

보건분야 - 연구자료
연구원 2002-4-4
H-RD-I-2002-4-4

전기 · 전자제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환 연구

2001

한국산업안전공단
산업안전보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 연구를 2001년도 산업안전보건연구원의 연구사업중 “전기 · 전자 제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환 연구”에 대한 최종 결과 보고서로 제출합니다.

2001년 12월 31일

제출자 : 산업안전보건연구원장 정 호 근

연구책임자 : 책임연구원 김 규 상

공동연구자 : 책임연구원 최 용 휴

산업안전교육원 이 동 경

한성대학교 시스템공학부 정 병 용

요 약 문

1. 과 제 명 : 전기 · 전자 제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환 연구

2. 연구기간 : 2001. 1. 1 - 2001. 12. 31

3. 연 구 자 : 산업안전보건연구원 직업병연구센터 책임연구원 김규상

4. 연구목적 : 전기 · 전자제조업체의 작업 및 공정에 따른 인간공학적 위험성을 평가하여 인간공학적 위험요인과 작업관련성 근골격계 질환과의 관련성을 파악하고, 인간공학적 평가도구의 지표와 작업관련성 근골격계 질환에 대한 타당성이 높은 객관적인 평가방법과 인간공학적 평가도구 적용에 따른 표준 작업을 제시하고자 한다.

5. 연구내용 : 전기 · 전자제조업체의 작업 및 공정에 따라 인간공학적 위험성 평가도구(JSI, OWAS, RULA, OSHA 및 ANSI Z-365 점검표)를 적용하고, 근골격계질환 관련 증상조사를 통해 인간공학적 위험요인과 직업성 근골격계질환과의 관련성을 파악하였다.

6. 활용계획 : 인간공학적 위험성 평가도구의 적용 평가방법, 인간공학적 위험요인의 관리, 사례를 통한 전기 · 전자제조업체의 작업표준과 직업성 근골격계질환의 조기진단 및 예방을 위한 대책 수립 기초자료를 제공하

고자 한다.

7. 연구개요 : 전기 · 전자제조업체의 58개 작업 공정에 대해 타당성이 검증된 인간공학적 평가도구를 적용하여 비교 평가하였으며, 대상 사업체 및 작업 특성에 따라 그 차이를 분석하였고, 작업의 문제점 및 개선사항을 사례로 기술하였다. 286명의 산업의학적 설문조사를 통해 신체부위별 작업관련 근골격계 증상에 영향을 미칠 수 있는 개인의 인구학적 요인(성, 연령, 결혼 등)과 직업적 요인(근무기간, 근무형태, 사업체 및 작업(공정) 특성 등)에 대한 분석을 하고 상지의 작업위험과 관련한 신체 부위의 근골격계 증상과의 연관성을 살펴 보았다. 그리고 실제 사업장에서 적용한 인간공학적 위험성 평가와 증상 조사를 수행할 수 있는 도구를 소개하고 적용 및 평가방법을 자세히 기술하였다.

8. 중 심 어 : 인간공학, 위험요인, 평가도구, 직업성 근골격계질환, 전기 · 전자제조업체

차 례

제 1 장 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	4
제 2 장 연구 방법	5
1. 조사 대상	5
2. 조사 방법	5
3. 조사내용	6
가. 산업의학적 조사	6
나. 인간공학적 조사	8
4. 분석 방법	10
제 3 장 연구 결과	12
1. 일반적 특성 및 직업적 특성	12
2. 인간공학적 위험 평가	13
가. 작업부하(긴장)지표(Job Strain Index) 평가	14
나. OWAS(Ovako Working Posture Analysing System, OWAS) 작업분석	14
다. RULA(Rapid Upper Limb Assessment) 작업분석	17
라. OSHA의 인간공학적 평가	18
마. ANSI Z-365 점검표에 의한 누적외상성질환 위험요인 평가	21
바. 인간공학적 평가 도구 적용에 따른 위험성 정도	21
사. 조사대상 사업체 및 작업 특성별 인간공학적 평가 도구 적용에 따른 정성적인 위험도	23
아. 조사대상 사업체 및 작업 특성별 인간공학적 평가도구 적용에 따른 정량적인 위험도	25
3. 신체 각 부위별 증상 호소율	26
가. 근골격계 증상 정의에 따른 신체부위별 증상 호소율	26
나. 조사 대상자의 특성에 따른 작업관련 근골격계 증상 호소율	27

다. 신체부위별 작업위험과 작업관련 근골격계 증상	28
4. 전기·전자 제조업체의 사업체 및 작업공정별 인간공학적 평가	29
제 4 장 고찰	30
제 5 장 요약	34
참 고 문 헌	36
 [부록 1]	39
I. 각 사업체별 인간공학적 작업 분석과 개선 사항	39
II. 각 작업공정별 인간공학적 작업 분석과 개선 사항	61
 [부록 2]	68
근골격계 증상 설문조사	68
 [부록 3]	69
1. 작업긴장도 평가표	69
2. OWAS 작업분석 평가표	70
3. OSHA의 인간공학적 평가표	71
4. 누적외상성질환 위험요인 평가표 (ANSI Z-365, Quick check)	75
5. RULA Employee Assessment Worksheet	76
6. REBA 위험요인 평가표	77
7. NLE 작업분석 평가표	78
 [부록 4]	79
1. 작업긴장도 평가에 관한 설명	79
2. OWAS에 의한 작업 자세의 기록법	82
3. OSHA의 인간공학적 평가표	85
4. RULA 평가표의 사용방법	86
5. REBA 평가표의 사용방법	94

6. 개정 NIOSH 중량물 취급 기준 (Revised NIOSH Lifting Equation ; NLE)	96
[부록 5]	111
작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험성 평가 지침(안) 개요	111

제 1 장 서 론

1. 연구 배경

현대 사회는 과학기술의 발전에 힘입어 많은 생산 시설이 자동화되어 가고 있지만, 아직도 많은 생산 현장에서는 사람이 직접 물건을 들고, 옮기고, 조립해야 하는 생산 활동이 활발하게 수행되고 있다. 특히, 우리나라에서는 지금까지의 산업발전이 신발, 섬유, 자동차, 조선, 철강업 등 노동집약형 산업에 많이 의존해 왔는데, 이러한 유형의 산업발전의 결과로 급속한 경제 성장을 가져온 반면, 부정적인 측면으로는 다양한 원인에 의한 높은 산업재해를 들 수 있다. 산업재해는 작업자의 실수나 생산 설비의 오작동 등에 의한 순간적인 사고에 기인하는 경우도 많지만, 최근에 와서는 잘못된 작업환경 및 작업방법으로 인한 과도한 작업부하가 작업자에게 누적되어 발생하는 요통과 누적외상성 장애와 같은 작업관련 근골격계질환으로 인한 요양 신청이 급격히 증가하고 있다.

실제 우리나라의 업무상질병자중 누적외상성질환으로 최초로 인정된 사례로는 모 방송국에서 근무하는 타자수로 행정소송을 거쳐 직업병 인정과 손해배상 청구를 받은 경우이며, 그후 1989년 통신개발연구원의 문서입력 작업자, 1991년 신문사 전산제작부의 자료입력과 조판작업을 해 온 작업자, 그리고 1994년 12월부터 문제가 제기되기 시작한 전화번호안내 작업자들의 누적외상성질환 문제는 1996년까지 모두 345명이나 정부로부터 공식적인 직업병 인정을 받아, 노동부가 ‘VDT작업자에 대한 작업관리지침’을 마련하는 계기가 되었다. 1995-1996년간의 통신서비스업 교환원의 경전완증후군에서 점차적으로 각종 제조업종의 반복작업과 부적절한 자세 등으로 인한 작업관련성 근골격계 질환으로 확대 증가하고 있다. 반복작업에 의한 근골격계질환은 단지 사무직 종사자들의 컴퓨터 사용자들뿐만 아니라 반복 수작업을 수행하는 생산직 종사자들에게도 널리 퍼져 가는 추세이다. 특히 1999년부터 자동차제조업, 조선업 등 제조업종을 중심으로 작업관련성 질환에 대한 인식의 변화, 작업공정의 자동화에 따른 단순반복작업의 증가, 부적절한 작업자세 등의 작업형태의 변

화와 IMF 이후의 지속적인 고용조정에 따른 작업강도의 강화 등이 맞물려 직업성 근골격계 질환이 급격히 증가하고 있다.

직업성 근골격계질환은 무리한 힘이 요구되는 경우도 발생할 수 있으나 가벼운 동작을 쉽없이 반복하면서 작업하는 경우에도 발생할 수 있다. 위험요인은 여러 가지가 복합되어 발생하는 경우가 대부분이다. 근골격계질환의 인간공학적 위험요인은 반복적인 동작, 부적절한 작업자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 신체접촉, 진동 및 온도 등 근골격계질환의 발생 위험성이 있는 요인을 말하며, 위험요인에 관한 구체적인 기준은 OSHA의 Ergonomic standard program에서 정하고 있다. 근골격계질환의 작업 위험요인과의 인과관계에 있어서 각 인체 부위별로 관련성을 보면 팔, 손목/손은 반복동작, 힘, 작업자세 등이 복합적으로 더 크게 영향을 미치나, 목과 목·어깨 부위는 작업자세, 허리부위는 들어올리기/힘든 육체작업과 전신 진동이 더 큰 영향을 주는 위험요인이다.

부적절한 자세, 무리한 힘의 사용, 반복적인 동작, 작업의 지속시간, 날카로운 면과의 신체 접촉, 동력을 이용한 공구 사용시의 진동 등의 작업요인이 국소적인 근육피로와 함께 근육의 효소기능 감소에 따른 근육대사변화, 허혈증을 일으키고, 손상된 근육과 건에 염증변화를 유발시켜서, 통증과 기능장애를 나타내게 한다고 추정하고 있다. 이외에 체격과 체력 등 개인적 요인, 류마티스 관절염이나 전신성 루프스 등의 개인 질환, 정신 심리적 요인 및 사회적 요인 등이 작용하며 어느 한가지의 특정적인 요인보다는 여러 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 이와 같은 질환을 미국 등 선진국에서는 누적외상성질환(cumulative trauma disorders: CTDs) 또는 직업성 근골격계질환(work related musculoskeletal disorders; WMSDs)으로 통칭되며 산업계 전반에 걸쳐 최대의 직업병으로 인식되고 있으며 2000년대에는 미국 전체 산재 비용의 50% 이상을 차지할 것으로 전망되고 있다.

누적외상성질환(경견완장애)의 여러 발병 요인에 대한 국내외의 연구를 대략 살펴보면, 반복작업, 힘든 작업, 기계적 자극, 정적인 또는 불량한 자세, 진동기구의 사용 등 업무내용의 특성(Cannon 등, 1981; Silverstein 등, 1987)과 근무시간, VDT 작업시간, 업무량 등 작업조건 특성(Knave 등, 1985; 박정일 등, 1989; 문재동 등, 1991; 임상혁 등, 1997; 박계열 등, 1997), 작업자세, 책상 및 의자 등의 VDT 주변 기기, 소음, 조명, 환기 등의 작업환경 요인(Hagberg, 1981; 김양옥 등, 1995) 그리고 업무만족도, 업무량의 변동, 정신적 스트레스 등의 심리적 요인(WHO, 1987; 손정일

등, 1995; 차봉석 등, 1996; 권호장 등, 1996)과 연령, 성, 작업경력 등 인구사회학적 요인(Boose 등, 1985; 최재욱 등, 1996) 등으로 알려져 있어 경건완장애는 업무내용 및 작업조건 등과 관련된 작업요인과 함께 인적 특성 및 심리적 요인 등이 복합적으로 작용하여 발병하는 것으로 알려져 있다.

이제 우리나라에서도 이러한 신종 직업성 질환에 대한 인식이 커질 뿐 아니라, 1980년 초 이후에 보급되기 시작한 PC 사용의 급속한 증가와 함께 VDT 사용자가 확대되었다. 그리고 이들의 VDT 사용 경력이 장기간에 이르고 있어 금융통신업에서의 경건완장애가 사회문제화가 되었었다. 그러나 금융통신업에서의 VDT 사용에 따른 경건완장애만 아니라 자동차 제조업체와 선박제조업체 등 제조업종에서의 반복적인 생산작업으로 인한 누적외상성질환이 증가하고 있어 체계적인 작업환경 분석 및 작업방법, 작업자세에 대한 인간공학적인 평가와 근골격계질환과의 관련성을 규명하여 작업환경개선을 시행하는 등의 사전관리 필요성이 현재 현저히 증대되고 있다.

우리나라의 경우 작업관련 근골격계질환의 산업재해통계분류는 1996년부터 시작하였으며, 노동부 산업재해 통계분석 자료(노동부, 2001)에 의하면 근골격계질환이 1996년도에 506명이었던 것이 IMF시작 기간에 감소하여 1998년에 123명이었던 것이 2000년도에는 815명으로 2년 동안 만인을 비가 약 5.4배 증가하였으며, 산업재해 발생자 중에서 근골격계질환자가 차지하는 비율이 1998년에 0.24%이었던 것이 2000년에는 1.18%로 높아졌지만, 근골격계질환이 산업재해 비율에 34%를 차지하는 미국에 비교하면 우리나라는 아직까지 상당히 적은 비율을 차지하고 있어 앞으로 근골격계질환이 증가할 가능성이 있는 것으로 예측된다.

본 산업안전보건연구원에 심의의뢰된 근골격계질환도 1992년 4건, 1993년 3건, 1994년 3건, 1995년 4건, 1996년 6건, 1997년 2건, 1998년 11건, 1999년 13건, 2000년 18건으로 1998년 이후 증가하는 추세이다. 이는 업무상질병 통계와 유사한 직업성 근골격계질환의 분포와 경향을 보여주고 있다. 근골격계질환의 발생 주요 신체부위는 목·견갑골, 손·손목, 어깨, 팔·팔목, 허리, 하지(무릎, 발·발목, 허벅지)등으로 분류되며, 근골격계질환의 발생 신체부위는 손·손목부위가 39.4%, 허리부위가 32.1%, 팔·어깨가 22.7%로 조사되었다(한국산업안전공단, 2001).

2. 연구 목적

이 연구는 업무상질병자 중 직업성 근골격계질환의 급격한 증가로 업종, 직종, 공정 및 작업형태에 따른 인간공학적 위험성과 작업관련성 근골격계질환의 관련성을 살펴 보고, 현재 VDT, 단순반복작업 및 직업성요통 예방을 위한 작업관리지침이 마련되었으나 위험요인에 대한 평가방법이 마련되어 있지 않으며 작업방법에 따른 타당성 검증이 필요하다. 따라서 전기·전자 제조업체의 공정 및 작업에 따른 인간공학적 위험성을 평가하고, 인간공학적 위험요인과 작업관련성 근골격계질환과의 관련성을 파악하여 인간공학적 평가도구 및 지표의 작업관련성 근골격계질환에 대한 타당성이 높은 객관적인 평가방법을 제시하고자 한다. 그리고 전기·전자 제조업체의 인간공학적 평가도구 적용에 따른 문제점(위험요인)과 개선사항을 공정 및 작업의 표준으로 기술하고자 한다.

제 2 장 연구 방법

1. 조사 대상

조사대상은 경인지역의 전기·전자 제조업체 중 중규모 사업체를 선정하였다. 전자업체의 특성상 여성 근로자만을 조사대상으로 하였으며, 그중 생산직 근로자만을 대상으로 하였다. 근로자 개인에 대한 증상조사와 더불어 인간공학적 평가를 수행하는 문제 때문에 사업체별 20-50명을 조립, 검사, 계측 등의 공정에서 작업하는 근로자를 대상으로 사전에 표본추출하여 조사하였다.

조사를 수행한 전기·전자 제조업체는 12개 사업체의 286명의 근로자를 대상으로 산업의학적 조사를 하였다. 조사 전기·전자 제조업체는 반도체 package 생산업체, 전자제품의 코어 생산업체, 전자접점·납점·도전재료 생산업체, PCB 생산업체, 엔진제어시스템·자동변속제어시스템의 센서 생산업체, 통신기기 제조업체, 전화기·오디오 제조업체, 핸드폰 생산업체 등이었다. 인간공학적 조사는 각 조사대상 전기·전자 제조업체의 조사대상 근로자의 작업 특성별로 선별된 동일공정에 대해 인간공학적 조사를 실시하였다. 조사는 58개 작업공정에 대해 실시하였다.

2. 조사 방법

선정된 전기·전자 제조업체 생산직 여자 근로자를 대상으로 산업의학적 근골격계 증상파악을 위한 설문조사와 인간공학전문가에 의한 다양한 인간공학적 위험성 평가를 수행하였다.

사업체의 선정후 예비조사를 통해 본 조사의 배경, 목적, 조사방법 및 내용을 보건관리자에게 설명하고, 조사일정, 조사규모, 조사대상 공정/작업 선별과 조사대상 근로자의 수를 정하였다. 조사대상 공정/작업 선별과 조사대상 근로자의 수는 사업

장의 순회점검을 통해 파악하고 인간공학 전문가와 협의하여 결정하였다. 사업장에 따라 조사대상 규모가 정하여진 후, 조사대상자는 공정/작업별로 표본추출하여 인간공학적 조사와 산업의학적 조사를 수행하였다.

인간공학적 위험성 평가는 타당성이 검증된 도구를 사용하였다. 근골격계질환의 위험요인 평가는 전문가의 관찰, 작업자에 의한 자가평가, 비디오 분석, 기구를 이용한 직접측정, 그리고 실험적 평가와 같은 다양한 방법을 이용하여 분석하는데 이 연구에서는 여러 평가도구 점검표(checklist)를 이용하면서 비디오 분석을 병행하였다. 이 연구에서 사용된 인간공학적 위험 평가도구는 작업부하(긴장)지표(Job Strain Index, JSI), OWAS 작업분석(Ovako Working Posture Analysing System, OWAS), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 인간공학적 평가 점검표, 미국 국립표준연구원(ANSI)에서 개발한 Z-365 Quick Checklist이었다. 인간공학적 조사는 개별적으로 이 평가도구 하나하나를 적용하여 측정 평가하였다. 이 인간공학적 조사에는 인간공학 전문가와 조사원(산업공학 전공) 5명이 참여하였으며, 분담하여 개별적으로 각자 한 평가도구만으로 조사하였다. 사전에 예비조사를 통해 비교평가 하였으며, 조사후에도 비디오 자료를 통해 비교검증 하였다. 한 명의 조사대상에 대한 평가가 모두 끝난 후에 다음 조사대상으로 이행하였으며, 사업체별 1일 조사대상은 10명을 넘지 않았다.

산업의학적 조사는 제본으로 제작된 ‘전기·전자 제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환’ 역학조사 설문지로 수행하였다. 인간공학적 평가가 완료된 후 별도의 장소와 30분 정도의 시간을 내어 설문조사를 하였다. 설문지의 배포후 이 조사의 목적과 내용, 작성시 주의할 점을 설명한 후 충분한 시간 동안 이 조사에 응할 수 있게 진행하였다.

3. 조사내용

가. 산업의학적 조사

‘전기·전자 제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환’ 역학조사 설문지로 제작되어 근로자에게 배포하여 조사하였다. 조사내용은 1) 직무 스트레스 조

사, 2) 근골격계 증상 조사, 3) 작업자의 신체부위별 위험조사, 4) 작업장의 인간공학적 작업장 평가로 구성되었다.

조사대상자의 성, 연령, 학력, 결혼상태, 현 근무기간, 주 업무내용, 근무형태, 평균 근무시간, 음주, 흡연, 운동 등 건강 형태와 과거 병력, 약물복용력, 사고력 등의 과거력 등 일반적 사항을 조사하였다.

직무 스트레스 관련 조사는 직무내용 관련 14 항목, 직장에서 동료와 상사와의 관계에 관한 사항 8 항목, 성격 20 항목, 태도 5 항목, 피로수준 19 항목, 육체적 심리적 상태 18 항목에 대해 4 - 7점 척도로 조사하였다.

근골격계 증상은 지난 1년간의 목, 어깨, 팔, 손/손목/손가락, 허리, 다리/발 등에 통증이나 쭉심, 저림 등의 불편한 증상을 느낀 적이 있는 지를 파악한 다음 그에 따라 근골격계 증상의 부위, 증상의 지속기간, 발생간격, 증상의 수준을 조사하였다. 근골격계 증상의 부위는 인체의 방향과 관련하여 오른쪽과 왼쪽, 또는 양쪽에 해당되는지와 앞쪽과 뒤쪽을 구분하고, 신체의 각 부위별로 목, 어깨, 팔, 팔꿈치, 손목, 손, 손가락, 허리 및 다리 부위의 증상을 조사하였다. 근골격계 증상의 지속기간은 발생시점에서부터 호전되기까지 증상이 지속되는 기간(시간, 일, 개월)으로 구분하고, 근골격계 증상의 발생 간격은 증상이 자주 발생하는지에 대한 빈도(시간, 월, 주/회)로 구분하여 조사하였다. 증상의 수준은 통증의 강도로서 불편하지 않은 단계에서부터 참을 수 없을 정도로 불편함까지 5점 척도로 구분하였다. 즉, 통증없음(1점; 전혀 안 아프다), 약한 통증(2점; 약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낀다), 중간 정도 통증(3점; 작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다), 심한 통증(4점; 작업 중 통증이 비교적 심하고 귀가 후에도 통증이 계속된다), 그리고 매우 심한 통증(5점; 통증 때문에 작업은 물론 일상생활을 하기가 어렵다) 등으로 구분하였다. 그리고 관련증상의 작업관련성을 판단하기 위한 조사 항목으로서 1) 선천성 이상, 류마티스 관절염, 통풍 등 비직업적인 근골격계 질환으로 인한 과거 및 현병력 여부에 관한 사항, 2) 여가, 가사 및 취미활동, 사고 등 개인적인 요인에 기인하는 근골격계질환 관련증상 판단을 위한 사항, 3) 주관적인 증상의 객관적인 심각도를 판단하기 위하여 근골격계 증상에 따른 의료기관 이용, 결근 및 작업전환과 이를 통한 호전 여부 등에 관한 사항, 4) 작업경력과 관련하여 비교 판단하기 위한 근골격계 증상의 최초 발생시점 등에 관한 사항을 조사하였다. 이 설문지는 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서 정한 누적외상성질환의 질병기준과 미국표

준연구소(American National Standard Institute, ANSI)에서 개발한 증상조사표를 기본으로 하여 국내에서 만든 것을 참고로 하여 수정한 후 사용하였다. 이러한 과정을 거쳐 충분한 직업력이 입증되고(최소한 6개월 이상), 누적외상성질환과 관련된 과거 병력 및 사고력이 없고, 관련 증상들이 현재의 작업 이후에 발생한 경우에 한해서 위 6가지 신체부위 중 어느 한 부위에서라도 위의 3가지 조건 즉, 근골격계 증상 설문조사에서 관련증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나, 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하며, 증상의 정도는 중간 정도 통증(작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다)을 호소하는 경우에는 근골격계질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 있다고 평가하였다.

작업자의 상지 누적외상성질환의 신체부위별 위험 조사는 근로자 개인별 작업대, 신체 각 부위인 손/손바닥, 손목, 팔/팔꿈치, 윗팔/어깨, 목 등의 작업의 자세와 동작과 관련한 위험요인을 조사하였다. 조사된 위험 작업자세 및 동작은 1) 장시간 불편하게 지속되는 고정된 자세, 2) 손으로 잡기에 너무 적거나 큰 물건을 장시간 잡는 자세나 동작, 3) 손목을 과도하게 굽히는 자세나 동작, 4) 팔 또는 팔꿈치가 과도하게 비틀리게 되는 자세나 동작, 5) 팔 또는 팔꿈치를 지지대 없이 장시간 들고 있는 자세나 동작, 6) 팔 또는 팔꿈치를 과도하게 옆으로 벌리는 자세나 동작, 7) 팔꿈치를 어깨 높이 이상으로 들고 있는 자세나 동작, 8) 팔이 옆이나 뒤로 너무 뻗치는 자세나 동작, 9) 머리와 목이 과도하게 앞으로 굽히거나, 뒤로 젖히거나, 옆으로 기울이거나 또는 비틀리게 되는 자세나 동작이었다. 이와 관련한 내용은 “단순반복작업근로자작업관리지침(노동부고시 제2000-72호)”에 제시되어 있다.

나. 인간공학적 조사

근로자는 개별적으로 인간공학적 위험성 평가도구를 통해 평가하였다. 이 연구에 사용된 평가도구로는 작업부하(긴장)지표(Job Strain Index, JSI), OWAS 작업분석(Ovako Working Posture Analysing System, OWAS), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 인간공학적 평가 점검표, 미국 국립표준연구원(ANSI)에서 개발한 Z-365 Quick Checklist를 사용하였다. 그리고 별도로 자기기입식으로 작업자의 신체부위별 위험조사를 실시하였다. 이 조사는 박희석 등(1997)이 개발한 각 신체부위별로 부적절한 작업자세나 동작의 여부 조사

점검표를 이용하였다.

작업부하(긴장)지표(JSI)는 위스콘신 대학에서 처음 개발한 상지질환에 대한 정량적 평가기법으로 근육사용 힘, 근육사용 기간, 빈도, 자세, 작업속도, 하루 작업시간 등 6개의 위험요소를 곱한 값으로 상지질환의 위험성을 평가한다(Moore와 Garg, 1995). OWAS는 핀란드의 제철회사에 근무하고 있던 Karhu와 노동위생연구소의 Kuorinka에 의해 1977년 개발되었으며, 1985년 Stoffert에 의해 평가법까지 포함한 완전한 방법이 소개되었다(Karhu 등, 1977; von Stoffert, 1985). OWAS는 작업 시작점의 작업자세를 허리, 상지, 하지, 무개의 4항목으로 나누어 이것을 코드화한 4항의 숫자(자세코드)로 기록한다. 이 자세 분류는 불쾌감의 주관적 평가, 자세에 의한 건강영향 평가, 실용 가능성을 고려해 결정된 것이다. RULA는 작업자 근골격계 질환과 관련된 위험인자에 대한 개인 작업자의 노출정도를 신속하게 평가하기 위한 방법을 제공하기 위하여 신체부위별로 근육의 피로를 유발시킬 수 있는 부적절한 작업자세, 힘, 그리고 정적이거나 반복적인 작업과 관련한 신체적인 부담 요소를 파악하고, 그에 따른 보다 포괄적인 인간공학적 평가를 위한 결과를 제공하기 위한 목적으로 McAtamney와 Corlett가 개발하였다. 평가 결과는 1에서 7사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 4개의 조치단계(action level)로 분류된다(McAtamney와 Corlett, 1993). 미국 국립표준연구원(ANSI)에서 개발한 Z-365 Quick Checklist는 반복동작, 작업에 소요되는 힘, 작업자세, 동력용 작업공구, 정적인 자세, 작업환경, 키보드 사용, 작업속도 조절유무, 신체적 압박 등 총 9가지의 위험요인에 대해 노출시간을 구분하여 가중치를 주어 평가하도록 되어 있다(ANSI, 1996). 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 점검표는 손 및 손가락, 손목, 팔 및 팔꿈치, 어깨, 목 등과 같은 상지에 대한 위험요인 - 반복성, 손에 대한 힘, 목·어깨·팔·손목·손가락 등에 대한 작업자세, 신체압박, 진동, 눈부심 등과 같은 작업환경, 작업조절 유무 등 총 7가지 요인 -을 평가한다(OSHA, 1996).

인간공학적 위험요인 조사에서 작업부하지표 SI는 6개 위험요소 항목의 환산점수의 곱에 따른 점수 결과(3점 이하, 안전; 5 이상, 정밀조사가 요구됨, 상지질환에 노출될 가능성이 있음; 7 이상, 매우 위험)로 구분한다. OWAS에서는 작업 시작점의 작업 자세를 허리, 상지, 하지, 무개의 4항목으로 나누어 이것을 코드화한 4항의 숫자(자세코드)로 기록하고, 허리, 상지, 하지, 무개에 대한 각 자세코드를 중심으로 해서 AC값을 찾고, 그 값을 중심으로 최종 평가(AC1, 이 자세에 의한 근골격계 부

답은 없으며, 개선 또한 불필요하다; AC2, 이 자세는 근골격계에 유해하고, 가까운 시일 동안에 개선해야 한다; AC3, 이 자세는 근골격계에 유해하며, 가능한 한 조기에 개선해야 한다; AC4, 이 자세는 근골격계에 매우 유해하므로 바로 개선해야 한다)를 한다. 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 점검표는 반복성, 손에 대한 힘, 목·어깨·팔·손목·손가락 등에 대한 작업자세·신체압박·진동·눈부심 등과 같은 작업환경, 작업조절 유무 등 총 7가지 요인에 대한 위험요인을 평가하도록 되어 있다. 위험요인에 대한 노출시간 기준은 2-4시간 노출, 4-8시간 노출 유무에 따라 0점에서 최고 3점까지 부여하도록 되어 있고 만약 노출시간이 8시간을 초과할 때는 1시간당 0.5점을 추가하도록 되어 있다. 이러한 평가과정을 거쳐 만약 위험요인 총점이 5점을 초과할 때는 60일 이내에 좀 더 정밀한 방법으로 자세한 위험요인을 평가하도록 하는 행정적인 지침의 기준으로 삼기 위한 목적으로 개발되었다. 조사결과 근골격계질환의 위험요인에 따른 노출시간 기준으로 정량적으로 평가하였을 때, 조사표 A, B 각각 5점을 초과하는 작업의 경우에는 인간공학적 위험이 있다고 평가한다. RULA(Rapid Upper Limb Assessment) 등 기타 인간공학적 평가도구의 조사항목, 조사방법, 내용 및 평가 결과의 해석 등에 대해서는 전문한 JSI, OWAS를 포함하여 이 연구의 부록으로 첨부하였다(부록 3).

4. 분석 방법

조사 대상자들의 산업의학적 근골격계 증상 조사와 인간공학적 조사는 각각 개별적으로 기준에 따라 평가하고, 개인 요인인 연령, 결혼 여부, 건강 행태와 직업력 관련요인인 근무기간, 업무내용, 근무형태로 나누어 근골격계 증상과 직업성 근골격계질환의 위험이 있는 양성자 및 인간공학적 평가도구에 의한 고위험군의 관련성을 SPSS 9.0를 이용하여 통계처리 분석하였다. 세부 분석 내용은 1) 설문조사로 확인된 직업성 근골격계질환 증상의 인구학적 및 직업적 특성 파악, 2) 사업체별/작업(공정)별 직업성 근골격계질환 증상 발생 실태 파악, 3) 직업성 근골격계질환 증상 발생에 영향을 미치는 요인, 4) 인간공학적 평가도구별 위험성 정도 파악과 비교, 5) 인간공학적 평가도구에 따른 사업체별/작업(공정)별 위험성 파악, 6) 직업성 근골격계질환 증상과 인간공학적 위험성의 관련성을 분석하였다.

그리고 12개 사업체와 작업공정별 인간공학적 작업분석과 표준작업을 제시하였다. 각 작업의 작업량과 작업사이클을 측정하고 단위작업에 대한 인간공학적 위험성 평가 결과를 제시하였다. 인간공학적 위험성 분석은 이 연구에서 사용된 작업부하(긴장)지표(Job Strain Index, JSI), OWAS 작업분석(Ovako Working Posture Analysing System, OWAS), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 인간공학적 평가 점검표, 미국 국립표준연구원(ANSI)에서 개발한 Z-365 점검표를 이용하면서 비디오 분석을 병행하여 정량화하였다. 그리고 각 작업의 문제점(위험요인)과 개선사항을 제시하여 작업환경 개선에 도움이 되고자 하였다.

제 3 장 연구 결과

1. 일반적 특성 및 직업적 특성

조사 대상자는 전기·전자 제조업체 12개 사업체의 여성 근로자 총 286명이었다. 연령별 분포를 보면 20-24세가 137명(48.2%), 25-29세가 60명(21.1%), 30세 이상이 50명(17.6%), 만 19세 미만도 37명(13.0%)로 평균 연령은 25.3세였으며 18세부터 53세까지 분포하고 있었다. 학력은 중졸이 13명(4.5%), 고졸이 270명(94.4%), 대졸이 2명(0.7%)로 대부분이 고졸이었으며, 결혼 상태는 미혼이 212명(74.6%), 기혼이 72명(25.4%)이었다.

조사 대상자의 직업적 특성으로 작업의 교대 여부는 비교대가 129명(45.6%), 교대 작업자가 154명(54.4%)으로 비슷하였다. 근무기간은 1-3년이 90명(31.8%), 5년 이상이 86명(30.4%), 3-5년이 70명(24.7%), 1년 미만이 37명(13.1%)의 순이었으며, 평균 근무기간은 4년 1개월, 최소 1개월에서 최대 15년 9개월이었다. 조사대상 근로자의 사업체 특성은 4개 반도체 제조 사업체 근로자가 146명(51.0%), 4개 전자부품(소재)제조업체 근로자가 68명(23.8%), 4개 전기·전자기기 제조업체 근로자가 72명(25.2%)이었다. 전자부품(소재) 제조업체는 전자제품의 코어 생산업체, 전자접점·납점·도전재료 생산업체, PCB 생산업체, 엔진제어시스템·자동변속제어시스템의 센서 생산업체이며, 전기·전자기기 제조업체는 통신기기 제조업체, 전화기·오디오 제조업체, 핸드폰 생산업체 등이었다. 작업(공정) 특성은 조립 71명(24.8%), 검사 156명(54.5%), 계측 20명(7.0%), 기타가 39명(13.6%)이었다. 기타 작업은 포장, 보수, 조정, 수습 및 납땜작업 등을 포함하였다(표 1).

표 1. 조사 대상자의 일반적 특성

구분		빈도(%)
성	여성	286(100.0)
연령	-19세	37(13.0)
	20-24세	137(48.2)
	25-29세	60(21.1)
	≥30세	50(17.6)
학력	중졸	13(4.5)
	고졸	270(94.4)
	대졸	2(0.7)
결혼	미혼	212(74.6)
	기혼	72(25.4)
교대	비교대	129(45.6)
	교대	154(54.4)
근무기간	<1년	37(13.1)
	1-3년	90(31.8)
	3-5년	70(24.7)
	≥5년	86(30.4)
사업체 특성	반도체	146(51.0)
	전기·전자부품(소재)	68(23.8)
	전기·전자기기 제조	72(25.2)
작업 특성(공정)	조립	71(24.8)
	검사	156(54.5)
	계측	20(7.0)
	기타	39(13.6)

2. 인간공학적 위험 평가

인간공학적 평가대상 사업체의 특성은 반도체 제조가 11개 공정(19.0%), 전기·전자부품(소재) 제조가 30개 공정(51.7%), 전기·전자기기 제조가 17개 공정(29.3%)이었으며, 작업특성으로는 조립공정이 14개(24.1%), 검사공정이 44개(75.9%)이었다(표 2).

표 2. 인간공학적 평가대상 사업체 및 작업 특성

특성	구분	빈도(%)
사업체 특성	반도체	11(19.0)
	전기전자부품(소재)	30(51.7)
	전기전자기기제조	17(29.3)
작업특성	조립	14(24.1)
	검사	44(75.9)
전체 조사공정		58(100.0)

가. 작업부하(긴장)지표(Job Strain Index) 평가

작업부하(긴장)지표(JSI)는 상지질환에 대한 정량적 평가기법으로 근육사용 힘(강도), 근육사용 기간, 빈도, 자세, 작업속도, 하루 작업시간 등 6개의 위험요소로 구성되어 있으며 이를 곱한 값으로 상지질환의 위험성을 평가한다. 각 위험요소에 대한 평가결과를 보면, 강도는 이완된 상태로 Borg's CR-10 Scale이 2 이하인 약함이 55개 공정(94.8%), 작업사이클당 근육사용 비율이 10% 미만인 52개 공정(89.7%), 작업 사이클의 분당회수가 4회 미만인 43개 공정(74.1%), 4-8회가 12개 공정(20.7%), 손/손목 작업자세는 매우좋음/좋음이 11개 공정(19.0%), 보통이 41개 공정(70.7%), 작업속도는 매우느림/느림/보통이 56개 공정(96.6%), 작업시간은 4-8시간이 54개 공정(93.1%)으로 작업부하지표 SI, 즉 위의 6개 위험요소 항목의 환산점수의 곱에 따른 점수결과(3점 이하, 안전; 5 이상, 정밀조사가 요구됨, 상지질환에 노출될 가능성이 있음; 7 이상, 매우 위험)는 평균 .67, 최소 0.25에서 최대 2.25로 모두 안전 범위내에 있었다(표 3).

나. OWAS(Ovako Working Posture Analysing System, OWAS) 작업분석

OWAS에서는 작업 시작점의 작업 자세를 허리, 상지, 하지, 무게의 4항목으로 나누어 이것을 코드화한 4항의 숫자(자세코드)로 기록하고, 허리, 상지, 하지, 무게에 대한 각 자세코드를 중심으로 해서 AC값을 찾는다.

표 3. 작업긴장도 평가 결과

작업긴장도	분류 [점수]	빈도(%)
작업강도	약함 [1]	55(94.8)
	다소 힘들 [3]	
	힘들 [6]	
	매우 힘들 [9]	
	한계치에 가까움 [13]	
사이클당%	<10 [0.5]	52(89.7)
	10-29 [1]	
	30-49 [1.5]	
	50-79 [2]	
	≥80 [3]	
빈도(분당회수)	<4 [0.5]	43(74.1)
	4-8 [1]	
	9-14 [1.5]	
	15-19 [2]	
	>20 [3]	
손/손목자세	매우 좋음/좋음 [1]	11(19.0)
	보통 [1.5]	
	나쁨 [2]	
	아주 나쁨 [3]	
작업속도	매우 느림/느림/보통 [1]	56(96.6)
	빠름 [1.5]	
	매우 빠름 [2]	
작업시간	<1 [0.25]	54(93.1)
	1-2 [0.5]	
	2-4 [0.75]	
	4-8 [1]	
	≥8 [1.5]	
SI		.67(.54)

* SI(작업긴장도 지표) = 각 요소 환산점수의 곱(강도 x 사이클 x 빈도 x 손/손목 자세 x 작업속도 x 작업시간)

조사 대상 공정의 각 신체부위별 작업자세에 대한 OWAS 작업분석 결과를 보면, 허리자세가 똑바로 편이 48개 공정(82.8%), 20도 이상 구부림이 6개 공정(10.3%), 어깨자세는 양팔 어깨 아래가 48개 공정(82.8%), 한팔 어깨 위가 7개 공정(12.1%), 하지 자세는 앉은 자세가 43개 공정(74.1%), 양발 똑바로 선 자세가 8개 공정(13.8%), 한발 똑바로 선자세가 2개 공정(3.4%), 걸음이 5개 공정(8.6%)이었으며, 취급 무게는 58개 조사 대상 공정 모두 10 kg 미만이었고, 목/머리 작업자세는 정 위치가 22개(37.9%), 20도 이상 굽힘이 35개 공정(60.3%)이었다. 작업자세 코드 값을 중심으로 한 최종 평가(AC1, 이 자세에 의한 근골격계 부담은 없으며, 개선

또한 불필요하다; AC2, 이 자세는 근골격계에 유해하고, 가까운 시일 동안에 개선해야 한다; AC3, 이 자세는 근골격계에 유해하며, 가능한 한 조기에 개선해야 한다; AC4, 이 자세는 근골격계에 매우 유해하므로 바로 개선해야 한다)는 AC1이 50개 공정(86.2%), AC2가 8개 공정(13.8%)으로 모두 재설계는 필요하지 않은 관망의 작업으로 평가되었다(표 4).

표 4. OWAS 작업분석 결과

신체부위	작업자세 형태 [AC값]	빈도(%)
허리	똑바로 펴 [1]	48(82.8)
	20도 이상 구부림 [2]	6(10.3)
	20도 이상 비틀 [3]	2(3.4)
	20도 이상 비틀어 구부림 [4]	2(3.4)
상지	양팔 어깨 아래 [1]	48(82.8)
	한팔 어깨 위 [2]	7(12.1)
	양팔 어깨 위 [3]	3(5.2)
하지	앉음 [1]	43(74.1)
	양팔 똑바로 [2]	8(13.8)
	한발 똑바로 [3]	2(3.4)
	양무릎 굽힘 [4]	
	한무릎 굽힘 [5]	
	무릎 바닥 [6]	
	걸음 [7]	5(8.6)
무게	10 kg 미만 [1]	58(100.0)
	10-20 kg [2]	
	20 kg 이상 [3]	
목/머리	정위치 [1]	22(37.9)
	20도 이상 굽힘 [2]	35(60.3)
	20도 이상 옆으로 [3]	
	20도 이상 뒤로 [4]	
	20도 이상 비틀 [5]	1(1.7)
최종 AC	1	50(86.2)
	2	8(13.8)

* AC1 : 이 자세에 의한 근골격계 부담은 문제가 없음, 개선 불필요

AC2 : 이 자세는 근골격계에 유해함, 가까운 시일 동안에 개선해야 함

다. RULA(Rapid Upper Limb Assessment) 작업분석

작업자의 근골격계질환과 관련된 위험인자로 신체부위별로 근육의 피로를 유발시킬 수 있는 부적절한 작업자세, 힘, 그리고 정적이거나 반복적인 작업과 관련한 신체적인 부담 요소를 파악한 결과, 윗팔 위치는 $-20^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 가 14개 공정(24.1%), $< -20^{\circ}$ 또는 $+20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 가 24개 공정(41.4%), $+45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 가 18개 공정(31.0%), $> +90^{\circ}$ 가 2개 공정(3.4%)이었으며, 아래 팔은 $-60^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 가 9개 공정(15.5%), $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 또는 100° 이상이 27개 공정(46.6%), 그와 더불어 양 아래팔이 교차하거나 외전되어 작업을 하는 경우의 3점은 22개 공정(37.9%)이었고, 손목위치는 $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 의 손목 굽힘 또는 젖힘이 5개 공정(8.6%), 15° 이상의 손목 굽힘 또는 젖힘이 23개 공정(39.7%), 그와 더불어 손목의 내전 또는 외전되는 경우의 4점은 30개 공정(51.7%)이었으며, 손목을 비트는 작업자세는 중간정도(mid-range)의 비틀이 28개 공정(48.3%), 거의 완전히 비트는 경우가 30개 공정(51.7%)이었다. 근육사용 점수는 0점이 18개 공정(31.0%), 1분 이상 유지하는 정적 작업이거나 분당 4회 이상 반복되는 작업인 경우가 1점으로 40개 공정(69.0%), 무게점수는 간헐적이고 2 kg 미만의 부하는 0점으로 54개 공정(93.1%), 2-10 kg이 1점으로 4개 공정(6.9%)이었다.

목, 몸통, 다리 작업분석에서는 목 위치에 따라 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 의 목 굽힘 11개 공정(19.0%), $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 가 15개 공정(25.9%), 20° 이상이 22개 공정(37.9%), 목을 뒤로 젖히거나 또는 목을 굽히는 자세에서 비틀거나 옆으로 기울이는 자세의 4점은 10개 공정(17.2%)이었으며, 몸통 위치는 곧바로 서 있거나($0^{\circ} \sim 10^{\circ}$) 또는 지지된 상태의 앉은 자세에서 $0^{\circ} \sim -20^{\circ}$ 가 16개 공정(27.6%), $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 가 25개 공정(43.1%), $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 가 15개 공정(25.9%), 60° 이상이거나 몸통을 비틀거나 기울이는 작업의 경우인 4점은 2개 공정(3.4%)이었고, 다리는 58개 공정 모두 다 잘 지지되고 균형이 잡힌 상태에서 작업을 하였다. 근육사용 점수는 0점이 17개 공정(29.3%), 1점이 41개 공정(70.7%)이었고, 무게점수는 0점이 55개 공정(94.8%), 1점이 3개 공정(5.2%)이었다.

각각 단계에 따른 팔, 손목과 목, 몸통, 다리의 작업분석 결과 RULA 최종점수는 3점이 14개 공정(24.1%), 4점이 16개 공정(27.6%), 5점이 12개 공정(20.7%), 6점이 11개 공정(19.0%), 7점이 5개 공정(8.6%)으로 점수에 따른 4개의 조치단계(action level; AL)로 분류하면 AL2(자세한 조사 필요)가 30개 공정(51.7%), AL3(자세한 조사 후 곧 개선 필요 있음)이 23개 공정(39.7%), AL4(조사 후 즉시 개선)가 5개 공정

(8.6%)이었다(표 5).

표 5. RULA 작업분석 결과

Group A	구분[점수]	빈도(%)	Group B	점수	빈도(%)
왼팔 위치	- 20° ~ 20° [1]	14(24.1)	목 위치	1	11(19.0)
	< - 20° or +20° ~ 45° [2]	24(41.4)		2	15(25.9)
	+ 45° ~ 90° [3]	18(31.0)		3	22(37.9)
	> + 90° [4]	2(3.4)		4	10(17.2)
아래팔 위치	1	9(15.5)	몸통 위치	1	16(27.6)
	2	27(46.6)		2	25(43.1)
	3	22(37.9)		3	15(25.9)
손목 위치	1			4	2(3.4)
	2	5(8.6)	다리	1	58(100.0)
	3	23(39.7)		2	
	4	30(51.7)	근육사용	0	17(29.3)
손목 비틀	1	28(48.3)		1	41(70.7)
	2	30(51.7)	무게점수	0	55(94.8)
근육사용	0	18(31.0)		1	3(5.2)
	1	40(69.0)			
무게	0	54(93.1)			
	1	4(6.9)			
AL	1				
	2			30(51.7)	
	3			23(39.7)	
	4			5(8.6)	

* 구분을 바로 점수로 표시 하였음(RULA 설명 참조)

라. OSHA의 인간공학적 평가

미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 점검표는 손 및 손가락, 손목, 팔 및 팔꿈치, 어깨, 목 등과 같은 상지에 대한 위험요인 - 반복성, 손에 대한 힘, 목·어깨·팔·손목·손가락 등에 대한 작업자세, 신체압박, 진동, 눈부심 등과 같은 작업환경, 작업조절 유무 등 총 7가지 요인 -과 허리와 하지의 작업자세, 신체압박, 진동, 밀기/당기기와 작업조절 유무 등 5가지 위험요인과 인력운반 평가를 통해 상지와 하지의 위험성을 각각 평가한다.

표 6. OSHA의 상지 위험요인 평가 결과

신체부위	작업자세 형태	점수*	빈도(%)
신체압박	날카롭고 딱딱한 면에 눌림	0	43(74.1)
		2	15(25.9)
	망치와 같은 공구	0	57(98.3)
		3	1(1.7)
진동	국소진동	0	56(96.6)
		2	2(3.4)
	전신진동	0	57(98.3)
		2	1(1.7)
환경	부적합 조명/눈부심	0	54(93.1)
		1	4(6.9)
	저온작업	0	58(100.0)
작업조절	기계의존적 작업속도/ 지속적 모니터링/ 일당목표제	0	16(27.6)
		1	32(55.2)
		2	10(17.2)
반복성	고반복작업(<15초 주기)	0	23(39.7)
		3	35(60.3)
		0	9(15.5)
	지속적인 반복	2	1(1.7)
		3	48(82.8)
		0	52(89.7)
	간헐적인 반복(50-75%의 다른 작업 포함)	1	6(10.3)
		0	49(84.5)
손 힘	쥐는 힘(≥ 4.5 kg)	3	9(15.5)
		0	45(77.6)
		1	1(1.7)
	집는 힘(≥ 0.9 kg)	2	1(1.7)
		3	11(19.0)
		0	25(43.1)
	목($\geq 20^\circ$)	2	33(56.9)
		0	39(67.2)
작업자세	어깨(팔꿈치/팔이 가슴높이 이상 위치)	3	19(32.8)
		0	28(48.3)
		1	1(1.7)
	아래팔(비틀기)	2	29(50.0)
		0	21(36.2)
		1	2(3.4)
	손목굽히기-숙이기($\geq 20^\circ$)/젖히기($\geq 30^\circ$)	3	35(60.3)
		0	10(17.2)
목/머리	손가락집기	1	47(81.0)
		2	1(1.7)
		0	2(3.4)
상지의 위험도		≤ 5	2(3.4)
		> 5	56(96.6)

* 노출시간에 따른 점수

표 7. OSHA의 허리·하지 위험요인 평가 결과

신체부위	작업자세 형태	점수*	빈도(%)
작업자세	몸통 앞숙임/옆기울임($20^{\circ} \sim 45^{\circ}$)	0	42(72.4)
		2	16(27.6)
	몸통 앞숙임($\geq 45^{\circ}$)	0	50(86.2)
		3	8(13.8)
	몸통 뒤로 젖힘	0	58(100.0)
	몸통 비틀	0	53(91.4)
		2	5(8.6)
	허리 지지없이 장시간 앓음	0	56(96.6)
		1	2(3.4)
	입식작업/좌식작업중 발지지불량	0	36(62.1)
		1	22(37.9)
	무릎 꿇음/웅크림	0	58(100.0)
	발목의 반복사용	1	54(93.1)
		2	4(6.9)
신체압박	딱딱하거나 날카로운 물체에 접촉	0	58(100.0)
	무릎사용	0	58(100.0)
진동	진동 흡수체 미사용	0	58(100.0)
밀기/당기기	보통 무게	0	58(100.0)
	무거운 무게	0	58(100.0)
작업속도조절	기계의존적인 작업속도/	0	17(29.3)
	지속적 모니터링/	2	31(53.4)
	일당 목표제	3	10(17.2)
인력운반	가까이들기(수평거리 10 cm 이내)	0	58(100.0)
	중간들기(수평거리 10-25 cm)	0	55(94.8)
		3	3(5.2)
	멀리들기(수평거리 25 cm 이상)	0	58(100.0)
기타 위험요인	몸통 비틀	0	58(100.0)
	한손으로 들기	0	10(17.2)
	불안정한 물건들기	0	58(100.0)
	분당 1-5회 들기	0	57(98.3)
		1	1(1.7)
	분당 5회 이상 들기	0	58(100.0)
	어깨 이상 들기	0	57(98.3)
		2	1(1.7)
	무릎 아래에서 들기	0	58(100.0)
	3-9 m 이동 운반	0	55(94.8)
		1	2(3.4)
		2	1(1.7)
		0	57(98.3)
	9 m 이상 이동 운반	3	1(1.7)
		0	58(100.0)
	앞거나 무릎 꿇은 상태에서 들기	0	58(100.0)
하지 위험도	≤ 5		47(81.0)
	> 5		11(19.0)

* 노출시간에 따른 점수

위험요인에 대한 노출시간 기준은 0-2시간, 2-4시간, 4-8시간 노출 유무에 따라 0점에서 최고 3점까지 부여하도록 되어 있고 만약 노출시간이 8시간을 초과할 때는 1시간당 0.5점을 추가하도록 되어 있다. 이러한 평가과정을 거쳐 만약 위험요인 총점이 5점을 초과할 때는 60일 이내에 좀 더 정밀한 방법으로 자세한 위험요인을 평가하도록 하는 행정적인 지침의 기준으로 삼기 위한 목적으로 개발되었으며, 조사 결과 근골격계질환의 위험요인에 따른 노출시간 기준으로 정량적으로 평가하였을 때, 조사표 A, B 각각 5점을 초과하는 작업의 경우에는 인간공학적 위험이 있다고 평가한다. 손 및 손가락, 손목, 팔 및 팔꿈치, 어깨, 목 등과 같은 상지에 대한 위험요인의 노출시간에 따른 상지의 위험성은 5점을 초과하는 작업이 56개 공정(96.6%)으로 거의 모든 작업에 문제가 있음을 보여주고 있으나 하지의 위험도는 47개 공정(81.0%)이 5점 이하이었다(표 6, 7).

마. ANSI Z-365 점검표에 의한 누적외상성질환 위험요인 평가

미국 국립표준연구원(ANSI)에서 개발한 Z-365 Quick Checklist는 반복동작, 작업에 소요되는 힘, 작업자세, 동력용 작업공구, 정적인 자세, 작업환경, 키보드 사용, 작업속도 조절유무, 신체적 압박 등 총 9가지의 위험요인에 대해 노출시간을 구분하여 가중치를 주어 평가하도록 되어 있다. 노출시간 1시간 미만, 1-4시간, 4시간 이상으로 구분하여 각 위험요인별 가중치가 달리 주어져 총 점수로 환산하여 평가한 결과 10점 이상이면 누적외상성질환의 위험에 노출되고 있음을 나타내는데, 이 조사에서는 10점 미만이 30개 공정(51.7%), 10점 이상이 28개 공정(48.3%)으로 비슷한 분포를 보였다(표 8).

바. 인간공학적 평가 도구 적용에 따른 위험성 정도

각 공정에 대한 개별적인 작업부하지표(SI), OWAS, RULA, OSHA, ANSI의 직업성 근골격계질환의 위험요인에 대한 평가도구 적용 결과를 보면, 작업부하지표에서는 안전한 3 이하의 점수를 전체 조사공정에서 보였으며, OWAS에서도 개선이 불필요하고 근골격계에 부담이 없는 AC1이 50개 공정(86.2%)이었다.

표 8. ANSI Z-365의 누적외상성질환 위험요인 평가 결과

위험요인	작업자세 형태	점수*	빈도(%)
반복동작	수초마다 반복(15회 이상/분)	0	30(51.7)
		1	12(20.7)
		3	16(27.6)
	수분마다 반복	0	34(58.6)
		1	24(41.4)
중량물 들기	2.3 - 6.8 kg	0	58(100.0)
	6.8 - 13.5 kg	0	52(89.7)
		1	6(10.3)
	13.5 - 22.5 kg	0	58(100.0)
	22.5 kg 이상	0	58(100.0)
밀기/당기기	쉽다	0	57(98.3)
		1	1(1.7)
	보통	0	58(100.0)
	무겁다	0	58(100.0)
	2.3 - 6.8 kg	0	58(100.0)
	6.8 - 13.5 kg	0	58(100.0)
중량물 이동 (3 m 이상)	13.5 kg 이상	0	58(100.0)
		0	34(58.6)
		1	23(39.7)
작업자세	과도한 손뻗힘	2	1(1.7)
		0	19(32.8)
		1	28(48.3)
	목/어깨 비틀	2	11(19.0)
		0	55(94.8)
		1	3(5.2)
	머리위 작업	0	16(27.6)
		1	35(60.3)
		2	7(12.1)
	팔꿈치/전완 비틀	0	4(6.9)
		1	16(27.6)
		2	38(65.5)
	손/손목 꺾기	0	26(44.8)
		1	30(51.7)
		2	2(3.4)
	몸통 비틀	0	57(98.3)
		1	1(1.7)
		0	54(93.1)
동력공구사용		1	3(5.2)
		2	1(1.7)
		0	28(48.3)
신체압박		1	10(17.2)
		2	20(34.5)
		0	18(31.0)
정적 동작		1	20(34.5)
		2	20(34.5)
		0	37(63.8)
작업환경		1	1(1.7)
		2	20(34.5)
		0	56(96.6)
키보드계속작업		1	1(1.7)
		2	1(1.7)
		0	47(81.0)
인센티브제도		2	11(19.0)
누적외상성질환 위험평가		<10	30(51.7)
		≥10	28(48.3)

그러나 RULA, OSHA, ANSI 평가도구에서는 각각 50%이상에서 정밀조사와 작업개선, 또는 누적외상성질환의 위험에 노출됨을 보여주고 있었다. 특히 OSHA의 상지 위험 평가에서는 대부분의 작업 공정에서 5점을 초과하였다(표 9).

표 9. 인간공학적 평가 도구 적용에 따른 위험성 정도

SI	3 이하	58(100.0)
	5 이상	
	7 이상	
OWAS	AC1	50(86.2)
	AC2	8(13.8)
	AC3	
	AC4	
RULA	AL1	
	AL2	30(51.7)
	AL3	23(39.7)
	AL4	5(8.6)
OSHA-A	<5	2(3.4)
	≥5	56(96.6)
OSHA-B	<5	47(81.0)
	≥5	11(19.0)
ANSI Z-365	<10	30(51.7)
	≥10	28(48.3)

사. 조사대상 사업체 및 작업 특성별 인간공학적 평가 도구 적용에 따른 정성적인 위험도

조사대상 사업체의 특성에 따른 인간공학적 평가도구인 작업부하지표(SI), OWAS, RULA, OSHA, ANSI Z-365 점검표의 적용 결과 RULA와 OSHA-B의 위험성 평가에서 반도체, 전자부품(소재), 전지·전자기기 제조업체별로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. RULA 작업분석에서 전지·전자기기 제조업체가 작업개선이 필요한 인간공학적인 위험성이 높은 결과를 나타냈으며, 반도체 제조업체에서 OSHA-B의 허리·하지의 위험요인이 높은 결과를 보였다(표 10).

표 10. 사업체 특성별 인간공학적 평가 도구 적용에 따른 위험성

		반도체	전자부품(소재)	전기·전자기기제조	χ^2 값
SI	≤ 3	11(100.0)	30(100.0)	17(100.0)	
OWAS	AC1	8(72.7)	26(86.7)	16(94.1)	.275
	AC2	3(27.3)	4(13.3)	1(5.9)	
RULA	AL2	5(45.5)	21(70.0)	4(23.5)	.045
	AL3	5(45.5)	7(23.3)	11(64.7)	
	AL4	1(9.1)	2(6.7)	2(11.8)	
OSHA-A	≤ 5	2(18.2)			
	> 5	9(81.8)	30(100.0)	17(100.0)	
OSHA-B	≤ 5	6(54.5)	26(86.7)	15(88.2)	.045
	> 5	5(45.5)	4(13.3)	2(11.8)	
ANSI Z-365	< 10	6(54.5)	16(53.3)	8(47.1)	.898
	≥ 10	5(45.5)	14(46.7)	9(52.9)	

작업 특성별로 조립공정이 검사공정에 비해 RULA 작업분석에서 높은 AL을 나타내며 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 다른 평가도구에서는 조립과 검사 공정에서 서로 통계적으로 유의한 위험성의 차이를 보이지 않았다(표 11).

표 11. 작업 특성(공정)별 인간공학적 평가도구 적용에 따른 위험성

		조립	검사	χ^2 값
SI	≤ 3	14(100.0)	44(100.0)	
OWAS	AC1	11(78.6)	39(88.6)	.293
	AC2	3(21.4)	5(11.4)	
RULA	AL2	3(21.4)	27(61.4)	.034
	AL3	9(64.3)	14(31.8)	
	AL4	2(14.3)	3(6.8)	
OSHA-A	≤ 5		2(4.5)	
	> 5	14(100.0)	42(95.5)	
OSHA-B	≤ 5	12(85.7)	35(79.5)	1.000
	> 5	2(14.3)	9(20.5)	
ANSI Z-365	< 10	8(57.1)	22(50.0)	.762
	≥ 10	6(42.9)	22(50.0)	

아. 조사대상 사업체 및 작업 특성별 인간공학적 평가도구 적용에 따른 정량적인 위험도

조사대상 사업체의 특성에 따라 인간공학적 평가도구인 작업부하지표(SI), OWAS, RULA, OSHA, ANSI Z-365 점검표의 정량적인 점수를 비교한 결과는 SI, OSHA-A, OSHA-B의 인간공학적 위험성 평가에서 반도체, 전자부품(소재), 전기·전자기기 제조업체별로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. SI와 OSHA-A 평가도구는 전기·전자기기 제조업체, OSHA-B 평가도구는 반도체 제조업체에서 가장 높은 인간공학적인 위험성이 높은 결과(점수)를 나타냈다. ANSI Z-365 평가에서는 반도체, 전자부품(소재), 전기·전자기기 제조업체별 유의한 점수 차이를 보이지 않았다(표 12).

표 12. 사업체 특성별 인간공학적 평가도구 적용에 따른 점수 비교

	반도체	전자부품(소재)	전기·전자기기제조	p 값
SI	.46(.21)	.61(.53)	.92(.64)	.062
OSHA-A	10.82(5.88)	11.80(3.70)	16.41(4.06)	.001
OSHA-B	5.18(4.21)	2.70(2.97)	2.18(1.91)	.031
ANSI Z-365	8.27(3.17)	9.17(2.52)	9.35(2.06)	.515

작업 특성별로 조립공정이 검사공정에 비해 OSHA-A 평가에서 높은 점수를 나타내며 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 다른 평가도구의 적용에서는 조립과 검사공정에서 평가결과가 서로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(표 13).

표 13. 작업 특성(공정)별 인간공학적 평가도구 적용에 따른 점수 비교

	조립	검사	p 값
SI	.90(.57)	.60(.52)	.072
OSHA-A	17.64(2.90)	11.48(4.28)	.000
OSHA-B	2.00(2.04)	3.34(3.36)	.080
ANSI Z-365	8.86(2.60)	9.11(2.52)	.743

3. 신체 각 부위별 증상 호소율

가. 근골격계 증상 정의에 따른 신체부위별 증상 호소율

목, 어깨, 팔, 손목/손가락, 허리, 다리/발 등에 통증이나 쭉심, 저림 등의 불편한 증상을 지난 1년 동안에 느낀 적이 있는가의 여부에 대한 과거 근골격계 증상 호소율은 어깨가 가장 많은 172명(60.1%)이었으며 다리 122명(42.7%), 목 120명(42.0%), 허리 112명(39.2%), 손 102명(35.7%), 팔 52명(18.2%)의 순이었다. 신체 어느 한 부위라도 증상을 느낀 적이 있는 경우는 225명(78.7%)이었다. 지난 1주일 동안 이와 같은 증상이 나타난 적이 있는가의 현재 근골격계 증상 호소율은 어깨가 118명(41.3%), 허리 85명(29.7%), 목 83명(29.0%), 다리 78명(27.3%), 손 66명(23.1%), 팔 28명(9.8%)의 순이었다. 그리고 누적외상성질환과 관련된 과거병력 및 사고력이 없고, 관련 증상들이 현재의 작업 이후에 발생한 경우에 한해서 근골격계 증상 설문조사에서 관련증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나, 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하며, 증상의 정도는 중간 정도 통증(작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다)을 호소하는 경우를 작업관련 근골격계 증상으로 정의하였을 때의 호소율은 팔 38명(13.3%), 어깨 35명(12.2%), 다리 26명(9.1%), 허리 23명(8.0%), 목 21명(7.3%), 손 16명(5.6%)의 순이었다. 위 6가지 신체 부위중 어느 한 부위에서라도 위의 3가지 조건을 충족하는 경우는 60명(21.0%)이었다(표 14).

표 14. 신체 각 부위의 근골격계 증상

	목	어깨	팔	손	허리	다리	전체
과거 근골격계 증상	120(42.0)	172(60.1)	52(18.2)	102(35.7)	112(39.2)	122(42.7)	225(78.7)
현 근골격계 증상	83(29.0)	118(41.3)	28(9.8)	66(23.1)	85(29.7)	78(27.3)	175(61.2)
작업관련 근골격계 증상	21(7.3)	35(12.2)	38(13.3)	16(5.6)	23(8.0)	26(9.1)	60(21.0)

나. 조사 대상자의 특성에 따른 작업관련 근골격계 증상 호소율

작업관련 근골격계 증상 정의에 따른 신체 각 부위의 증상을 연령, 결혼 여부, 근무기간, 작업교대 여부, 조사대상 사업체 및 작업공정 특성으로 구분하여 증상 호소율을 비교하였다. 전반적으로 연령이 높은 군에서 신체 각 부위의 증상 호소율이 높았으며, 어깨, 팔, 허리 부위의 근골격계 증상 호소율이 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 결혼 여부에 있어서도 기혼자가 미혼자에 비해 높은 근골격계 증상 호소율을 보였으며 손과 허리 부위에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

표 15. 조사 대상자의 특성에 따른 작업관련 근골격계 증상

		목	어깨	팔	손	허리	다리	전체
연령			*	*		*		
	-19	1(2.7)	1(2.7)	1(2.7)	2(5.4)	1(2.7)	2(5.4)	4(10.8)
	20-24	7(5.1)	13(9.5)	14(10.2)	5(3.6)	7(5.1)	14(10.2)	28(20.4)
	25-29	5(8.3)	12(20.0)	12(20.0)	4(6.7)	7(11.7)	2(3.3)	15(25.0)
	30-	7(14.0)	8(16.0)	10(20.0)	5(10.0)	8(16.0)	8(16.0)	12(24.0)
결혼					*	*		
	미혼	12(5.7)	23(10.8)	24(11.3)	8(3.8)	13(6.1)	17(8.0)	43(20.3)
	기혼	9(12.5)	12(16.7)	14(19.4)	8(11.1)	10(13.9)	9(12.5)	17(23.6)
근무기간								
	-1	1(2.7)	1(2.7)	1(2.7)	1(2.7)	1(2.7)	1(2.7)	4(10.8)
	1-3	6(6.7)	11(12.2)	12(13.3)	5(5.6)	6(6.7)	11(12.2)	20(22.2)
	3-5	4(5.7)	10(14.3)	10(14.3)	4(5.7)	8(11.4)	8(11.4)	16(22.9)
	≥5	10(11.6)	13(15.1)	15(17.4)	6(7.0)	8(9.3)	6(7.0)	20(23.3)
교대					*			
	비교대	11(8.5)	16(12.4)	16(12.4)	12(9.3)	10(7.8)	9(7.0)	26(20.2)
	교대	10(6.5)	19(12.3)	21(13.6)	4(2.6)	13(8.4)	17(11.0)	33(21.4)
사업체 특성								
	반도체	11(8.5)	18(12.3)	18(12.3)	5(3.4)	13(8.9)	16(11.0)	29(19.9)
	전자부품	6(8.8)	9(13.2)	12(17.6)	5(7.4)	5(7.4)	7(10.3)	17(25.0)
	기기제조	4(5.6)	8(11.1)	8(11.1)	6(8.3)	5(6.9)	3(4.2)	14(19.4)
공정								
	조립	6(8.5)	8(11.3)	8(11.3)	5(7.0)	6(8.5)	4(5.6)	14(19.7)
	검사	12(7.7)	21(13.5)	24(15.4)	10(6.4)	14(9.0)	17(10.9)	36(23.1)
	계측						1(5.0)	1(5.0)
	기타	3(7.7)	6(15.4)	6(15.4)	1(2.6)	3(7.7)	4(10.3)	9(23.1)

*; $p < .05$

근무기간에 따라서는 종사한 기간이 길수록 증상 호소율이 높은 경향을 보이고 있지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 교대여부에 따라서는 손 부위의 증상 호소를 제외하고는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 손 부위의 증상은 교대작업자에 비해 비교대 작업자에서 증상 호소율이 유의하게 높게 나타났다. 조사 대상자의 사업체 및 작업 특성별 신체 각 부위의 증상 호소율의 차이는 없었다. 다만 계측작업에 종사하는 근로자의 증상 호소는 다리 1명(5.0%) 이외에는 없었다.

다. 신체부위별 작업위험과 작업관련 근골격계 증상

작업자의 신체부위별 위험조사에서 작업시 목 부위의 숙임, 젖힘, 옆 기울임, 비틀(돌림) 등의 작업위험, 어깨 부위의 들어올림, 옆으로 뺨음, 뒤로 뺨음 등의 작업위험, 팔 부위의 비틀, 들어올림, 옆으로 벌림, 날카로운 면의 접촉 등의 작업위험, 손/손목 부위의 굽힘/젖힘, 비틀, 날카로운 면의 접촉 등의 작업위험 여부에 따른 작업관련 근골격계 증상을 비교한 결과, 작업위험이 있는 근로자에서 높은 작업관련 근골격계 증상을 호소하는 경향을 보이고 있지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다.

표 16. 신체부위별 작업위험과 작업관련 근골격계 증상

신체부위별 작업위험		작업관련 근골격계 증상		x ² 값
		+	-	
목	+	19(7.8)	225(92.2)	.749
	-	2(4.8)	40(95.2)	
어깨	+	24(14.7)	139(85.3)	.150
	-	11(8.9)	112(91.1)	
팔	+	26(14.9)	149(85.1)	.375
	-	12(10.8)	99(89.2)	
손/손목	+	14(6.2)	213(93.8)	.538
	-	2(3.4)	57(96.6)	

4. 전기·전자 제조업체의 사업체 및 작업공정별 인간공학적 평가

전기·전자 제조업체의 각 사업체 및 작업공정별로 문제점(위험요인)과 개선사항을 기술하고 SI, OWAS, RULA, OSHA, ANSI Z-365 등의 인간공학적 평가도구 적용에 따른 결과를 제시하였다(부록 1). 더불어 각각의 작업의 작업명에 따른 디지털 사진을 제시하고 그 작업의 작업량과 작업 사이클을 기술하였다.

제 4 장 고찰

최근 작업공정의 자동화 및 컴퓨터 보급의 확산 등에 따른 단순반복작업, 작업시의 부적절한 자세 또는 중량물 취급 등에 기인하여 작업관련성 근골격계질환의 발생이 급증하고 있다. 목, 어깨, 팔 부위가 저리고 아프거나 마비되는 증상인 경견완장해 판정을 받고 산재보상을 받은 근로자는 2001년 6월 현재 412명으로 전년동기 185명 보다 227명(122.7%) 증가하였고, 작업으로 인하여 직업성 요통 판정을 받고 산재보상을 받은 근로자는 2001년 6월 현재 493명으로 전년동기 305명 보다 188명(61.6%) 증가하였다. 이처럼 타 직업병 보다 아주 높은 증가율을 보이고 있다.

현재까지의 작업관련 근골격계질환에 대한 연구가 주로 전화교환원 등 VDT 작업에 종사하는 여성 근로자나 자동차제조업, 조선업 등의 중공업 중심으로 한 남성 근로자에 국한하여 이루어졌었다. 또한 연구조사가 정확한 인간공학적 위험성에 대한 평가가 작업계측을 통하여 이루어지지 않고 증상 설문조사만으로 이루어지는 경우가 많았다.

우리나라의 전자산업은 특히 반도체 산업은 폭발적으로 성장하는 산업이며, 고도의 기술을 요하는 산업으로 중추적인 역할을 맡아왔다. 그러나 산업안전보건의 문제는 여타의 산업에 비해 크게 관심의 대상이 되지 못한 상태이다. 그렇지만 반도체 산업에서의 유해요인으로 중금속, 유기용제, 산, 유해가스, 비전리방사선(라디오파, 극저주파)과 작업자세와 작업조건 등의 인간공학적인 문제나 스트레스 등으로 인한 중공업과 달리 재해보다는 직업성 질환의 위험에 노출되고 있음을 알 수 있고, 실제로 전 제조업 보다 전자산업, 특히 반도체 산업에서 직업병의 비율이 높음을 알 수 있다.

여러 인간공학적 평가도구의 적용을 통해서 본 전기·전자 제조업체의 동일공정의 근로자라도 평가결과는 다르게 나타났다. 물론 그 평가도구의 종류에 따라 작업평가지 소요되는 비용, 시간 및 인력의 차이는 말할 필요가 없으며, 또한 지표, 점수산정, 해석과 평가 및 조치가 다를 수 밖에 없기 때문에 일면적으로 비교할 수는 없다. 즉, 작업부하(긴장)지표는 주로 상지에 초점을 맞추어 5가지 위험요인에 대해 5점 척도로 산정하여 환산점수를 토대로 한 종합평가 해석으로 작업의 위험도와 개선 필요성에 대한 정보를 제공하고, OWAS는 대표적인 관찰적 작업자세 평가기법의 하나로 신체부위별로 정의된 작업자세에 따라 작업의 위험도를 평가하는 방법으로 분석이 용이하고 빠르나 빈도수가 많은 연속작

업에는 적용이 곤란하고 분석자의 주관에 크게 좌우되는 경향이 있고 전체적인 작업의 위험도만을 산출하며 구체적인 위험부위 및 개선 대책에 대한 단서를 제공하지 못한다. OSHA에서 개발한 체크리스트는 상지에 대한 위험요인을 빠른 시간내에 평가하여 저위험 초과 여부를 결정하고 정밀평가의 대상 공정을 선정하기 위한 방법으로 신속한 기초조사 수행시 적합하고, ANSI Z-365도 범용 체크리스트로 매우 간편하고 빠른 방법으로 점검할 수 있으나 특정 공정이나 작업에 엄밀히 적용시키기에는 무리가 있고, 각각의 항목에 대한 위험도가 노출시간에 대한 점수로 이루어지나 이러한 점수 자체가 근거가 미약하다는 단점이 있다. RULA 또한 관찰적 작업자세 평가방법의 하나로 주로 상지에 초점을 맞추어 전체적인 작업의 위험도를 산정하는 방법이나 평가에 대한 경험과 전문지식이 있는 사람만이 효과적으로 사용할 수 있는 방법이다. 작업자세뿐만 아니라 반복성이나 소요되는 힘, 피로에 대한 요소가 고려되나 작업수준 결정 자체 특히 동작각도 산정시 분석자마다 개인차가 많이 발생할 수 있다. 이와 같은 평가도구의 차이와 제한점이 있다 하더라도 이 연구의 위험도 평가에서 대체적으로 OSHA>ANSI Z-365>RULA>OWAS> SI의 순으로 나타났는데, 즉 SI의 적용 결과에선 58개 조사공정 모두 안전한 SI 점수(SI score)가 3.0 이하였으나, OSHA의 상지 위험도 평가에서는 56개 공정(96.6%)이 60일 이내의 정밀조사가 필요한 총점 5점을 초과하였다. 이는 SI의 평가 위험요인과 관련된 신체부위 주로 손, 손목 부위의 작업에 한정되며 평가의 객관성의 한계와 관련되어 낮은 위험도 결과를 산출한 것으로 보이며, OSHA와 ANSI Z-365의 경우는 범용으로 정밀평가의 대상 공정을 선정하기 위한 저위험의 초과여부와 노출시간에 대한 점수로 이루어진다는 점에서 조사대상 공정에서 높은 위험율을 보인 것으로 판단된다. 이와 같이 어떤 평가도구를 사용하는가에 따라 아주 다른 평가, 해석 및 조치를 취할 수 있으므로 여러 인간공학적 평가도구의 적용에는 면밀한 주의를 요한다고 볼 수 있다. 그리고 조사 대상의 사업체 특성과 작업(공정) 특성에 따른 여러 인간공학적 평가도구 적용 결과 범주형 정성적인 평가에서 전기·전자기기 제조업체와 조립공정의 작업자에서 유의하게 높은 RULA 평가 결과를 나타내고, 총점의 정량적인 평가에서는 전기·전자기기 제조업체와 조립공정 작업자에서 SI와 OSHA의 상지 위험도 평가(OSHA-A) 결과가 타 사업체와 작업 특성을 갖는 근로자보다 통계적으로 유의하게 높았으며, OSHA의 하지의 위험도 평가(OSHA-B)에서는 반도체 제조업체의 작업자에서 평가 총점이 통계적으로 유의하게 높았다. 다만 ANSI Z-365 결과만이 특성 집단간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 전기·전자 제조업체만으로도 일반적인 작업 특성에 따라 적용 평가도구의 결과가 다를 뿐 아니라 적정성과 정성·

정량적인 결과에 있어 차이를 보인다는 점에서도 상대적으로 비교할 수 있는 방법과 인간공학적 위험에 대한 개개인의 반응과 관련한 추후 연구가 있어야 할 것이다.

작업관련 근골격계 질환에 대한 의학적 조사는 이 연구에서도 진찰과 임상검사를 통해 판단하지 않고 설문지를 통한 자기기입식의 증상 조사를 통해 이루어졌기 때문에 응답자의 주관에 의해 좌우되고 조사시점, 조사대상 사업체의 노사관계, 조사목적에 따라 영향을 받을 수 있다. 또한 근골격계(질환) 증상과 작업관련 근골격계(질환) 증상을 어떻게 정의하느냐에 따라 증상 유병율(호소율)이 크게 차이를 보일 수 있다. 이 연구에서도 근골격계 증상의 정의에 따른 증상의 유무 여부로 본 지난 과거 1년간의 과거 증상 호소율은 팔의 18.2%에서부터 어깨의 60.1%까지, 지난 1주일간의 현재 근골격계 증상 여부는 팔의 9.8%에서부터 어깨의 41.3%까지 호소하였으나, 작업관련 근골격계 증상의 정의에 따른 호소율은 손의 5.6%에서부터 팔의 13.3%까지 나타났다. 신체부위별 호소율의 크기만이 아니라 작업관련성을 가름하는 신체부위에서도 주로 호소하는 과거 및 현재 근골격계 증상과도 차이를 보이고 있어 어떻게 작업관련 근골격계 증상(지속기간, 발생간격 및 증상의 수준)을 정의하느냐에 따라 영향을 받는다는 점에서 이에 대한 다양한 접근과 분석이 뒤따라야 할 것이다. 신체부위별 작업관련 근골격계 증상에 영향을 미칠 수 있는 개인의 인구학적 요인(성, 연령, 결혼 등)과 직업적 요인(근무기간, 근무형태, 사업체 및 작업(공정) 특성 등)에 대한 분석에서 연령과 결혼 여부 등 개인적 요인과 관련하여 기혼자와 나이가 많을수록 각 신체부위의 증상 호소율이 유의하게 높은 반면에 직업적인 요인에서는 경향성을 나타내지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 또한 상지의 작업위험과 관련한 신체 부위의 근골격계 증상에서도 유의한 차이를 보이지 않아 조사 대상자의 표본수, 조사대상이 모두 생산직 근로자로서 대조군과 비교하지 못한 점, 작업관련 근골격계 증상의 정의, 인간공학적 위험을 정량화하여 보지 못한 점이 작업요인의 근골격계 증상에 미치는 영향을 과소평가 하였을 것으로 볼 수 있을 것이다. 그렇지만 조사대상자가 전기·전자 제조업체의 근무기간이 짧은 젊은 여성으로서 작업부하가 크지 않은 점을 고려할 수 있다. 그렇다면 자기기입의 설문만으로 누적외상성질환과 관련된 과거 병력 및 사고력이 없고, 관련 증상들이 현재의 작업 이후에 발생한 경우로 작업관련 근골격계 증상을 정의하는 것은 심도있는 고찰을 요하며 작업에 대한 인간공학적 평가와 더불어 정의되고 관리되어야 할 것이다. 더불어 증상 호소자들에 대한 객관적인 의학적 소견을 얻을 수 있는 방법과 진찰과 의학적 검사에 의한 진단을 통해 주관적인 증상의 신뢰성을 살펴볼 수 있으며, 이를 통해 자각증상 설문조사가 직업성

근골격계질환의 선별검사로서의 의의를 가질 것이다.

이 연구는 여러 의의와 더불어 많은 제한점을 갖는 연구라고 볼 수 있다. 우선 이 연구는 여러 유형의 전기·전자 제조업체의 검사 및 조립 공정을 중심으로 한 다양한 인간공학 평가도구를 적용하여 위험성을 살펴보고 비교하였다. 그리고 조사 작업공정에 대한 표준작업을 제시하기 위한 작업분석 및 개선사항을 기술하고, 인간공학적 평가도구를 이해하기 위하여 각 도구의 적용 및 평가방법을 기술하고 각 사례를 분석 제시하였다. 앞으로 근로자 개개인의 인구학적 요인만이 아니라 직무 스트레스 등의 사회심리적인 요인과 구체적이며 정량적인 인간공학적인 위험도와 관련되어 분석할 필요가 있으며, 비노출군 및 타 직업군과의 작업관련 근골격계질환의 증상이 비교되어야 하며, 또한 여러 인간공학 적 평가도구의 신뢰도가 작업형태와 조건에 따라 정밀하게 비교 고찰되어야 할 것이다.

제 5 장 요약

이 연구는 전기·전자 제조업체의 공정 및 작업에 따른 인간공학적 위험성 평가하고, 인간공학적 위험요인과 작업관련성 근골격계질환과의 관련성을 파악하여 인간공학적 평가도구 및 지표 개발과 작업관련성 근골격계질환에 대한 타당성이 높은 객관적인 평가방법을 개발하고자 하였다. 그리고 전기·전자 제조업체의 인간공학적 평가도구 적용에 따른 문제점(위험요인)과 개선사항을 공정 및 작업의 표준으로 제시하고자 하였다.

조사대상자는 공정/작업별로 표본추출하여 인간공학적 조사와 산업의학적 조사를 수행하였다. 인간공학적 위험성 평가는 타당성이 검증된 작업부하(긴장)지표(Job Strain Index, JSI), OWAS 작업분석(Ovako Working Posture Analysing System, OWAS), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 인간공학적 평가 점검표, 미국 국립표준연구원(ANSI)에서 개발한 Z-365 Quick Checklist를 사용하여 58개 공정을 대상으로 조사하였다. 산업의학적 조사는 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서 정한 누적외상성질환의 질병기준과 미국 표준연구소(American National Standard Institute, ANSI)에서 개발한 증상조사표를 기본으로 하여 국내에서 만든 것을 참고로 하여 수정한 후 사용하였다.

1. 조사대상자는 전기·전자 제조업체 12개 사업체의 여성 근로자 총 286명이었다. 평균 연령은 25.3세였으며 평균 근무기간은 4년 1개월로, 조사대상 근로자의 사업체 특성은 4개 반도체 제조 사업체 근로자가 146명(51.0%), 4개 전자부품(소재) 제조업체 근로자가 68명(23.8%), 4개 전기·전자기기 제조업체 근로자가 72명(25.2%)이었다. 인간공학적 평가 대상 조사 사업체 특성은 반도체 제조가 11개 공정(19.0%), 전기전자부품(소재) 제조가 30개 공정(51.7%), 전기·전자기기 제조가 17개 공정(29.3%)이었으며, 작업 특성으로는 조립이 14개 공정(24.1%), 검사가 44개 공정(75.9%) 이었다.

2. 각 공정에 대한 개별적인 작업부하지표(SI), OWAS, RULA, OSHA, ANSI의 직업성 근골격계질환의 위험요인에 대한 평가도구 적용 결과를 보면, 작업부하지표

에서는 안전한 3 이하의 점수를 전체 조사 공정에서 보였으며, OWAS에서도 개선이 불필요하고 근골격계에 부담이 없는 AC1이 50개 공정(86.2%)이었다. 그러나 RULA, OSHA, ANSI 평가도구에서는 각각 50%이상에서 정밀조사와 작업개선, 또는 누적외상성질환의 위험에 노출됨을 보여주고 있었다. 특히 OSHA의 상지 위험 평가에서는 대부분의 작업 공정에서 5점을 초과하였다.

3. 조사 대상의 사업체 특성과 작업(공정) 특성에 따른 여러 인간공학적 평가도구 적용 결과 범주형 정성적인 평가에서 전기·전자기기 제조업체와 조립공정의 작업자에서 유의하게 높은 RULA 평가 결과를 나타내고, 총점의 정량적인 평가에서는 전기·전자기기 제조업체와 조립공정 작업자에서 SI와 OSHA의 상지 위험도 평가(OSHA-A) 결과가 타 사업체와 작업특성을 갖는 근로자 보다 통계적으로 유의하게 높았으며, OSHA의 하지의 위험도 평가(OSHA-B)에서는 반도체 제조업체의 작업자에서 평가 총점이 통계적으로 유의하게 높았다.

4. 근골격계 증상의 정의에 따른 증상의 유무 여부로 본 지난 과거 1년간의 과거 증상 호소율은 팔의 18.2%에서부터 어깨의 60.1%까지, 지난 1주일간의 현재 근골격계 증상 여부는 팔의 9.8%에서부터 어깨의 41.3%까지 호소하였으나, 작업관련 근골격계 증상의 정의에 따른 호소율은 손의 5.6%에서부터 팔의 13.3%까지 나타났다.

5. 신체부위별 작업관련 근골격계 증상에 영향을 미칠 수 있는 개인의 인구학적 요인(성, 연령, 결혼 등)과 직업적 요인(근무기간, 근무형태, 사업체 및 작업(공정) 특성 등)에 대한 분석에서 연령과 결혼 여부 등 개인적 요인과 관련하여 기혼자와 나이가 많을수록 각 신체부위의 증상 호소율이 유의하게 높은 반면에 직업적인 요인에서는 경향성을 나타내지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 또한 상지의 작업위험과 관련한 신체부위의 근골격계 증상에서도 유의한 차이를 보이지 않았다.

참 고 문 헌

권호장, 하미나, 윤덕로, 조수현, 강대희, 주영수, 백도명, 백남중. VDT작업자에서 업무로 인한 정신사회적 스트레스에 대한 인지가 근골격계장애에 미치는 영향. 대한산업의학회지 1996;8(3):570-577

김양옥, 박종, 류소연. 전자렌지 조립작업자에서 발생한 경견완증후군의 조사 연구(I) -설문증상을 중심으로-. 대한산업의학회지 1995;7(2):306-319

노동부. 영상표시단말기(VDT)취급근로자작업관리지침. 노동부고시 제2000-71호. 노동부. 2000

노동부. 단순반복작업근로자작업관리지침. 노동부고시 제2000-72호. 노동부. 2000
노동부. 2000년도 산업재해현황. 노동부. 2001

문재동, 이민철, 김병우. VDT증후군 자각증상에 영향을 미치는 인자들에 관한 연구. 예방의학회지 1991;24(3):373-389

박계열, 백기주, 이중근, 이연수, 노재훈. VDT작업자의 자각증상에 영향을 미치는 요인. 대한산업의학회지 1997;9(1):156-169

박정일, 조경환, 이승한. 여성 국제전화 교환원들에 있어서의 경견완장애, I. 자각적 증상. 대한산업의학회지 1989;1(2):141-150

박희석, 이윤근, 임상혁. 단순반복작업에 관한 인간공학적인 연구 - 제조업에서 발생하는 누적외상성 질환의 인간공학적 요인 파악 및 예방대책 개발. 산업안전보건연구원. 1997.

손정일, 이수진, 송재철, 박항배. 일부 VDT 사용 근로자의 자각증상과 심리증상과의 관련성 연구. 예방의학회지 1995;28(2):433-449

송동빈, 김대성, 문종국, 박동현, 박종태, 백남중, 이명학, 장기언, 한상환. 누적외상성질환의 발생실태와 발생특성 파악 및 의학적 평가방법 개발. 산업안전보건연구원, 1997

임상혁, 이윤근, 조정진, 손정일, 송재철. 은행 창구 작업자(VDT 작업자)의 경견완장애 자각 증상 호소율과 관련 요인에 관한 연구. 대한산업의학회지 1997;9(1):85-98

차봉석, 고상백, 장세진, 박창식. VDT 취급근로자의 신체적 자각증상과 정신사회적 안녕상태의 관련성. 대한산업의학회지 1996;8(3):403-413

최재욱, 염용태, 송동빈, 박종태, 장성훈, 최정애. 반복 작업 근로자들에서의 경견
완장애에 관한 연구. 대한산업의학회지 1996;8(2):301-319

한국산업안전공단. 근골격계질환 예방을 위한 OSHA Ergonomics Program.
한국산업안전공단. 2000

한국산업안전공단. 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침. KOSHA CODE H-5-1998.
한국산업안전공단. 1998

American National Standards Institute. Control of work-related cumulative
trauma disorders. Part I. Upper extremities (working draft). ANSI Z-365, 1996

Boose SR, Calissendorff BM, Knave BG, Nyman KG, Voss M. Work with
video display terminals among office employees: III. ophthalmologic factors.
Scand J Work Environ Health 1985;11(6):475-481

Cannon LJ, Bernacki EJ, Walter SP. Personal and occupational factors
associated with carpal tunnel syndrome. J Occup Med 1981;23:255-258

Hagberg M. Electromyographic signs of shoulder muscular fatigue in two
elevated arm position. Am J Phy Med 1981;60(3):111-121

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

Karhu O, Kansil P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A
practical method for analysis. Applied Ergonomics 1977;8(4):199-201

Knave BG, Wibom RI, Voss M, Hedstrom LD, Bergqvist UO. Work with
video display terminals among office employees: I. subjective symptoms and
discomfort. Scand J Work Environ Health 1985;11(6):457-466

Occupational Safety and Health Administration. OSHA Draft Ergonomic
Standard. 1996

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

Moore JS, Garg A. The strain index: A proposed method to analyze jobs for
risk of distal upper extremity disorders. Am Ind Hyg Assoc J 1995;56(5):
443-458

Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Occupational factors and carpal tunnel

syndrome. Am J Ind Med 1987;11:343-358

von Stoffert G. Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS Methode. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 1985;39:31-38

Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A. Application for the Revised NIOSH Lifting Equation. Cincinnati, OH: DHHS(NIOSH) Publication no. 94-110, 1994


World Health Organization. Visual display terminal and worker's health. Geneva. 1987

[부록 1]


I. 각 사업체별 인간공학적 작업 분석과 개선 사항

1. A 사업체 : 엔진제어시스템, 자동변속제어 시스템의 센서 생산


가. 작업명 : Visual(현미경) 검사작업(작업사이클: 2초)

작업분석		사진
문 제 점	①작업대 모서리에 팔 압박 ②지속적으로 모니터링 작업 ③단순반복작업(cycle time 15초 이하 작업) ④손목의 굽힘이 있음	
개 선 사 항	①작업대 모서리에 pad 부착으로 팔의 자극을 줄여줌 ②경사가 있는 보조작업대로 팔을 지지해줄 수 있음 ③부품상자를 경사지게 하여 부품을 쉽게 가져올 수 있음	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.375$


나. 작업명 : 히터그룹, 센서 세라믹 압입작업(작업사이클: 3.5초)

작업분석		사진
문 제 점	①작업대가 높아서 팔이 가슴높이 이상 올라감 ②단순반복형 작업 ③팔, 손목자세의 굽힘이 심함	
개 선 사 항	①발판을 제공하여 작업대 높이를 낮추는 역할 ②입식의자를 제공하여 작업자의 다리 피로를 줄임	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 1, 상지 1, 하지 2, 무게 1, 목/머리 2; AC1

다. 케이블 타이 밴딩작업(작업사이클: 2초)


작업분석		사진
문제점	①목이 20도 이상 굽어짐 ②단순반복형 작업 ③손/손목과 팔의 비틀림이 있음 ④작업대 모서리에 팔 압박	
개선사항	①작업대 모서리에 pad를 부착 ②작업대 경사를 주어 목의 굴절을 줄이고 손목의 꺾임을 줄여 줄 수 있음	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-4, 목/몸통/다리-5; 5점(AL3)

라. Repair 작업(작업사이클: 62초)


작업분석		사진
문제점	①목과 몸통이 20도 이상 굽어짐 ②팔이 가슴높이 이상 올라감(부품상자) ③팔과 손목의 자세불량(납땜도구) ④작업대 모서리에 팔 압박	
개선사항	①작업대 모서리에 pad 및 손목 지지대를 부착 ②확대경 사용으로 몸통과 목의 각도를 편안하게 할 수 있음 ③손목의 꺾임을 강요하는 일자형 납땜도구를 ㄱ 형으로 교체	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-16점(≥ 5), B(하지)-2점

2. B 사업체 : 반도체 package (semiconductor package) 생산

가. 작업명 : Visual 검사작업(작업사이클: 40개/9-10초)


작업분석		사진
문제점	①항상 작업대에 손목부분이 압박 ②지속적으로 모니터링 작업 ③단순반복작업(cycle time 15초 이하 작업) ④항상 목의 굽힘이 있음	
	①작업대 모서리에 pad 부착으로 손목의 자극을 줄여줌 ②경사가 있는 보조작업대 혹은 확대경으로 작업자 목의 자세를 자유롭게 유도 ③작업자에 맞는 작업대 필요	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		12점(≥10)

나. 작업명 : 마킹작업


작업분석		사진
문제점	①loading/unloading 작업을 주로 함 ②문제발생시 직접 해결 ③목이 20도 이상 숙여질 때가 대부분 ④몸통이 45도 이상 숙여질 때가 많고 목이 비틀린 경우도 있음	
	①휴식을 위한 의자를 제공함으로써 다리의 피로를 절감할 수 있음 ②작업대를 높여주므로써 검사시 목과 몸통의 자세를 자연스럽게 유도할 수 있음	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.375$

3. C 사업체 : 전자제품의 코어생산

가. 작업명 : 분할(선별)공정 작업(작업량: 약 14,500개/일, 사이클: 1.5-3초/개)

작업분석		사진
문 제 점	①단순반복형 작업이며 손목의 비틀림이 많음 -> CTD 대책 필요 ②팔을 지지할 곳이 없음 ③목이 20도 이상 숙여짐 ④손가락을 많이 사용함 ⑤휴식시간의 부족(2시간 작업, 10분 휴식)	
개 선 사 항	①피로회복을 위한 휴식 필요 ②휴식시간 동안 작업자를 위한 설비의 제공(예: 자동안마기, 근육맛사지기, 음악감상실 등)	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 1, 상지 3, 하지 1, 무게 1, 목/머리 2: AC1

나. 작업명 : 칩제거공정 작업(작업시간: 4시간, 사이클: 4초/개)

작업분석		사진
문 제 점	①단순반복형 작업이며 아래 팔이 자주 비틀림 ②발 지지대 업시 4시간 이상 서서 작업	
개 선 사 항	①발받침대 제공으로 작업자의 다리 피로를 줄여줄 수 있음 ②4시간의 작업순환을 2시간으로 변경하여 다리와 어깨의 피로절감 효과	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-4, 목/몸통/다리-5: 5점(AL3)

다. 포장작업(사이클: 0.3초/개당)


작업분석		사진
문제점	①단순반복형 작업이며 팔과 손목의 비틀림이 있음 ②목과 몸통이 항상 20도 이상 굽어져 있음(부품 상자로 인한 불편한 작업자 세 유도) ③발 지지대 없이 장시간 서 있음	
개선사항	①입식 의자 및 발 받침대로 작업자의 피로 절감 ②세로의 길이를 줄이고 가로로 늘려 작업자의 작업공간 확보를 통해 올바른 작업자세 유도	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-9점(≥ 5), B(하지)-3점

라. 검사공정 작업(사이클: 0.3초/개당)


작업분석		사진
문제점	①단순반복형 작업이며 손목의 꺾임 ②팔의 정적인 자세(팔이 항상 떠 있음) ③목이 항상 20도 이상 굽어져 있음	
개선사항	①작업대 모서리에 pad 부착으로 팔의 지지를 해줌 ②의자를 낮춰주므로써 목의 자세를 자연스럽게 해줄 수 있음	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		10점(≥ 10)

4. D 사업체 : 전자, 접점, 도금, 도전 재료 생산


가. 작업명 : 선별작업(사이클: 1분 38초)

작업분석		사진
문제점	①몸 전체를 흔들어 작업함 ②조명으로 인한 눈의 피로 ③목과 몸통이 20도 정도 굽혀서 작업 ④손목의 꺾임 발생	
개선사항	①피로 회복을 위한 휴식 필요 ②휴식시간의 작업자를 위한 설비의 제공(예; 자동안마기, 근육마사지기, 음악감상실 등)	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.375$

나. 작업명 : 측정작업(사이클: 3초)


작업분석		사진
문제점	①손/손목의 굽힘이 심함 ②작업대에 팔 압박	
개선사항	①작업대에 pad 부착	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 1, 상지 1, 하지 1, 무게 1, 목/머리 1; AC1

다. 작업명 : 외경검사작업(사이클: 5초)


작업분석		사진
문 제 점	①아래 팔이 책상 모서리에 눌림 ②단순반복형 작업 ③손가락을 많이 사용 ④손목의 굽힘이 있음	
개 선 사 향	①작업대에 pad 부착 ②외경검사 게이지를 고정시키면 제품을 양손을 사용하여 검사가 가능(왼손 pinch grip 상태에서의 손목꺾임을 방지할 수 있음) ③제품상자를 기울임으로써 가져오기 편하도록 할 수 있음	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-6, 목/몸통/다리-3; 5점(AL3)

5. E 사업체 : PCB 생산


가. 작업명 : 육안검사작업(작업량: 1,000개/일, 사이클: 10초/개)

작업분석		사진
문 제 점	①목의 굴절이 심함 ②팔이 작업대에 접촉된 상태에서 검사를 함 ③확대경을 잘 사용하지 않음 ④손목의 굽힘이 있음	
개 선 사 향	①작업대 모서리에 pad 부착 ②확대경 이용에 대한 교육 확대 ③경사가 있는 보조작업대(pad 포함)를 이용하여 목의 굴절 각도를 줄일 수 있음	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-13점(≥5), B(하지)-1점


나. 좌표검사작업(작업량: 600개/일, 사이클:37-125초/개)

작업분석		사진
문제점	①팔이 작업대에 접촉되어 작업을 함 ②확대경을 잘 사용하지 않음	
개선사항	①보조작업대에 pad를 포함시켜 이용하므로써 팔의 압박감을 감소시켜 줌 ②확대경 이용에 대한 교육 확대	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		11점(≥10)

다. 작업명 : 때우기 검사작업(작업량: 300-400개/일, 사이클: 60-120초/개)


작업분석		사진
문제점	①팔이 작업대에 접촉되어 작업을 함	
개선사항	①작업대에 pad를 포함시켜 이용하므로써 팔의 압박감을 감소시켜 줌	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.25$

라. 작업명 : Solder 작업(작업량: 600-700개/일, 사이클: 15-65초/개)


작업분석		사진
문제점	①팔이 작업대에 접촉되어 작업을 함	
개선사항	①작업대에 pad를 포함시켜 이용하므로써 팔의 압박감을 감소시켜 줌	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 1, 상지 2, 하지 1, 무게 1, 목/머리 2; AC1

6. F 사업체 : 반도체 생산


가. 작업명 : Direct marking 작업

작업분석		사진
문제점	①작업동선이 길다 ②확인 검사대의 높이가 낮다	
개선사항	①통로에 지장을 주지 않는 범위에서 간간이 설 수 있는 의자 제공 ②확인 검사대의 높이를 작업대에 맞게 높여 주거나 보조 작업대 제공	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-5, 목/몸통/다리-2; 4점(AL2)

나. 작업명 : Forming & QC 작업


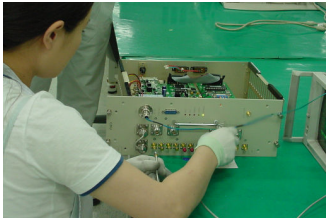
작업분석		사진
문제점	①목의 굽힘이 심함 ②부품을 꺼낼 때 손목의 꺾임이 있음 ③작업대 모서리에 팔 압박	
개선사항	①확대경의 사용으로 목의 굽힘을 방지 ②부품상자를 경사지게 하고 box의 높이를 낮춰주고, 부품상자를 작업자의 정면에서 대각선 방향으로 위치해줌 ③의자를 조절식으로 하고 경사가 있는 보조 작업대로 목의 굽힘 방지 ④작업대 모서리에 pad 부착 ⑤발 받침대 제공	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-7점(≥ 5), B(하지)-4점

다. 작업명 : Marking 검사작업


작업분석		사진
문제점	①다리의 공간이 없음(작업자 검사시 손을 과도하게 뻗어서 작업을 함) ②팔을 지지할 곳이 없음 ③다리 공간이 있음에도 불구하고 공간 내에 장비의 배선으로 인해 활용 불가	
개선사항	①발 받침대 이용이 필요	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		6점(<10)

7. G 사업체 : 통신기기제품 생산


가. 작업명 : 생산 1부

작업분석		사진
문제점	①팔, 손목자세의 굽힘이 심함 ②발지지 불량	
개선사항	①발 받침대 제공 ②회전 작업대 설치로 손목 꺾임을 줄일 수 있음	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 1 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.75$


나. 작업명 : 생산 1부

작업분석		사진
문제점	①작업대가 낮아 허리 굽힘이 심함 ②무거운 장비를 직접 손으로 들어 검사	
개선사항	①작업대를 높여 주어 허리의 자세를 자연스럽게 해줌 ②회전 작업대를 이용하면 들기 작업을 줄일 수 있음	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 2, 상지 1, 하지 2, 무게 1, 목/머리 2; AC2


다. 작업명 : 생산 1부

작업분석		사진
문제점	①팔, 손목자세의 굽힘이 심함 ②발지지 불량 ③무거운 장비를 직접 손으로 들어 대차로 운반 (10 M 이동)	
	①회전 작업대를 이용하면 손목이나 팔의 꺾임을 줄일 수 있음 ②발 받침대 제공 ③작업대 높이에 맞는 대차를 작업대 옆에 위치시켜 무거운 장비의 들기 작업을 줄일 수 있음	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-4, 목/몸통/다리-4; 4점(AL2)


라. 작업명 : 생산 2부 - 접촉장애 검사 작업(사이클: 13-14초/개)

작업분석		사진
문제점	①손목과 손가락 사용이 많음->CTD 대책 필요 ②팔의 정적인 자세(팔이 항상 떠 있음) ③머리 굽힘이 심함 ④발지지 불량	
	①검사 계측기를 눈높이에 맞게 설치 ②발 받침대 제공 ③작업대 모서리에 pad 부착으로 팔을 지지해 줌 ④피로 회복을 위한 휴식 필요 ⑤휴식시간의 작업자를 위한 설비를 제공 (예: 자동안마기, 근육 마사지기, 음악감상실 등)	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-16점(≥5), B(하지)-2점

마. 작업명 : 생산 2부 - RF 검사 작업(사이클: 1분 40초/개)


작업분석		사진
문 제 점	①손목과 손가락 사용이 많음->CTD 대책 필요 ②팔이 작업대에 팔 압박 ③발지지 불량	
개 선 사 항	①검사 계측기를 눈높이에 맞게 설치 필요 ②발 받침대 제공 ③작업대 모서리에 pad 부착으로 팔을 지지해줌 ④피로 회복을 위한 휴식 필요 ⑤휴식시간의 작업자를 위한 설비를 제공(예: 자동안마기, 근육 마사지기, 음악감상실 등)	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		10점(≥10)

바. 작업명 : 생산 2부 - Visual 검사작업(사이클: 20분/개)


작업분석		사진
문 제 점	①작업대 모서리에 팔 압박 ②지속적으로 모니터링작업 ③손가락 사용이 많음	
개 선 사 항	①작업대 모서리에 pad 부착으로 팔의 자극을 줄여줌	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.375$

8. H 사업체 : 통신기기제품 생산

가. 작업명 : 분배기(M23) 조립작업(작업량: 130-140대/일, 사이클: 156초/대)


작업분석		사진
문제점 개선사항	①진동 스크류 드라이버의 위치가 여성 작업자에 비해 높음(작업자가 잡기에 껴움) ②입식작업으로 인한 다리의 피로 ③부품상자의 위치가 뒤쪽에 있음	
	①진동 스크류 드라이버의 위치를 잡기 편한 위치에 고정(여성 작업자 grip에 맞는 굴기 선택) ②발 받침대 제공으로 발의 피로를 감소 ③부품상자의 효율적인 배치 ④작업대 모서리에 기댈 수 있는 pad 부 착 ⑤나사 상자높이를 낮추고 좀더 작업자 쪽으로 배치	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 1, 상지 2, 하지 2, 무게 1, 목/머리 2; AC1

나. 작업명 : 분배기(M23) 검사작업(작업량: 150대/일, 사이클: 180-208초/대)

작업분석		사진
문제점 개선사항	①검사중에 손을 올려 놓을 만한 곳이 없음 ②작업대 형태로 인해 작업자가 팔을 더 뻗어 작업을 수행 ③작업대가 작업자에 비해 높음 ④모니터의 위치가 높음	
	①입식용 의자의 제공으로 작업자 자신 의 휴식도 제공함과 동시에 작업의 위 치가 안정적으로 됨 ②작업대의 형태 중 받침대 지지를 위한 위치를 좀더 안쪽으로 하여 작업자에 다리 공간 제공	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-4, 목/몸통/다리-6; 6점(AL3)



다. 작업명 : 카메라 조정작업

(작업량: 120-130대/일, 사이클: 조립 - 130초/대, 조정 - 약 300-360초/대)



작업분석		사진
문 제 점	①손목을 많이 사용 -스크류드라이버작업: 총 20회/대 ②장시간 입식작업으로 인한 다리의 피로	
개 선 사 향	①입식용 의자의 제공으로 작업자의 다리 피로 절감	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-15점(≥ 5), B(하지)-2점

9. I 사업체 : 전화기, 오디오제품 생산


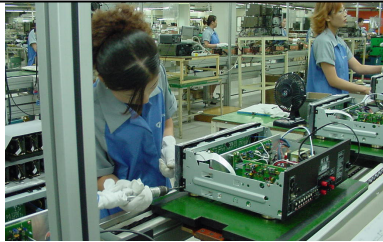
가. 작업명 : 전화기 조립작업(사이클: 25초/개)

작업분석		사진
문 제 점	①손과 손목 굽힘이 심함 ②발지지 불량 ③여자 작업자들이 쥐기에는 너무 두꺼운 전동 드라이버 ④작업대 모서리에 팔 압박	 
개 선 사 향	①발 받침대 제공 ②작업대 모서리에 pad 부착으로 팔의 자극을 줄여줌 ③여자 작업자도 잡기 쉽게 작은 사람 치수 기준으로 손잡이 두께 설계(매달 경우 높이: 팔꿈치 높이 정도) ④피로 회복을 위한 휴식 필요 ⑤휴식시간의 작업자를 위한 설비를 제공(예: 자동안마기, 근육 마사지기, 음악감상실 등)	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		12점(≥ 10)


나. 작업명 : 전화기 조립작업(사이클: 25초/개)

작업분석		사진
문 제 점	①단순반복형 작업 ②손과 손목 굽힘이 심함 ③손가락을 많이 사용 ④발지지 불량 ⑤작업대 모서리에 팔 압박	
개 선 사 향	①발 받침대 제공 ②작업대 모서리에 pad 부착으로 팔의 자극을 줄여줌 ③피로 회복을 위한 휴식 필요 ④휴식시간의 작업자를 위한 설비를 제공(예: 자동안마기, 근육 마사지, 음악감상실 등)	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 1 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.75$


다. 작업명 : 오디오 조립작업(사이클: 50-55초/개)

작업분석		사진
문 제 점	①단순반복형 작업 ②손과 손목 굽힘이 심하고 아래팔이 비틀림 ③몸통이 비틀어짐 ④발지지 불량 ⑤장시간 서서 작업	
개 선 사 향	①발 받침대 제공 ②회전 작업대를 설치하므로써 몸통의 비틀림을 방지할 수 있음 ③권총형 스크류 드라이버 사용(손과 손목의 굽힘을 감소시킬 수 있음) ④입식의자 제공(다리의 피로도 감소)	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 4, 상지 2, 하지 2, 무게 1, 목/머리 2; AC2

라. 작업명 : 수삽작업(사이클: 15초/개)


작업분석		사진
문제점	①단순반복형 작업 ②손과 손목 굽힘이 심하고 아래팔이 많이 비틀림 ③팔의 정적인 자세(팔이 항상 떠 있음) ④부품상자의 배치가 부적당하여 작업의 효율성 및 불필요한 동작(아래팔의 비틀림)을 하게 됨 ⑤장시간 서서 작업	
	개선사항 ①피로회복을 위한 휴식 필요 ②휴식시간의 작업자를 위한 설비 제공 (예: 자동안마기, 근육맞사지기, 음악 감상실 등) ③부품 삽입작업의 효율성 제고 방안 작은 부품 -> 큰 부품 순서로 작은 높이 부품 -> 큰 높이 부품 순서로 ④가급적 양손을 이용한 삽입작업이 가능하도록 설계(특정한 위에서 아래로, 바깥에서 안쪽으로 삽입순서 흐름이 존재하도록 설계)	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-6, 목/몸통/다리-4; 6점(AL4)

마. 작업명 : 납땜작업(사이클: 23초/개)


작업분석		사진
문제점	①단순반복형 작업 ②손과 손목이 꺾임 ③팔의 정적인 자세(팔이 항상 떠 있음) ④발지지 불량	
	개선사항 ①팔 지지대 (pad) 제공 ②발 받침대 제공 ③손목의 꺾임을 강요하는 납땜 도구(직선형 납땜도구는 손목 꺾임을 강요함) -> ㄱ 자형 납땜 도구로 전화	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-16점(≥ 5), B(하지)-2점

10. J 사업체 : 핸드폰 생산

가. 작업명 : Front Ass'y 작업(작업량: 2,400대/일, 사이클: 5초/대)



작업분석		사진
문제점	①pinch grip을 주로 사용	
개선사항	①등을 받칠 수 있는 도구 제공 ②팔 지지대 및 발 받침대 제공	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		7점(<10)

나. 작업명 : 조립작업(사이클: 6초/대)


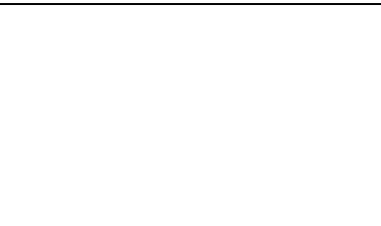
작업분석		사진
문제점	①pinch grip을 주로 사용불량 ②부품상자의 위치가 작업자의 위치에서 좀 멀고 높이가 있음	
개선사항	①발 받침대, 팔 지지대 제공 ②부품상자를 작업대 면까지 변동시킬 경우 집어올 때의 손목 꺾임 방지 ③의자의 높이를 높여줌(제품을 높은 쪽에 놓기가 수월) ④부품상자의 높이를 높여줌	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 3 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 2.25$

다. 작업명 : 기능검사 작업


(작업량: 1,200대/일, 사이클: 12초/대, 버튼 누르는 회수: 23회/대)

작업분석		사진
문 제 점	①목의 굴절이 심함 ②엄지 손가락을 주로 사용 ③작업자가 불편한 자세로 작업을 함	
개 선 사 항	①팔지지 pad 부착 또는 팔 받침대 제공 ②작업자세에 대한 교육	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 1, 상지 1, 하지 1, 무게 1, 목/머리 2; AC1

라. 작업명 : ESN 작업(작업량: 1,000-1,200대/일, 사이클: 10초/대)

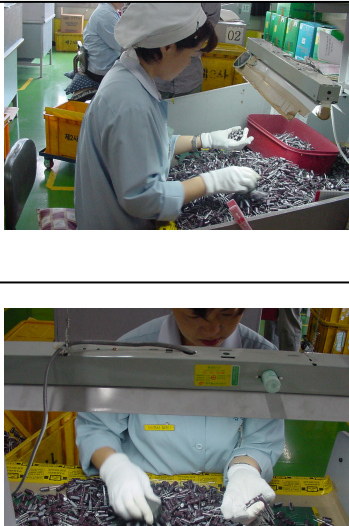
작업분석		사진
문 제 점	①제품을 꺼낼 때 손목의 꺾임 발생 ②바코드 인식시에 손목의 꺾임 발생	
개 선 사 항	①부품상자의 위치를 작업자 정면 대각선으로 ②부품상자의 높이(깊이)를 낮춰줌 ③바코드 인식기를 90도 돌려서 설치시 손목 꺾임이 없어짐	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-6, 목/몸통/다리-5; 6점(AL3)

마. 작업명 : Window 부착작업(작업량: 3,000대/일, 사이클: 10-13초/대)



작업분석		사진
문제점	①작업도구(콘프레셔)의 미정돈 ②목의 굽힘이 많음	
	개선사항 ①작업도구 정리가 필요(예: 콘프레셔 거치대) ②팔 지지대 제공 또는 작업대 모서리에 pad 부착	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-20점(≥5), B(하지)-0점

11. K 사업체 :


가. 작업명 : 개별 외관검사작업(작업량: 12만-13만개대/일, 사이클: 5초/회)

작업분석		사진
문제점	①양팔이 지지되어 있지 않음 ②지속적인 오른 손목의 회전 ③검사된 제품을 넣을 때 작업자가 손을 뺄어야 함	
	개선사항 ①팔 지지대 적용 ②느린 속도의 회전이 있는 자석을 설치하면 양손 작업이 가능하여 동작량 절약 ③검사된 제품의 상자를 작업자 몸 양쪽에 설치시 손의 동작 개선	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		11점(≥10)



나. 작업명 : 포장작업(사이클: 18초/box)

작업분석		사진
문제점	①장시간 입식작업으로 다리의 피로 ②봉합작업시에 손바닥의 자극 ③포장된 box의 운반 및 적재를 여성 작업자가 직접함 ④적재 불편한 높이	
개선사항	①입식용 의자 제공 ②적재 장소 높이를 작업자에 맞게 조절 ③봉합장치를 push가 아닌 로울러식으로 변형 ④발판 제공	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 2 \times 1 \times 1.5 = 0.75$

다. 작업명 : 조립작업


작업분석		사진
문제점	①장시간 입식작업으로 다리의 피로 ②부품 loading 불편 ③불량품 선별시 허리의 굽힘	
개선사항	①작업발판을 제공하여 loading시 불편을 해소 ②제품 적재되는 곳을 높여줌으로써 허리 굽힘의 감소 ③잠깐 휴식을 위한 간이 의자 제공(입식용)	
인간공학적 평가(OWAS)		허리 2, 상지 1, 하지 7, 무게 1, 목/머리 2; AC2

라. 작업명 : 최종검사 작업(사이클: 113초/box)


작업분석		사진
문 제 점	①목의 굽힘이 심함 ②양팔의 지지가 되어 있지 않음 ③손목의 움직임이 많음	
개 선 사 항	①작업대 모서리에 pad 부착 ②팔 지지대 제공	
인간공학적 평가(RULA)		팔/손목-7, 목/몸통/다리-6; 7점(AL4)

II. 각 작업공정별 인간공학적 작업 분석과 개선 사항

1. Visual(현미경)검사 작업

작업분석		사진
위험요인	①작업대 모서리에 신체(팔) 접촉 ②지속적으로 모니터링 작업(정적 작업자세) ③손목의 굽힘(단순반복작업)	
개선사항	①작업대 모서리에 pad 부착으로 팔의 자극을 줄여줌 ②경사가 있는 보조작업대로 팔을 지지해 줄 수 있음 ③부품상자를 경사지게 하여 부품을 쉽게 가져올 수 있음 ④규칙적인 휴식시간이나 예방체조를 통해 누적외상성질환을 예방	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-8점(≥5), B(하지)-1점


2. Visual(육안)검사 작업

작업분석		사진
위험요인	①부적절한 자세(손/손목, 목 꺾임) ②정적인 동작 ③단순반복작업	
개선사항	①작업공구와 작업대를 작업자에 적합하게 맞추어 줌 ②정적인 동작으로 신체 부위가 부적절한 자세를 취하는 경우 작업장의 재설계와 작업공구 개선 등을 통해 가능한 중립 자세를 취하도록 함 ③단순반복작업: 같은 근육을 반복적으로 사용하지 않도록 작업을 변경(작업순환)하여 작업자 끼리 작업을 공유	
인간공학적 평가		


3. Repair 작업

작업분석		사진
위험요인	①부적절한 자세(목 꺾임) ②팔이 가슴높이 이상 올라감(부품 상자) ③팔과 손목의 자세 불량(납땀도구) ④작업대 모서리의 날카로운 면과 접촉	
	①확대경 사용으로 목의 꺾임을 줄일 수 있음 ②작업공구와 작업대를 작업자에 적합하게 맞추어 줌(손목의 꺾임을 강요하는 일자형 납땀도구를 T형으로 교체) ③작업대 모서리에 pad 및 손목 지지대를 부착	
인간공학적 평가		


4. 케이블 타이 밴딩 작업

작업분석		사진
위험요인	①부적절한 자세(목 꺾임, 손/손목과 팔) ②단순반복형 작업 ③작업대 모서리의 날카로운 면과 접촉	
	①작업대 모서리에 pad 및 손목 지지대를 부착 ②작업대를 작업자에 적합하게 맞추어 줌(작업대 경사를 주어 목의 굴절을 줄이고 손목의 꺾임을 줄여 줄 수 있음)	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		11점(≥10)



5. 마킹작업


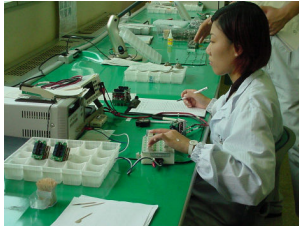
작업분석		사진
위험요인	①부적절한 자세(목, 몸통 꺾임) -확인 검사대가 낮다 ②작업 동선이 길다 ③다리의 공간이 없음(작업자 검사시 손을 과도하게 뻗어서 작업을 함)	
개선사항	①작업대를 작업자에 적합하게 맞추어 줌 ②휴식을 위한 의자를 제공하므로써 다리의 피로를 절감할 수 있음 ③좌식 작업시 다리 받침대를 제공	
인간공학적 평가		

6. 칩 제거 공정



작업분석		사진
위험요인	①단순반복형 작업 ②부적절한 자세(아래 팔이 자주 비틀림) ③발 지지대 없이 4시간 이상 서 있음	
개선사항	①발받침대 제공으로 작업자의 다리 피로를 줄여줄 수 있음 ②단순반복작업: 같은 근육을 반복적으로 사용하지 않도록 작업을 변경(작업순환)하여 작업자 끼리 작업을 공유	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.375$

7. 포장작업

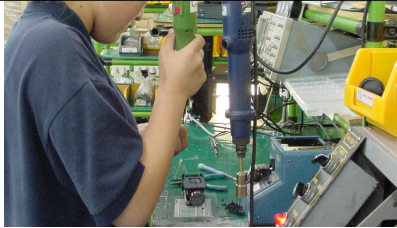

작업분석		사진
위험요인	①장시간 입식작업으로 다리의 피로 ②단순반복형 작업 ③부적절한 자세(팔, 손목, 목, 몸통 꺾임) ④적재 불편한 높이	
개선사항	①입식용 의자 또는 발 받침대 제공 ②적재 장소 높이를 작업자에 적합하게 맞추어 줌 ③봉합장치를 push가 아닌 로울러식으로 변형	
8. 검사(특정작업) 인간공학전 평가(OWAS)		허리 1, 상지 2, 하지 2, 무게 1, 목/머리 2; AC1

작업분석		사진
위험요인	①부적절한 자세(목, 손/손목과 팔 꺾임) ②단순반복형 작업 ③작업대 모서리의 날카로운 면과 접촉	
개선사항	①작업공구와 작업대를 작업자에 적합하게 맞추어 줌 ②정적인 동작으로 신체 부위가 부적절한 자세를 취하는 경우 작업장의 재설계와 작업공구 개선 등을 통해 가능한 중립자세를 취하도록 함 ③단순반복작업: 같은 근육을 반복적으로 사용하지 않도록 작업을 변경(작업순환)하여 작업자 끼리 작업을 공유 ④제품상자를 기울임으로써 가져오기 편하도록 할 수 있음	
인간공학전 평가(RULA)		팔/손목-6, 목/몸통/다리-4; 6점(AL3)


9. 조립작업

작업분석	사진
<p>위험요인</p> <ul style="list-style-type: none"> ①pinch grip을 주로 사용 ②부품 상자의 위치가 작업자의 위치에서 좀 멀고 높이가 있음 ③부적절한 자세(목, 손/손목, 팔, 몸통 꺾임) ④단순반복형 작업 ⑤전동 스크류 드라이버의 위치가 여성 작업자에 비해 높다(작업자가 잡기에 꺾다) 	
<p>개선사항</p> <ul style="list-style-type: none"> ①pinch grip 사용시 팔 지지대 제공 ②부적절한 자세: 작업공구와 작업대를 작업자에 적합하게 맞추어 줌 ③단순반복작업: 같은 근육을 반복적으로 사용하지 않도록 작업을 변경(작업순환)하여 작업자 끼리 작업을 공유 ④전동 드라이버를 여자 작업자도 잡기 쉽게 작은 사람 치수 기준으로 손잡이 두께 설계(매달 경우 높이: 팔꿈치 높이 정도) ⑤입식작업시 발 받침대 제공으로 발의 피로를 감소 	
인간공학적 평가	



10. Cell(조립/검사) 작업

작업분석		사진
위험요인	①손목을 많이 사용 ②장시간 입식작업으로 인한 다리의 피로 ③여자 작업자들이 쥐기에는 너무 두꺼운 전동 드라이버	
개선사항	①팔 지지대 제공 ②입식용 의자 또는 발 받침대를 제공하여 다리 피로를 절감 ③전동 드라이버를 여자 작업자도 잡기 쉽게 작은 사람 치수 기준으로 손잡이 두께 설계(매달 경우 높이: 팔꿈치 높이 정도)	
인간공학적 평가(ANSI Z-365)		9점(<10)

11. 수납공정

작업분석		사진
위험요인	①단순반복형 작업 ②부적절한 자세(손/손목 굽힘, 아래팔 비틀림) ③팔의 정적인 자세(팔이 항상 떠 있음)	
개선사항	①피로회복을 위한 휴식시간 제공 ②휴식시간의 작업자를 위한 설비 제공(예: 자동안마기, 근육맛사지기, 음악감상실 등) ③팔 지지대 제공 ④정적인 동작으로 신체 부위가 부적절한 자세를 취하는 경우 작업공구 개선 및 부품상자의 재배치 등을 통해 가능한 중립자세를 취하도록 함	
인간공학적 평가(OSHA)		A(상지)-21점(≥5), B(하지)-1점

12. 납땜작업

작업분석		사진
위험요인	①단순반복형 작업 ②부적절한 자세(손과 손목이 꺾임) ③팔의 정적인 자세(팔이 항상 떠 있음) ④발지지 불량	 
개선사항	①팔 지지대 (pad) 제공 ②적절한 휴식시간 제공 ③정적인 동작으로 신체 부위가 부적절한 자세를 취하는 경우 작업공구 개선을 통하여 중립자세를 취하도록 함 ④손목의 꺾임을 강요하는 납땜도구(직선형 납땜도구는 손목 꺾임을 강요함) -> ㄱ 자형 납땜도구로 전환 필요 ⑤발 받침대 제공	
인간공학적 평가(SI)		$1 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 0.375$

[부록 2]

근골격계 증상 설문조사

이름 : _____

키 : _____cm

몸무게 : _____kg

질문) 지난 1년간 목, 어깨, 팔, 손/손목/손가락, 허리, 다리/발 등에 통증이나 수심·저림 등의 불편한 증상을 느낀 적이 있습니까? 아니오 ☐ 예 ☐

질문) 증상을 느끼신 적이 있다면 증상이 있었던 부위에 V표 하시고, 아래의 문항에 각 부위별로 답해주시기 바랍니다.

	목 부위	어깨 부위	팔/팔꿈치	손/손목/손가락	허리	다리/발
1. 평소 수심·저림 등의 불편한 증상을 느끼셨습니까?	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>
2. 얼마전부터 이러한 증상을 느끼셨습니까?	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터
3. 이러한 증상은 보통 얼마나 지속됩니까?	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>
4. 이러한 증상은 주로 발생합니까?	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>
5. 증상의 원인이 무엇이라고 생각하십니까?	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>
6. 지난 일주일 동안 나타났습니까?	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. (점수제) 어느 정도에 해당하는지 평가하십니까?	1점: 전혀 안아프다 (통증 없음) 2점: 약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낀다 (약한 통증) 3점: 작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다 (중간 정도 통증) 4점: 작업 중 통증이 비교적 심하고 귀가 후에도 통증이 계속된다 (심한 통증) 5점: 통증 때문에 작업은 물론 일상생활을 하기가 어렵다 (매우 심한 통증)					
	() 점	() 점	() 점	() 점	() 점	() 점
8. 이러한 증상은 (약국, 병 등) 전문의 진료를 받으셨습니까?	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. 이러한 증상은 업무/생활/스포츠/운동에 영향을 줍니까?	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. 이러한 증상은 다른 사람에게 전염될 수 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"/>
12. 증상이 전되기 위해서 평소 어떤 일을 하십니까?	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>























[부록 3]

1. 작업긴장도 평가표

이름 : _____

구분	강도	사이클당 %	분당회수	손/손목 자세	작업의 속도	일일 작업시간
1	약함 1	< 10 0.5	< 4 0.5	매우좋음 1	매우느림 1	< 1 0.25
2	다소 힘들 3	10~29 1	4~8 1	좋음 1	느림 1	1~2 0.5
3	힘들 6	30~49 1.5	9~14 1.5	보통 1.5	보통 1	2~4 0.75
4	매우힘들 9	50~79 2	15~19 2	나쁨 2	빠름 1.5	4~8 1
5	한계치에 가까움 13	≥ 80 3	≥ 20 3	아주 나쁨 3	매우 빠름 2	> 8 1.5

2. OWAS 작업분석 평가표

부서명		작업설명																					
공정명																							
분석자																							
날 짜	. . .																						
자료 입력 및 분석	신체부위	작업자세형태																					
	허리	(1) 똑바로 펴 			(2) 20도이상 구부림 			(3) 20도이상 비틀 			(4) 20도이상 비틀어 구부림 												
	상지	(1) 앞팔 어깨 아래 						(2) 한팔 어깨 위 						(3) 앞팔 어깨 위 									
	하지	(1) 앉음 		(2) 앞발 똑바로 		(3) 한발 똑바로 		(4) 양무릎 굽힘 		(5) 한무릎 굽힘 		(6) 무릎 바닥 		(7) 걸음 									
	무게	(1) 10kg 미만 						(2) 10~20kg 						(3) 20kg 이상 									
	목/머리	(1) 정위치 			(2) 20도 이상 굽힘 			(3) 20도 이상 옆으로 			(4) 20도 이상 위로 			(5) 20도 이상 비틀 									
	AC 값	(1)			(2)			(3)			(4)			(5)			(6)			(7)			
	(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	3	2	2	3	1	1	1	1	2	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	3	4	3	4	4	3	3	4	2	4	3
		(3)	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	4	3
	(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	4	3	
	(2)	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	3	
	(3)	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	3	
AC값																							
최종 평가	AC 1, 2										AC 3, 4												
	관망의 작업										재설계가 필요한 작업												
개선 방향																							

3. OSHA의 인간공학적 평가표

가. 상지의 위험요인 평가표 A

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							
항 목	위험요인	노출시간			8시간+ (0.5/시간) 가산	점수	
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간			
반복성 (손가락, 손목,팔꿈치, 어깨,목)	1. 고반복작업(15초 미만의 주기)	0.5	1	3			
	2. 지속적인 반복(데이터 입력과 같이 지속성을 요구)	0.5	1	3			
	3. 간헐적인 반복(50~75%의 다른 작업 포함)	0	0	1			
손 힘 (반복/정적)	1. 쥐는 힘(4.5kg 이상): 파워 그립으로 들거나 쥐는 것	0.5	1	3			
	2. 집는 힘(0.9kg 이상): 핀치 그립으로 집는 것	1	2	3			
작업자세	1. 목 : 20도 이상 앞숙이기/옆기울기 또는 5도 이상 뒤로 젖히기	0.5	1	2			
	2. 어깨: 팔꿈치/팔이 가슴높이 이상에 위치(지지대없이 정밀조립작업)	1	2	3			
	3. 아래팔 : 비틀기(드라이버 등 도구 이용)	0.5	1	2			
	4. 손목굽히기(수동조립, 데이터 입력) 숙이기($\geq 20^{\circ}$)/젖히기($\geq 30^{\circ}$)	1	2	3			
	5. 손가락 손가락집기(칼, 마우스 등)	0	0	1			

가. 상지의 위험요인 평가표 A - 계속

항 목	위 험 요 인	노출시간			8시간+ (0.5/시간) 가산	점수
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간		
신 체 압 박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 눌림 (손바닥, 손가락, 손목, 팔, 팔꿈치)	0.5	1	2		
	2. 망치와 같은 공구(손바닥 사용)	1	2	3		
진 동	1. 국소진동(진동 흡수체 미사용)	0.5	1	2		
	2. 전신진동(진동 흡수체 미사용)	0.5	1	2		
환 경	1. 조명(부적합 조명/눈부심)	0	0	1		
	2. 저온작업(손노출) 좌식작업 : 16℃ 이하, 가벼운작업 : 4℃ 이하, 보통·힘든작업 : -7℃ 이하 노출시	0	0	1		
작업조절	1. 기계 의존적인 작업속도 2. 지속적 모니터링 3. 일당 목표제 (하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)					
총 점						

나. 허리·하지 위험요소 평가표 B

* 주) 보통 부하 : 물건을 밀고 당길 경우 초기 9kg 소요 될 경우.
90kg(18kg 상자 X 5개)를 실은 대차를 밀고 당길 경우

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							
항 목	위 험 요 인	노출시간			8시간+ (0.5/시간) 가산	점수	
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간			
작업자세 (반복/정적)	1. 몸통 앞숙임, 옆기울임 (20°~45°)	0.5	1	2			
	2. 45°이상 앞숙임	1	2	3			
	3. 몸통을 뒤로 젖힘	0.5	1	2			
	4. 몸통을 비틀	1	2	3			
	5. 허리 지지없이 장시간 앓음	0.5	1	2			
	6. 입식작업/좌식작업중 발지지불량	0	0	1			
	7. 무릎 꿇음/웅크림	1	2	3			
	8. 발목의 반복사용(페달스위치)	0.5	1	2			
신체압박	1. 다리를 기대어 딱딱하거나 날카로운 물체에 접촉	0.5	1	2			
	2. 무릎 사용	1	2	3			
진 동	1. 진동표면에 서거나 앉아서 노출됨 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2			
밀기/당기기	1. 보통무게 쇼핑카트에 사과를 가득 실은 무게	0.5	1	2			
	2. 무거운 무게 캐비닛 끌기/밀기 정도의 힘	1	2	3			
작업속도조절	1. 기계 의존적인 작업속도 2. 지속적 모니터링 3. 일당 목표제 (하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)						
인력운반점수(평가표 C)							
총 점							

힘든 부하 : 밀고 당길 경우 필요한 힘으로 초기 22kg의 힘이 요구 될 경우.
카펫트 위의 캐비닛을 끌 때 정도의 힘

다. 인력 운반 평가표 C

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg	
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간		
주요위험작업								
단 계		구 분					점수	
1단계 (손에서 발끝까지 수평거리) - 평균 수평거리 (10분이하 빈도) - 최대 수평거리 (10분이상 빈도)		가까이들기 (수평거리10cm이내)		중간들기 (수평거리10~25cm) m)		멀리들기 (수평거리 25cm이상)		
2단계 무게고려(kg) - 평균무게적용 (10분이하 빈도) - 최대무게적용 (10분이상 빈도) - 4.5kg이하 : 무게 점수는 0으로 함		위험 영역	23kg 이상 (5점)	위험 영역	15kg 이상 (6점)	위험 영역	12kg 이상 (6점)	
		주의 영역	7~23kg (3점)	주의 영역	5~15kg (3점)	주의 영역	4.5~12kg (3점)	
		안전 영역	7kg 미만 (0점)	안전 영역	5kg 미만 (0점)	안전 영역	4.5kg 미만 (0점)	
2단계 점수								
3단계 기타위험요인 - 빈도 10분이상일 경우 1시간이내 들기작업에 해당 - 위험요인이 대부분 들기 작업에 나타날 경우, 1시간이상 들기작업에 해당		위험요인			전체작업시간 중 1시간이내 들기작업	1시간이상 들기작업		
		몸통을 비틀			1	1		
		한손으로 들기			1	2		
		불안정한 물건들기 (사람, 액체, 불균형물체 등)			1	2		
		분당 1~5회 들기			1	1		
		분당 5회 이상 들기			2	3		
		어깨 이상 들기			1	2		
		무릎 아래에서 들기			1	2		
		3~9m 이동 운반			1	2		
		9m 이상 이동 운반			2	3		
		앞거나 무릎을 꿇은 상 태에서 들기			1	2		
3단계 점수								
총 점 : 2단계와 3단계 점수의 합(평가표B에 가산됨)								

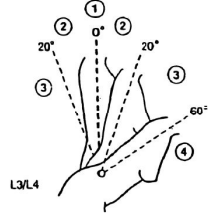
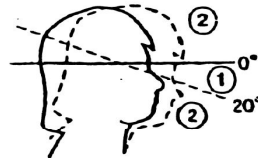
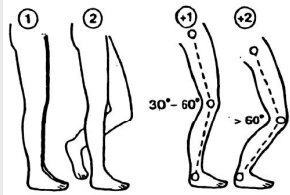
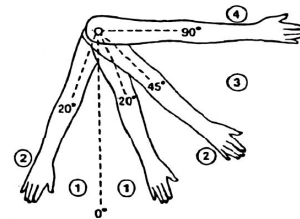
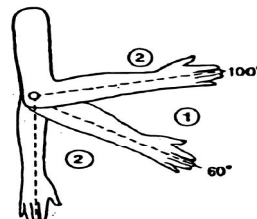
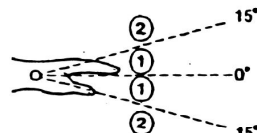
4. 누적외상성질환 위험요인 평가표

(ANSI Z-365, Quick check)

위험요인		노출시간			특기사항
		1시간미만	1-4시간	4시간이상	
반복동작	수초마다 반복(15회 이상/분)	0	1	3	
	수분마다 반복	0	0	1	
중량물 들 기	2.3kg - 6.8kg	0	0	1	
	6.8kg - 13.5kg	1	1	2	
	13.5kg - 22.5kg	2	2	3	
	22.5kg 이상	3	3	3	
밀기/당기기	쉽다	0	0	1	
	보통이다	0	1	2	
	무겁다(힘들다)	1	2	3	
중량물이동 (3m 이상)	2.3kg - 6.8kg	0	0	1	
	6.8kg - 13.5kg	0	1	2	
	13.5kg 이상	1	2	3	
작업자세	과도한 손뻗힘	0	1	2	
	목/어깨 : bend/twist	0	1	2	
	머리위 작업	0	1	2	
	팔꿈치/전완 : twist	0	1	2	
	손/손목 : bend/pinch	0	1	2	
	몸통 : twist/bend	0	1	2	
	무릎 : squat/kneel	0	1	2	
동력 공구 사용(power tools)		0	1	2	
신체압박(공구 혹은 작업대로부터)		0	1	2	
정적인 동작		0	1	2	
작업환경(저온, 고열, 광선, 진동, 눈부심)		0	1	2	
키보드 계속작업		0	1	2	
인센티브 제도/작업속도 조절 불가능		0	1	2	
총 점 수					

5. RULA Employee Assessment Worksheet

6. REBA 위험요인 평가표

	움직임	점수	추가 점수	
몸통	곧바로 선자세	1	◆몸통이 비틀리거나 옆으로 구부러질시: +1	
	0°-20°구부림, 0°-20°뒤로 젖힘	2		
	20°-60° 구부림, 20°이상의 젖힘	3		
	60°이상의 구부림	4		
목	움직임	점수	추가 점수	
	0°-20°구부림	1	◆목이 비틀리거나 옆으로 숙일 시: +1	
	20°이상의 구부림, 뒤로 젖혀질 시	2		
다리	움직임	점수	추가 점수	
	두 다리가 모두 나란하거나 걷거나 앉아 있을 시	1	◆무릎이 30°-60°사이로 구부러질 시: +1	
	발바닥이 한발만 땅에 지지되어질 시	2	◆60°이상일 시:+2 (앉은 자세 제외)	
윗팔	움직임	점수	추가 점수	
	20°안에서의 움직임	1	◆윗팔이 벌어지거나 회전시 : +1 ◆어깨가 들려진다면: +1 ◆팔이 무엇인가에 지탱되거나 기대어질시: -1	
	20°-45°의 들림, 20°이상의 젖힘	2		
	45°-90°사이의 들림	3		
90°이상의 들림	4			
아래 팔	움직임	점수	추가 점수	
	60°-100°사이의 들림	1	추가 내용 없음	
	100°이상의 들림, 0°-60°의 들림	2		
손목	움직임	점수	추가 점수	
	0°-15°사이의 꺾임이나 들림	1	◆손목이 비틀어질 시: +1	
	15°이상의 꺾임이나 들림	2		

7. NLE 작업분석 평가표

부서명											작업설명										
공정명																					
분석자																					
날 짜																					
자료 입력 및 분석	입력자료																				
	대상물 무게		손의 위치				이동 거리	각도		빈도 회/min	작업 시간	손잡이 형태									
			이동전		이동후			이동전	이동후												
	평균	최대	H1	V1	H2	V2	D	A1	A2	F	LD	C									
	분석결과																				
	RWL	=	LC	X	HM	X	VM	X	DM	X	AM	X	FM	X	CM	=	RWL 값	LI 값			
	이동 전		23	X		X		X		X		X		X		=					
	이동 후		23	X		X		X		X		X		X		=					
	RWL	이동 전					LI	평균무게				=									
이동 후						RWL*															
위험 순위** (개선 우선순위)	순위	1		2		3		4		5		6									
	이동 전																				
	이동 후																				
최종 평가	LI ≤ 1				1 < LI ≤ 3				LI > 3												
	특별한 개선 불필요				관리적 개선 대책 필요				공학적 작업개선 반드시 필요												
개선 방향																					
* RWL : 이동전·후를 비교하여 적은 값을 기입																					
** 위험순위 : HM, VM, DM, AM, FM, CM 중에서 가장 작은 순서 기입(위 : 이동전, 아래 : 이동후)																					

[부록 4]

1. 작업긴장도 평가에 관한 설명

위스콘신 대학에서 처음 개발한 상지 질환에 대한 정량적 평가기법이다. 6개의 위험요소를 곱한 값이 작업긴장도 지수이며 각 요소는 근육사용 힘(exertion), 근육사용 기간, 빈도, 자세, 작업속도, 하루 작업시간으로 구성되어 있다. 이러한 요소들 중 힘든 정도가 가장 심각한 위험요소로 평가되고 있다. 작업긴장도 지수가 5를 초과하면 상지질환을 초래할 가능성이 있는 것으로 보며, 3 이하면 안전하며 7 이상은 매우 위험한 것으로 평가한다.

분석방법

1. 일반인들이 이 분석기법을 사용할 때는 비디오 테이프에 녹화하여 분석하는 것이 바람직하다.

* 비디오 촬영시 주의사항

- ① 양손 동작을 동시에 볼 수 있는 위치에 카메라 앵글을 맞춘다.
- ② 3-4개의 카메라 앵글을 사용하고 가능하면 위(top)에서 촬영하는 앵글을 포함한다.
- ③ 가능한 한 신체의 많은 부분에 대해 각 단계별 연속작업이 중단되지 않도록 촬영한다.
- ④ 조도를 충분히 밝게 하여 정지동작이나 슬로우 모션도 명쾌히 보이도록 한다.
- ⑤ 특별히 대상자를 주의깊게 살펴보고 팔과 손의 동작을 가까이 볼 필요가 있다.
- ⑥ 직무의 변화를 보기 위해 가능하면 3, 4 사이클 이상을 기록하고 여러 사람을 기록한다.
- ⑦ 작업자가 카메라를 의식하여 작업하지 않도록 오랫동안 촬영한다.

2. 단계별 직무가 모두 조사되고 동작이 기록된 다음 각 동작을 모두 더

한 것이 사이클당 개별 동작횟수로 결정된다. 교대(shift)당 총 동작수는 작업기간 동안의 사이클 수와 사이클당 동작수 곱에 의해 결정된다. 작업기간 동안의 사이클 수는 일반적으로 제품의 생산기록 수에 의해 결정된다. 사이클 타임은 비디오 테이프에 기록된 시간에 의해 결정된다.

3. 각 단계별 점수 결정 기준은 다음과 같다.

가. 1단계 : 데이터(점수) 결정 기준

1) 강도

평가기준	Borg Scale B	가한 힘
약함	2 이하	이완된 상태
다소 힘들	3	의식적 힘을 부가
힘들	4-5	현저히 힘을 사용, 얼굴 무표정
매우 힘들	6-7	과다한 힘 사용, 얼굴표정 변함
극한에 가까움	7 이상	힘을 주기 위해 어깨나 몸통 사용

2) 사이클 결정

$$\text{사이클 \%} = 100 * (\text{힘 부가시간(초)} / \text{전체 측정시간 사이클(초)}) = \%$$

3) 분당 회수

$$\text{분당회수} = \text{힘을 가한 회수} / \text{총 관찰 시간 (분)}$$

4) 손 / 손목 자세

평가기준	손목신장각도	손목굴절각도	외전각도	감지 자세
매우 좋음	0 - 10	0 - 5	0 - 10	완전히 중립
좋음	11 - 25	6 - 15	11 - 15	거의 중립
보통	26 - 40	16 - 30	16 - 20	중립이 아님
나쁨	41 - 60	31 - 50	21 - 25	현저히 굽어짐
아주 나쁨	60도 이상	50도 이상	25도 이상	극한

5) 작업의 속도

평가 기준	MTM	감지속도
매우 느림	80 이하	매우 이완되고 느린 속도
느림	81 - 90	고유한 시간의 속도
보통	91 - 100	보통의 동작 속도
빠름	101 - 115	서두름, 속도유지 요구
매우 빠름	115% 이상	속도유지 불가능 정도

나. 2단계 - 가중치에 따른 환산 점수 결정

평가점수	강도	사이클	분당회수	손 자세	작업속도	작업시간
1	1	0.5	0.5	1	1	0.25
2	3	1	1	1	1	0.5
3	6	1.5	1.5	1.5	1	0.75
4	9	2	2	2	1.5	1
5	13	3	3	3	2	1.5

다. 3 단계

SI (스트레인 지표) = 각 요소의 환산점수의 곱
 (강도*사이클%*분당회수*손/손목자세*작업속도*작업시간)

라. 종합평가 해석

SI 점수	해석
SI = 3 이하	안전함
SI 결과 5 이상	정밀조사가 요구됨 : 상지 질환에 노출 가능성이 있음
SI 결과 7 이상	매우 위험

2. OWAS에 의한 작업 자세의 기록법

OWAS(Ovako Working Posture Analysing System)는 핀란드의 제철회사에 근무하고 있던 Karhu와 핀란드 노동위생연구소의 Kuorinka에 의해 처음 개발되었다. OWAS에서는 작업 시작점의 작업 자세를 허리, 상지, 하지, 무게의 4항목으로 나누어 이것을 코드화한 4항의 숫자(자세코드)로 기록한다. 이 자세 분류는 불쾌감의 주관적 평가, 자세에 의한 건강 영향 평가, 실용 가능성을 고려해 결정된 것이다.

표 1. OWAS 코드

허리	1) 똑바로 선 경우 2) 앞 또는 뒤로 굽히는 경우 3) 비틀거나 옆으로 굽히는 경우 4) 앞이나 뒤로 굽힌 상태에서 옆으로 굽히거나 비트는 경우
상지	1) 양팔이 모두 어깨보다 밑 2) 한 팔이 어깨의 높이 혹은 그것보다 위 3) 양팔이 모두 어깨의 높이 혹은 그것보다 위
하지	1) 앉은 경우 2) 양발로 똑바로 선 경우? 3) 한쪽 발에 중심을 두고 똑바로 선 경우 4) 양발을 굽혀 선 경우(엉거주춤) 5) 한쪽 발에 중심을 두고 무릎을 굽혀 선 경우(엉거주춤) 6) 한쪽 또는 양발의 무릎을 바닥에 대고 있는 경우 7) 걷거나 이동하는 경우
무게(힘)	1) 10kg이하인 경우 2) 10~20kg인 경우 3) 20kg이상인 경우

자세의 기록은 Snap-reading법(관찰 간격이 일정한 워크 샘플링법의 일종)을 이용한다. 즉, 일정시간 간격으로 그 순간의 자세를 읽어내고, 자세코드를 용지에 기록해 간다. 문헌에서는 측정 간격은 30초/60초, 연속관찰 시간은 20~40분, 10분 이상의 휴식을 하는 방법이 소개되고 있다. 이러한 기록 조건은 대상으로 하는 작업의 내용에 따라서 정할 필요가 있다. 복수의 공정보다 힘든 작업에 대해서 공정별 평가나 공정간 비교를 하고 싶은 경우에는 자세코드와 함께 공정명을 나타내는 작업코드를 동시에 기록한다. 분석은 허

리, 상지, 하지, 무게에 대한 각 자세코드를 중심으로 해서 AC값을 찾고, 그 값을 중심으로 최종 평가를 한다.

OWAS에서는 자세의 부담도와 개선 요구도를 이하의 4단계에서 판정하는 AC(action category)를 사용한다. 표 2는 AC 판정표이다.

표 2. AC 판정표

AC 값	(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	2	1	1	1	1
	(2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
	(3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	2
(2)	(1)	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
	(2)	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3
	(3)	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
(3)	(1)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	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
	(3)	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1
(4)	(1)	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
	(2)	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
	(3)	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3

: 허리
 : 상지
 : 하지
 : 무게

AC1 : 이 자세에 의한 근골격계 부담은 문제없다. 개선은 불필요하다.

AC2 : 이 자세는 근골격계에 유해하다. 가까운 시일 동안에 개선해야 한다.

AC3 : 이 자세는 근골격계에 유해하다. 가능한 한 조기에 개선해야 한다.

AC4 : 이 자세는 근골격계에 매우 유해하다. 바로 개선해야 한다.

※ AC판정표를 이용하는 것으로 이하와 같은 평가를 할 수 있다.

1. 문제가 있는 자세의 평가 : 각 시각의 자세코드의 AC를 구한다. AC가 3이나 4의 데이터를 평가하는 것으로, 어느 시각의 작업 자세에 문제가 있는가를 조사할 수 있다. 작업 개선에 이용할 경우는 AC가 3이나 4의 시각의 작업을 <표3>을 참고로 해서 보다 낮은 AC의 작업 자세가 되도록 개선한다.

2. 작업의 전체적 평가나 작업간의 비교 : 각 시각의 자세코드의 AC를 구하고, 단순 집계한 것과 각 AC의 비율을 구한다. 이 중 AC4 또는 AC3+AC4의 비율은 작업의 전체적 부담도를 나타내는 지표로서 이용할 수 있다. 작업간은 AC4 또는 AC3+AC4의 비율을 비교하면, 어느 쪽의 자세 부담이 높은지를 비교할 수 있다. 작업 개선의 효과도 AC4 또는 AC3+AC4의 비율이 높은 어떤 것만 낮추는 것으로 평가할 수 있다.

3. 허리. 상지. 하지. 무게의 어디에 문제가 있을지의 지적 : 자세코드를 항목마다 단순 집계한 것과 각 항목의 각 코드마다 그 전체 관찰 회수에 대한 비율을 구한다. 만약 AC3나 AC4에 속하는 코드가 있으면, 그 항목에 문제가 있다고 판정할 수 있다. 작업별로 집계하면 어느 작업의 어느 항목의 어느 코드에 의해 부담이 많은 지를 비교할 수 있다. 개선에 이용할 경우는 비율이 높고, AC가 높은 코드를 비율이 높아도 AC가 낮은 코드의 자세로 변환하도록 시도한다.

3. OSHA의 인간공학적 평가표

미국 산업안전보건청(OSHA)에서 개발한 체크리스트는 손 및 손가락, 손목, 팔 및 팔꿈치, 어깨, 목 등과 같은 상지에 대한 위험요인을 빠른 시간 동안 점검하여 저위험성 초과 여부를 판단하여 정밀한 위험성 평가대상을 선정하기 위한 목적으로 개발된 것이다.

이 체크리스트는 반복성, 손에 대한 힘, 목 · 어깨 · 팔 · 손목 · 손가락 등에 대한 작업자세 · 신체압박 · 진동 · 눈부심 등과 같은 작업환경, 작업조절 유무 등 총 7가지 요인에 대한 위험요인을 평가하도록 되어 있다. 위험요인에 대한 노출시간 기준은 2-4시간 노출, 4-8시간 노출 유무에 따라 0점에서 최고 3점까지 부여하도록 되어 있고 만약 노출시간이 8시간을 초과할 때는 1시간당 0.5점을 추가하도록 되어 있다. 이러한 평가과정을 거쳐 만약 위험요인 총점이 5점을 초과할 때는 60일 이내에 좀 더 정밀한 방법으로 자세한 위험요인을 평가하도록 하는 행정적인 지침의 기준으로 삼기 위한 목적으로 개발되었다.

OSHA의 인간공학적 평가표는 3종(상지의 위험요인 평가표, A; 허리하지 위험요소 평가표, B; 인력운반 평가표, C)으로 구성되어 있다.

평가표의 작성은

- ① 상지의 위험에 관련하여 A의 총점을 구한다.
- ② 하지와 허리의 위험에 대하여 평가표 B의 총점을 구한다.
- ③ 평가표 C를 구한 다음 평가표 B에 그 값을 대입한다.

평가표의 작성 순서는

- ① 일반정보기입
- ② 근로자의 주요 직무가 한가지 이상일 경우 위험작업요인에 각각 기록하고 작업시간을 기록
- ③ 각 평가표의 해당 항목에 체크 하여 합산 점수 기록
(연장근무할 경우 매 한시간 마다 0.5점 가점)
- ④ 평가 점수가 A, B 평가표 각각 5점 이상일 경우 작업에 문제가 있음을 알려준다.

4. RULA 평가표의 사용방법

RULA(Rapid Upper Limb Assessment)는 McAtamney와 Corlett이 1993년에 직업성 근골격계질환과 관련한 위험인자에 대한 작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며, 개발과정에서 의류산업체의 재단, 재봉, 검사, 포장 작업 그리고 VDU 작업자 등을 포함하는 다양한 제조업의 작업을 그 분석연구의 대상으로 하였다. 그리고 유럽의 VDU 작업장의 최소안전 및 건강에 관한 요구 기준과 영국의 직업성 상지질환의 예방지침의 기준을 만족하는 보조도로 사용되고 있다.

RULA는 직업성 근골격계질환과 관련한 위험인자에 대한 작업자의 노출정도를 신속하게 평가하기 위한 방법을 제공하기 위하여, 근육의 피로를 유발시킬 수 있는 부적절한 작업자세, 힘, 그리고 정적이거나 반복적인 작업과 관련한 신체적인 부담요소를 파악하고, 그에 따른 보다 포괄적인 인간공학적 평가를 위한 결과를 제공하기 위한 목적으로 개발되었다.

RULA를 살펴 보면,

① RULA의 평가표는 크게 각 신체부위별 작업자세를 나타내는 그림과 3개의 배점표로 구성되어 있다.

② 평가대상이 되는 주요 작업요소로는 반복수, 정적작업, 힘, 작업자세, 연속작업시간 등이 고려되어 있다.

③ 평가방법은 크게 신체부위별로 A와 B 그룹으로 나누어지면 A, B의 각 그룹별로 작업자세 그리고 근육과 힘에 대한 평가로 이루어진다. 그림 1에 RULA의 평가과정에 대한 개요가 나타나 있다.

④ 평가에 결과는 1에서 7사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 4개의 조치 단계(action level)로 분류되어진다.

⑤ 전술한 바와 같이 RULA는 작업장에 존재하는 근골격계질환과 관련한 위험작업요인의 존재유무와 그 정도를 신속히 파악하기 위한 간이 평가도구로서 추후 포괄적인 작업장의 인간공학적 분석과 개선을 위한 참고적 보조도로 사용되어야 한다.

⑥ RULA는 보조도구라는 한계가 있지만 잘 훈련된 전문가에 의하여 활용될 경우 작업장의 위험요인 파악과 개선을 위한 선도적 도구로서 사용될 수 있는 장점을 지니고 있다.

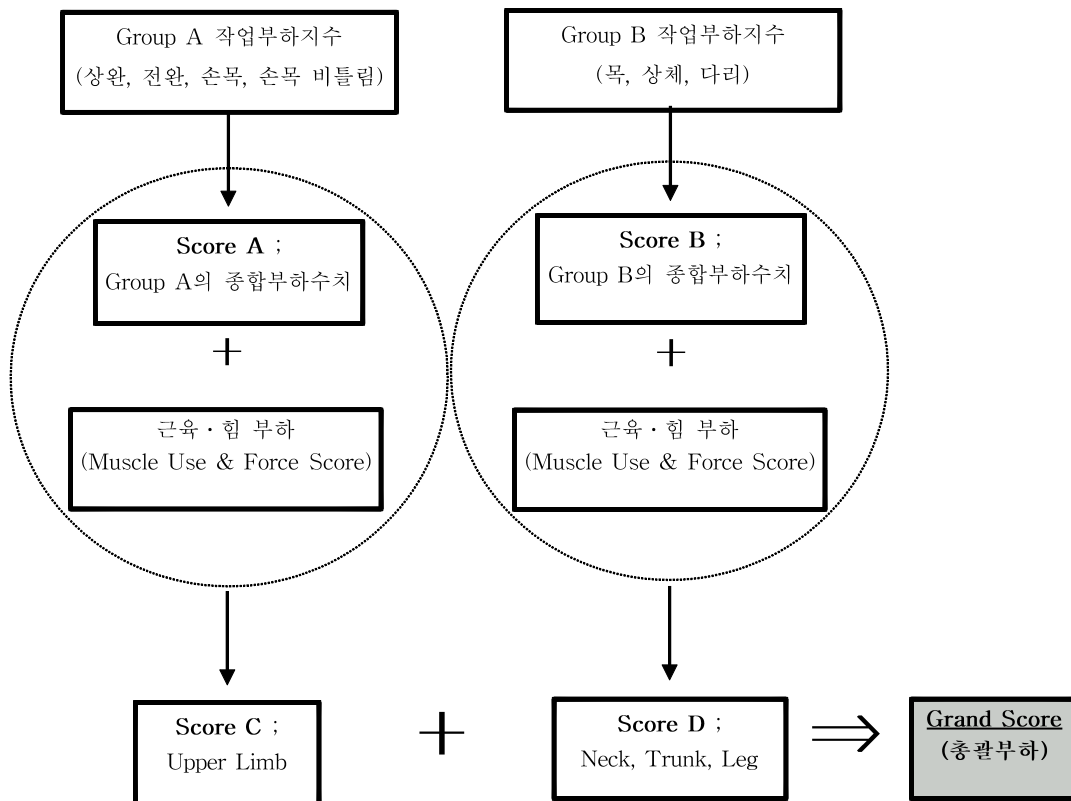


그림 1. RULA 작업부하 평가절차

표 1. RULA 작업부하 수준에 따른 평가

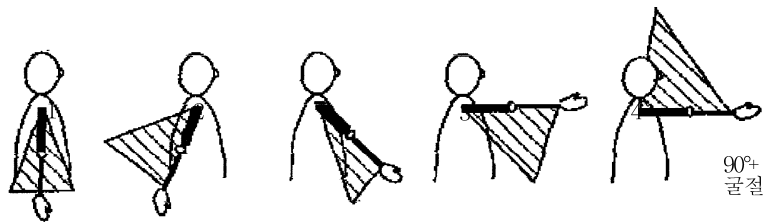
Grand Score	작업부하수준 (Action Level)	평가내용
1~2 점	1	<ul style="list-style-type: none"> · 작업이 지속적이고 반복적으로 장시간 이루어지지 않는 한 작업자세에 별 문제가 없음 · 적절한 작업
3~4 점	2	<ul style="list-style-type: none"> · 작업자세를 바꾸는게 나음. · 작업자세에 대한 추적관찰이 필요.
5~6 점	3	<ul style="list-style-type: none"> · 작업자세를 가능한 빨리 바꾸는 것이 나음. · 작업전환고려
7 점	4	<ul style="list-style-type: none"> · 작업자세를 즉시 바꾸어야 함. · 즉시 작업전환 필요.

평가그룹 A. 팔과 손목 분석

- * 신체부위중 윗팔(upper arm), 아랫팔(lower arm), 손목에 대하여 평가한다.
- * 양쪽 팔의 자세가 다를 경우 각각에 대하여 분리 평가한다

제 1단계 - 윗팔(upper arm)의 위치에 대한 평가

- ▶ 작업 중 윗팔의 자세가 아래의 5가지 자세 중 어디에 주로 속하는 가에 따라 해당 점수를 부여함
- ▶ 윗팔의 위치가 상체의 움직임에 따라 변화함에 상관없이 평가의 기준은 상체를 앞뒤로 나누는 관상면(²frontal plane)과 윗팔 사이의 각도로 평가한다.

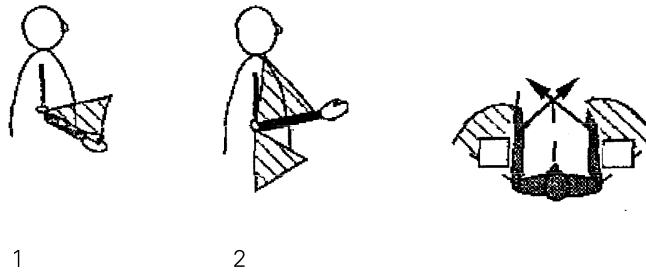


◇ 추가 점수 부여 - 사체가 아래의 사항에 해당될 경우 위의 해당 점수에
추가 점수를 합산한다

- ① 어깨가 들려 있는 경우 : +1점
- ② 윗팔이 몸에서부터 벌려져 있는 경우 : +1점
- ③ 팔이 어딘가에 지탱되어 지거나 기댄 상태일 때 : -1점

제 2단계 - 아래팔(lower arm)의 위치에 대한 평가

- ▶ 작업 중 아래팔의 자세가 위의 2가지 자세 중 어디에 주로 속하는 가에 따라 해당 점수를 부여함

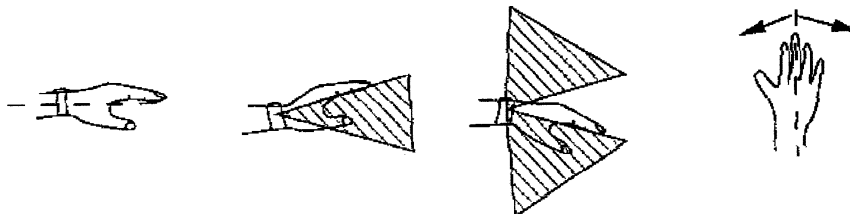


◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당 점수에 추가 점수를 합산(위의 세 번째 그림 참조)

- ① 팔이 몸의 중앙을 60° ~ 100° 기울여 작업하는 경우 : +1점 ^{중심선} +1
- ② 팔이 몸통을 벗어나 0° ~ 60° 기울여 작업하는 경우 : +1점 ^{굴절} +1

제 3단계 - 손목(wrist)의 위치에 대한 평가

- ▶ 작업 중 손목의 자세가 위의 3가지 자세 중 어디에 주로 속하는 가에 따라 해당 점수를 부여함



◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당 점수에 추가 점수를 합산(위의 네 번째 그림 참조)

- ① 손목이 위의 그림처럼 중앙선을 15° 로 좌우로 구부러져 있는 경우 : +1점 ⁻ ^{-0^{\circ}}

제 4단계 - 손목(wrist)의 비틀림(twist)에 대한 평가 ^{굴절 15^{\circ}} ^{요골편향/측골편향}

- ▶ 작업 중 손목의 비틀림의 정도가 아래의 2가지 평가 기준 중 어디에 주로 속하는 가에 따라 해당 점수를 부여함

- ① 작업 중 손목이 최대치의 절반 이내에서 비틀어진 경우 : +1점
- ② 작업 중 손목이 최대치 범위까지 비틀어진 상태인 경우 : +2점

- ▶ 손목의 비틀림은 아랫팔의 축을 중심으로 한 회내운동(pronation), 회외

운동(supination)을 말한다.

제 5단계 - 평가 점수의 환산

- ▶ 위에서 평가한 4가지 단계의 점수에 따른 줄과 칸을 따른 점수를 평가표 Table A에서 찾아 평가그룹 A에서의 점수로 기록한다.

제 6단계 - 근육 사용 정도에 대한 평가

- ▶ 작업 중 근육의 사용정도를 평가하는 부분으로 작업 시 몸의 경직성 여부와 작업의 반복빈도를 평가하는 부분.
- ▶ 작업시 작업자세가 고정된 자세를 유지하거나(예를 들어 10분 이상 한 자세를 유지하는 경우) 또는 분당 4회 이상의 반복작업을 하는 경우 : +1점
- ▶ 정적자세(static postures)의 경우 사용되는 근력의 정도는 일반적으로 1시간 작업시 보통 최대수의근력(MVC)의 5%를 초과하지 않도록, 8시간의 경우 MVC의 2%를 초과하지 않도록 한다. (또는 최대 근력사용시 10초 이하, 보통의 근력사용시 1분 이하, 약한 근력사용시 4분 이하 정적자세 유지)

제 7단계 - 무게나 힘이 부가 될 경우에 대한 평가

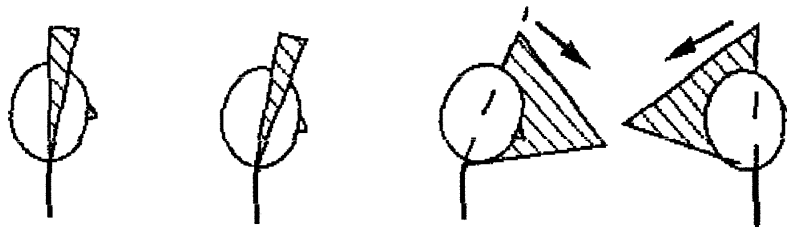
- ▶ 작업 중 공구나 작업물을 들어 나르는 경우 아래의 4가지 사항 중 어디에 속하는가에 따라 해당 점수를 부여한다.
 - ① 간헐적으로 2kg 이하의 짐을 드는 경우 : 0점
 - ② 간헐적으로 2kg에서 10kg 사이의 짐을 드는 경우 : +1점
 - ③ 정적작업이거나 반복적으로 2kg에서 10kg사이의 짐을 드는 경우 : +2점
 - ④ 정적, 반복적으로 10kg 이상의 짐을 들거나, 또는 갑작스럽게 물건을 들거나 충격을 받는 경우 : +3점

제 8단계 - 팔과 손목 부위에 대한 평가 점수의 환산

- ▶ 제 5단계에서 환산된 점수 A에 제6단계와 7단계의 점수를 합하여 평가그룹 A에서의 팔과 손목 부위에 대한 평가 점수 C를 계산한다.

제 9단계 - 목의 위치에 대한 평가

▶ 작업 중 목의 자세가 아래의 4가지 자세 중 어디에 주로 속하는 가에 따라 해당 점수를 부여함



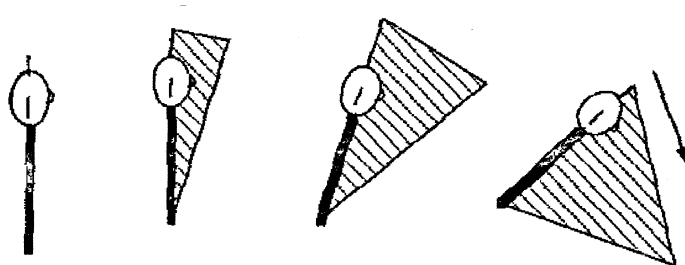
◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당 점수에
추가 점수를 합산

- ① 작업 중 목이 회전(비틀림)되는 경우 : +1점
② 작업 중 목이 옆으로 구부러지는 경우 : +1점

제 10단계 - 몸통의 위치에 대한 평가

▶ 작업 중 몸통의 자세가 아래의 4가지 자세 중 어디에 주로 속하는가에 따라 해당 점수를 부여함

중립



※ 뒤로 젖혀진 경우

1. 선자세는 10° , 앉은 자세는 20°

2. 앉은 경우 등이 잘 지지되면 1 아니면 2점 부과

◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당 점수에 추가 점수를 합산

- ① 작업 중 몸통이 회전(비틀림)하는 경우 : +1점
- ② 작업 중 몸통이 옆으로 구부러지는 경우 : +1점

제 11단계 - 다리와 발의 상태에 대한 평가

▶ 작업 중 다리와 발의 상태가 아래의 2가지 자세 중 어디에 주로 속하는가에 따라 해당 점수를 부여함

- ① 다리와 발이 지탱되어지고 균형이 잡혀 있을 경우 : +1점
- ② 그렇지 않을 경우 : +2점

제 12단계 - 평가 점수의 환산

▶ 위에서 평가한 3단계의 점수를 Table B에서 찾아서 평가점수 C를 계산한다.

제 13단계 - 근육 사용 정도에 대한 평가

- ▶ 작업 중 근육의 사용정도를 평가하는 부분으로 작업 시 몸의 경직성 여부와 작업의 반복빈도를 평가하는 부분.
- ▶ 작업 시 작업자세가 경직(예를 들어 10분 이상 한 자세를 유지하는 경우)되어 있거나 분당 4회 이상의 반복작업을 하는 경우 : +1점

제 14단계 - 무게나 힘이 부가 될 경우에 대한 평가

- ▶ 작업 중 공구나 작업물을 들어 나르는 경우 다음의 4가지 사항 중 어디에 속하는가에 따라 해당 점수를 부여함
- ① 간헐적으로 2kg 이하의 짐을 드는 경우 : 0점
- ② 간헐적으로 2kg에서 10kg 사이의 짐을 드는 경우 : +1점
- ③ 정적이거나 반복적으로 2kg에서 10kg 사이의 짐을 드는 경우 : +2점
- ④ 정적, 반복적으로 10kg 이상의 짐을 들거나, 또는

갑작스럽게 물건을 들거나 충격을 받는 경우 : +3점

제 15단계 - 목과 몸통, 다리 부위에 대한 평가 점수의 환산

- ▶ 제 12단계에서 환산된 점수 B에 제13단계와 14단계의 점수를 합하여 목과 몸통, 다리 부위에 대한 평가 점수 D를 계산한다.

최종단계 - 총점(final score)의 계산과 조치수준(action level)의 결정

- ▶ 8단계와 15단계에서 계산된 점수 C와 점 B를 각각 Table C에서의 세로축과 가로축의 값으로 하여 최종 점수를 계산한다.
- ▶ 최종점수의 값은 1에서 7점 사이의 값으로 계산되면 그 값의 범위에 다음과 같은 조치를 취하게 된다.

조치단계의 결정

1. 최종점수가 1-2점 이면: 수용가능한 작업(acceptable job)
2. " " 3-4점이면: 계속적 추적관찰요함(investigate further)
3. " " 5-6점이면: 계속적 관찰과 빠른 작업개선요함(investigate further and change soon)
4. " " 7점 이상이면: 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구됨

5. REBA 평가표의 사용방법

REBA(Rapid Entire Body Assessment)는 Hignett와 McAtamney가 2000년에 직업성 근골격계질환과 관련한 위험인자에 대한 작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며, 특히 상지작업을 중심으로 한 RULA와 비교하여 간호사 등과 같이 예측이 힘든 다양한 자세에서 이루어지는 서비스업에서의 전체적인 신체에 대한 부담정도와 위험인자에의 노출정도를 분석하기 위한 목적으로 개발되었다.

REBA를 살펴 보면,

- ① REBA의 평가표는 크게 각 신체부위별 작업자세를 나타내는 그림과 4개의 배점표로 구성되어 있고,
- ② 평가대상이 되는 주요 작업요소로는 반복성, 정적작업, 힘, 작업자세, 연속작업시간 등이 고려되며,
- ③ 평가방법은 크게 신체부위별로 A와 B 그룹으로 나누어지며 A, B의 각 그룹별로 작업자세 그리고 근육과 힘에 대한 평가로 이루어지며,
- ④ 평가에 결과는 1에서 15점 사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 5개의 조치단계(Action level)로 분류되어 진다.

표 A													
		목											
몸통		1				2				3			
	다리	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

하중/힘			
< 5kg	5-10 kg	> 10 kg	충격 또는 갑작스런 힘의 사용
0	1	2	+1

표 B							
		아래팔					
윗팔		1			2		
	손목	1	2	3	1	2	3
1		1	2	2	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4
3		3	4	5	4	5	5
4		4	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8
6		7	8	8	8	9	9

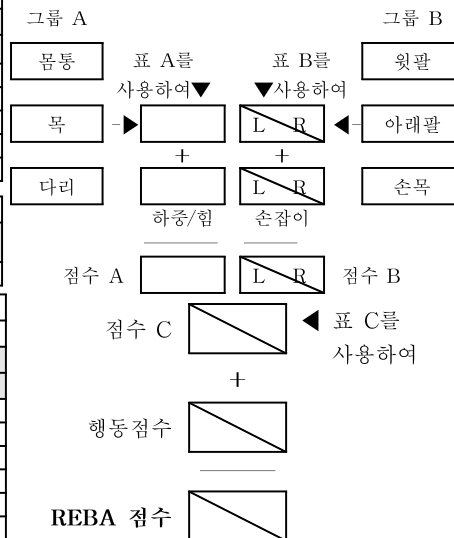
손잡이			
좋은	보통	나쁨	채택할 수 없음
무게 중심에 위치한 튼튼하고 잘 고정된 적절한 손잡이가 있는 경우	어느 정도 적절한 손잡이가 있는 경우이거나 대상물의 한 부위가 손잡이 대응으로 사용가능한 경우	비록 들 수는 있으나 손으로 들기에 적절하지 않고 손잡이가 있으나 부적절한 경우	손잡이가 없거나 위험한 형태의 손잡이가 있는 경우
0	1	2	3

표 C													
		점수 B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
점수 A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

행동점수	
* +1	* 한군데 이상 신체부위가 고정되어 있는 경우. 예를 들면, 1분 이상 잠고 있기
* +1	* 좁은 범위에서 반복적인 작업을 하는 경우. 예를 들면, 분당 4회 이상 반복하기(건기는 포함되지 않음)
* +1	* 급하게 넓은 범위에서 변화되는 행동 또는 불안정한 하체의 자세

조치단계	REBA 점수	위험단계	조치(추가 정보조사 포함)
0	1	무시해도 좋음	필요 없음
1	2-3	낮음	필요할지도 모름
2	4-7	보통	필요함
3	8-10	높음	곧 필요함
4	11-15	매우 높음	지금 즉시 필요함

REBA 점수 환산표



6. 개정 NIOSH 중량물 취급 기준

(Revised NIOSH Lifting Equation ; NLE)

가. 개요

본 기준은 중량물을 취급하는 작업에 대한 요통 예방을 목적으로 작업 평가와 작업 설계를 지원하기 위해서 만들어진 것이다. 중량물을 취급하는 작업에 의해 수반되는 건강 장애를 막기 위한 기준은 여러 나라에서 설정되어 있지만, 그 대부분이 최대 취급 중량과 두 손 취급 회수 또는 두 손의 총 취급 중량등 만을 규정하고 있을 정도이다.

이것에 비해 본 기준은 취급 중량과 취급 회수뿐만 아니라, 중량물 취급 위치·인양 거리·신체의 비틀기·중량물 들기 쉬움 정도 등 여러 요인을 고려하고 있으며, 보다 정밀한 작업 평가·작업 설계에 이용할 수 있게 되어 있다. 본 기준은 중량물 취급에 관한 생리학·정신물리학·바이오테카니컬 해석·역학(병리학)의 각 분야에서의 연구 성과를 통합한 결과이다.

그러나, 본 기준의 실용성은 현시점에서는 완전하게는 확인되고 있지 않다. 향후, 데이터를 집약해 검토를 거듭할 필요가 있다.

나. 본 기준의 적용 범위

본 기준은 다음과 같은 중량물을 취급하는 작업에는 적용할 수 없다.

- ① 한 손으로 물건을 취급하는 경우
- ② 8시간 이상 물건을 취급하는 작업을 계속하는 경우
- ③ 앉거나 무릎을 굽힌 자세로 작업을 하는 경우
- ④ 작업 공간이 제약된 경우
- ⑤ 밸런스가 맞지 않는 물건을 취급하는 경우
- ⑥ 운반이나 밀거나 끌거나 하는 것 같은 작업에서의 중량물 취급
- ⑦ 손수레나 운반카를 사용하는 작업에 따르는 중량물 취급
- ⑧ 빠른 속도로 중량물을 취급하는 경우(약 75cm/초를 넘어가는 것)
- ⑨ 바닥면이 좋지 않은 경우(지면과의 마찰 계수가 0.4미만의 경우)
- ⑩ 온도/습도 환경이 나쁜 경우(온도 19~26℃, 습도 35~50%의 범위에

속하지 않는 경우)

다. 단일작업 해석: RWL(와)과 LI

본 방법에는 거의 동일한 조건의 중량물을 취급하는 작업을 하는 경우의 해석(단일작업 해석, Single-task analysis)과, 조건이 다른 중량물을 취급하는 작업을 실시하는 경우의 해석(복수작업 해석, Multi-task analysis)이 있다. 여기에서는 먼저 단일작업 해석의 방법을 해설한다.

단일작업 해석에서는 먼저 중량물을 옮기려는 거리나 들기 회수 등의 작업 조건으로부터 RWL(Recommended Weight Limit, 추천 중량 한계)이라고 하는 수치를 계산한다. 이 RWL(단위: kg)은 건강한 작업자가 그 작업 조건에서 작업을 최대 8시간 계속해도 요통의 발생 위험이 증대되지 않는 취급물 중량의 한계값이다. RWL은 이하의 식으로 계산한다. 각 계수는 다음절에서 설명한다.

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

여기에서, LC는 부하 상수, HM은 수평 계수, VM은 수직 계수, DM은 거리 계수, AM은 비대칭성 계수, FM은 빈도 계수, CM은 결합 계수이다.

RWL이 계산된 다음에 아래식으로 LI(Lifting Index, 들기 지수)를 구한다.

$$LI = L / RWL$$

여기에서 L은 실제의 작업에서 취급하는 물건의 중량(Load Weight, 부하 중량)이다. LI는 식에 나타내었듯이 실제의 작업이 추천 한계인 RWL의 몇 배가 될지를 나타내는 값이다. 결국 L이 주어진 작업 조건에서 중량물을 취급하는 작업의 한계 중량인 RWL을 넘어가고 있는 지를 알아보는 것이다. LI가 1 보다 크게 되는 것은 요통의 발생 위험이 높은 것을 나타낸다. 그러므로, LI가 1 이하가 되도록 작업을 설계/재설계할 필요가 있다.

라. 각계수의 개요

1) LC(Load Constant, 부하 상수)

RWL을 계산하는 데 있어서의 상수로 23kg 이다. 다른 계수 HM, VM, DM, AM, FM, CM은 전부 0~1의 범위를 취하므로 결국 본 기준에서는 어

떠한 경우도 RWL은 23kg를 넘어가지 않게 된다.

2) HM(Horizontal Multiplier, 수평 계수)

발의 위치에서 물건을 보관유지하고 있는 손의 위치까지의 수평 거리(H, Horizontal Location, 수평 위치. 단위 : cm)로부터 아래식을 이용해 구한다. 발의 위치는 발목의 위치로 하고, 발의 전후로 교차하고 있는 경우는 좌우의 발목의 위치의 중점을 다리 위치로 한다. 손의 위치는 중앙의 위치로 하고, 좌우의 손위치가 다른 경우는 좌우의 손위치의 중점을 이용한다.

$$\begin{aligned} \text{HM} &= 1 & (H \leq 25\text{cm}) \\ &= 25/H & (25\text{cm} \sim 63\text{cm}) \end{aligned}$$

주) 본 기준은 두 손으로 물건을 취급하는 작업만을 대상으로 하고 있다.

3) VM(Vertical Multiplier, 수직 계수)

지면으로부터 중량물을 보관유지하고 있는 손위치까지의 수직 거리(V, Vertical Location, 수직 위치. 단위 : cm)로부터 다음의 식을 이용해 구한다. 손의 위치는 HM의 경우와 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \text{VM} &= 1 - (0.003 \times |V - 75|) & (0 \leq V \leq 175) \\ &= 0 & (V > 175\text{cm}) \end{aligned}$$

4) DM(Distance Multiplier, 거리 계수)

중량물을 들고 내리는 수직 방향의 이동 거리의 절대치(D, Vertical Travel Distance, 수직 이동 거리. 단위 : cm)로부터 다음의 식을 이용해 구한다. 수직 이동 거리 D는 중량물의 이동전 원래 지점(origin)과 이동 지점(destination)의 위치에서의 수직 위치 V의 차의 절대치이다.

$$\begin{aligned} \text{DM} &= 1 & (D \leq 25\text{cm}) \\ &= 0.82 + 4.5/D & (25\text{cm} \sim 175\text{cm}) \end{aligned}$$

주) 본 기준에서는 들기 속도를 취급하지 않는다. 따라서, 대단히 빠른 들기 동작(약 1초이내에 75cm이상의 거리를 오르내림하는 동작)이나 던지는 등의 중량물을 취급하는 동작에는 적용할 수 없다.

5) AM(Asymmetric Multiplier, 비대칭성계수)

중량물이 몸의 정면에서 몇 도 어긋난 위치에 있는지 나타내는 각도 A(Asymmetry Angle, 비대칭각. 단위:도. 바닥에 있어서의 양발목 중점을 각도계측의 중심으로 하고 몸의 정면에 중량물이 있는 경우를 0도, 몸의 바로 옆에 있는 경우가 90도가 된다)로부터 아래식을 이용해 구한다.

$$\begin{aligned} AM &= 1-0.0032 \times A \quad (0 \leq A \leq 135^\circ) \\ &= 0 \quad (A > 135^\circ) \end{aligned}$$

주) 여기서 정의한 비대칭각 A는 중량물의 위치를 가리키는 값이고, 실제의 몸이 비틀기 양을 나타내는 값은 아니다.

6) FM (Frequency Multiplier,빈도 계수)

들기 빈도 F (회/분)	작업 시간 LD(Lifting Duration)					
	LD ≤ 1시간		1시간 < LD ≤ 2시간		2시간 < LD	
	V < 75cm	V ≥ 75cm	V < 75cm	V ≥ 75cm	V < 75cm	V ≥ 75cm
< 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
> 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

원칙적으로 들기 빈도 F(Lifting Frequency. 단위:회/분), 작업 시간 LD(Lifting Duration), 수직위치 V(Vertical Location. VM에서 해설 함)로부

터 상기표를 이용해 결정한다.

들기 빈도 F 는 적어도 15분간 작업을 관찰해서 구하는 것이 기본이지만, 빈도가 일정하지 않을 경우에는 보다 긴 시간의 관찰로 구할 필요가 있다. 빈도가 다른 작업이 조합되어 있는 경우는 그것을 해석하는 것이 마땅하지만, 전체적인 평균 빈도를 이용한 해석하는 것도 가능하다.

들기 작업이 15분 이상 계속되지 않는 경우에는 다음과 같은 특별 순서를 취한다. 예를 들어, 한 Cycle이 8분간의 들기 작업(들기 빈도는 10회/분)과 7분간의 들지 않는 작업인 휴식이 반복되는 경우에 있어서 15분간의 평균 들기 빈도 F 는 $10\text{회/분} \times 8\text{분} \div 15\text{분} = 5.33\text{회/분}$ 으로 계산한다. 같은 방법으로 한 Cycle이 1분간의 들기 작업(들기 빈도는 10회/분)과 2분간의 들지 않는 작업으로 구성되어 있는 경우에는 15분간 작업하는 것으로 계산하기 위해서는 5 Cycle이 실행되는 것이 되므로, 이때의 들기 빈도 F 는 $10\text{회/분} \times 1\text{분} \times 5\text{Cycle/분} \div 15\text{분} = 3.4\text{회/분}$ 과 같이 계산된다. 이러한 경우의 작업 시간 LD의 분류는 반복되는 Cycle의 시간으로 하고, Cycle중에 들기 작업이 짧기 때문에 1시간 미만의 분류($LD \leq 1\text{시간}$)로 하지 않는다.

작업 시간 LD의 분류는 작업 시간 WT(Work Time. 중량물 들기 작업 시간)와 회복 시간 RT(Recovery Time. 중량물 들기 작업 이외의 가벼운 작업 또는 휴식)의 관계로 다음과 같이 정한다.

- ① **$LD \leq 1\text{시간}$** : 1시간 이하의 들기 작업 시간 WT이 있고 잇따라 WT의 1.2배이상의 회복 시간 RT가 있는 경우가 이것에 속한다. 예를 들어, 45분간 들기 작업을 해 60분간 휴식하는 경우가 이 분류에 포함된다. RT가 짧아서 WT의 1.2배가 되지 않는 경우에는 들기 작업을 계속하고 있다고 볼 수 없음으로 보다 긴 LD로 분류해야 한다. 예를 들면, 30분간 들기 작업을 하고 10분간 휴식하고 다시 45분간 들기 작업을 한 경우, RT인 휴식시간이 10분간으로 앞의 WT인 들기 작업 30분에 비해 짧기 때문에 들기 작업 시간은 $30+45\text{분} = 75\text{분}$ 으로 계산되어야 한다. 따라서, WT는 1시간을 넘어가는 것으로 분류해야 한다.
- ② **$1\text{시간} < LD \leq 2\text{시간}$** : 1시간에서 2시간 이하의 들기 작업 시간 WT가 있고 잇따라 WT의 0.3배이상의 회복 시간 RT가 있는 경우가 이것에 속한다. 예를 들면, 90분간 들기작업을 하고 30분간 휴식한 경우가 이것에 분류된다. RT가 짧아서 WT의 0.3배가 안되는 경우는 들기 작업을

계속하고 있다고 볼 수 없음으로 보다 긴 LD로 분류해야 한다.

- ③ **2시간 < LD ≤ 8시간** : 2시간부터 길게 8시간까지 들기 작업의 경우가 이에 속한다. 본 기준에서는 들기 작업이 8시간 이상 지속하는 경우의 기준치는 제공되고 있지 않는다.

들기 빈도 F가 0.2회/분보다 작은 경우에 있어서의 F는 0.2회/분으로 한다. F가 거의 없는 0.1회/분인 경우는 충분히 긴 휴식 시간이 포함되어 있으므로 작업 시간 LD가 1시간 이하의 분류(LD≤1시간)의 빈도 계수 FM(FM≥1.00)을 항상 이용한다.

표에 값이 없는 경우는 근방의 값으로부터 직선보간법을 이용해서 구한다.

7) CM(Coupling Multiplier, 결합 계수)

중량물을 들기 쉬움에 관한 계수로, 결합 타입(Coupling Type)과 수직 위치 V(Vertical Location, VM에서 설명했다)로부터 다음표를 이용해 결정한다.

결합 타입	수직 위치 V	
	V < 75cm	V ≥ 75cm
양호(Good)	1.00	1.00
보통(Fair)	0.95	1.00
불량(Poor)	0.90	0.90

결합 타입의 분류는 아래와 같이 정한다.

- ① **양호(Good)** : 최적으로 설계된 용기(상자이나 운반용 나무상자 등)를 사용하면서, 최적의 손잡이나 손을 넣을 수 있는(hand-hold cut-out) 용기 형태인 경우는 이것으로 분류한다(주1~3참조). 또는, 용기에 넣어 운반하지 않을 것 같은 원재료 등이나 부드러운(loose) 물건이나 부정형(irregular)의 물건을 사용하면서 그것을 손으로 싸거나 쉽게 잡아서 드는 것이 용이하면 이것으로 분류한다(주6참조).
- ② **보통(Fair)** : 최적으로 설계된 용기를 사용하면서, 손잡이가 보통이거나 손을 넣을 수 있는 용기가 최적이지 않으면 이것으로 분류된다(주1~4참조). 손잡이가 보통이거나 손을 넣을 수 있는 용기가 아니거나, 부드러운 물건이나 부정형의 물건을 사용하면서, 손을 용기의 밑에 넣어 거의 90도 이상 굴곡시킬 수 있다면 이것으로 분류된다(주4참조).

③ 불량(Poor) : 최적으로 설계되지 않은 용기, 부드러운 물건, 부정형의 물건 등이 부피가 크고, 들기 힘들고, 각이 날카로운 물건의 경우에 이것으로 분류하고(주5참조), 딱딱하지 않아서 들면 한 가운데가 튀어나와 버리는 것 같은 물건도 이것으로 분류된다.

- 주1) 최적으로 설계된 손잡이란, 물건의 직경이 1.9~3.8cm, 물건의 길이가 11.5cm이상, 손잡이와 물건사이의 여유(clearance)가 5cm이상, 물건의 형태가 원통형으로 표면은 매끈매끈하지만 미끄러지지 않는 것이다.
- 주2) 최적으로 설계된 손을 넣을 수 있는 용기란, 손을 넣을 수 있는 폭이 3.8cm이상, 길이가 11.5cm이상, 반타원형(semi-oval), 물건과의 사이의 여유(clearance)가 5cm이상, 매끈매끈하지만 미끄러지지 않고, 두께가 0.6cm이상(예, 골판지의 2배의 두께)이라는 것이다.
- 주3) 최적으로 설계된 용기란, 가로가 40cm이하, 높이가 30cm이하로, 매끈매끈하지만 미끄러지지 않는 표면의 것을 말한다.
- 주4) 바닥으로부터 골판지상자를 드는 경우, 상자의 밑에 약 90도 굴곡시켜 드는 것이 가능해야 한다.
- 주5) 가로가 40cm보다 길거나, 높이가 30cm보다 높고, 거칠거나 미끄러지기 쉬운 표면, 각이 날카로운 상자, 밸런스가 맞지 않고, 불안정한 내용물, 장갑을 사용할 필요가 있는 경우의 용기는 최적으로 설계되었다고 할 수 없다. 부드러운 물건은 손으로 잡는 밸런스를 취하기 힘든 부피가 큰 것을 말한다.
- 주6) 손목이 과도하게 꺾이거나, 부자연스러운 자세 없이 물건을 드는 경우와 잡는데 쓸데 없는 힘이 들어가는 것 같은 것이 없는 경우를 말한다.

8) 특별 제어: 이동 전 위치와 이동 후 위치의 어느 쪽의 조건으로 계산할지를 결정

이동 전 조건으로 계산하는 것이 기본이지만, 중량물을 먼저 이동할 때에 다음과 같은 특별 제어(Significant Control)(이)가 요구되는 경우에는 이동 전과 이동 후의 양방의 RWL, LI를 계산하지 않으면 안 된다. 이 자리합, DM(거리 계수). AM(비대칭성 계수). FM(빈도 계수)은 이동 전과 같은 값을 이용하면 좋다. 이동 전과 이동 후의 RWL를 함께 구한 경우, 작업 전체의 RWL은 양자 중이 작은 편의 값을 선택한다.

가) 이동 장소 부근에서 쥐기를 바꿀 필요가 있는 경우 : 이동 전과 이동 후의 수직 위치가 크게 다르기 때문에 중량물을 들기가 바뀌는 경우나 기구의 기계 장착 같이 이동 장소에서 물건 들기가 바꿀 필요가 있는 경우가 이것에 해당한다.

나) 이동 장소 부근에서 중량물을 들어 보관유지할 필요가 있는 경우 :

이동 후, 두는 타이밍이 요구되기 때문에, 중량물을 든채로 조금 대기할 경우가 이것에 해당한다.

다) 이동 후 중량물을 정확한 위치에 둘 필요가 있는 경우 : 중량물을 자연스럽게 쌓아올리는 경우나 기기의 가이드에 접촉해 부품을 장착해야 하는 경우 등이 이것에 해당한다.

9) 작업중에 작업 조건이 바뀌는 경우

쌓아올려진 중량물을 내리는 작업에서는 최초의 중량물이 높은 위치에 있는 것으로 수직 위치 V 는 높지만, 중량물을 내리는 작업이 계속될 수록 수직 위치 V 는 낮아지게 된다. 이러한 경우는 다른 계수도 고려해 가장 좋지 않은 조건(통상은 V 가 최저/최고의 위치)의 값을 선택한다.

마. 복수작업 해석

1) 개념

복수작업해석에 대해서 작업 전체의 강도를 나타내는 지수로써 단일작업 해석에서의 LI에 상당하는 CLI(Composite Lifting Index, 종합 들기 지수)를 구한다. CLI를 구하는 하나의 방법으로는 각 작업에서 구한 LI를 단순히 평균하거나 빈도 계수 FM에서 무게 구해 평균하는 방식이 있다. 이 방법에 의한 CLI는 개념적으로는 간단하지만, 작업 중에 최대의 LI보다도 항상 작은 값이 된다. 따라서, 단시간의 높은 LI의 작업이 요통 발생 위험이 높게 되는 위험성을 과소 평가해 버린다. 그러므로, 본 기준에서 이러한 문제가 생기지 않도록 다음 가설을 설정하고 있다.

가) 복수의 작업을 하면, 신체 부하인 대사 부하가 증가하여 항상 LI는 증가해야 한다.

나) 복수작업을 실시할 경우, LI의 증가는 추가해 실시된 작업의 성질에 의존한다.

다) 복수작업을 실시할 경우, LI의 증가는 전에 실시한 작업의 LI에 의존하지 않는다.

2) 계산법

전술의 가설에 기초를 둔 CLI는 이하의 식으로 계산된다.

$$CLI = STLI1 + \sum \Delta LI_i$$

① STLI_i(Single-Task LI) : 제i작업의 들기 지수 LI. 작업 번호 i는 STLI_i의 값의 큰 순서로 붙인 번호(예, STLI1은 STLI_i의 최대의 것).

$$STLI_i = L_{avi} / STRWLi$$

L_{avi}(average load weight) : 제i작업의 평균 부하 중량 L_{av}. 단위kg.

STRWLi(Single-Task RWL) : 제i작업의 추천 중량 한계 RWL. 단위kg.

$$STRWLi = LC \times HMi \times VMi \times DMi \times AMi \times CMi \times FMi$$

② ΔLI_i : 제i작업이 더해져서 증가하는 LI의 양. 아래식으로 구한다.

$$\Delta LI_i = FILi \times \{ 1/FM_{(1+2+\dots+i)} - 1/FM_{(1+2+\dots+i-1)} \}$$

FILi(Frequency-Independent LI) : 제i작업의 들기 빈도 F_i에 의존하지 않는 들기 지수 LI.

$$FILi = L_{maxi} / FIRWLi$$

L_{maxi}(maximum load weight) : 제i작업의 최대 부하 중량L_{max}. 단위 kg.

FIRWLi(Frequency-Independent RWL) : 제i작업의 들기 빈도 F_i에 의존하지 않는 추천 중량 한계 RWL. 단위 kg.

$$FIRWLi = LC \times HMi \times VMi \times DMi \times AMi \times CMi \leftarrow = STRWLi / FMi$$

FM_(1+2+...+i) : 작업1~i의 들기 빈도 F의 총화(F₁+F₂+...+F_i)에 대한 빈도 계수 FM(V와 D는 어떤 것을 사용할 것인지 ?)

바. 작업 설계나 작업 개선에 이용

1) LI에 대하여

LI는 주어진 작업 조건이 어느 정도 요통의 발생 위험을 가지고 있을지를 나타내는 종합적인 평가 지수로 이용할 수 있다. 값은 작을수록 좋다. 1 이하로 하면 요통의 발생 위험은 억제할 수 있다. LI가 1~2가 되면 어느 정도 요통 발생이 실제 증가된다. LI의 양적 평가에 대해서는 충분한 정보는 아직 제공되고 있지 않고, 차후의 연구를 기다릴 필요가 있다.

LI는 복수의 작업의 비교에도 이용할 수 있다. 통상, 달랐던 조건의 작업 부담도의 강약을 비교하는 것은 곤란하지만, LI를 작업마다 구해 비교하면 작업의 부담도있는 것은 개선의 중요도 순위 결정이 가능하게 된다.

LI는 특별 제어(Significant Control)의 영향 평가에도 이용할 수 있다. 예

를 들어, 만약 이동 후보다 이동 전의 LI가 클 경우는 특별 제어가 불필요하도록 작업 개선을 할 수 없을까를 검토하는 의의가 있다고 판단된다.

2) 각 계수에 대하여

HM, VM, DM, AM, FM, CM의 계수의 값을 비교하는 것으로, 통상은 곤란한 작업 조건의 어디를 개선하는 것이 가장 유효한지를 작업 요인의 순위 결정이 가능하게 된다.

HM, VM, DM, AM, FM, CM의 계수는 전부 0~1의 범위를 취하지만, 이 중 최고로 작은 값을 취하는 계수가 가장 큰 부담도를 가지는 요인으로 값이 작은 계수로부터 개선을 진행시켜가면 효과적이다. 각 계수를 1에 가깝게 하는 일반적인 개선법으로 다음과 같은 것이 있다.

가) HM(수평 계수) : 작업자와 중량물사이의 거리를 짧게 하는 것과 같이 장애물을 없애거나 중량물의 크기를 작게 한다. 상부에서 중량물을 취급하지 않도록 하며(발이 방해가 되어 작업자와 중량물사이의 거리가 길게 되기 때문). 만약 그것이 불가능하면 발사이에 중량물을 넣을 수 있도록 해야한다.

나) VM(수직 계수) : 이동 전이나 이동 후의 높이를 바꾼다. 상부나 어깨보다 높은 위치에서의 중량물 취급은 피한다.

다) DM(거리 계수) : 들거나 내리는 거리를 짧게 한다.

라) AM(비대칭성계수) : 몸을 비틀지 않고 끝나는 것처럼, 이동 전과 이동 후의 위치를 근접하게 한다. 또는, 걸어서 몸 전체로 방향을 바꿔 이동 전과 이동 후의 위치를 뗀다.

마) FM(빈도 계수) : 중량물의 들기 회수나 작업 시간을 줄인다. 휴식 시간이나 중량물 들기가 아닌 가벼운 작업 시간을 늘린다.

바) CM(결합 계수) : 중량물과 손잡이를 최적인 것으로 개선한다.

3) 복수작업해석에 대하여

CLI가 1보다 크면 어느 정도의 장애를 발생시킬 위험이 있다고 판단한다. 작업이 다른 LI인 STLI는 그것이 1이하인 것이 바람직하다. 개선은 가장 큰 값의 STLI를 나타낸 작업으로부터 개선을 시도한다. 모든 작업의 STLI가 1 이하여도 CLI가 1보다 큰 값의 경우도 같이 개선을 할 필요가 있다. 작업내의 개선에 대해서는 단일작업의 경우와 같이 가장 작은 계수를 나타내는 요인을 중점적으로 개선한다.

사. 계산예

1) 단일작업해석

가) 데이터 수집

취급 중량(평균 중량 L_{av} 와 최대 중량 L_{max}), 중량물의 이동 전과 이동 후의 조건(수평 위치 H 와 수직 위치 V), 비대칭각 A , 들기 빈도 F , 결합 타입 C , 작업 시간 LD , 특별 제어의 유무에 관한 데이터를 수집한다.

취급하는 중량		이동 전 위치		이동 후 위치		비대칭 각도	들기 빈도	결합 타입	작업 시간	특별 제어
$L_{av}(kg)$	$L_{max}(kg)$	$H(cm)$	$V(cm)$	$H(cm)$	$V(cm)$	$A(도)$	$F(회/분)$		$LD(시간)$	
10	10	30	50	30	90	0	1	양호	1	있음

나) 각 조건의 계수 계산

식이나 표로부터 계수를 구한다.

	부하정수 LC	수평계수 HM	수직계수 VM	이동계수 DM	비대칭계수 AM	빈도계수 FM	결합계수 CM
이동 전 위치	23	0.83	0.93	0.93	1	0.94	1
이동 후 위치	23	0.83	0.96	0.93	1	0.94	1

주1) 거리 계수 DM 은 이동 전과 이동 후의 V 의 차로부터 구한다.

주2) 특별 제어가 없는 경우, 이동 전을 계산하면 된다.

다) RWL과 LI의 산출

여기에서는 특별 제어가 있는 것으로 이동 전과 이동 후의 RWL를 계산한다. 그리고, 값이 작은 즉, 엄한 편의 RWL(여기에서는 이동 전)를 선택해 LI를 계산한다.

	$RWL(=LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM)$	$LI(=L_{av} / RWL)$
이동 전 위치	$23 \times 0.83 \times 0.93 \times 0.93 \times 1 \times 0.94 \times 1 = 15.5$	$10/15.5 = 0.65$
이동 후 위치	$23 \times 0.83 \times 0.96 \times 0.93 \times 1 \times 0.94 \times 1 = 16.0$	$10/16.0 = 0.625$

라) 해석

여기에서 LI 는 0.65가 1보다 작기 때문에 이 작업 조건에 의해 근골격계

장해의 위험이 낮다고 판단된다. 위험을 더 경감하기 위해서는 먼저 가장 작은 값을 나타낸 계수의 개선을 검토한다. 여기에서는 수평 계수가 0.83로 가장 작기 때문에 수평 거리 H(중량물과 몸의 거리)를 작게 하도록 개선한다(여기에서 수평 거리 H는 그다지 크지 않기 때문에 얻어지는 개선도는 작다).

2) 복수작업해석

가) 데이터 수집

각 작업에 대해서 단일작업의 경우와 같이 수평 위치 H, 수직 위치 V, 수직 이동 거리 D, 비대칭각 A, 들기 빈도 F, 결합 타입 C, 작업 시간 LD에 관한 데이터를 수집한다.

작업	취급하는 중량		이동 전 위치		이동 후 위치		비대칭각	들기 빈도	결합 타입	작업 시간	특별 제어
	L _{av} (kg)	L _{max} (kg)	H(cm)	V(cm)	H(cm)	V(cm)	A(도)	F(회/분)		LD(시간)	
1	10	10	30	50	30	90	0	1	양호	1	있음
2	20	20	40	20	40	90	0	2	양호	1	있음
3	15	15	30	40	30	80	0	1	양호	1	있음

나) 각 조건의 계수 계산

단일작업해석의 경우와 같이, 표 등으로부터 계수를 구한다.

작업		수평계수	수직계수	이동계수	비대칭계수	빈도계수	결합계수
		HM	VM	DM	AM	FM	CM
1	이동 전 위치	0.83	0.93	0.93	1.0	0.94	1.0
	이동 후 위치	0.83	0.96	0.93	1.0	0.94	1.0
2	이동 전 위치	0.63	0.84	0.88	1.0	0.91	1.0
	이동 후 위치	0.63	0.96	0.88	1.0	0.91	1.0
3	이동 전 위치	0.83	0.90	0.93	1.0	0.94	1.0
	이동 후 위치	0.83	0.99	0.93	1.0	0.94	1.0

주1) 거리 계수 DM은 이동 전과 이동 후간의 V 차로부터 구한다.

주2) 특별 제어가 없는 경우, 이동 전을 계산하면 된다.

다) STLI나 FILI의 계산

STLI와 FILI를 구하는 것과 동시에 STLI의 큰 순서로 니츠 작업번호를 정한다. STLI에 같은 값의 것이 복수일 경우, 반복되는 회수 F가 큰 것에 작은 번호를 붙인다. 특별 제어가 있는 경우는 이동 전과 이동 후의 STLI 중 큰 STLI를 주는 것만을 그 작업의 데이터로 이용한다(여기서는 *를 붙인

것이 그것에 해당한다).

작업		FIRWL (=LCxHMxVMxDMxAMxCM)	FILI (=Lmax/ FIRWL)	STRWL (=FIRWLx FM)	STLI (=Lav/ STRWL)	니츠 작업 번호
1	이동 전 위치	16.5	0.61	15.5	0.64*	3
	이동 후 위치	17.0	0.59	16.0	0.62	.
2	이동 전 위치	10.7	1.87	9.7	2.05*	1
	이동 후 위치	12.2	1.63	11.1	1.80	.
3	이동 전 위치	16.0	0.94	15.0	1.00*	2
	이동 후 위치	17.6	0.85	16.5	0.91	.

라) CLI의 계산

★이하의 계산에서는 니츠 작업번호를 사용한다.

이 예에서는 작업이 3개이므로

$$\begin{aligned}
 CLI &= STLI1 + \Delta LI2 + \Delta LI3 \\
 &= STLI1 + FILI2 \times \{1/FM(1+2) - 1/FM(1)\} \\
 &\quad + FILI3 \times \{1/FM(1+2+3) - 1/FM(1+2)\}
 \end{aligned}$$

여기에서,

FM(1) : F1=2, V1=20, LD1=1이므로 표에서 FM(1)=0.91.

FM(1+2): 니츠 작업번호1과 2의 F의 합=2+1=3, V2=40, LD2=1이므로 표에서 FM(1+2)=0.88.

FM(1+2+3): 니츠 작업번호1, 2, 3의 F의 합=2+1+1=4, V3=50, LD3=1이므로 표에서 FM(1+2+3)=0.84.

따라서,

$$\begin{aligned}
 CLI &= STLI1 + FILI2 \times \{1/FM(1+2) - 1/FM(1)\} \\
 &\quad + FILI3 \times \{1/FM(1+2+3) - 1/FM(1+2)\} \\
 &= 2.05 + 0.94 \times (1/0.88 - 1/0.91) + 0.61 \times (1/0.84 - 1/0.88) \\
 &= 2.12
 \end{aligned}$$

주1) FM(1+2)와 FM(1+2+3)을 구할 때에 어느 V와 LD를 사용하는 것인지에 대해서 메뉴 열에 명시되어 있지 않다. 그러나 예제 등에 의하면, 모든 작업의 V와 LD가 같으면 그 값으로의 FM을 사용한다. 같지 않은 경우는 침자의 최대의 작업(즉, FM(1+2+3)이라 하면 작업 3)의 V와 LD를 사용한다. 단지, V 및 LD를 가산한 것을 이용해야 할지 의문.

주2) FM(1+2+... +i)를 구할 때에 F의 총합이 너무 커서, FM(1+2+... +i)가 0이 된다(한계값은 V와 LD에 의존). 이 자리합에는 0으로 나누는 일이 생겨 버리기 때문에, CLI는 계산할 수 없게 된다.

주3) FM(1+2+... +i)를 구할 때에 F의 총합에 소수부가 있는 경우는, FM의 표 중의 근방의

값으로부터 직선 보간으로 FM의 값을 구한다.

마) 해석

CLI는 2.12로 1보다 크기 때문에 어느 정도의 장해를 발생시킬 위험이 있다고 판단된다. 그 경우의 우선 순위로는 STLI의 가장 큰 것으로부터 대응해야 하므로 여기에서는 작업2가 문제가 된다. 작업2에 대해서 계수가 가장 작은 것은 수평 계수 HM이므로, 수평 거리를 짧게 하도록 개선하는 것이 필요하다. 구체적으로는 예를 들면, 중량물의 크기가 너무 크거나 중량물을 두는 장소에 충분히 접근하지 못해서 발생할 것 같은 장해가 있다면 그것을 개선하는 것이 좋다.

아. IEA의 Technical Group에 의하는 확장안

1) 개요

NIOSH의 기준은 1981년의 초판의 식에 비하면, 복수작업해석의 방법이 개선되는 등 발전된 것이 있다. 그러나, 그런데도 현실의 작업에 적용하기에는 [2]의 "본 기준의 적용 범위"에서 말한 것처럼 제한이 많다. 그런데, 본 기준을 확장해서 보다 적용 범위를 넓히는 시도가 많은 연구자에 의해 시도되고 있다. IEA(The International Ergonomics Association, 국제인간공학회)에서는 근골격계 장해에 관한 TG(Technical Group)가 그것을 하고 있다. 여기에서는 그 제안을 소개한다.

2) 제안되고 있는 확장

가) 대상 집단에 따라 부하 정수를 가변하는 방법

NIOSH의 기준은 여성의 75%가 들 수 있는 값인 23kg를 일정한 부하 정수로 이용하지만, 이것은 청년과 고령의 작업자에게는 너무 심하게, 숙련된 작업자에게는 약하다는 지적이 있다. 그런데, 부하 정수LC를 예를들어, 청년과 고령의 작업자를 포함하는 작업자 집단에 대해서는 15kg정도, 숙련자가 특별한 조건에서 작업하는 경우에는 30~40kg 정도로 한다고 말하는 안이 있다. 이 제안에 대해서는 최종적으로 부하 정수의 수치를 얼마에 정할지가 문제이다. 그러나 그것 이전의 문제로서, 어느 정수를 이용하는 것이 타당인지에 대한 불필요한 혼란이나 오용이 일어날 가능성이 높은 것으로 지적되고 있고, 값이 결정되어도 현실에 유용하게 이용할 수 있을지 여부는 의문시되고 있다.

나) 한 손으로의 작업에 대한 계수의 추가

NIOSH의 기준은 두 손으로 물건을 취급하는 작업밖에 적용할 수 없지만, 그것을 한 손으로 물건을 취급하는 작업에도 적용할 수 있도록 하기 위한 확장 계수이다. 구체적으로, 한 손 작업의 경우는 0.6이라는 한 손 계수를 곱해, RWL를 더 작게 되도록 한다. 한 손 작업에서 RWL를 작게 하는 것 같은 계수를 선택한 것은 (1) 두 손 작업에 비해 한 손 작업이 들기 강도가 작다는 연구 결과가 있고, (2) 한 손 작업은 비대칭성 작업이 되기 쉬워서 한쪽 허리의 줄기의 공동 수축으로부터 척추에로의 스트레스는 보다 높게 되기 때문이다.

다) 두 사람 작업에 대한 계수의 추가

NIOSH의 기준은 한 명의 작업자밖에 적용할 수 없지만, 이것을 두 사람이 중량물을 취급하는 경우에 확장하는 안이다. 구체적으로, 두 사람 작업의 경우는 0.85라는 값을 두 사람 작업 계수로 곱해, RWL를 더 작게 되도록 한다. 두 사람 작업에서 RWL를 작게 하는 것 같은 계수를 선택한 것은 한 명의 경우보다도 협조 동작이 요구되어 제약이 강요되어, 두 사람 중의 어느 쪽에 중량물이 치우치는 등의 위험이 있기 때문이다. 또한, 같은 중량물을 취급하는 경우, 두 사람의 경우는 한 명의 경우에 비해 몸으로부터 중량물까지의 실제 거리가 작게 할 수 있기 때문에 실질적으로 수평 계수 HM이 크게 된다. 따라서, 현실에는 RWL은 두 사람 작업 계수의 도입에도 관들크게 되는 경우도 있을 수 있다..

라) 순서를 고려한 복수작업해석법

NIOSH의 기준에 의해 복수작업해석법으로는, CLI는 LI의 다른 복수의 작업을 어떠한 순서로 해도 같은 값이 되도록 할 수 있다. 이것은 부하가 강한 스텝과 그렇지 않은 스텝을 능숙하게 편성하는 것으로 요통 위험을 감소시키는 노력의 효과로 평가할 수 없다. 본 확장은 이것에 대응하는 것이다. 순서는 이하와 같다.

- ① 통상의 NIOSH의 기준과 같이 작업 데이터를 수집하고, 각 작업마다 STLI를 구한다.
- ② 각 작업에 대해서 그것이 전 작업 시간 실시되었다고 가정해 구한 FM과 FIRWL로부터 각 작업마다의 LImax(Maximum Lifting Index)를 구한다.

③ 각 작업에 대해서 TF(Time Fraction, =[각작업의 작업 시간(분)]÷240)
를 구한다.

④ 최대의 Lmax를 찾아낸다.

⑤ 아래식으로 CLI를 구한다.

$$CLI = LI1 + \{(Lmax1 - LI1) \times K\}$$

$$\text{여기서, } K = \{(\sum Lmax(i) \times TF(i)) / Lmax1\}$$

KOSHA CODE
H - - 2001

[부록 5]

작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험성 평가 지침(안) 개요

I. 제정이유

작업관련 근골격계질환의 발생위험요인이 있는 작업에 종사하는 근로자에 대하여 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인을 평가하기 위함

II. 제정의 주요내용

1. 증상 설문조사
2. 위험요인 조사

III. 참조된 규정 및 관련코드

- 단순반복작업근로자작업관리지침(노동부고시 제2000-72호)
- 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침(KOSHA CODE H-5-1998)

IV. 제안자

산업안전보건연구원 책임연구원 김규상

KOSHA CODE
H - - 2001

작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험성 평가 지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 제27조의 규정에 의거 작업관련 근골격계질환의 발생 위험요인이 있는 작업에 종사하는 근로자에 대하여 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인을 평가하기 위한 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

2. 적용대상

이 지침의 적용대상은 작업관련 근골격계질환의 발생 위험요인이 있는 작업에 종사하는 근로자로서 “단순반복작업근로자작업관리지침(노동부고시 제2000-72호)”(이하 “노동부고시”라 한다)에서 규정한 적용대상과 요통발생 위험작업에 종사하는 근로자가 작업시 취급하는 중량물, 작업속도, 작업강도, 작업자세, 작업시간, 작업량 등을 근로자 임의로 조정하기 어려운 사업장 및 근로자로 한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “작업관련 근골격계질환”(이하 “관련질환”이라 한다)이라 함은 근골격계질환의 위험요인에 의해 발생한 근골격계질환을 말하되 직업성 요통을 포함한다. 그러나 명백히 사고에 기인한 근골격계질환은 배제한다.

(나) “근골격계질환 관련증상”(이하 “관련증상”이라 한다)이라 함은 목·어깨·팔·팔꿈치·손목·손·손가락·허리 등의 신경·건·근육 및 그 주변조직에 나타나는 통증, 찌릿, 뻣뻣함, 저림, 화끈거림 등의 증상을 말한다.

(다) “직업성 요통”이라 함은 업무수행중 허리에 과도한 부담을 받아 허리

부위에 발생한 급·만성 통증과 그로 인한 둔부 및 하지의 방사통을 말하며, 명백한 사고로 인한 허리의 부상으로 발생한 요통은 제외한다.

(라) “훈련받은 안전·보건관리자 또는 관리감독자”라 함은 한국산업안전공단에서 실시하거나 관련 학회에서 실시하는 근골격계질환 관련 전문교육 또는 인간공학 관련 전문교육 이수자를 말한다.

(2) 이 지침에서 사용하는 용어인 “단순반복작업”, “근골격계질환”, “근골격계질환의 위험요인”, “작업공간”, “인간공학전문가 또는 전문기관”의 정의는 노동부고시에서 정하는 바에 따른다.

4. 증상 설문조사

사업주는 노동부고시 제14조의 규정에 의하여 근골격계질환 관련 증상의 발생 여부를 확인하기 위하여 6개월에 1회 이상 증상 설문조사를 실시하여야 한다.

5. 증상 설문조사 항목

5.1 기본 설문조사 항목

근골격계질환 증상 설문조사는 다음 각 호 사항이 포함되도록 하여야 한다.

(1) 근골격계 증상의 부위는 인체의 방향과 관련하여 오른쪽과 왼쪽, 또는 양쪽에 해당되는지와 앞쪽과 뒤쪽을 구분하여 조사한다. 그리고 신체의 각 부위별로 목, 어깨, 팔, 팔꿈치, 손목, 손, 손가락, 허리 및 다리 부위의 증상을 조사한다.

(2) 근골격계 증상의 지속기간은 발생시점에서부터 호전되기까지 증상이 지속되는 기간(시간, 일, 개월)으로 구분하여 조사한다.

(3) 근골격계 증상의 발생 간격은 증상이 자주 발생하는지에 대한 빈도(시간, 월, 주/회)로 구분하여 조사한다.

(4) 증상의 수준은 통증의 강도로서 불편하지 않은 단계에서부터 참을

수 없을 정도로 불편함까지 5점 척도로 구분하여 조사한다. 즉, 통증없음(1점; 전혀 안 아프다), 약한 통증(2점; 약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낀다), 중간 정도 통증(3점; 작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다), 심한 통증(4점; 작업 중 통증이 비교적 심하고 귀가 후에도 통증이 계속된다), 그리고 매우 심한 통증(5점; 통증 때문에 작업은 물론 일상생활을 하기가 어렵다) 등으로 구분한다.

5.2 관련증상의 작업관련성을 판단하기 위한 조사 항목

관련증상의 작업관련성을 판단하기 위하여 다음 각 호 사항이 포함되도록 하여야 한다.

- (1) 선천성 이상, 류마티스 관절염, 통풍 등 비직업적인 근골격계 질환으로 인한 과거 및 현병력 여부에 관한 사항
- (2) 여가, 가사 및 취미활동, 사고 등 개인적인 요인에 기인하는 근골격계질환 관련증상 판단을 위한 사항
- (3) 주관적인 증상의 객관적인 심각도를 판단하기 위하여 근골격계 증상에 따른 의료기관 이용, 결근 및 작업전환과 이를 통한 호전 여부 등에 관한 사항
- (4) 작업경력과 관련하여 비교 판단하기 위한 근골격계 증상의 최초 발생시점 등에 관한 사항

6. 증상 설문조사 도구

- (1) 관련증상의 발생 여부를 확인하기 위한 증상 설문조사는 별표 1 또는 국내외적으로 타당성이 검증된 점검표로 조사하여야 한다.
- (2) 타당성이 검증된 도구라 함은 관련증상의 발생 여부를 파악하기 위한 신체부위별 증상의 지속기간, 증상발생 간격, 증상 수준의 구분에 따른 측정척도를 사용한 정량화한 도구이어야 한다.

7. 증상 설문조사 평가

(1) 별표 1의 근골격계 증상 설문조사에서 관련증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나, 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하며, 증상의 정도는 중간 정도 통증(작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다)을 호소하는 경우에는 근골격계질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 있다고 평가한다.

(2) 정기적으로 증상 설문조사를 실시하여 사업장내 다수의 근로자가 (1)항에 해당하는 경우에는 산업보건의의 평가하에 건강진단 등의 적절한 조치를 취하여야 한다.

8. 근골격계질환의 위험요인 정기조사

(1) 사업주는 노동부고시 제7조의 규정에 의하여 작업장내 근골격계질환의 위험요인을 1년에 1회 이상 주기적으로 조사하여야 한다.

(2) 사업주는 위험요인에 대한 정기조사를 노동부고시 제12조제3항의 규정에 의하여 훈련받은 안전·보건관리자(안전·보건관리대행기관을 포함한다) 또는 관리감독자로 하여금 실시하게 한다.

9. 위험요인 조사 항목

작업관련 근골격계질환의 발생 위험요인에 대한 조사는 다음 각 호 사항이 포함되도록 하여야 한다.

(1) 반복동작과 관련한 작업강도, 작업주기, 분당회수, 작업속도, 작업시간 등에 관한 사항

(2) 신체부위별 작업자세 및 동작 등에 관한 사항

(3) 무리한 힘의 사용과 관련한 중량물의 들기와 이동, 동력공구의 사용 및 손에 힘을 주어서 쥐거나 짚는 작업 등에 관한 사항

(4) 공구 또는 작업대로부터 손바닥, 손가락, 손목, 팔, 팔꿈치 등이 날카롭

거나 딱딱한 면에 눌리는 신체접촉에 관한 사항

(5) 진동(국소진동, 전신진동), 소음, 온도 및 조명에 관한 사항

(6) 기타 작업과 관련한 직무범위, 작업제한성, 의사소통 및 의사결정 등 사회심리적 요인에 관한 사항

10. 위험요인 조사 도구

(1) 작업장내 관련질환의 발생 위험요인에 대한 정기조사는 별표 2 또는 국내외적으로 타당성이 검증된 점검표로 조사하여야 한다.

(2) 타당성이 검증된 도구라 함은 발생 위험요인의 특성에 따른 적절한 평가도구로서 각 위험요인에 대하여 위험성의 정도에 따른 측정척도를 사용한 정량화한 도구이어야 한다.

11. 위험요인 조사 평가

(1) 별표 2의 인간공학적 위험요인 조사에서 근골격계질환의 위험요인에 따른 노출시간 기준으로 정량적으로 평가하였을 때, 조사표 A, B 각각 5점을 초과하는 작업의 경우에는 인간공학적 위험이 있다고 평가한다.

(2) 정기적으로 위험요인 조사를 실시하여 (1)항에 해당하는 경우에는 인간공학 전문가 또는 전문기관으로 하여금 해당 작업에 대한 근골격계질환의 위험요인 정밀조사 등의 조치를 취하여야 한다.

[별표 1]

근골격계 증상 설문조사

이름 : _____

키 : _____cm

몸무게 : _____kg

질문) 지난 1년간 목, 어깨, 팔, 손/손목/손가락, 허리, 다리/발 등에 통증이나 수심·저림 등의 불편한 증상을 느낀 적이 있습니까? 아니오 ☐ 예 ☐

질문) 증상을 느끼신 적이 있다면 증상이 있었던 부위에 **V표** 하시고, 아래의 문항에 각 부위별로 답해주시기 바랍니다.

	목 부위	어깨 부위	팔/팔꿈치	손/손목/손가락	허리	다리/발
1. 평소에는 통증이나 수심·저림 등의 증상을 느끼셨습니까?	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>	오른쪽 <input type="checkbox"/> 왼쪽 <input type="checkbox"/> 양쪽 모두 <input type="checkbox"/>
2. 얼마전부터 증상을 느끼셨습니까?	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터	년 개월 전부터
3. 이러한 증상은 언제 나타났습니까?	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>	1시간 이내 <input type="checkbox"/> 1시간 - 24시간 <input type="checkbox"/> 24시간 - 1주 <input type="checkbox"/> 1주 - 1달 <input type="checkbox"/> 1달 - 6개월 <input type="checkbox"/> 6개월 이상 <input type="checkbox"/>
4. 이러한 증상은 자주 발생합니까?	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>	항상 <input type="checkbox"/> 매일 몇시간 <input type="checkbox"/> 일주일에 한번 <input type="checkbox"/> 한달에 한번 <input type="checkbox"/> 2-3개월에 한번 <input type="checkbox"/> 3개월 이상에 한번 <input type="checkbox"/>
5. 증상의 원인이 무엇이라고 생각하십니까?	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>	업무, 작업 <input type="checkbox"/> 질병, 외상 <input type="checkbox"/> 집안일 <input type="checkbox"/> 취미, 운동 <input type="checkbox"/> 기타 _____ <input type="checkbox"/>
6. 지난 1년간 증상을 나타내지 않았습니까?	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. 1-5점까지 다음 질문에 답하십시오.	1점: 전혀 안아프다 (통증 없음) 2점: 약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낀다 (약한 통증) 3점: 작업 중 통증이 있으나 쉼 후 휴식을 취하면 괜찮다 (중간 정도 통증) 4점: 작업 중 통증이 비교적 심하고 쉼 후에도 통증이 계속된다 (심한 통증) 5점: 통증 때문에 작업은 물론 일상생활을 하기가 어렵다 (매우 심한 통증)					
	() 점	() 점	() 점	() 점	() 점	() 점
8. 이러한 증상은 (작업, 병, 외상 등) 어떤 원인으로 발생했습니까?	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. 이러한 증상은 (작업, 병, 외상 등) 어떤 원인으로 발생했습니까?	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. 이러한 증상은 (작업, 병, 외상 등) 어떤 원인으로 발생했습니까?	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"/>
12. 증상이 진정되기 위해 어떤 조치를 취하셨습니까?	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>	휴식 <input type="checkbox"/> 작업 전환 <input type="checkbox"/> 치료 <input type="checkbox"/> 휴직 <input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/>

[별표 2]

인간공학적 평가표

가. 상지의 위험요인 평가표 A

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							
항 목	위험요인	노출시간			8시간+ (0.5/시간) 가산	점수	
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간			
반복성 (손가락, 손목,팔꿈치, 어깨,목)	1. 고반복작업(15초 미만의 주기)	0.5	1	3			
	2. 지속적인 반복(데이터 입력과 같이 지속성을 요구)	0.5	1	3			
	3. 간헐적인 반복(50~75%의 다른 작업 포함)	0	0	1			
손 힘 (반복/정적)	1. 쥐는 힘(4.5kg 이상): 파워 그립으로 들거나 쥐는 것	0.5	1	3			
	2. 집는 힘(0.9kg 이상): 핀치 그립으로 집는 것	1	2	3			
작업자세	1. 목 : 20도 이상 앞숙이기/옆기울기 또는 5도 이상 뒤로 젖히기	0.5	1	2			
	2. 어깨: 팔꿈치/팔이 가슴높이 이상에 위치(지지대없이 정밀조립작업)	1	2	3			
	3. 아래팔 : 비틀기(드라이버 등 도구 이용)	0.5	1	2			
	4. 손목굽히기(수동조립, 데이터 입력) 숙이기($\geq 20^{\circ}$)/젖히기($\geq 30^{\circ}$)	1	2	3			
	5. 손가락 손가락잡기(칼, 마우스 등)	0	0	1			

가. 상지의 위험요인 평가표 A - 계속

항 목	위 험 요 인	노출시간			8시간+ (0.5/시간) 가산	점수
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간		
신 체 압 박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 눌림 (손바닥, 손가락, 손목, 팔, 팔꿈치)	0.5	1	2		
	2. 망치와 같은 공구(손바닥 사용)	1	2	3		
진 동	1. 국소진동(진동 흡수체 미사용)	0.5	1	2		
	2. 전신진동(진동 흡수체 미사용)	0.5	1	2		
환 경	1. 조명(부적합 조명/눈부심)	0	0	1		
	2. 저온작업(손노출) 좌식작업 : 16℃ 이하, 가벼운작업 : 4℃ 이하, 보통·힘든작업 : -7℃ 이하 노출시	0	0	1		
작업조절	1. 기계 의존적인 작업속도 2. 지속적 모니터링 3. 일당 목표제 (하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)					
총 점						

나. 허리·하지 위험요소 평가표 B

* 주) 보통 부하 : 물건을 밀고 당길 경우 초기 9kg 소요 될 경우.
90kg(18kg 상자 X 5개)를 실은 대차를 밀고 당길 경우

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							
항 목	위 험 요 인	노출시간			8시간+ (0.5/시간) 가산	점수	
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간			
작업자세 (반복/정적)	1. 몸통 앞숙임, 옆기울임 (20°~45°)	0.5	1	2			
	2. 45°이상 앞숙임	1	2	3			
	3. 몸통을 뒤로 젖힘	0.5	1	2			
	4. 몸통을 비틀	1	2	3			
	5. 허리 지지없이 장시간 앓음	0.5	1	2			
	6. 입식작업/좌식작업중 발지지불량	0	0	1			
	7. 무릎 꿇음/웅크림	1	2	3			
	8. 발목의 반복사용(페달스위치)	0.5	1	2			
신체압박	1. 다리를 기대어 딱딱하거나 날카로운 물체에 접촉	0.5	1	2			
	2. 무릎 사용	1	2	3			
진 동	1. 진동표면에 서거나 앉아서 노출됨 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2			
밀기/당기기	1. 보통무게 쇼핑카트에 사과를 가득 실은 무게	0.5	1	2			
	2. 무거운 무게 캐비닛 끌기/밀기 정도의 힘	1	2	3			
작업속도조절	1. 기계 의존적인 작업속도 2. 지속적 모니터링 3. 일당 목표제 (하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)						
인력운반점수(평가표 C)							
총 점							

힘든 부하 : 밀고 당길 경우 필요한 힘으로 초기 22kg의 힘이 요구 될 경우.
카펫트 위의 캐비닛을 끌 때 정도의 힘

다. 인력 운반 평가표 C

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg	
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간		
주요위험작업								
단 계		구 분					점수	
1단계 (손에서 발끝까지 수평거리) - 평균 수평거리 (10분이하 빈도) - 최대 수평거리 (10분이상 빈도)		가까이들기 (수평거리10cm이내)		중간들기 (수평거리10~25cm) m)		멀리들기 (수평거리 25cm이상)		
2단계 무게고려(kg) - 평균무게적용 (10분이하 빈도) - 최대무게적용 (10분이상 빈도) - 4.5kg이하 : 무게 점수는 0으로 함		위험 영역	23kg 이상 (5점)	위험 영역	15kg 이상 (6점)	위험 영역	12kg 이상 (6점)	
		주의 영역	7~23kg (3점)	주의 영역	5~15kg (3점)	주의 영역	4.5~12kg (3점)	
		안전 영역	7kg 미만 (0점)	안전 영역	5kg 미만 (0점)	안전 영역	4.5kg 미만 (0점)	
2단계 점수								
3단계 기타위험요인 - 빈도 10분이상일 경우 1시간이내 들기작업에 해당 - 위험요인이 대부분 들기 작업에 나타날 경우, 1시간이상 들기작업에 해당		위험요인			전체작업시간 중 1시간이내 들기작업	1시간이상 들기작업		
		몸통을 비틀			1	1		
		한손으로 들기			1	2		
		불안정한 물건들기 (사람, 액체, 불균형물체 등)			1	2		
		분당 1~5회 들기			1	1		
		분당 5회 이상 들기			2	3		
		어깨 이상 들기			1	2		
		무릎 아래에서 들기			1	2		
		3~9m 이동 운반			1	2		
		9m 이상 이동 운반			2	3		
		앞거나 무릎을 꿇은 상 태에서 들기			1	2		
3단계 점수								
총 점 : 2단계와 3단계 점수의 합(평가표B에 가산됨)								

■ 판권표

연구과제명 : 전기전자 제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환 연구

연구자료 : 연구원 2002-4-4

발행일 : 2001.12.31.

발행인 : 정 호 근

연구책임자 : 김 규 상

발행처 : 산업안전보건연구원

전화 : 032-5100-927

F A X : 032-518-0862