonomics*, Vol 12, pp13-17, 1981.

McAtamney, L. and Corlett, E.N., RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-related Upper Limb Disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2) 91-99, 1993.

OSHA, Occupational Safety and Health Administration Federal register, Ergonomic Program, Vol 64, No.225, 65875-65896, 1999.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)., Health Hazard Evaluation-Eagle Convex Glass Co., HETA 89-137-2005, Cincinnati, OH, NIOSH, 1989.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 구 본 언 ❖ yeojgoo@hanmail..net
건국대학교 산업공학과 박사
현 재: 건국대학교 산업공학과
관심분야: 직무 스트레스, 작업생리학

❖ 박 근 상 ❖ ergpark@hansung.ac.kr
Nihon University, Dept. of IE, 공학박사
현 재: 건국대학교 산업공학과 교수
관심분야: 작업생리, 직무 스트레스, 제품개발, HCI

❖ 김 창 한 ❖ hanbond@nate.com
건국대학학교 산업공학과 석사
현 재: 건국대학교 산업공학과 박사과정
관심분야: 직무 스트레스, HCI

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 04월 27일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 05월 15일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 05월 21일