

博 士 學 位 論 文

指導教授 鄭 炳 榕

電子業種의 筋骨格系疾患관련

人間工學的 危險因子에 關한 研究

A Study on the Ergonomic Risk Factors in
Musculoskeletal Disorders at Electronics Firms

2 0 0 3 年 6月 日

漢城大學校 大學院

産 業 工 學 科

人 間 工 學 專 攻

李 東 旻

博 士 學 位 論 文

指導教授 鄭 炳 榕

電子業種의 筋骨格系疾患관련

人間工學的 危險因子에 關한 研究

A Study on the Ergonomic Risk Factors in
Musculoskeletal Disorders at Electronics Firms

위 論文을 産業工學 博士學位 論文으로 提出함

2 0 0 3 年 6月 日

漢城大學校 大學院

産 業 工 學 科

人 間 工 學 專 攻

李 東 炅

李東炅의 産業工學 博士學位 論文을 認定함

2003年 6月 日

審査 委員長 김 대 홍

審 査 委 員 이 재 득

審 査 委 員 정 병 용

審 査 委 員 나 건

審 査 委 員 김 규 상



目 次

1. 서론	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구 목적	3
1.3 연구 방법	3
2. 전자업종의 근골격계질환 특성	6
2.1 근골격계질환의 국내·외 실태	6
2.2 사례를 통한 근골격계질환의 경향성 파악	16
2.3 전자업종의 인간공학적 작업 위험 평가	20
3. 전자업종의 인간공학적 위험성 평가 도구 제안	30
3.1 근골격계질환의 위험요인에 대한 문헌적 고찰	30
3.1.1 근골격계질환의 작업관련성 기본 위험인자	30
3.1.2 인간공학적 위험인자별 역학적 기준	36
3.1.3 전자업종관련 위험인자 선정	58
3.2 전자업종을 위한 인간공학적 위험성 평가도구의 개발	65
4. 결론 및 토의	80
4.1 결론	80
4.2 토의	84

참고문헌	86
< 부 록 >	94
ABSTRACT	116

表 目 次

<표 2-1> 한·미 양국의 총 재해자 대비 근골격계질환자 비교표 (최근10년)	8
<표 2-2> 최근 10년의 한·미 양국 근골격계질환자 발생 현황 비교표	9
<표 2-3> 국내 누적외상성 질환 연구결과	18
<표 2-4> 미국의 1998년도 신체부위별 근골계질환 분포	19
<표 2-5> 산업안전보건연구원에 의뢰된 직업성 근골격계질환관련 사례	22
<표 2-6> 작업자 특성별 근골격계질환 호소율	25
<표 2-7> 전자업종의 인간공학적 위험성 평가 및 설문결과	26
<표 2-8> 설문응답인원 전원에 대한 신체부위별 근골격계질환 호소율 ..	27
<표 2-9> 대기업 증상호소자에 대한 평가도구 적용 결과	28
<표 2-10> 중소기업 증상호소자에 대한 평가도구 적용 결과	28
<표 2-11> 전체 증상호소자에 대한 평가도구 적용 결과	29
<표 3-1> 근골격계질환과 유해인자의 원인적 연계성	35
<표 3-2> 신체부위별 위험빈도(Kilbom)	44
<표 3-3> ACGIH 진동노출 한계기준	53
<표 3-4> 역학적 조사 결과에 따른 신체부위별 위험요소 결과	61
<표 3-5> 근골격계질환 발생과 물리적 작업요인과의 인과관계 (NIOSH, 1997)	62
<표 3-6> 근골격계질환 발생과 물리적 인과관계 변환	63

<표 3-7> 위험요인 인자별 가중치 결과 값	63
<표 3-8> 정적작업과 비 정적작업의 개선요구사항 비교	65
<표 3-9> 상지의 스트레인 평가표(Upper Limb Strain Assessment) ..	67
<표 3-10> 상지의 스트레인 평가 결과 해석 기준	70
<표 3-11> 'b'의 주의점수 산정 근거표	72
<표 3-12> 'b'의 위험점수 산정 근거표	74
<표 3-13> 'c'의 주의점수 산정 근거표	76
<표 3-14> 'c'의 위험점수 산정 근거표	78
<표 4-1> 상지의 스트레인 평가표 적용 결과표	81
<표 4-2> 상지관련 평가표의 장단점	83

圖 目 次

<그림 2-1> 2002년 근골격계질환자의 업종별 분포.....	10
<그림 2-2> 한국의 2002년 근골격계질환자의 중분류.....	10
<그림 2-3> 미국의 1998년도 직종별 분포도.....	11
<그림 2-4> 미국의 1998년도 업종별 유병율 조사결과.....	12
<그림 2-5> 한국의 2002년도 근골격계질환 종류비교.....	12
<그림 2-6> 한국의 2002년도 근골격계질환자 성별분포.....	13
<그림 2-7> 미국의 1998년도 근골격계질환자 성별 분포.....	13
<그림 2-8> 한국의 2002년도 근골격계질환자 연령별 분포.....	14
<그림 2-9> 미국의 1998년도 근골격계질환자 연령별 분포.....	14
<그림 2-10> 한국의 2002년도 근골격계질환자의 근속기간별 분포.....	15
<그림 2-11> 미국의 1998년도 근골격계질환자의 근무기간별 분포.....	15
<그림 2-12> 미국의 1998년도 근골격계질환 신체부위별 분포.....	19

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

최근 산업현장에서 발생하는 산업재해발생의 형태를 보면 재해자 수(2002년 81,911명)는 다소 증가(전년대비 $\Delta 477$ 명)하였으나 재해율(2001년, 2002년 0.77)의 변동은 없으며 사망자 수도 약간의 증가세를 보이다가 작년 2605명으로 처음으로 전년대비 143명($\nabla 5.2\%$)감소하는 결과를 나타내고 있다. 재해자 중 업무상질병자도 5,417명으로 236명 ($\nabla 4.2\%$) 감소하는 경향을 보였으나 근골격계질환자는 1,827명으로 ($\Delta 11.8\%$) 증가하는 결과를 보이고 있다.¹⁾

근골격계질환자가 최근 급속히 증가(1998년;123명, 1999년;344명, 2000년 1,009명, 2001년;1,598, 2002년;1,827명) 하고 있는 원인으로는,²⁾ 현대 사회가 과학기술의 발전에 힘입어 많은 생산 시설이 자동화되어 가고 있는 반면 작업의 방법은 더욱 단순화되면서 작업자들은 점점 더 단순작업의 형태로 작업형태가 바뀌어 가고 더불어 최종 제품의 취급은 아직도 직접 물건을 들고, 옮기며 검사 조립해야 하는 생산 활동이 수행되고 있다.

특히, 우리나라에서는 지금까지의 고도 산업발전이 전자, 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 산업 재해를 들 수 있다. 산업재해는 작업자의 실수나 생산 설비의 오작동 등에 의한 순간적인 사고에 기인하는 경우도 많지만, 최근에는 비 인간공학적 작업조건으로 인한 과도한 작업부하 또는 작업방법으로 인하여 작

1) 노동부, 2002 산업재해조사분석

2) 한국산업안전공단, 2002 산업재해원인조사

업자에게 누적되어 발생하는 요통과 누적외상성장애와 같은 작업관련 근골격계질환의 요양 신청이 급격히 증가하고 있다.

이와 같은 변화에 능동적으로 대처하기 위해 우리나라 정부에서는 2002년 12월 30일자로 산업안전보건법을 개정 공포(법률 제 6847호)하였으며, 이로서 단순반복작업 또는 중량물 취급 등으로 인한 근골격계질환의 예방을 위한 법적 근거가 마련되었다.

이에 따라, 사업주는 사업을 행함에 있어서 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의하여 발생하는 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하도록 (산업안전보건법 제24조 제1항 제5호; 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해, 신설)의무사항이 주어졌으며, 이어서 근골격계질환예방 관련 규칙개정(안)이 입법예고 되었고 세부적인 제도와 구체적인 지침을 정부에서 현재 마련 중에 있다.

이러한 근골격계질환예방 관련법규는 올해 7월 1일부터 시행되므로 사업장에서는 무엇을 어떻게 준비를 해야 하며 작업장의 인간공학적 위험요인을 어떻게 평가하는지에 대한 관심이 매우 높은 상태이다.

하지만, 근골격계질환의 특성상 그 원인과 결과의 모호성이 존재하고 질환의 발생예측이 어렵다는 점뿐만 아니라 다양한 업종과 상이한 작업형태 때문에 근골격계질환예방을 위한 작업조건을 인간공학적으로 평가한다는 것은 쉬운 일이 아니다.

그러나, 근골격계질환이 사회적으로 큰 문제가 되어가고 있고 이에 대한 예방대책의 효율적인 정착을 위해서 객관적 기준제시를 위한 인간공학 평가 도구를 제시하는 것은 매우 중요한 과제중의 하나이다.

1.2 연구의 목적

본 연구에서는 이러한 현 시대의 가장 큰 고충중의 하나인 근골격계질환예방을 위한 작업장의 인간공학적 위험요인에 대한 객관적이고 효율적인 평가방법을 제시하기 위해 단순반복작업의 대표적 산업이며 근골격계질환의 위험에 쉽게 노출될 수 있는 여성근로자의 비율이 높은 전자업종을 선택하여 단순반복작업에 대한 위험요인을 조사하고 우리나라 현실에 적합한 새로운 평가도구를 제시하고자 한다.

이를 위한 연구 목적을 좀더 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

첫째, 현재 우리나라의 전자업종에 종사하는 작업자에 대하여 근골격계질환의 위험성이 어느 정도 되는지를 조사 평가하는 것이다.

둘째, 현재 단순반복작업에 사용되고 있는 위험성 평가도구 특히, 본 전자산업 조사에 사용된 평가 도구들의 적정성을 검증하는 것이다

셋째, 인간공학전문가의 정밀조사에 앞서 사업장의 안전보건관계자들이 간단한 교육을 통해 쉽게 자사의 작업장을 스스로 평가하고 관리할 수 있는 현재의 우리나라 전자산업의 인간공학적 위험요인 특성이 고려된 새로운 인간공학적 평가도구를 개발하는 것이다

1.3 연구 방법

1.3.1 조사대상

조사대상은 전자산업관련 한 개의 대기업(L 전자회사, 협력회사 포함)의 종업원 99명과 경인지역의 전자산업관련 중규모 12개 사업장에서 조

립, 검사, 계측 등의 작업에 종사하는 근로자 286명을 사전 표본 추출하여 조사를 실시하였다. 조사대상에 속한 전기·전자 제조업체는 반도체 제조공정의 검사, 설계, 포장작업과 오디오·전화기 제조업체의 조립작업, 통신기기제조업체의 PCB 조립, 검사, 운반 등 일반적인 우리나라 일반 전자산업에서 작업하는 다양한 직무들을 포함하도록 선정하였다.

현재의 실태조사는 대기업의 경우 5개 작업군 16개 작업공정에서 실시하고 중소기업의 경우는 12개 업체 58개 작업공정에서 실시하였다.

마지막으로 새로운 평가 도구의 검증을 위하여 선택한 작업은 상기 작업자 중 위험을 호소한 작업자 중 5개를 임의선정하고 나머지 5개 작업은 한국산업안전공단의 직업병(근골격계질환)조사 의뢰자 중 단순반복작업으로 인한 상지 질환자에 대하여 선정하였다.

1.3.2 조사방법

우선 작업자의 근골격계질환관련 인간공학적 위험노출정도를 파악하기 위해 우선적으로 현장조사와 작업자 면담 및 설문조사 실시하였다. 작업공정별 대표성이 있는 작업에 대하여 인간공학적 분석도구를 적용하여 작업위험요인을 파악하기 위하여 작업분석을 실시하였다.

이상의 현장조사를 통하여 얻은 데이터는 아래의 기준으로 분석되었다.

첫째, 설문조사는 증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하며, 증상의 정도는 심한 통증 혹은 매우 심한 통증을 호소하는 경우로 요양이 필요할 정도의 누적외상성질환을 앓고 있을 가능성이 높은 사람들로 근골격계질환증상호소자로 분류하여 전체대상자의 근골격계질환 증상호소자율을 파악하였다. 근골격계질환증상호소자 파

악을 위한 단계는 다음과 같다.

- 조건 1 : 통증 지속시간이 1주일 이상이거나 통증 빈도가 1달 1번 이상에 해당할 경우
- 조건 2 : 통증 강도는 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) 에 해당할 경우

근골격계질환증상호소자로 분류하는 기준은 신체의 어느 한 부위라도 이상의 조건1과 조건 2가 동시에 발생할 경우로 정하였다.

설문조사를 통하여 전자산업에 종사하는 근로자들의 일반적 위험정도를 대기업과 중소기업 그리고 근무기간 등에 따라 특이한 차이가 있는가를 밝힌다.

둘째, 공정별로 선택된 샘플 작업(중소기업: 38명, 대기업: 13명)에 대하여 실제의 작업환경에 대하여 인간공학적 도구들을 (SI, RULA, KOSHA-CODE, ANSI 등) 사용하여 객관적이고 정량적인 위험정도를 파악한 후 자각증상으로 설문 조사된 증상호소자와의 상관관계를 통하여 적용한 각 평가 도구의 객관적 위험성평가결과와 증상호소자의 주관적 견해의 통계적 신뢰성을 밝히고 평가도구간의 적용성의 우선순위를 밝힌다.

셋째, 근골격계질환의 위험요인에 대한 특징을 파악하기 위해 일반적인 위험요인 즉 무리한 힘, 고 반복, 나쁜 자세, 진동, 저온, 접촉 스트레스, 기타 정신물리학적 요인 등에 대한 문헌적 고찰을 통해 전자업종에 필요한 근골격계질환 위험요인을 도출한다. 이렇게 도출된 중요한 위험요인 중 본 현장 조사에서 사용된 각 평가도구들에서 누락된 요인들을 추가하여 현장에서 사용 판정하기 용이하며 전자업종의 특성을 고려하여 단순 반복적이고 정적이며 우리나라 현재의 사회심리적 요인을 적용시킨 현장에서 쉽게 사용할 수 있는 인간공학적 평가도구를 개발한다.

넷째, 전자산업용으로 개발된 평가도구를 전자산업의 다양한 작업 10개를 선정하여 평가기준의 타당성 검증을 위해 시범 평가하고 이때 기존 평가 도구와 상호 비교하여 문제점과 장점에 대해 토의하고 발전방안에 대해 제언한다.

2. 전자업종의 근골격계질환 특성

2.1 근골격계질환의 국내·외 실태

부적절한 자세로 혹은 무리하게 작업을 수행하면 통증과 피로가 발생할 수 있다. 이런 상태에서 근육, 힘줄, 인대, 신경 및 혈관이 손상될 수 있다. 이 같은 유형의 상해를 근골격계질환(Musculoskeletal Disorders, MSD)이라고 한다.³⁾

이로 인해 직·간접적으로 사업비용을 가중시킬 수 있다. 직접비로는 의료비 및 작업자 보상비가 포함될 수 있다. 근로자 간접비에는 이직, 결근 및 재교육비가 포함되며 그 비율이 점차 늘어나고 있는 실정이다. 생산성, 제품 품질 및 근로자 사기에도 나쁜 영향을 줄 수 있다. MSD와 관련된 간접비가 직접비보다 4 ~ 10배 높은 것으로 추정되고 있다.

유사한 용어로 누적외상성질환(Cumulative Trauma Disorder, CTD)은 고도로 분업화된 현대 산업환경에서 장기간에 걸친, 지속적인 반복동작에 의하여 근육, 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생되고, 이것이 누적되어 각종 단순조립작업, 컴퓨터 작업 등 연속적인 반복동작을 필요로 하는 작업에 종사

3) California Department of Industrial Relations Cal/OSHA, Easy Ergonomics, 1999)

하는 근로자들에게서 나타나는 직업성 질환을 칭하는 것으로 이 또한 근골격계질환을 의미하는 것이다.

누적외상성 질환은 주로 목, 어깨, 팔 등 상지에 나타나며 초기에는 가벼운 통증, 저림, 얼얼함 등의 증상으로 시작하나 계속 진행되면 운동마비, 근육위축 등으로까지 발전하는 것으로 우리나라에서는 “경견완증후군”으로 알려져 있는 병이다.⁴⁾

이렇게 누적외상성 질환이 직업병의 문제로 대두되게 된 배경에는 사무 자동화의 급진전과 함께 노동강도의 강화 또는 단순 반복작업의 세분화에 그 원인이 있을 수 있으나, 근골격계질환의 문제가 직업과 관련된 직업병으로 인식되면서 발병률이 높아져 환자가 증가하고 있는 것으로 여겨진다. 이러한 추세로 볼 때 근골격계질환은 향후 주요 직업병으로서 빠르게 증가하며 중요한 문제로 부각될 것으로 예상된다.

선진국에서도 이러한 근골격계질환이 2000년대에는 직업병 발생순위에서 수위를 차지할 것으로 판단하고 있으며, 산재비용의 50%를 점유할 것으로 우려되어 대책을 강구하고 있는 처지이다. 미국의 「OSHA 200 Logs」에 의해 집계된 직업병 통계(사기업 대상)를 보면 1981년도에 누적외상성 질환의 건수가 22,600건이었던 것이, 15년 후인 1995년도에는 약 13.4배 증가한 308,200건으로 전체 직업병 건수에서 62.3%를 차지할 정도로 급속히 증가하여 산업보건의 가장 심각한 문제 중의 하나로 자리 잡고 있다.⁵⁾

미국 노동부의 노동통계국(Bureau of Labour Statistics)에서 2000년 4월에 공포한 자료에 의하면 1998년도 전체 산업재해자수는 1,730,534명이 발생하여 연평균 근로자수 104,640,700명 대비 재해율(백인율)은 1.65%로 나타

4) 근로기준법 시행령 별표3 및 노동부 고시 제 1997-8호, 영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리 지침

5) 김규상, 작업관련근골격계질환의 실태와 원인, 인간공학적 작업장 개선 한국산업안전공단 2002.

났으며 근골격계 질환자수는 592,544명으로 전체 산업재해자의 34.2%를 점유하며, 유병율(백인율)은 0.57% 인 것으로 조사되었다.

〈표 2-1〉의 경우 미국의 경우 전체 재해자중 근골격계질환자가 차지하는 비율이 약 34 %에 달하나 우리나라는 아직 발병률이 낮은 점과 기타 다른 사회적 홍보의 미흡 등으로 전체 재해자 대비 2% 수준에 머물고 있다. 그러나 향후 법규제정에 따른 홍보의 확대 등으로 점차 그 비율이 미국과 같이 높아 갈 것으로 예측된다.⁶⁾

〈표 2-1〉 한·미 양국의 총 재해자 대비
근골격계질환자비교표(최근 10년)

구 분	미 국			한 국		
	전체 재해자(명)	근골격계 질환자(명)	비율(%)	전체 재해자(명)	근골격계 질환자(명)	비율(%)
1993	2,252,600	762,700	33.9%	90,288	-	-
1994	2,236,600	755,600	33.8%	85,948	-	-
1995	2,040,900	695,800	34.1%	78,034	-	-
1996	1,880,500	647,400	34.4%	71,548	506	0.7%
1997	1,833,400	626,400	34.2%	66,770	221	0.3%
1998	1,730,500	592,500	34.2%	51,514	124	0.2%
1999	1,702,500	582,300	34.2%	55,405	344	0.6%
2000	-	-	-	68,976	1,009	1.5%
2001	-	-	-	81,434	1,634	2.0%
2002	-	-	-	81,911	1,827	2.2%

〈표 2-2〉에서는 미국의 경우 전체 직업병자수 대비 근골격계질환자의 비율이 60 % 이상을 점유하고 있음을 보여주고 있고 우리나라도 최근 매년 비율이 증가하여 작년의 경우 34%까지 증가했음을 보여주고 있다.

6) 미국 통계 : 미국 노동통계국(BLS) 2001년 보고서

국내 통계 : 노동부 2002년 산업재해분석(2002.12 통계 잠정치)

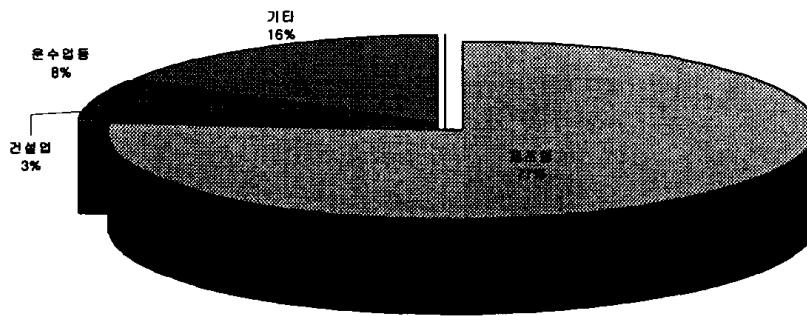
〈표 2-2〉 최근 10년의 한·미 양국 근골격계질환자 발생 현황 비교표

구 분	미 국			한 국		
	업무상 질병자(명)	근골격계 질환자(명)	비율(%)	업무상 질병자(명)	근골격계 질환자(명)	비율(%)
1993	482,100	302,400	63%	-	-	-
1994	514,700	332,100	65%	-	-	-
1995	494,800	308,200	62%	-	-	-
1996	439,000	281,100	62%	1,927	506	26%
1997	429,800	276,600	64%	2,119	221	10%
1998	391,900	253,300	65%	1,838	124	7%
1999	372,600	246,700	66%	2,732	344	13%
2000	-	-	-	4,051	1,009	25%
2001	-	-	-	5,653	1,634	29%
2002	-	-	-	5,417	1,827	34%

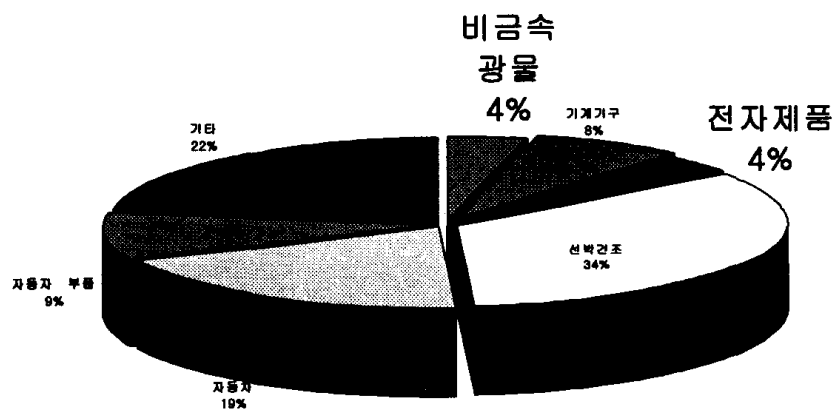
따라서, 특별한 예방대책과 사회적 환경의 변화가 없다면 근골격계질환자의 비중이 선진국과 같이 점차 증가할 것으로 예측된다.

그러므로, 우리나라가 선진국의 산업의 형태와 비슷하고 사회적 환경이 유사하다고 가정할 경우 2002년의 경우 우리나라 총 재해자 81,911명에 대한 미국의 총 재해자 대비 근골격계질환자 발생률 34%을 적용하면 $81,911명 \times 0.34 = 27,849명$ 이라는 잠재적 근골격계질환자가 있다고 볼 수도 있어 향후 우리나라의 근골격계질환예방 대책의 중요성을 알 수 있다.

업종별 분포를 살펴보면, 〈그림 2-1〉과 〈그림 2-2〉에서 한국의 경우 2002년 1,827명 환자중 제조업이 전체의 77%를 점유하고 있으며, 운수 및 통신업(93명, 8%), 건설업(28명, 3%)이 그 다음으로 나타나고 있다. 제조업 중에서 선박건조(479명, 34%), 자동차제조(267명, 19%), 자동차 부품제조(131명, 9%)를 점유하고 있고, 기계기구제조업(105명), 전자제품제조업(52명, 4%) 등도 건설업 보다 높게 나타나고 있다.⁷⁾



〈그림 2-1〉 한국의 2002년 근골격계질환자의
업종별 분포

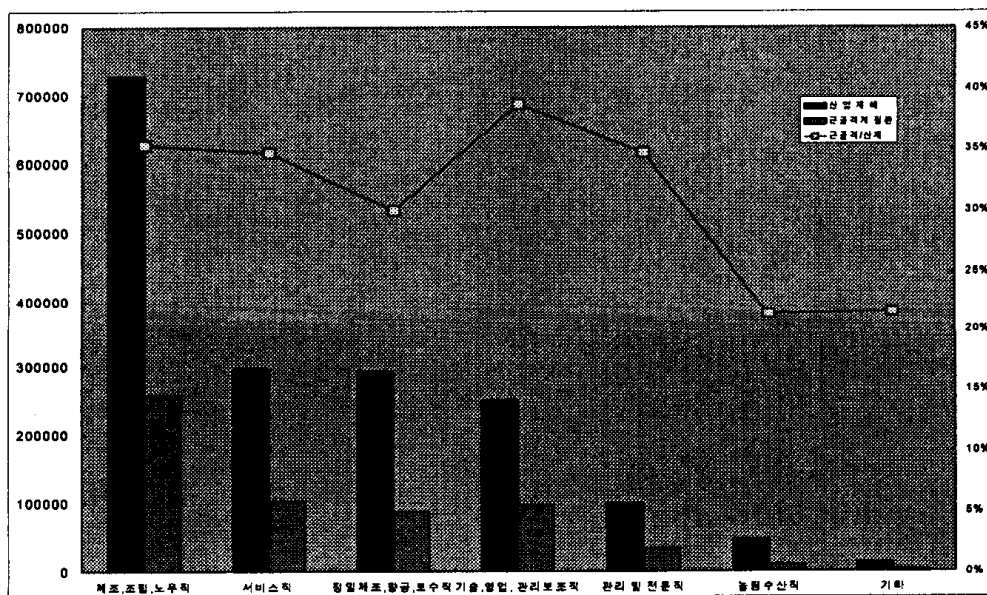


〈그림 2-2〉 한국의 2002년 근골격계질환자의 중분류

미국의 경우는 〈그림 2-3〉 과 〈그림 2-4〉 에서 나타났듯이 전체 산업

재해자와 근골격계질환자가 가장 높은 직종은 제조·조립·노무직이었고 전체 산업재해에 대한 근골격계질환의 점유율은 제조·조립·노무직이 38.6%로 가장 높았고, 그 다음은 서비스직(17.4%)과 기술·영업·관리보조직(16.4%)의 순의 분포를 보인다. 특이한 것은 서비스직과 사무보조직에서 약 33.8%의 높은 비중을 차지하고 있어 우리나라도 향후 생산직이 아닌 사무직에서의 단순반복작업에 대한 대책도 시급히 준비해야 할 것으로 나타났다.

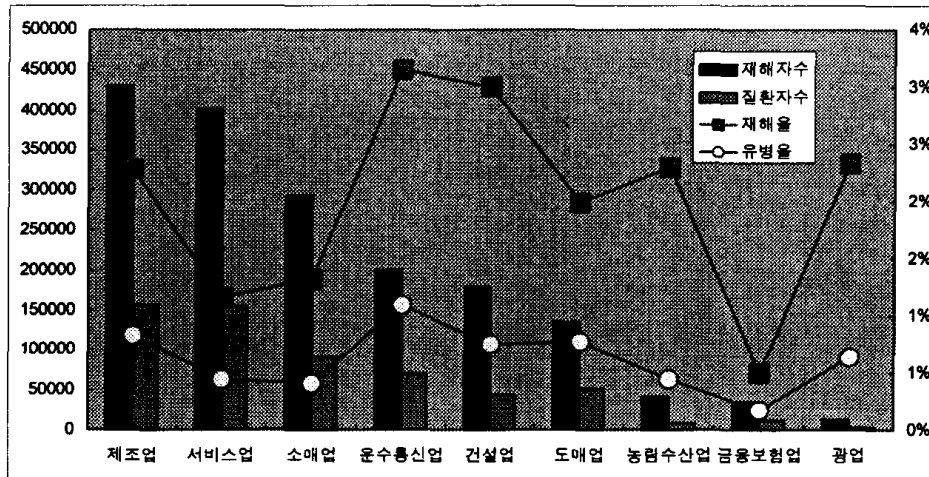
반면에 산업재해율은 운수통신업이 3.15%로 가장 높고, 그 다음이 건설업, 광업, 농림수산업, 제조업의 순으로 나타나고 있어 제조업의 경우 일반 산업재해는 감소하나 근골격계질환은 선진국에서는 줄어들지 않고 있음을 알 수 있다.



〈그림 2-3〉 미국의 1998년도 직종별 분포도

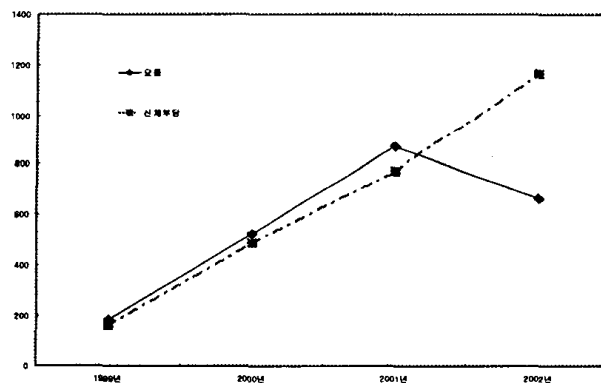
〈그림 2-4〉에서는 근골격계질환의 유병율은 운수통신업이 1.09%로 가장

높고, 그 다음이 제조업, 도매업, 건설업의 순이었으며 전체 산업재해에 대한 근골격계질환의 점유율은 도매업(38.8%)과 서비스업(38.6%), 제조업(36.4%), 운수통신업(34.6%)이 모두 높은 분포를 보이고 있다.



〈그림 2-4〉 미국의 1998년도 업종별 유병율 조사결과

〈그림 2-5〉에서 보면 직업병 종류별 분포현황은 2001년도까지와는 다르게 신체부담의 원인에 의한 근골격계질환이 요통의 수를 앞서고 있다.

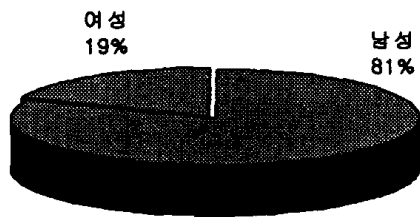


〈그림 2-5〉 한국의 2002년
근골격계질환 종류비교

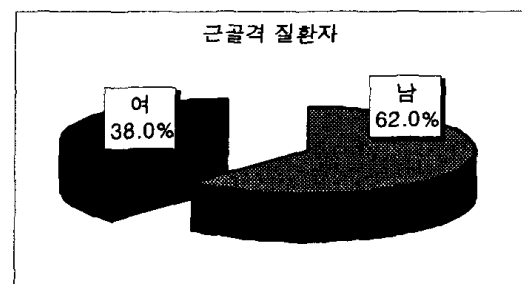
〈그림 2-6〉 과 〈그림 2-7〉 의 성별 분포는 한국의 경우 남성 근로자가 전체 질환자의 81%를 차지하고 있으며, 여성 근로자의 비율은 19%를 점유하고 있으며 미국의 경우도 남성이 62 %를 차지하고 여성은 38 %를 차지한다.

여성의 비율이 미국에서가 한국에서 보다 두 배 높은 경향을 보이고 있으므로 향후 한국에서도 여성 비율이 지금 보다 더 증가 할 수 있음에 유의하여 여성근로자에 대한 보호대책을 준비해야 한다.

따라서, 여성근로자가 많은 비중을 차지하는 전자업종에 대한 근골격계 질환연구는 매우 의미가 있다고 보인다.

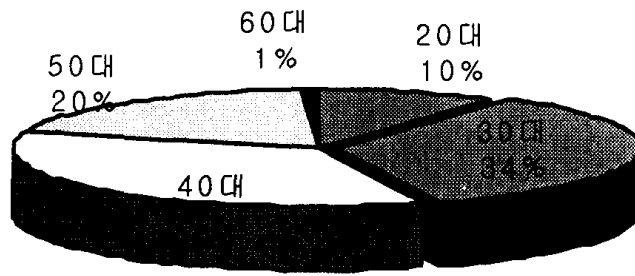


〈그림 2-6〉 한국의 2002년도
근골격계질환자 성별분포

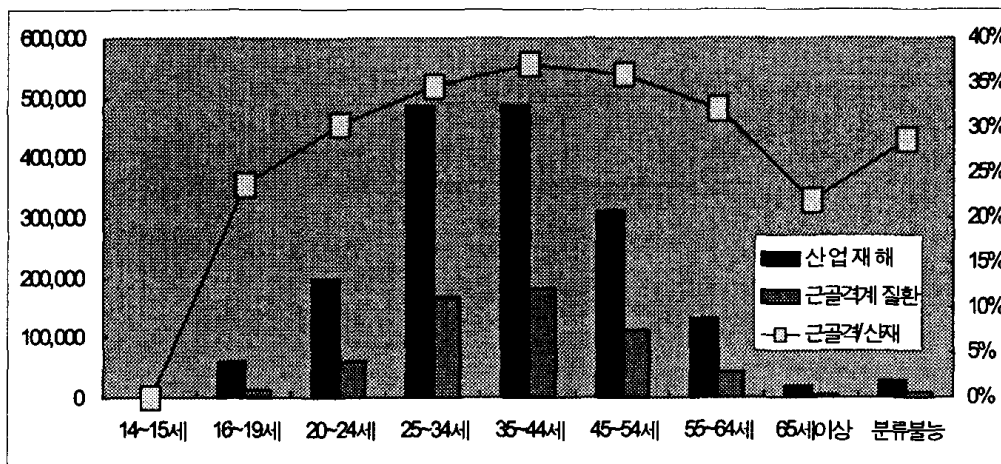


〈그림 2-7〉 미국의 1998년도
근골격계질환자 성별분포

〈그림 2-8〉 과 〈그림 2-9〉 에서 연령별 분포를 보면 한국의 경우 30대 (34%), 40대(35%)가 가장 높은 비율을 점유하고 있으며, 전체의 79%를 점유하고 있으며 미국의 경우에서도 30대와 40대가 큰 비중을 차지하고 있다.



〈그림 2-8〉 한국의 2002년 근골격계질환자 연령별 분포

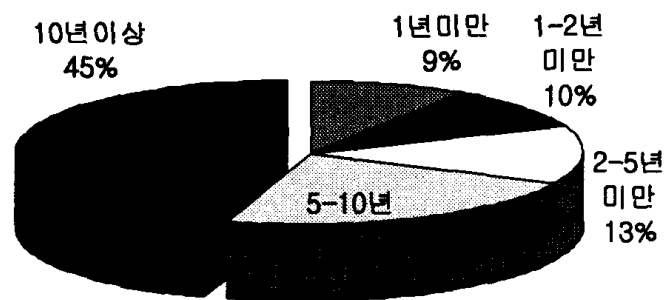


〈그림 2-9〉 미국의 1998년도 근골격계질환자 연령별 분포

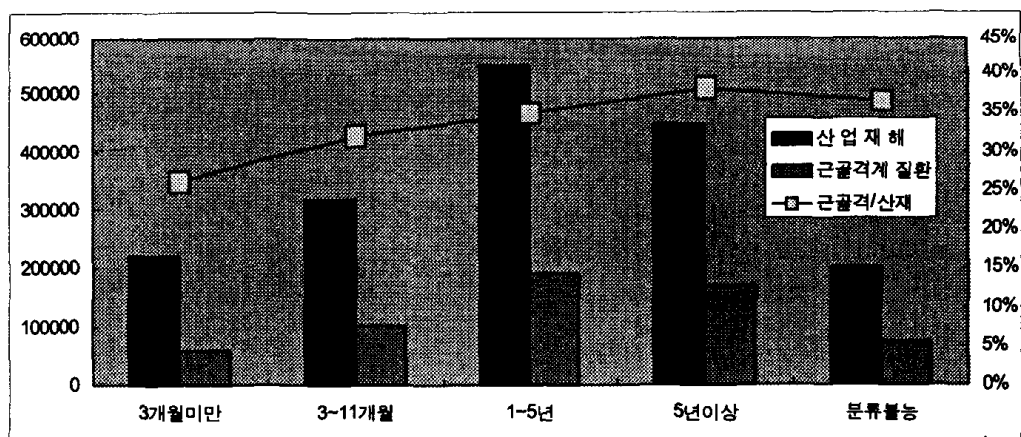
〈그림 2-10〉 과 〈그림 2-11〉 에서 보면, 한국의 경우 근무기간이 5년 이상인 경우가 68%이고 1년에서 5년 사이가 13 %의 순위를 보이는 반면 미국의 경우는 근속년수 1~5년에서 32.3%로 근골격계질환의 발생이 가장 높고 다음은 5년 이상이 28.6 %이며 1년 이하도 26.8%를 차지하고 있다.

한국은 근무기간이 길수록 근골격계질환 발생률이 높은 것으로 나타나고 미국은 근무기간이 짧은 경우에도 발생하는 경우가 많음을 볼수 있다.

따라서, 근무기간이 짧다고 해서 안전하다고 볼 수는 없으며 작업자의 작업조건에서 인간공학적 위험인자노출 정도를 조사하여 유해정도를 낮추어 줄이는 노력을 해야 만이 근골격계질환을 근원적으로 줄일 수 있을 것이다.



〈그림 2-10〉 한국의 2002년
근골격계질환자의 근속간별 분포



〈그림 2-11〉 미국의 1998년도 근골격계질환자의
근무기간별 분포

규모별 분포는 한국의 경우 1,000인 이상이 39%, 5-50인 미만이 21%를 점유하고 있어 아직도 대기업 중심에서 근골격계질환에 대한 정보가 전달되어 있고 노동조합의 활동이 활발한 기업에서 발생률이 높음을 알 수 있다.

2.2 사례를 통한 근골격계질환의 경향성 파악

우리나라의 근골격계질환 발생과 관련하여서는 1993년도의 미미하던 수치가 1996년까지 증가하다가 IMF중인 1997, 1998년도에 감소하였고, 그 후로는 매우 급격한 증가 추세를 보이며 최근에는 전체 업무상 질병자의 30%에 육박하는 수치를 보여 매우 심각한 문제가 되고 있음을 국내 실태조사에서 알 수 있었다.

국내에서 VDT 작업자 중 최초로 누적외상성질환을 공식적인 업무상 질병(직업병)으로 인정받은 사례로는 1986년 모 방송국에서 근무하는 타자수로 행정소송을 거쳐 직업병 인정과 손해배상 청구를 받은 경우이며(이윤근, 1995), VDT작업과 관련된 노동조합 중심의 대책 활동이 처음 시작된 것은 1989년이다. 여성 국제 전화 교환원 290명 중 어깨에 증상을 호소하였던 경우는 65.2%, 팔에는 50.0%로 타 부위보다 통계적으로 유의하게 높은 호소율을 보였다. 이때의 신체 부위별 증상호소율의 순서는 어깨, 팔, 목, 허리, 손/손가락, 등, 하지의 순이었다(박정일, 1989).⁸⁾

1993년 모 전자업체의 전자 렌지 조립작업 근로자 313명에 대한 자각 증상 호소자 137명에 대한 분석 결과 남녀별 호소율에서 여자가 남자에 비해 높은 경향을 보였고 근무기간과 그 호소율이 유의한 관련을 보이는

8) 박정일, 조경환, 이승한 여성 국제 전화 교환원들에 있어서의 경견완 장애 (자각적 증상), 대한 산업의학회지 제 1권 제 2호, 1989

자각증상으로 목과 어깨의 통증, 팔의 통증, 허리통증 등으로 조사되었다 (김양옥, 1995).⁹⁾

1994년에 은행 창구작업자들을 대상으로 실시한 연구 결과에 의하면(임상혁 외, 1997) 귀가 후까지 ‘아주 심하다’ 이상의 자각 증상을 호소하는 사람이 신체 부위별로 어깨 16.5%, 목 9.8%, 손목 5.1%, 손가락 3.6% 정도 되는 것으로 나타났다.

모 반도체 부품 생산업체 근로자 중 295명에 대한 VDT 작업자와 비 VDT 작업자에 대한 조사결과 여성 VDT 작업자의 경우 목(61.2%), 어깨(65.3%), 팔(53.1%), 손목(49%)의 순위로 조사되었다.¹⁰⁾

각 신체부위별 증상호소율은 동일직종간에도 큰 차이를 보이고 있다. <표 2-3>의 국내 누적외상성 질환 연구결과에¹¹⁾ 의하면 전화교환원들의 증상호소율은 견관절부(65.2%), 주관절부(50.0%)로 경부(38.6%)나 수부(34.5%)보다 높았으며(박정일, 1989) 성별에 따른 증상호소율은 반도체 업체 VDT 작업자나 전자렌지 조립 작업자를 대상으로 한 연구에서 보듯이 부위에 관계없이 여자가 더 높은 증상호소율을 보이고 있다.

일부 전자부품조립업종 및 전화교환원을 기준으로 하여 보았을 때 부위별 유병률은 경부의 유병률이 가장 높았으며, 다음으로는 수근관증후군, 완관절부 등의 질환이었다.

<그림 2-12>에서 보면 미국의 경우 1998년도 신체 부위별 근골격계 질환에 의한 신체 손상부위는 척추(72.6%), 상지(14.9%), 하지(6.7%), 목(2.0%)의 순이었다. 세부 부위별로 보면 등(53.2%), 어깨(9.2%), 손목(8.5%), 무릎(4.1%)의 순이었다.

9) 김양옥, 박종, 류소연, 전자렌지 조립작업자에서 발생한 경견관증후군의 조사 연구, 대한산업의학회지 제 7권 제 2호, 1995

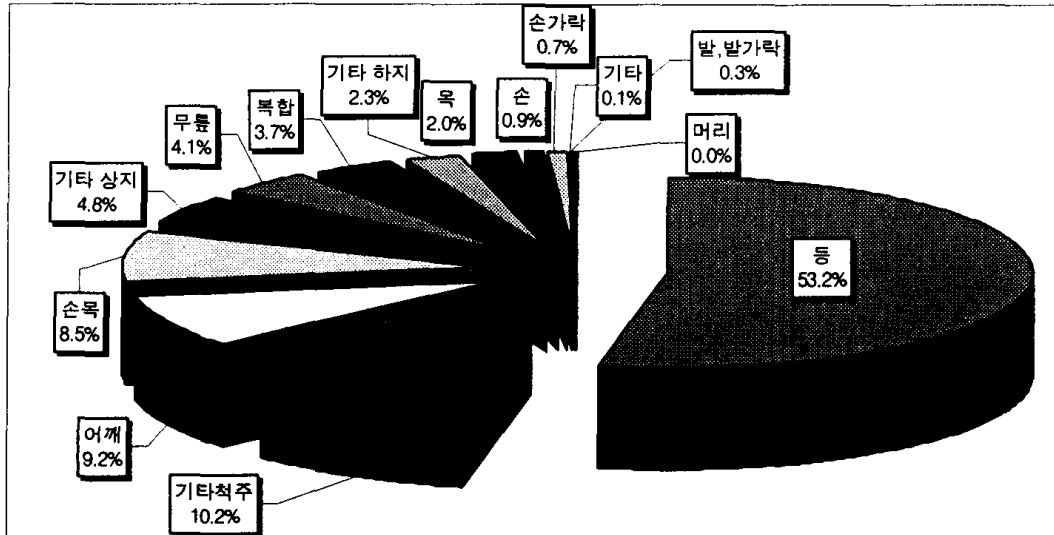
10) 손정일 등 일부 VDT 사용 근로자의 자각 증상과 심리증상과의 관련성 연구, 예방의학회지 제 28권 제 2호, June 1995.

11) 김규상, 인간공학적 작업장 개선 40p, 한국산업안전공단, 2002.

〈표 2-3〉 국내 누적외상성 질환 연구결과

직업군	구분	경부	견관절부	주관절부	완관절부	수부 및 수지	비고
전화교환원 (I, II)	증상호소율	38.6	65.2	50.0	-	34.5	
	압통	5.2	28.6	25.5	-	2.4	
포장부서 근무자	증상호소율	-	-	-	57.1	-	-
	이학적소견	-	-	-	23.8	-	CTS : 9.5
반도체업체 VDT작업자	증상호소율	남 52.3 여 61.1	남 29.5 여 65.3	남 22.7 여 53.1	남 15.9 여 49.0	남 11.4 여 18.4	-
	유병률	-	-	-	-	-	-
전자렌지 조립작업자	증상호소율	남 88.5	여 98.8	남 78.8 여 91.7	남 61.5	여 85.7	-
	유병률	-	-	-	-	-	-
전화교환원	증상호소율	85.2	81.7	34.8	73		
	유병률	TNS : 9.6	RCT : 2.6	LE : 2.6	DEQ : 2.6	TEN:0.9	
		CDD : 0.9	BT : 1.7	ME : 0.9 UN : 1.7 RE : 1.7	CTS : 7.0		-
전자부품 조립 작업	증상호소율	51.2	56.1	23.5	31.3		
	유병률	TNS : 35.7	BT : 1.0	ME : 1.0	DEQ : 2.0	-	-
		CDD : 4.1	TOS : 1.0	UN : 1.0	CTS : 8.2		
전화교환원	증상호소율	92.1	98.9	88.9(팔)	-	89.9	-
	유병률	-	-	-	-	-	-
은행창구 직원	증상호소율 (근무중)	38.0	51.4	-	21.7	13.6	-
	증상호소율 (귀가후)	31.3	43.9	-	16.5	8.8	-
전화번호 안내원	증상호소율	33.1	좌 31.5 우 45.6	좌 15.0 우 18.5	좌 29.2	우 34.2	통증 호소율
	이학적검사	65.8	78.5	-	21.9		

* TNS : Tension neck syndrome CDD : Cervical disk disease
 RCT : Rotator cuff tendinitis BT : Bicipital tendinitis
 LE : Lateral epicondylitis of humerus ME : Medial epicondylitis of humerus
 CTS : Carpal tunnel syndrome DEQ : De Quervain's disease
 RE : Radial neuropathy TEN : Tendinitis of finger UN : Ulnar neuropathy



〈그림 2-12〉 미국의 1998년도 근골격계질환 신체부위 분포

우리나라의 업종별로 증상 호소 신체부위가 다를 수 있으나 자동차 업종의 경우 자각증상에 따라 양성자 수를 분류해 보면 양성자 기준 1, 2, 3 모두 신체 부위중 허리 양성자수가 가장 많고 다음은 무릎, 어깨 순이다(이나루, 2000 : 16).¹²⁾

〈표 2-4〉에서 미국의 경우 1998년의 근골격계질환을 종류별로 보면 뼈임이 78.2%를 점유하고, 그 다음으로 요통(4.9%), 수근관 증후군(4.4%)의 순으로 나타났다.

〈표 2-4〉 미국의 1998년도 신체부위별 근골격계 질환 분포

구분	계	뼈임	요통	수근관 증후군	통증	건염	기타
질환자수	592,544	463,570	28,902	26,185	20,807	14,548	38,532
(구성비)	100.0%	78.2%	4.9%	4.4%	3.5%	2.5%	6.5%

12) 이나루, 작업관련 근골격계질환 예방을 위한 작업위험요인 평가, 한국산업안전공단, 2000년

1998년 미국의 통계자료의 의하면 작업동작별로는 근골격계질환의 유발 원인으로 중량물 들어올리기(45.7%), 기타 과다동작(31.6%), 굽히기 등 불안정한 작업자세(12.6%), 반복적인 동작(10.1%)의 순이었다.¹³⁾

우리나라의 경우 근골격계질환의 통계분류를 아직도 산재요양신청서 양식에 의존하여 생산하고 있어 미국의 통계처럼 근로손실이수별 질병종류별, 신체부위별, 발생원인별, 작업동작별 등으로 다양한 분석이 이루어지지 않고 있다. 따라서, 향후 근골격계질환의 경향성을 파악하기 위해 뿐만 아니라 효율적인 인간공학적 대책 수립을 위해서 OSHA 200 log와 같이 질병 분석의 항목을 추가한 재해 원인 분석표로 산업재해조사표가 개정되어야 할 것이다.

2.3 전자업종의 인간공학적 작업 위험 평가

위험성 평가는 우리나라 일반 전자산업에서 작업하는 다양한 직무들을 포함하도록 선정하였으며 공정별로 선택된 샘플 작업(중소기업 : 38명, 대기업 : 13명)에 대하여서는 실제의 작업환경을 인간공학적 도구들을 (Job Strain Index : JSI, Rapid Upper Limb Assessment : RULA, KOSHA CODE(H-28-2002)의 인간공학적 평가 : KOSHA-A, ANSI Z-365 Quick check : ANSI Z-365 등) 사용하여 객관적이고 정량적인 위험정도를 파악한 후 근골격계질환 증상호소자(이하; 증상호소자)와의 상관관계를 비교하고 통계적 신뢰도를 통하여 위험성평가에 적용한 각 평가 도구와 증상호소자와의 유의한 차이를 밝히고 평가도구간의 특이성을 찾고자 한다.

13) 김대성, 한국산업안전공단 근골격계질환예방팀 통계자료, 2003

〈표 2-5〉는 산업안전보건연구원에 근골격계질환심의 의뢰 중 1999년 13건, 2000년 18건에 대한 자료이다. 이중 불승인된 비율을 보면 약 39%이다. 따라서 근로복지공단에 산재요양 신청한 자료 중 약 39%에 가까운 비율이 작업과 직접관련이 없는 것으로 판정이 났다.

〈표 2-5〉 산업안전보건연구원에 의뢰된 직업성 근골격계질환관련 사례

연도	성	나이	직종	업종	주 위험요인	진단명	인정여부
1999	남	38	조립	자동차부품제조업	반복작업 및 힘	근막통증후군	인정
1999	여	47	스크린인쇄	고무제품제조업	반복작업	요추간판탈출증	불인정
1999	남	25	조립	자동차제조업	반복적인 압박	월상골연화증	인정
1999	남	46	전화수리	통신서비스업	힘	회전근개건염	인정
1999	여	31	조립	전자부품제조업	반복작업	회전근개건염	인정
1999	남	47	정비관리	제분업	잔재물 소각	하체근력약화	불인정
1999	남	39	정밀가공	기계부품제조업	작업자세	경추간판탈출증	불인정
1999	여	29	조립	전자관제조업	반복작업 및 작업자세	회전근개건염	인정
1999	여	52	금형사출	자동차부품제조업	반복작업 및 힘	수근관증후군	인정
1999	여	37	검사	통신기계기구제조업	작업자세	경추간판탈출증	인정
1999	여	53	세탁	개인 및 가사서비스업	반복작업	수근관증후군	불인정
1999	여	50	연마	금속제품제조업	반복작업 및 작업자세	척추강협착증	인정
1999	여	47	연마	악기제조업	힘 및 중량물 운반	회전낭대증후군	인정
2000	여	40	간호사	의료서비스업	작업자세	요추간판탈출증	인정
2000	여	53	조립	모터제조업	기계적 접촉	견관절염좌	인정
2000	남	26	부품가공	자동차부품제조업	반복작업 및 접촉	수부 근막통증후군	인정
2000	남	32	조립	자동차제조업	반복작업 및 힘	주관절의상후퇴행성관절염	인정
2000	여	45	운반	엔진오일탱크제조	작업자세	우상완골의상파열	인정
2000	남	27	조립	자동차제조업	반복작업	슬관절반월상연골파열	불인정
2000	남	28	조립	자동차제조업	반복작업	슬관절반월상연골파열	불인정
2000	남	26	조립	자동차제조업	반복작업	요추간판탈출증	불인정
2000	남	40	자동차판매	자동차판매업	스트레스	섬유근통, 근막통증후군	인정
2000	여	49	조리	요식업	반복작업	수근관증후군	불인정
2000	남	30	조립	자동차시트제조	작업자세	척골신경염	인정
2000	남	31	조립	자동차시트제조	중량물 및 작업자세	요추간판탈출증	인정
2000	남	57	채탄	광업		고관절무혈성대퇴골두 피사증	불인정
2000	남	44	운전	택시운수업	작업자세 및 진동	척추강협착증	불인정
2000	남	42	염색가공	섬유염색가공	중량물 취급	요추간판탈출증	인정
2000	남	49	절단	조선업	작업자세 및 접촉	견관절염좌, 건염	불인정
2000	여	50	절단	자동차부품제조	작업자세	수근관증후군	인정
2000	남	32	용접	철도차량제조	반복작업	상완골 근위부거대세포종	불인정

그러므로 현재의 산업재해보상보험법의 근골격계질환관련 재해인정기준으로는 정확한 작업관련성여부를 판정 내리기 어려운 한계점이 있다.

향후 좀더 명확한 근골격계질환관련 재해인정기준이 마련되고 재해자의 적극적 조사협조가 선행되면 환자에 대한 현장조사가 실효성이 있을 것으로 판단된다.

증상호소자에 대한 조사가 실효성을 얻기 위해서는 근로자의 적극적이고 참여가 중요하며 이를 위해 설문조사가 조사자의 직접 방문에 의해 이루어져야 하고 설문의 목적이 충분히 숙지된 상태에서 작성되어야 한다. 이러한 결과로 얻어진 증상호소를 분석하면 실제의 작업 부담이 어디서 오고 인간공학적 위험인자 중에 어떤 요인이 직접적인 부담으로 작용했는가를 예측할 수 있을 뿐 아니라 작업 개선 우선순위 선정의 기준으로 활용할 수 있다.

증상호소율에 의존한 연구를 선택할 수밖에 없었던 또 다른 이유로는 실제 근골격계질환자로 판정된 작업자에 대하여 조사를 실시하는 것이 현실적으로 자료의 신뢰성이 높지 않다는 것이다.

실제 2001년 7월부터 2002년 6월까지 1년간 경인지역 근로복지공단지사에서 근골격계질환으로 요양신청 하였던 근로자 393명 중 요양자로 승인된 자는 313명 (79.6%)이며 불승인된 자는 80명 (20.4%)였다(최용휴, 직업성 근골격계질환의 발생요인 및 발생분포에 관한 연구 : 5). 이 경우 승인율이 80%정도를 높았지만 현장의 방문조사를 실시하였을 경우 “인간공학적 평가는 직업성 요추간판탈출증이 발생한 48개 사업장을 선정하여 실시하였다. 그러나 사업장 방문조사시 재해 근로자가 근무하였던 작업공정이 폐쇄되었거나 작업이 이루어지지 않는 공정이 있어 평가를 실시할 수 없었다. 따라서, 조사가 불가능한 24개 사업장을 제외하고 조사를 실시한 사업장은 25곳이었다(최용휴, 직업성 근골격계질환의 발생요

인 및 발생분포에 관한 연구 : 17).” 조사한 사업장도 실제 피해자가 아니라 타 작업자가 근무하고 있어 인체계측학적 오차가 있을 수밖에 없었다.

그러므로 본 연구는 대기업의 경우 5개 작업군 16개 작업공정에서 작업하는 근로자 99명과 중소기업의 경우는 12개 업체 58개 작업공정에서 작업하는 근로자 286에 대하여 실태조사 하였다.

설문지 분석을 위해 증상호소자의 정의는 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인 평가지침 (KOSHA CODE H-28-2002) 에 정의된 기준을 그대로 따라 “근골격계 증상 설문조사에서 관련증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나 지난 1년 간 1달에 1번 이상 증상이 발생하며 증상의 정도는 중간 정도 통증(3점 ; 작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다)을 호소하는 경우에는 근골격계질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 있다고 평가한다”.를 준용하였다.

고 위험작업과 저 위험작업의 기준은 평가도구들의 기준을 준용하여 RULA와 JSI의 경우에만 고위험작업을 5점 이상으로 분류하고 저 위험작업은 4점 이하로 정의하였으며 KOSHA-A의 경우는 10점을 초과할 경우로 하고 ANSI Z-365의 경우는 10점 이상일 경우를 고위험작업으로 분류하였다.

조사분석 결과를 보면 먼저 <표 2-6> 와 <표 2-7> 의 작업자 특성별 조사결과에서 연령별로는 대기업의 경우 20대(70.6%)와 30대(45.7)가 많았으며 중소기업은 40대 이상(55.5%)이 많이 분포되었다. 평균연령은 <표 2-7> 에서 보면 대기업이 24세, 중소기업이 28세 이지만 실제 분포도를 보면 대기업의 최고 나이가 35세인 반면 중소기업은 53세이며 중소기업의 연령대별 분포도가 10대부터 50대 까지 다양하게 분포되어 있다.

〈표 2-6〉에서 연령대 대상자별 증상호소율을 보면 대기업의 경우 29세 이하에서 70.6%로 높게 나온 반면에 중소기업은 40대 이상에서 55.5%로 증상호소율이 가장 높게 나타났다. 대기업의 경우 약 93 %가 20대에 속하고 나머지 30대는 7.1%에 지나지 않으므로 연령대별 분석이 큰 의미가 없다고 할 수 있다.

〈표 2-6〉 작업자 특성별 근골격계질환 호소율

작업자특성		대기업(99명)		중소기업(286명)	
		대상자수	증상호소자	대상자수	증상호소자
연령	29세이하	92(92.9%)	65(70.6%)	235(82.1%)	56(23.8%)
	30대	7(7.1%)	4(57.1%)	33(11.5%)	13(39.3%)
	40대이상	-	-	18(6.4%)	10(55.5%)
근무 년수	10년 미만	92(92.9%)	54(58.6%)	264(92.3%)	72(27.2%)
	10-19년	7(7.1%)	4(57.1%)	22(7.7%)	5(22.7%)
	20년 이상	-	-	-	-
성별	남자	26(29.2%)	7(26.9%)	-	-
	여자	73(70.8%)	62(84.9%)	286(100%)	79(27.6%)

중소기업의 경우를 보면 20대(23.8%), 30대(39.3%), 40대(55.5%)의 순으로 연령이 높을수록 근골격계질환 호소율이 높음을 알 수 있다.

기타 키와 몸무게 그리고 근무기간의 평균값은 큰 차이가 없었으므로 인체계측학적 신체구조의 차이에 의해 증상호소율에 영향을 주지 않은 것으로 조사되었다.

증상호소자의 경우 〈표 2-7〉에서 대기업이 69.6%이고 중소기업이 27.2 %에 지나지 않아 질환에 대한 이해 부족과 아프다고 답하였을 경우 고용에 대한 불이익 등을 생각하여 성실하게 답변을 하지 않은 점등이 작용한 것으로 추측된다. 따라서 현재의 우리나라 상황을 고려한다면 작업자의 심리적 요인도 평가의 항목으로 포함되는 것이 바람직 할 것이다.

〈표 2-7〉 전자업종의 인간공학적 위험성 평가 결과 및 설문결과

구 분			대기업	중소기업
설문 대상 총계			99명	286명
증상호소자 (호소율)			69 (69.6%)	78 (27.2%)
개 인 인 적 특 성	나이(세)	최대	35	53
		최소	20	18
		평균	24	28
	키(cm)	최대	184	174
		최소	149	145
		평균	162	159
	몸무게 (kg)	최대	90	88
		최소	42	32
		평균	56	53
인간공학 평가 작업자			13	38
증상호소자에 대한 인간공학적 도구 평가 결과 (4종)	RULA	위험작업 (5점이상)	6(46.2%)	13(34.3%)
		비 위험작업(4점 이하)	7(53.8%)	25(65.7%)
	KOSHA-A	위험작업(10점 초과)	7(53.8%)	27(71.1%)
		비 위험작업(10점 이하)	6(46.2%)	11(28.9%)
	ANSI	위험작업 (10점 이상)	6(46.2 %)	16(39.5%)
		비 위험작업 (10점 미만)	7(53.8%)	23(60.5%)
	JSI	위험작업 (5점이상)	3(23.1%)	0(0%)
		비 위험작업(4점 이하)	10(76.9%)	38(100%)
	KOSHA-B	위험작업 (10점 이상)	1(7.7%)	2(5.3%)
		비 위험작업 (10점 미만)	12(92.3%)	36(94.7%)

전체 설문응답인원에 대한 분석하여보면 <표 2-8>에서 대기업과 중소기업의 차이가 없었으며 전체인원에 대한 결과를 보면 어깨(24.9%), 목(19.2%), 무릎/다리(18.4%), 허리(16.9%), 손/손목(16.6%), 팔/팔꿈치(11.2%)의 순으로 증상을 호소하고 있다.

〈표 2-8〉 설문응답인원 전원에 대한
신체부위별 근골격계질환 호소율

기업 신체부위	대기업 증상호소자(99명)	중소기업 증상호소자(286명)	합계 (385명)
어깨	56(56.5%)	40(13.9%)	96(24.9%)
허리	35(35.3%)	30(10.4%)	65(16.9%)
손/손목	35(35.3%)	29(10.1%)	64(16.6%)
팔/팔꿈치	25(25.2%)	18(6.2%)	43(11.2%)
무릎/다리	35(35.3%)	36(12.5%)	71(18.4%)
목	46(46.4%)	28(9.7%)	74(19.2%)

그러나, 증상호소자에 대하여 여러 가지 인간공학적 위험성 평가를 실시한 결과는 <표 2-9>에서 대기업증상 호소자의 경우 위험성 평가 결과와 실제 증상호소자와의 일치율이 매우 낮은 것으로 분석된다. 일치율이 가장 높은 것은 KOSHA-A (53.8%)이고 다음은 RULA와 ANSI Z-365가 각각 46.2%로 다음을 기록하고 JSI는 낮은 일치율을 보이고 있다.

〈표 2-9〉 대기업 증상호소자에 대한 평가도구 적용 결과

인간공학 평가도구		대기업 증상 호소자(13명)	
		저 위험기준으로 분류된 자(%)	고 위험기준으로 분류된 자(%)
상지	RULA	7(53.8)	6(46.2)
	KOSHA-A	6(46.2)	7(53.8)
	ANSI-Z365	7(53.8)	6(46.2)
	JSI	10(76.9)	3(23.1)
하지	KOSHA-B	12(93)	1(7)

그러나, 〈표 2-10〉에는 중소기업이 경우 KOSHA-A (71.1%)이고 다음은 ANSI Z-365가 39.5%, RULA가 34.4%의 순을 보인다.

〈표 2-10〉 중소기업 증상호소자에 대한 평가도구 적용결과

인간공학 평가도구		중소기업 증상 호소자(38명)	
		저 위험기준으로 분류된 자(%)	고 위험기준으로 분류된 자(%)
상지	RULA	25(65.7)	13(34.3)
	KOSHA-A	11(28.9)	27(71.1)
	ANSI-Z365	23(60.5)	16(39.5)
	JSI	38(100)	0(0)
하지	KOSHA-B	36(94.7)	2(5.3)

〈표 2-11〉에서 알 수 있듯이 RULA나 JSI의 경우는 대기업의 경우가 조금 더 높은 일치율을 보이고 KOSHA-A의 경우는 중소기업에서 더 높은 일치율을 나타내고 있다.

이것은 작업의 내용이 대기업의 경우 중소기업보다 더 세분화 분업화 되어 단순반복작업에 더 많이 노출되어 평가항목의 특성상 세부 상지 작업자세와 정적동작 및 근육점수 등을 고려한 RULA 또는 손목 중심의 평가도구인 JSI가 상대적으로 높은 일치율을 보이고 있음을 보인다.

〈표 2-11〉 전체 증상호소자에 대한 평가도구 적용 결과

인간공학 평가도구		증상 호소율(%)					
		대기업(18명)		중소기업(38명)		합계(51명)	
		저위험 기준 분류자 (%)	고위험 기준 분류자 (%)	저위험 기준 분류자 (%)	고위험 기준 분류자 (%)	저위험 기준 분류자 (%)	고위험 기준 분류자 (%)
상지	RULA	7(54)	6(46.2)	25(66)	13(34.3)	32(63)	19(37)
	KOSHA-A	6(46)	7(54)	11(29)	17(71)	17(33)	24(47)
	ANSI-Z365	7(54)	6(46)	23(60)	16(40)	30(59)	22(43)
	JSI	7(69)	3(7)	38(100)	0(0)	45(88)	3(6)
하지	KOSHA-B	12(93)	1(7)	36(9)	2(5)	36(95)	3(6)

중소기업종사자의 경우는 반대로 RULA나 JSI에는 없는 상지와 관련한 신체압박, 진동, 환경, 작업조절 등 다양한 위험인자를 고려하고 있는 KOSHA-A가 더 신뢰가 높았다고 볼 수 있다.

ANSI Z-365의 경우는 평가항목이 보편적인 항목들로 구성되어 있어 비교적 양자간 적은 차이를 보이고 있다. 따라서, “평가항목이 어떤 항목들로 구성되어 있는가?”는 작업장의 위험성을 평가하는데 아주 중요하고 반대로 작업의 형태가 어떤 형태이며 어떤 신체부위를 집중해서 관찰할 것인 가도 중요하다고 할 수 있다.

따라서, 본 논문은 작업의 형태를 고려하고 작업의 조건에 맞추어 누락되는 평가 항목이 없는 평가도구가 생산되도록 개발한다.

〈표 2-11〉의 종합결과표를 보면 대기업과 중소기업을 합한 증상호소자에 대한 위험성 평가를 실시한 결과 4가지 평가 도구의 위험기준이상

으로서 가장 신뢰가 높았던 평가표는 KOSHA-A ; 작업관련 근골격계 질환의 증상 및 위험요인 평가지침으로 나타났다.

또한, 인간공학적 평가를 실시할 경우 위험하지 않는 작업을 위험한 것으로 평가하는 경우가 위험한 작업을 위험하지 않다고 평가하는 경우 보다 많이 나타날 수 있는 오류이므로 <표 2-11> 에서처럼 KOSHA-A는 대기업을 46%, 중소기업은 33%의 비율로 가장 낮은 비율로 위험한 것을 위험하지 않은 것으로 평가했다. 따라서, 새롭게 개발하는 전자업종에 적합한 평가도구는 KOSHA-A를 모델로 하여 보완된 도구를 개발하기로 한다.

3. 전자업종의 인간공학적 위험성 평가 도구 제안

3.1 근골격계질환의 위험요인에 대한 문헌적 고찰

3.1.1 근골격계질환의 작업관련성 기본 위험인자

작업관련성 위험인자는 피로, 근골격계질환(MSD) 증상 및 상해 또는 다른 유형의 문제를 유발할 수 있는 작업의 형태를 말한다. 이러한 위험인자들은 근로자가 업무를 수행해야 하는 작업에 한가지 이상 존재할 수 있다. 부적절한 작업자세, 반복적인 동작, 과도한 힘, 압박부위(예: 국소 접촉스트레스), 진동 등이 주요 요소가 될 수 있으며 또한 문제를 일으킬 수 있는 작업장과 관련된 환경적 요인도 있다. 극도로 높은 온도는 신체 피로감을 높일 수 있다. 이와는 대조적으로 저온에 손발이 노출되면 혈액

흐름, 근육 강도 및 활동의 민첩성이 저하된다. 이러한 조건은 또한 작업 도구의 손잡이나 물체를 붙잡을 때 과도한 힘이 가해지게 하는 원인이 될 수 있다. 운전자에게 직접적으로 고온 또는 저온의 가스를 배출하는 도구나 장비에 의해 또 다른 문제가 발생할 수도 있다. 또한, 작업장 조명이 작업을 하기에는 지나치게 어둡거나 밝을 수 있다. 이 같은 경우, 근로자는 작업수행을 위해 부적절한 자세를 취하게 되고 제품의 품질저하를 가져올 수 있다. 또한, 근로자가 육체 노동 또는 반복적인 작업을 수행하는 데 소요되는 하루 작업량(즉, 작업시간)을 알아두어야 한다.

작업주기당 총시간과 작업 중단 없이 일하는 시간은 모두 문제를 일으키는 원인과 큰 연관이 있을 수 있다. 작업시 반복적인 동작, 과도한 힘 및 기타 위험인자가 증가하면, 피로를 줄이고 상해를 예방하는 데 필요한 회복 시간(즉, 근육 이완 간격의 길이 및 빈도)도 그 만큼 늘어난다. 14)

또한, 심리적 요소도 근골격계질환에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있으며 스트레스 정도, 직업 안정성 및 만족도 수준, 업무에 대한 자율성 수준 등이 해당된다.15) 기타 초조함, 불면증, 집중도 저하, 부주의한 환경 등도 VDT 작업자의 근골격계자각증상에 영향을 끼치고 있다고 알려졌다.16)

결국 근골격계질환의 위험요인은 단순반복 및 작업강도의 강화, 공구사용의 증대 등과 같은 새로운 작업환경의 변화와 함께 작업자의 개인적 특성과 아래와 같은 여러 가지 작업조건 특성들이 상호 복합적으로 작용된다.

14) Easy Ergonomics, California Department of Industrial Relations, 1999.

15) 정진주 등, 직무특성에 따른 근골격계질환 발생과 보건관리체계에 관한 연구, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 연구자료, 2001.

16) 손정일 등 일부 VDT 사용 근로자의 자각증상과 심리증상과의 관련성 연구, 예방의학회지 제 28권 2호 June 1995.

가) 부적절한 자세

지속적으로 불안정한 작업자세를 취할 경우 근골격계질환의 빈도가 증가하는데, 부위별로 보면 목을 과도하게 구부릴 경우(45도 이상) 또는 옆으로 비트는 자세 등이 질병 발생위험도가 증가하는 대표적인 부자연스러운 작업자세라 할 수 있다.

나) 과도한 힘

과도한 힘을 요구하는 일은 근육, 건, 인대, 관절에 더 큰 부담을 주게 된다. 힘이 들수록 증가된 힘을 유지하는데 필요한 다른 심리적 요구와 더 많은 근육의 힘과 같은 신체적 요구가 증가하게 된다. 이러한 형태의 경험이 지속되고, 또한 회복에 필요한 시간이 확보되지 않았을 때는 피로 감뿐만 아니라 근골격계질환을 유발할 수 있다.

다) 반복

유사한 동작이 8시간 작업기간동안 빈번하게 반복된다면(예 : 매 몇 초마다), 피로와 근육-건에 대한 부하가 축적될 수 있다. 오랜 휴식을 취하는 것보다는 작업 중 잠시 쉬는 것이 건과 근육의 피로를 더 빨리 회복할 수 있다. 같은 작업을 수행하는데 반복적인 동작은 부자연스러운 자세와 힘이 동반 될 경우에는 근골격계질환의 위험이 더욱 증대된다.

라) 작업의 지속시간

이것은 위험요인에 노출되는 시간을 의미한다. 단순한 반복작업인 경우 근육 조직에는 극히 미세한 손상만이 발생하며, 이러한 미세 손상은 평상시 동작에서는 전혀 문제가 되지 않는다. 그러나 장기간의 연속작업이나 부족한 휴식은 회복에 필요한 충분한 시간을 가질 수 없기 때문에, 이러

한 미세 손상이 경우에 따라서는 복원이 불가능한 상태까지 갈 수도 있다. 따라서 작업중간에 규칙적인 휴식시간이 작업자에게 주어져야 한다.

마) 진동

인체의 인식 진동범위는 1~400cps이며 피부 진동인식의 최대치는 1,500cps이다. 이 범위 내에서 연속적 또는 장시간 노출되면 진동 장애의 위험을 가지게 된다. 해머 연마기, 그라인더, 임팩트 렌치 등 비교적 작업자의 수 작업으로 이루어지는 기계 사용자에게서 많이 일어나는 장애이다.

바) 기타 요인들

근골격계질환에 대한 위험 인자들의 형태와 크기에 영향을 줄 수 있는 작업환경에는 다음과 같은 것이 있다.

- 저온
- 날카로운 면과의 반복적인 신체접촉
- 불충분한 휴식
- 체격과 체력 등 개인적 요인
- 류마티스 관절염이나 전신성 루프스 등의 개인 질환
- 정신 심리적 요인 및 사회적 요인

이상의 내용을 종합하면 근골격계의 과도한 부하는 부적절한 자세(Awkward Postures), 과도한 힘의 사용(Forceful exertions), 작업의 반복(Repetition), 작업의 지속시간(Duration), 접촉 스트레스(Contact Stress, 단단하고 날카로운 물체와의 접촉에 의한 경우), 진동(Vibration), 한랭(Cold Temperature), 불충분한 휴식 등의 작업위험요인과 개인적 특

성인 신체조건, 스트레스, 사회·심리적 요인의 영향으로 인하여 발생하게 된다. 육체작업 요소와 근골격계질환의 인과적 관계에 대한 연관성에 대하여 여러 연구의 결과가 표 <3-1>에 정리되어 있다(NIOSH, 1997).

근골격계 질환의 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, 요부(등)는 들어올리기 힘든 육체작업과 전신진동이 더 큰 영향을 주는 위험요인이었다(NIOSH, 1997).

〈표 3-1〉 근골격계질환과 유해인자의 원인적 연관성

신 체 부 위 위 험 요 인	Strong evidence (+++)	Evidence (++)	Insufficient evidence (+/0)	Evidence of no effect (-)
목, 목과 어깨				
반복작업		√		
힘		√		
작업자세	√			
진동			√	
어깨				
작업자세		√		
힘			√	
반복작업		√		
진동			√	
팔꿈치				
반복작업			√	
힘		√		
작업자세			√	
복합적 요인		√		
손/손목				
수근관증후군				
반복작업		√		
힘		√		
작업자세			√	
진동		√		
복합적 요인	√			
견염				
반복작업		√		
힘		√		
작업자세		√		
복합적 요인	√			
진동장해				
진동	√			
요부				
들어올리기/중량물 취급	√			
부적절한 자세		√		
힘든 육체작업		√		
전신진동	√			
정적작업자세			√	

3.1.2 인간공학적 위험인자별 역학적 기준

근골격계질환의 인과 관계에서 위험인자들의 복잡한 상호 작용을 고려할 때, 좀 더 실제적인 방법은 작업장에서 동시에 모든 위험인자들을 측정하는 것이다. Punnett(1998)은 작업 장소, 악력, 자세와 관련된 스트레스 유발요인, 접촉(압박) 스트레스, 진동, 그리고 기계 중심의 작업과 같은 다양한 위험인자들 측정을 종합한 노출지수(Exposure Index)를 사용하여 근골격계질환 유병율을 예측하는 효율성을 증명했다. Punnett(1998)은 위험인자들의 수가 지수 증가에 기여함에 따라, 증상 보고서 또는 신체 검진에 의해 정의된 근골격계질환의 유병율이 매우 증가한다는 것을 발견했다. 명백한 추론은 작업장에 실제 존재하는 단일 위험인자 또는 위험인자들의 소단위를 개선하는 목표보다는 다인성 요인을 관리함으로써 근골격계질환의 발생을 좀 더 효율적으로 감소시킬 것이라는 것이다. 근골격계질환예방을 위해 유해요인을 예측하는 할 수 있는 좋은 도구의 개발을 위해 위험인자 하나 하나의 역학적 기준을 연구하고 나아가 상호 연관성을 파악한다면 훨씬 더 나은 과학적 도구를 개발할 수 있을 것이다. 그러므로 각 위험인자에 대한 문헌적 고찰을 통해 기본 위험인자로서 강함, 보통, 약함으로 구분하여 정량적인 상지에 대한 종합평가 도구 개발시 활용하고자 한다.

가) 힘에 대한 역학적 기준

상지 근골격계질환에 대한 국립산업안전보건연구소 요약(Bernard와 Fine, 1997)은, 수근관증후군(CTS)과 손/손목 건염 뿐만 아니라 힘에 대한 노출과 목과 팔꿈치 질환 사이의 인과 관계에 대한 증거를 발견했다.

그러나 신체의 다른 부위에서는 분명한 인과관계를 내릴 수 없다는 주장도 있다(Kourinka와 Forcier, 1995). 수근관증후군(CTS)을 연구하면서 두 가지 모두 낮은 수준의 직종과 비교 시 높은-힘/높은-반복 직종의 Odds 비는 15.5 (95%신뢰구간 : 1.7-142)임을 발견했으며(Silverstein, Fine 및 Armstrong, 1987) 힘과 반복의 상호작용은 분리된 모델에서 힘 단독으로는 중요하지 않은 Odds 비 2.9였고, 반복요인 단독은 Odds 비 5.9($p < .05$)였다. 또한, 높은-힘/높은-반복의 직종에서 종사하는 작업자들에서 수근관증후군(CTS)의 증가된 발병률을 발견했다 (Nathan, 1988).

그러나, 힘과 어깨 근골격계질환 사이의 연관성에 대한 불충분한 증거를 발견했다(NIOSH, 1997). 다른 신체 부위에 대한 힘과 반복의 연관성의 증거는 여전히 불명확한 상태이다. 그러나 실험실적 증거로서 인체조직들에 대한 부하의 효과를 평가하는 실험실적 증거의 많은 부분을 요약하면서, 근육, 근, 그리고 인대 조직들은 특정 조건 하에서 충분한 힘에 노출되면 파열될 수 있다는 결론을 내렸다 (Ashton-Miller, 1998). Faulkner와 Brooks (1995)는 과도한 힘이 액틴(Actin)과 미오신(Myosin) (수축단백질)의 서로 맞물림이나 단일 근섬유 분절(Sarcomere: 근섬유의 수축단위) 사이의 Z 선을 파열시켜서 근섬유의 손상을 유발할 수 있다고 밝혔다. 그러나 긴장이 근골격계질환으로 진행되는지 여부를 정립하기 위해서는 더 많은 조사가 필수적이다.

강한 근육의 수축은 근육간 압력을 증가시켜 잠재적으로 활동적 근육 내의 신경과 혈관에 압력을 증가시킬 수 있다. 많은 동물 연구들에서 뉴우런(Neuron)에 가해진 증가된 압력은 주위 혈류를 감소시키고 신경세포의 축삭(Axon)의 신경전달을 방해한다는 것을 증명했다(Rempel 등, 1998). 압력 증가는 신경기능을 방해하고, 신경 부종을 유발할 수 있으며, 그리고 심지어 미엘린(Myelin) 수초 구조를 변경할 수 있다.

정신물리적 증거로서 Liberty Mutual 실험실에서 수행한 실험은 가능한 들어올리기, 운반, 밀기, 당기기, 등의 주관적인 보고에 대한 다른 생체역학적 스트레스 유발인자들의 효과들을 자세하게 조사했다(Snook, 1996).

힘과 작업관련 근골격계질환관계를 요약하면, 대부분의 상지 부위에서는 힘과 관련한 근골격계질환에 대한 역학적 인과관계가 성립된다. 그리고 이들 연구들은 또한 특히 반복과 부자연스러운 자세와 같은 근골격계 질환에 대한 여러 가지 다른 위험인자들과 힘 노출과의 상호관계를 증명했다(Snook 등., 1978, Herrin 등., 1986). 대체적으로 증거는 일관적이며, 작업장관련 근골격계질환에 대한 위험인자로서 힘의 역학적 기여정도는 높은 것으로 볼 수 있다.¹⁷⁾

근육의 힘은 근섬유들의 종합적인 수축에 의해 행해지는 실제 기계적인 노력이다. 한 근육에 의해 생성된 전체 힘은 근육의 단면적, 수축기 근육의 길이(즉, 길이는 완전 수축과 신장사이에 있다), 그리고 피로의 정도와 같은 많은 인자들의 기능이다. 조사에 의하면 일반적으로 근육의 힘을 근육 활성(Muscle Activity)을 대신 측정하여 특성화한다(즉, 근전도 신호의 크기를 최대 자발 수축 시 측정된 크기의 백분율로 표시한다). 근육 수축과 관련된 전기적 활동 때문에 근육의 힘은 조직 관여를 가장 쉽게 측정할 수 있는 측면이다. 그러나 잠재적인 조직 손상의 완전한 특성화는 근육의 힘이 외부적 힘으로 전달되는 경로상의 모든 연관성에 관심을 필요로 한다. 따라서, 힘의 요구는 인대의 장력(근육의 힘을 빠르게 전달한다), 변형력, 마찰, 그리고 인대와 건초에 대한 측면 힘(주위 해부학적 구조물에 의해 압착된다)에 의해 야기된 자극으로 건초 부위의 긴장에 영향을 미친다.

17) Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors, NIOSH, JULY 1997.

다음은 근육에 의해 외부로 전달되어지는 힘으로 발산력(Output Force)가 있다. 작업 부품을 옮기거나 잡기 위해서 인체 부위에 의해 행해지는 힘은(가끔 식 중력의 반대 방향으로 작용) 명백하게 근력의 이러한 기능이다. 그러나, 연관 관계로서 다른 변수들, 특히 자세에 의해 강하게 영향을 받는다. 소위 “중립 자세(Neutral Position)”에서 벗어나는 것(Deviation)은 발산되는 힘으로, 전달되는 근력을 극적으로 감소시킨다. 현재까지의 논문의 고찰을 통한 결론은 힘은 결론으로 힘은 상지에 대해서는 강한 연관관계가 있었으며 하지만 허리에 대해서는 보통의 연관성을 지닌다.

나) 부자연스러운 자세(Awkward Postures)

자세에 대한 역학적 기준으로 상지 근골격계질환에 대한 국립산업안전보건연구소의 요약(Bernard와 Fine, 1997)에서는 고정과 부자연스러운 자세를 분리하지 않았다. 이 요약은 고정 또는 극한 자세와 어깨 그리고 손/손목 건염 사이의 인과 관계에 대한 증거를 발견했다. 자세 스트레스 유발인자와 목 근골격계질환 사이에는 강한 인과 관계가 있다. 이들 위험인자들과 주관절 질환 또는 수근관증후군(CTS) 사이의 관계에 대해서는 증거가 불충분하다. 자세를 강조한 15개 연구들 중에서 긍정적인 결과를 가진 많은 연구들은 비디오단말기 작업자들을 대상으로 수행되었다(Bernard 등., 1993, Kukkonen 등., 1983). “불편한 자세”와 정신사회적 나쁜 작업 환경에 복합적으로 강하게 노출될 경우는 낮은 노출과 비교 시 정부 통증 증례들(정부 통증으로 지난 해 동안 전문적인 건강 관리소를 방문한 사람들로 정의)에 대한 Odds 비 3.5(95% CI: 2.7-4.5)를 보였다(Linton, 1990).

Bjelle 등(1979, 별첨 26-1112)은 손을 어깨높이 이상에서 행하는 작업과 어깨 건염 사이에 강한 연관성을 발견했다(Odds 비: 11; 95% 신뢰구간: 2.7-42). 유사한 소견이 Herberts 등 의 조선소 용접공들(1981; Odd 비: 13; 95% 신뢰구간: 1.7-95)에게도 적용되었다.

실험실적 증거로서는 뼈 또는 인대 구조물의 힘 방향의 변화가 횡단 또는 전단력(Shearing Force)을 제공하고, 건과 건초에 의한 마찰의 증가를 유발한다는 것을 증명(Ashton-Miller, 1998)하는 연구가 있다. 건들이 건 활차(Pulley) 주위를 통과할 때(부자연스러운 자세와 관련되어) 건들에 의해 증가된 각도와 증가된 세로 방향의 장력(요구된 근육의 힘과 관련된)이 혼합되어 건의 마찰을 증가시킨다(Uchiyama., 1995).

신경조직은 또한 부자연스러운 자세와 연관된 위험한 해부학적 위치에 있을 수 있다. 신경을 압박하거나 부딪히는 자세는 조직학적 변화를 유발할 수 있다. 이런 조직학적 변화(부종, 두꺼워짐, 섬유화)가 압축 손상 부위나 구부린 부분(예를 들면, 주관절의 척골 신경)에서 발생할 수 있다는 것을 보여줬다(Armstrong 등, 1984).

휘어지지 않은 사체 척추의 추간 디스크는 부하가 10,000 Newton(N)을 초과하기 전까지는 파열하지 않았다. 그러나 극한 굴전 척추의 디스크들은 이전 부하의 반 정도(평균 5400N)에서 파열되었다(Adams와 Hutton, 1982). 반복적인 부하는 이 평균 파열점을 3800N으로 감소시킨다(Adams와 Hutton, 1985). 그리고 좋지 않는 자세로 허리를 굽히는 것이 가장 흔한 요통의 원인 중의 하나라는 것까지도 일치한다(Rowe, 1983).

정신물리적인 증거로서 Liberty Mutual 연구소에서는 부자연스러운 자세들의 주관적인 영향을 증명했다. 이들 실험에서 개인들에 주어진 최대 수용가능 무게(Maximum acceptable weight: MAW)는, 들어올리는 위치가 어깨 높이의 이상에서 수행되면 감소한다는 것을 또한 증명했다. 최대

수용가능 무게(MAW)는 또한 물체의 크기와 역비례를 보였다(부피가 큰 부하를 옮기는 것은 일반적으로 더 부자연스러운 자세를 필요로 한다는 사실을 반영한다). 대부분의 수작업에 있어서 부자연스런 자세(손목이 굴절, 신장 또는 내외향되는 경우가 90%에 달함)가 나오고 있음이 335명의 자동차 공장 작업자들을 대상으로 연구되었다.¹⁸⁾ 이 작업자 중 78%가 핀치그립(Pinch grips)을 보여주고 있고 이중 18 %가 피치그립을 유지(Sustained Pinch grip)하고 있음을 나타냈다. 또한 핀치그립은 핀치자세의 역학적 비효율성 때문에 근육과 건에 현저히 힘을 증가시킨다고 연구되었다(Chao 등, 1976).

부자연스러운 자세들과 작업관련 근골격계질환 사이의 인과 관계에 대한 역학적 증거는 특히 경부 질환에 대해서 명확하다. 비록 국립산업안전보건연구소 (Bernard와 Fine, 1997)는 자세 단독으로 수근관증후군(CTS)을 유발할 수 있다는 것에 대해 충분한 증거를 발견하지 못했지만, 자세를 포함한 위험인자들 혼합에 의해서 수근관증후군(CTS)에 대한 강한 증거를 발견했다. 이는 부자연스러운 자세에 노출로 인한 해로운 영향은 1차적으로 다른 위험인자들의 혼합으로 영향을 끼친다는 것을 알수 있다. 결론으로 자세는 경추에 대해서는 강한 연관성을 지니나 손에 대해서는 힘과 같은 다른 복합적인자가 있을 경우 유의한 것으로 알려졌으므로 보통의 인자로 작용한다고 할 수 있다.

다) 정적인 자세(Static Postures)

역학적 증거로서는 부자연스런 일반적인 기준이 여기서도 적용이 되며,

18) W.M Keyserling, D. S. Stetson, B. A. Silverstein and M. L. Brouwer, A checklist for evaluating risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders, Ergonomics 1993, Vol. 36, No 7, 807-831

특히, 고정 수축 또는 지속적 고정 부하 그리고 작업관련 근골격계질환 사이의 연관성을 증명한다. 머리와 상지가 고정자세에 노출되어 있을 경우 긴장경부증후군(Tension Neck Syndrome)과 일관된 관련이 있음을 보고했다(Kourinka와 Forcier, 1995). 또한 여러 가지 다른 직업에서 고정적 작업과 긴장경부증후군과의 연관성을 보고했다(Grieco 등, 1998).

백화점 도우미와 여성 조립라인 포장작업자의 비교 결과 손/손목 건염에 대한 Odds 비 7.1(95% 신뢰구간: 3.9-12.8)을 보였다(Luopajarvi 등, 1979). 이 연구에서 노출은 부자연스러운 자세, 고정 자세 그리고 반복적인 운동의 혼합이었다. 실험실적 증거로는 근육 수축이 Maximum Voluntary Contraction (MVC)의 20%이하로 유지되면 오랜 시간 유지될 수 있다는 것을 발견했다(Rohmert, 1973). 그러나 다른 연구자들은 수축이 MVC의 5%이하라도 수축의 만성적인 악영향이 나타남을 발견했다(Westgard와 Arås, 1984). 후자의 경우는 낮은 수준의 고정 부하(자판 업무와 같은 어깨 부하)는 어깨 근골격계질환과 연관되어 있다는 사실에 의해 뒷받침된다(Arås 등., 1998). 뼈와 인대 조직으로 심하게 압박되는 근육인 상극근 근육은 소량의 어깨 외전 또는 굴전에 근육내 압력 증가를 보인다(Järvholm 등., 1990). 이는 고정 작업 동안의 만성적인 혈관과 신경 압박 가능성을 제시하는 것이다. 만성적인 혈류 감소는 고정적 근육 수축이 근골격계질환으로 이행하는 전 단계일 수 있다.

정신물리적인 증거로 여러 가지 연구들이 오랜 시간 몸을 구부리는 것을 요구하는 조건에서(낮은 천정 높이) 최대 수용가능 무게(the maximum acceptable weight: MAW)를 평가되어 왔다. Texas Tech university에서는 MAW가 뒤틀린 자세뿐만 아니라, 천정 높이가 감소함(하는 동안 몸체를 앞으로 구부리는 것이 필요 함)에 따라 같이 감소하는 것을 발견했다(Smith, 1992).

정적인 자세(중력에 대해 저항하거나 작업 단위를 안정화시키기 위해 오랜 시간 자세를 유지하는 것)는 특히 근골격계에 많은 스트레스를 준다. 더 정확하게 말하자면, 정적인 자세들은 보통 운동을 동반하지 않는 행위이며 일정한 같은 크기의 근력을 요구하는 것으로 정의된다. 심지어 일부 운동에서 관절이 중립 위치로 돌아가지 않고 지속적인 근력이 요구되면, 그 효과는 움직이지 않는 자세와 동일하다. 혈관들이 일반적으로 그들이 공급하는 근육들 사이로 지나감으로, 정적인 근육의 수축은 90% 정도나 혈류 감소를 유발할 수 있다.

결과적으로 산소와 영양 공급, 대사물의 제거율이 감소되어 더 빠른 피로를 유발하고, 근육과 다른 조직들에 손상을 초래할 수 있다. 신경계 조직에 가해진 증가된 근육 내 압력은 만성적인 신경 기능의 감소를 초래할 수도 있다. 점탄성(Viscoelastic)을 가진 인대와 건 조직들은 휴식상태의 길이로 다시 회복할 수 없는 역치 이상으로 도달할 수가 없어서, 시간이 지남에 따라 천천히 활동성이 떨어진다. 아직 정적인 자세가 개별인자로서 강한 연관성을 지닌다고 보기는 어렵다. 그러므로 보통의 연관성을 지닌다고 볼 수 있다.

손 팔의 정적인 자세의 정적인 자세의 정의로는 1분 이상 잡고 있거나 정적인 자세를 유지할 경우(E. N. Corlett, 1993) 또는 힘든 정도의 힘을 쓰거나, 4kg 이상의 물건을 10초 이상 지속하는 것, 1분이상 2kg 이상 물체를 작고있거나 중간정도의 힘을 쓰는 것, 4분 또는 그 이상을 지속하는 경미한 힘 씹이(최대힘의 약 1/3) (산업인간공학, 권영국 1998)이 제시되고 있으며 최대힘의 8.1 %를 사용할 경우 사람이 60분이상 수행이 가능하고 최대힘의 3.2%를 사용할 경우 480분을 수행할 수 있는 것으로 (SJogaard, 1986)보고되고 있고 최대힘의 15%를 사용할 경우 정적인 자세에서는 이러한 힘을 사용하지 않도록 권고하고 있다(Grandjean, 1988).

라) 반복(Repetition)

반복에 대한 정의와 기준은 많은 학자들이 각자 다르게 사용하고 있으나 본 논문에서는 정량적으로 활용할 수 있는 근거들을 제시해 본다.

반복적인 동작의 직종에서 업무의 사이클이 더 짧아지면 (분당 반복의 횟수가 증가하면) 근로자들은 더 높은 상해 위험에 처하게 된다. 업무 사이클이 짧은 곳에서는 같은 근육이 지속적으로 사용되며 근육은 업무 사이클을 수행하는 데 필요한 힘을 쓰는 것으로부터 휴식을 갖지 못하게 된다. 추가로, 업무 사이클이 짧은 곳에서는 업무의 신체적 요구에 변화가 거의 없고 이는 어떤 근육은 사용되는 한편 다른 근육은 쉴 수 있게 한다. 그러므로 사용되는 근육의 피로는 계속해서 누적되고 근육-건 의 과로로 이어진다.

신체부위별 반복에 대한 기준은 손가락 4000회이상/1일, 손 2000회/1일, 팔꿈치와 팔 1000회/1일, 어깨 300회/1일 (Auburn Engineers, Inc. 1997)로 정의하고 있으며 본 논문의 인간공학평가표 개발에 적용하였다.

다음의 <표 3-2>는 반복적인 동작 직종에서 높은 상해의 위험이 높은 신체부위와 연계되는 반복의 횟수와 업무 사이클의 길이를 보여주고 있다(Kilbom, 1994).

<표 3-2> 신체부위별 위험빈도(Kilbom)

신체 부위	분당 반복빈도	위험도	다음의 요소와 연계될 때 위험도가 높아짐:
어깨	2.5회 이상	고	높은 외부의 힘, 속도, 과도한 정적 부하(high static load), 과도하게 불편한 자세.
상완/팔꿈치	10회 이상	고	숙련도 부족, 산출 수요가 높을 때, 통제의 부족.
전완/손목	10회 이상	고	반복적 업무의 오랜 지속.
손가락	200회 이상	고	

작업사이클과 관련해서는 상지의 반복적 움직임으로 작업사이클(cycle time)이 30초 이내이거나 이러한 사이클 이내에 동일한 동작이 50%이상을 차지할 경우 고반복으로 정의한다. 낮은 반복이란 작업사이클이 30초에서 2분까지이며 동일 동작이 50 이하를 점하고 있는 작업으로 정의하고 있다(Rodgers 1986, Silverstein 등 1987).

작업사이클이란 기계 작동 및 물체를 가공하기 시작한 순간부터 다음 작업물을 다시 시작하는 순간까지의 시간이 산업계에서 흔히 사용하는 작업사이클 시간이다. 같은 작업 동작이 한 작업 사이클 내에서 여러번 반복되는 것은 흔히 있는 현상이다. 즉 “ 기술적 작업사이클 (Technical Working Cycle L” 은 여러개의 “운동사이클(Kinetic Cycle)”로 구성된다. 여기서 기준이 되는 것은 운동 사이클이다. 작업사이클이 명확히 구분되지 않으면 기술적 작업사이클을 시작점으로 할 수 있다 (스웨덴 AFS 1998:1 근골격계질환예방을 위한 인간공학규정).

관절움직임이 분당 20회 초과할 경우 고반복 (Carey and Gallwey (2002), Yen and Radwin (2000)으로 정의한다. 기타 RULA 평가표에서는 분당 4회 이상 동작을 고반복으로 정의하나 평가표에 적용될 경우는 평가표 마다 기준이 다르게 적용되고 있다.

기타 역학적인 증거로서 국립산업안전보건연구소에서는 주관절을 제외하고 모든 인체 부위의 반복적인 노출과 연결된 작업관련 근골격계질환에 대한 증거를 발견했다(Bernard와 Fine, 1997). 반복 노출을 강조하고, 경부 질환과의 긍정적 연관성을 발견한 16개의 연구들 중에서 11개 연구가 통계적으로 유의한 연관성이 있음이 밝혀졌다.

Ohlsson 등(1995)은 짧은 순환 작업(30초 이내)에 노출된 82명의 여성 산업 근로자를 64명의 반복 작업에 노출된 적이 없는 대조군과 비교했다. 긴장경부증후군의 Odds 비는 3.6 (95% 신뢰구간:1.5-8.8), 그리고 어깨증

후군(여러 가지 형태의 건염, 오십견, 견봉쇄골증후군)의 Odds 비는 5.0 (95% 신뢰구간: 2.2-11.0). Silverstein 등(1987)은 결과로 수근관증후군(CTS)을 연구하면서 힘/반복이 모두 낮은 직종에 비해 고도의 힘/고도의 반복을 가진 직종의 Odds 비는 15.5 (95% 신뢰구간: 1.7-142)였다.

Silverstein (1985)은 남자와 여자 근로자를 대상으로 단편 연구에서 높은 힘과 높은 반복을 혼합한 특성을 가지는 직종을 두 가지 모두 낮은 수준의 노출을 보이는 직종과 비교했다. 여기서 어깨 건염과 퇴행성 관절 질환의 유병율에 대한 위험율을 5.4 (95% 신뢰구간: 1.3-23)가 나왔으며 손/손목 건염의 Odds 비를 29(신뢰구간은 보고 안됨)로 발견했다.

실험실 증거적 증거로서는 1951년 Spering이 자신의 손가락을 지속적이고, 반복적인 운동, 그리고 저항에 대항하는 방향으로 노출시켰다. 모든 증례에서, 노출된 건 부위 주위는 압통이 있고 붓기가 생겼다. 그리고 대부분의 증례에서, 그는 손가락에 소리가 나고 두꺼워짐을 알았다. 이 증상들은 수개월간 지속되었다. Spering은 건 손상은 외상성 손상이 꼭 없어도, 단순하고, 반복적인 부하에 의해 유발될 수 있었다고 결론 내렸다.

실험적으로, Hagberg (1981)는 1시간 동안의 반복적인 어깨 굴전 운동이 급성 어깨에 건염이 유발할 수 있음을 증명했다. 여러 가지 연구자들은 조립 라인 작업 속도가 증가할 때 어깨 근육 활성화 그리고/또는 통증의 증가를 발견했다(Odenrich 등 1988, Ohlsson 등 1989).

다른 위험인자들로부터 분리하여 반복을 평가하는데 어려움에도 불구하고, 역학적 증거는 강력하게 반복적 운동을 작업관련 근골격계질환의 원인에 관련시킨다. 실험실 연구들의 대부분은 이런 관계의 생물학적 개연성을 증명하였다.

정신물리적인 조사는 역학적 그리고 실험실적 결과를 지지한다: 이들 정신물리적 연구들은 주관적인 부하량 측정(불편, 피로와 노력 정도)과

작업장에서 주관적으로 측정된 손상 빈도의 결과 사이의 상관 관계를 증명했다(Snook 등 1978, Herrin 등 1986).

이들 연구들은 또한 여러 가지 근골격계질환의 위험인자들, 특히 힘과 부자연스러운 자세간의 상호연관성을 증명했다. 요약하면, 여러 가지 조사결과의 증거자료가 반복을 작업관련 근골격계질환의 원인에 강하게 연관시킨다.

마) 동적 인자(움직임 속도 등)

NIOSH에서는 이 요인에 대해서는 연구하지 않았으며 주로 요부에 대한 연구가 있었다. 동적인 인자들에 관한 대부분의 조사는 요부 손상에 대해서 수행되어 왔다. 갑작스럽게 무거운 물건을 드는 작업과 가속도가 높은 들기작업에 요통의 발병에 위험으로 보인다(Magora와 Schwartz, 1976). Marras와 Schoenmarklin (1993)은 손목 근골격계질환에서 동적인 인자들을 관련시켜 손목 신전의 각속도와 손목 굴전의 각가속도는 수근관증후군(CTS)의 높고 낮은 유병율을 가진 직종을 구분할 수 있다는 것을 발견했다.

실험실 증거로 동적인 인자들과 연관된 위험에 대한 가장 설득적인 증거는 추간디스크에 관한 조사였다. Marras와 Granata는 디스크에 가해지는 압박력과 전단력은 양 측면 구부림과 뒤틀기 시에 운동의 속도와 가속도와 관련됨을 증명했다.

비대칭의 정도는 요통의 증가된 위험과 연관된 몸체 운동 특성들에도 영향을 미친다(Marras 등., 1993). 속도와 가속도 측정은 한 쪽 손만 사용하여 물건을 들어올리는 경우에 모두 높다.

동적 인자들 자체에 관심을 가지는 된 것은 매우 최근의 일이다. 근골

격계질환의 발병에 대한 동적인 스트레스 유발요인들과 관련된 역학적 그리고 실험실 증거의 몸체는 서로서로 일치하며, 다른 위험인자들에 중점을 둔 조사들과도 일치한다.

그러나 현재까지 연구들은 수와 범위에서 제한적이므로 앞으로 더 많은 연구가 필요하다. 따라서 근골격계질환과는 약한 연관관계를 지닌다고 할 수 있다.

바) 압박(Compression)

압박의 위험인자 분류는 외적인 것과 내적인 것으로 구분한다.

외부 압박은 도구 손잡이, 공작대 모서리, 기계 모서리, 그리고 심지어 불편한 의자처럼 적당한 정도의 날카로운 모서리들은 인체의 작은 부분에 힘을 집중시켜서 높고 국소적인 압력을 가한다.

이 압력은 신경, 혈관, 그리고 다른 연부조직에 압박을 가해서 조직 특이적인 손상(즉, 신경 전도의 감소, 혈류 감소, 그리고 건과 건초에 기계적인 손상)을 유발한다. 이 변화들은 스스로 질환을 유발하거나 다른 조직이 손상을 받도록 소인을 제공할 수 있다(Keyderling 등 1991).

압박 근골격계질환의 가장 보편적인 장소는 손과 손목이다. 예를 들면, 가위를 지속적으로 사용하면 손가락 옆면의 신경 손상을 유발할 수 있다. 압박 근골격계질환은 또한 전완, 팔꿈치, 그리고 어깨에서 발견될 수 있다.

내부 압박은 신경, 혈관, 그리고 다른 연부조직들은 높은 힘의 행동, 부자연스러운 자세, 고정 자세, 그리고/또는 높은 속도 또는 가속을 가진 운동의 조건 하에서 내부적으로 압박될 수 있다. 예를 들면, 경부의 부자연스러운 자세뿐만 아니라, 상지의 강한 외전(Abduction) 또는 신전은 사

각근 근육(Scalene Muscle)과 다른 해부학적 구조물들의 상완신경의 일부를 압박할 수 있다. 이 압박은 신경 그리고/또는 혈관에 손상을 줄 수 있고, 이들 신경과 혈관에 의해 지배되는 조직에 결과적인 손상을 야기할 수 있다.

내부적 압박에 다른 원인들도 있으며, 또한 이 문서에서 언급된 다른 위험인자들에 노출됨으로 인한 이차적인 결과도 있다. 예들은 아래와 같다: 강력한 수축시 생기는 근육 내 압력 (이는 고정 수축시 근육내부의 혈관들을 압박하는 주된 기전이다) 또는 작업 과정에서 손상된 조직의 복구 과정에서 부종으로 인한 압력이 예가 된다. 이는 아직은 충분한 연구결과가 없으므로 약한 연관성을 지닌다.

사) 진동(Vibration)

진동은 전통적으로 특히 자세 설계와 수송에서처럼 전신 진동과 손과 팔에 영향을 미치는 부분적인 진동으로 나뉜다. 후자의 경우, 건강 영향은 전기기구나 고정된 드릴과 축받이분쇄기처럼 반복적인 진동을 만드는 고정 진동원에 의해 상지로 에너지를 전달하는 것과 일반적으로 관련이 있다.

진동은 복잡한 물리적인 인자로 정량화와 설계에 도움이 되고, 그리고 혈관과 신경에 명확하고 재현성 있는 영향을 줌으로, 측정방법론의 격식을 갖추는데 잡음과 대등한 것들이 있다. 산업기계에서 발생하는 과도한 기계진동에 작업자가 노출됨으로 인하여 요통 재해나 백지증후군 등의 직업병으로까지 발전되어 있을 수 있어 사전 위험성 평가가 요청되고 있다.

작업자에게 노출되고 있는 진동은 두 가지의 주된 유형이 있는데 전

신진동과 손-팔 국소진동이 그것이다. 전신진동은 작업자의 전신에 전달되며 일반적으로 작업자의 둔부나 등받이 또는 하지를 통하여 진동이 전달된다. 손-팔 국소진동은 손과 팔을 통해서 전달되며 주로 수공구를 취급하는 작업자들에게 나타나고 있다.

(1) 전신 진동

전신 진동은 골격근에 영향을 미칠 수 있고, 개인들을 작업관련 요통에 대한 소인을 가지게 할 수 있다. 이에 대한 원인들은 주기적인 근육 수축의 붕괴, 근육 피로, 피로 근육들이 부하, 구조물의 지속적인 압박과 신장으로부터 척수 구조물을 보호하는 능력의 감소, 혈류 감소, 그리고 신경 펩타이드의 변화를 포함한다(Brinckmann, Wilder, 그리고 Pope, 1996, Friden과 Lieber, 1994, Hasson과 Holm, 1991, Seidel, 1988). 전신 진동, 특히 좌석의 진동, 은 요부 질환의 발병과 연관되어 있다(Damkot 등., 1984, Frymoyer 등., 1983, Kelsey와 hardy, 1975, Bernard와 Fine, 1997, Troup, 1988). 여러 가지 기전들이 제안되어 왔다. 이들은 추골끝판에서 미세골절, 혈관연축과 혈류감소, 척수 구조물의 기계적인 과부하와 신장, 그리고 통증-유발 신경펩타이드를 포함한 생화학적 변화와 함께 척수신경근 등측 척수신경절의 초구조적 변화들을 포함한다(Hansson, Kefler, Holm, 1987, Hirano 등., 1988, Kazarian, 1975, Keller, Spengler, Hansson, 1987, McLain과 Weinstein, 1994, Pope 등., 1984, Seidel과 Heide, 1986, Seroussi, Wilder, Pope, 1989).

방사선학적 그리고 병리적인 변화들이 전신 진동에 노출된 인간 대상에서 발견되었다(Frymoyer 등., 1980, 1983 Kelsey, 1975, Pope 등., 1991, Wilder 등., 1982). Christ와 Dupuis (1996)는 트랙터 운전사들의 방

사선학적 요추 소견을 평가했다.

매년 작업 시간이 증가함에 따라 방사선학적 변화의 유병율도 증가한다. 매년 700시간이내를 운전하는 운전자들의 61%, 매년 700-1200 시간을 운전하는 운전자들의 68%, 그리고 매년 1200시간이상을 운전하는 운전자들의 94%에서 변화들이 관찰되었다.

연구 대상의 크기가 작은 것이 연구의 단점이다. 비록 다른 연구들은 운전 시간, 요부질환의 증상, 그리고 요추의 방사선학적 이상사이에 유사한 연관성을 보고했다(Fishbein과 Salter, 1950, Seidel과 Heide, 1986). 디스크 높이 감소, 추관절 관절증, 척추분리증(Spondylosis), Schmorl 결절, 그리고 척추전방전위증(Spondylolisthesis)의 소견들이 높은 빈도로 보고된다.

일부 저작들은 이들 연구들이 후향적인(Retrospective) 것이며, 일부는 대조군이 부족하다는 것을 지적해왔다(Hansson과 Holm, 1991). 불행하게도, 많은 무거운 장비 운전자들과 트럭 운전자들은 앞은 자세, 앞으로 구부린 자세(Kyphotic), 뒤틀기, 그리고 전신 진동처럼 추간디스크에 스트레스를 증가시키는 많은 수의 추가적인 인자들에 노출되어 있다(Dupuis, 1994). 이들이 아마도 이들 근로자들에서 퇴행성 디스크 질환의 조기 발병을 설명할 수 있다.

앞은 자세에서 인간 요추의 자연적인 공명(resonance) 주파수는 4-6.5 Hz사이 이다(Magnusson 등., 1990, Wilder, Pope, Frymoyer, 1982). 이는 많은 자동차 운송수단의 진동 특징과 유사하다.

전신 진동은 인체와 척추에 충격(impact), 옮기기(translation), 그리고 회전(rotation)과 같은 여러 가지 운동을 가한다. 자연적인 주파수 범위 내에서, 한가지 동물의 체내 연구는 진동으로 인한 디스크 압력과 축방향과 전단력이 2-3배 증가할 수 있음을 증명했다(Hansson 등, 1987).

자연적인 주파수에서 진동으로 인한 척추 부하의 의미 있는 증가는 단순한 앉음 후에도 발견되는 디스크 수축(Shrinkage)의 양을 악화시켰다. 이는 지속적인 척추 측정을 사용하여 인체에서 증명되어 왔다(Kazarian 1975, Magnusson 등 1990).

0-15 Hz 내에서 주파수가 증가함에 따라, 척추 구조물들의 경직성이 정상 연구 실험자들에서 의해 발견되었다(Wilder, Pope, 그리고 Frymoyer, 1982). 약간 측면으로 굴전된 자세로 이동하는 것은 일시적으로 경직을 감소시키지만, 이 자세는 척추주위와 복부 근육의 피로와 같은 다른 기계적인 불이익을 준다(Wilder, Pope, Frymoyer, 1982).

Brinckmann 등(1987, 1988)은 체외 실험을 수행했고, 일회의 부하시와는 달리 반복적인 척추체에 대한 순환 부하는 물질의 강도를 감소시킴을 발견했다. 그들은 결과적인 척추체 종판의 골절이 나중에 발생하는 디스크 손상과 요통의 가능한 기전이었다고 제안했다.

진동은 더 큰 근육전기적 활동과 피로를 보이는 척추기립근(erector spinae muscle)에 추가적인 영향을 가지고 있다(Seidel과 Heide, 1986, Seroussi, Wilder, Pope, 1989, Wilder, Pope, Frymoyer, 1982).

Johanning (1991)은 지하철 운전자들이 1시간 동안 전신 진동에 노출된 후, 몸통 근육 피로를 경험했다. Pope 등(1984)은 또한 척추주위 근육, 인대, 그리고 디스크의 피로는 전신 진동의 노출과 관련된 요통에 기여하는 것으로 믿었다. 진행적인 근육 피로는 골격근이 척추구조물을 보호하는 능력을 제한한다. 근육 반응이 진동의 위상과 차이를 보일 때도, 추가적인 척추 부하가 또한 발생할 수 있다(Seroussi, Wilder, 그리고 pope, 1989).

(2) 손-팔 국소진동

인체진동의 노출 허용기준으로 미국의 ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists)의 물리적인자 위원회에서는 손-팔의 국소진동의 TLV(Threshold Limit Values)값은 아래에서 제시된 바와 같이 진동관리 기준 <표 3-3> 과 같다.

<표 3-3> ACGIH 진동노출 한계기준

일일 총 진동 노출 지속시간	노출 한계 허용값 TLV(threshold Limit values)	
	진동가속도(m/s ²)	g
4시간 이상~8시간 미만	4	0.40
2시간 이상~4시간 미만	6	0.61
1시간 이상~2시간 미만	8	0.81
1시간 미만	12	1.22

기타 반복에 대한 기준으로는 진동발생 수공구 사용 작업자에게 나타날 수 있는 현상은 진동유발백색수지증(Vibration-induced White Finger; VWF)으로 이는 수년동안 매일 손-팔 국소진동에 노출될 경우 보통 손가락이 벗겨지는 증세(white-finger syndrome)라고 알려진 질환으로 알려져 있으며 이는 영구적 신체 손상 또는 손목이나 팔꿈치의 관절과 근육의 손상을 초래 할 수도 있다.

흔히 진동은 건, 근육, 뼈, 관절을 변질시킬 수 있으며 신경 시스템에 영향을 줄 수도 있다. 이러한 결과를 총체적으로 손-팔 국소진동증후군(Hand-Arm Vibration Syndrome ; HAVS)로 알려져 있다. 또한 VWF는 특히 저온에 손이 노출되는 경우 악화될 수 있는 것으로 알려져 있다.

손-팔 국소진동으로 인한 질환들은 진동에 관한 인용되는 역학적 연구의 유일한 주제이다. 측정 가능한 신경학적 그리고 동맥성 기능장애를 포

합하는 결과들은 더 임상적으로 인식된 근골격계질환과는 대조적으로 통증과 기능을 선행한다.

1986년에 국제기준화기구(International Standard Organization: ISO)는 진동을 측정하고 이들 노출을 조절하는 방법을 발표했다 -- ISO 5349 (1986). 이 접근 방법들은 미국규격협회(American National Standards Institute: 미국규격협회)에서 채택되었다(미국표준협회 S3.34, 1986). 이렇게 채택된 측정을 위한 접근은 손 도구의 진동 성질을 특성화하는 기술적 가능성을 반영하는 것이다.

진동(Vibration)은 진폭(Oscillation)의 주파수 분포라는 용어로 측정된다. 진동은 진폭(Oscillation)의 방향, 속도, 가속, 그리고 각 충돌 주기로 표현된 순간력, 또는 힘의 범위(크기) 등으로 구성되어 있다(Starck와 Pyko 1986, Maeda 등 1996). 이들 각 물리적인 특징들은 특히 손바닥과 손가락들뿐만 아니라, 좀 더 근위부로는 어깨와 경부에서도 발생할 수 있는 증상과 조직 손상과 관련을 가지고 있다.

손-팔 진동의 분야에서, 노출 측정과 특수화된 질환 검사법은 매우 진화하고, 방법적으로 자세하고, 그리고 기술적으로 세련된 접근법을 만들어 왔다. 이들은 일반적인 직업 건강 문헌에는 소수의 유사 방법이 있지만, 연부조직 손상에는 전문하다.

손-팔 진동의 산업적 조절은 저온관련 손가락 창백 또는 Raynaud 현상과 같은 가장 우세한 증후와 증상 복합체를 감소시키는데 기초를 두고 있다. 직업 의학의 선구자인 Alice Hamilton은 미국에서 공기압도구(Air-Powered Tool)를 사용하는 Indiana 채석장 근로자에서 이 현상을 처음으로 기술했다(Hamilton, 1918). 1960년까지 40개 이상의 연구들이 발표되었다(Cherniack, 1999).

국립산업안전보건연구소는 1989년과 1997년의 가능한 역학자료(국립산

업안전보건연구소, 1989, Bernard와 Fine, 1997, 별첨 26-1)를 심의하였고, 진동 노출의 기간과 강도와 후천적 Raynaud병(진동백색수지증으로 알려짐)의 발병 시기 사이에 강한 용량 효과가 있음에 대한 강력한 증거를 발견했다. 저온 시험 시 동맥성 과민반응과 혈관확장 장애는 또한 진동백색수지증(Vibration White-Finger : VWF)의 특징들이다.

일부 연구들에서는, 노출된 작업력의 70%가 상지의 손가락에서 국소적인 혈관연축의 증후와 증상을 나타내는데, 대부분 측정은 저온 실험시에 손가락의 수축기 혈압과 손가락 온도의 안정성을 측정함으로써 이루어졌다(Bovenzi, 1993). 비록 진동유발혈관연축(Vibration-induced Vasospasm)의 주요한 기전은 국소적인 자율신경 부전(Gemne, 1994, Ekenvall과 Lindblad, 1986)으로 보이지만, 더 일반화된 동시-이환(Co-Morbid) 혈관 병리는 또한 손 증상과 기능장애에도 기여한다.

국소적 진동에 심하게 노출된 근로자들의 손가락들은 심각한 혈관내피 손상의 징후를 보여준다(Takeuchi 등 1986).

동맥경화적 손상의 지시제인 증가된 자유 라디칼 생성과 증가된 Leukotriene B₄는 진동 노출의 부수물이다(Lau, O'Dowd, 그리고 Belch, 1992). 전체적으로 직업적 Raynaud 질환의 만족스러운 병리생리학적 모델은 구하기 힘들다.

진동 노출의 결과로 손-팔 진동 증후군(Hand-Arm Vibration Syndrome: HAVS)에서 손가락 혈관 연축과 작은 신경 섬유 손상의 우세함은 상지에서 다른 중요한 진동관련 건강 영향들을 배제하는 것은 아니다. 공기구동기구들(Pneumatic Tools)을 사용하는 근로자들에서 높은 유병율과 중증도로 인해 특히 수근관증후군은 인식되어 왔다(Koskimies 등 1990, Chatterjee 1992).

그러나 진동성 도구로부터 신경조직으로의 직접적인 에너지 전달의 상

대적인 기여와 신경 손상을 자극할 수 있는 진동에 대한 이차적인 병리 생리적 또는 생역학적 반응에는 불확실성이 존재한다. 예를 들면, 손가락 굴근에서 근육 활성화뿐만 아니라 승모근에서도 결정되는 근전도 수치는 팔 위치뿐만 아니라 진동의 다른 질적인 인자들에 의해 영향을 받을 수 있다.

이는 너트 조임기와 임팩트기와 같은 전기 기구들에서 증폭되어 진동 이외의 주된 생체역학적 노출을 만들어 내고 있다(Freivalds와 Eklund, 1993, Radwin, VanBergeijk 그리고 Armstrong, 1989). 이들 상황에서, 악력, 작업 표면과 관련된 자세, 그리고 회전모멘트의 기간과 같은 추가적인 인체공학적 고려 등이 불편함과 근전도의 중요한 영향을 미치고 있다(Rohmert 등., 1989).

요약하면 진동은 복합적인 요인이 적으며 오히려 독립적인 기본인자로 근골격계질환과 강한 연관성을 지닌다.

아) 변형 촉진 인자(Modifying Factors)

아래의 항목들은 그 자체로는 위험인자들이 아니다. 하지만 이들은 기본 위험인자들에 영향을 미치고 있으므로 모두 개별적으로는 약한 연관성을 갖고 있다고 볼 수 있다.

(1) 강도(Intensity) 또는 크기(magnitude)

강도 또는 크기는 각 위험인자의 세기를 측정하는 것이다. 힘이 어느 정도인가, 자세에서 어떻게 벗어나 있는가, 동작의 속도 또는 가속이 얼마나 큰 것이지, 압박으로 인한 압력은 어느 정도인가, 진동의 가속은 얼

마나 큰가, 등을 파악하는 것이다.

(2) 기간(Duration)

기간은 얼마나 오랜 기간동안 위험인자에 노출되었는가를 측정하는 것이다. 이는 작업-특이적인 측정이며 횟수와 기간이 연관되어 있다. 즉 더 자주 작업이 수행될수록 노출의 기간은 더 커진다.

De Krom 등(1990)은 노출의 시간들이 부자연스럽고, 굴진된 손목 자세와 수근관증후군(CTS)의 연관성을 증가시킴을 발견했다. Hagberg 등(1990)은 진동 노출에 대한 기간/근골격계질환 연관을 증명했다.

Kourinka와 Forcier (1995)는 하루 당 또는 일생동안의 노출 정도가 노출과 작업관련 근골격계질환 사이 연관성의 크기를 증가시킨다는 것 증명했다.

(3) 스트레스 회복 정도 (위험작업 노출과 회복 시간의 형태)

기초 위험인자들의 통합효과들은 강도와 기간에 의해 변형되어 인체의 회복과 복구 능력에 큰 부담을 지운다. 회복 능력은 조직 복구가 가능한 시간과 강하게 연관되어 있다. 따라서 정확한 노출 측정은 위험인자들이 시간에 따라 다양함을 고려해야 한다. 과도한 대사물질의 부하와 부적절한 휴식이 인체로부터 긴장된 조직에서 복구를 완성할 수 있는 회복 시간을 빼앗아 간다.

노출의 형태도 전체 크기나 축적 노출만큼이나 중요할 수 있다. 예를 들면, 4 시간의 축적 노출 기간이 2번의 하루 8시간 작업으로 분산되면, 일회의 한번 4 시간 노출과는 상당히 다른 건강 영향을 가질 것이다.

Kourinka와 Forcier (1995)는 스트레스회복정도(일시적 프로파일)에 아래의 내용이 포함되어야 한다고 주장했다.

- 주어진 시간 동안 작업의 다양성(시간, 일, 주)
- 작업 순환의 특징들: 스트레스 유발요인이 낮은 것에 대한 높은 작업의 비율
- 공식적인 휴식 시간의 분포
- 교대와 잔업 계획

(4) 저온(Cold Temperature)

저온은 진동-연관질환의 발병에서 잘 알려진 악화 요소이다. 기존의 질환과 손상을 악화시킬 뿐만 아니라, 저온 환경은 근육의 효율을 떨어뜨린다. 손의 저온-관련손상들은 여러 가지 혈관성 그리고 신경학적 질환을 유발한다. 아마도 저온의 가장 흔한 효과는 피부감각민감도를 감소시키고 손의 기민성을 약화시킨다. 저온에 의해 둔감하게 된 손가락을 가진 작업자는 감소된 감각으로 인해 필요로 한 것보다 더 많은 힘으로 부하를 잡기 때문에, 근육, 연부조직, 관절들을 압축력에 크게 노출시키게 된다.

3.1.3 전자업종관련 위험인자 선정

우수한 역학적 지식은 위험에 대한 노출에 따른 근골격계질환결과를 예측할 수 있게 정확하고 지속적으로 발전시키고 정량화 하는 것이 필요하다. 근골격계질환의 원인을 신속히 파악하고 적용을 위한 연구 영역에서는, 측정하고, 결과를 정량화 시키고 나아가 특정 위험과 질환과의 연

관관계를 도출하고자 하는데 여전히 각각의 요소에 대한 인식에도 문제들이 있다. 앞에서 논의된 위험인자들은 근골격계질환을 유발하거나 기여하는 것으로 역학적 접근에서 상당한 인과관계가 있는 것으로 나타났다.

그러나 아래와 같은 이유로 인하여 특별히 정량적으로 역학적 조사에만 의존하여 위험인자에 가중치를 주어 평가 도구를 만들기에는 한계가 있다.

- 어느 한 가지 연구로 인과 관계 방향을 정립하는 어려움.
- 평가 측정(신체 부위 및 평가방법)에서의 다양성
- 비노동(Non-Working)인구의 유병율에 관한 정보의 부족.
- 관찰되는 많은 변수들 중 질환에 영향을 주는 평가되지 않은 인자들의 보편적인 역학적 조사 부재 등

이상의 다양한 이유로 역학적 결과에 의존한 인간공학적 평가를 개발하는 것은 한계가 있으므로 본 논문에서는 아래의 세 가지 원칙을 기준으로 전자업종관련 위험인자를 선정한다.

첫째, 역학적 문헌조사 결과에 따른 근골격계질환 위험기본인자를 기본인자로 한다

둘째, 전자업종의 설문결과 근골격계질환호소자들의 신체부위별 불편비율 정도를 반영한다.

셋째, 전자업종의 작업특성을 고려한 일반적인 기본인자 이외 다양한 변형 축집인자들을 적용한다.

우선, 역학적 문헌조사 결과 근골격계질환의 위험기본인자로는 힘, 자세, 반복을 위험 기본 3인자로 하고 진동, 접촉스트레스를 추가위험요소

로 선택하였고 기타 촉진인자로 강도, 작업기간, 스트레스회복시간(위험작업 노출과 회복 시간의 형태), 저온 등을 선정하였다. 또한, 위험 3요소간의 상호 복합적인 측면이 고려되도록 복합요소를 포함한다

다음은 둘째 원칙에 대한 반영을 위해 역학적 기준조사에서 나온 많은 연구들로부터 위험 인자와 근골격계질환 관련 신체부위 사이의 인과관계를 종합하여 정리하였다.

따라서, 우리나라 전자산업 근로자의 근골격계질환 증상 호소자들이 가장 불편해 하는 신체부위는 어깨(0.249%), 목 (0.192%), 손/손목(CTS, 건초염, 진동장해) (0.169%), 팔꿈치(0.112%), 허리 (0.169%)의 순이며 이 불편도(%)결과값을 근골격계질환 발생과 물리적 작업요인과의 인과관계(NIOSH, 1997) 표의 인간공학적 기본 위험인자(힘, 반복, 자세, 진동 등)에 적용하여 연관성의 정도(연관성 매우 깊음 ; 5점, 연관성 있음 ; 3점, 불충분한 연관성 ; 1점)를 고려하여 기본 위험인자에 대한 정량적 위험성을 도출한다.

〈표 2-8〉의 결과를 〈표 3-4〉 근골격계질환 발생과 물리적 작업요인과의 인과관계(NIOSH, 1997)에 대입시켜보면 최종적으로 〈표 3-5〉과 〈표 3-6〉의 과정을 거쳐 위험요인 별로 구분된 〈표 3-7〉의 결과를 얻는다. 결과로서 인간공학적 위험인자에 대한 우선순위 정도가 반복 (35%), 작업자세 (30%), 힘 (20 %), 진동 (15%)의 순으로 결정되어 나온다.

그러나, 이러한 비율을 그대로 평가도구에 적용시키기에는 접촉스트레스와 같은 추가적인 기본인자 또는 위험요소간의 복합요소로 작용하는 촉진인자인 강도, 작업기간, 스트레스회복시간(위험작업 노출과 회복 시간의 형태), 저온 등이 상호변수로서 작용할 수 있으므로 종합적 판단기준으로 활용 할 수 있다.

〈표 3-4〉 역학적 조사 결과에 따른 신체부위별 위험요소 결과

구 분		위험인자				
근골격계 질환 부위 또는 진단	연구 수	힘	고정 또는 극한 자세	반복	진동 (부분적)	혼합
목과 목/어깨	>40	++	+++	++	+/0	(--)
어깨	>20	+/0	++	++	+/0	(--)
팔꿈치	>20	++	+/0	+/0	(--)	+++
수근관	>30	++	+/0	++	++	+++
손/손목 건염	8	++	++	++	(--)	+++
손-팔 진동	20	(--)	(--)	(--)	+++	(--)
비 고	+++ : 매우관련성 높음, ++ : 연관성 있음 +/0 : 불충분한 연관성, -- : 관련된 연구 조사가 없음					

〈표 3-5〉 근골격계질환 발생과 물리적 작업요인과의
인과관계(NIOSH, 1997)

신체부위별 위험요인 (전자업종 신체부위별 증상호소율)		연관성이 매우깊음(5점)	연관성 있음(3점)	불충분한 연관성(1점)	가중 종합 점수
목 (0.192)	반복작업		√		0.576
	힘		√		0.576
	작업자세	√			0.96
	진동			√	0.192
어깨(0.249)	작업자세		√		0.747
	힘			√	0.249
	반복작업		√		0.747
	진동			√	0.249
팔꿈치(0.112)	반복작업			√	0.112
	힘		√		0.224
	작업자세			√	0.112
	복합적 요인		√		
손/손목(CTS) (0.169)	반복작업		√		0.338
	힘		√		0.338
	작업자세			√	0.169
	진동		√		0.338
	복합적 요인	√			
손과 손목(건초염) (0.169)	반복작업		√		0.338
	힘		√		0.338
	작업자세		√		0.338
	복합적 요인	√			
손과손목(진동장해) (0.169)	진동	√			0.845
허리 (0.169)	들어올리기/ 중량물취급	√			0.845
	부적절한자세		√		0.507
	힘든육체작업		√		0.507
	전신진동	√			0.845
	정적작업자세			√	0.169

〈표 3-6〉 근골격계질환 발생과 물리적 작업요인과의
인과관계 변환

신체부위별 위험요인 (전자업종 신체부위별 증상호소율)		연관성이 매우깊음(5점)	연관성 있음(3점)	불충분한 연관성(1점)	가중 종합 점수
목 (0.192)	반복작업		√		0.576
	힘		√		0.576
	작업자세	√			0.96
	진동			√	0.192
어깨(0.249)	작업자세		√		0.747
	힘			√	0.249
	반복작업		√		0.747
	진동			√	0.249
팔꿈치(0.112)	반복작업			√	0.112
	힘		√		0.224
	작업자세			√	0.112
	복합적 요인		√		
손/손목(CTS, 건초염, 진동장해) (0.169)	반복작업		√√		0.338
	힘		√√		0.338
	작업자세		√	√	0.254
	진동	√	√		0.596
	복합적 요인	√√			

〈표 3-7〉 위험요인 인자별 가중치 결과값

위험요인별 구분	위험요소별 누적값	평균 위험 가중값 (%)
반복	2.392	35
힘	1.39	20
작업자세	2.073	30
진동	1.037	15
총계	6.892	100

마지막으로 전자업종의 실제 작업특성을 추가위험인자의 선택을 위해서 국내 전자업종에 종사하는 근로자들이 개선을 원하는 설문조사 결과를 참고하여 선정한다.

전자업종의 경우 작업의 성격으로 보아 크게 정적 작업과 비정적 작업이 있을 수 있다.

정적작업이란 발을 이동하지 않고 신과 같은 신체의 일부분만을 반복적으로 사용하거나 아니면 정적인 자세를 유지하면서 검사하는 등의 작업을 하는 대부분 대기업에서 행해지고 있는 작업의 형태이고, 비 정적작업은 비교적 활동적인 작업형태이며 동작의 범위가 넓으며 고정된 자세가 아니라 작업의 자세가 바뀌고 움직임이 요구되는 작업의 형태이다.

국내 조사 결과를 보면 OO 전자의 근로자에 대한 작업환경 개선이 필요한 사항을 두 개의 집단에 대하여 설문한 결과 다음과 같은 상이한 결과가 나왔다(정병용, 2002).

〈표 3-8〉에 의하면 정적작업의 경우 작업도구와, 설비개선 및 작업대와 작업공간을 개선하길 바랐으나 비 정적작업의 경우 환경적 측면인 소음이나 온도의 개선을 요구했고 휴식의 경우도 정적작업은 72 %가 휴식부족으로 나왔으나 비 정적작업은 42%만이 부족으로 응답하였다. 그러므로, 상지 작업과 허리 하지 작업을 다르게 적용하고 평가하듯이 근로자들의 개선요구사항과 불편요소가 다른 상이한 작업형태인 고정적인 정적 작업과 비 정적작업을 평가도구의 촉진인자로 추가하였다.

그리고, 근골격계질환의 위험요인에 대한 특징을 파악하기 위해 일반적인 위험요인 즉 무리한 힘, 고 반복, 나쁜 자세, 진동, 저온, 접촉 스트레스, 기타 정신물리학적 요인 등에 대한 문헌적 고찰을 통해 전자업종에 필요한 근골격계질환 위험요인을 도출하였으며 여기서 얻어진 데이터는 전자산업에 필요한 근골격계질환의 위험요인의 기초 자료로 활용하였다.

〈표 3-8〉 정적 작업과 비정적 작업의
개선 요구사항 비교

개선요구 항목	정적 작업 (정밀부품 조립)	비 정적 작업 (대형제품 조립, 운반)
작업도구, 설비개선	27 %	19 %
작업대 및 작업공간	24 %	16 %
온도	17 %	21 %
소음	15 %	22 %
작업방법	8 %	6 %
무거운 중량물 취급	6 %	8 %
조명	3 %	8 %
휴식부족	72%	42 %
작업량 과다	54%	27%

그리고, 사회심리적 요인인 고려하여 업무에 대한 만족도, 일의 숙련도, 작업수행의 어려움, 작업에 대한 힘든 느낌, 산재처리 시 고용에 대한 불안감, 질환에 대한 정보, 작업속도환경(기계페이스, 성과급제, 할당제, 기타 심리적으로 속도를 빠르게 만드는 경우), 작업환경 (반사 빛, 고열, 광선 분진 등), 주의 집중정도 등이 적절히 반영될 수 있게 한다.

3.2 전자업종을 위한 인간공학적 위험성 평가도구의 개발

전자업종에 적합한 인간공학적 위험성 평가 도구의 개발은 전자업종에서 가장 많은 부담을 호소하는 상지에 대한 평가로 범위로 제한하였다. 지금까지 조사한 역학적 연관성을 참고는 하였으나 근본적인 목적은 근골격계질환의 평가를 위한 것이 아니라 작업자의 불편정도를 파악하고 개선을 효과적으로 하기 위한 것이다.

전자업종 특히 단순반복작업에 노출되어 있는 작업자가 가장 불편하다

고 생각하는 위험요소에 대해 충분한 고려한 평가도구의 개발로 인하여 평가 결과 작업자의 불편요인(위험요인)이 가장 잘 반영되어 나타나고 결과점수(위험의 노출정도를 나타냄)를 낮추도록 개선을 할 경우 근로자의 불편증상을 가장 효과적으로 경감시키기 위한 것이 그 목적이다.

따라서, 앞장에서 도출된 각종 전자업종관련 인간공학적 위험인자와 변형인자들에 대한 신체부위별 가중치를 고려하여 기존의 여러 가지 평가 도구 중 제 2장의 전자업종의 인간공학평가 결과에서 증명된 가장 신뢰도가 높은 KOSHA-A(KOSHA CODE H-28-2002)를 모델로 하여 전자업종관련 위험인자 선정의 결과들을 다양하게 평가 있도록 확장하고 고려하여 다음과 같은 <표 3-9> 상지 스트레인 평가 (Upper Limb Strain Assessment)를 개발하였다.

개발을 위해 참고한 평가도구들은 본 논문의 전자업종 위험성 평가에 사용된 SI, RULA, KOSHA-A, ANSI 뿐만 아니라 Ergonomic Risk Assessment: Preliminary guidelines For Analysis of Repetition, Force and Posture (A.M Genaid, A. Al-Shedi. and R. L. Shell, J. Human Ergol., 22: 45-55, 1993에서 반복과 힘의 정의에 대한 기준을 참고하였으며, Rapid Upper Limb Assessment (E.N. Corlett, University of Nottingham)에서 자세에 대한 기준을 참고하였고, The Development of Action Levels for The 'Quick Exposure Check'(QEC)system (Robert Brown and Guangyan Li, University of Sunderland)에서 아래와 같은 상지의 스트레인 평가표를 개발하였다. 복합 촉진인자의 구성방법은 Score Sheet for Ergonomic Survey (EHSP-007 2, Rev.0)의 평가표를 참고하였다.

〈표 3-9〉 상지의 스트레인 평가표 (Upper Limb Strain Assessment)

작업자명		연령/성별		주요직무 (1)						
작업부서		신장/체중	cm, kg	주요직무 (2)						
휴식시간		근무년한		주요직무 (3)						
위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크		c. 근로자 힘들 정도		d. 점수	
		2 시간 미만	2-4 시간	4 시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	b×C
A. 반복성 (손, 팔꿈치, 어깨,목)	1. 높은 반복작업(15초 미만주기)	1	2	4	.	.		심함	매우 심함	
	2. 지속적 반복작업(동일작업이 50%이상/1사이클)	0.5	1	3	.	.		"	"	
	3. 간헐적 반복작업(동일작업이 25%이상/1사이클)	0	0	1	.	.		"	"	
B. 손에 가해지는 힘	1.손의 쥐는 힘 10kg 초과	1	2	4	50 -240	240회 이상		"	"	
	2.손으로 쥐는 힘 5kg초과	0.5	1	3	"	"		"	"	
	3.핀치그립 3kg 초과	2	4	6	"	"		"	"	
	4.핀치그립 1kg 초과	1	2	3	"	"		"	"	
	5. 손가락 집기	0	0	1	6000회이상	8000회이상		"	"	
C. 자세	1. 목을 45°이상 숙이거나 10°이 상 뒤로 젖힘	1	2	4	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	2. 목을 20°이상 앞으로 숙이거 나 60°이상의 측면을 봄	0.5	1	2	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	3. 팔꿈치를 어깨위로 올리거나 손이 머리 위로 올라감	1	2	3	300회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	4. 지지대 없이 팔이 정상영역 밖에 있거나 지속적으로 팔을 뻗 음	0.5	1	2	1500회이상, 5분 이상 정지/15분	2000회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	5.아래팔을 비틀기(드라이버 작 업 등)	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상1 0분 이상 정지/15분		"	"	
	6. 엘보 각도가 60°-100° 범 위를 벗어나 위치	0.5	1	2	5분 이상 정지/15분	10분 이상 정지/15분		"	"	
	7. 임의 방향으로 손목을 최대한 구부림	1	2	4	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	8. 손목 굽히기(수동조립, 데이터 입력)굴절20°,신전30°이상, 내전 10°, 외전 20°이상 발생	0.5	1	2	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상1 0분 이상 정지/15분		"	"	
	9. 허리를 45° 이상 심각하게 구 부림(반복 또는 정지)	1	2	4	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	10. 허리를 20° 이상 구부리거나 (반복 또는 정지) 옆으로 굽힘	0.5	1	2	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	

〈표 3-9〉 상지의 스트레인 평가표

(Upper Limb Strain Assessment)-계속

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦의 의견		d. 합계점수
		2시간 미만	2-4 시간	4시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	b×C
D. 신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림	0.5	1	2	25회 이상	120회 이상		심함	매우 심함	
	2. 망치와 같은 공구로 사용(손바닥 사용)	1	2	3	25회 이상	120회 이상		"	"	
E. 진동	1. 국소진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
	2. 전신진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
F. 환경	1.조명(눈부심, 레이저, 어두움)	0	0	1	3시간 이상	7시간 이상		"	"	
	2. 저온작업 (손노출) - 좌식작업: 16°이하 - 가벼운작업: 4°이하 - 보통. 힘든작업 :-7°이하	0	0	1	2시간 이상	4시간 이상		"	"	
G. 사회 심리적 요인	1. 의자 제공이 없이 딱딱한 바다위에 장시간 서 있는 경우	0	1	2	.	.		"	"	
	2. 좌식작업에서 의자 및 하지공간의 불량	0	1	2	.	.		"	"	
	3. 일당 목표제 작업 또는 기계 의존적인 작업속도	0	1	2	.	.		"	"	
	4. 지속적인 주의 집중	0	1	2	.	.		"	"	
	5. 근골격계부담작업이며 연장근무를 함	0	1	2	.	.		"	"	
	6. 부적합한 휴식시간 또는 스 트레칭체조 미 실시	0	1	2	.	.		"	"	
총점	a 점수합계				b 점수합계			c점수합계		

* 국소진동 기준 : 4 m/sec²이상의 진동수준

* 주의집중의 경우 주의 기간이 작업주기당 80%이상이고 주의력 요구정도가 매우 높은 경우(예; 검사, 계기측정, 조정작업, 원고교정, 설계작업 등)

* 부적합한 휴식이란 사용하는 근육의 회복시간이 충분하지 않은 경우이며 기계의존적과 같은 작업에서 짧은 휴식(한 시간 이내에 5분 이상 휴식)이 없거나 힘든 작업의 경우 오전 오후 각각 2번 이상의 휴식이 주어지지 않을 경우가 해당됨.

여기서 개발된 상지 스트레인 평가(Upper Limb Strain Assessment : 이하 ULSA)의 평가표 이용절차는 아래와 같다.

1단계 : 작업자의 인적사항 즉 부서, 연령, 성별, 신장, 체중, 휴식시간 등을 기록하고 작업내용에 포함된 주요 직무를 기록한다.

단계 2: 만약 주요직무가 하나이상이면 가장 힘든 직무를 기준으로 평가하되 위험요인별 기준을 결정할 때 다른 직무를 고려하여 평가한다. 특별히 전혀 다른 종류의 작업을 행할 경우는 평가표를 작업의 종류만큼 각각 작성하여 합산하여 평가한다.

단계 3: 항목 A에서 G까지에 해당되는 a. 직무에 투입되는 작업시간 (이것은 순수 작업의 행위에 대한 노출시간이 아니라 직무전체의 수행시간을 의미) 에 체크(V) 한다. 다음은 b. 노출빈도의 기준에 해당할 경우 해당란에 체크(V) 한다. 체크된 것에 대하여 b. 점수계산의 박스 기재한다. 이때 해당되는 기준을 보고 "a의 점수 x 2" 또는 "a의 점수 x 3" 을 선택하여 계산한다. 박스안의 "·"표의 의미는 해당되지 않음을 의미하므로 b의 점수값은 a에서 체크한 값이 그대로 온다. c의 기록방법은 b의 기록방법과 동일하다.

제 4단계: b의 기록에 대한 종합점수를 구한 후 c의 종합점수를 구한다.

제 5단계 : 점수에 대한 해석

〈표 3-10〉 상지의 스트레인 평가결과 해석기준을 보면 작업자의 의견을 개진하기 어렵거나 동일 작업에 대한 객관적 자료로서 활용하고자 할 경우 b의 점수만으로 인간공학적 위험 수준을 해석한다.

작업자의 불평이 접수되거나 작업장전체의 종합 진단이 요구되는 경우로서 개선의 우선순위를 정할 목적으로 평가할 경우는 근로자의 의견이 반영된 “c의 종합점수”를 활용한다.

〈표 3-10〉 상지의 스트레인 평가결과 해석기준

구분	위험기준	점수범위
'b' 점수 해석	안전하다(녹색): 개선이 필요하지 않다	20미만
	보통이다(노란색): 향후 추가적인 관찰과 주의가 필요하다	20점이상 - 34점 미만
	위험하다(적색): 즉시 개선을 할 필요가 있다	35점 이상
'c' 점수 해석	안전하다(녹색): 개선이 필요하지 않다	40점 미만
	보통이다(노란색): 향후 추가적인 관찰과 주의가 필요하다	40점이상 - 69미만
	위험하다(적색): 즉시 개선을 할 필요가 있다	70점 이상
비고	* 계산결과 'b'의 주의점수가 20점, 'b'의 위험점수는 35점이 나왔음 * 계산결과 'c'의 주의점수가 40점, 점수'c'의 위험점수는 70점이 나왔음	

주의점수와 위험점수를 산정한 근거는 다음과 같다.

상지 스트레인 평가(ULSA)의 위험인자들은 근골격계부담자작업으로서 신체부담에 영향을 끼치는 인자들로 구성되었으므로 비록 위험인자들간에는 비교적 낮은 위험조건에 해당하더라도 하루에 2시간 이상 작업을 하면 부담이 될 수 있으므로 안전한 범위를 초과하는 주의의 조건은 위험인자기준 중 낮은 위험인자(A3, B2, C2, C4, C5, C8, C10, D1, E1, F1,

F2, G1, G3, G4, G6 등이 해당)에 속하며 실제 동작이 가능한 모든 위험인자들에 작업자가 노출되어 2시간이상 작업할 경우로 가정하였으며 <표 3-11> 에서와 같이 낮은 위험인자들을 선택하여 2-4시간노출의 점수에서 b의 노출빈도는 약한 빈도에 속하는 칼럼을 택하였다. 그러므로 a에서 결정된 점수 × 2점을 하면 b의 점수가 결정되고 이것을 모두 합하면 20점이 나오고 이 점수가 주의를 요하는 기준이 된다.

‘b’의 위험점수 산정기준은 기본 위험인자 중에 높은 위험도에 속하는 인자(A1, B3, C1, C3, C5, C7, C9, D2, E1, F1, F2, G1, G3, G4, G5, G6)들에 대해 하루 2시간이상 작업할 경우를 가정한 후 노출빈도 ‘b’에서 약한 빈도에 속하는 칼럼(a × 2)를 선택한다. <표 3-12> 의 계산결과 35점이 나왔다.

‘c’의 주의 점수와 위험점수는 ‘b’의 주의점수와 위험점수에 각각 근로자가 주관적으로 느끼고 있는 위험점수(근로자의 힘듦의 의견이 심함에 속함)를 곱하여(b × 2) 산출한다. <표 3-13> 과 <표 3-14> 에서 ‘c’의 주의점수와 위험점수는 40점과 70점이 각각 나왔다.

이때 근로자의 힘듦에 대한 의견은 약함과 보통은 적용하지 않고 심함일 경우 “‘b’의 점수×2”를 하고 매우 심하다고 답할 경우 “‘b’의 점수×3”으로 계산한다.

- (1) b의 "주의 점수" 산정근거: 낮은 위험인자(2-4시간) x (a x 2점)
- (2) b의 "위험 점수" 산정근거: 높은 위험인자(2-4시간) x (a x 2점)
- (3) c의 "주의 점수" 산정근거: b의 주의 환산점수 x (b x 2점)
- (4) c의 "위험 점수" 산정근거: b의 위험환산 점수 x (b x 2점)

〈표 3-11〉 'b'의 주의 점수 산정 근거표

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘들음 의견		d. 점수
		2 시간 미만	2-4 시간	4 시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
A. 반복성 (손, 팔꿈치, 어깨,목)	1. 높은 반복작업(15초 미만주기)	1	2	4	.	.		심함	매우 심함	
	2. 지속적 반복작업(동일작업이 50%이상/1사이클)	0.5	1	3	.	.		"	"	
	3. 간헐적 반복작업(동일작업이 25%이상/1사이클)	0	0	1	.	.	0	"	"	
B. 손에 가해지는 힘	1.손의 쥐는 힘 10kg 초과	1	2	4	50 -240	240회 이상		"	"	
	2.손으로 쥐는 힘 5kg초과	0.5	1	3	"	"	2	"	"	
	3.핀치그립 3kg 초과	1	2	4	"	"		"	"	
	4.핀치그립 1kg 초과	1	2	3	"	"		"	"	
	5. 손가락 집기	0	0	1	6000회이상	8000회이상	0	"	"	
C. 자세	1. 목을 45°이상 숙이거나 10°이 상 뒤로 젖힘	1	2	4	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	2. 목을 20°이상 앞으로 숙이거나 60°이상의 측면을 봄	0.5	1	2	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분	2	"	"	
	3. 팔꿈치를 어깨위로 올리거나 손이 머리 위로 올라감	1	2	3	300회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	4. 지지대 없이 팔이 정상영역 밖에 있거나 지속적으로 팔을 뻗 음	0.5	1	2	1500회이상, 5분 이상 정지/15분	2000회이상, 10분 이상 정지/15분	2	"	"	
	5.아래팔을 비틀기(드라이버 작 업 등)	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분	2	"	"	
	6. 엘보 각도가 60°-100° 범 위를 벗어나 위치	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	7. 입의 방향으로 손목을 최대한 구부림	1	2	4	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	8. 손목 굽히기(수동조립, 데이터 입력)굴절20°,신전30°이상, 내전 10°, 외전 20°이상 발생	0.5	1	2	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분	2	"	"	
	9. 허리를 45° 이상 심각하게 구 부림(반복 또는 정지)	1	2	4	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	10. 허리를 20° 이상 구부리거나 (반복 또는 정지) 옆으로 굽힘	0.5	1	2	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분	2	"	"	

〈표 3-11〉 ‘b’의 주의 점수 산정 근거표-계속

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦의 의견		d. 합계점수
		2시간 미만	2-4 시간	4시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
D. 신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림	0.5	1	2	25회 이상	120회 이상	2	심함	매우 심함	
	2. 망치와 같은 공구로 사용(손바닥 사용)	1	2	3	25회 이상	120회 이상		"	"	
E. 진동	1. 국소진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상	2	"	"	
	2. 전신진동 (진동흡수체 미사용)	1	2	3	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
F. 환경	1.조명(눈부심, 레이저, 어두움)	0	0	1	3시간 이상	7시간 이상	0	"	"	
	2. 저온작업 (손노출) - 좌식작업: 16°이하 - 가벼운작업: 4°이하 - 보통, 힘든작업 :-7°이하	0	0	1	2시간 이상	4시간 이상	0	"	"	
G. 사회 심리적 요인	1. 의자 제공이 없이 딱딱한 바닥위에 장시간 서 있는 경우	0	1	2	.	.	1	"	"	
	2. 좌식작업에서 의자 및 하지공간의 불량	0	1	2	.	.		"	"	
	3. 일당 목표제 작업 또는 기계 의존적인 작업속도	0	1	2	.	.	1	"	"	
	4. 지속적인 주의 집중	0	1	2	.	.	1	"	"	
	5. 근골격계부담작업이며 연장근무를 함	0	1	2	.	.		"	"	
	6. 부적합한 휴식시간 또는 스 트래칭체조 미실시	0	1	2	.	.	1	"	"	
총점	a 점수합계	14			b 점수합계	20	c점수합계			

* 국소진동 기준 : 4 m/sec²이상의 진동수준

* 주의집중의 경우 주의 기간이 작업주기당 80%이상이고 주의력 요구정도가 매우 높은 경우(예; 검사, 계기측정, 조정작업, 원고교정, 설계작업 등)

* 부적합한 휴식이란 사용하는 근육의 회복시간이 충분하지 않은 경우이며 기계의존적과 같은 작업에서 짧은 휴식(한 시간 이내에 5분 이상 휴식)이 없거나 힘든 작업의 경우 오전 오후 각각 2번 이상의 휴식이 주어지지 않을 경우가 해당됨.

〈표 3-12〉 'b'의 위험점수 산정 근거표

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘들 의견		d. 점수
		2 시간 미만	2-4 시간	4 시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	b×C
A. 반복성 (손, 팔꿈치, 어깨,목)	1. 높은 반복작업(15초 미만주기)	1	2	4	.	.	1	심함	매우 심함	
	2. 지속적 반복작업(동일작업이 50%이상/1사이클)	0.5	1	3	.	.		"	"	
	3. 간헐적 반복작업(동일작업이 25%이상/1사이클)	0	0	1	.	.		"	"	
B. 손에 가해지는 힘	1.손의 쥐는 힘 10kg 초과	1	2	4	50 -240	240회 이상		"	"	
	2.손으로 쥐는 힘 5kg초과	0.5	1	3	"	"		"	"	
	3.핀치그립 3kg 초과	1	2	4	"	"	4	"	"	
	4.핀치그립 1kg 초과	1	2	3	"	"		"	"	
	5. 손가락 집기	0	0	1	6000회이상	8000회이상	0	"	"	
C. 자세	1. 목을 45°이상 숙이거나 10°이 상 뒤로 젖힘	1	2	4	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분	4	"	"	
	2. 목을 20°이상 앞으로 숙이거 나 60°이상의 측면을 봄	0.5	1	2	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	3. 팔꿈치를 어깨위로 올리거나 손이 머리 위로 올라감	1	2	4	300회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분	4	"	"	
	4. 지지대 없이 팔이 정상영역 밖에 있거나 지속적으로 팔을 뻗 음	0.5	1	2	1500회이상, 5분 이상 정지/15분	2000회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	5.아래팔을 비틀기(드라이버 작 업 등)	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분	2	"	"	
	6. 엘보 각도가 60°-100° 범 위를 벗어나 위치	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	7. 임의 방향으로 손목을 최대한 구부림	1	2	4	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분	4	"	"	
	8. 손목 굽히기(수동조립, 데이터 입력)굴절20°,신전30°이상, 내전 10°, 외전 20°이상 발생	0.5	1	2	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	9. 허리를 45° 이상 심각하게 구 부림(반복 또는 정지)	1	2	4	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분	4	"	"	
	10. 허리를 20° 이상 구부리거나 (반복 또는 정지) 옆으로 굽힘	0.5	1	2	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	

〈표 3-12〉 'b'의 위험점수 산정 근거표-계속

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦의 의견		d. 합계점수
		2시간 미만	2-4 시간	4시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
D. 신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림	0.5	1	2	25회 이상	120회 이상		심함	매우 심함	
	2. 망치와 같은 공구로 사용(손바닥 사용)	1	2	3	25회 이상	120회 이상	4	"	"	
E. 진동	1. 국소진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상	2	"	"	
	2. 전신진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
F. 환경	1. 조명(눈부심, 레이저, 어두움)	0	0	1	3시간 이상	7시간 이상	0	"	"	
	2. 저온작업 (손노출) - 좌식작업: 16°이하 - 가벼운작업: 4°이하 - 보통, 힘든작업 :-7°이하	0	0	1	2시간 이상	4시간 이상	0	"	"	
G. 사회 심리적 요인	1. 의자 제공이 없이 딱딱한 바닥위에 장시간 서 있는 경우	0	1	2	.	.	1	"	"	
	2. 좌식작업에서 의자 및 하지공간의 불량	0	1	2	.	.		"	"	
	3. 일당 목표제 작업 또는 기계 의존적인 작업속도	0	1	2	.	.	1	"	"	
	4. 지속적인 주의 집중	0	1	2	.	.	1	"	"	
	5. 근골격계부담작업이며 연장근무를 함	0	1	2	.	.	1	"	"	
	6. 부적합한 휴식시간 또는 스 트레칭체조 미실시	0	1	2	.	.	1	"	"	
총점	a 점수합계				b 점수합계		35	c점수합계		

* 국소진동 기준 : 4 m/sec²이상의 진동수준

* 주의집중의 경우 주의 기간이 작업주기당 80%이상이고 주의력 요구정도가 매우 높은 경우(예; 검사, 계기측정, 조정작업, 원고교정, 설계작업 등)

* 부적합한 휴식이란 사용하는 근육의 회복시간이 충분하지 않은 경우이며 기계의존적과 같은 작업에서 짧은 휴식(한 시간 이내에 5분 이상 휴식)이 없거나 힘든 작업의 경우 오전 오후 각각 2번 이상의 휴식이 주어지지 않을 경우가 해당됨.

〈표 3-13〉 ‘c’의 주의 점수 산정근거표

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦 의견		d. 점수
		2 시간 미만	2-4 시간	4 시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
A. 반복성(손,팔꿈 치,어깨 목)	1. 높은 반복작업(15초 미만주기)	1	2	4	.	.		심함	매우 심함	
	2. 지속적 반복작업(동일작업이 50%이상/1사이클)	0.5	1	3	.	.		"	"	
	3. 간헐적 반복작업(동일작업이 25%이상/1사이클)	0	0	1	.	.	0	"	"	
B. 손에 가해지는 힘	1.손의 쥐는 힘 10kg 초과	1	2	4	50 -240	240회 이상		"	"	
	2.손으로 쥐는 힘 5kg초과	0.5	1	3	"	"	2	"	"	4
	3.핀치그립 3kg 초과	2	4	6	"	"		"	"	
	4.핀치그립 1kg 초과	1	2	3	"	"		"	"	
	5. 손가락 집기	0	0	1	6000회이상	8000회이상	0	"	"	
C. 자세	1. 목을 45°이상 숙이거나 10°이 상 뒤로 젖힘	1	2	4	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	2. 목을 20°이상 앞으로 숙이거나 60°이상의 측면을 봄	0.5	1	2	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분	2	"	"	4
	3. 팔꿈치를 어깨위로 올리거나 손이 머리 위로 올라감	1	2	3	300회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	4. 지지대 없이 팔이 정상영역 밖에 있거나 지속적으로 팔을 뻗 음	0.5	1	2	1500회이상, 5분 이상 정지/15분	2000회이상, 10분 이상 정지/15분	2	"	"	4
	5.아래팔을 비틀기(드라이버 작 업 등)	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분	2	"	"	4
	6. 엘보 각도가 60°-100° 범 위를 벗어나 위치	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	7. 임의 방향으로 손목을 최대로 구부림	1	2	4	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	8. 손목 굽히기(수동조립, 데이터 입력)굴절20°,신전30°이상, 내전 10°, 외전 20°이상 발생	0.5	1	2	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분	2	"	"	4
	9. 허리를 45° 이상 심각하게 구 부림(반복 또는 정지)	1	2	4	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	10. 허리를 20° 이상 구부리거나 (반복 또는 정지) 옆으로 굽힘	0.5	1	2	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분	2	"	"	4

〈표 3-13〉 ‘c’의 주의 점수 산정근거표-계속

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦의 의견		d. 합계점수
		2시간 미만	2-4 시간	4시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
D. 신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림	0.5	1	2	25회 이상	120회 이상	2	심함	매우 심함	4
	2. 망치와 같은 공구로 사용(손바닥 사용)	1	2	3	25회 이상	120회 이상		"	"	
E. 진동	1. 국소진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상	2	"	"	4
	2. 전신진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
F. 환경	1. 조명(눈부심, 레이저, 어두움)	0	0	1	3시간 이상	7시간 이상	0	"	"	0
	2. 저온작업(손노출) - 좌식작업: 16°이하 - 가벼운작업: 4°이하 - 보통, 힘든작업 :-7°이하	0	0	1	2시간 이상	4시간 이상	0	"	"	0
G. 사회 심리적 요인	1. 의자 제공이 없이 딱딱한 바닥위에 장시간 서 있는 경우	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	2. 좌식작업에서 의자 및 하지공간의 불량	0	1	2	.	.		"	"	
	3. 일당 목표제 작업 또는 기계 의존적인 작업속도	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	4. 지속적인 주의 집중	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	5. 근골격계부담작업이며 연장근무를 함	0	1	2	.	.		"	"	
	6. 부적합한 휴식시간 또는 스트레칭 제조 미실시	0	1	2	.	.	1	"	"	2
총점	a 점수합계				b 점수합계		20	c점수합계		40

* 국소진동 기준 : 4 m/sec²이상의 진동수준

* 주의집중의 경우 주의 기간이 작업주기당 80%이상이고 주의력 요구정도가 매우 높은 경우(예; 검사, 계기측정, 조정작업, 원고교정, 설계작업 등)

* 부적합한 휴식이란 사용하는 근육의 회복시간이 충분하지 않은 경우이며 기계의존적과 같은 작업에서 짧은 휴식(한 시간 이내에 5분 이상 휴식)이 없거나 힘든 작업의 경우 오전 오후 각각 2번 이상의 휴식이 주어지지 않을 경우가 해당됨.

〈표 3-14〉 'c'의 위험점수 산정근거표

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦 의견		d. 점수
		2 시간 미만	2-4 시간	4 시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
A. 반복성 (손, 팔꿈치, 어깨,목)	1. 높은 반복작업(15초 미만주기)	1	2	4	.	.	2	심함	매우 심함	4
	2. 지속적 반복작업(동일작업이 50%이상/1사이클)	0.5	1	3	.	.		"	"	
	3. 간헐적 반복작업(동일작업이 25%이상/1사이클)	0	0	1	.	.		"	"	
B. 손에 가해지는 힘	1.손의 쥐는 힘 10kg 초과	1	2	4	50 -240	240회 이상		"	"	
	2.손으로 쥐는 힘 5kg초과	0.5	1	3	"	"		"	"	
	3.핀치그립 3kg 초과	1	2	4	"	"	4	"	"	8
	4.핀치그립 1kg 초과	1	2	3	"	"		"	"	
	5. 손가락 잡기	0	0	1	6000회이상	8000회이상	0	"	"	0
C. 자세	1. 목을 45°이상 숙이거나 10°이 상 뒤로 젖힘	1	2	4	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분	4	"	"	8
	2. 목을 20°이상 앞으로 숙이거나 60°이상의 측면을 봄	0.5	1	2	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	3. 팔꿈치를 어깨위로 올리거나 손이 머리 위로 올라감	1	2	4	300회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분	4	"	"	8
	4. 지지대 없이 팔이 정상영역 밖에 있거나 지속적으로 팔을 뻗 음	0.5	1	2	1500회이상, 5분 이상 정지/15분	2000회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	5.아래팔을 비틀기(드라이버 작 업 등)	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분	2	"	"	4
	6. 엘보 각도가 60°-100° 범 위를 벗어나 위치	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	7. 임의 방향으로 손목을 최대한 구부림	1	2	4	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분	4	"	"	8
	8. 손목 굽히기(수동조립, 데이터 입력)굴절20°,신전30°이상, 내전 10°, 외전 20°이상 발생	0.5	1	2	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	9. 허리를 45° 이상 심각하게 구 부림(반복 또는 정지)	1	2	4	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분	4	"	"	8
	10. 허리를 20° 이상 구부리거나 (반복 또는 정지) 옆으로 굽힘	0.5	1	2	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	

〈표 3-14〉 'c'의 위험점수 산정근거표- 계속

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦의 의견		d. 합계점수
		2시간 미만	2~4 시간	4시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	
D. 신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림	0.5	1	2	25회 이상	120회 이상		심함	매우 심함	
	2. 망치와 같은 공구로 사용(손바닥 사용)	1	2	3	25회 이상	120회 이상	4	"	"	8
E. 진동	1. 국소진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상	2	"	"	4
	2. 전신진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
F. 환경	1. 조명(눈부심, 레이저, 어두움)	0	0	1	3시간 이상	7시간 이상	0	"	"	0
	2. 저온작업 (손노출) - 좌식작업: 16°이하 - 가벼운작업: 4°이하 - 보통, 힘든작업 :-7°이하	0	0	1	2시간 이상	4시간 이상	0	"	"	0
G. 사회 심리적 요인	1. 의자 제공이 없이 딱딱한 바닥위에 장시간 서 있는 경우	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	2. 좌식작업에서 의자 및 하지공간의 불량	0	1	2	.	.		"	"	
	3. 일당 목표제 작업 또는 기계 의존적인 작업속도	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	4. 지속적인 주의 집중	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	5. 근골격계부담작업이며 연장근무를 함	0	1	2	.	.	1	"	"	2
	6. 부적합한 휴식시간 또는 스 트래칭제조 미실시	0	1	2	.	.	1	"	"	2
총점	a 점수합계				b 점수합계		35	c점수합계		70

* 국소진동 기준 : 4 m/sec²이상의 진동수준

* 주의집중의 경우 주의 기간이 작업주기당 80%이상이고 주의력 요구정도가 매우 높은 경우(예; 검사, 계기측정, 조정작업, 원고교정, 설계작업 등)

* 부적합한 휴식이란 사용하는 근육의 회복시간이 충분하지 않은 경우이며 기계의존적과 같은 작업에서 짧은 휴식(한 시간 이내에 5분 이상 휴식)이 없거나 힘든 작업의 경우 오전 오후 각각 2번 이상의 휴식이 주어지지 않을 경우가 해당됨.

4. 결론 및 토의

4.1 결 론

스트레스 유발인자들이 감소된 작업장에서 근골격계질환의 감소가 있었다는 연구결과들이¹⁹⁾ 본 연구논문에서 개발된 평가도구의 적절한 사용으로 근골격계질환예방에 기여할 수 있다는 강하게 뒤받침하고 있다.

본 논문에서 개발된 상지의 스트레인 평가표의 적용결과는 기존의 평가표 중 전자업종에서 가장 신뢰도가 높았던 평가표 KOSHA-A와 〈표 4-1〉에서 비교되었다. 평가적용대상 사업장은 근골격계질환자발생 사업장으로서 역학조사를 실시했던 사업장 중 비디오 자료 및 기초조사 자료가 충실한 사업장들 중에서 임의로 선정하여 실시하였다.

조사비교 결과 두 종류의 평가도구가 각자의 정량적 위험 값에서 가장 위험한 조건에서 서로 일치하며(S전자) 가장 안전한 값으로도 일치(AM코리아)하는 것으로 나타났다. 그러나 ULISA의 경우 평가항목이 다양하여(반복성; 3가지, 힘; 5가지, 자세; 10가지, 신체압박; 2가지, 진동; 2가지, 환경; 2가지, 기타 사회심리적요소 등 6가지) 총 30종류의 위험인자를 갖고 있어 다양한 작업형태를 좀 더 정밀하게 분석할 수 있고 특히, 힘과 반복, 자세와 반복의 복합형태의 요소가 정량적 기준으로 제시되고 있어 근골격계질환의 역학적 기준을 고려함과 동시에 근로자의 의견을 최종적으로 반영하여 개선의 우선순위를 선정하는 활용할 수 있게 하였다.

19) Punnet, L. 1998. Epidemiologic studies of Physical Ergonomic Stressors and Musculoskeletal Disorders. In: National Academy of Sciences. Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Research Base. Washington, D.C.: National academy Press.

〈표 4-1〉 상지의 스트레인 평가표의 적용결과표

번호	사업장	작업종류	작업 형태	KOSHA-A	ULSA
1	S 전자	PC기판조립	입식/단순	12	36
2	TG 산업	휴대폰조립	좌식/복합	9	35
3	S 테크	전자교환기	좌식/단순	8	25
4	L 전자	MASK 검사	좌식/단순	6	25
5	MK 전자	기판 검사	입식/단순	6	23
6	AN테크	검사 수정	좌식/단순	9	33
7	AM 코리아	자동화 기계조작	입식/ 복합	2	8
8	HS 금속	조립 포장	입식/복합	7	19
9	KPC	소재품 조립	좌식/단순	6	14
10	SH 전자	제품검사	입식/복합	8	30
○ KOSHA-A의 위험작업 판정 기준: 10을 초과 할 경우 ○ ULSA(개발평가도구)의 경우 20점 이상이면 주의대상, 35점 이상이면 위험 작업					

ULSA(상지의 스트레인 평가표)의 적용이 양호하게 나온 것은 전자업종에서 발생할 수 있는 신체에 부담작업요소를 평가항목으로 충분히 반영했다는 것도 중요한 요인이 되겠지만 무엇보다도 인간공학적 위험인자들 간의 비율을 전자업종의 특성을 고려한 비례 배분이 주효했다고 판단된다.

즉, 본 연구조사에서 전자업종 인간공학적 위험인자에 대한 우선순위 정도가 최종적으로 반복 (35%), 작업자세 (30%), 힘 (20 %), 진동 (15%)의 순으로 결정되어 나왔다. 이러한 비율을 전자업종 종사자들의 개선요구사항 (정적작업과 비정적작업의 고려, 휴식부족, 작업량 과다) 및 기타 역학

적 촉매인자들을 충분히 고려한 약 30가지의 다양한 인자들에 아래와 같은 비율로 비례적으로 점수를 할당 배분하였다.

먼저 ULSA(상지의 스트레인 평가표)의 경우 반복은 'A. 반복성(손, 팔꿈치, 어깨,목)'의 위험요인으로 분류되고, 힘은 'B. 손에 가해지는 힘', 자세는 'C. 자세'로 크게 분류된다. 그러나 반복은 B와 C 및 D(신체압박)에 각각 변형 촉매인자로 곱해지고 있다. 따라서, 반복(A)의 위험인자 기준에 해당하는 모든 점수를 합하면 12.5점, 힘(B)은 30.5점, 자세(C)는 48점인데 각각을 노출빈도 (반복)을 고려하여 보통의 반복점수(2점)을 곱하면 반복(A)는 그대로 12.5점이나 힘(B)은 61점, 자세(C)는 96점, 그러나 이때 힘과 자세에서 곱의 변수로 작용한 빈도는 힘과 자세 점수의 절반이 반복의 몫이 되므로 절반씩(30.5점, 48점)을 A에 더하여 준다.

그리고 진동의 변수로 작용한 점수 9.5도 반복의 몫에 더하면 반복 총점수 = 12.5점+30.5점+48점+9.5점 = 100.5점이 된다.

따라서, ULSA(상지의 스트레인 평가표)의 반복, 자세, 힘의 비율은 39%, 37%, 24%를 보이고 있어 기타 요소(신체압박, 진동, 환경, 사회심리적요인)들을 감안하면 전자업종의 위험비율인 반복 (35%), 작업자세 (30%), 힘 (20 %)에 일치되도록 설계하였다.

따라서, 현재까지 인간공학적 평가도구가 모두 외국의 자료에 의존하여 사용되고 있지만 한국의 사회심리적 요인과 기업환경 그리고 고용에 대한 우려, 근골격계질환 자체에 대한 이해의 부족 등 다양한 변형요인이 반영되고 있지 않아 평가의 신뢰성에 의문이 제기되기도 하였다. 이번 논문은 여러 가지 역학적 기준을 근거로 하되 우리나라의 현 기업환경을 고려한 다양한 변형요소를 추가하였다는데 의의가 있다. 작업의 특이성을 감안하여 일반적인 평가도구에서 좀 더 진일보하여 업종별 맞춤형 평가 도구 개발을 위한 시도였음에 또 다른 의의가 있겠다.

현재 본 논문에서 평가도구로 활용 비교된 평가도구들 간의 장단점을 아래 <표 4-2>에서 정리 비교하였다.

손/ 손목의 평가는 JSI가 가장 유용하고 정적인 자세에서의 작업은 RULA가 유용할 수 있으며 종합적인 신속한 평가는 KOSHA CODE- A와 ANSI-Z365가 장점을 보인다. 그러나 작업의 인간공학적 위험인자들을 충분히 파악하는 도구로서는 ULSA(상지의 스트레인 평가표)가 가장 유용한 도구로 평가된다.

<표 4-2> 상지 관련 평가표의 장단점

평가도구명 (Analysis Tools)	평가되는 항목 수	관련된 신체부위	적용대상 작업 종류	장 단 점
KOSHA CODE- A	반복성(3개), 힘(2개) 불편한 자세(5개) 압박(2개), 진동(2개) 기타(5개) 전체: 19개	손목, 팔, 어깨, 목, (상지)	단순반복작업, 비고정적인 형태의 조립작업 서비스업계통.	반복요소가 미흡 빠른 진단 가능
JSI(Job Strain index)	반복성(5개), 힘(5개) 불편한 자세(4개) 압박(0), 진동(0) 기타(13종) 전체:27 종	손, 손목	금속 목재가공작업, 경조립작업, 검사, 육류가공, 포장, 자료입력, 세탁...	손부위의 세밀한 평가 손, 손목부위 작업 한정됨
RULA (Rapid Upper Limb Assessment)	반복성(2개), 힘(4개) 불편한 자세(25개) 압박(0), 진동(0) 기타(0) 전체: 29개	손목, 팔, 팔꿈치, 어깨, 목, (상지)	조립작업, 고정작업, 검사작업, 육류가공, 교환대, 치과	반복성과 정적자세의 고려가 다소 미흡, 전문성 요구
ANSI-Z365	반복성(2개), 힘(4개) 불편한 자세(6개) 압박(1개), 진동(1개) 기타(10개) 전체: 24개	손, 손목, 어깨, 목, 상지	조립작업, 목공작업, 정비작업, 육류가공, 교환대, 우체국	신속한 평가가 가능 세부 항목 부족
ULSA(Upper Limb Strain Assessment)	반복성(37개), 힘(5개) 불편한 자세(10개) 압박(2개), 진동(2개) 기타(10개) 전체:66개	손목, 팔, 팔꿈치, 어깨, 목 상지.	전자업종, 섬유업종, 사무 서비스, 자료입력, 기계, 기구 제조업, 선박제조 등	조립작업, 검사, 정밀작업 등에 적합, 다양한 요소 포함 다소 전문성 요구

4.2 토의

본 연구에서 개발 제안한 전자업종을 위한 상지 스트레인 평가(Upper Limb Strain Assessment)표는 전자업종을 위한 상지질환을 위해 개발되었지만 단순반복작업 전체에 대한 적용이 되기 위해서는 기계, 기구 등 타 업종들에 대한 검증 연구가 더 수행되어야 할 것으로 판단된다.

또한, 전자업종에 종사하는 근로자들의 허리와 하지에 대한 위험에 대해서는 본 논문의 평가표가 적용될 수 없는 만큼 향후는 전자업종에서 주로 취급하는 대차 이동이나 기타 들고 밀고 나르기 작업들에 대해서 NIOSH LIFTING EQUATION에서는 해결되지 않는 제한요소를 극복하여 작업장에서 빠르고 쉽게 사용하기 용이한 평가표가 개발되기를 기대한다.

본 평가표를 현장에서 적용하여 사용하는 것은 어렵지 않은 일이나 우선 인간공학과 관련한 용어들을 숙지한 후 평가하는 것이 평가편차를 줄일 수 조건이 된다. 예를 들어, 평가표의 위험인자 항목에 나오는 피치그립과 파워그립, 중립적인 자세의 의미, 손가락집기, 적절한 휴식시간의 의미, 진동의 기준, 조명과 온도, 의자의 선정기준 등 다양한 내용들에 대한 인간공학적 기본 지식을 갖고 평가표를 사용하면 평가시간이 훨씬 절약될 수 있으며 나아가 정확도도 높아질 것이다. 항목이 적지 않은 관계로 처음에 사용 시에는 간단한 한 작업에 대해서도 1시간이상에서 몇 시간까지 소요될 수 있으나 내용이 숙지되고 숙련이 되면 작은 소단위 작업은 30분 이내에 평가도 가능하다.

본 논문에서 평가하지 않은 종합점수 'c'의 부분은 근로자와 평가자의 신뢰가 선행이 된 후 실시되어야 하므로 최종점수 'c'점수를 활용하기 위해 근로자들에게 평가의 목적이 작업개선에 있다는 사항이 충분히 전달

되어야 하고 동시에 당해 작업자의 적극적인 참여가 있어야 목적인 소기의 성과를 이룰 수 있다.

본 평가표의 최종 목적은 종합 점수 'c'를 구하는 것이므로 기업에 따라 노사간의 문화가 다르고 인적, 물적 조건이 다르기 때문에 근로자와 사용자(평가자)와의 신뢰성을 어떻게 확보하는가가 하나의 과제로 남아 있다.

따라서, 본 도구의 개발의 취지는 근골격계질환 발생가능 장소인지 아닌지를 판별하는데 사용하기에 앞서 작업을 작업자에게 알맞게 맞추어 주기 위한 개선을 전제로 한 평가도구로서 활용되어야함을 다시 한번 밝히둔다.

참고 문헌

- [1] 권영국, 산업인간공학, 형설출판사, 1998, p359-351
- [2] 권오채, 윤명환, 반복적인 손목 및 손가락 작업에서의 수작업 부하 평가, 18(2), 1998.
- [3] 김규상, 전기전자제조업체 근로자의 작업위험성과 직업성 근골격계질환 연구, 한국산업안전공단, 2001, p37-41.
- [4] 김순례, 모 자동차 제조업체의 근로자들의 요통에 대한 역학적 요추 X-선학적 고찰, 지역사회간호학회지 6(2), 1995.
- [5] 김양옥, 박 중, 류소연, 전자레이저 조립작업에서 발생한 경견완증후군의 조사 연구(1), 대한산업의학회지, 7(2), 1995.
- [6] 김흥기, 정성학, 인력물자취급시 작업빈도에 따른 생리적 작업능력의 연구, 대한인간공학회지, 18(2), 1999.
- [7] 박정선, 사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 개발, 한국산업안전공단, 2001, p108-115.
- [8] 박희석, 장동성, 인체진동 측정 및 분석체계, 대한인간공학회지, 18(3), 1999.

- [9] 산재현황통계, 한국산업안전공단, 2002.
- [10] 산업재해분석, 노동부, 2002.
- [11] 양성환, 인간공학적 접근을 통한 요통예방모델 개발, 아주대학교 대학원, 박사학위 논문, 2000.
- [12] 오혜주, 이덕희, 박인근, 장세환, 작업유형별 증상 호소율에 관한 조사연구, 예방의학회지, 27(2), 1994.
- [13] 이관석, 박희석, 한국작업자의 요통예방을 위한 작업하중 설계지침, 1994.
- [14] 이관형, 작업관련성 질환자 특성 및 발생분포 경향에 관한 연구, 한국산업안전공단, 2000, p9.
- [15] 이경용, 작업관련 스트레스와 조직문화, 한국산업안전공단, 2001
- [16] 이나루, 작업관련 근골격계질환 예방을 위한 작업위험요인 평가, 한국산업안전공단, 2000, p55-56.
- [17] 이동경, 인간공학적 작업장 평가지수에 관한 연구, 안전경영과학회지, 제 4권 제 3호, 2002.
- [18] 이상국, 산업재해보상보험법, (주) 청암미디어, 2001, p266-273

- [19] 이윤근, 농작업 생활환경의 작업부담 평가 및 경감방안 연구, 농촌진흥청, 2003.
- [20] 이준화, 자동차 조립 작업 시 작업자세, 휴식시간, 작업형태에 따른 작업부하의 변화에 관한 연구, 인천대학교 대학원, 석사학위논문, 2001.
- [21] 이창민 역, 작업생리학, 대영사, 2001, p40-51.
- [22] 장성록, L5/s1에 걸리는 부하염력과 척추기립근 근전도의 상관관계 분석, 한국산업안전학회지, 10(4), 1995, p103-108.
- [23] 정병용, 김규상, 이동경 등 인간공학적 작업장 개선, 한국산업안전공단, 2002.
- [24] 정병용, 작업분석 및 관리, 한성대학교 출판부, 2003, p284-331.
- [25] 정병용, 냉공조 사업부 및 컴퓨터 시스템 사업부 진단 보고서, 2000, p37
- [26] 정진주, 직무특성에 따른 근골격계질환 발생과 보건관리체계에 관한 연구, 한국산업안전공단, 2001, p17-24.
- [27] 조영진, 김정룡, 비틀림 동작에서의 허리 근육의 피로도 패턴, 대한인간공학회지, 20(2), 2001.

- [28] 허국강, 박동현, 사회심리적 스트레스 및 작업특성 요인이 직업성 요통에 미치는 영향, 대한 인간공학회지, 19(2), 2000.
- [29] 최용휴, 직업성 근골격계질환의 발생요인 및 발생분포에 관한 연구, 한국산업안전공단, 2002, p11-12.
- [30] Aaras, A., Horgen, G., Bjorset, H. H., Ro, O., Thoresen, M.(1998). Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. Applied Ergonomics, 29(5):335-354.
- [31] American National Standards Institute. (1998). ANSI Z-365 Control of Work-Related Cumulative Trauma Disorders (Draft). New York: ANSI.
- [32] A. M. Genaidy, and R. L. Shell, Ergonomic Risk Assessment: Preliminary Guidelines for Analysis of Repetitive, Force and Posture, J. Human ergol., 22: 45-55, 1993
- [33] Armstrong, T.J., Castelli, W.A., Evans, F.G., Diaz-Perez, R. Some horological changes in carpal tunnel contents and heir biomechanical implications. Journal of Occupational Medicine, 26(3):197-201, 1984

- [34] Bernard, B., Fine, L., etc. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health. DHHS (NIOSH) Publication #97-141, 1997

- [35] Bjelle, A., Hagberg, M., Michaelsson, G. (1979). Clinical and ergonomic factors in prolonged shoulder pain among industrial workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 5:205-210.

- [36] Borg, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14:377-381. 1982

- [37] G. Stoffert, Analysis and evaluation of working body postures using the OWAS method, (11 NF) 1985/1 Z> Arb.wiss

- [38] James P. Kohn, *Ergonomic Process Management*, Lewis Publishers, 1999

- [39] J.J., Felson, D.T. (1988). Factors associated with osteoarthritis of the knee in the First National Health and Nutrition Examination Survey (HANES I): evidence for an association with overweight, race, and physical demands of work. *American Journal of Epidemiology*, 128(1):179-189.

- [40] Karlheinz G. Skaub; Gabriele Winter; Kurt Landau,
Ergonomic Screening of Assembly tasks in automotive
industries, Proceedings of the IEA 2000 HFES 2000 Congress

- [41] Kilbom, A. Repetitive work of the upper extreme : Part
I-Guidelines for the practitioner, International journal of
Industrial Ergonomics , 1994

- [42] Kristina Kemmlert, On the Identification and Prevention of
Ergonomic Risk factors, Doctoral Thesis No. 1997:01D ISSN
1402-1544

- [43] Marilyn Joyce, et. al, M.E. A Methodology for identifying
ergonomics risk factors and measuring the results of
implementation of corrective actions, Proceeditngs of the human
Factors and Ergonomics society 41st annual Meeting 1997

- [44] Mooren J. S. < Garg, A. The strain Index: A Proposed
Method to Analyze Jobs for Risk of Dital Upper Extremity N
Disorders AM. IND. HYG. ASSOC. J., 1995

- [45] Occupational Safety and Health Administration Ergonomics
Program Guidelines for Meatpacking Plants. U.S. Department of
Labor. OSHA Publication #3123, 1990

- [46] Punnet, L. 1998. Epidemiologic studies of Physical Ergonomic Stressors and Musculoskeletal Disorders. In: National Academy of Sciences. Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Research Base. Washington, D.C.: National academy Press.
- [47] Putz-Anderson, V., ed. Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs. New York: Taylor and Francis, 1988
- [48] Rolf H. Westgaard and Jorgen Winkel, On occupational ergonomic risk factors for musculoskeletal disorders and related intervention practice, New avenues for prevention of chronic Musculoskeletal Pain and Disability Pain research and Clinical Management, Vol.12, 2002 Elsevier Science B. V.
- [49] Silverstein, B.A., Fine, L.J., Armstrong, T. J. Occupational factors and the carpal tunnel syndrome. American Journal of Industrial Medicine, 11:343-358, 1987
- [50] Snook, S.H., Ciriello, V.M. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. Ergonomics, 34(9):1197-1214, 1991
- [51] Stephan Konz, Steven Johnson, Work Design industrial ergonomics, Holcomb Hathaway, Publishers

- [52] Wieslaw Grzbowski, A Method of Ergonomic workplace Evaluation for Assessing occupational Risks at Workplaces, international Journal of occupational safety and ergonomics 2001,vol. 7, NO. 2, 223-237
- [53] W.M. Keysering, D. S. Stetson, B. A. Silverstein and M. L. Brouwer, A checklist for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. Ergonomics, 1993, vol. 36, no, 7. 807 -831

부 록

- ☐ 작업 긴장도 지표 (Job Strain Index: JSI)
- ☐ RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)
- ☐ KOSHA CODE(H-28-2002)의 인간공학적 평가
- ☐ ANSI Z-365, Quick check
- ☐ KOSHA CODE(H-28-2002)의 근골격계 증상 설문조사표
- ☐ 상지의 스트레인 평가표 (Upper Limb Strain Assessment)

□ 작업 긴장도 지표 (Job Strain Index)

Rating	Intensity of (강도) Exertion	사이클당 % duration of Exertion	분당회수 (Efforts/ min)	손/손목 자세 (hand/wrist posture)	작업의 속도 (Speed of Work)	Duration per day (hrs)
1	약함(light) 1	< 10 0.5	< 4 0.5	매우좋음 1	매우느림 1	< 1 0.25
2	다소 힘들 (somewhat hard)	10~29 1	4~8 1	좋음 (good) 1	느림 1	1~2 0.5
3	힘들 6	30~49 1.5	9~14 1.5	보통(fair) 1.5	보통 1	2~ 0.75
4	매우힘들 (very hard) 9	50~79 2	15~19 2	나쁨(bad) 2	빠름 1.5	4~8 1
5	한계치에 가까움 (near maximal) 13	≥ 80 3	≥ 20 3	아주 나쁨 3	매우 빠름 2	≥ 8 1.5

<RESULT>

1. The Strain Index : _____

2. 기타사항(Remarks) : _____

○ 작업 긴장도 지표 해석 기준표

▶ 1단계 : 점수 결정 기준

(1) 강도

평가 기준	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

$$\text{사이클당 \%} = 100 \times (\text{힘 부가 시간 (초)} / \text{전체 측정시간 사이클 (초)})$$

(3) 분당 회수

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

(4) 손 / 손목 자세

평가 기준	손목신장각도	손목굴절각도	외전 각도	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	감지 속도
매우 느림	80이하	매우 이완되고 느린 속도
느림	81 - 90	고유한 시간의 속도
보통	91 - 100	보통의 동작 속도
빠름	101 - 115	서드름, 속도유지 요구
매우 빠름	115 % 이상	속도유지 불가능 정도

▶ 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

▶ 3단계 : SI (근골격계 긴장지표) = 각 요소의 환산점수의 곱

$$SI = (\text{강도} \times \text{사이클} \% \times \text{분당회수} \times \text{손/손목자세} \times \text{작업속도} \times \text{작업시간})$$

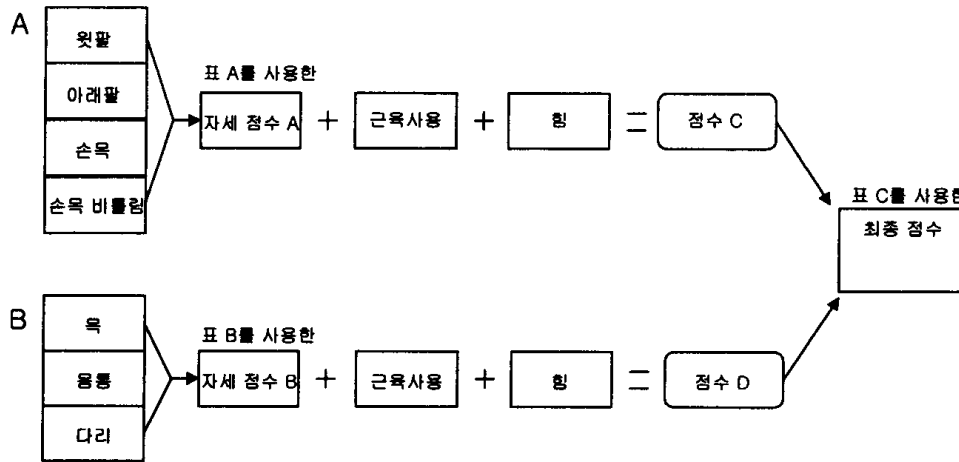
▶ 4단계 : 결과의 해석

SI ≤ 3: 현재의 작업이 안전하다고 할 수 있다

SI > 5: 상지(특히 손/ 손목)부위가 근골격계질환에 노출될 수 있다

SI ≥ 7: 상지(특히 손/손목)부위의 근골격계질환 이환 가능성이 매우 높다

□ RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)



RULA Employee Assessment Worksheet

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

A. Arm & Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...

Step 4: Wrist Twist

Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

SCORES

Table A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Twist	Score
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	1	3	3
4	1	1	4	4
5	1	1	5	5
6	1	1	6	6
7	1	1	7	7
8	1	1	8	8
9	1	1	9	9
10	1	1	10	10
11	1	1	11	11
12	1	1	12	12
13	1	1	13	13
14	1	1	14	14
15	1	1	15	15
16	1	1	16	16
17	1	1	17	17
18	1	1	18	18
19	1	1	19	19
20	1	1	20	20
21	1	1	21	21
22	1	1	22	22
23	1	1	23	23
24	1	1	24	24
25	1	1	25	25
26	1	1	26	26
27	1	1	27	27
28	1	1	28	28
29	1	1	29	29
30	1	1	30	30
31	1	1	31	31
32	1	1	32	32
33	1	1	33	33
34	1	1	34	34
35	1	1	35	35
36	1	1	36	36
37	1	1	37	37
38	1	1	38	38
39	1	1	39	39
40	1	1	40	40
41	1	1	41	41
42	1	1	42	42
43	1	1	43	43
44	1	1	44	44
45	1	1	45	45
46	1	1	46	46
47	1	1	47	47
48	1	1	48	48
49	1	1	49	49
50	1	1	50	50
51	1	1	51	51
52	1	1	52	52
53	1	1	53	53
54	1	1	54	54
55	1	1	55	55
56	1	1	56	56
57	1	1	57	57
58	1	1	58	58
59	1	1	59	59
60	1	1	60	60
61	1	1	61	61
62	1	1	62	62
63	1	1	63	63
64	1	1	64	64
65	1	1	65	65
66	1	1	66	66
67	1	1	67	67
68	1	1	68	68
69	1	1	69	69
70	1	1	70	70
71	1	1	71	71
72	1	1	72	72
73	1	1	73	73
74	1	1	74	74
75	1	1	75	75
76	1	1	76	76
77	1	1	77	77
78	1	1	78	78
79	1	1	79	79
80	1	1	80	80
81	1	1	81	81
82	1	1	82	82
83	1	1	83	83
84	1	1	84	84
85	1	1	85	85
86	1	1	86	86
87	1	1	87	87
88	1	1	88	88
89	1	1	89	89
90	1	1	90	90
91	1	1	91	91
92	1	1	92	92
93	1	1	93	93
94	1	1	94	94
95	1	1	95	95
96	1	1	96	96
97	1	1	97	97
98	1	1	98	98
99	1	1	99	99
100	1	1	100	100
101	1	1	101	101
102	1	1	102	102
103	1	1	103	103
104	1	1	104	104
105	1	1	105	105
106	1	1	106	106
107	1	1	107	107
108	1	1	108	108
109	1	1	109	109
110	1	1	110	110
111	1	1	111	111
112	1	1	112	112
113	1	1	113	113
114	1	1	114	114
115	1	1	115	115
116	1	1	116	116
117	1	1	117	117
118	1	1	118	118
119	1	1	119	119
120	1	1	120	120
121	1	1	121	121
122	1	1	122	122
123	1	1	123	123
124	1	1	124	124
125	1	1	125	125
126	1	1	126	126
127	1	1	127	127
128	1	1	128	128
129	1	1	129	129
130	1	1	130	130
131	1	1	131	131
132	1	1	132	132
133	1	1	133	133
134	1	1	134	134
135	1	1	135	135
136	1	1	136	136
137	1	1	137	137
138	1	1	138	138
139	1	1	139	139
140	1	1	140	140
141	1	1	141	141
142	1	1	142	142
143	1	1	143	143
144	1	1	144	144
145	1	1	145	145
146	1	1	146	146
147	1	1	147	147
148	1	1	148	148
149	1	1	149	149
150	1	1	150	150
151	1	1	151	151
152	1	1	152	152
153	1	1	153	153
154	1	1	154	154
155	1	1	155	155
156	1	1	156	156
157	1	1	157	157
158	1	1	158	158
159	1	1	159	159
160	1	1	160	160
161	1	1	161	161
162	1	1	162	162
163	1	1	163	163
164	1	1	164	164
165	1	1	165	165
166	1	1	166	166
167	1	1	167	167
168	1	1	168	168
169	1	1	169	169
170	1	1	170	170
171	1	1	171	171
172	1	1	172	172
173	1	1	173	173
174	1	1	174	174
175	1	1	175	175
176	1	1	176	176
177	1	1	177	177
178	1	1	178	178
179	1	1	179	179
180	1	1	180	180
181	1	1	181	181
182	1	1	182	182
183	1	1	183	183
184	1	1	184	184
185	1	1	185	185
186	1	1	186	186
187	1	1	187	187
188	1	1	188	188
189	1	1	189	189
190	1	1	190	190
191	1	1	191	191
192	1	1	192	192
193	1	1	193	193
194	1	1	194	194
195	1	1	195	195
196	1	1	196	196
197	1	1	197	197
198	1	1	198	198
199	1	1	199	199
200	1	1	200	200
201	1	1	201	201
202	1	1	202	202
203	1	1	203	203
204	1	1	204	204
205	1	1	205	205
206	1	1	206	206
207	1	1	207	207
208	1	1	208	208
209	1	1	209	209
210	1	1	210	210
211	1	1	211	211
212	1	1	212	212
213	1	1	213	213
214	1	1	214	214
215	1	1	215	215
216	1	1	216	216
217	1	1	217	217
218	1	1	218	218
219	1	1	219	219
220	1	1	220	220
221	1	1	221	221
222	1	1	222	222
223	1	1	223	223
224	1	1	224	224
225	1	1	225	225
226	1	1	226	226
227	1	1	227	227
228	1	1	228	228
229	1	1	229	229
230	1	1	230	230
231	1	1	231	231
232	1	1	232	232
233	1	1	233	233
234	1	1	234	234
235	1	1	235	235
236	1	1	236	236
237	1	1	237	237
238	1	1	238	238
239	1	1	239	239
240	1	1	240	240
241	1	1	241	241
242	1	1	242	242
243	1	1	243	243
244	1	1	244	244
245	1	1	245	245
246	1	1	246	246
247	1	1	247	247
248	1	1	248	248
249	1	1	249	249
250	1	1	250	250
25				

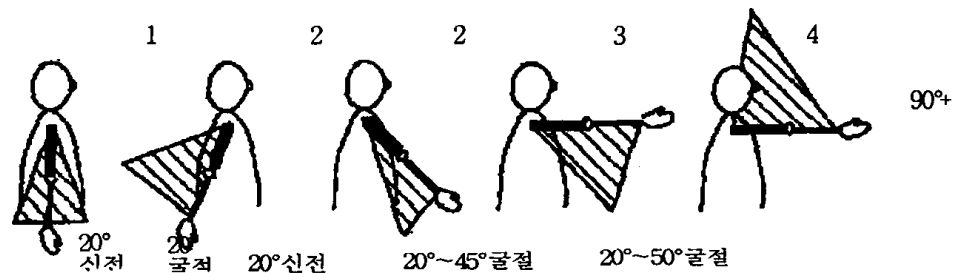
o RULA 평가표의 사용방법

◆ 평가그룹 A : 팔과 손목 분석

- ① 신체부위중 윗팔(Upper Arm), 아랫팔(Lower Arm), 소목에 대하여 평가한다.
- ② 양쪽팔의 자세가 다를 경우 각각에 대하여 분리 평가한다.

(1) 제 1 단계 - 윗팔(Upper Arm)의 위치에 대한 평가

- ▶ 작업 중 윗팔의 자세가 아래의 5가지 자세 중 어디에 주로 속하는가에 따라 해당 점수를 부여함
- ▶ 윗팔의 위치가 상체의 움직임에 따라 변화함에 상관없이 평가의 기준은 상체를 앞뒤로 나누는 관상면(Frontal Plane)과 윗팔사이의 각도로 평가한다.

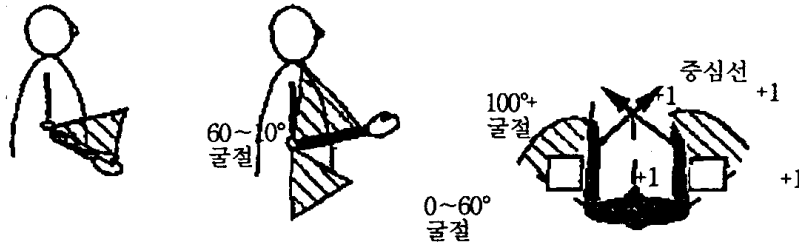


◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당점수에 추가 점수를 합산한다.

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

(2) 제 2 단계 - 아래팔(Lower Arm)의 위치에 대한 평가

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

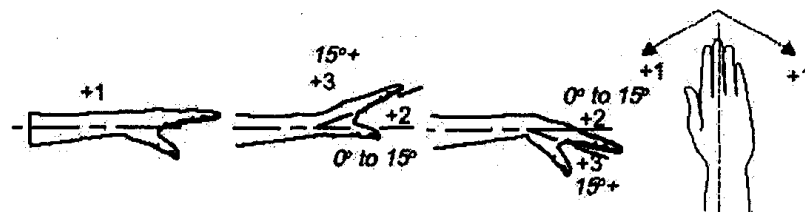


◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당점수에 추가 점수를 합산(위의 세 번째 그림 참조)

- ① 팔이 몸의 중앙을 교차하여 작업하는 경우 : +1점
- ② 팔이 몸통을 벗어나 작업하는 경우 : +1점

(3) 제 3 단계 - 손목(Wrist)의 위치에 대한 평가

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



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

- ① 손목이 위의 그림처럼 중앙선을 기준으로 좌우로 구부러져 있는 경우 : +1점

(4) 제 4 단계 - 손목(Wrist)의 비틀림(Twist)에 대한 평가

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

① 작업 중 손목이 최대치의 절반이내에서 비틀어진 경우 : +1점

② 작업 중 손목이 최대치 범위까지 비틀어진 상태인 경우 : +2점

- ▶ 손목의 비틀림은 아래팔의 축을 중심으로 한 Pronation, Supination을 말한다.

(5) 제 5 단계 - 평가 점수의 환산

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

(6) 제 6 단계 - 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 15분 측정 중 10분 이상 한 자세를 유지하는 경우, 1분 이상 쥐고 있는 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 10초이하, 보통의 근력사용시 1분이하, 약한 근력사용시 4분이하 정적자세 유지)

(7) 제 7 단계 - 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 2kg이하의 짐을 드는 경우 : 0점
- ② 간헐적으로 2kg에서 10kg사이의 짐을 드는 경우 : +1점
- ③ 정적작업이거나 반복적으로 2kg에서 10kg사이의 짐을 드는 경우 : +2점
- ④ 정적, 반복적으로 10kg이상의 짐을 들거나, 또는 갑작스럽게 물건을 들거나 충격을 받는 경우 : +3점

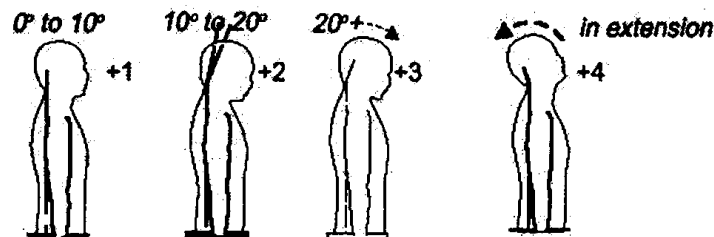
(8) 제 8 단계 - 팔과 손목 부위에 대한 평가 점수의 환산

- ▶ 제5단계에서 환산된 점수A에 제6단계와 제7단계의 점수를 합하여 평가그룹 A에서의 팔과 손목 부위에 대한 평가 점수C를 계산한다.

◆ 평가그룹 B : 목, 몸통, 다리의 분석

(9) 제 9 단계 - 목의 위치에 대한 평가

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

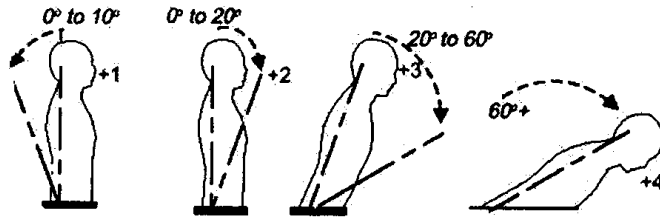


◇ 추가 점수 부여 - 자세가 아래의 사항에 해당 될 경우 위의 해당 점수에 추가 점수를 합산

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

(10) 제 10 단계 - 몸통의 위치에 대한 평가

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



※ 뒤로 젖혀진 경우

1. 선 자세는 10°, 앉은 자세는 20°
2. 앉은 경우 등이 잘 지지되면 1점 아니면 2점 부과

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

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

(11) 제 11 단계 - 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

(12) 제 12 단계 - 평가 점수의 환산

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

(13) 제 13 단계 - 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

(14) 제 14 단계 - 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 2kg이하의 짐을 드는 경우 : 0점
- ② 간헐적으로 2kg에서 10kg사이의 짐을 드는 경우 : +1점
- ③ 정적이거나 반복적으로 2kg에서 10kg사이의 짐을 드는 경우 : +2점
- ④ 정적, 반복적으로 10kg이상의 짐을 들거나, 또는 갑작스럽게 물건을 들거나 충격을 받는 경우 : +3점

(15) 제 15 단계 - 목과 몸통, 다리 부위에 대한 평가 점수의 환산

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

(16) 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.

조치수준의 결정

최 종 점 수	조 치
1~2	수용가능한 작업(Acceptable job)
3~4	계속적 추적관찰요함(Investigate further)
5~6	계속적 관찰과 빠른 작업개선요함 (Investigate further and change soon)
7 <	정밀조사와 즉각적인 개선이 요구됨

□ KOSHA CODE(H-28-2002)의 인간공학적 평가

가. 상지의 위험요인 조사표 A

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							

항 목	위험요인	노출시간			8시간+ 시간당 0.5 가산	점수
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간		
반복성 (손가락, 손목,팔꿈 치,어깨, 목)	1. 높은 반복작업(15초 이하의 주기)	0.5	1	3		
	2. 지속적인 반복작업(데이터 입력과 같이 지속성을 요구)	0.5	1	3		
	3. 간헐적인 반복작업(50~75%의 다른 작업 포함)	0	0	1		
손 힘 (반복/정 적)	1. 쥐는 힘(4.5kg 초과): 손으로 들거나 쥐는 것	0.5	1	3		
	2. 집는 힘(0.9kg 초과): 손가락으로 집는 것	1	2	3		
작업자세	1. 목 : 20도 이상 앞으로 숙이기/옆으로 기울기 또는 5도 이상 뒤로 젖히기	0.5	1	2		
	2. 어깨 : 팔꿈치/팔이 가슴높이 이상에 위치(지지대 없이 정밀조립작업)	1	2	3		
	3. 아래팔 : 비틀기(드라이버 등 도구 이용)	0.5	1	2		
	4. 손목굽히기(수동조립, 데이터 입력) 숙이기(20° 이상)/젖히기(30° 이상)	1	2	3		
	5. 손가락집기(칼, 마우스 등)	0	0	1		

가. 상지의 위험요인 조사표 A - 계속

항 목	위험요인	노출시간			8시간+ 시간당 0.5 가산	점수
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간		
신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 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		
작업 조절	1. 기계 의존적인 작업속도 2. 지속적 모니터링 3. 일당 목표제 (하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)					
총 점						

나. 허리·하지 위험요인 조사표 B

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							
항 목	위험요인	노출시간			8시간+ 시간당 0.5 가산	점수	
		0~2 시간	2~4 시간	4~8 시간			
작업자세 (반복/정 적)	1. 몸통 앞으로 숙임, 옆으로 기울 임 (20°~45°)	0.5	1	2			
	2. 45°이상 앞으로 숙임	1	2	3			
	3. 몸통을 뒤로 젖힘	0.5	1	2			
	4. 몸통을 비틀	1	2	3			
	5. 허리 지지없이 장시간 앉음	0.5	1	2			
	6. 입식작업/좌식작업중 발지지불 량	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/당기 기	1. 보통무게 쇼핑카트에 사과를 가득 실은 무게	0.5	1	2			
	2. 무거운 무게 캐비닛 끌기/밀기 정도의 힘	1	2	3			
작업속도조 절	1. 기계 의존적인 작업속도 2. 지속적 모니터링 3. 일당 목표제 (하나 해당: 1점, 둘이상 해당: 2점)						
인력운반점수(조사표 C)							
총 점							

* 주) 보통 부하 : 물건을 밀고 당길 경우 초기 9kg 소요 될 경우.

90kg(18kg 상자 X 5개)를 실은 대차를 밀고 당길 경우

힘든 부하 : 밀고 당길 경우 필요한 힘으로 초기 22kg의 힘이 요구 될 경우.

카펫트 위의 캐비닛을 끌 때 정도의 힘

다. 인력 운반 조사표 C

작업부서		작업자명		신장	cm	체중	kg
작업내용		작업시간		작업주기		휴식시간	
주요위험작업							
단 계	구 분						점수
1단계 (손에서 발끝까지 수평거리)- 평균 수평거리(10분 이하 빈도) - 최대 수평거리(10분 초과 빈도)	가까이들기 (수평거리10cm이내)		중간들기 (수평거리10~25cm)		멀리들기 (수평거리 25cm이상)		
2단계 무게고려(kg) - 평균무게적용 (10분 이하 빈도) - 최대무게적용 (10분 초과 빈도) - 4.5kg이하 : 무게점수는0로 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)	
2단계점수							
3단계 기타위험요인 - 빈도 10분이상 일 경우 1시간미만 들기 작업에 해당 - 위험요인이 대 부분 들기 작업에 나타날 경우, 1시간이상 들기 작업에 해당	위험요인		전체작업시간 중 1시간미만 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 들기 5회 초과		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 상태에서 들기		1		2			
3단계 점수							
총 점 : 2단계와 3단계 점수의 합(조사표 B에 가산됨)							

□ 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					

※ ANSI(The American National Standards Institute)는 상지의 CTDs 예방을 위한 평가표를 1993년에 제시하였다.

※ 평가결과 점수가 10점 이상이면 누적외상성질환에 노출되고 있음을 나타낸다.

o 해석 기준

안전점수인 10점 이상의 위험점수에 노출되는 근로자는 좀더 깊이 있는 인간공학적 평가가 요구된다.

간이 체크리스트에 포함된 요소들에 대한 해설은 다음과 같다

1. 못을 박는다거나 핸들을 돌리는 것과 같은 동작이 측정시간동안 평균 분당 15회 이상 반복될 경우 위험은 수초마다 반복(every few seconds)으로 평가되어야 한다. 시간당 20회 이상 반복되는 동작은 수초마다 반복(every few seconds)으로 평가 되어야한다. 못 박는 것과 같은 단순작업이 한시간 이상동안 이분이하로 수행되는 작업이 여러 번 반복될 경우 반복(repetitive)로 평가한다

2. 가능하면 물건의 무게가 결정되어야 한다. 잠재적인 인력운반의 문제점은 NIOSH Work Practices Guide 로 평가되어야 한다. 밀거나 당기는 힘은 스트레인 게이지 없이 결정하기 어렵다 그러나 근로자에게 직무에 대한 어려운 정도를 10점 스케일 안에서 평가하게 하여 구할 수도 있다.

쉽다				보통이다				힘든다	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. 아래는 불안정한 자세의 좋은 예가 된다.

목/어깨 밴드/ 트위스트, 오버헤드 작업, 엘보/ 전완 트위스트
손/손목 밴드, 핀치. 몸통 트위스트/밴드. 과도한 팔 뻗침. 무릎 구부림,
꿇음

4. 전동공구는 사용 중 자체에서 생기는 진동과 토크에 의해 여러 가지 형태의 스트레스를 인체에 준다

5. 손, 팔, 신체의 다른 일부분이 딱딱한 표면이나 물체에 반복적으로 또는 지속적으로 접촉함으로써 생기는 압력 point.

이것은 잘못 디자인된 공구 에 의해 생기는 결과로 플라이어, 가위, 해머 같은 것을 손으로 반복 사용, 작업대위에 팔이나 손바닥을 오래 올려놓는 것 등이 예가 될 수 있다.

6. 고도의 반복이나 고도의 집중을 요구하는 작업은 근로자가 같은 자세를 지속하도록 야기하기 때문에 몸의 일부분에 정적인 부하를 야기 시킬 수 있다

7. 나쁜 환경(예 :추위)은 장비 작동시 발생하는 지속적인 전진진동이나 근육피로에 의해 근육이나 건의 기능에 손상을 유발시킨다.

8. 성과급제, 기계페이스작업 또는 업무할당제 작업 등

9. 안전한계점수인 10점 이상의 위험점수에 노출되는 근로자는 좀더 깊이 있는 인간공학적 평가가 요구된다.

□ KOSHA CODE(H-28-2002)의 근골격계 증상 설문조사표

이름 : _____

키 : _____cm

몸무게 : _____kg

질문) 지난 1년간 목, 어깨, 팔, 손/손목/손가락, 허리, 다리/발 등에 통증이나 쑤심·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. (예) ☒

	목 부위	어깨 부위	팔/팔꿈치	손/손목/손가락	허리	다리/발
1. 평소에도 통증, 쑤심, 저림 등의 증상을 느낀 적이 있습니까?	오른쪽 ☐ 왼쪽 ☐ 양쪽 모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼쪽 ☐ 양쪽 모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼쪽 ☐ 양쪽 모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼쪽 ☐ 양쪽 모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼쪽 ☐ 양쪽 모두 ☐	오른쪽 ☐ 왼쪽 ☐ 양쪽 모두 ☐
2. 몇 년전부터 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 ☐ 1시간 - 24시간 ☐ 24시간 - 1주 ☐ 1주 - 1달 ☐ 1달 - 6개월 ☐ 6개월 이상 ☐	1시간 이내 ☐ 1시간 - 24시간 ☐ 24시간 - 1주 ☐ 1주 - 1달 ☐ 1달 - 6개월 ☐ 6개월 이상 ☐	1시간 이내 ☐ 1시간 - 24시간 ☐ 24시간 - 1주 ☐ 1주 - 1달 ☐ 1달 - 6개월 ☐ 6개월 이상 ☐	1시간 이내 ☐ 1시간 - 24시간 ☐ 24시간 - 1주 ☐ 1주 - 1달 ☐ 1달 - 6개월 ☐ 6개월 이상 ☐	1시간 이내 ☐ 1시간 - 24시간 ☐ 24시간 - 1주 ☐ 1주 - 1달 ☐ 1달 - 6개월 ☐ 6개월 이상 ☐	1시간 이내 ☐ 1시간 - 24시간 ☐ 24시간 - 1주 ☐ 1주 - 1달 ☐ 1달 - 6개월 ☐ 6개월 이상 ☐
4. 이러한 증상이 얼마나 자주 발생합니까?	항상 ☐ 매일 몇시간 ☐ 일주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상 한번 ☐	항상 ☐ 매일 몇시간 ☐ 일주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상 한번 ☐	항상 ☐ 매일 몇시간 ☐ 일주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상 한번 ☐	항상 ☐ 매일 몇시간 ☐ 일주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상 한번 ☐	항상 ☐ 매일 몇시간 ☐ 일주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상 한번 ☐	항상 ☐ 매일 몇시간 ☐ 일주일에 한번 ☐ 한달에 한번 ☐ 2-3개월에 한번 ☐ 3개월 이상 한번 ☐
5. 증상의 원인이 무엇이라고 생각하십니까?	업무, 작업 ☐ 질병, 외상 ☐ 집안일 ☐ 취미, 운동 ☐ 기타 _____ ☐	업무, 작업 ☐ 질병, 외상 ☐ 집안일 ☐ 취미, 운동 ☐ 기타 _____ ☐	업무, 작업 ☐ 질병, 외상 ☐ 집안일 ☐ 취미, 운동 ☐ 기타 _____ ☐	업무, 작업 ☐ 질병, 외상 ☐ 집안일 ☐ 취미, 운동 ☐ 기타 _____ ☐	업무, 작업 ☐ 질병, 외상 ☐ 집안일 ☐ 취미, 운동 ☐ 기타 _____ ☐	업무, 작업 ☐ 질병, 외상 ☐ 집안일 ☐ 취미, 운동 ☐ 기타 _____ ☐
6. 지난 일주일 동안 증상이 나타난 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
7. 1-5까지 점수를 매긴다면 현재 증상은 어느 정도에 해당된다고 생각하십니까?	1점 통증 없음(전혀 안아프다), 2점 약한 통증(약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낀다) 3점 중간 정도 통증(작업 중 통증이 있으나 쉼 후 휴식을 취하면 괜찮다) 4점 심한 통증(작업 중 통증이 비교적 심하고 쉼 후에도 통증이 계속된다) 5점 매우 심한 통증(통증 때문에 작업은 물론 일상생활을 하기가 어렵다)					
	() 점	() 점	() 점	() 점	() 점	() 점
8. 이러한 증상 때문에 치료(약국, 병원, 한방 등)받은 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
9. 이러한 증상 때문에 조퇴/결근한 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
10. 이러한 증상 때문에 작업을 바꾼 적이 있습니까?	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐	아니오 ☐ 예 ☐
12. 증상이 호전되기 위해서는 무엇이 필요하다고 생각하십니까?	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴직 ☐ 기타 () ☐	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴직 ☐ 기타 () ☐	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴직 ☐ 기타 () ☐	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴직 ☐ 기타 () ☐	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴직 ☐ 기타 () ☐	휴식 ☐ 작업전환 ☐ 치료 ☐ 휴직 ☐ 기타 () ☐

□ 상지의 스트레인 평가표 (Upper Limb Strain Assessment)

작업자명		연령/성별		주요직무 (1)						
작업부서		신장/체중	cm, kg	주요직무 (2)						
휴식시간		근무년한		주요직무 (3)						
위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 합들 정도		d. 점수
		2 시간 미만	2-4 시간	4 시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	b×C
A. 반복성 (손, 팔꿈치, 어깨,목)	1. 높은 반복작업(15초 미만주기)	0.5	1	3	.	.		심함	매우 심함	
	2. 지속적 반복작업(동일작업이 50%이상/1사이클)	0.5	1	3	.	.		"	"	
	3. 간헐적 반복작업(동일작업이 25%이상/1사이클)	0	0	1	.	.		"	"	
B. 손에 가해지 는 힘	1.손의 쥐는 힘 10kg 초과	1	2	4	50 -240	240회 이상		"	"	
	2.손으로 쥐는 힘 5kg초과	0.5	1	3	"	"		"	"	
	3.핀치그립 3kg 초과	2	4	6	"	"		"	"	
	4.핀치그립 1kg 초과	1	2	3	"	"		"	"	
	5. 손가락 집기	0	0	1	6000회이상	8000회이상		"	"	
C. 자세	1. 목을 45°이상 숙이거나 10°이 상 뒤로 젖힘	1	2	4	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	2. 목을 20°이상 앞으로 숙이거 나 60°이상의 측면을 봄	0.5	1	2	400회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	3. 팔꿈치를 어깨위로 올리거나 손이 머리 위로 올라감	1	2	3	300회이상, 5분 이상 정지/15분	600회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	4. 지지대 없이 팔이 정상영역 밖에 있거나 지속적으로 팔을 뻗 음	0.5	1	2	1500회이상, 5분 이상 정지/15분	2000회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	5.아래팔을 비틀기(드라이버 작 업 등)	0.5	1	2	1500회이상 5분 이상 정지/15분	2000회이상1 0분 이상 정지/15분		"	"	
	6. 엘보 각도가 60°-100° 범 위를 벗어나 위치	0.5	1	2	5분 이상 정지/15분	10분 이상 정지/15분		"	"	
	7. 임의 방향으로 손목을 최대로 구부림	1	2	4	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상 10분 이상 정지/15분		"	"	
	8. 손목 굽히기(수동조립, 데이터 입력)굴절20°,신전30°이상, 내전 10°, 외전 20°이상 발생	0.5	1	2	3000회이상 5분이상 정지/15분	4000회이상1 0분 이상 정지/15분		"	"	
	9. 허리를 45° 이상 심각하게 구 부림(반복 또는 정지)	1	2	4	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	
	10. 허리를 20° 이상 구부리거나 (반복 또는 정지) 옆으로 굽힘	0.5	1	2	100회이상 5분 이상 정지/15분	400회이상, 10분 이상 정지/15분		"	"	

상지의 스트레인 평가표 (Upper Limb Strain Assessment)-계속

위험 요인	위험인자 기준	a. 직무에 투입된 작업시간			b. 노출빈도에 해당할 경우 체크			c. 근로자 힘듦의 의견		d. 합계점수
		2시간 미만	2-4 시간	4시간 이상	a×2점	a×3점	b 점수 계산	b×2	b×3	b×C
D. 신체 압박	1. 날카롭고 딱딱한 면에 신체가 눌림	0.5	1	2	25회 이상	120회 이상		심함	매우심 함	
	2. 망치와 같은 공구로 사용(손바닥 사용)	1	2	3	25회 이상	120회 이상		"	"	
E. 진동	1. 국소진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
	2. 전신진동 (진동흡수체 미사용)	0.5	1	2	3시간 이상	5시간 이상		"	"	
F. 환경	1.조명(눈부심, 레이저, 어두움)	0	0	1	3시간 이상	7시간 이상		"	"	
	2. 저온작업 (손노출) - 좌식작업: 16°이하 - 가벼운작업: 4°이하 - 보통. 힘든작업 :-7°이하	0	0	1	2시간 이상	4시간 이상		"	"	
G. 사회 심리적 요인	1. 의자 제공이 없이 딱딱한 바닥위에 장시간 서 있는 경우	0	1	2	.	.		"	"	
	2. 좌식작업에서 의자 및 하지공간의 불량	0	1	2	.	.		"	"	
	3. 일당 목표제 작업 또는 기계 의존적인 작업속도	0	1	2	.	.		"	"	
	4. 지속적인 주의 집중	0	1	2	.	.		"	"	
	5. 근골격계부담작업이며 연장근무를 함	0	1	2	.	.		"	"	
	6. 부적합한 휴식시간 또는 스 트레칭제조 미실시	0	1	2	.	.		"	"	
총점	a 점수합계				b 점수합계			c점수합계		

* 국소진동 기준 : 4 m/sec²이상의 진동수준

* 주의집중의 경우 주의 기간이 작업 주기당 80%이상이고 주의력 요구정도가 매우 높은 경우(예; 검사, 계기측정, 조정작업, 원고교정, 설계작업 등)

* 부적합한 휴식이란 사용하는 근육의 회복시간이 충분하지 않은 경우이며 기계의존적과 같은 작업에서 짧은 휴식(한시간 이내에 5분 이상 휴식)이 없거나 힘든 작업의 경우 오전 오후 각각 2번 이상의 휴식이 주어지지 않을 경우가 해당됨.

ABSTRACT

A Study on the Evaluation of Ergonomic Risk Factors in Musculoskeletal Disorders at Electronics Manufacturers

Lee, Dong-Kyung

Major in Ergonomics

Dept. of Industrial Engineering

Graduate School of

Hansung University

Work-related musculoskeletal injuries, which could result in disabilities, have been a common health problem in industries. The full scope of the problem, however, is not defined. Few studies on the quantitative assessment of ergonomic risk factors are available.

The purpose of this study is to develop a new ergonomic evaluation tool for electronics manufacturers in Korea. The new tool is essential to evaluate ergonomic risk factors associated with the development of upper extremity cumulative trauma disorders from the repetitive work environment

In this study, the occurrence of work-related musculo-skeletal diseases (WMSDs) was investigated by using questionnaires and interviews for 385 subjects. Then, the jobs from which workers were identified as WMSDs symptoms were analyzed with ergonomic risk

assessment tools including Strain Index (SI), Rapid Upper Limb Assessment (RULA), ANSI Z-365, KOSHA-A Code. The relevance of pain and discomfort to work postures, forces, static exertions and frequency of motion was examined through the comparison of a body-part discomfort survey and ergonomic risk assessment.

The results of the relationship revealed some limitations of these evaluation tools to the electronics companies. Therefore, a new tool for evaluation of ergonomic risk factors is required.

Upper Limb Strain Assessment (ULSA), a new tool, was devised through the examination of the relationship between the result of body-part discomfort survey and ergonomic assessment tools such as SI, RULA, KOSHA-A, ANSI, and other quantitative ergonomic assessments including Ergonomic Risk Assessment : Preliminary Guidelines for Analysis of Repetition, Rapid Upper Limb Assessment, the Development of Action Levels for The 'Quick Exposure Check' (QEC) system, Score Sheet for Ergonomic Survey. The ULSA was tested at 10 industrial assembly jobs in 5 industries and was proved its potential efficiency of application to industries.

감사의 글

최근 우리사회는 소비자와 사용자의 권익이 점차 증대되어 가고 있고 산업현장에서는 근로자의 작업조건에 대한 개선의 요구가 커져가고 있는 시점에 국내 현장의 실정이 반영된 인간공학적 평가도구의 개발을 통하여 작업의 유해성을 객관적으로 분석하고 근로자들의 근골격계질환 감소를 위하여 유용하게 쓰일 수 있는 논문을 쓰게 되어 더없이 기쁩니다.

본 논문은 주위의 많은 분들의 관심과 지도 그리고 적극적 도움이 있었기에 완성될 수 있었으며 이 자리를 빌어 감사의 인사를 드리고자 합니다.

먼저 학위과정에서부터 논문의 완성에 이르기까지 많은 부족한 점들을 채워 주시고 학문하는 자세를 일깨워 주신 정 병용 지도교수님께 진심으로 깊은 감사의 인사를 드립니다.

또한 학자로서의 훌륭한 인품을 보여 주시며 논문 완성을 위해 적극적이며 너그럽게 지도해 주신 김 대홍 교수님과 이 재득 교수님께도 깊이 감사 드립니다.

바쁘신 가운데도 논문 심사를 맡아 각별한 관심으로 지도해 주신 나 건 교수님과 김 규상 박사님께 감사의 마음을 전해 드리며 학위과정동안 많은 지도편달과 배려를 주신 원 형규 교수님, 홍 윤기 교수님, 박 명환 교수님께도 감사의 인사를 드립니다.

아울러 학위과정동안 격려를 아끼지 않으셨던 함 완식 교수님, 한 정열 교수님, 최 용휴 선생님, 정 은교 차장님, 이 찬호 사장님, 김 상빈 교감 선생님, 오 순용 과장님께도 진심으로 감사 드리며 논문의 완성을 위해 많은 도움을 준 후배 김 대성, 양 승태 그리고 양 계령에게도 고마움을 전합니다.

끝으로 어려운 환경아래서도 학업을 계속할 수 있도록 뒷바라지한 사랑하는 아내에게 고마움과 감사의 마음을 전하며, 이 기쁨을 사랑하는 가족 모두와 정 병철 신부님과 함께 나누고자 합니다.

2003년 6월

이 동 경