

碩 士 學 位 論 文

指導教授 鄭 炳 榕

컴퓨터 공장의 인간공학적 진단 및  
개선에 관한 연구

Ergonomic Investigation and Improvements of Workplaces  
for a Computer Factory

2001年 12月

漢城大學校 大學院

産 業 工 學 科

産 業 工 學 專 攻

李 定 昱

碩 士 學 位 論 文

指導教授 鄭 炳 榕

컴퓨터 공장의 인간공학 진단 및  
개선에 관한 연구

Ergonomic Investigation and Improvements of Workplaces  
for a Computer Factory

위 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2001年 12月

漢城大學校 大學院

産 業 工 學 科

産 業 工 學 專 攻

李 定 昱

李定昱의 工學碩士學位 論文을 認定함

2 0 0 1 年 12月

審査 委員長 (印)

審 査 委 員 (印)

審 査 委 員 (印)

## 목 차

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1. 서론                       | 1  |
| 2. 연구방법                     | 5  |
| 2.1 설문지 조사                  | 5  |
| 2.2 작업방법 조사 및 분석            | 5  |
| 2.3 작업장 및 작업환경 조사           | 6  |
| 2.4 인간공학적 평가기법을 이용한 작업평가    | 6  |
| 3. 작업자 및 작업장 실태             | 7  |
| 3.1 설문대상                    | 7  |
| 3.2 작업자에 대한 고려 부족           | 8  |
| 3.3 휴식시간                    | 11 |
| 3.4 작업자 통증                  | 12 |
| 3.5 인간공학적 평가기법을 이용한 작업평가 실태 | 13 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 4. 세부 개선안                   | 15 |
| 4.1 라인 균형 분석                | 15 |
| 4.2 수납 작업의 개선               | 16 |
| 4.3 편한 동작을 유도하기 위한 개선       | 18 |
| 4.4 자재공급시스템 검토              | 22 |
| 4.5 조정장치와 표시장비의 관계개선        | 25 |
| 4.6 작업장설계(Workplace Design) | 27 |
| 4.7 동작버튼과 스위치 관리            | 28 |
| 5. 개선 효과 분석                 | 30 |
| 5.1 생산성 향상                  | 30 |
| 5.2 작업 위험 요소 감소(RULA 평가)    | 30 |
| 5.3 작업 오류 감소                | 33 |
| 5.4 작업자의 작업 만족도 증대          | 33 |
| 6. 결론                       | 34 |
| 참 고 문 헌                     | 36 |
| 부 록                         | 38 |
| ABSTRACT                    | 41 |

## 표 목 차

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| <표 1> | 최근 5년간 근골격계질환 발생현황 . . . . .    | 1  |
| <표 2> | 작업대 높이 . . . . .                | 27 |
| <표 3> | 장비표준 색채코드(ANSI Z53.1) . . . . . | 29 |
| <표 4> | Cutting 작업라인의 개선 효과 . . . . .   | 30 |
| <표 5> | 작업 개선 전·후의 RULA 평가 . . . . .    | 31 |

## 그 립 목 차

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <그림 1> TRW의 생산성 향상과 작업손실 감소 . . . . .    | 3  |
| <그림 2> TRW의 전체생산 사이클 시간의 감소 . . . . .    | 3  |
| <그림 3> 남녀 비율 . . . . .                   | 7  |
| <그림 4> 나이분포 . . . . .                    | 7  |
| <그림 5> 작업경력 . . . . .                    | 7  |
| <그림 6> 불편한 작업자세 . . . . .                | 8  |
| <그림 7> 사용하기 불편한 작업도구 . . . . .           | 9  |
| <그림 8> 비틀림이나 굽힘, 꺾임 자세 . . . . .         | 10 |
| <그림 9> 작업과 관련 개선의 필요성이 있는 요소분포 . . . . . | 10 |
| <그림10> 소음의 정도 . . . . .                  | 11 |
| <그림11> 조명의 정도 . . . . .                  | 11 |
| <그림12> 휴식시간 정도 . . . . .                 | 12 |
| <그림13> 통증-불편을 느끼는 부위 분포 . . . . .        | 12 |
| <그림14> RULA 평가 과정 . . . . .              | 14 |

|        |                   |    |
|--------|-------------------|----|
| <그림15> | 애로(bottle neck)공정 | 15 |
| <그림16> | man/machine chart | 16 |
| <그림17> | 원형 동력식 부품 상자      | 17 |
| <그림18> | 부품상자 받침대와 받침틀     | 18 |
| <그림19> | 양쪽 부품 받침대 개선 사례   | 18 |
| <그림20> | 경사진 부품상자 받침대 개선   | 19 |
| <그림21> | 팔걸이와 받지지대         | 20 |
| <그림22> | 동작하기 편한 도구로 개선    | 20 |
| <그림23> | 커넥터 삽입 개선         | 21 |
| <그림24> | 납땜 작업의 개선         | 21 |
| <그림25> | 무거운 납땜 통의 개선      | 22 |
| <그림26> | 부품상자의 투입 및 반출     | 22 |
| <그림27> | 자재 투입 시스템의 설계 절차  | 23 |
| <그림28> | 대차의 권장 크기         | 24 |



|                            |    |
|----------------------------|----|
| <그림29> NIOSH 부품상자 권장 크기    | 24 |
| <그림30> 부품상자 배치의 개선         | 25 |
| <그림31> 검사작업의 화면배치와 스위치의 관계 | 26 |
| <그림32> 숫자표시와 색을 이용한 개선     | 26 |
| <그림33> 입식작업의 피로 절감 대책      | 28 |
| <그림34> 부품상자배치 개선           | 31 |
| <그림35> CD-ROM, FDD 결합 개선   | 32 |
| <그림36> 부품상자의 투입, 배출 개선     | 32 |

## 1. 서론

현대의 산업은 기술의 발달에 의한 자동화로 작업 효율과 생산성이 많이 향상되었지만 작업자는 고도의 단순 반복 작업이나 불편한 작업자세, 또는 과도한 힘의 반복작업이 발생하게 되었다. 이러한 신체의 반복적인 동작이나 과도한 움직임은 신체 연질 조직(soft tissue)에 이상이 생기는데 이것이 누적외상성 질환(CTDs : cumulative trauma disorders)이다[2]. 미국의 NIOSH에서도 누적 외상성 질환이란 “과거에 사고나 손상을 받지 않은 사람이 현재의 직업에 종사하면서 목, 어깨, 팔꿈치 관절이나 손목과 팔꿈치 사이 부위 또는 손이나 손목 관절 부위에 아픔, 뻣뻣함, 후끈거림, 저림 등의 증상이 일주일 이상 지속되거나 일년동안 최소 한 달에 한번 이상 나타나는 경우”라고 정의하고 있다[7]. 우리나라의 경우는 한국통신 VDT작업 근로자들의 경견완 장애가 집단적으로 발병하여 문제가 제기된 것을 계기로 요통뿐만 아니라 신체부담 작업으로 인하여 발생하는 질환을 포함하여 ‘작업관련 근골격계 질환’이라는 폭넓은 개념으로 많은 관심을 보이고 있다[7]. <표 1>에서 보는 바와 같이 '96년도에는 총 506명이 발생하였고 '97년도와 '98년을 저점으로 '99년부터는 다시 증가되고 있으며 2000년에는 815명으로 전년도 발생건수에 4배를 넘었다[8]. 이는 업무상 질병자 중에 근골격계 질환이 차지하는 비율도 전년도 8.4%에서 32.3%로 증가하였다.

<표 1> 최근 5년간 근골격계질환 발생현황

(단위 : 명)

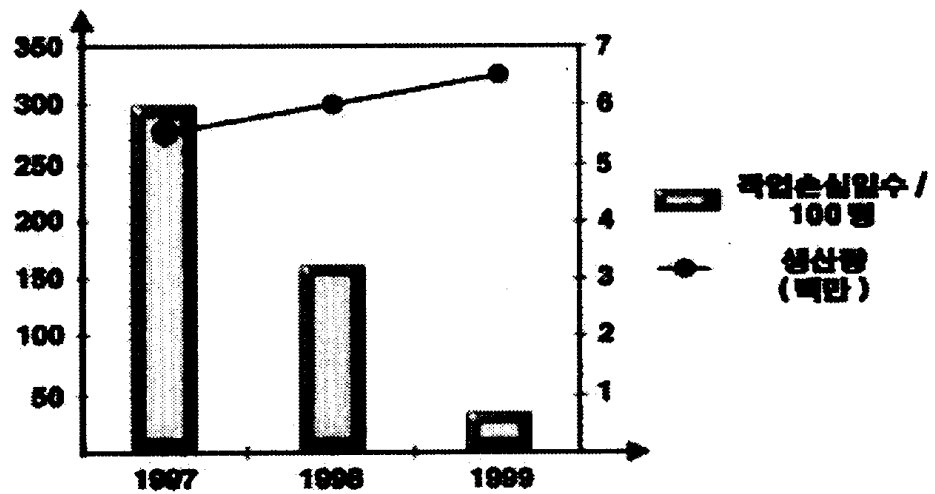
| 구분     | 1996년 | 1997년 | 1998년 | 1999년 | 2000년 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 신체부담작업 | 345   | 133   | 73    | 124   | 421   |
| 요통     | 161   | 88    | 51    | 66    | 394   |
| 합계     | 506   | 221   | 124   | 190   | 815   |
| 업무상질병자 | 1529  | 2119  | 1838  | 2258  | 2528  |

'99년에 발생한 근골격계 질환자 190명에 대하여 업종별 발생현황에서 자동차 제조 및 수리업 31명(16%), 선박건조 및 수리업 14명(7%), 전기기계기구 제조업 13명(6%), 통신업 7명(3%), 기타 29개 업종 125명(68%)로 자동차 제조 및 수리업이 가장 높다[8].

인간공학적 측면을 고려한 작업장의 개선은 부자연스러운 자세를 감소시켜 인간의 실수를 줄이거나 예방하여 불량률을 줄이고 품질을 높일 수 있고, 적절한 공구의 사용으로 신경들에 가해지는 압박을 최소화하여 작업자의 피로를 줄이고, 작업효율을 높이도록 작업을 설계하여 생산성 향상을 도모할 수 있다. 그리고 작업 안전성 면에서는 고도의 반복작업에 의한 작업관련 근골격계 질환과 요통의 예방을 위한 개선 방향을 제시하여 생산성과 작업 편리성을 동시에 향상시키거나, 적어도 현재의 생산성은 유지하며 편리성을 향상시킬 수 있도록 작업의 위험 요소를 제거할 수 있다.

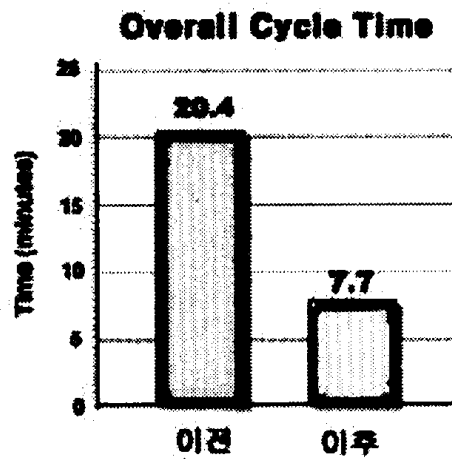
1996년에 미국의 캘리포니아, 토렌스(Torrance)에 있는 Honeywell사는 터보차저(turbochargers) 생산의 증대로 작업자들의 지속적인 초과근무와 근골격계 질환 위험에 대한 노출 증가를 초래하여 작업자들의 보건과 안전이 목표로 하는 수준에 미치지 못하는 결과를 초래하였다. 이의 개선을 위해 2년간의 과정을 통하여 시설 전반에 걸쳐 인간공학 위험 요소에 우선순위를 매기고, 근골격계 질환 위험을 인식, 평가, 그리고 관리하는 새로운 작업 셀을 완성함으로써 생산성 37% 증가로 노동비용이 1년에 94,000달러 감소되었다. 그리고 1999년까지 넓은 범위에 책정되어진 작업자 보상비용은 연간 약 200만달러 정도 감소되었다.

또한 전세계적으로 90,000명의 종업원을 보유하고 있는 TRW의 자동차 분야는 작업장에서의 인간공학적 위험 요소 개선을 통하여 작업거리를 감소하여 불편한 자세를 줄였고, 새로운 수공 구 설계로 낭비되는 동작을 제거하여 시간을 절약하였다. 이러한 개선들은 1997년부터 1999년에 이르기까지 2년여 동안에 근로자 100명당 작업 손실일수를 90% 줄였고 15%의 생산성 향상을 이루어 냈다<그림1>.



<그림 1> TRW의 생산성 향상과 작업 손실 감소

그리고 전체 생산 사이클 시간(overall cycle time)이 62%나 줄어들었다<그림 2>[19]



<그림 2> TRW의 전체생산 사이클 시간의 감소

본 연구에서는 고도의 단순반복작업이 많은 전기기계기구 제조업 중 컴퓨터 공장의 인간공학적 진단 및 개선에 초점을 두었다. 컴퓨터 공장의 작업환경, 작

업방법, 작업설비, 작업도구 등의 작업장/작업자 전반에 걸친 인간공학적 진단을 통해서 작업장과 작업이 안전하고, 효율적으로 설계되었는지 그 실태를 파악하여 개선책을 제시하고자 한다. 특히 작업장 전반(표시 및 조정장치, 작업장 설계, 도구 및 설비, 작업방법, 자재 및 운반, 훈련 등)의 개선을 통해 안전성 및 생산성 향상과 편리성, 효율성, 쾌적성을 증대하는 동시에 작업자의 근골격계 질환 및 요통 등의 질환을 예방하고자 하는데 그 목적이 있다. 또한 인간공학적 진단을 통한 개선 전·후를 비교하여 인간공학적 개선의 효과를 알아보고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 설문지 조사

설문지 조사는 작업 및 환경에 관한 작업자의 의견 조사를 통해 작업자들의 불편사항과 문제점을 분석하고 그에 따른 조치 강구를 위해 필요한 절차이다. 컴퓨터 조립 공장에서 근무하고 있는 남자 5명, 여자 63명으로 총68명(용역사원 포함)을 대상으로 작업방법과 환경에 관한 설문조사와 작업전후의 통증 경험여부에 대한 조사를 실시하였다.

작업방법과 환경에 관한 설문조사는 작업자에게 작업공간, 혹은 작업하는 중에 느끼는 위험요소들은 어떤 것들이 있으며 작업도구의 사용편의성과 작업환경(소음, 조도 등), 작업 전·후의 통증 경험 여부 등에 대한 조사를 하였다. 여기서 조사한 내용은 Microsoft Excel을 이용하여 입력하고 표와 차트를 만들어 정리하였다.

### 2.2. 작업 방법 조사 및 분석

작업 방법 조사는 작업도구 및 작업방법을 조사하고 그 내용을 통해 작업을 분석하여 작업의 위험 요소를 파악하고 개선요소를 도출하기 위해 필요하다. 작업자별로 작업 내용과 작업자세를 4~5사이클 정도 캠코더와 디지털 카메라를 이용하여 촬영하였고 동시에 스톱워치(stop watch)로 작업시간(cycle time)을 측정하였다. 작업을 직접 보면서 check한 문제점과 촬영한 tape를 VCR로 시청하면서 작업공정을 작업자별로 분석하고 중점 분석 작업을 선정하였다. 동시에 작업의 사고자료도 분석하였다. 선정된 중점 분석 작업은 작업도구와 작업자의 작업방법을 분석하여 작업의 위험요소를 파악하였고 작업위험요소를 제거하거나 줄이기 위한 개선 요소를 도출하였다.

### 2.3. 작업장 및 작업환경 조사

작업장 및 작업환경 조사는 작업자별 작업환경 측정을 통하여 유해 요소를 확인하고 이런 작업장의 유해 요소를 줄이거나 제거하기 위한 것이다. 작업자별 작업환경 측정은 작업자가 작업을 하는 작업장과 작업환경 요소를 측정하였는데 작업대높이와 대차 및 부품 상자의 크기 등을 포함하여 작업공간을 측정하였고 휴식 공간의 위치나 규모 등을 확인하고 소음과 조도를 측정하였다. 측정에 사용된 장비로는 줄자와 소음계, 조도계를 이용하였다.

### 2.4 인간공학적 평가기법을 이용한 작업평가

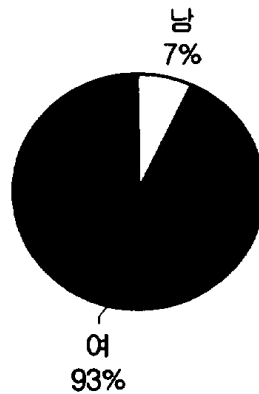
근골격계 질환의 발생과 관련한 작업의 유해요인 및 위험도에 대한 인간공학적 평가기법은 여러 가지가 개발되어 사용되고 있다. 이런 평가 기법들은 평가되는 작업의 근골격계 질환 관련성을 직접적으로 입증하는 것이기보다는 부적절한 작업장의 구조와 불편한 작업자세 등의 근골격계 질환 발생요인에 대한 분석을 통하여 작업환경에 포함된 재해 위험요인을 파악하고 이의 개선을 통해 근골격계 질환의 예방을 위한 것이다[12].

인간공학적 평가기법으로는 JSI(Job Strain index), NIOSH 들기 작업 지침 (Revised NIOSH Lifting Equation), REBA(Rapid Entire Body Assessment), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), OWAS(Ovaco Working Posture Analysing System)등 여러 가지가 있지만 본 연구에서 인간공학적 평가 기법은 RULA를 이용하여 인간공학적 진단을 통한 개선 전·후를 비교하여 인간공학적 진단 및 개선의 효과를 보이하고자 하였다[11,12,15,16,17,18].

### 3. 작업자 및 작업장실태

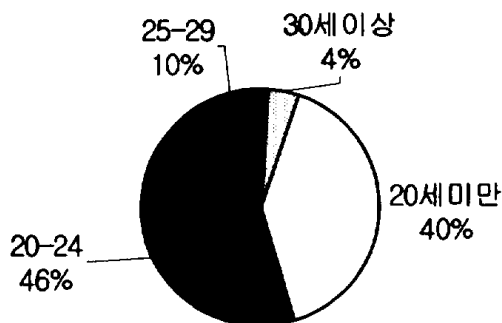
#### 3.1. 설문 대상

설문 조사는 컴퓨터 조립 공장의 현장에서 근무하는 작업자들을 대상으로 하였다. 남녀 비율은 <그림3>에서 보이는 것처럼 남자 5명(7%), 여자 63명(93%)으로 총 68명(용역사원 포함)을 대상으로 설문 조사를 하였다.

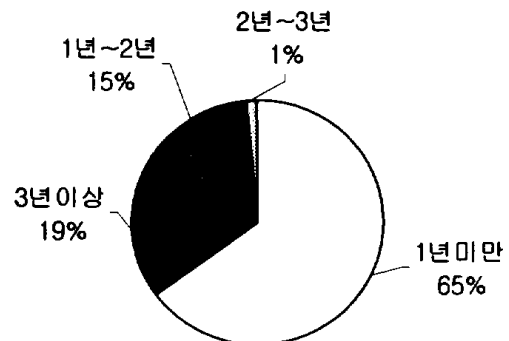


<그림 3> 남녀 비율

이들의 나이분포는 <그림4>에서 20미만(40%), 20-24세(46%), 25-29세(10%), 30세 이상(4%)로 나타났고 대부분이 20대 여자 작업자(전체의 96%)들이었다.



<그림 4> 나이분포



<그림 5> 작업경력



현재 공정의 작업경력은 <그림5>에서 1년 미만(65%), 1-2년(15%), 2-3년(1%), 3년 이상(19%)으로 대부분이 1년 미만의 경력을 가진 작업자들이었다.

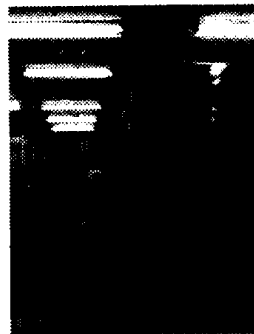
### 3.2. 작업자에 대한 고려 부족

#### 1) 불편한 작업자세

좋지 않은 작업자세는 근골격계 질환의 발생, 작업수행도의 저하 등에 영향을 미친다[3,4,5]. 진단 대상 컴퓨터 공장의 작업자들은 <그림6>에서와 같이 부품 상자의 높이가 높아서 과도하게 팔을 뻗어서 부품을 가져오는 작업<그림6-a>을 하기도 하고 box등을 어깨 위로 들어서 올리는 작업<그림6-b>, 바닥이 지지되어 있지 않는 상태의 어색한 작업자세<그림6-c> 등이 나타났으며, 이러한 불편한 작업자세 등은 작업자에 대한 고려 부족으로 야기되는 문제들이다.



(a) 과도한 뻗침



(b) 어깨위 들기



(c) 어색한 자세

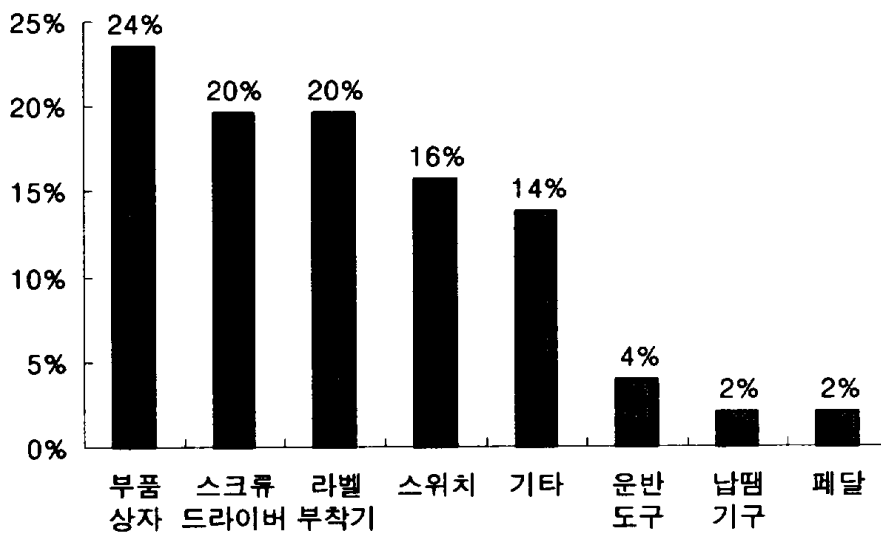
<그림 6> 불편한 작업자세

#### 2) 사용하기 불편한 작업도구

손의 구조를 무시하고 잘못 설계된 공구 등의 장기적인 사용으로 인한 누적 외상성 질환이 증가하고 있는 추세이다[1]. 또한 수공구는 종류와 작업 유형 및 작업 자세, 성별에 따라 근력에 영향을 주기 때문에[6] 남성 작업자보다 여성 작업자가 많고 반복작업이 많이 이루어지는 전기·전자 업종의 조립 라인에서

의 사용하기 불편한 작업도구의 개선은 이루어져야 한다.

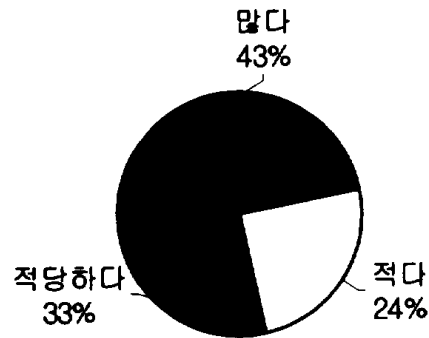
컴퓨터 조립공장의 '작업 시에 불편을 느끼는 작업도구는 무엇인가'에 대한 설문 조사 결과는 <그림7>에서 알 수 있듯이 부품 상자(24%), 스크류 드라이버(20%), 라벨 부착기(20%), 스위치(16%), 운반도구(4%), 납땜기구(2%), 페달(2%)로 부품상자와 스크류 드라이버에 대해 작업자들은 불편을 느끼고 있는 것으로 나타났다.



<그림 7> 사용하기 불편한 작업도구

### 3) 꺾임/비틀림 자세분포

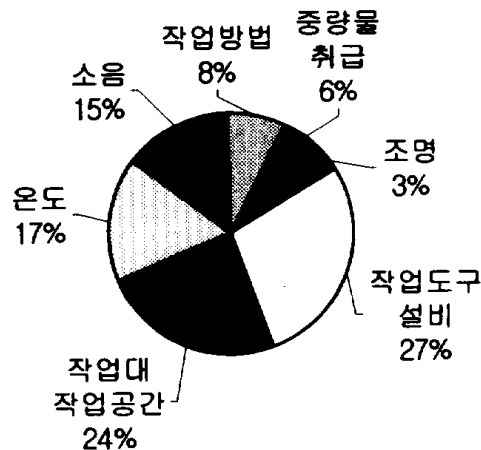
작업 자세 중에서 비틀림이나 굽힘, 꺾임 자세에 대한 설문에 다음 <그림8>과 같이 많다(43%), 적당하다(33%), 적다(24%)로 응답 결과가 나왔다.



<그림 8> 비틀림이나 굽힘, 꺾임 자세

#### 4) 작업개선의 필요성

작업자에게 작업과 관련해서 개선의 필요성 있는 요소에 대한 설문 응답 결과는 <그림9>에서 작업도구 및 설비(27%), 작업대 및 작업공간(24%), 작업장 온도(17%), 소음(15%), 작업방법(8%), 중량물 취급(6%), 조명(3%)로 작업자들은 작업 방법 자체보다도 작업에 관련된 설비나 작업환경(86%)에 대한 개선을 요구하는 것으로 나타났다.

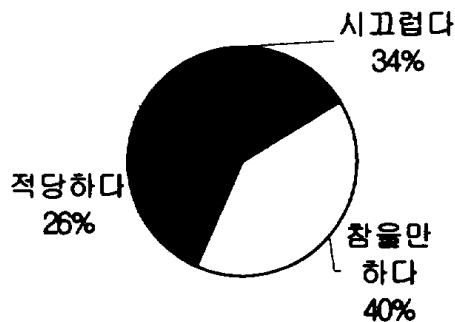


<그림 9> 작업과 관련 개선의 필요성이 있는 요소 분포

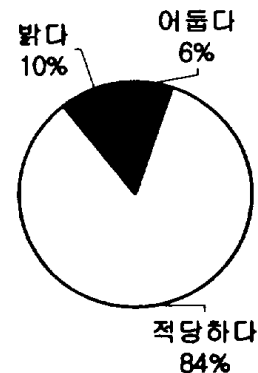
#### 5) 소음과 조명

진단 공장의 소음 정도에 대한 설문은 참을 만하다(40%), 시끄럽다(34%),

적당하다(26%)의 결과가 나왔다<그림10>. 조명은 검사 작업자의 시각에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 중요한 작업수행도 형성요인이라고 할 수 있는데 조명의 조건 변화에 따라서 검사작업자의 작업수행도에 영향을 미친다[9]. 조명에 대한 설문 결과는 적당하다(84%), 밝다(10%), 어둡다(6%)로 <그림11>과 같이 나타났다. 작업자들은 조명에 부담을 느끼지 않는 것을 볼 수 있다.



<그림 10> 소음의 정도

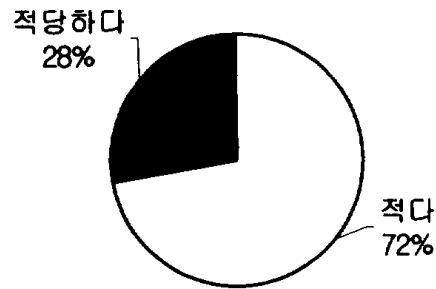


<그림 11> 조명의 정도

### 3.3. 휴식시간

컴퓨터 조립라인의 작업자들은 하루 생산 목표량을 채우기 위해서 라인속도에 따라 작업을 수행하며, 일반적으로 단순 반복 작업으로 하루 8시간을 서서 작업한다.

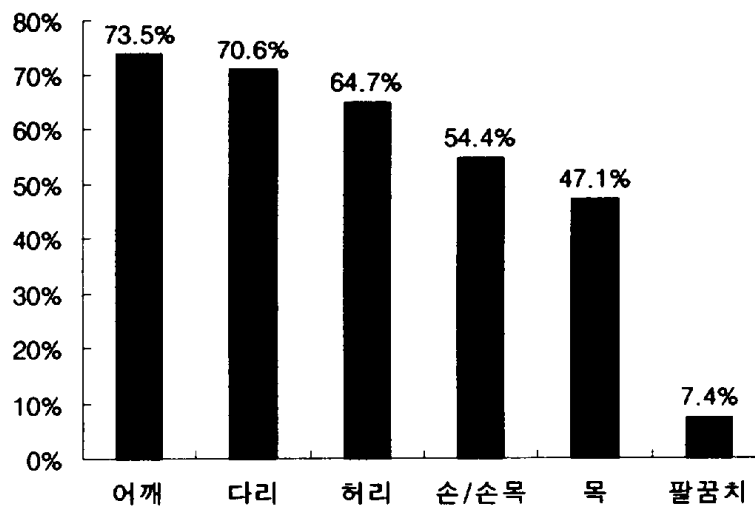
작업자들에게 ‘현재의 휴식시간은 적당한가’에 대한 설문 결과 적다(72%), 적당하다(28%)로 작업자들이 좀더 많은 휴식시간을 원하고 있는 것으로 나타났다<그림12>.



<그림 12> 휴식시간 정도

### 3.4. 작업자 통증

작업자들이 '작업전·후에 통증이나 쥐심·저림 등의 불편한 증상을 느끼는 신체 부위에 대해 모두 표시하여 주십시오'(목부위, 어깨부위, 허리부위, 팔꿈치 부위, 손/손목, 다리)라는 질문에 대하여 어깨(73.5%), 다리(70.6%), 허리(64.7%), 손/손목(54.4%), 목(47.1%), 팔꿈치(7.4%) 순으로 어깨와 다리가 가장 불편하다고 답한 비율이 높았다<그림13>.



<그림 13> 통증-불편을 느끼는 부위 분포

### 3.5 인간공학적 평가기법을 이용한 작업평가 실태

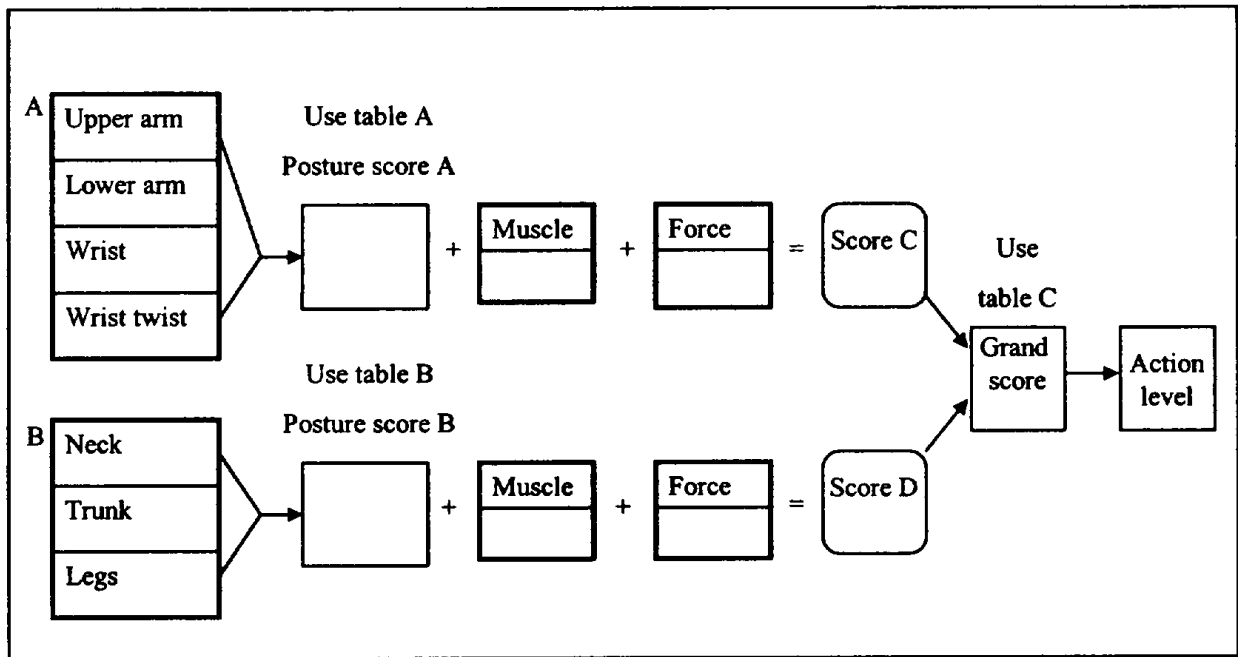
#### 1) RULA 선택

여러 가지 인간공학적 평가기법 중에서 본 연구에서 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)[16]를 이용한 것은 RULA가 반복성, 힘, 그리고 자세를 위해요인으로 평가하고 이와 관련한 신체부위로 상지를 주로 평가하고 조립작업을 평가하는데 적합하기 때문이다.

#### 2) RULA란

RULA는 1993년에 McAtamney와 Corlett에 의해 근골격계질환(직업성상지질환)과 관련한 위해 인자에 대한 개인 작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며 다양한 제조업의 직업을 분석연구의 대상으로 하여 개발되었다. RULA의 평가표는 각 신체부위별 작업자세를 나타내는 그림과 3개의 배점표로 구성되어 있다. 평가과정은 각 신체부위별 작업자세를 나타내는 그림을 보고 A, B 그룹의 점수를 구하고 Table A와 Table B를 이용하여 점수 A와, 점수 B를 구한다. 여기에 각각의 근육사용 점수와, 힘의 점수를 더하여 나온 점수 C와, 점수 D를 가지고 Table C를 이용하여 최종 점수를 구한다. 평가의 결과는 1에서 7사이의 최종점수(grand core)로 나타내어지며 점수에 따라 4개의 행동단계(action level)을 취하게 된다<그림14>.

최종점수가 1~2점이면 행동단계가 1로써 작업이 장시간 동안 반복되거나 주된 작업이 아니면 그 작업자세는 받아들여지고(acceptable job), 3~4점이면 행동단계가 2로 지속적인 조사가 요구되고 필요하다면 개선의 여지가 있다(investigate further). 그리고 최종점수가 5~6점이면 행동단계가 3으로 빠른 조사와 개선이 필요하고(investigate further and change soon), 7점 이상이면 행동단계가 4로 즉각적인 정밀조사와 개선이 필요하다(investigation and changes are required immediately).

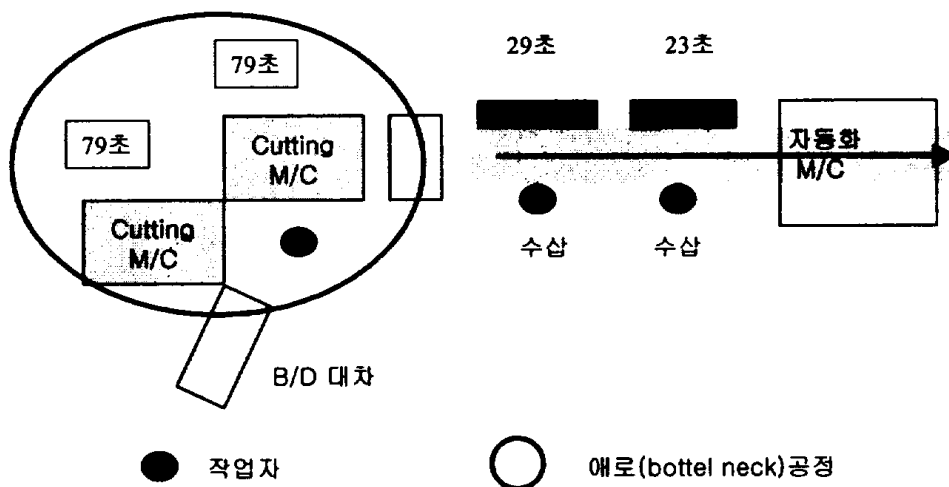


<그림 14> RULA 평가 과정

## 4. 세부 개선안

### 4.1 라인 균형 분석

라인의 균형 분석은 라인의 각 공정의 cycle time을 측정하여 애로(bottle neck)공정을 찾아내고 이의 개선을 통하여 라인에 투입된 기계·장비를 최적으로 활용할 뿐만 아니라 생산량의 향상에 도움이 될 수 있다[14]. <그림15>은 진단 대상 라인 중에서 일부분의 공정을 간략하게 나타낸 것이다.

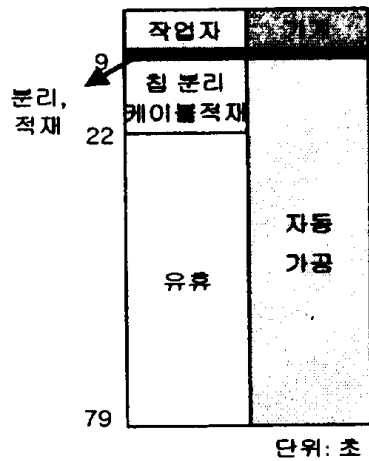


<그림 15> 애로(bottle neck)공정

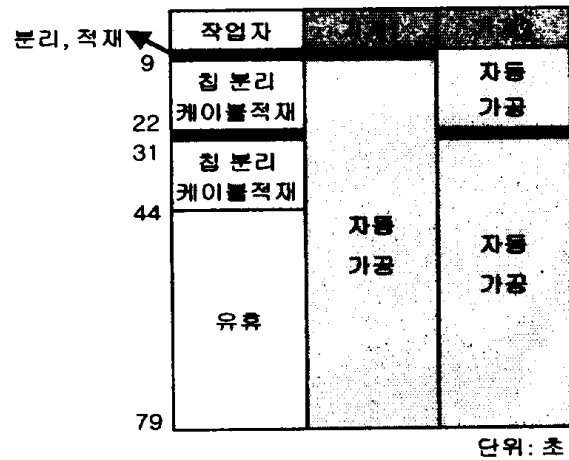
<그림16-a>은 cutting작업에서의 작업자 1명이 1대의 기계를 담당했을 때의 man/machine chart이다. 현재의 cutting 공정에서는 작업자가 두 대의 기계를 담당하고 있다. 이를 man/machine chart로 나타낸 것이 <그림16-b>이다. 여기서 cycle time은 79초/2개 = 39.5(초/개)이지만 작업자가 실제로 작업을 하는 시간은 22(초/개)이다. 작업자가 효율적으로 담당 가능한 기계대수를 계산해 보면  $79/22 = 3.59$ 대이다. 그러므로 최대 3대를 담당할 수가 있다. 작업자가 3대의 기계를 담당할 경우 79초/3개 = 26.3(초/개)로 cycle time이 약 33% 감소되고 시간당 생산량도 182개( $(3600/39.5) \times 2$ 대)에서 410개( $(3600/26.3) \times 3$ 대)로 약 125% 증가되며 동시에 작업자의 유휴시간이 13초로 2대의 기계를 담당할 때(유휴시간 : 35초)보다 감소되어 효율적으로 작업이 이루어지는 것을 알 수 있



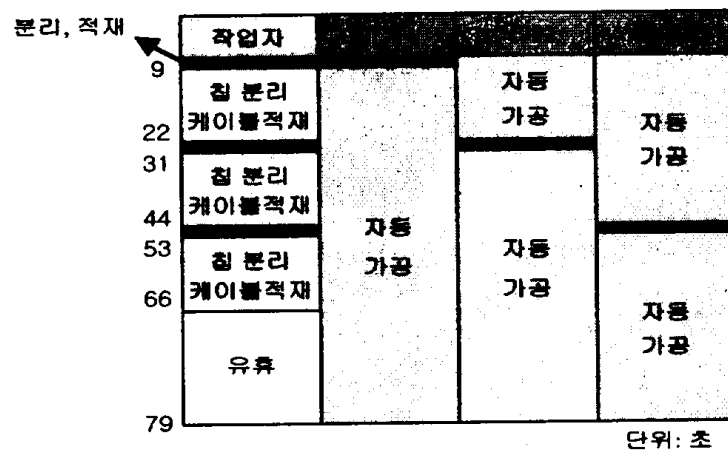
다<그림16-c>.



(a) 1man / 1machine



(b) 1man / 2machine



(c) 1man / 3machine

<그림 16> man/machine chart

## 4.2 수삽 작업의 개선

### 1) Stopper 설치

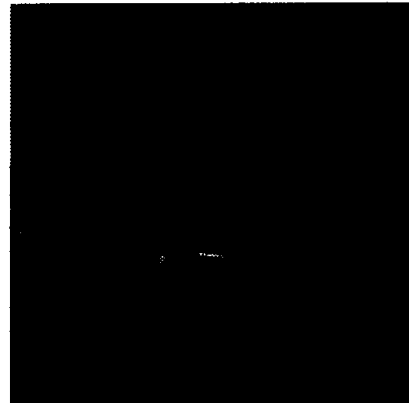
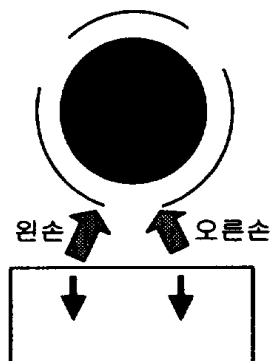
현재의 수삽 작업은 PBA 판이 컨베이어에 의해 흘러가는 상태에서 이루어

지고 있다. 이것은 작업자가 수삽 작업을 하는데 있어서 양손을 사용하지 못하고 한 손으로 PBA 판을 잡고 작업을 진행하고 부품을 집어오는 중에 흘러가면 다시 끌어다 작업을 하는 문제점이 있는데 이러한 것을 개선하기 위해서는 stopper를 설치하여 작업자가 양손으로 작업을 하여 동작량을 절약하고 cycle time을 줄여서 생산성을 향상시킬 수 있다.

## 2) 부품 수삽 작업 개선

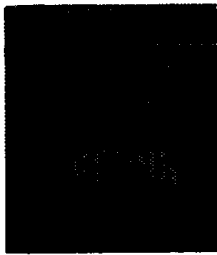
### ① 흘러내리는 부품

흘러내리는 작은 부품은 <그림17>과 같은 회전하는 부품 상자를 이용하여 양손으로 수삽 작업을 할 수 있어서 작업자는 움직이는 거리를 최소화 할 수 있다. 이때 부품은 작업자의 실수를 최소화 할 수 있도록 삽입 순서대로 부품 상자에 위치시켜야 한다.

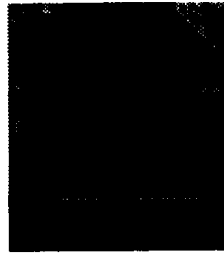


<그림 17> 원형 동력식 부품 상자

흘러내리는 부품 중 큰 부품은 부품 상자 받침대와 부품 상자 받침틀에 부품상자를 기울여 배치하면 부품이 지속적으로 아래쪽 흘러내려 아래쪽에 모이게 되므로 작업자가 부품을 집어오는 손의 이동거리를 줄이는 효과를 얻을 수 있다<그림18>.



a. 부품상자 받침대



b. 부품상자 받침 틀

<그림 18> 부품상자 받침대와 받침틀

## ② 흘러내리지 않는 부품

흘러내리지 않는 부품의 경우는 작업자의 손이 잘 닿지 않아 부품상자를 직접 돌려놓거나 부품을 잡는데 불편한 자세가 존재하게 된다. 이러한 부품의 효율적인 취급을 위하여 <그림19>과 같이 회전이 되는 부품 받침대를 양쪽에 마련하고 작업자가 부품 취급시 손이 잘 닿는 배치가 필요하다.



a. 작업자의 부품 사용



b. 부품 받침대의 회전

<그림 19> 양쪽 부품 받침대 개선 사례

## 4.3 편한 동작을 유도하기 위한 개선

### 1) 경사진 부품상자 받침대

<그림20-a>을 보면 실제 현장에 있어서 부품상자를 쌓아 놓고 작업을 할

때에 작업자가 부품을 꺼내기 위해 취하는 불편한 자세이다. 이것을 개선하기 위한 경사진 부품받침대와 경사지지대를 사용하는 것은 수납작업 이외에 대부분의 조립작업에서 편한 동작을 유도하는 하나의 개선이다<그림20-b>.



a. 과도한 팔의 뻗침



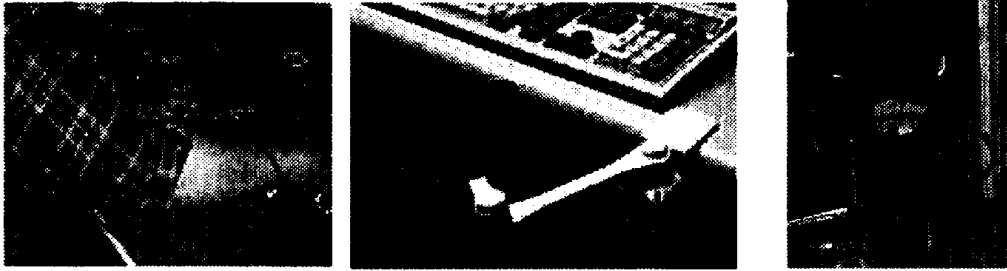
b. 경사 지지대의 이용

<그림 20> 경사진 부품상자 받침대 개선

이 효과는 작업자에게 편하게 부품을 집어오는 것과 동시에 이동거리의 감소로 cycle time을 줄일 수 있다. 이러한 작업에서 줄어드는 cycle time은 라인전체의 cycle time 감소로 생산성을 향상시킬 수 있다.

## 2) 팔걸이, 발지지대

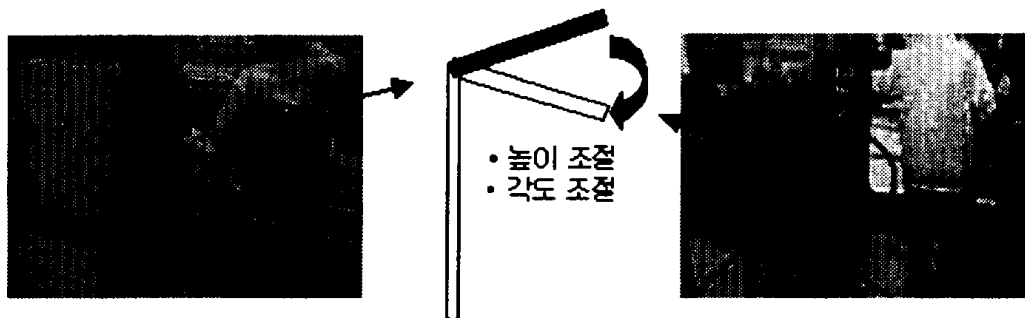
팔의 지지가 없이 낱땀 작업이나 정밀조립작업 등을 하는데 있어서 팔의 떨림은 제품의 불량을 유발할 수 있다. 이는 작업자가 경직된 자세로 작업을 하도록 유도하는 것이다. 이러한 것들이 반복·지속될 경우 어깨와 목에 통증을 유발하게 되고, 또 발의 지지 상태에 따라 앉는 자세의 변화로 허리에 부담을 줘서 요통을 발생시킬 수 있다. 이러한 것들의 예방에 도움이 되도록 작업자에게 작업이나 행동이 지장을 주지 않는 범위 내에서의 <그림21>과 같이 팔걸이/팔지지대와 발지지대를 제공하는 것이다.



<그림 21> 팔걸이와 받지지대

### 3) 동작하기 편한 도구

<그림22>을 보면 앵글에 틀을 걸거나 걸려있는 것을 가져다 작업을 하는 것을 알 수 있다. 이 앵글은 T자 형태로 높이 조절이나 각도 조절이 되지 않는 것이다. 이것을 높이 조절과 각도조절이 가능하도록 변형을 한다면 앵글에 틀을 걸때는 앵글을 위쪽으로 기울여서 중력을 이용하여 틀이 저절로 아래쪽으로 흘러내리도록 하고 틀을 가져다 작업을 할 때는 아래쪽으로 기울여서 역시 흘러내리도록 하여 작업자는 항상 같은 위치에서 틀을 집어올 수 있어서 손의 이동거리를 줄일 수 있다.

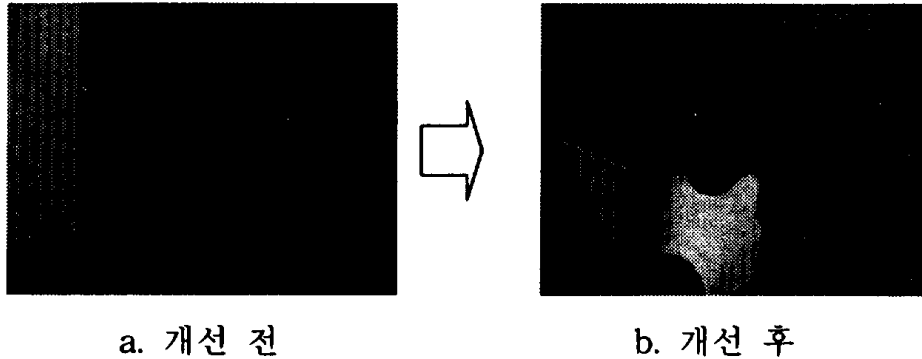


<그림 22> 동작하기 편한 도구로 개선

### 4) 커넥터 연결 작업 개선

검사작업에서 반복적으로 작은 커넥터의 연결이 있는 각각의 개별 커넥터를 모듈화, 또는 잡고 밀기 쉽게 손잡이를 크게 변형시키는 개선을 통해 불편 자세로 반복적인 연결을 하는 작업 수를 줄일 수 있고 cycle time을 줄일 수 있다<

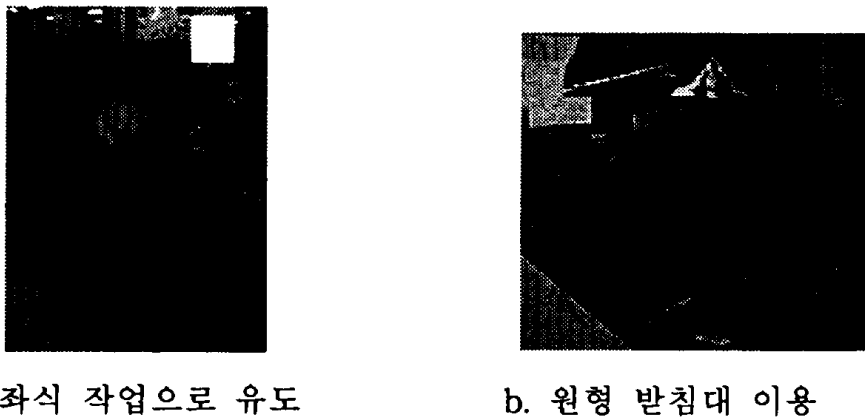
그림23>



<그림 23> 커넥터 삽입 개선

#### 5) 납땜 작업의 개선

납땜 작업은 입식 작업시 고정자세 유지의 어려움이 있으므로 좌식 작업이 유리하고, 팔걸이/지지대를 제공함으로써 손 떨림으로 인한 품질저하를 방지할 수 있다. 납땜시 기울어진 받침대를 사용하는 것이 작업하기에 편리하다. 또한 원형 받침대로 하는 것은 작업자가 기판을 잡기에 편리하다<그림24>.

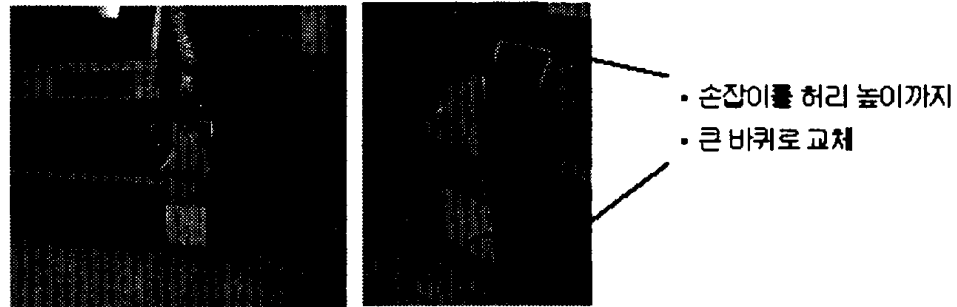


<그림 24> 납땜 작업의 개선

#### 6) 무거운 납땜 통의 운반

무거운 납땜 통은 손잡이 높이가 너무 낮아서 이동시에 불편하다. 이것은

손잡이의 높이를 <그림25>과 같이 허리 높이로 개선하고 또한 잘 굴러가는 큰 바퀴로 개선을 하면 운반하는데 있어서 무리한 힘없이 이동할 수 있다.



<그림 25> 무거운 납땜 통의 개선

#### 4.4 자재공급 시스템 검토

작업장에 있어서의 자재 공급은 많은 시간이 소요되고 또한 많은 면적을 차지하고 있다. 이러한 자재 공급에 있어서 불필요한 운반이나 불편한 자세 운반 작업등으로 작업자는 요통의 가능성이 있다. 자재공급의 시스템 검토를 통해 운반 및 거리를 단축할 수 있는 배치를 설계하여야 할 것이다.

진단 공장의 자재 투입 시스템은 <그림26-a>과 같이 부품상자의 투입은 어깨 위 자세에서 이루어지고, 반출은 배출구가 아래쪽으로 작업자는 허리를 굽힌 자세에서 작업을 하게 된다<그림26-b>.



a. 부품상자의 투입



b. 부품상자 배출구

<그림 26> 부품상자의 투입 및 반출

이것은 부품상자 크기와 재질의 특성을 고려하고 작업자에게 가깝게 부품상자의 위치 및 각도를 조정하고 부품상자 투입구 높이가 올라 갈수록 비효율적이므로 최대한 낮추는 것이 좋다. 그리고 가능하다면 부품상자 투입구 높이를 조절식으로 하는 것이 가장 좋은 방법이다. 반대로 배출구의 높이는 가능한 높여주는 것이 좋은데 높이는 허리 높이에 가깝게 조절하는 것이 가장 좋다<그림27>.



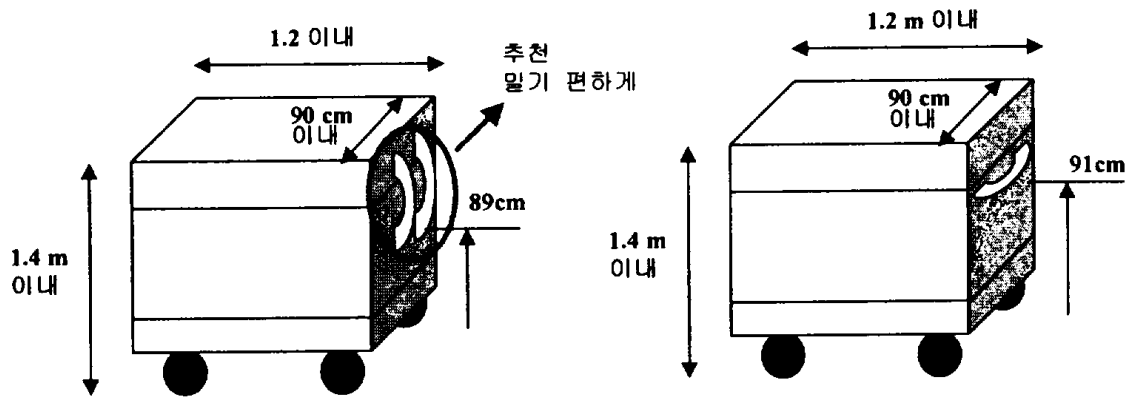
<그림 27> 자재 투입 시스템의 설계 절차

#### 1) 운반대차와 효율성

현장에서의 운반 대차는 한꺼번에 많은 양의 부품을 운반하기 위하여 작업의 효율은 무시한 채로 높이가 높아지면서 부피가 커지고 무거워졌다. 이런 대차의 운반은 작업자들의 시야를 방해하고 불편한 자세로 운반 작업을 하도록 하며 이동이 어렵기 때문에 오히려 운반의 효율이 떨어진다. 이것은 추돌의 위험은 물론 작업자의 요통, 협착과 같은 사고를 일으킬 가능성을 높이는 요인이 되는 것이다.

이런 위험을 줄일 수 있는 대차의 추천 한계는 최대허용중량이 226kg이내, 최대 운반거리는 90m이내, 최소 통행 폭은 1.5m이상, 회전 폭은 2.1m이상의 손운반 대차(4바퀴)를 이용한다. 또한 작업자가 운반하기 편하도록 대차에 손잡이를 두는 것이 좋다<그림28>.

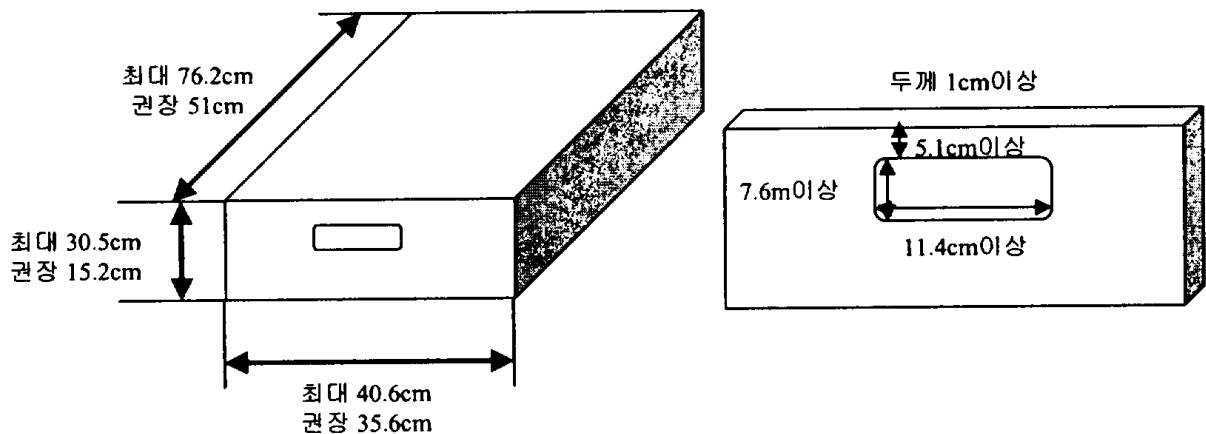




<그림 28> 대차의 권장 크기

## 2) 부품상자의 개선

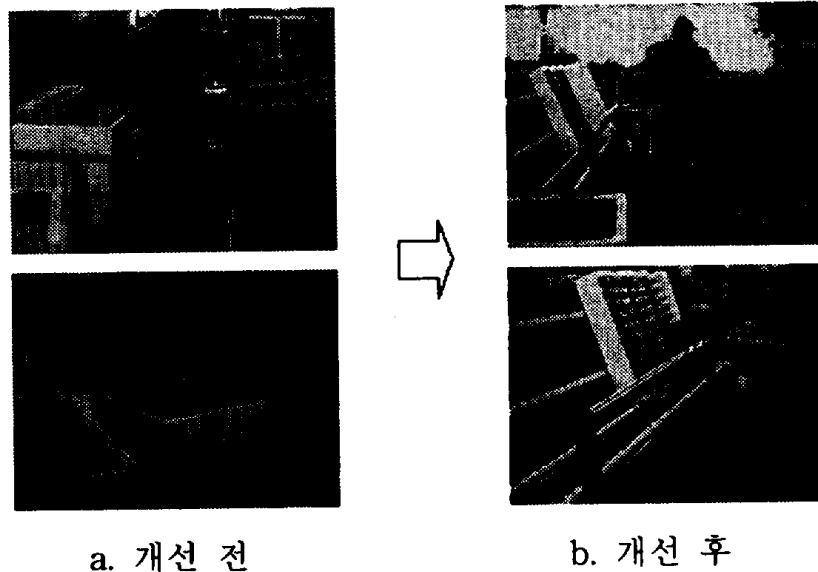
작업자가 부품상자를 운반 또는 이동할 때는 상자의 무게도 중요하지만 상자의 크기나 손잡이의 크기 및 위치도 작업자세에 영향을 주는 요인이 된다고 할 수 있다. <그림29>은 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)의 부품상자의 권장크기를 보여주는 것으로 가로는 최대 76.2cm(권장 51cm)이고, 세로는 최대 40.6cm(권장 35.6cm), 높이는 최대 30.7cm(권장 15.2cm)로 나타내었다. 또한 손잡이는 동시에 부품상자에 무게에 따라 색을 표시해주는 것도 작업자의 운반이나 이동시에 주의를 기울이는데 도움을 줄 것이다.



<그림 29> NIOSH 부품상자 권장 크기

### 3) 부품상자의 배치

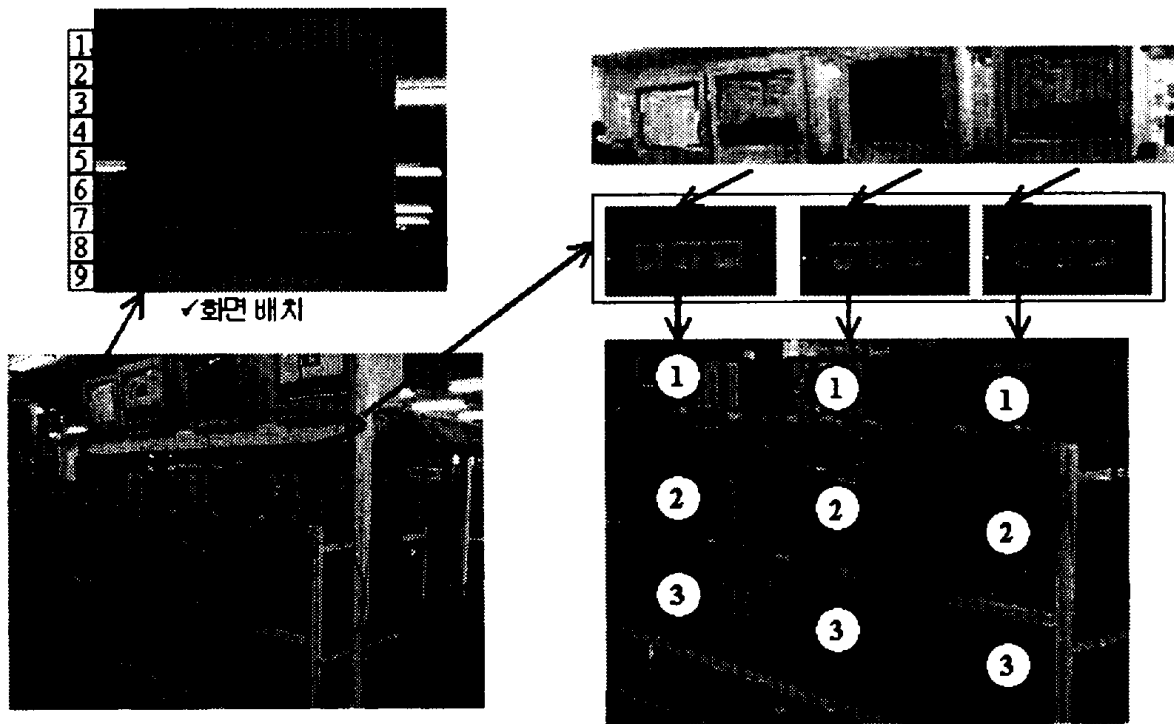
현장에서의 부품상자 배치는 <그림30-a>과 같이 작업자의 뒤쪽에 위치해 있어서 작업자가 작업을 위하여 몸을 비틀어 부품을 집어야만 한다. 이것은 가능한 작업자 몸쪽에 가깝게 하고 또한 작업자의 허리높이에서 작업이 이루어지도록 배치하는 것이 작업자의 비틀림이 감소하고 부품을 집어오는데 있어서 손의 이동거리가 감소한다<그림30-b>.



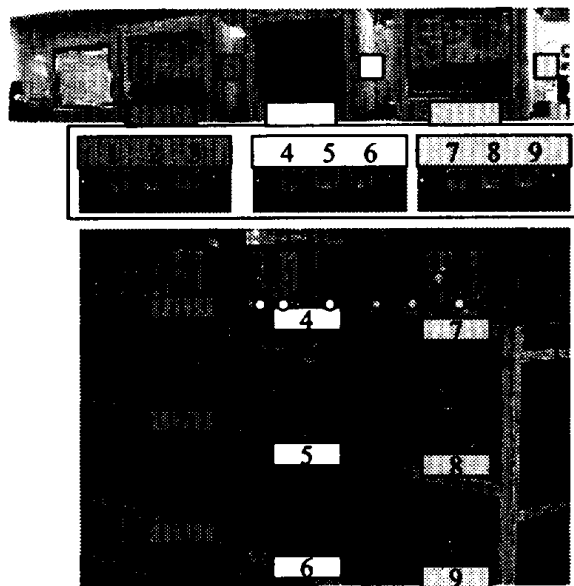
<그림 30> 부품상자 배치의 개선

### 4.5 조정장치와 표시장비의 관계 개선

<그림31>를 보면 본체의 검사를 위하여 모니터, 스위치, 컴퓨터, 마우스, 커넥터가 있다. 모니터 화면을 보면 표시된 숫자는 1번부터 9번으로 되어있다. 하지만 각각의 스위치는 모니터 하나에 대하여 1, 2, 3으로 표시되어 일치하지 않기 때문에 작업자가 기억하기가 쉽지 않다.



<그림 31> 검사작업의 화면배치와 스위치의 관계



<그림 32> 숫자표시와 색을 이용한 개선

이것의 개선은 현재 배치를 유지한 상태에서 스위치의 숫자와 모니터 뒤, 마

우스, 모든 케이블과 커넥터를 <그림32>처럼 1~9까지의 숫자로 표시해주는 것과 동시에 색으로 표시하면 작업자가 식별하기 더욱 쉽다.

#### 4.6 작업장 설계(Workplace Design)

##### 1) 작업대 높이 개선

PBA라인은 주로 좌식작업으로 작업대 높이가 평균 89cm이고 Desktop라인은 평균 89cm의 작업대 높이이지만 입식으로 작업이 이루어지고 있다. 그리고 Notebook라인은 87cm에 입식작업이다. 이렇게 비슷한 높이의 작업대이지만 작업형태가 입식 또는 좌식으로 이루어지고 있다. <표2>는 작업의 형태별로 입식 또는 좌식 작업대의 높이를 조절식과 고정식으로 나누었고, 입식작업대에서 고정식은 발판을 사용과 발판 없는 경우의 높이를 나타내었고 좌식작업대에서는 조절식 의자사용에 대한 높이를 나타내었다.

<표 2> 작업대 높이

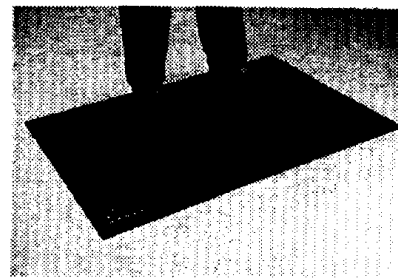
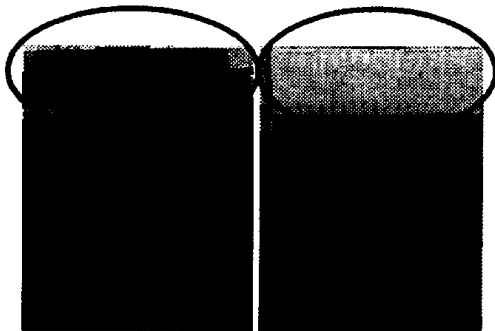
| 입식 작업대 | 조절식<br>(조절범위) | 고정식                |       |
|--------|---------------|--------------------|-------|
|        |               | 발판사용               | 발판없음  |
| 정밀작업   | 97.5~125cm    | 125cm              | 110cm |
| 경 조립   | 90~118cm      | 118cm              | 105cm |
| 충량물 작업 | 75~105cm      | 105cm              | 90cm  |
| 좌식 작업대 | 조절식<br>(조절범위) | 고정식<br>(조절식 의자 사용) |       |
| 정밀작업   | 67~85cm       | 85cm               |       |
| 경 조립   | 57.5~72.5cm   | 72.5cm             |       |
| 수작업    | 52.5~70cm     | 70cm               |       |

##### 2) 입식작업 피로절감대책

생산성 향상을 위한 현재의 작업장들은 로트(lot)의 소형화, 작업자의 다기능화, 선행기간(lead time)의 단축, 준비 작업의 극소화를 지향하고 있으며, 이를 위해 좌식작업을 입식작업으로 전환하는 경우를 흔히 볼 수 있다[10]. 이러

한 입식의 조립 작업자들의 자세는 대부분이 작업대에 기대서 작업을 하고 있고 작업자와 직접적인 인터뷰에서도 작업자들은 복부가 차갑다고 호소를 하였다. 이는 <그림33-a>와 같이 작업대에 pad 부착을 통하여 작업자들이 복부에 자극 없이 편하게 작업을 할 수 있다.

또한 장시간 서서 작업을 하므로 작업자들의 다리는 쉽게 피로해진다. 가장 쉬운 피로절감대책은 휴식이지만 하루에 목표생산량을 달성해야 하는 현장에서는 어려운 대책이다. 하지만 이러한 입식작업의 피로는 <그림33-b>와 같은 피로방지용 매트나 쿠션이 있는 작업화 제공을 통해서 피로를 절감할 수 있을 것이다.



a. 작업대에 pad부착

b. 피로방지용 매트, 쿠션있는 작업화

<그림 33> 입식작업의 피로 절감 대책

#### 4.7 동작 버튼과 스위치 관리

작업자가 조정장치의 조작시에 오류를 줄이기 위해서는 스위치의 색과 방향에 관한 관리가 필요하다. 이는 <표3>의 장비표준 색채코드(ANSI Z53.1)를 이용하여 조정장치의 정지버튼과 Off 버튼은 빨강으로 대기과 Return버튼은 노랑으로, 그리고 Start/Go는 초록색으로 코딩을 하여 작업자의 오류를 줄일 수 있다[13].

<표 3> 장비표준 색채코드(ANSI Z53.1)

| 색  | 내용                          |
|----|-----------------------------|
| 빨강 | 위험신호, 정지버튼, 비상 정지버튼         |
| 주황 | 위험 기계 부위, 협착점               |
| 노랑 | 주의 표시, 물리적 위험요소(추락, 충돌, 전도) |
| 초록 | 안전표시, 보호구                   |
| 파랑 | 정비중, 수리중                    |
| 보라 | 방사능 오염                      |

## 5. 개선 효과 분석

### 5.1 생산성 향상

라인의 균형 분석을 통해서 애로 공정(bottle neck) 등을 찾아내고 man/machine chart를 이용하여 이러한 애로 공정의 기계나 장비의 효율적인 가동 대수를 결정하여 이의 개선을 통해 라인의 흐름을 원활하게 하는 것은 cycle time의 감소와 유희시간의 감소로 생산성 향상에 도움이 된다. Cutting 작업 라인에서는 작업자가 기계를 2대보다 3대를 담당하게 되면서 작업자의 유희시간이 35초에서 13초로 감소하고, 시간당 생산량은 125% 향상되는 것을 알 수 있고 cycle time은 39.5(초/개)에서 26.3(초/개)로 약 33% 감소되는 것으로 나타났다<표4>.

<표 4> Cutting 작업라인의 개선 효과

| 기계         | 2대담당      | 3대 담당     | 증감비율(%)   |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| cycle time | 39.5(초/개) | 26.3(초/개) | 약 33% 감소  |
| 생산량*       | 182개**    | 410개***   | 약 125% 증가 |

\* : 시간당 생산량, \*\* :  $(3600/39.5) \times 2$ , \*\*\* :  $(3600/26.3) \times 3$

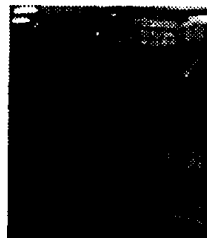
### 5.2 작업 위험요소 감소(RULA 평가)

진단 공장의 인간공학적 진단과 작업개선을 통하여 작업 위험 요소의 감소를 가져 왔는데 이는 RULA(rapid upper limb assessment)를 이용한 작업 자세의 평가를 통하여 작업 위험요소 감소를 확인할 수 있었다. <표5>는 몇 가지 작업의 개선 전·후의 팔/손목자세의 최종점수, 목/몸통/다리자세의 최종점수, 전체 자세의 최종점수를 비교하여 어느 부분에 개선의 효과가 적용되어 작업 위험 요소를 감소시켰는지 확인 할 수 있다.

<표 5> 작업 개선 전·후의 RULA 평가

| 공정                 | 개선 전         |                 |          | 개선 후         |                 |          |
|--------------------|--------------|-----------------|----------|--------------|-----------------|----------|
|                    | 팔/손목<br>최종점수 | 목/몸통/다리<br>최종점수 | 최종<br>점수 | 팔/손목<br>최종점수 | 목/몸통/다리<br>최종점수 | 최종<br>점수 |
| Main B/D 결합        | 5            | 3               | 4        | 4            | 3               | 3        |
| cable 삽입           | 5            | 3               | 4        | 4            | 3               | 3        |
| CD-ROM, FDD<br>결 합 | 6            | 6               | 7        | 4            | 5               | 5        |
| 부품상자 투입            | 7            | 3               | 6        | 5            | 3               | 4        |
| 부품상자 배출            | 4            | 5               | 5        | 4            | 3               | 3        |

Main B/D 결합 작업과 cable 삽입 작업(<그림34>)은 부품상자의 배치를 작업자에 좀더 가깝게 하는 개선으로 작업자가 손을 뻗는 거리를 감소시켜 어깨가 올라가는 것을 방지하는 효과가 있고 부품상자를 좀더 기울여 작업자가 부품을 가져오는데 있어서 손목의 꺾임과 팔의 각도를 줄일 수 있다. 이러한 팔/손목의 최종점수 감소는 최종점수를 4에서 3점으로 감소시켰다.



a. main B/D결합



b. cable 삽입

<그림 34> 부품상자배치 개선



CD-ROM/FDD 결합 작업도 또한 부품상자 배치의 문제이다. <그림35-a>를 보면 부품상자의 배치가 작업자 뒤쪽에 위치하여 작업자가 부품을 가져오는데 있어서 목과 몸통의 비틀림(twisting)과 구부림(side-bending)이 동시에 발생하고 손목의 꺾임이 있다. 이를 <그림35-b>와 같은 개선을 통하여 부품을 가져오는데 있어서 목과 몸통의 비틀림은 존재하지만 범위를 3/4정도 줄였고 구부림은 제거하였다. 또한 손목의 꺾임이 감소하여 위험요소를 줄여서 RULA 평가의 최종점수를 7점에서 5점으로 감소하여 행위단계(action level)도 줄어드는 효과를 보았다.



a. 개선 전



b. 개선 후

<그림 35> CD-ROM, FDD 결합 개선

진단 공장의 부품상자의 투입/배출 작업에 있어서의 문제점은 투입은 작업자 어깨보다 위에서 이루어지고 배출은 작업자가 무릎아래에서 이루어진다는 것이다<그림36>.



a. 부품상자의 투입



b. 배출구

<그림 36> 부품상자의 투입, 배출 개선

이것은 RULA의 최종점수가 각각 6점, 5점인 점을 감안할 때 인간공학적 위험요소가 있는 작업이라 할 수 있다. 이러한 작업은 부품상자의 크기와 재질을 고려하여 투입구 높이를 낮추고 배출구 높이를 높이는 개선을 통하여 작업의 위험요소를 감소시킬 수 있었다. 가장 알맞은 개선은 투입구와 배출구의 높이를 조절할 수 있는 조절식으로 하는 것이다. 이러한 개선을 통해 투입작업은 최종점수가 4점으로 감소하였고 배출 작업은 3점으로 감소하는 결과를 가져왔다.

### 5.3 작업오류 감소

수납 작업에 있어서 부품삽입 순서대로 부품을 위치시키는 개선은 작업자가 부품삽입 순서를 기억하지 못하더라도 쉽게 작업을 할 수 있도록 하여 작업오류를 감소시키는 효과를 준다. 또한 조정장치와 표시장비의 관계 개선과 동작 버튼과 스위치의 색과 방향의 관리는 작업자가 이들을 쉽게 인지하여 작업하는데 있어서 오류를 감소시키는 결과를 가져온다.

### 5.4 작업자의 작업만족도 증대

입식 조립 작업자들의 자세는 대부분이 작업대에 기대서 작업을 하고 장시간 서서 작업을 하므로 쉽게 피로하게 느끼는데 작업대에 pad 부착이나 피로방지용 매트와 보급은 회사 입장에서는 작은 피로 절감 대책이지만 작업자들은 '회사에서 작업자를 위해 신경을 쓰고 있구나'라는 느낌을 갖는다고 현장 인터뷰에서 알 수 있었다.

## 6. 결론

현대의 노령화, 정보화 사회에서의 작업환경은 작업장의 무리한 생산 라인의 증설로 비효율적인 물류흐름이 생기고 작업의 자동화로 인한 사이클타임(cycle time) 단축으로 인해 단순 반복작업이 늘어가고 있다. 이러한 단순반복작업의 증가는 연령층이 높은 작업자들은 쉽게 피로감을 느끼게 되고 경력이 짧은 작업자들은 쉽게 단조로움을 느끼게 되고 생산속도의 스트레스를 받고 또한 부적절한 작업자세가 존재하게 되었다. 또한 생산직 작업자의 감소는 용역사원과 임시직 그리고 초보자를 작업에 투입하게 되었다. 이로 인해 관리자들이 작업자들의 안전·보건 등을 관리하는데 있어서 어려움 발생하였다. 이는 일부 경영자와 관리자들의 생산량 달성 우선주의로 기계의 과부하와 더불어 안전은 차선이라는 생각으로 인해 발생하는 잠재적 위험이라고 할 수 있다.

누적성 질환이나 요통과 같은 근골격계 질환의 특성은 일정기간의 잠재기간을 거쳐야 유해요인 영향의 누적된 결과가 비특이적인 정형외과적 자각증상으로 나타나며, 일단 증상이 나타나고도 아무런 조치를 취하지 않을 경우 근육장해, 관절부위조직의 장해, 신경장해 및 혈관장해 중 단일형태 내지는 복합적인 질병의 형태로 급속히 진전되는 경향이 있다. 또한 단시간의 작업형태로만 볼 때는 작업자체가 갖는 위험성도 없어 보이고 크게 힘들어 보이지도 않는 비교적 단순한 반복작업이나 움직임이 없는 정적인 작업에 종사하는 근로자에게 다 발하는 경향이 있다[7]. 이러한 근골격계 질환의 발생을 줄이거나 막기 위해서는 인간공학적 진단을 통해 작업관련 누적외상성 질환을 유발할 수 있는 위험요인을 찾아내고 작업자 중심의 신체 특성을 고려하여 작업, 작업방법, 작업도구, 작업환경 등의 개선을 하여 예방할 수 있는 동시에 작업 생산성과 작업안전성, 근로자의 작업 만족도 향상의 효과를 얻을 수 있다. 이는 미래지향적 작업설계의 관점. 즉, 작업자 능력을 고려해서 작업 요구 사항을 정하여 설계하는 “작업자 중심의 작업설계(operator-centered work)”로 생산성과 안전성을 동시에 확보할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 컴퓨터 공장의 설문 조사와 각 공정의 촬영과 작업환경 측정

을 통해 작업환경, 작업방법, 작업설비, 작업 도구 등의 작업장/작업자 전반에 걸친 인간공학적 진단으로 라인이 효율적으로 배치되어 있는지 그리고 작업의 위험성에 대한 평가를 하여 문제점을 파악하였다. 이러한 문제점 개선의 결과 cutting 공정의 경우 작업자가 기계 2대에서 3대를 담당하여 33%의 cycle time 이 감소와 이로 인한 생산량은 약 125% 향상된 것을 확인하였고 인간공학적 위험성 평가 기법 중 하나인 RULA를 이용하여 5개 작업의 개선 전·후를 평가한 결과 최종점수의 감소로 작업의 안전성 증대를 확인하였다.

향후의 연구는 이런 인간공학적 진단을 통한 개선의 효과에 대해 더 많은 평가도구 등을 이용하여 보다 정밀한 고찰이 필요하다. 또한 이러한 작업장에서의 인간공학적 진단 및 개선의 노력은 기술자와 관리자, 그리고 경영자들의 인간공학에 대한 인식의 확대와 관리자들의 인간공학에 대한 교육의 참여 확대가 우선되어야 하고 지속적으로 여러 인간공학적 평가기법 등을 이용하여 작업자별 누적외상성 질환의 위험도 평가를 하고 위험도 높은 작업을 선별하여 그 작업에 대한 지속적인 개선 노력 및 관리를 통하여 근골격계 질환에 관한 예방 및 대책을 세워야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 권영국, “누적외상병(CTD)의 인간공학적 재고찰”, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 1999, 5, pp. 149-152.
- [2] 권오채, 윤명환, “반복적인 손목 작업에서의 수작업 부하 평가”, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 1999, 5, pp.131-134.
- [3] 기도형, “인체 관절 동작의 지각 불편도에 근거한 상체의 자세 분류 체계의 개발”, *대한산업공학회지*, Vol. 24, No. 3, 1998, 9, pp. 447-455.
- [4] 기도형, “작업장 설계와 평가를 위한 한국인 관절의 안락 동작범위 측정”, *대한인간공학회지*, Vol. 16, No. 2, 1997, pp. 73-82.
- [5] 김정룡, 박지수, 박창순, 편홍국, “작업자세에 따른 어깨근육의 작업부하 측정”, *대한 산업공학회지*, Vol. 25, No. 2, 1999, 6, pp.266-273.
- [6] 김태광, 김철홍, “수공구 종류와 작업 유형 및 위치에 따른 상지 근력 변화에 관한 연구”, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 1999, 5, pp.127-130.
- [7] 박정선, “작업관련 근골격계질환의 예방”, *안전보건*, 2000, 12, pp.16-21.
- [8] 유기호, “근골격계질환 예방을 위한 공단의 대응전략”, *안전보건*, 2000, 12, pp.37-42.
- [9] 장통일, 임현교, “조명조건의 변화에 따른 검사작업자의 대뇌피로도 분석”, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 1999, 5, pp. 210-213.
- [10] 황도연, 박경수, “입식과 좌식 작업자세가 L5/S1 Disc의 하중에 미치는 영향”, *대한인간공학회지*, Vol. 11, No. 2, 1992, pp. 3-13.
- [11] 한국산업안전공단. “근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 기술지도 기법”, 한국산업안전공단, 2000, 5.
- [12] 한국산업안전공단, “근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 작업분석 평가 기법”, 한국산업안전공단, 2001, 3.
- [13] 임연웅, “디자인 인간공학”, 미진사, 2000, 10.
- [14] 황 학, “작업관리론”, 영지문화사, 2001, 1.
- [15] Hignett & S., and McAtamney, L. "Technical Note : Rapid Entire Body

Assessment(REBA)", *Applied Ergonomics*, 2000, 31(2000), 201-205.

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

[17] Moore, J.S., and Garg, A. "The Strain Index : A Proposed Method to Analyze Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders.", *American Industrial Hygienists Association Journal*, 1995, 56(5), 443-458.

[18] Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation", National Institute for Occupational Safety and Health, 1994, 1., (DHHS, NIOSH Publication No.94-110).

[19] [http://www.htec.com/resources/case\\_studies.html](http://www.htec.com/resources/case_studies.html).

## 부 록

### 인간공학적 작업 설계를 위한 설문지

본 설문지는 작업자에게 보다 편리하고 안전한 작업장 및 작업으로 개선하기 위하여 필요한 기초 자료를 얻고자 작성되었습니다. 본 설문지는 작업자를 고려한 작업 개선의 목적 외에는 어떠한 용도로도 사용되지 않을 것입니다. 평소에 작업과 관련하여 가지고 계셨던 여러분의 소중한 의견을 부탁드립니다.

사업부명: \_\_\_\_\_ 작업장 위치 (        ) 층

공정라인명 \_\_\_\_\_

작업공정명 \_\_\_\_\_

#### 작업자

이름 \_\_\_\_\_

① 성별 : 남. 녀

② 나이 : \_\_\_\_\_ 세

③ 키 \_\_\_\_\_ cm

④ 왼손잡이 여부 : 왼손, 오른손

⑤ 현재 공정 작업 경력 :    년    개월

1. 다음은 작업 및 작업장에 관한 설문입니다. 해당 질문에 대하여 평소에 느끼신 대로 선택하여 주십시오.

1. 담당하고 있는 작업의 주작업 내용은 무엇입니까?.....( )

① 조립      ② 가공      ③ 하역·운반      ④ 검사, 조정      ⑤ 포장

2. 자신의 작업과 관련하여 불편하여, 개선의 필요성이 있다고 여겨지는것에 모두 √ 표시하여 주십시오.

① 작업 방법 ( )      ② 작업 도구, 설비 ( )      ③ 무거운 중량을 취급 ( )

④ 작업대 및 작업공간 ( )      ⑤ 소음 ( )      ⑥ 조명 ( )      ⑦ 온도 ( )

3. 스위치와 조작 장치들은 작동 방법이나 조정하기가 용이합니까?.....( )

① 적당하다      ② 복잡하다      ③ 힘이 든다      ④ 크기가 부적당하다

4. 작업 자세 중에서 비틀림이나 굽힘, 꺾임 자세가 많다고 느끼십니까?.....( )

① 적다      ② 적당하다      ③ 많다

5. 현재 하루의 작업량이나 작업시간은 자신의 체력에 비하여.....( )

① 적다      ② 적당하다      ③ 많다

6. 조명은 적당하다고 느끼십니까?.....( )

① 어둡다      ② 적당하다      ③ 밝다

7. 소음은 적당하다고 느끼십니까?.....( )

① 참을만하다      ② 적당하다      ③ 시끄럽다

8. 현재의 휴식시간은 적당하다고 느끼십니까?.....( )

① 적다      ② 적당하다      ③ 많다

9. 본인이 사용하는 작업 도구 중에서 불편한 도구를 모두 서술하십시오?( )

①스크류드라이버 ②납땜기구 ③스위치 ④부품상자 ⑤운반도구 ⑥라벨부착기

⑦용접기 ⑧페달 ⑨기타( )

10. 기타 작업 및 작업장에 대하여 불편한 사항이나 개선할 사항을 적어주시기 바랍니다.



2. 다음은 작업전후에 나타나는 신체의 불편도 파악을 위한 내용입니다.

1) 작업전후에 통증이나 쭉심·저림 등의 불편한 증상을 느낀 적이 있는 신체부위에 모두 표시하여 주십시오.

①목부위( ), ②어깨부위( ), ③허리부위( ), ④팔꿈치부위( ), ⑤손/손목( ), ⑥다리( )

2) 위에서 표시한 부위에 대하여 각 부위별로 1~12문항까지 해당 사항에 V하여 주십시오.

| 문항                                   | 목 부위                                                                                                                                                                                                           | 어깨 부위                                                                                                                                                                                                          | 허리                                                                                                                                                                                                             | 팔꿈치부위                                                                                                                                                                                                          | 손/손목                                                                                                                                                                                                           | 다리                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 평소애 통증, 쭉심, 저림 등의 증상을 느낀 적이 있습니까? | 오른쪽 <input type="checkbox"/><br>왼쪽 <input type="checkbox"/><br>양쪽 모두 <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | 오른쪽 <input type="checkbox"/><br>왼쪽 <input type="checkbox"/><br>양쪽 모두 <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | 오른쪽 <input type="checkbox"/><br>왼쪽 <input type="checkbox"/><br>양쪽 모두 <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | 오른쪽 <input type="checkbox"/><br>왼쪽 <input type="checkbox"/><br>양쪽 모두 <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | 오른쪽 <input type="checkbox"/><br>왼쪽 <input type="checkbox"/><br>양쪽 모두 <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | 오른쪽 <input type="checkbox"/><br>왼쪽 <input type="checkbox"/><br>양쪽 모두 <input type="checkbox"/>                                                                                                                  |
| 2. 언제부터 이런 증상을 느끼셨습니까?               | 년 개월 전부터                                                                                                                                                                                                       | 년 개월 전부터                                                                                                                                                                                                       | 년 개월 전부터                                                                                                                                                                                                       | 년 개월 전부터                                                                                                                                                                                                       | 년 개월 전부터                                                                                                                                                                                                       | 년 개월 전부터                                                                                                                                                                                                       |
| 3. 이런 증상은 보통 얼마나 지속됩니까?              | 1시간이내 <input type="checkbox"/><br>1~24시간 <input type="checkbox"/><br>1일~1주 <input type="checkbox"/><br>1주~1달 <input type="checkbox"/><br>1달~6개월 <input type="checkbox"/><br>6개월이상 <input type="checkbox"/>     | 1시간이내 <input type="checkbox"/><br>1~24시간 <input type="checkbox"/><br>1일~1주 <input type="checkbox"/><br>1주~1달 <input type="checkbox"/><br>1달~6개월 <input type="checkbox"/><br>6개월이상 <input type="checkbox"/>     | 1시간이내 <input type="checkbox"/><br>1~24시간 <input type="checkbox"/><br>1일~1주 <input type="checkbox"/><br>1주~1달 <input type="checkbox"/><br>1달~6개월 <input type="checkbox"/><br>6개월이상 <input type="checkbox"/>     | 1시간이내 <input type="checkbox"/><br>1~24시간 <input type="checkbox"/><br>1일~1주 <input type="checkbox"/><br>1주~1달 <input type="checkbox"/><br>1달~6개월 <input type="checkbox"/><br>6개월이상 <input type="checkbox"/>     | 1시간이내 <input type="checkbox"/><br>1~24시간 <input type="checkbox"/><br>1일~1주 <input type="checkbox"/><br>1주~1달 <input type="checkbox"/><br>1달~6개월 <input type="checkbox"/><br>6개월이상 <input type="checkbox"/>     | 1시간이내 <input type="checkbox"/><br>1~24시간 <input type="checkbox"/><br>1일~1주 <input type="checkbox"/><br>1주~1달 <input type="checkbox"/><br>1달~6개월 <input type="checkbox"/><br>6개월이상 <input type="checkbox"/>     |
| 4. 이런 증상이 얼마나 자주 발생합니까?              | 항상 <input type="checkbox"/><br>매일 몇시간 <input type="checkbox"/><br>1주에 한번 <input type="checkbox"/><br>1달에 한번 <input type="checkbox"/><br>2-3달에 한번 <input type="checkbox"/><br>3달이상에 한번 <input type="checkbox"/> | 항상 <input type="checkbox"/><br>매일 몇시간 <input type="checkbox"/><br>1주에 한번 <input type="checkbox"/><br>1달에 한번 <input type="checkbox"/><br>2-3달에 한번 <input type="checkbox"/><br>3달이상에 한번 <input type="checkbox"/> | 항상 <input type="checkbox"/><br>매일 몇시간 <input type="checkbox"/><br>1주에 한번 <input type="checkbox"/><br>1달에 한번 <input type="checkbox"/><br>2-3달에 한번 <input type="checkbox"/><br>3달이상에 한번 <input type="checkbox"/> | 항상 <input type="checkbox"/><br>매일 몇시간 <input type="checkbox"/><br>1주에 한번 <input type="checkbox"/><br>1달에 한번 <input type="checkbox"/><br>2-3달에 한번 <input type="checkbox"/><br>3달이상에 한번 <input type="checkbox"/> | 항상 <input type="checkbox"/><br>매일 몇시간 <input type="checkbox"/><br>1주에 한번 <input type="checkbox"/><br>1달에 한번 <input type="checkbox"/><br>2-3달에 한번 <input type="checkbox"/><br>3달이상에 한번 <input type="checkbox"/> | 항상 <input type="checkbox"/><br>매일 몇시간 <input type="checkbox"/><br>1주에 한번 <input type="checkbox"/><br>1달에 한번 <input type="checkbox"/><br>2-3달에 한번 <input type="checkbox"/><br>3달이상에 한번 <input type="checkbox"/> |
| 5. 증상의 원인이 무엇이라고 생각하십니까?             | 업무, 작업 <input type="checkbox"/><br>질병, 외상 <input type="checkbox"/><br>집안일 <input type="checkbox"/><br>취미, 운동 <input type="checkbox"/><br>기타 <input type="checkbox"/>                                           | 업무, 작업 <input type="checkbox"/><br>질병, 외상 <input type="checkbox"/><br>집안일 <input type="checkbox"/><br>취미, 운동 <input type="checkbox"/><br>기타 <input type="checkbox"/>                                           | 업무, 작업 <input type="checkbox"/><br>질병, 외상 <input type="checkbox"/><br>집안일 <input type="checkbox"/><br>취미, 운동 <input type="checkbox"/><br>기타 <input type="checkbox"/>                                           | 업무, 작업 <input type="checkbox"/><br>질병, 외상 <input type="checkbox"/><br>집안일 <input type="checkbox"/><br>취미, 운동 <input type="checkbox"/><br>기타 <input type="checkbox"/>                                           | 업무, 작업 <input type="checkbox"/><br>질병, 외상 <input type="checkbox"/><br>집안일 <input type="checkbox"/><br>취미, 운동 <input type="checkbox"/><br>기타 <input type="checkbox"/>                                           | 업무, 작업 <input type="checkbox"/><br>질병, 외상 <input type="checkbox"/><br>집안일 <input type="checkbox"/><br>취미, 운동 <input type="checkbox"/><br>기타 <input type="checkbox"/>                                           |
| 6. 지난 일주일동안 증상이 나타난 적이 있습니까?         | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        |
| 7. 현재 증상은 어느 정도에 해당된다고 생각하십니까?       | 1.불편하지 않다. 2.약간 불편하다. 3.불편하다. 4.매우 불편하다. 5.참을 수 없을 정도로 불편하다.<br>( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                |
| 8. 이런 증상 때문에 병원에서 치료받은 적이 있습니까?      | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        |
| 9. 이런 증상 때문에 결근한 적이 있습니까?            | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        |
| 10. 이런 증상 때문에 작업을 바꾼 적이 있습니까?        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        | 아니오 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                        |
| 11. 증상이 호전되기 위해서는 무엇이 필요하다고 생각하십니까?  | 휴식 <input type="checkbox"/><br>작업전환 <input type="checkbox"/><br>치료 <input type="checkbox"/><br>휴직 <input type="checkbox"/><br>기타 ( )                                                                           | 휴식 <input type="checkbox"/><br>작업전환 <input type="checkbox"/><br>치료 <input type="checkbox"/><br>휴직 <input type="checkbox"/><br>기타 ( )                                                                           | 휴식 <input type="checkbox"/><br>작업전환 <input type="checkbox"/><br>치료 <input type="checkbox"/><br>휴직 <input type="checkbox"/><br>기타 ( )                                                                           | 휴식 <input type="checkbox"/><br>작업전환 <input type="checkbox"/><br>치료 <input type="checkbox"/><br>휴직 <input type="checkbox"/><br>기타 ( )                                                                           | 휴식 <input type="checkbox"/><br>작업전환 <input type="checkbox"/><br>치료 <input type="checkbox"/><br>휴직 <input type="checkbox"/><br>기타 ( )                                                                           | 휴식 <input type="checkbox"/><br>작업전환 <input type="checkbox"/><br>치료 <input type="checkbox"/><br>휴직 <input type="checkbox"/><br>기타 ( )                                                                           |

# ABSTRACT

## Ergonomic Investigation and Improvements of Workplaces for a Computer Factory

Lee, Jung Uk  
Major in Industrial Engineering  
Department of Industrial Engineering  
The Graduate School of  
Hansung University

CTDs(cumulative trauma disorders) has recently increased at the workplaces in domestic and foreign countries due to repetitive actions or extreme movements.

This paper is focused on ergonomic investigation and improvement for computer workplace, one of the electrical appliances manufacturing that are lots of highly simple, repetitive jobs. At the same time, this paper suggests the direction of improvement for prevention from MSD(musculoskeletal disorders) and back pain from the highly repetitive jobs.

The whole workplace(including display and control device, workplace design, tools and facilities, work method, materials and its transportation, training etc.) can be improved through the diagnosis of working environment, its method, facilities and tools considering the ergonomic aspect. And increased safety and convenience, efficiency, freshness can simultaneously improve the productivity and convenience of jobs or at least maintaining the current productivity, the risk factor of jobs can be eliminated so that the convenience of jobs is improved.

Comparison between before the improvement through ergonomic investigation and after that results in the improvement of productivity and evaluation between before the improvement of jobs and after that using RULA(rapid upper limb assessment), one of the ergonomic risk assessment methods, results in the increased safety of jobs.

Following study needs wide consideration to effect of improvement through ergonomic investigation using more assessment tools.

## 감사의 글

새로운 세상을 헤쳐나갈 수 있는 지식과 힘을 주신 분들께 짧지만 지면을 빌어 감사의 마음을 전하고자 합니다.

새로운 세계를 접하는 두려움과 기대 속에서 올바른 학문과 정도를 벗어나지 않도록 도와주시고, 폭넓은 학문의 길로 이끌어 주신 정병용 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 대학원 생활 동안 많은 경험과 지식을 습득하도록 충고와 관심을 기울여주신 김대홍 교수님, 박명환 교수님, 위남숙 교수님, 원형규 교수님, 이재득 교수님, 홍윤기 교수님, 유재건 교수님 그리고 홍정완 교수님께 감사드립니다.

대학원 생활을 같이 하고 힘들 때마다 조언을 아끼지 않은 대학원 동기 곽대월, 김용철, 김영준, 양계령, 양승태군과 후배인 김재영군에게 감사드리고 또한 끝까지 격려를 해주셨던 박사과정의 선생님들에게도 고마움을 표합니다.

저에게 끝까지 용기를 북돋아준 사랑하는 사람과 여러 친구들, 저를 아는 모든 분들에게 고맙다는 말을 전하고 싶습니다. 그리고 공부를 이유로 집에서 들어가지 않고 학교에서 생활을 하면서 걱정을 끼쳐드렸던 어머님과 누나들, 형, 모든 가족들에게 죄송하다는 말과 고맙다는 말을 함께 전합니다.

2001년 12월

이 정 욱