

碩 士 學 位 論 文  
指 導 教 授 鄭 炳 榕

Excel을 이용한 작업위험평가  
시스템 개발

Development of Job Hazard Analysis System  
Using EXCEL

2 0 0 6 年 6 月

漢城大學校 一般大學院

產 業 工 學 科

產 業 工 學 專 攻

金 顯 浩

碩 士 學 位 論 文  
指導教授 鄭 炳 榕

Excel을 이용한 작업위험평가  
시스템 개발

Development of Job Hazard Analysis System  
Using EXCEL

위 論文을 産業工學 碩士學位論文으로 提出함

2 0 0 6 年 6 月

漢城大學校 一般大學院  
產 業 工 學 科  
產 業 工 學 專 攻  
金 顯 浩

金 顯 浩의 産業工學 碩士學位 論文을 認定함

2 0 0 6 年 6 月

심사 위원장 김 대 홍 (인)

심 사 위 원 나 건 (인)

심 사 위 원 정 병 용 (인)

# 목 차

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1. 서론 .....                 | 1  |
| 1.1 연구의 배경 .....            | 1  |
| 1.2 연구의 필요성 .....           | 8  |
| 1.3 연구 목적 .....             | 15 |
| 2. 평가 시스템의 개발원리 .....       | 16 |
| 2.1 평가용 EXCEL 프로그램 개발 ..... | 16 |
| 2.2 실무용 평가시스템 개발 .....      | 29 |
| 3. 평가시스템 적용사례 및 장점 .....    | 39 |
| 3.1 사업장 적용 사례 .....         | 39 |
| 3.2 평가시스템의 분석시간 비교 .....    | 42 |
| 4. 결론 및 검토 .....            | 51 |
| 참 고 문 헌 .....               | 53 |
| ABSTRACT .....              | 61 |

## 표 목 차

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 표 1-1. 한국과 미국의 연도별 산업재해자수와 근골격계 질환자수 .....  | 1  |
| 표 1-2. 2003, 2004년 업종별 근골격계 질환자 발생현황 .....  | 3  |
| 표 1-3. 기타의 사업(서비스업) 업종별 근골격계 질환자 발생현황 ..... | 3  |
| 표 1-4. 노동부 고시 11가지 부담 .....                 | 7  |
| 표 1-5. 주요 평가도구 종류 및 특징 요약 .....             | 10 |
| 표 2-1. 평가기법별 허리 자세 분류표 .....                | 26 |
| 표 2-2. 평가 방법별 위험요인 분류 및 통합 프로그램의 분석변수 ..... | 30 |
| 표 2-3. 허리 자세 분류 .....                       | 31 |
| 표 2-4. 목 자세 분류 .....                        | 31 |
| 표 2-5. 다리 자세 분류 .....                       | 32 |
| 표 2-6. 상완(어깨) 자세 분류 .....                   | 32 |
| 표 2-7. 전완(팔꿈치) 자세 분류 .....                  | 32 |
| 표 2-8. 손목 자세 분류 .....                       | 33 |
| 표 2-9. 과도한 뻗침의 정의 .....                     | 33 |
| 표 2-10. 불안정 자세의 정의 .....                    | 33 |
| 표 2-11. 반복성 분류 .....                        | 33 |
| 표 2-12. 신체압박 분류 .....                       | 34 |
| 표 2-13. 진동 분류 .....                         | 34 |
| 표 2-14. 손 사용 분류 .....                       | 34 |
| 표 2-15. 충격 분류 .....                         | 35 |
| 표 2-16. 중량물 취급에 대한 자세 분류 .....              | 35 |
| 표 2-17. 작업별로 관찰된 유해요인 원인 분석 .....           | 38 |
| 표 3-1. 유해원인 및 원인 평가서 .....                  | 40 |
| 표 3-2. 작업 자세 비율 결과 .....                    | 41 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 표 3-3. 작업 유형별 부담작업 요건조사 .....  | 42 |
| 표 3-4. ANSI 평가 결과 .....        | 42 |
| 표 3-5. 분석시간 비교 조건 .....        | 43 |
| 표 3-6. 분석자별 에러 개수 .....        | 47 |
| 표 3-7. 작업 시간에 대한 이원 분산분석 ..... | 49 |

## 그 립 목 차

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 그림 1-1. 한국과 미국의 근골격계질환 발생 현황 비교 .....               | 4  |
| 그림 1-2. 유해요인조사 흐름도 .....                            | 5  |
| 그림 1-3. 기존 작업평가 절차 .....                            | 13 |
| 그림 1-4. ErgoMaster(왼쪽), ErgoIntelligence(오른쪽) ..... | 13 |
| 그림 1-5. Job Hazard Pro V1.0(왼쪽), PMS(오른쪽) .....     | 14 |
| 그림 1-6. WinOWAS(왼쪽), MIRTH: RULA(오른쪽) .....         | 14 |
| 그림 2-1. EXCEL용 OWAS 틀 .....                         | 17 |
| 그림 2-2. EXCEL용 RULA 틀 .....                         | 18 |
| 그림 2-3. EXCEL용 REBA 틀 .....                         | 19 |
| 그림 2-4. EXCEL용 NLE 틀 .....                          | 20 |
| 그림 2-5. EXCEL용 Strain Index 틀 .....                 | 20 |
| 그림 2-6. EXCEL용 ANSI-Z365 틀 .....                    | 21 |
| 그림 2-7. EXCEL용 Push/Pull 틀 .....                    | 22 |
| 그림 2-8. EXCEL용 Carry Analysis 틀 .....               | 22 |
| 그림 2-9. EXCEL용 Lift/Lower 틀 .....                   | 23 |
| 그림 2-10. EXCEL용 OSHA 상지위험요인 평가표 A .....             | 23 |
| 그림 2-11. EXCEL용 OSHA 허리/하지위험요인 평가표 B/C .....        | 24 |
| 그림 2-12. 통합된 작업 자세 분류 .....                         | 27 |
| 그림 2-13. OWAS, RULA, REBA 통합 프로그램 .....             | 28 |
| 그림 2-14. 실무자용 통합 프로그램 구성 .....                      | 36 |
| 그림 2-15. 실무자용 통합 프로그램 틀 .....                       | 37 |
| 그림 2-16. 작업 분석 절차 예시 .....                          | 37 |
| 그림 3-1. 실제 작업위험 평가 과정 .....                         | 39 |
| 그림 3-2. 작업 자세 분석 모습 .....                           | 40 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 그림 3-3. OWAS 작업 자세 분류 코드 및 AC 판정표 ..... | 44 |
| 그림 3-4. RULA 작업 평가 분석용지 .....           | 45 |
| 그림 3-5. REBA 작업 평가 분석용지 .....           | 46 |
| 그림 3-6. 방법별 1개 샘플링장면 평균 분석 시간 .....     | 48 |
| 그림 3-7. 1개 샘플링 작업분석, 등급 판정 평균 시간 .....  | 49 |
| 그림 3-8. 60개 샘플링 전체 분석시간 비교 .....        | 50 |

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경

### 1.1.1 근골격계 질환자 발생 현황

작업관련성 근골격계질환(musculoskeletal disorders)은 자동차 제조, 선박 건조, 전자제품, 기계기구, 자동차부품, 비금속광물, 식료품, 섬유제품, 화학제품, 전기기계 등 특정 업종의 구분 없이 우리나라의 거의 모든 제조업에서 질환자가 발생하고 있으며, 최근에는 병원을 비롯한 서비스 분야이 업종에서도 관심이 증가하고 있다.

표 1-1. 한국과 미국의 연도별 산업재해자수와 근골격계 질환자수

| 구 분  | 미 국          |                |           | 한 국          |                |           |
|------|--------------|----------------|-----------|--------------|----------------|-----------|
|      | 전체<br>재해자(명) | 근골격계<br>질환자(명) | 비율<br>(%) | 전체<br>재해자(명) | 근골격계<br>질환자(명) | 비율<br>(%) |
| 1993 | 2,252,600    | 762,700        | 33.9%     | 90,288       | —              | —         |
| 1994 | 2,236,600    | 755,600        | 33.8%     | 85,948       | —              | —         |
| 1995 | 2,040,900    | 695,800        | 34.1%     | 78,034       | —              | —         |
| 1996 | 1,880,500    | 647,400        | 34.4%     | 71,548       | 506            | 0.7%      |
| 1997 | 1,833,400    | 626,400        | 34.2%     | 66,770       | 221            | 0.3%      |
| 1998 | 1,730,500    | 592,500        | 34.2%     | 51,514       | 124            | 0.2%      |
| 1999 | 1,702,500    | 582,300        | 34.2%     | 55,405       | 344            | 0.6%      |
| 2000 | 1,644,018    | 577,800        | 34.7%     | 68,976       | 1,009          | 1.5%      |
| 2001 | 1,537,567    | 522,528        | 34.0%     | 81,434       | 1,634          | 2.0%      |
| 2002 | 1,436,194    | 487,900        | 34.0%     | 81,911       | 1,827          | 2.2%      |
| 2003 | 1,315,920    | 435,180        | 33.1%     | 94,924       | 4,532          | 4.8%      |
| 2004 | 1,259,320    | 402,700        | 32.0%     | 88,874       | 4,112          | 4.7%      |

자료: 노동부, 미국 노동부의 노동통계국, 2004

우리나라를 비롯한 미국과 유럽의 근골격계 질환자 발생현황을 살펴보면, 1960년대 국제노동기구에서 근골격계질환을 언급한 이래 미국에서는 1980년대 들어 근골격계질환 발생이 급증하여 전체 직업병의 약 65%를 차지하였다(권영국 외, 1999; <http://www.bls.gov>). 1980년대 후반부터 급증하던 미국의 근골격계질환 발생 추이는 1994년을 기점으로 감소하는 추세를 보이고 있는데, 이는 OSHA를 중심으로 작업장의 인간공학적 개선을 비롯한 예방활동 수행에 기인한 것으로 알려져 있으며(MacLeod, 1999), 2004년에는 전체 산업재해자 중 32.0%에 해당하는 402,700명의 근골격계 질환자로 나타났다(표1-1).

우리나라 근골격계질환은 1996년 한국통신공사 전화교환원의 경전완장해 집단발생(66명 산재승인)을 계기로 사회에 알려지기 시작하였다. 2004년 근골격계 질환자 발생 비율은 전체 재해자 중 4.7%로 나타나 미국의 32.0%와 비교하면 외관상 현저히 낮은 수치로 인해 근골격계질환에 대한 심각성을 느끼지 못할 수도 있지만, 노동부에서 발간하는 산업재해 통계 자료를 바탕으로 질환자 발생 추이를 살펴보게 되면, 2004년의 신체부담 작업으로 인한 질환, 요통을 포함한 근골격계 질환자 발생 건수는 4,112건으로 2000년 대비 약 407%가 넘는 폭발적인 증가세를 보이고 있다(산업안전공단, 1993-2004).

2005년 노동부에서 발표한 근골격계 질환자 발생현황을 살펴보면, 제조업(79.8%), 운수통신업(3.6%), 건설업(1.5%) 등 우리나라 사업장 전반에 걸쳐서 질환자가 발생하고 있는 것으로 나타났다(표1-2).

표 1-2. 2003, 2004년 업종별 근골격계 질환자 발생현황

| 구분   |     | 제조업              | 건설업          | 운수통신업         | 금융업          | 총 계             |
|------|-----|------------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|
| 2003 | 사업장 | 1,109<br>(57.2%) | 92<br>(4.7%) | 147<br>(7.6%) | 24<br>(1.2%) | 1,938<br>(100%) |
|      | 발생자 | 3,637<br>(80.3%) | 94<br>(2.1%) | 161<br>(3.6%) | 26<br>(0.6%) | 4,532<br>(100%) |
| 2004 | 사업장 | 875<br>(55.8%)   | 63<br>(4.0%) | 106<br>(4.0%) | 25<br>(1.6%) | 1,569<br>(100%) |
|      | 발생자 | 3,281<br>(79.8%) | 63<br>(1.5%) | 149<br>(3.6%) | 27<br>(0.7%) | 4,112<br>(100%) |

또한, 도소매 및 소비자용품(25.4%)을 비롯한, 음식 및 숙박업(19.2%), 보건 및 사회복지(12.3%), 위생 및 유사서비스(8.6%)에서도 근골격계 질환자가 발생하여 업종·직종별 구분 없이 우리나라 사업장 전반에 걸쳐 근골격계 질환자가 발생하고 있는 것으로 나타났다(표1-3).

표 1-3. 기타의 사업(서비스업) 업종별 근골격계 질환자 발생현황

| 구분   | 건물등의<br>종합<br>관리 | 위생 및<br>유사<br>서비스 | 음식 및<br>숙박업    | 임대 및<br>사업<br>서비스 | 도소매<br>및 소비<br>자용품 | 각급<br>사무소    | 교육<br>서비스    | 보건 및<br>사회<br>복지 | 기타            | 계             |
|------|------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------|--------------|------------------|---------------|---------------|
| 2003 | 41<br>(7.2%)     | 48<br>(8.5%)      | 111<br>(19.6%) | 55<br>(9.7%)      | 141<br>(24.9%)     | 33<br>(5.8%) | 37<br>(6.5%) | 36<br>(6.4%)     | 64<br>(11.3%) | 566<br>(100%) |
| 2004 | 35<br>(7.2%)     | 42<br>(8.6%)      | 94<br>(19.2%)  | 32<br>(6.5%)      | 124<br>(25.4%)     | 28<br>(5.7%) | 34<br>(7.0%) | 60<br>(12.3%)    | 40<br>(8.2%)  | 489<br>(100%) |

그림 1-1은 미국의 질환자 발생 추이를 통한 향후 우리나라의 근골격계 질환자 발생 증가 추이를 나타낸 것이다. 미국의 경우 예방활동을 시작한 1986년 이후 약 8년 뒤에 예방효과가 나타난 것처럼 우리나라 역시 적절한 예방활동이 효과적으로 수행되지 못할 경우 질환자 발생 증가는 불가

피할 것으로 판단된다(최재욱, 2002).

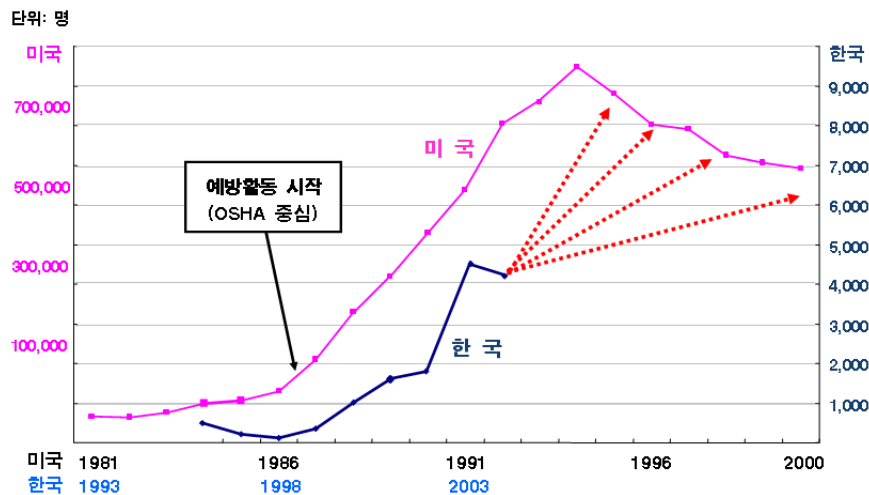


그림 1-1. 한국과 미국의 근골격계질환 발생 현황 비교

유럽집행위원회(European Commission)는 2004년 11월 근골격계 질환의 예방과 관련하여 유럽연합 차원의 노사정 및 사회단체가 참가하는 협의회를 개최하였다. 협의회를 통해 유럽연합의 근로자들 사이에 허리 통증이나 반복적인 사용에 의한 상해가 점차 증가하고 있으며, 이러한 근골격계질환은 유럽의 근로자들이 직면하고 있는 ‘가장 중대한 건강·안전 문제’라고 지적했다. 유럽 집행위원회는 각종 연구결과를 인용하여 4,000만 명 이상의 근로자들이 이 질환의 영향을 받고 있으며, 이는 근로에 관련된 모든 건강상의 문제 중에서 40~50%를 차지하는 것이라고 밝혔다. 또한 이는 유럽의 경쟁력을 침식하여 연간 0.5~2%의 GNP 손실을 발생시키는 것으로 추정하고 있다. 연구에 의하면 일반적으로 신규 유럽연합 회원국들은 하지(22%)와 상지(20%)에 근육통증이 있는 비율이 기존의 EU 15개국(각각 13%, 12%)에 비해 높게 나타났고, 보다 구체적으로 살펴보면, EU 근로자의 34%가 2000년에 허리 통증을 호소했는데, 이는 1995년에 비해 3% 포인트 증가한 것이라고 발표했다.

### 1.1.2 근골격계질환 관련 ‘유해요인조사’ 실시

작업관련 근골격계질환 발생은 생산성 저하 및 노동력 손실, 재해 및 질환자 증가로 인한 경제·산업의 손실에 영향을 미치게 된다. 사업장에서 근골격계질환이 문제점으로 대두되고 근골격계질환 예방이 권고만으로는 한계가 있다고 판단하여, 정부는 근골격계 질환 예방을 위한 산업안전보건법 제24조 1항 5호에 “단순 반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 건강장해”를 신설하여 사업주에게 보건상의 조치로 근골격계 질환 예방 의무를 부여하였다.

산업안전보건법에 따라 부담작업을 보유하고 있는 작업장은 유해요인 조사를 1년 이내의 최초조사와 3년마다의 정기조사, 근골격계 질환자 발생 시의 수시조사를 시행하여야 한다(KOSHA CODE H-30, 2003; 그림1-2).

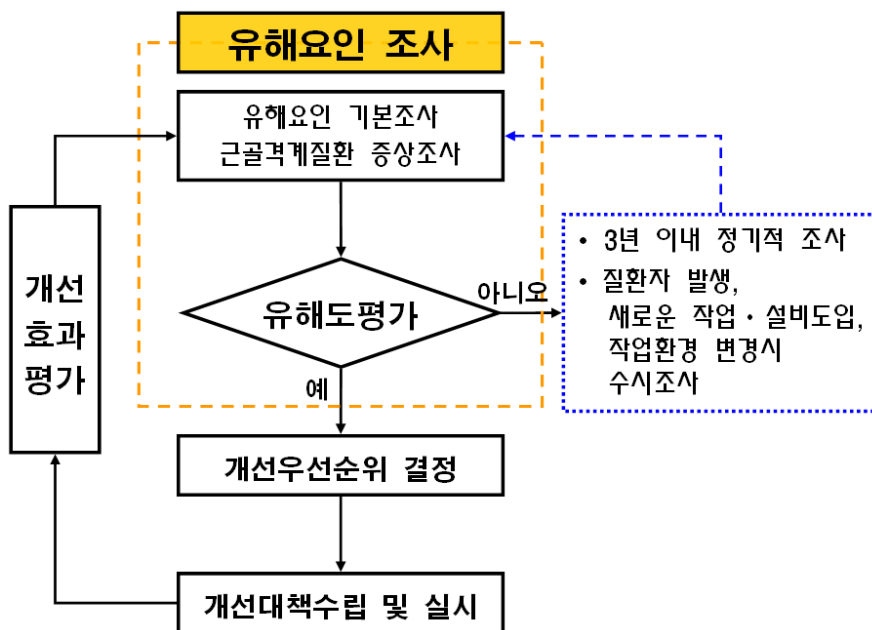


그림 1-2. 유해요인조사 흐름도

한국산업안전공단은 사업장 근골격계질환의 효과적인 통제와 예방을 위해 ‘근골격계부담작업 유해요인 조사 지침(KOSHA Code H-30)’과 ‘사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 지침(KOSHA Code H-31)’을 공표하였다. KOSHA Code H-31은 근골격계질환 예방관리 프로그램 7개 부문(개요, 조직 구성, 교육 훈련, 유해요인 관리, 의학적 관리, 프로그램 평가, 문서 기록과 보존)에 대한 기본적 구성요소와 원론적 지침을 제시하고 있고, 그 중에서 유해요인 관리부문은 KOSHA Code H-30 지침을 참고하도록 하고 있다.

또한 정부에서는 개정된 관련 법과 함께 근골격계질환의 유해요인 평가를 원활하게 하기 위한 목적으로 보건규칙 제142조 제1호의 규정에 따라 컴퓨터작업, 반복 작업, 부적절한 작업 자세, 무리한 동작 및 중량물작업 등 근골격계 부담작업에 해당되는 11개 작업기준을 통한 부담작업의 범위(노동부고시 제2003-24호)를 제정·고시하였다(표1-4).

표 1-4. 노동부 고시 11가지 부담

| 부담 작업 |    | 내 용                                                                                              |
|-------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 고시 | 하루에 4시간 이상 집중적으로 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업                                                  |
| 2     | 고시 | 하루에 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업                                            |
| 3     | 고시 | 하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업    |
| 4     | 고시 | 지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업                  |
| 5     | 고시 | 하루에 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업                                                       |
| 6     | 고시 | 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업 |
| 7     | 고시 | 하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업                                  |
| 8     | 고시 | 하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업                                                                    |
| 9     | 고시 | 하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업                                |
| 10    | 고시 | 하루에 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업                                                       |
| 11    | 고시 | 하루에 총 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업                                           |

## 1.2 연구의 필요성

### 1.2.1 유해요인조사 평가 도구 적용 및 타당성 문제

근골격계질환의 발생 원인 및 위험요인의 영향정도를 정확하게 계량적으로 입증하기에는 어려움이 있으나, 현재에는 작업 자세, 사용근력, 반복성 등의 전반적인 요인에 대한 종합적 평가로서 그 직업적인 요인의 유해정도를 평가하고 있다.

작업 자세와 근골격계질환과의 관계에 대한 연구 및 작업 자세 부하 측정을 통하여 작업 개선을 하기 위한 다양한 작업 자세 부하 측정방법이 있으나 각 연구의 적절한 기법 선택은 데이터의 정확성과 자료의 유효성에 따라 달라지게 된다(Kilbom, 1994).

작업관련 근골격계질환의 위험요인으로서 작업 자세의 부하를 평가하는 것이 중요하지만, 부하 평가의 신뢰성을 높이기 위해서는 각 평가 기법의 특징을 이해하는 것이 선행되어야 한다(Guangyan and Peter, 1999; 표 1-5).

유해요인조사에서 사용되는 대표적인 인간공학적 정밀평가도구인 OWAS(Graham, 1996; Karhu, 1977; Hignett, 1994; Kant, 1990), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), REBA(McAtamney and Hignett, 1995, 2000), Strain Index(Moore, J.S. and Garg, A. 1995), NLE(Waters and Putz-Anderson, 1993; Waters and Boron, Kemmlert, 1998; <http://www.cdc.gov/niosh/94-110.html>), WAC (Washington State Department of Labor and Industries, 2000), ANSI Z-365(ANSI, 1996; National Safety Council, 2002) 등에 관해 각 기법의 특징을 살펴보면, OWAS(Ovako Working Posture Analysis System)는 작업 자세를 일정간격으로 샘플링하여 작업 자세를 허리, 팔, 다리, 무게 등 4개 항목으로 나

누어 자세코드에 기록하여 판정표를 보고 4등급으로 평가하게 된다. OWAS는 배우기 쉽고 쉽게 이용할 수 있는 장점이 있지만, 작업 자세가 너무 단순하여 정밀작업 분석에는 어려움을 갖고 있다. 또한 목에 대한 판정은 있지만 OWAS분석용지에서 값이 제외되어 상대적인 취약점을 갖고 있다.

RULA(Rapid Upper Limb Assessment)는 VDT(video display terminal) 작업자의 작업 자세 평가를 목적으로 개발된 기법으로 윗팔, 아래팔, 손목 등 상지 자세평가에 초점을 두고 있어 컨베이어와 같은 정형화된 작업을 분석할 경우에 많이 이용되고 있다. 평가 절차는 팔과 손목의 위치에 대한 평가A와 목, 허리, 다리에 대한 평가B의 값에 근육과 무게 부하가 각각 더해져 전체 작업 부하수준을 산출하게 된다. 이 기법은 OWAS에 비해 팔과 손목, 근육부하에 대해 더 세분화된 작업 자세의 부하수준을 평가할 수 있지만, 상지 자세평가에 초점을 두고 있어, 하지 자세평가에 취약점을 보이고 있다.

REBA(Rapid Entire Body Assessment)는 상체위주의 자세평가방법인 RULA의 제한적인 면을 보완하기 위해 개발된 평가기법으로 간호사와 같이 비정형화된 다양한 자세로 작업을 하는 작업자의 신체적 부담 정도와 노출 정도를 분석하기 위한 목적으로 개발되었다.

REBA 역시 RULA처럼 상지, 하지로 이루어진 평가그룹을 갖고 있으며, 몸통, 목, 다리로 이루어진 그룹A 평가점수에 무게/힘 점수를 합산한 ScoreA와 윗팔, 아래팔, 손목 점수로 이루어진 그룹B 평가점수에 손잡이 점수를 합산하여 ScoreB 값을 얻게 된다. 여기에 정적/반복성, 작업 공간, 불안정한 하체 작업 자세를 고려한 Activity Score가 더해져 최종 작업 자세 평가점수인 ScoreC를 통해 자세평가를 하게 된다. 하지만 REBA의 경우 분석기법이 복잡하다는 점과 이 때문에 많은 분석시간이 필요하다는 취약점을 보이고 있다.

표 1-5. 주요 평가도구 종류 및 특징 요약

| 평가도구                                 | 평가되는<br>위해요인                                            | 관련된<br>신체부위                    | 적용대상 작업                                                      | 한계점                                            |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| OWAS                                 | 과도한 힘,<br>부자연스런<br>자세,<br>노출시간                          | 상체, 허리,<br>하체                  | 중량물취급 등<br>비정형작업                                             | 중량물작업<br>한정<br>반복성, 목자세<br>미고려                 |
| Job Strain<br>index                  | 반복성,<br>과도한 힘,<br>부자연스런<br>자세                           | 손, 손목                          | 전자조립 작업,<br>재봉업, 자료입력,<br>세탁                                 | 손, 손목부위<br>작업 한정,<br>평가의 객관성                   |
| Revised<br>NIOSH Lifting<br>Equation | 반복성,<br>과도한 힘,<br>부자연스런<br>자세                           | 허리                             | 포장물, 음료 배달,<br>4.5kg 이상의<br>중량물취급,<br>과도한 힘 작업,<br>고정된 들기 작업 | 한손 작업,<br>운반·밀기·당<br>기기 작업<br>적용 안됨,<br>전문성 요구 |
| ANSI-Z365                            | 반복성,<br>작업 자세,<br>중량물취급,<br>수공구, 작업<br>환경, 키보드,<br>인센티브 | 손, 목, 어깨,<br>팔, 허리, 무릎,<br>손가락 | 수동 들기 작업,<br>조립작업,<br>기계작업, 공구<br>사용 작업                      | 전문성 요구,<br>많은<br>분석시간요구                        |
| REBA                                 | 반복성,<br>과도한 힘,<br>부자연스런<br>자세                           | 손목, 팔, 어깨,<br>목, 상체, 허리,<br>다리 | 간호사, 관리업,<br>식료품 출납원 등<br>비정형작업                              | 평가항목이<br>많음, 많은<br>분석시간요구                      |
| RULA                                 | 반복성,<br>과도한 힘,<br>부자연스런<br>자세                           | 손목, 아래팔,<br>팔꿈치, 어깨,<br>목, 상체  | 조립작업,<br>재봉작업,<br>정비작업,<br>육류가공, 교환대<br>등 정형작업               | 반복성과<br>정적자세의<br>고려가 다소<br>미흡, 전문성<br>요구       |
| WAC :<br>Appendix B                  | 부자연스런<br>자세, 반복성,<br>과도한힘, 진동,<br>접촉스트레스                | 허리                             | 중량물 취급                                                       | 중량물 취급<br>분석만 가능                               |

Strain Index는 1995년에 위스콘신대학 J. Steven MOOR와 Arun Garg에 의해 처음 개발되었고, 생리학, 생체역학, 상지질환에 대한 병리학을 기초로 한 정량적 평가 기법이다.

상지 근골격계질환의 원인이 되는 위험 요인들이 작업자에게 노출되어 있거나 그렇지 않은 상태를 구별하는데 사용된다. 작업분석은 단계1. 자료 수집, 단계2. 가중치에 따른 환산점수 결정, 단계3. SI점수 계산으로 구성돼있다. 자료 수집은 SI 테이블에 의해 사용되며 평가 요소에는 힘의 강도, 힘의 지속정도, 분당 힘의 빈도, 손/손목 자세, 작업속도, 작업시간 등 6개의 위험요소로 구성되어 있으며 이를 곱한 값으로 상지질환의 위험성을 평가하게 된다. 하지만 평가도구 적용에 있어 전자업종과 같은 상지위주의 작업에 대한 분석만 가능하다는 점과 작업 분석 시간이 많이 소요된다는 점, 전문가가 아니면 사용하기 어렵다는 등의 단점을 갖고 있다.

미국 WAC 296-62-05205는 Caution Zone Job에 대한 유해요인을 평가하는 방법으로, “Caution Zone Job”이란 근로자의 전형적인 작업 활동(규칙적이고 예측 가능한 작업부분이 있고 그 작업이 1주에 1회 이상, 1년에 1주보다 훨씬 자주 있는 작업) 가운데 물리적인 위험요인이 포함된 작업을 말한다. 평가 요소는 부적절한 작업 자세와 무리한 힘, 반복성, 접촉스트레스, 중량물 취급, 극소 진동 여부 등이 있으며 취급 중량물 유해성 평가의 경우 단계1. 취급물체 중량, 단계2. 작업이 수행되는 주 영역 결정, 단계3. 작업빈도와 작업시간에 따른 가중치 결정, 단계4. 들기작업시 허리의 비트는 각도 평가 등을 통해 유해성 평가가 이루어지게 된다.

1991년 미국의 국립 산업안전보건원(NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health)에서는 주어진 작업조건에서 인력운반 작업, 특히 들기 작업에서 안전하게 작업할 수 있는 작업물의 중량을 계산하기 위한 개정된 들기 작업 지침(Revised NIOSH lifting equation)을 제시하였다. 개정된 들기 작업 지침은 들기 작업에 대한 권장 무게 한계(RWL : Recommended Weight Limit)를 쉽게 산출하도록 하여 작업의 위험성을 예측하고 인간공학적인 작업방법의 개선을 통해 작업의 직업성 요통을 사전에 예방함을 목적으로 하였다. NIOSH 들기작업 지침(NIOSH lifting

guidelines)은 공식 자체가 간단하므로 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있으나, 적용 범위에 있어 한손으로 들기/내리기 작업을 하거나, 앉은 상태 또는 무릎을 꿇은 상태에서 들기/내리기, 제한된 작업영역에서의 들기/내리기, 운반, 밀기, 당기기 중의 들기/내리기, 삽 또는 wheelbarrows를 이용하여 들기/내리기 작업의 경우 NIOSH 들기 작업 평가를 할 수 없는 한계를 보이고 있다.

근골격계질환 위험인자의 정량적 평가 도구에 관한 국내의 연구는 위험요인 점검표(박희석 등, 1998), RULA를 이용한 자동차 조립작업 평가(김재영 등, 1999), 작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교(기도형 등, 2005), 자가 평가 방법(이윤근 등, 2002), 목 부위의 평가방법(김유창 등, 2003) 등이 있으나 그 논의가 부족하다.

현재 사업장에서 유해요인조사 수행 시 어떠한 작업평가도구를 사용할 것인가에 대한 논란이 대두되고 있으며, 일부 회사에서는 노사간에 평가방법론을 두고 대립을 하는 등의 문제점을 보이고 있다.

### 1.2.2 작업위험 평가 자료의 관리상 어려움

우리나라의 사업장에서는 유해요인조사를 하는 과정에서 무수히 많은 데이터를 수집하게 된다. 그러나 일부 기업이나 단체에서는 아직도 분석용지나 paper에 의해 분석자가 직접 평가표를 확인하며 평가 등급(action level)을 판정하는 절차를 거침으로 인해 많은 분석시간을 소요하고 있으며, 평가 자료를 효과적으로 활용하거나 관리하지 못하고 있는 실정이다(그림1-3).

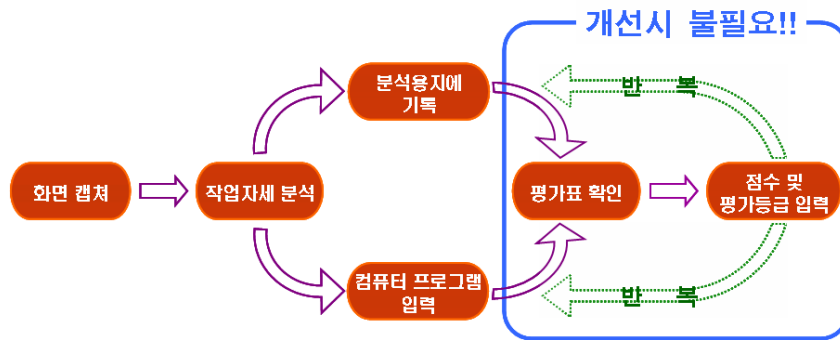


그림 1-3. 기존 작업평가 절차

지금까지 개발된 작업평가용 전산 프로그램으로는 Tempere(1996)대학에서 개발한 “WinOWAS”와 NexGen Ergonomics(1997)에서 개발한 “ErgoMaster”, “ErgoIntelligence”, Production Technology Engineering and Management Services에서 개발한 Strain Index, NLE, RULA, REBA, VDT 작업에 대한 교육용 프로그램인 “Job Hazard Pro V1.0”, Limerick 대학에서 개발한 RULA, REBA, Strain Index, OCRA에 대한 평가를 할 수 있는 “MIRTH EU Project”, 고려대학교에서 개발한(2005) “자세측정시스템(Postural Measurement System)”등이 있다 (그림1-4~6).

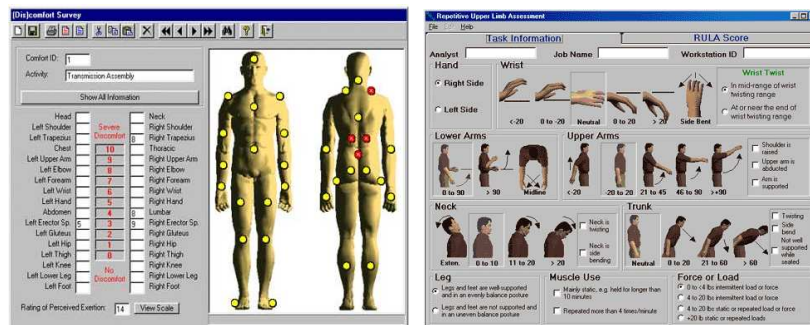


그림 1-4. ErgoMaster(왼쪽), ErgoIntelligence(오른쪽)

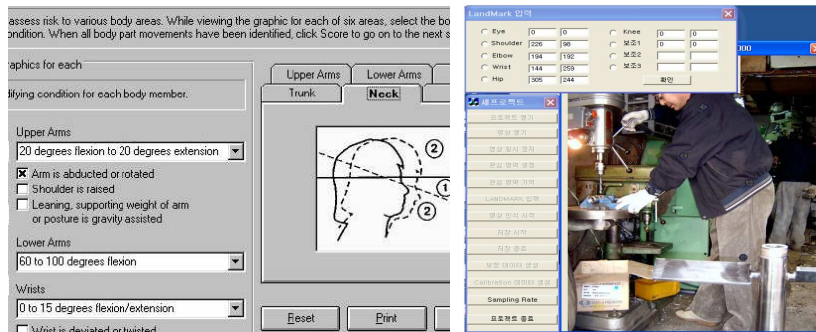


그림 1-5. Job Hazard Pro V1.0(왼쪽), PMS(오른쪽)

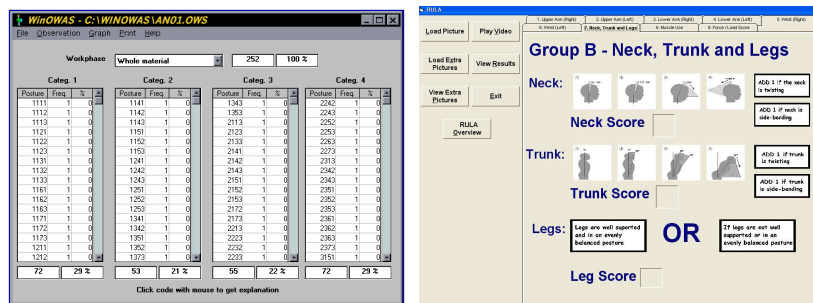


그림 1-6. WinOWAS(왼쪽), MIRTH: RULA(오른쪽)

하지만 위의 프로그램들은 교육을 위한 목적으로 개발되어 실제 현장에 직접 응용하여 사용하기에는 효율성 낮은 편이며, 정밀평가도구 하나하나에 대한 분석이 이루어진다는 단점 때문에 실제 사업장과 같이 비정형 작업, 정형작업 등 복합적인 작업의 형태를 갖게 될 경우, 서로 다른 정밀평가도구를 사용하여 몇 번씩 반복하여 유해요인조사를 수행해야 한다는 단점을 갖고 있다. 이러한 단점들과 분석 결과의 질적인 문제와 효용성, 프로그램의 비싼 가격 등을 대체할 수 있고 사업장에서 쉽게 적용할 수 있으며 기존의 사무환경에서 유용하게 사용할 수 있는 유해요인조사용 분석 소프트웨어의 개발이 매우 필요한 실정이다.

### 1.3 연구 목적

정부는 근골격계질환 예방을 위한 법규 신설과 조치의무규정을 통해 근골격계 부담작업을 수행하는 사업장에 대해 유해요인조사를 실시하도록 권고하고 있지만, 일부 사업장의 경우 유해요인조사를 수행하는 과정에서 노사간에 평가 방법론을 두고 대립하는 문제점 등이 나타나고 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 작업 자세에 대한 부하 평가방법으로 가장 많이 사용되고 있는 OWAS, RULA, REBA, NLE와 ANSI-Z365 등을 이용하여 위험요소의 노출시간 추정방법을 종합적으로 분석할 수 있고, 노동부 고시 제2003-24호에 따른 근골격계 부담작업 11가지의 해당 여부에 대한 분석이 가능하며 기존 사무환경에서의 사용이 용이한 EXCEL을 이용하여 통합형 작업위험평가 프로그램을 개발하고자 한다.

개발 프로그램은 작업 위험 평가에 관한 교육을 목적으로 한 교육용 프로그램과 사업장에서 실제 유해요인조사를 실시하는데 응용할 수 있는 실무자용 통합 프로그램을 대상으로 한다.

## 2. 평가 시스템의 개발원리

근골격계질환 예방을 위한 유해요인조사에서 중요한 부분은 정형 작업과 비정형 작업 등과 같은 복합적인 작업 형태를 갖는 사업장의 경우 작업의 특성에 따라 적합한 정밀평가도구를 사용하여 유해요인조사를 실시해야하지만 이 경우 유해요인조사 시간이 많이 걸린다는 점과 작업평가와 관련한 다양한 방법론을 어떻게 적용하고 응용할 것인가에 관한 문제에 직면하게 된다. 법적 의무사항인 유해요인조사를 이행하면서 노사간에는 어떠한 작업평가 도구를 사용할 것인가에 대한 논란이 많았으며, 사업장의 작업 상황 및 조건 분석을 신뢰할 정도의 수준으로 시행하기 위해서는 많은 작업자를 대상으로 유해요인조사를 수행하게 된다. 이로 인해 각 평가 방법에서 신체 부위별 평가 항목에 따라 자세를 분류하고 평가표를 확인하여 점수를 배정하는 과정을 반복적으로 실행하여야 하므로 많은 시간과 노력이 소요된다(오순영 외, 2005).

### 2.1 평가용 EXCEL 프로그램 개발

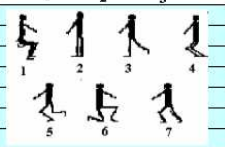
#### 2.1.1 개별 분석 프로그램 개발

근골격계질환 발생을 예방하기 위해 근골격계 부담작업이 있는 작업의 유해요인을 정량·정성적으로 평가하여 제거하거나 감소시키기 위해서는 OWAS, REBA, RULA, NLE, SI 등과 같은 인간공학적 평가기법이 선행되어야 하지만, 대부분의 이러한 평가 방법들은 인간공학 또는 산업의학 전문가가 아닌 비전문가가 작업부하 및 근골격계질환 위험도를 손쉽게 분석, 평가를 통해 활용하기에는 어려움이 많다(박재규 외, 2005).

따라서 본 연구에서는 그림 2-1~11과 같이 EXCEL을 이용해서

OWAS, RULA, REBA, NLE, Strain Index, ANSI-Z365, Snook's Table, OSHA위험요인평가 A, B/C 등의 분석도구에 대한 작업평가 프로그램을 개발하였다.

OWAS 분석표

| 부위        |                                                                                    | code | 설명                       | Check                               | 분석 |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|----|
| 허리        |   | 1    | 곧바로 편 자세 (서 있음)          | <input checked="" type="checkbox"/> | 2  |
|           |                                                                                    | 2    | 상체를 앞으로 20도이상 굽힌 자세      | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 3    | 바로 서서 허리를 옆으로 20도이상 비튼자세 | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 4    | 상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세   | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
| 팔         |   | 1    | 양손을 어깨 아래로 내린 자세         | <input checked="" type="checkbox"/> | 1  |
|           |                                                                                    | 2    | 한 손만 어깨 위로 올린 자세         | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 3    | 양손 모두 어깨 위로 올린 자세        | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
| 다리        |   | 1    | 말은 자세                    | <input checked="" type="checkbox"/> | 1  |
|           |                                                                                    | 2    | 두 다리를 펴고 선 자세            | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 3    | 한 다리로 선 자세               | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 4    | 두 다리를 구부린 선 자세           | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 5    | 한 다리로 서서 구부린 선 자세        | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 6    | 무릎 꿇는 자세                 | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 7    | 걸기                       | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
| 무게/<br>하중 |                                                                                    | 1    | 10kg 미만                  | <input checked="" type="checkbox"/> | 3  |
|           |                                                                                    | 2    | 10-20kg                  | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 3    | 20kg 이상                  | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
| 머리/목      |  | 1    | 곧바른/자유 자세                | <input checked="" type="checkbox"/> | 4  |
|           |                                                                                    | 2    | 앞으로 20도이상 굽은 자세          | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 3    | 옆으로 20도이상 굽은 자세          | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 4    | 뒤로 20도이상 굽은 자세           | <input checked="" type="checkbox"/> |    |
|           |                                                                                    | 5    | 비틀림                      | <input checked="" type="checkbox"/> |    |



한성대학교 인간공학연구소  
byjeong@hansung.ac.kr

허리 팔 다리 무게  
code 2 1 1 3

등급 3 등급

결과 3 개선

|    |   |        |
|----|---|--------|
| 등급 | 1 | 양호     |
|    | 2 | 지속적 관찰 |
|    | 3 | 개선     |
|    | 4 | 즉시 개선  |

그림 2-1. EXCEL용 OWAS 틀

# RULA 분석표



한성대학교 직업안전연구소  
bvwieong@hansung.ac.kr

| B 허리, 목, 다리 평가 |  |                       |         |                                     |       |      |
|----------------|--|-----------------------|---------|-------------------------------------|-------|------|
| 부위             |  | 분류                    | RULA 점수 | 해당 항목                               | 부위 점수 | 점수 D |
| 허리             |  |                       |         |                                     | 허리    | B    |
|                |  | 앞은자세(허리 지지: 0 ~ -20도) | 1       | <input type="checkbox"/>            | 2     | 4    |
|                |  | 앞은자세(지지 앞됨: 0 ~ -20도) | 2       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
|                |  | 0 ~ -10도 뒤로 정렬        | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
|                |  | 복비로                   | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
|                |  | 0 ~ 20도 굽힘            | 2       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |      |
|                |  | 20 ~ 60도 굽힘           | 3       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
|                |  | 60도 이상 굽힘             | 4       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
| +              |  | 비틀림                   | 1       | <input type="checkbox"/>            | 2     | 4    |
| +              |  | 옆으로 구부림               | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
| 목              |  |                       |         |                                     | 목     |      |
|                |  | 뒤로 정렬                 | 4       | <input type="checkbox"/>            | 1     |      |
|                |  | 0도 ~ 10도 굽힘           | 1       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |      |
|                |  | 10도 ~ 20도 굽힘          | 2       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
|                |  | 20도 이상 굽힘             | 3       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
| +              |  | 옆으로 구부림               | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
| +              |  | 비틀림                   | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |      |
| 다리             |  |                       |         |                                     | 다리    |      |
|                |  | 중심 두다리                | 1       | <input checked="" type="checkbox"/> | 1     |      |
|                |  | 중심 한다리                | 2       | <input type="checkbox"/>            |       |      |

출점수  
5

판정  
3개선

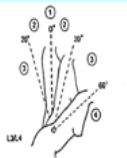
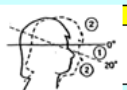
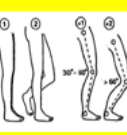
안전: 1,2  
지속적 관심: 3,4  
개선: 5,6  
즉시 개선: 7

| A 팔, 손목 평가 |  |                          |         |                                     |       |    |
|------------|--|--------------------------|---------|-------------------------------------|-------|----|
| 부위         |  | 분류                       | RULA 점수 | 해당 항목                               | 부위 점수 | 점수 |
| 어깨         |  |                          |         |                                     | 어깨    | A  |
|            |  | -20도 이상 뒤로               | 2       | <input type="checkbox"/>            | 2     | 5  |
|            |  | -20도 뒤로 ~ 20도 앞으로        | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
|            |  | 20 ~ 45도 앞으로             | 2       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
|            |  | 45 ~ 90도 앞으로             | 3       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |    |
|            |  | 90도 이상 위로                | 4       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
| +          |  | 외팔 뻗어지거나 회전              | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
| +          |  | 어깨 들림                    | 1       | <input type="checkbox"/>            | 2     | 5  |
| +          |  | 팔이 지지됨                   | -1      | <input checked="" type="checkbox"/> |       |    |
| 팔꿈치        |  |                          |         |                                     | 팔꿈치   |    |
|            |  | 0 ~ 60도 (외팔 수직선에서)       | 2       | <input type="checkbox"/>            | 2     | 5  |
|            |  | 60 ~ 100도                | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
|            |  | 100도 이상                  | 2       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |    |
| +          |  | 팔이 몸 안쪽을 교차하여 작업         | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
| +          |  | 팔이 물건을 벗어나 작업            | 1       | <input type="checkbox"/>            | 2     | 5  |
| 손목         |  |                          |         |                                     | 손목    |    |
|            |  | 15도 이상 들림                | 3       | <input type="checkbox"/>            | 2     |    |
|            |  | 중립자세                     | 1       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
|            |  | -15 ~ 15도                | 2       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |    |
|            |  | 15도 이상 꺾임                | 3       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
| +          |  | 옆으로 굽혀짐(deviation)       | 1       | <input type="checkbox"/>            | 1     |    |
| 손목비틀림      |  |                          |         |                                     |       |    |
|            |  | 보통                       | 1       | <input checked="" type="checkbox"/> | 1     |    |
|            |  | 손목이 비틀림                  | 2       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
| 부가 점수      |  |                          |         |                                     |       |    |
| 무게/힘       |  |                          |         |                                     |       |    |
|            |  | < 2kg                    | 0       | <input type="checkbox"/>            | 1     | 2  |
|            |  | 2 ~ 10kg (가끔)            | 1       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |    |
|            |  | 2 ~ 10kg (정적 자세/반복)      | 2       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
|            |  | 10kg 이상                  | 3       | <input type="checkbox"/>            |       |    |
| 근육사용       |  |                          |         |                                     | 1     |    |
| +          |  | 1분이상 정적 자세 또는 분당 4회이상 반복 | 1       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |    |

그림 2-2. EXCEL용 RULA 틀

## REBA 분석표

### Group A (허리,목,다리) 점수

| 부위 |                                                                                   | 분류                                                                             | REBA (L/R)                 | 부위 점수                      | Group A | Table A | Score A |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|
| 허리 |  | -20도이상 뒤로 젖힘<br>0 ~ -20도 뒤로 젖힘<br>똑바로<br>0 ~ 20도 굽힘<br>20~60도 굽힘<br>60도이상 굽힘   | 3<br>2<br>1<br>2<br>3<br>4 | 0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0 | 4       |         |         |
| +  |                                                                                   | 비틀림 또는 옆으로 구부림                                                                 | 1                          | 0                          |         |         |         |
| 목  |  | 뒤로 젖힘<br>0도~20도 굽힘<br>20도이상 굽힘                                                 | 2<br>1<br>2                | 0<br>0<br>0                | 1       | 5       |         |
| +  |                                                                                   | 비틀림 또는 옆으로 구부림                                                                 | 1                          | 0                          |         |         |         |
| 다리 |  | 앉은 자세<br>걸기<br>두발 중심으로 선 자세<br>한 발 중심으로 선 자세<br>무릎을 30~60도 굽힘<br>무릎을 60도 이상 굽힘 | 1<br>1<br>1<br>2<br>1<br>2 | 0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0 | 2       |         |         |
| 무게 |                                                                                   |                                                                                |                            |                            | 무게      |         |         |
| 무게 |                                                                                   | ≤ 5kg<br>5 ~ 10 kg<br>10kg 이상                                                  | 0<br>1<br>2                | 0<br>0<br>0                | 0       |         |         |
| +  |                                                                                   | 충격 또는 갑작스런 힘                                                                   | 1                          | 0                          |         |         |         |



한성대학교 인간공학연구소  
byjeong@hansung.ac.kr

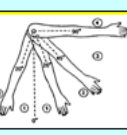
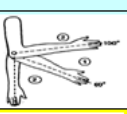
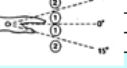
Score C  
4

REBA Score  
5

판정  
2 위험보통

무사:1  
낮음:2,3  
보통:4-7  
높음:8-10  
매우높음:11-15

### Group B (팔,손) 점수

| 부위      |                                                                                     | 분류                                                                           | REBA (L/R)            | 부위 점수                 | Group B | Table B | Score B |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|
| 어깨(상완)  |    | -20도 이상 뒤로<br>-20도 뒤로 ~ 20도 앞으로<br>20 ~ 45도 앞으로<br>45 ~ 90도 앞으로<br>90도 이상 위로 | 2<br>1<br>2<br>3<br>4 | 0<br>0<br>0<br>0<br>0 | 1       |         |         |
| +       |                                                                                     | 외팔 벌어지거나 회전                                                                  | 1                     | 0                     |         |         |         |
| +       |                                                                                     | 어깨 들림                                                                        | 1                     | 0                     |         |         |         |
| +       |                                                                                     | 팔이 지지됨                                                                       | -1                    | 0                     |         |         |         |
| 팔꿈치(전완) |  | 0 ~ 60도 (외팔 수직선에서)<br>60 ~ 100도<br>100도 이상                                   | 2<br>1<br>2           | 0<br>0<br>0           | 1       | 1       |         |
| 손목      |  | 15도 이상 들림<br>-15 ~ 15도<br>15도이상 꺾임                                           | 2<br>1<br>2           | 0<br>0<br>0           | 1       |         |         |
| +       |                                                                                     | 옆으로 굽혀지거나 비틀림                                                                | 1                     | 0                     |         |         |         |
| 손잡이     |                                                                                     |                                                                              |                       |                       | 손잡이     |         |         |
| 손잡이     |                                                                                     | 중음(적절한 손잡이)<br>보통(대용 손잡이)<br>나쁨(부적절한 손잡이)<br>부적절(손잡이 없음)                     | 0<br>1<br>2<br>3      | 0<br>0<br>0<br>0      | 1       |         |         |

### Activity

| Activity |            |   |   | Activity |
|----------|------------|---|---|----------|
| +        | 1분이상 정적 자세 | 1 | 0 |          |
| +        | 분당 4회이상 반복 | 1 | 0 | 1        |
| +        | 불안한 자세     | 1 | 0 |          |

그림 2-3. EXCEL용 REBA 틀

## 단순 들기 작업 분석표(NLE)

부서 \_\_\_\_\_ 작업 설명 \_\_\_\_\_  
 작업명 \_\_\_\_\_  
 분석자 \_\_\_\_\_  
 날짜 \_\_\_\_\_



한성대학교 인간공학연구소  
[byeong@hansung.ac.kr](mailto:byeong@hansung.ac.kr)

단계 1. 작업 변수 측정 및 기록

| 종량물 무게(kg) | 손 위치(cm) |    |    |     | 수직거리<br>(cm) | 비대칭 각도(도) |     | 빈도<br>회수/분 | 지속시간<br>(HRS) | 커플링 |      |
|------------|----------|----|----|-----|--------------|-----------|-----|------------|---------------|-----|------|
|            | 시점       |    | 종점 |     |              | 시점        | 종점  |            |               |     |      |
| L(평균)      | L(최대)    | H  | V  | H   | V            | D         | A   | A          |               | C   |      |
| 1          | 2        | 21 | 32 | 123 | 142          | 12        | 123 | 121        | 5             | 7   | fair |

단계 2. 계수 및 RWL 계산

| 시점 | RWL= | 23 | HM       | VM    | DM | AM     | FM   | CM   |   |       |    |
|----|------|----|----------|-------|----|--------|------|------|---|-------|----|
|    | RWL= | 23 | 1        | 0.871 | 1  | 0.6064 | 0.35 | 0.95 | = | 4.039 | kg |
| 종점 | RWL= | 23 | 0.203252 | 0.799 | 1  | 0.6128 | 0.35 | 1    | = | 0.801 | kg |

단계 3. 들기 지수(LI) 계산

|    |           |   |        |   |                      |   |       |
|----|-----------|---|--------|---|----------------------|---|-------|
| 시점 | 들기 지수(LI) | = | 종량물 무게 | = | $\frac{1}{4.039214}$ | = | 0.248 |
| 종점 | 들기 지수(LI) | = | 종량물 무게 | = | $\frac{1}{0.801118}$ | = | 1.248 |

작업 평가 결과 **중점** 관리적 개선책 필요 **HM** 요소를 가장 먼저 개선해야 합니다.

그림 2-4. EXCEL용 NLE 틀

사 업 부 \_\_\_\_\_ 라인 \_\_\_\_\_  
 부 서 \_\_\_\_\_ 주기시간 \_\_\_\_\_  
 작 업 명 \_\_\_\_\_  
 작업 내용 \_\_\_\_\_



한성대학교 인간공학연구소  
[byeong@hansung.ac.kr](mailto:byeong@hansung.ac.kr)

| Strain Index     |                    |                 |      |
|------------------|--------------------|-----------------|------|
| 작업내용             |                    | Strain Index 점수 | 4.5  |
|                  |                    | 판정 등급           | 2불명확 |
| 강도               | 힘들 : 현저히 힘을 사용     |                 | 6.0  |
| 지속기간(% of Cycle) | 50-79%             |                 | 2.0  |
| 분당 회수            | < 4                |                 | 0.5  |
| 손/손목 자세          | 매우 좋음 : 완전 중립      |                 | 1.0  |
| 작업 속도            | 빠름 : 서두름, 속도 유지 요구 |                 | 1.5  |
| 작업시간(시간)         | 1-2                |                 | 0.5  |

| SI 점수 | 판정    |
|-------|-------|
| < 3   | 안전    |
| 3-5   | 불명확   |
| 5-7   | 약간 위험 |
| > 7   | 위험    |

J. Steven Moore & Arun Garg, The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders; Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 56:443-458 (1995)

그림 2-5. EXCEL용 Strain Index 틀

사 업 부  
 부 서  
 작 업 명  
 작업 내용

라인  
 주기시간



한성대학교 인간공학연구소

[byeong@hansung.ac.kr](mailto:byeong@hansung.ac.kr)

### ANSI-Z 365 분석표

"Hazard Surveillance Quick Check for CTD Risk Factors", Surveillance ANSI 6/25/92

| 위험 요인                     |                    | 단위 | 노출시간 | 점수  |
|---------------------------|--------------------|----|------|-----|
| 반복 동작                     | 수초 마다 반복(15회 이상/분) | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 수분마다 반복            | 시간 |      | 0.0 |
| 중량물 들기                    | 2.3kg - 6.8kg      | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 6.8kg - 13.5kg     | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 13.5kg - 22.5kg    | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 22.5kg 이상          | 시간 |      | 0.0 |
| 밀기/당기기                    | 쉽다                 | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 보통이다               | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 무겁다(힘들다)           | 시간 |      | 0.0 |
| 중량물 운반(3m 이상)             | 2.3kg - 6.8kg      | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 6.8kg - 13.5kg     | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 13.5kg 이상          | 시간 |      | 0.0 |
| 작업 자세                     | 과도한 손발힘            | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 목/어깨 : bend/twist  | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 머리위작업              | 시간 |      | 0   |
|                           | 팔꿈치/전완 : twist     | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 손/손목 : bend/pinch  | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 몸통 : twist/bend    | 시간 |      | 0.0 |
|                           | 무릎 : squat/kneel   | 시간 |      | 0.0 |
| 동력 공구 사용(power tools)     |                    | 시간 |      | 0.0 |
| 신체압박(공구 혹은 작업대로부터)        |                    | 시간 |      | 0.0 |
| 정적인 동작                    |                    | 시간 |      | 0.0 |
| 작업환경(저온, 고열, 광선, 진동, 눈부심) |                    | 시간 |      | 0.0 |
| 키보드 계속작업                  |                    | 시간 |      | 0.0 |
| 인센티브 제도/ 작업속도 조절 불가능      |                    | 시간 |      | 0.0 |

|     |     |
|-----|-----|
| 총 점 | 0.0 |
| 판 정 | 안전  |

그림 2-6. EXCEL용 ANSI-Z365 틀

## Snook's Table - Push/Pull Analysis

작업

메모

"Today"를 눌러 날짜를 설정하십시오

Today



한성대학교 인간공학연구소  
byjeong@hansung.ac.kr

안내

작업형태

수직 위치

이동거리

빈도

단위

빈도 설정

|  |    | Design Goal |       |    | Actual Value [lb] | % Accept. for Men | % Accept. for Women |
|--|----|-------------|-------|----|-------------------|-------------------|---------------------|
|  | 처음 | 59          | 무게 한계 | 처음 | 59.0              | 95                | 75                  |
|  | 지속 | 46          |       | 지속 | 46.0              | 92                | 74                  |

| Percent Acceptable |    |     |     |     |    |    |
|--------------------|----|-----|-----|-----|----|----|
|                    |    | 10  | 25  | 50  | 75 | 90 |
| 처음                 | 남자 | 154 | 134 | 112 | 90 | 70 |
|                    | 여자 | 91  | 81  | 70  | 59 | 49 |
| 지속                 | 남자 | 119 | 103 | 84  | 65 | 49 |
|                    | 여자 | 93  | 78  | 62  | 46 | 31 |

Note: All forces are reported to nearest whole number.

그림 2-7. EXCEL용 Push/Pull 틀

## Snook's Table - Carry Analysis

작업

메모

"Today"를 눌러 날짜를 설정하십시오

Today



한성대학교 인간공학연구소  
byjeong@hansung.ac.kr

안내

작업형태

수직 위치

이동거리

빈도

단위

빈도 설정

|  |    | Design Goal |       |  | Actual Value [lb] | % Accept. for Men | % Accept. for Women |
|--|----|-------------|-------|--|-------------------|-------------------|---------------------|
|  | 34 |             | 무게 한계 |  | 34.0              | 92                | 73                  |

| Percent Acceptable |    |    |    |    |    |    |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|
|                    |    | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 |
| 남자                 |    | 95 | 81 | 66 | 51 | 37 |
|                    | 여자 | 49 | 44 | 39 | 34 | 29 |

Note: All forces are reported to nearest whole number.

그림 2-8. EXCEL용 Carry Analysis 틀

### Snook's Table - Lift/Lower Analysis

작업명:

메모:

Today:

작업형태:  단위:  빈도 설정:

안내:  Position of Hands:  수직 위치:  이동거리:  빈도:

| Design Goal | Actual Value [lb] | % Accept. for Men | % Accept. for Women |
|-------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 26          | 26.0              | 97                | 77                  |

무게 한계

|    | Percent Acceptable |    |    |    |    |
|----|--------------------|----|----|----|----|
|    | 10                 | 25 | 50 | 75 | 90 |
| 남자 | 100                | 86 | 70 | 54 | 39 |
| 여자 | 40                 | 36 | 31 | 26 | 22 |

Note: All forces are reported to nearest whole number.

그림 2-9. EXCEL용 Lift/Lower 틀

사업부:

부서:

작업명:

작업내용:

라인:

주기시간:

### OSHA 상지위험요인 평가표 A

| 항목   | 위험요인                           | 단위    | 노출시간 | 점수  |
|------|--------------------------------|-------|------|-----|
| 반복성  | 1. 높은 반복작업(15초 미만의 주기)         | 시간    |      | 0.0 |
|      | 2. 지속적인 반복작업(키보드 입력 작업)        | 시간    |      | 0.0 |
| 손힘   | 1. 쥐는 힘(4.5kg 이상)              | 시간    |      | 0.0 |
|      | 2. 잡는 힘(0.9kg 이상 손가락으로)        | 시간    |      | 0.0 |
| 작업자세 | 1. 목 : 20도 이상 굽히기/앞으로/뒤로 5도이상) | 시간    |      | 0.0 |
|      | 2. 어깨 : 팔꿈치/팔이 가슴높이 이상에 위치     | 시간    |      | 0.0 |
|      | 3. 아래팔 : 비틀기(드라이버 등 도구 이용)     | 시간    |      | 0.0 |
|      | 4. 손목굽히기(숙이기(≥ 20도)/젖히기(≥ 30도) | 시간    |      | 0.0 |
|      | 5. 손가락으로 집기(칼, 마우스 등)          | 시간    |      | 0.0 |
| 신체압박 | 1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림(손, 팔)    | 시간    |      | 0.0 |
|      | 2. 손바닥을 땅치와 같은 공구로 사용          | 시간    |      | 0.0 |
| 진동   | 1. 국소진동(진동 흡수체 미사용)            | 시간    |      | 0.0 |
|      | 2. 전신진동(진동 흡수체 미사용)            | 시간    |      | 0.0 |
| 환경   | 1. 조명(부적합 조명/눈부심)              | 시간    |      | 0.0 |
|      | 2. 저온 작업(손노출)                  | 시간    |      | 0.0 |
| 작업조절 | 1. 기계 의존적인 작업속도                | 해당 항목 |      | 0.0 |
|      | 2. 지속적 모니터링                    | 해당 항목 |      | 0.0 |
|      | 3. 일당 목표제                      | 해당 항목 |      | 0.0 |

(하나 해당: 1점, 둘 이상 해당: 2점)

|     |     |
|-----|-----|
| 총 점 | 0.0 |
| 판 정 | 안전  |

그림 2-10. EXCEL용 OSHA 상지위험요인 평가표 A

사 업 부  
부 서  
작 업 명  
작업 내용

라인  
주기시간

**OSHA 허리/하지 위험요인 평가표 B**

| 항목     | 위험요인                         | 단위       | 노출시간 | 점수  |
|--------|------------------------------|----------|------|-----|
| 작업자세   | 1. 허리 : 20~45도 굽힘, 옆으로 기울임   | 시간       |      | 0.0 |
|        | 2. 허리 : 45도이상 굽힘             | 시간       |      | 0.0 |
|        | 3. 허리를 뒤로 젖힘                 | 시간       |      | 0.0 |
|        | 4. 허리를 비틀                    | 시간       |      | 0.0 |
|        | 5. 허리지지 없이 앉을                | 시간       |      | 0.0 |
|        | 6. 발지지대 불량                   | 시간       |      | 0.0 |
|        | 7. 무릎 꿇음/웅크림                 | 시간       |      | 0.0 |
|        | 8. 발목 반복사용/heel 스위치          | 시간       |      | 0.0 |
| 신체압박   | 1. 디리 : 딱딱한/날카로운 물체에 접촉      | 시간       |      | 0.0 |
|        | 2. 무릎 사용                     | 시간       |      | 0.0 |
| 진동     | 진동에 노출(진동 흡수제 없음)            | 시간       |      | 0.0 |
| 말기/당기기 | 1. 보통 무게(초기형 9kg 이하/90kg 대차) | 시간       |      | 0.0 |
|        | 2. 무거운 무게(22kg)              | 시간       |      | 0.0 |
| 작업조절   | 1. 기계 의존적인 작업속도              | 해당 항목 개수 |      | 0.0 |
|        | 2. 지속적 모니터링                  |          |      |     |
|        | 3. 일당 목표제                    |          |      |     |

(하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)

표 B 총점

0.0

**OSHA 허리/하지 위험요인 평가표 C**

| 단계  | 요인                                                                   | 수평거리                                       |                                            |                                                 | 측정 값<br>번호 | 점수 |
|-----|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|----|
|     |                                                                      | 10cm 미만                                    | 10~25cm                                    | 25cm 이상                                         |            |    |
| 1단계 | 무게**<br>(번호 선택)                                                      | 1) 23kg 이상<br>4) 7 ~ 23kg 미만<br>7) 7 kg 미만 | 2) 15kg 이상<br>5) 5 ~ 15kg 미만<br>8) 5 kg 미만 | 3) 23kg 이상<br>6) 4.5 ~ 12 kg 미만<br>9) 4.5 kg 미만 |            | 0  |
| 비고  | *10 분 미만의 빈도는 평균 값 이용<br>*10 분 이상의 빈도는 최대 값 이용                       |                                            |                                            |                                                 |            |    |
| 단계  | 요인                                                                   | 단위                                         | 노출시간                                       | 점수                                              |            |    |
| 2단계 | 1. 들기 작업중 물통을 비틀                                                     | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 2. 한 손으로 들기                                                          | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 3. 불안정한 들기(액체, 불균형 물체 등)                                             | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 4. 분당 1~5회 들기                                                        | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 5. 분당 5회이상 들기                                                        | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 6. 어깨이상 들기                                                           | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 7. 무릎 아래서 들기                                                         | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 8. 3~9m 이동 운반                                                        | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 9. 9m 이상 이동 운반                                                       | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
|     | 10. 앉거나 무릎을 꿇은 상태에서 들기                                               | 시간                                         |                                            | 0                                               |            |    |
| 비고  | * 빈도 10 분이상인 경우 1시간 미만으로 해석<br>* 위험요인이 대부분 들기 적어인 경우에는 1시간이상 작업으로 해석 |                                            |                                            |                                                 |            |    |

표 C 총점

0.0

총 점 (B+C)

0.0

판 정

안전

그림 2-11. EXCEL용 OSHA 허리/하지위험요인 평가표 B/C

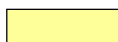
### 2.1.2 OWAS, RULA, REBA 통합 프로그램

본 연구에서는 유해요인 조사 평가방법으로 가장 많이 사용되고 있는 OWAS, RULA, REBA 를 대상으로 각 평가방법이 갖고 있는 취약점을 보완하고 평가방법을 통합하여 작업자에게 좀 더 편리하고 정확한 분석이 가능하도록 하기위해 세 가지 평가도구의 판정결과를 동시에 제공하여 주는 통합형 평가시스템을 구축하였다.

표 2-1은 세가지 평가기법들의 자세분류 코드가 어떻게 통합되어 사용되었는지를 보여주기 위해 허리부위를 대상으로 통합된 허리자세 분류코드를 요약한 것이다.

표 2-1. 평가기법별 허리 자세 분류표

| 평가기법 | 허리 자세                                                                                                                                                          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OWAS | 곧바로 편 자세(서 있음)<br>상체를 앞으로 20도이상 굽힌 자세<br>바로서서 허리를 옆으로 20도이상 비튼자세<br>상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼자세                                                                      |
| RULA | 앉은자세(허리 지지: 0 ~ -20도)<br>앉은자세(지지 않됨: 0 ~ -20도)<br>0 ~ -10도 뒤로 젖힘<br>똑바로<br>0 ~ 20도 굽힘<br>20~60도 굽힘<br>60도이상 굽힘<br>비틀림<br>옆으로 구부림                               |
| REBA | -20도이상 뒤로 젖힘<br>0 ~ -20도 뒤로 젖힘<br>똑바로<br>0 ~ 20도 굽힘<br>20~60도 굽힘<br>60도이상 굽힘<br>비틀림 또는 옆으로 구부림                                                                 |
| 통 합  | -20도이상 뒤로 젖힘<br>-10 ~ -20도 뒤로 젖힘<br>0 ~ -10도 뒤로 젖힘<br>똑바로<br>0 ~ 20도 굽힘<br>20~60도 굽힘<br>60도이상 굽힘<br>앉은자세(허리지지: 0~-20도)<br>앉은자세(지지않됨: 0~-20도)<br>비틀림<br>옆으로 구부림 |



부가적 평가

OWAS, RULA, REBA 통합 프로그램은 허리, 목, 다리, 어깨(윗팔), 팔꿈치(아래팔), 손목, 손목 비틀림, 부하/힘, 손잡이, Activity 점수에 대해 평가 방법별로 자세 분류표를 통합하여, 항목별 분류표를 EXCEL의 메뉴 아이콘을 이용하여 개발했다(그림2-12).



사 업 부  
작 업 명  
작업 내용

라인

주거시간

| 위험 요인        |                   | 구분                  | REBA    | OWAS      | RULA    |
|--------------|-------------------|---------------------|---------|-----------|---------|
| 허리           | 허리 자세             | 60도이상 굽힘            | 4       | 2         | 4       |
|              | 비틀림(+1)           | FALSE               | 합계      | Code<br>2 | 합계<br>4 |
|              | 옆으로구부림(+1)        | FALSE               | 4       |           | 4       |
| 목            | 목 자세              | 10도~20도 굽힘          | 1       | 1         | 2       |
|              | 비틀림(+1)           | FALSE               | 합계      | Code<br>1 | 합계<br>2 |
|              | 옆으로구부림(+1)        | FALSE               | 1       |           | 2       |
| 다리           | 다리 자세             | 앞은 자세               | 1       | 1         | 1       |
|              | 무릎 30~60도 굽힘      |                     | 합계      | Code<br>1 | 합계<br>1 |
|              | 무릎을 60도이상 굽힘      |                     | 1       |           | 1       |
| 어깨<br>(위팔)   | 어깨 자세             | 45 ~ 90도 앞으로        | 3       | 1         | 3       |
|              | 위팔 벌어지거나 회전       | TRUE                | 합계      | 합계<br>1   | 합계<br>5 |
|              | 어깨 돌림             | TRUE                | 5       |           |         |
|              | 팔이 지지됨            | FALSE               |         |           |         |
| 팔꿈치<br>(아래팔) | 팔꿈치 팔자세           | 0 ~ 60도 (허벅지 수직선에서) | 2       |           | 2       |
|              | 팔이 몸 안쪽을 교차       |                     | 합계      |           | 합계<br>2 |
|              | 팔이 몸통을 벗어남        |                     |         |           | 2       |
| 손목           | 손목 자세             | 15도이상 휘임            | 2       |           | 3       |
|              | 옆으로 굽힘(deviation) | FALSE               | 합계      |           | 합계<br>3 |
| 손목 비틀림       | 손목 비틀림            | 1                   |         | 2         |         |
| 부하/힘         | 중량                | 5 ~ 10 kg(가공)       | 1       | 1         | 1       |
|              | 충격/갑작스런 힘         | FALSE               | 합계      | Code<br>1 | 합계<br>1 |
| 손잡이          | 손잡이               | 나쁨(부적절한 손잡이)        | 2       |           |         |
| Activity     | 1분이상 정적 자세        | TRUE                | 1       |           | 1       |
|              | 분당 4회이상 반복        | FALSE               |         |           |         |
|              | 불안한 자세            | FALSE               |         |           |         |
|              |                   |                     | REBA    | OWAS      | RULA    |
| 평가 점수        |                   |                     | 10      | 2         | 8       |
| 평가 등급        |                   |                     | 4조만간 개선 | 2관찰       | 4즉시개선   |

그림 2-13. OWAS, RULA, REBA 통합 프로그램

## 2.2 실무용 평가시스템 개발

### 2.2.1 실무용 시스템 개발원리

근골격계질환 관련 정밀평가 도구에 대한 위험요인과 분석변수의 범주에 대해 살펴보면 표 2-2와 같이 요약할 수 있으며, 본 연구에서는 이들 평가요소들을 종합적으로 통합하여 분석할 수 있도록 통합프로그램에 반영하였다.

표 2-2. 평가 방법별 위험요인 분류 및 통합 프로그램의 분석변수

| 위험요인       |       | 부담<br>작업 | OWAS | RULA | REBA | ANSI | WAC | NLE | 통합<br>프로그램 |
|------------|-------|----------|------|------|------|------|-----|-----|------------|
| 허리         | 자세    | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0          |
| 목          | 자세    | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
|            | 반복    | 0        |      |      |      |      |     |     | 0          |
| 다리<br>(무릎) | 자세    | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
| 어깨         | 자세    | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
|            | 반복    | 0        |      | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
| 팔꿈치        | 자세    | 0        |      | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
|            | 반복    | 0        |      | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
| 손목         | 자세    | 0        |      | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
|            | 반복    | 0        |      | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
| 손가락        | 자세    | 0        |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
|            | 무게    | 0        |      |      |      |      |     |     | 0          |
| 과도한뻗침      | 자세    | 0        |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
| 불안정자세      | 자세    |          |      |      | 0    |      |     |     | 0          |
| 정적자세       | 자세    |          |      | 0    | 0    | 0    |     |     | 0          |
| 충격         | 손     | 0        |      |      | 0    |      |     |     | 0          |
|            | 무릎    | 0        |      |      | 0    |      |     |     | 0          |
| 신체압박       | 팔     |          |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
|            | 손바닥   |          |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
|            | 다리    |          |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
|            | 무릎    |          |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
| 진동         | 공구    |          |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
|            | 전신    |          |      |      |      | 0    |     |     | 0          |
| 중량물        | 유형    | 0        |      |      |      | 0    | 0   | 0   | 0          |
|            | 무게    | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0          |
|            | 한손/양손 | 0        |      |      |      |      |     |     | 0          |
|            | 손잡이   |          |      |      | 0    |      |     | 0   | 0          |
|            | 수평거리  | 0        |      |      |      |      | 0   | 0   | 0          |
|            | 수직높이  | 0        |      |      |      |      | 0   | 0   | 0          |
|            | 시간    | 0        |      |      |      |      | 0   | 0   | 0          |
|            | 회수    | 0        |      |      |      |      | 0   | 0   | 0          |
| 총 고려 변수    |       | 22개      | 5개   | 11개  | 15개  | 20개  | 7개  | 8개  | 31개        |

표 2-3에서 2-16은 실무자용 통합 작업위험평가 EXCEL 프로그램에 사용된 각 신체부위별 평가변수를 요약한 것이다. 또한 프로그램에서는 노동부 고시 제2003-24호에 따른 11가지 근골격계 부담작업 여부를 파악할 수 있도록 평가 변수별 부담작업에 해당되는 요소를 나타내었다.

■ 허리 자세 분류

표 2-3. 허리 자세 분류

| 자세      | 굽힘 평가   |            |             |            |           |          | 부가적 평가 |
|---------|---------|------------|-------------|------------|-----------|----------|--------|
|         | 바로      | 굽힘         |             |            | 뒤로        |          | 비름     |
|         |         | 20<        | 20 ~ 60     | 60>        | -20<      | -20 >    |        |
| 설명      | 똑바로 편자세 | 0°~20° 구부림 | 20°~60° 구부림 | 60° 이상 구부림 | 0°~20° 젖힘 | 20°이상 젖힘 | 허리 비름  |
| 부담작업 기준 |         |            | 0           | 0          |           |          | 0      |

■ 목 자세 분류

표 2-4. 목 자세 분류

| 자세      | 굽힘 평가    |             |            |       | 부가적 평가 |
|---------|----------|-------------|------------|-------|--------|
|         | 바로       | 굽힘          |            | 뒤로    | 비름     |
|         |          | 10~20       | 20>        |       |        |
| 설명      | 똑바로 편 자세 | 10°~20° 구부림 | 20° 이상 구부림 | 뒤로 젖힘 | 목 비름   |
| 부담작업 기준 |          |             | 0          | 0     | 0      |

■ 다리 자세 분류

표 2-5. 다리 자세 분류

| 자세      | 다리   |         |             |         |           |            |           |       |    |        |       |
|---------|------|---------|-------------|---------|-----------|------------|-----------|-------|----|--------|-------|
|         | 앞음   |         | 중심          |         | 다리굽힘      |            |           |       | 건기 | 엎드림    | 누움    |
|         | 지지   | 안됨      | 양발          | 한발      | 30<       | 30~60      | 60>       | 꿇음    |    |        |       |
| 설명      | 허리지지 | 허리지지 안됨 | 체중이 양다리에 분포 | 한다리에 분포 | 0°~30° 굽힘 | 30°~60° 굽힘 | 60° 이상 굽힘 | 무릎 꿇음 | 건기 | 엎드린 자세 | 누운 자세 |
| 부담작업 기준 |      |         |             |         |           |            | 0         | 0     |    |        |       |

■ 상완(어깨) 자세 분류

표 2-6. 상완(어깨) 자세 분류

| 자세      | 상완(어깨) 각도   |                 |            |            |              |              | 부가적 평가       |
|---------|-------------|-----------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
|         | -20 >       | -20~20          | 20~45      | 45~90      | 한팔90>        | 양팔90>        | 벌어짐          |
| 설명      | 20°이상 뒤로 젖힘 | 20° 이내로 들리거나 젖힘 | 20°~45° 들림 | 45°~90° 들림 | 한팔이 90°이상 들림 | 양팔이 90°이상 들림 | 상완이 몸통에서 벌어짐 |
| 부담작업 기준 |             |                 |            |            | 0            | 0            | 0            |

■ 전완(팔꿈치) 자세 분류

표 2-7. 전완(팔꿈치) 자세 분류

| 자세 | 아래팔        |              |           |                |             |
|----|------------|--------------|-----------|----------------|-------------|
|    | 0 ~ 60     | 60~100       | 100>      | 교차             | 벗어남         |
| 설명 | 0°~60°의 들림 | 60°~100°의 들림 | 100°이상 들림 | 몸의 중앙을 교차하여 작업 | 몸통을 벗어나서 작업 |

■ 손목 자세 분류

표 2-8. 손목 자세 분류

| 자세 | 손목 각도    |          |                    |          | 부가적 평가    |            |
|----|----------|----------|--------------------|----------|-----------|------------|
|    | 중립       | 15상      | -15~15             | 15하      | 옆으로       | 비틀림        |
| 설명 | 자연스러운 위치 | 15°이상 들림 | 0°~15° 사이의 들림이나 꺾임 | 15°이상 꺾임 | 요골편향/측골편향 | 손목이 비틀린 경우 |

■ 과도한 뻗침

표 2-9. 과도한 뻗침의 정의

| 자세 | 과도한 뻗침                  |
|----|-------------------------|
| 설명 | 정상 작업영역을 벗어나서 작업을 하는 경우 |

■ 불안정 자세

표 2-10. 불안정 자세의 정의

| 자세 | 불안정                                     |
|----|-----------------------------------------|
| 설명 | 다리와 발이 지지 되지 못하고 체중의 분포도 균형을 이루지 못하는 경우 |

■ 반복성

표 2-11. 반복성 분류

| 변수 | 반복성                            |
|----|--------------------------------|
| 설명 | 동일 근육군을 분당 15회 이상 반복하여 사용하는 경우 |

■ 신체압박

표 2-12. 신체압박 분류

| 변수 | 신체압박           |                   |                  |                  |
|----|----------------|-------------------|------------------|------------------|
|    | 팔부위            | 손바닥               | 다리               | 무릎               |
| 설명 | 모서리에 의한 팔부위 압박 | 모서리에 의한 손바닥 부위 압박 | 모서리에 의한 다리 부위 압박 | 무릎을 바닥에 지지 하는 자세 |

■ 진동

표 2-13. 진동 분류

| 변수 | 진동             |                      |
|----|----------------|----------------------|
|    | 공구             | 전신                   |
| 설명 | 전동공구에 의한 국소 진동 | 차량과 같은 전신에 진동을 주는 상태 |

■ 손 사용

표 2-14. 손 사용 분류

| 변수 | 손 사용       |            |
|----|------------|------------|
|    | 한 손        | 양 손        |
| 설명 | 한손을 이용한 작업 | 양손을 이용한 작업 |

■ 충격

표 2-15. 충격 분류

| 변수 | 충격               |                   |
|----|------------------|-------------------|
|    | 손                | 무릎                |
| 설명 | 손에 의해 충격을 가하는 작업 | 무릎에 의해 충격을 가하는 작업 |

■ 중량물 취급

표 2-16. 중량물 취급에 대한 자세 분류

| 평가항목   | 자세설명   |           |
|--------|--------|-----------|
| 중량물 취급 | 중량     | kg        |
|        | 유형     | 운반        |
|        |        | 밀기/당기기    |
|        |        | 들기/내리기    |
|        | 손잡이    | 종음        |
|        |        | 보통        |
|        |        | 나뭇        |
|        |        | 매우나뭇      |
|        | 손 수평거리 | 25cm 이하   |
|        |        | 25 ~ 50cm |
|        |        | 50cm 이상   |
|        | 손 수직높이 | 무릎 아래     |
|        |        | 허리 높이     |
|        |        | 어깨 높이     |
|        |        | 어깨 위 높이   |

### 2.2.2 실무용 시스템의 개발

EXCEL 프로그램으로 구현된 실무자용 통합 프로그램은 작업내용 및

작업 설비/도구 등에 대한 기본 조사 부분과 샘플링 조건 부분, 단면평가 기법인 OWAS, RULA, REBA, Washington OSHA를 이용한 작업 자세 분석 부분, 유해요인에 대한 원인 분석 부분, 종합평가 기법인 ANSI-Z365 분석과 11가지 근골격계 부담작업 해당유무에 대한 부분으로 구성돼 있다 (그림 2-14).



그림 2-14. 실무자용 통합 프로그램 구성

그림 2-15는 EXCEL 프로그램으로 구현된 작업평가를 위한 실무자용 통합 프로그램을 나타낸 것이다.



는 60회 샘플링 장면을 31가지 요소 작업 자세별로 분석하여 OWAS, RULA, REBA 등 단면평가 결과와 유해요인 및 원인분석 결과를 각 작업 장면마다 평가할 수 있고, 전체 작업자세 분석이 끝나면 31개 요소의 해당 비율을 통해 ANSI-Z365, OWAS 누적 비율 등 종합평가와 부담작업 11가지 해당 유무를 평가하게 된다.

EXCEL을 이용한 실무자용 통합 프로그램은 인간공학적 정밀 평가뿐만 아니라 근골격계 부담작업 유해요인 조사 지침(KOSHA Code H-30)의 작업조건 조사에 대한 유해요인 및 원인 평가 부분을 제공하여 작업조건에 대한 근골격계 부담작업 예방을 위한 조치 수준을 제공한다(표2-17).

표 2-17. 작업별로 관찰된 유해요인 원인 분석

| 유해요인            | 유해요인에 대한 원인 | 체크여부 | 자동부여 |
|-----------------|-------------|------|------|
| 접촉<br>스트레스      | 작업대 모서리에 눌림 | 0    |      |
|                 | 공구 손잡이에 눌림  | 0    |      |
|                 | 공구에 눌림      | 0    |      |
|                 | 키보드에 눌림     | 0    |      |
|                 | 재공품에 눌림     | 0    |      |
|                 | 손가락에 눌림     | 0    |      |
|                 | 신체 압박       |      | 0    |
| 부자연스런<br>자세     | 허리 자세       |      | 0    |
|                 | 목 자세        |      | 0    |
|                 | 팔 자세        |      | 0    |
|                 | 다리 자세       |      | 0    |
|                 | 손목 자세       |      | 0    |
| 진동              | 국소진동, 전신진동  |      | 0    |
| 반복성             |             |      | 0    |
| 중량물취급 (10kg 이상) |             |      | 0    |

### 3. 평가시스템 적용사례 및 장점

#### 3.1 사업장 적용 사례

실제 사업장에서 근골격계질환 관련 작업위험 평가 과정은 그림 3-1과 같다.



그림 3-1. 실제 작업위험 평가 과정

#### 1) 작업 자세 분석

실무자용 통합 프로그램을 이용하여 분석자는 촬영된 작업자의 모습을 등간격으로 샘플링하여 샘플링된 작업 장면마다 31개 요소의 항목에 대하여 분석하게 된다.

그림 3-2는 작업장면에 대한 평가시스템의 적용 화면을 나타낸다.



| 순서 | 작업 내용  | 허리 |   |   |   | 목 |   |   |   | 상肢 |   |   |   | 다리 |   |
|----|--------|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|----|---|
|    |        | 배  | 교 | 뒤 | 정 | 배 | 교 | 뒤 | 정 | 지  | 상 | 하 | 한 | 한  | 다 |
| 1  | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 2  | 운반     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   |   |    |   |
| 3  | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 4  | 중량물취급  |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 5  | 운반     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   |   |    |   |
| 6  | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 7  | 대기     |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   |   |    |   |
| 8  | 대화     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 9  | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 10 | 운반     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   |   |    |   |
| 11 | 확인     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 12 | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 13 | 운반     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   |   |    |   |
| 14 | 기타     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 15 | 중량물취급  |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 16 | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 17 | 물기/내리기 |    | 1 |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   | 1 | 1  |   |
| 18 | 운반     | 1  |   |   |   |   |   |   | 1 |    |   |   |   |    |   |

그림 3-2. 작업 자세 분석 모습

## 2) 유해원인 및 원인 평가

표 3-1은 작업 중 유해한 작업 자세를 취하는 요소작업에 대해 유해원인과 OWAS, RULA, REBA 평가방법을 통한 단면평가 결과를 예로 제시한 것이다.

표 3-1. 유해원인 및 원인 평가서

| 중량물 취급 작업                                                                           | 유해 요인                                                                                                                                                     |                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부자연스런 자세 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 허리 굽힘</li> <li>· 목 비틀</li> </ul> </li> <li>- 중량물 취급</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• OWAS: 3(개선)</li> <li>• RULA: 4(즉시개선)</li> <li>• REBA: 3(개선필요)</li> </ul> |
|                                                                                     | 유해요인 원인                                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
|                                                                                     | 개선안                                                                                                                                                       |                                                                                                                   |
|                                                                                     |                                                                                                                                                           |                                                                                                                   |

## 3) 작업 자세 비율

표 3-2는 작업 자세 분석 결과를 통해 작업 중 취한 자세를 신체 부위별로 자세를 분류하여 나타난 결과를 예로 제시한 것이다. 또한 정적, 동

적 자세에서의 위험 수준을 신체 부위별 자세의 누적 비율에 따라 평가된 결과도 제시하고 있다.

표 3-2. 작업 자세 비율 결과

| 평가 항목 | 코드 | 자세 설명                     | 비율    | OWAS평가 |      |
|-------|----|---------------------------|-------|--------|------|
|       |    |                           |       | 코드평가   | 전체평가 |
| 허리    | 1  | 곧바로 편 자세                  | 58.3% | 1      | 2    |
|       | 2  | 상체를 앞으로 20도이상 굽힌 자세       | 11.7% | 1      |      |
|       | 3  | 바로 서서 허리를 옆으로 20도이상 비튼 자세 | 18.3% | 1      |      |
|       | 4  | 상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세    | 11.7% | 2      |      |
| 팔     | 1  | 양손을 어깨 아래로 내린 자세          | 79.0% | 1      | 1    |
|       | 2  | 한 손만 어깨 위로 올린 자세          | 21.0% | 1      |      |
|       | 3  | 양손 모두 어깨 위로 올린 자세         | 0%    | 1      |      |
| 다리    | 1  | 앉은 자세                     | 0%    | 1      | 2    |
|       | 2  | 두 다리를 펴고 선 자세             | 76.0% | 2      |      |
|       | 3  | 한 다리로 선 자세                | 13.3% | 1      |      |
|       | 4  | 두 다리를 구부린 선 자세            | 0%    | 1      |      |
|       | 5  | 한 다리로 서서 구부린 선 자세         | 10.7% | 2      |      |
|       | 6  | 무릎 꿇는 자세                  | 0%    | 1      |      |
|       | 7  | 걸기                        | 0%    | 1      |      |
| 목     | 1  | 곧바른/자유 자세                 | 48.3% | 1      | 2    |
|       | 2  | 앞으로 20도이상 굽은 자세           | 23.3% | 2      |      |
|       | 3  | 옆으로 20도이상 굽은 자세           | 0%    | 1      |      |
|       | 4  | 뒤로 20도이상 굽은 자세            | 3.3%  | 1      |      |
|       | 5  | 비틀림                       | 25.0% | 1      |      |

OWAS 분석

\*1등급 : 안전한 작업

\*3등급 : 개선을 요하는 작업

\*2등급 : 지속적인 관찰을 요하는 작업

\*4등급 : 즉시 개선을 요하는 작업

#### 4) 부담작업 여부 평가

표 3-3은 근골격계질환 부담작업 해당유무를 확인하기 위해 샘플링 분석을 통해 얻어진 작업 자세를 하루작업 시간으로 환산하여 11가지 부담작업에 해당되는 시간 비율과 부담작업이 되기 위한 최소 작업시간을 나타낸 것이다.

표 3-3. 작업 유형별 부담작업 요건조사

| 작업  |     | 부담작업 보유 현황 |     |     |     |    |    |     |    |    |     |     |
|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|-----|-----|
|     |     | 1호         | 2호  | 3호  | 4호  | 5호 | 6호 | 7호  | 8호 | 9호 | 10호 | 11호 |
| 작업명 | 유무  |            | 0   |     | 0   |    |    |     |    |    |     |     |
|     | %   | 0%         | 64% | 6%  | 41% | 0% | 0% | 3%  | 0% | 0% | 0%  | 0%  |
|     | 8시간 | 0          | 5.1 | 0.5 | 3.3 | 0  | 0  | 0.2 | 0  | 0  | 0   | 0   |

유무 : 부담작업 해당 유무  
 % : 작업에 포함된 비율  
 8 시간 : 8시간으로 환산하는 경우의 해당 작업시간 비율

## 5) ANSI 평가

표 3-4는 하루작업에 대한 ANSI-Z365 평가 결과를 예로 제시한 것이다.

표 3-4. ANSI 평가 결과

|         | 총 점 | 판 정 |
|---------|-----|-----|
| ANSI 평가 | 7   | 안 전 |

## 3.2 평가시스템의 분석시간 비교

본 연구에서는 작업위험 평가에 숙련된 4명의 분석자를 대상으로 본 연구에서 개발한 실무자용 통합 프로그램의 효율성을 파악하고자 한다. 평가는 OWAS, RULA, REBA 분석시 소요되는 시간과 방법별 결과에 대한 차이를 알아보고 ANOVA 검정을 실시하였다.

분석 작업 선정은 비정형화된 경작업을 수행하는 작업자를 대상으로 평소의 작업 모습을 30분 동안 촬영하여 30초 간격으로 총 60회 샘플링을

하였다. 촬영된 동영상은 60장으로 샘플링 하는데 소요되는 시간은 본 연구가 실무자용 통합 프로그램과 분석용지를 사용할 경우의 작업 자세 분석시간에 대한 차이 비교와 평가결과에 대한 검증을 목적으로 하고 있어 자세분석 시간에 영향을 미치지 않도록 제외시켰다.

실무자용 통합 프로그램의 경우 신체부위별 자세분석이 끝나면 자동으로 세가지 평가도구에 대한 점수와 평가등급이 판정되므로 작업 자세를 분석하는데 소요되는 시간만을 측정하였고, 분석용지를 이용할 경우 작업 자세를 분석하는데 걸리는 시간과 작업 자세 분석결과를 통해 평가등급을 판정하는데 걸리는 시간을 종합하여 세가지 평가도구 이용에 대한 종합 시간을 구하였다(표3-5).

표 3-5. 분석시간 비교 조건

|         | 실무자용 통합 프로그램     | 분석용지                   |      |      |
|---------|------------------|------------------------|------|------|
|         |                  | OWAS                   | RULA | REBA |
| 분석자수    | 4명               | 각 4명                   |      |      |
| 샘플링     | 30분 촬영 / 60회 샘플링 | 30분 촬영 / 60회 샘플링       |      |      |
| 분석시간 구성 | 작업분석             | 작업분석 + 등급 판정           |      |      |
| 분석시간    | 작업분석시간           | 세가지 방법별 개별 시간, 종합 분석시간 |      |      |

그림 3-3, 4, 5는 분석시간 비교를 위해 사용된 전통적인 OWAS, RULA, REBA 분석용지를 나타낸 것이다.

| 신체부위 | 코 드 | 자 세 설 명                |
|------|-----|------------------------|
| 허리   | 1   | 곧바로 편 자세(서 있음)         |
|      | 2   | 상체를 앞으로 굽힌 자세          |
|      | 3   | 바로 서서 허리를 옆으로 비튼 자세    |
|      | 4   | 상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세 |
| 팔    | 1   | 양손을 어깨 아래로 내린 자세       |
|      | 2   | 한 손만 어깨 위로 올린 자세       |
|      | 3   | 양손 모두 어깨 위로 올린 자세      |
| 다리   | 1   | 의자에 앉은 자세              |
|      | 2   | 두 다리를 펴고 선 자세          |
|      | 3   | 한 다리로 선 자세             |
|      | 4   | 두 다리를 구부린 자세           |
|      | 5   | 한 다리로 서서 구부린 자세        |
|      | 6   | 무릎 꿇는 자세               |
|      | 7   | 걸기                     |
| 하중/힘 | 1   | 10kg 이하                |
|      | 2   | 10 ~ 20kg              |
|      | 3   | 20kg 이상                |

| AC값 |     | (1) |     |     | (2) |     |     | (3) |     |     | (4) |     |     | (5) |     |     | (6) |     |     | (7) |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |     | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| (1) | (1) | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
|     | (2) | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
|     | (3) | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| (2) | (1) | 2   | 2   | 3   | 2   | 2   | 3   | 2   | 2   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 3   | 3   |
|     | (2) | 2   | 2   | 3   | 2   | 2   | 3   | 2   | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 3   | 3   | 4   | 2   | 3   | 4   |
|     | (3) | 3   | 3   | 4   | 2   | 2   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 3   | 4   |
| (3) | (1) | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
|     | (2) | 2   | 2   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | 1   | 1   | 1   |
|     | (3) | 2   | 2   | 3   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 1   | 1   | 1   |
| (4) | (1) | 2   | 3   | 3   | 2   | 2   | 3   | 2   | 2   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 3   | 4   |
|     | (2) | 3   | 3   | 4   | 2   | 3   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 3   | 4   |
|     | (3) | 4   | 4   | 4   | 2   | 3   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 2   | 3   | 4   |

그림 3-3. OWAS 작업 자세 분류 코드 및 AC 판정표

# RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

## A. Arm & Wrist Analysis

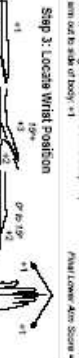
### Step 1: Locate Upper Arm Position



### Step 2: Locate Lower Arm Position



### Step 3: Adjust...



### Step 4: Wrist Twist



### Step 5: Look-up Posture Score in Table A

| Upper Arm | Lower Arm | Wrist | Wrist Twist |
|-----------|-----------|-------|-------------|
| 1         | 1         | 1     | 1           |
| 2         | 2         | 2     | 2           |
| 3         | 3         | 3     | 3           |
| 4         | 4         | 4     | 4           |
| 5         | 5         | 5     | 5           |
| 6         | 6         | 6     | 6           |
| 7         | 7         | 7     | 7           |
| 8         | 8         | 8     | 8           |
| 9         | 9         | 9     | 9           |
| 10        | 10        | 10    | 10          |
| 11        | 11        | 11    | 11          |
| 12        | 12        | 12    | 12          |
| 13        | 13        | 13    | 13          |
| 14        | 14        | 14    | 14          |
| 15        | 15        | 15    | 15          |
| 16        | 16        | 16    | 16          |
| 17        | 17        | 17    | 17          |
| 18        | 18        | 18    | 18          |
| 19        | 19        | 19    | 19          |
| 20        | 20        | 20    | 20          |

### Step 6: Add Muscle Use Score

| Muscle Use | Score |
|------------|-------|
| 1          | 1     |
| 2          | 2     |
| 3          | 3     |
| 4          | 4     |
| 5          | 5     |
| 6          | 6     |
| 7          | 7     |
| 8          | 8     |
| 9          | 9     |
| 10         | 10    |
| 11         | 11    |
| 12         | 12    |
| 13         | 13    |
| 14         | 14    |
| 15         | 15    |
| 16         | 16    |
| 17         | 17    |
| 18         | 18    |
| 19         | 19    |
| 20         | 20    |

### Step 7: Add Force Load Score

| Force Load | Score |
|------------|-------|
| 1          | 1     |
| 2          | 2     |
| 3          | 3     |
| 4          | 4     |
| 5          | 5     |
| 6          | 6     |
| 7          | 7     |
| 8          | 8     |
| 9          | 9     |
| 10         | 10    |
| 11         | 11    |
| 12         | 12    |
| 13         | 13    |
| 14         | 14    |
| 15         | 15    |
| 16         | 16    |
| 17         | 17    |
| 18         | 18    |
| 19         | 19    |
| 20         | 20    |

### Step 8: Find Row in Table C

| Final Neck & Leg Score | Final Score |
|------------------------|-------------|
| 1                      | 1           |
| 2                      | 2           |
| 3                      | 3           |
| 4                      | 4           |
| 5                      | 5           |
| 6                      | 6           |
| 7                      | 7           |
| 8                      | 8           |
| 9                      | 9           |
| 10                     | 10          |
| 11                     | 11          |
| 12                     | 12          |
| 13                     | 13          |
| 14                     | 14          |
| 15                     | 15          |
| 16                     | 16          |
| 17                     | 17          |
| 18                     | 18          |
| 19                     | 19          |
| 20                     | 20          |

## SCORES

Table A

| Upper Arm | Lower Arm | Wrist | Wrist Twist |
|-----------|-----------|-------|-------------|
| 1         | 1         | 1     | 1           |
| 2         | 2         | 2     | 2           |
| 3         | 3         | 3     | 3           |
| 4         | 4         | 4     | 4           |
| 5         | 5         | 5     | 5           |
| 6         | 6         | 6     | 6           |
| 7         | 7         | 7     | 7           |
| 8         | 8         | 8     | 8           |
| 9         | 9         | 9     | 9           |
| 10        | 10        | 10    | 10          |
| 11        | 11        | 11    | 11          |
| 12        | 12        | 12    | 12          |
| 13        | 13        | 13    | 13          |
| 14        | 14        | 14    | 14          |
| 15        | 15        | 15    | 15          |
| 16        | 16        | 16    | 16          |
| 17        | 17        | 17    | 17          |
| 18        | 18        | 18    | 18          |
| 19        | 19        | 19    | 19          |
| 20        | 20        | 20    | 20          |

Table B

| Upper Arm | Lower Arm | Wrist | Wrist Twist |
|-----------|-----------|-------|-------------|
| 1         | 1         | 1     | 1           |
| 2         | 2         | 2     | 2           |
| 3         | 3         | 3     | 3           |
| 4         | 4         | 4     | 4           |
| 5         | 5         | 5     | 5           |
| 6         | 6         | 6     | 6           |
| 7         | 7         | 7     | 7           |
| 8         | 8         | 8     | 8           |
| 9         | 9         | 9     | 9           |
| 10        | 10        | 10    | 10          |
| 11        | 11        | 11    | 11          |
| 12        | 12        | 12    | 12          |
| 13        | 13        | 13    | 13          |
| 14        | 14        | 14    | 14          |
| 15        | 15        | 15    | 15          |
| 16        | 16        | 16    | 16          |
| 17        | 17        | 17    | 17          |
| 18        | 18        | 18    | 18          |
| 19        | 19        | 19    | 19          |
| 20        | 20        | 20    | 20          |

Table C

| Upper Arm | Lower Arm | Wrist | Wrist Twist |
|-----------|-----------|-------|-------------|
| 1         | 1         | 1     | 1           |
| 2         | 2         | 2     | 2           |
| 3         | 3         | 3     | 3           |
| 4         | 4         | 4     | 4           |
| 5         | 5         | 5     | 5           |
| 6         | 6         | 6     | 6           |
| 7         | 7         | 7     | 7           |
| 8         | 8         | 8     | 8           |
| 9         | 9         | 9     | 9           |
| 10        | 10        | 10    | 10          |
| 11        | 11        | 11    | 11          |
| 12        | 12        | 12    | 12          |
| 13        | 13        | 13    | 13          |
| 14        | 14        | 14    | 14          |
| 15        | 15        | 15    | 15          |
| 16        | 16        | 16    | 16          |
| 17        | 17        | 17    | 17          |
| 18        | 18        | 18    | 18          |
| 19        | 19        | 19    | 19          |
| 20        | 20        | 20    | 20          |

## Final Score=

## B. Neck, Trunk & Leg Analysis

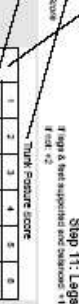
### Step 9: Locate Neck Position



### Step 10: Locate Trunk Position



### Step 11: Legs



### Step 12: Look-up Posture Score in Table B

| Neck | Trunk | Legs |
|------|-------|------|
| 1    | 1     | 1    |
| 2    | 2     | 2    |
| 3    | 3     | 3    |
| 4    | 4     | 4    |
| 5    | 5     | 5    |
| 6    | 6     | 6    |
| 7    | 7     | 7    |
| 8    | 8     | 8    |
| 9    | 9     | 9    |
| 10   | 10    | 10   |
| 11   | 11    | 11   |
| 12   | 12    | 12   |
| 13   | 13    | 13   |
| 14   | 14    | 14   |
| 15   | 15    | 15   |
| 16   | 16    | 16   |
| 17   | 17    | 17   |
| 18   | 18    | 18   |
| 19   | 19    | 19   |
| 20   | 20    | 20   |

### Step 13: Add Muscle Use Score

| Muscle Use | Score |
|------------|-------|
| 1          | 1     |
| 2          | 2     |
| 3          | 3     |
| 4          | 4     |
| 5          | 5     |
| 6          | 6     |
| 7          | 7     |
| 8          | 8     |
| 9          | 9     |
| 10         | 10    |
| 11         | 11    |
| 12         | 12    |
| 13         | 13    |
| 14         | 14    |
| 15         | 15    |
| 16         | 16    |
| 17         | 17    |
| 18         | 18    |
| 19         | 19    |
| 20         | 20    |

### Step 14: Add Force Load Score

| Force Load | Score |
|------------|-------|
| 1          | 1     |
| 2          | 2     |
| 3          | 3     |
| 4          | 4     |
| 5          | 5     |
| 6          | 6     |
| 7          | 7     |
| 8          | 8     |
| 9          | 9     |
| 10         | 10    |
| 11         | 11    |
| 12         | 12    |
| 13         | 13    |
| 14         | 14    |
| 15         | 15    |
| 16         | 16    |
| 17         | 17    |
| 18         | 18    |
| 19         | 19    |
| 20         | 20    |

### Step 15: Find Column in Table C

| Final Neck, Trunk & Leg Score | Final Score |
|-------------------------------|-------------|
| 1                             | 1           |
| 2                             | 2           |
| 3                             | 3           |
| 4                             | 4           |
| 5                             | 5           |
| 6                             | 6           |
| 7                             | 7           |
| 8                             | 8           |
| 9                             | 9           |
| 10                            | 10          |
| 11                            | 11          |
| 12                            | 12          |
| 13                            | 13          |
| 14                            | 14          |
| 15                            | 15          |
| 16                            | 16          |
| 17                            | 17          |
| 18                            | 18          |
| 19                            | 19          |
| 20                            | 20          |

FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

Source: Waters, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2) 91-99.

© Professor Alan Hedge, Cornell University, Feb. 2001

그림 3-4. RULA 작업 평가 분석용지



본 연구에 참여한 4명의 분석자는 분석용지와 본 연구에서 개발한 실무  
 자용 통합 프로그램 사용에 있어 문제가 없는 균일한 숙련도를 가진 사람  
 을 대상으로 하였다. 표 3-6을 살펴보면, 세가지 평가방법을 사용하여 분  
 석자별 총 180개 장면을 분석하는 과정에서 1개~5개 사이의 적은 에러를  
 범하는 균일한 숙련자가 참여했음을 나타내고 있다.

표 3-6. 분석자별 에러 개수

| 평가기법 | 방법별 에러 개수 |         |          |          |
|------|-----------|---------|----------|----------|
|      | OWAS      | RULA    | REBA     | 전체       |
| 분석자1 | 0개/60개    | 2개/60개  | 3개/60개   | 5개/180개  |
| 분석자2 | 0개/60개    | 0개/60개  | 1개/60개   | 1개/180개  |
| 분석자3 | 0개/60개    | 0개/60개  | 5개/60개   | 5개/180개  |
| 분석자4 | 1개/60개    | 1개/60개  | 2개/60개   | 4개/180개  |
| 전체   | 1개/240개   | 3개/240개 | 11개/240개 | 15개/720개 |

분석용지를 이용한 OWAS, RULA, REBA 평가 결과를 살펴보면, 세가  
 지 평가도구에 대한 방법별 분석시간은 유의수준 0.05 하에서 차이가 존재  
 하고( $p<.0001$ ), OWAS는 1개의 샘플링 장면을 분석하는데 평균 11.2초,  
 RULA는 평균 29.0초, REBA는 평균 27.4초로 나타나 차이를 보였다(그림  
 3-6).

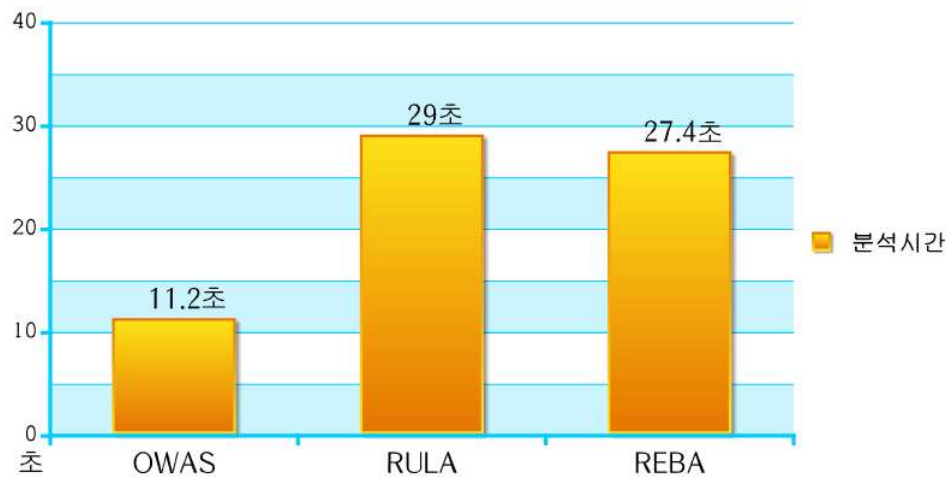


그림 3-6. 방법별 1개 샘플링장면 평균 분석 시간

작업분석과 평가 등급 판정에 소요되는 시간을 나누어 살펴보면, 먼저 분석용지를 이용하여 세가지 평가 방법별 1개의 샘플링 장면을 작업 분석 하는데 소요되는 평균 시간은 유의수준 0.05 하에서 차이가 존재하고 ( $p<.0001$ ), 평균 소요 시간은 OWAS 8.0초( $\pm 5.3$ 초), RULA 17.7초( $\pm 10.6$ 초), REBA 14.3초( $\pm 9.3$ 초)로 나타났다.

작업 분석 결과를 통한 평가등급(Action level) 판정에 소요되는 평균시간도 유의수준 0.05 하에서 차이가 존재하는 것으로 나타났다( $p<.0001$ ). 평가등급 판정에 소요되는 평균 시간은 OWAS 3.2초( $\pm 3.2$ 초), RULA 11.3초( $\pm 7.0$ 초), REBA 13.1초( $\pm 8.1$ 초)로 나타나 차이를 보였다(그림3-7).

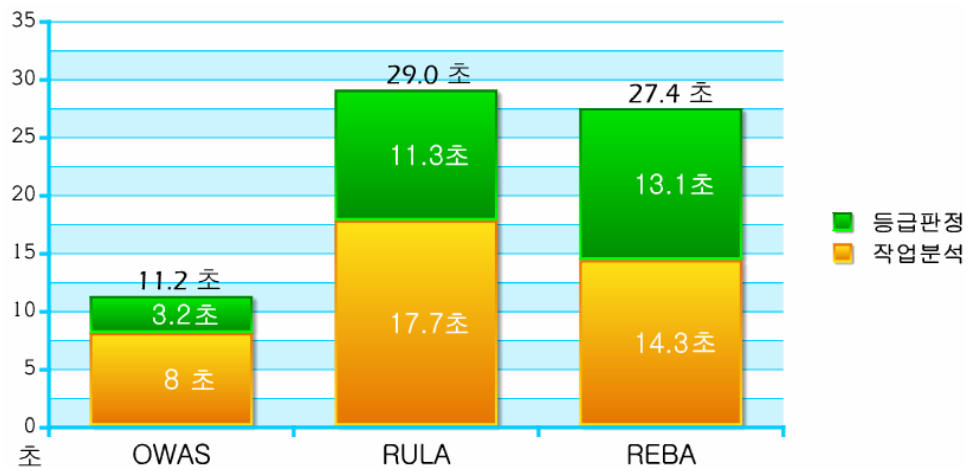


그림 3-7. 1개 샘플링 작업분석, 등급 판정 평균 시간

표 3-7은 작업 시간에 대해 분석자별, 방법별 분산분석 결과를 나타낸 것이다. 유의수준 0.05 하에서 분석자, 방법별로 작업 시간의 차이가 존재하며, 분석자와 방법에 따른 교호작용은 존재하지 않는 것으로 나타났다.

표 3-7. 작업 시간에 대한 이원 분산분석

|        | DF  | SS     | MS     | F      | p-value |
|--------|-----|--------|--------|--------|---------|
| 분석자(A) | 3   | 6302   | 2101   | 4.13   | 0.007*  |
| 방법(B)  | 1   | 255533 | 255533 | 502.47 | <0.001* |
| A*B    | 3   | 1912   | 637    | 1.25   | 0.290   |
| 오차     | 472 | 240039 | 509    |        |         |
| 총계     | 479 | 503785 |        |        |         |

\* p-value < 0.05

그림 3-8은 분석용지와 실무자용 통합 프로그램을 이용하여 60개의 샘플링 장면을 분석하는 걸리는 전체 소요시간을 비교하여 나타낸 것이다. 작업장면 1개를 평가하는데 실무자용 통합 프로그램을 이용할 경우 21분

57초가 소요되고, 분석용지를 이용할 경우에는 총 1시간 8분 7초가 소요된다. 분석용지 사용에 전혀 문제가 없는 균일한 숙련도를 갖는 분석자가 작업 분석을 실시했다 할지라도 실무자용 통합 프로그램을 사용할 경우 분석용지를 이용할 때 보다 약 1/3 시간만 소요되는 것으로 나타났다.

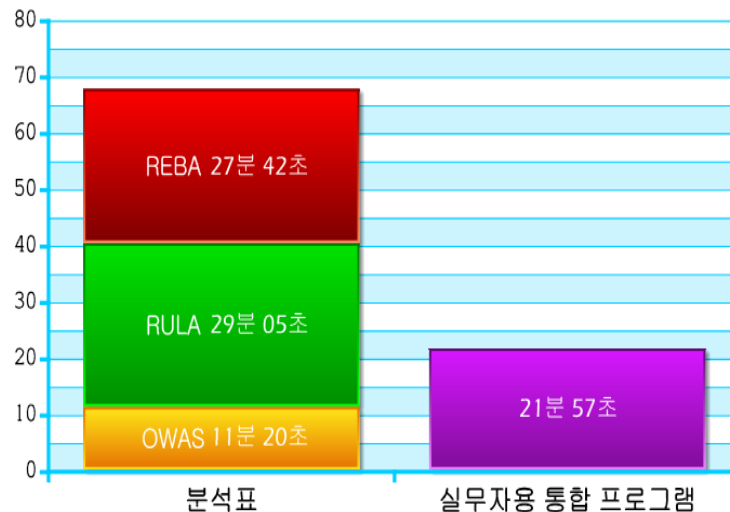


그림 3-8. 60개 샘플링 전체 분석시간 비교

비교적 적은 분석 시간을 필요로 하는 단면평가 기법인 OWAS, RULA, REBA에 대해 실무자용 통합 프로그램을 이용할 경우 분석용지를 이용할 때 보다 약 1/3시간만 소요되는 것으로 나타났지만, 분석용지를 이용할 경우 에러를 수정하는 과정까지 분석시간에 포함시키게 되면 방법별 분석시간의 차이는 훨씬 더 클 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 하루작업에 대한 종합적인 평가를 수행해야하는 ANSI-Z365와 근골격계 부담작업 11가지 해당여부 등에 대한 분석을 종합하여 실시할 경우 분석에 소요되는 시간은 실무자용 통합 프로그램을 이용할 경우 약 1/15 이하의 시간만 필요할 것으로 판단된다.

## 4. 결론 및 검토

본 연구에서는 현재 작업 자세에 대한 부하 평가방법으로 가장 많이 사용되고 있는 OWAS, RULA, REBA, NLE와 ANSI-Z365 등을 이용한 위험요소의 노출시간 추정방법을 종합적으로 분석할 수 있고, 노동부 고시 제2003-24호에 따른 근골격계 부담작업 11가지의 해당 여부에 대한 분석이 가능하며 기존 사무환경에서의 사용이 용이한 EXCEL을 이용하여 통합형 작업위험평가 프로그램을 개발하였다.

개발 프로그램은 다양한 평가도구에 대한 ‘개별평가용 프로그램’과 우리나라 유해요인 조사를 실시하기 위한 평가방법으로 가장 많이 사용되고 있는 OWAS, RULA, REBA를 대상으로 한 ‘통합형 프로그램’, 그리고 실제 사업장에서 근골격계 부담작업을 수행하는 많은 작업자를 대상으로 유해요인 조사를 실시할 수 있는 ‘실무자용 통합 프로그램’ 등이다.

실무자용 통합 프로그램은 작업내용 및 작업 설비/도구 등에 대한 기본 조사 부분과 샘플링 조건 부분, 단면평가 기법인 OWAS, RULA, REBA, Washington OSHA를 이용한 작업 자세 분석 부분, 유해요인에 대한 원인 분석 부분, 종합평가 기법인 ANSI-Z365 분석과 11가지 근골격계 부담작업 해당유무에 대한 부분으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 실무자용 통합 프로그램 사용시 소요되는 작업 분석 시간과 효율성을 파악하기 위하여 작업장면을 OWAS, RULA, REBA로 평가하는 실험을 하여본 결과, 통합 평가 프로그램이 기존 평가 방식의 분석 시간의 1/3 밖에 소요되지 않는 것을 확인할 수 있었으며, 하루작업에 대한 종합적인 평가를 수행해야하는 ANSI-Z365, 근골격계 부담작업 11가지의 해당 유무에 대한 분석을 수행할 경우 분석에 소요되는 시간은 실무자용 통합 프로그램을 이용할 경우 분석용지를 이용하는 시간의 약 1/15 이하의 시간이 필요할 것으로 추정되었다.

본 연구에서 개발한 EXCEL을 이용한 작업평가시스템은 작업 유형별 작업 특성에 대한 위험요인들을 모두 고려하여 평가할 수 있도록 하여, 평가 방법별 도구 선정에 대한 논란을 없앨 수 있을 것으로 여겨진다. 또한 일부 기업이나 사업장에서 분석용지에 의한 작업분석에 의한 비효율성을 개선하고 평가 자료를 효과적으로 활용하고 관리하여, 유해요인조사 관련 업무의 생산성을 획기적으로 개선하는데 응용될 것으로 여겨진다.

## 참 고 문 헌

- 권영국, 원중호, “일반인들의 누적외상병에 관한인식 상태에 관한 연구”,  
대한인간공학회, 99추계학술대회, 1999
- 기도형, 박기현, “작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교”,  
한국안전학회, 한국안전학회지, 20(2): 127-132, 2005
- 김유창, 정현욱, “정적인 자세에서의 목의 주관적 작업부하 평가”,  
대한산업공학회, 16(2): 222-228, 2003
- 김재영, 최재욱, 김해준, “자동차 조립 작업자들에서 상지 근골격계의  
인간공학적 작업평가(RULA)결과와 자각증상과의  
연관성”, 예방의학회지, 32(1): 48-59, 1999
- 김철홍외, “근골격계 부담작업 고시(노동부 제2003-24호)의 적절성에  
대한 평가”, 대한인간공학회, 2005춘계학술대회, 2005
- 노동부, 2004년도 산업재해 현황분석, 2004
- 노동부, “근골격계 부담작업으로 인한 건강장해 예방 시행지침”, 2003
- 노동부, “근골격계질환 예방업무 편람”, 2004
- 미국 노동부, 산업재해통계, 1993-2004; <http://www.bls.gov>.
- 박재규, 최광수, 박성준, 정의승, “근골격계 위험도 평가를 위한 자세 측정  
시스템의 개발”, 대한인간공학회,  
2005춘계학술대회, 2005

- 박희석, 이윤근, 임상혁, “제조업에서 발생하는 누적외상성질환 관련 문제점 및 위험요인 점검표의 개발”, 대한산업 공학회지, 24(4): 503-517, 1998
- 오순영, 정병용, “조선업종의 유해요인조사 및 인간공학적 개선”, 대한인간공학회지, 24(1):27-35, 2005
- 오순영, “조선업종의 근골격계질환에 대한 위험성 평가 및 인간공학 Program 구축”, 한성대학교 박사학위 논문, 2004
- 이윤근, 현수돈, 임상혁, 박희석. “자가 평가에 의한 근골격계질환 위험 요인 노출 평가의 타당성”, 대한인간 공학회, 2002추계학술대회, 2002
- 정기효외, “근골격계질환 예방관리 프로그램에 대한 구조 분석 및 실무자 요구 사항 조사”, 대한인간공학회지, 24(3):35-41, 2005
- 정병용, 이동경, “현대인간공학”, 민영사, 2005
- 정병용, 오순영, “근골격계 질환 예방을 위한 안전보건 정책에 관한 연구”, 안전경영과학회지, 5(4):63-73, 2003
- 최재욱, “최근산업안전 보건 및 한국노총”, 2002
- 한국산업안전공단, 근골격계 부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA CODE H-30-2003), 한국산업안전공단, 2003.
- 한국산업안전공단, 근골격계질환 예방코너, [<http://msd.kosha.net>]
- ANSI, ANSI Z-365, Control of Work-Related Cumulative Trauma Disorders, Part 1: Upper Extremities, Working Draft, January, 1996

Graham B. Scott., Nicola R. Lambe., "Working practices in a perchery system, using the OVAKO Working posture Analysing System(OWAS)", *Applied Ergonomics*, 27(4):281–284, 1996

Guangyan, Li., Buckle, P., "Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods", *Ergonomics*, 42(5):674–695, 1999

Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M.J., Hendrick, H.W., Carayon, P. and Perusse, M., "Work related musculoskeletal disorders(WMSDs)", Taylor & Francis:London, 1995.

Hignett, S., "Using computerised OWAS for postural analysis of nursing work. In: Robertson,S", *Contemporary Ergonomics*. Taylor & Francis, pp. 253–258, 1994

Kant, I., Notermans, J., Borm, P.J.A., "Observations of working postures in garages using the Ovako working posture analysing system(OWAS) and consequent workload reduction recommendations", *Ergonomics*, 33:209–220, 1990

Karhu, O., Kansil, P., Kuorinka, I., "Correcting working postures in industry:a practical method for analysis", *Applied Ergonomics*, 8(4):199–201, 1977

Kilbom, A., "Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders- what information can be obtained from systematic observations?", *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 20:30–45, 1994

MacLeod, D., "The office ergonomics kit", Lewis Publishers: New York, 1999

McAtamney, L., Corlett, E.N., "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics*, 24(2):91-99, 1993

McAtamney, L., Hignett, S., "REBA: a rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders", *Proceedings of the Ergonomics Society of Australia*, pp. 45-51, 1995

McAtamney, L., Hignett, S., "Technical note Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31:201-205, 2000

Moore, J.S., and Garg, A., "The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56:443-458, 1995

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH), "Musculoskeletal disorders and workplace factors-A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back", 2nd edition, Center for Disease Control and Prevention, 1997

NexGen Ergonomics, Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., "Correcting working postures in industry : a practical method for analysis", *Applied Ergonomics*, 8(4):199-2001, 1977

NexGen Ergonomics, [<http://www.nexgenergo.com>]

Occupational Safety and Health Administration(OSHA), Ergonomics Program, OSHA, 1999

Production Technology Engineering and Management Services,  
[<http://www.protech-ie.com>]

Revised NIOSH Lifting Equation, 1994 [[www.cdc.gov/niosh/94-110.html](http://www.cdc.gov/niosh/94-110.html)]

Tampere University of Technology, "Users Manual for WinOWAS", Occupational Safety Engineering, 1996

The National Safety Council, "Management of Work-Related Musculoskeletal Disorders Accredited Standards Committee Z365 Working Draft", 2002

Univ. of Limerick, [<http://www.csn.ul.ie>]

WAC 296-62-05174, "Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the Specific Performance Approach", Washington State Department of Labor and Industries, 2000

Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A. and Fine, L. J., "Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks", *Ergonomics*, 36:749-776, 1993

Waters, T.R., Boron, S. L., Kemmlert. K., "Accuracy of measurements for the revised NIOSH lifting equation", *Applied Ergonomics*, 29(6):433-438, 1998

## 감사의 글

영원히 기억하고 싶은 대학원 생활, 그리고 영원히 기억하고 싶은 분들에게 그동안 표현하지 못했던 감사의 마음을 전하고자 합니다.

저에게 대학원 생활은 인생에 세 번 주어지는 소중한 기회 중 그 첫째라고 생각되는 시간이었습니다. 부족한 저에게 항상 방향을 제시해주시고 큰 가르침을 주신 정병용 교수님 정말 그 어떤 말을 해도 감사의 마음은 다 표현할 수 없을 것 같습니다. 앞으로 교수님의 가르침 가슴깊이 새기며 항상 발전하는 김현호가 되도록 노력하겠습니다. 그 누구보다 강의에 대한 열정이 높으신 김성한 교수님 정말 감사합니다. 저희가 많이 배울 수 있게 좋은 책들 많이 소개시켜주시고 열정을 갖고 항상 가르쳐 정말 감사합니다. 그동안 즐거운 강의시간 만들어 주셔서 정말 감사합니다. 교수님의 열정과 재치있는 말씀은 제가 항상 본받고 싶은 부분입니다. 앞으로도 더 큰 가르침 부탁드립니다. \*^^\*

항상 편안한 미소와 인간공학자의 마음가짐을 가르쳐 주시고, 더 발전할 수 있도록 다양한 부분들 경험할 수 있게 도와주신 이동경 교수님 정말 감사합니다. 교수님의 가르침 절대 잊지 않고 저도 교수님처럼 산재 예방에 기여할 수 있는 실력있는 김현호가 되겠습니다. 그리고 김대홍 교수님, 유머스러운 말씀과 항상 변화에 대응하고 앞서 나가기위해 노력하시는 교수님의 모습 역시 항상 본받고 싶습니다. 그동안 큰 가르침 주셔서 정말 감사합니다.

항상 저희에게 선생님이라는 칭호와 함께 악수를 청하시며 밝게 웃어주신 오순영 박사님, 박사님의 인자하신 성품과 호탕한 웃음은 절대 잊지 못할 것 같습니다.

대학원 생활동안 가장 많은 시간을 함께 보내고 생각을 공유하며 좋은 기억만 간직할 수 있게 만들어준 원준이형, 향기형, 준식이형, 석기형,

충규형 너무나 고마워요. 형들 덕분에 많이 배울 수 있었고, 생각도 많이 커지고, 하루의 전부를 학교에서 보내는 시간이 지루하지 않고 즐거운 기억만 간직할 수 있는 것 같아요. 형들 정말 고마워요. 지금처럼 형들과 영원히 좋은 만남, 서로에게 도움이 되는 관계를 지속하며 한성대를 발전시키고 인간공학 연구실을 발전시켜요~! ^^

그리고 후배들이 더 잘되길 바라며 인생의 참 소리와 조언을 아끼지 않았던 운식선배, 정욱선배, 계령선배, 승태선배, 연봉선배 정말 감사합니다. 힘들 때마다 술 한 잔 사주시며 걱정해주시고 조언해 주신 선배님들 정말 감사했습니다. 선배님들 덕분에 저를 비롯한 후배들이 더 발전할 수 있었던 것 같아요. 앞으로도 선배님들과 좋은 관계 유지하면서 많이 부족하지만 선배님들의 사랑 감사히 간직하며 부끄럽지 않은 후배가 되겠습니다. 그리고 계령선배 빨리 장가가시길 기도합니다. 결혼하고 더 멋진 승태선배처럼 계령선배도 완전 멋져지실 것 같은데~ 빨리 결혼하세요. ^^

깔끔한 옷차림이 멋진 표연 과장님. 강의시간에 꼼꼼히 필기하시며 저보다 더 열정적으로 강의에 참여하시는 과장님 모습은 아직도 제가 얼마나 많이 부족한지 느끼게 합니다. 편안한 미소로 해주신 표연 과장님 정말 감사합니다. 그리고 주말마다 스타일이 기대되는 김이호 과장님 짧은 시간이었지만 제가 더 발전적인 한성대학교 대학원생이 되도록 인생의 선배로서 조언해 주신 말씀 정말 감사합니다. 말씀 하나하나 놓치지 않고 전부 기억해서 과장님처럼 멋진 김현호가 되도록 노력하겠습니다. 그리고 ‘김형’이라고 불러달라는 과장님 모습 정말 멋져 보였습니다.

연구실 후배님들과 많은 시간 같이 보내지 못해 서운한 마음이 크지만 함께한 시간동안 여행도 가고 함께 즐거운 시간 보낼 수 있는 기회를 줘서 고맙습니다. 후배님들~ 개인적으로 나이어린 후배들이 좀 있었으면 하는 생각은 여전히 크지만 그래도 규태형, 성완이형, 용수형, 만기, 경수, 현진이 모두 열심히 공부하고 교수님들 가르침 스펀지처럼 다 흡수시키고

발전시켜 더 멋진 대학원생 모습 보여주기를 바랍니다. 선배로서 좋은 모습을 많이 보여주지 못해 서운하지만, 앞으로도 계속 함께 할 한성대학교 인간공학 식구들이니까 조금씩들만 기다려 주세요~.

한성대학교 인간공학 연합회 이사장 박영호

사랑하는 부모님과 누나, 동생. 저를 믿어주고 격려해주셔서 너무 고마워요~. 바쁘다는 핑계로 부모님께 전화도 잘 못 드렸는데 조금씩 변화하고 앞으로 저에게 주신 큰 사랑 많이 많이 되돌려드리겠습니다. ^^ 기대하세요 아빠. 엄마 ^^ 그리고 누나하고 동생. 부끄럽지 않은, 힘이되는 현호가 될게. ^^

지금의 저를 만들어 주신 모든 분들에게 저의 감사의 마음, 사랑의 마음을 전달하는데 아직까지 서투르고 어색하지만, 말보다 행동으로, 머리보다 마음으로 앞으로 계속 보여드리겠습니다. 정말 감사합니다.

2006. 06 김현호

# ABSTRACT

## Development of Job Hazard Analysis System Using EXCEL

Kim, Hyun-Ho  
Major in Industrial Engineering  
Dept. of Industrial Engineering  
Graduate School of  
Hansung University

The purpose of this study is to development of job hazard analysis system using EXCEL. Many companies still used traditional methods for quantifying the risk factors. But these traditional methods using worksheet or paper are difficult to explain to participants for performing the job hazard analysis in the field, and take a long time. We develop some tools to implement the analytical methods using EXCEL. These tools developed in this study are faster and easier to perform the ergonomic job analysis than the traditional methods using worksheet.