

자동차 조립 작업자들에서 상지 근골격계의 인간공학적 작업평가(Rapid Upper Limb Assessment) 결과와 자각증상과의 연관성

김재영, 최재욱, 김해준

고려대학교 의과대학 예방의학교실 및 환경의학연구소

The Relation Between Work-Related Musculoskeletal Symptoms and Rapid Upper Limb Assessment(RULA) among Vehicle Assembly Workers

Jae young Kim, Jae wook Choi, Hae joon Kim

Dept. of Preventive Medicine and Institute for Environmental Health,
College of Medicine, Korea University

Objectives. This study was conducted to evaluate the association between upper extremity musculoskeletal symptoms and Rapid Upper Limb Assessment(RULA) in vehicle assembly line workers. The goal of this study is to show the feasibility of RULA as a checklist for work related musculoskeletal symptoms (WMSDs) in Korean workers.

Methods. The total number of 199 people from the department of assembly and 115 people from the department of Quality Control(QC) in automotive plant were subjects for this cross sectional study. A standard symptom questionnaire survey has been used for the individual characteristics, work history, musculoskeletal symptoms and non-occupational covariates. The data were obtained by applying one-on-one interview for the all subjects. RULA has been applied for ergonomic work posture analysis and the primary ergonomic risk score was computed by RULA method. Association between upper extremity musculoskeletal symptoms and RULA were assessed by multiple logistic regression analysis.

Results. A total of 314 workers was examined. The prevalence of musculoskeletal symptoms by NIOSH case definition was 62.4%. The distribution of musculoskeletal symptoms by the part of the body turned out to be following; back:41.4%, neck: 32.8%, shoulder: 26.4%, arm: 10.5% and hand:29.3%.

The relationship of the individual RULA scores were statistically significant for the prevalence of musculoskeletal symptoms. As the result of the multiple logistic regression analysis, grand final score

($OR=2.250$ 95% CI: 1.402-3.612) was associated with musculoskeletal symptoms in any part of the body.; upper arm score($OR=1.786$ 95% CI: 1.036-3.079) and posture score A($OR=1.634$ 95% CI: 1.016-2.626) in neck; muscle use score($OR=3.076$ 95% CI: 1.782-5.310) and posture score A($OR=1.798$ 95% CI: 1.072-3.017) in shoulder; upper arm score($OR=1.715$ 95% CI: 1.083-2.715) and muscle use score($OR=2.057$ 95% CI: 1.303-3.248) in neck & shoulder; muscle use score($OR=10.662$ 95% CI: 3.180-35.742) in arm; wrist/twist score($OR=2.068$ 95% CI: 1.130-3.786) and muscle use score($OR=2.215$ 95% CI: 1.284-3.819) in hand & wrist.; muscle use score of trunk ($OR=2.601$ 95% CI: 1.147-5.901) in back.

Conclusions. Musculoskeletal symptoms of the upper extremities were strongly associated with individual RULA body score. These results show that RULA can be used as a useful assessment tool for the evaluation of musculoskeletal loading which is known to contribute to work-related musculoskeletal disorders. RULA also can be used as a screening tool or incorporated into a wider ergonomic assessment of epidemiological, physical, mental, environmental and organizational factors. As shown in this study, complement of the analysis system for the other risk factors and characterizing between the upper limb and back part will be needed for future work.

Korean J Prev Med 1999;32(1):48-59

Key Words: WMSD, RSI, CTD, RULA, ergonomic.

서 론

우리나라에서 직업병으로 요양 승인된 사례는 전단이 비교적 용이한 진폐증이나 소음성 난청이 대부분을 차지하여 왔

으나, 1995년도에 전화교환수 등에게 발생한 근골격계 질환이 직업병으로 인정된 이래 작업장의 작업형태와 같은 물리적 인자에 의한 직업성 질환의 보고가 증가하고 있다. 우리나라의 직업성 근골격

계질환은 1993년부터 집계되기 시작, 1994년에 20명에서 점차 증가하여 1996년에는 305명이 직업성 근골격계 질환으로 인정(노동부, 1996; 근로복지공단, 1997)되면서 전체 직업병 환자에서 차지하는 비율이 점차 높아지고 있다.

미국의 'OSHA 200 Logs'에 의한 직

업병 통계를 보면, 직업성 근골격계질환 건수는 1981년도에 23,000건이었으나, 15년 후인 1995년도에는 약 13.4배 증가한 308,200건으로 전체 직업병 건수에서 62.3%를 차지할 정도로 급속히 증가(BLS, 1997)하여 산업보건분야에서 주요 문제중의 하나로 되었다. 미국의 경우 직업성 근골격계 질환자의 60%이상이 제조업 작업자에게서 발생하고 있으며, 1995년 총 308,200건 중에서 제조업체의 대표적인 업종중의 하나인 자동차 관련 업종이 전체의 16.1%를, 육가공업이 11.9%를 차지하여 두 업종에서 관련 환자가 가장 많이 발생하고 있다(BLS, 1997).

이렇듯 작업관련 상지의 근골격계질환이 증가하는 것은 산업구조변화로 인한 산업장의 자동화로 단순반복작업이 증가되었을 뿐 아니라 산업재해에 대한 근로자의 인식도 변화 및 근로자 개개인의 생활양식이 변화했기 때문이며(최재욱 등, 1996), 최근 그 연구와 조사가 활발히 수행되고 있다.

국내에서 수행된 직업성 근골격계질환에 대한 연구는 1989년과 1990년에 여성 국제전화 교환원에서의 경견완장애(박정일 등, 1989; 조경환 등, 1989), 1992년에 모 레이온공장 포장부서 작업자의 수근 관증후군의 발생보고(이원진 등, 1992) 등이 이루어진 이래 최근 들어서는 전자 제품 조립 작업자에 대한 연구(김양우 등, 1995; 최재욱 등, 1997), 조선업 근로자에 대한 연구(송동빈 등, 1997)와 자동차 조립 작업자들의 요통발생에 대한 연구(임현술 등, 1998) 등이 보고된 바 있다. 이러한 연구 성과들이 기초가 되어 1998년 3월에는 단순반복작업에 대한 건강관리지침이 노동부에 의해 제정됨으로서 단순반복작업에 의한 근골격계 질환의 건강진단 방법 및 항목 그리고 진단기준 등이 마련되기도 하였다(노동부, 1998).

그러나 그 동안의 연구는 대부분 작업장에서의 근골격계 질환의 실태파악과 증상의 관련요인에 중점을 두고 있으며, 상대적으로 근골격계 질환의 발생 요인 즉, 작업의 인간공학적인 분석에 대한 연

구는 미진한 실정이다. 작업장의 인간공학적인 분석 및 평가방법에 대한 연구 혹은 평가방법들은 McAtamney & Corlett이 개발한 상지의 작업평가도구인 Rapid Upper Limb Assessment(이하 RULA)(1993)와 미국 국립 표준협회(ANSI)에서 개발한 ANSI-Z-365(1995) CTD 평가도구, 상지 원위부 중 주로 손목에 대한 작업 평가도구를 제안한 Moore의 연구(1995), 상완(forearm and hand)을 주요 분석 대상으로 설계된 작업평가도구인 HandPEO method를 제안한 Fransson-Hall의 연구(1996) 등이 있다. 국내에서 이루어진 연구로는 누적외상성질환에 대한 평가도구(박동현, 1995; 박동현 등, 1998) 및 단순 반복작업에서의 위험요인 파악을 위한 체크리스트(박희석 등, 1997)의 개발이 시도된 바 있다.

이러한 작업요인에 대한 인간공학적 분석은 비디오 분석과 동작 분석기 등을 통한 보다 세부적인 분석이 필요하며(Ariel, 1973), 계량적이고 객관적인 측정이 될 수 있는 반면 사용이 복잡하고 전문적인 지식과 숙달이 요구되며 비용이 많이 들어 작업현장에서의 작업위험도 평가에 일반적으로 사용하기는 어려운 것으로 알려져 있다(Armstrong 등, 1987).

그러나 작업관련성 상지 근골격계 질환의 발생을 예방하기 위해서는 현장에서 위험요인을 찾아 그에 따른 작업, 작업장 개선 및 예방대책을 수립하는 과정이 필요하다. 따라서 우리나라 제조업 실정에 맞고 작업현장의 인간공학 비전문가들도 작업의 위험도를 평가할 수 있는 작업분석도구가 필수적이라 할 수 있다. 전술한 바 있는 McAtamney 등(1993)은 작업과 관련하여 발생할 수 있는 상지의 근골격계 질환에 대한 인간공학적인 작업 평가를 위하여 RULA를 개발하였는데, 이는 유럽연합의 컴퓨터작업에 대한 최소 안전보건기준(EE Directives(90/270/EEC))과 영국의 작업관련 상지장애의 예방에 대한 기준(Guideline on the prevention of work-related upper limb disorder)의 평가 기준에 충족될 수 있도록

제작되었다.

저자들은 RULA를 검토한 바 사용이 비교적 용이하고 작업 안전 분석을 수행하는데 있어서 인간공학 전문가의 정확한 분석 이전에 일차적인 분석도구로서 유용성이 있다고 판단되어 본 연구를 시도하게 되었다. 그러나 아직 이를 국내에 적용한 자료와 연구가 없기 때문에 본 연구에서는 RULA를 이용하여 조립작업자에 대한 인간공학적 작업평가를 하고, 이의 결과와 상지의 근골격계 자각증상을 꼭 연관성 및 작업특성 변수들의 상관관계를 분석함으로써, RULA 결과가 관련 신체부위의 통증, 불편으로 보고되는 근골격계부하의 좋은 지표가 될 수 있는가를 판단하고, 궁극적으로는 RULA 평가체계를 이용하여 작업 위험도가 적합한 범위에 있는지 여부를 평가할 수 있는가를 보고자 하였다. 나아가 국내에서 상지 근골격계 질환의 위험작업을 판단하기 위한 일차적인 작업 위험도 평가도구(screeening method)로서 RULA의 적용가능성을 평가하고자 하였다. 따라서 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 제조업체 작업자들에서 상지근골격계 질환의 자각증상을 파악
- 2) 제조업체 작업자들에서 RULA를 이용한 인간공학적 작업평가
- 3) RULA결과와 자각증상을 사이의 연관성 분석
- 4) 일차적인 작업위험도 평가도구로서 RULA의 적용가능성 평가

연구대상 및 방법

1. 연구대상

경기도 지역 1개 자동차공장의 조립부서와 품질관리부를 대상으로 1997년 7월 1일부터 1997년 7월 30일 사이에 연구자가 설문조사 및 RULA를 이용한 작업평가를 하였다. 조사 대상자는 조립부서와 품질관리부의 작업자 전원을 대상으로 하되, 조사기간중 주간근무자였던 조립부서 작업자 210명과 품질관리부 작업자 155명을 합한 총 365명을 연구대상집단으로 하였다. 365명의 대상자중 설문항목

에 응답하지 않았거나, 결근이나 조퇴로 인해 RULA를 이용한 작업평가를 실시하지 못한 51명을 제외한 조립부서 작업자 199명과 품질관리부 작업자 115명을 합한 총 314명을 분석대상으로 하였으며, RULA를 이용한 작업평가는 작업자 면담 및 비디오(전신-목, 몸통, 팔부위-손목과 손부위의 3단계 촬영)분석을 통하여 실시하였다.

조립부서의 공정은 서브반/조립반/의장반/완성반으로 나누어지며, 부서별 특성은 다음과 같다.

서브반과 조립반은 차체의 main body를 생산하는 부서로 주로 진동공구를 사용하여 차체조립을 하거나 엔진 등의 내장 자재를 생산한다. 의장반은 차 내부의 배선과 내장을 담당하며, 작업자세의 운동범위가 넓고 손, 어깨, 팔 등 상지와 허리에 미치는 부하가 크다. 완성반은 서브반, 조립반, 의장반을 거쳐서 만들어진 차를 최종적으로 검사하고 수정하는 부서로, 부서내에서도 차의 완성도에 따라 작업자세의 부하정도 차이가 매우 크고, 조립부서내에 속해 있으나 품질관리부의 작업영역과 매우 유사한 부서이다.

2. 연구방법

1) 작업관련 상지 근골격계질환의 자각증상을 조사

근골격계 자각증상률은 설문지를 이용하여 증상의 빈도와 기간, 강도 등을 조사하였다. 자각증상 설문조사지는 중요한 진단 자료로 활용되기 때문에 무엇보다도 객관적인 설문지가 필요하다. 그러나 국내에서는 근골격계증상에 대한 표준화된 설문지가 아직 개발되어 있지 않은 실정이므로, 증상설문지는 근골격계질환 전문가 회의에서 검토 후 개발되어 사용되고 있는 것을 이용하였다(권호장 등, 1996; 최재우, 1996). 이는 개인의 일반적 특성, 직업력, 목, 어깨, 팔꿈치와 팔, 손과 손목, 허리부위의 관련 증상 및 시기, 증상의 정도, 현재 및 과거병력, 증상에 따른 작업전환여부 및 생활습관으로 구성되어 있으며, 작업자가 자기 기입식으로 작성한 후, 연구자가 추후 검토하여 작업

자를 직접 방문, 보완하였다.

자각증상의 기준은 미국의 산업안전보건연구원(National Institute of Occupational Safety and Health; 이하 NIOSH)의 작업관련 근골격계 질환 감시기준(surveillance criteria)에 따라, 적어도 1주일 이상 또는 과거 1년간 한달에 한번이상 지속되는 상지의 관절부위(목, 어깨, 팔꿈치 및 손목)에서 하나 이상의 증상들(통증, 쑤시는 느낌, 뻣뻣함, 화끈거림, 무감각 또는 저림)이 존재하는 경우(Hales, 1994)로 하였다. 설문조사상 자각증상기준을 만족하는 사람 중 예전에 질환을 앓은 적이 있거나 현재의 작업과 무관한 교통사고 등으로 부상을 입은 경우는 제외하였다. 자각증상은 신체부위별로 분류하여 분석하였으며, 신체부위별 분류는 다음과 같다; 목, 어깨, 손, 팔, 허리 및 한 부위 이상의 증상이 있는 경우.

2) RULA를 이용한 작업위험도 분석

조사대상자의 작업에 대한 인간공학적 평가는 RULA(McAtamney & Corlett, 1993)를 사용하였으며, 조사는 작업자 면담 및 비디오(전신-목, 몸통, 팔부위-손목과 손부위의 3 단계 촬영) 분석을 통하여 실시하였다. RULA 평가는 비디오 촬영 없이 현장에서 바로 작업자세를 관찰후

기입, 작성할 수도 있으나 평가의 정확성을 위하여 비디오 촬영을 실시한 후 연구실에서 연구자간의 토의를 거쳐 분석하였다.

작업관련 상지 근골격계 질환에서 고려해야 할 위험요소는, 첫째, 외부 부하요인(external load factor)으로서, 동작의 횟수(numbers of movements), 정적인 근동작(static muscle work), 힘(force), 작업대 및 장비에 의해 결정되는 작업자세(work posture) 및 작업시간이다. 둘째는 작업자세에 적용하는 정도나 불필요한 근육 사용 여부, 동작의 속도와 정확도, 휴식의 기간과 빈도 등이고, 셋째는 연령과 숙련도 등 개인적 인자와 작업장 환경요인, 그리고 사회심리적 인자이다(McPhee, 1987). 이중 RULA는 외부 부하요인인 동작의 횟수, 정적인 근동작, 힘, 자세를 평가하기 위해 개발된 도구로써, 다음과 같은 양식(scoring sheet)을 사용하여 평가한다(그림 1).

RULA는 작업자세 평가, 근사용 여부(정직/반복작업의 구분), 힘과 부하 평가의 3개 영역으로 구분되어 있다. 작업자세 부분은 신체를 두 부분으로 나누어 평가하는데, A:상완과 하완과 손목, B: 목, 허리와 다리부분으로 구성되어 있다. 각

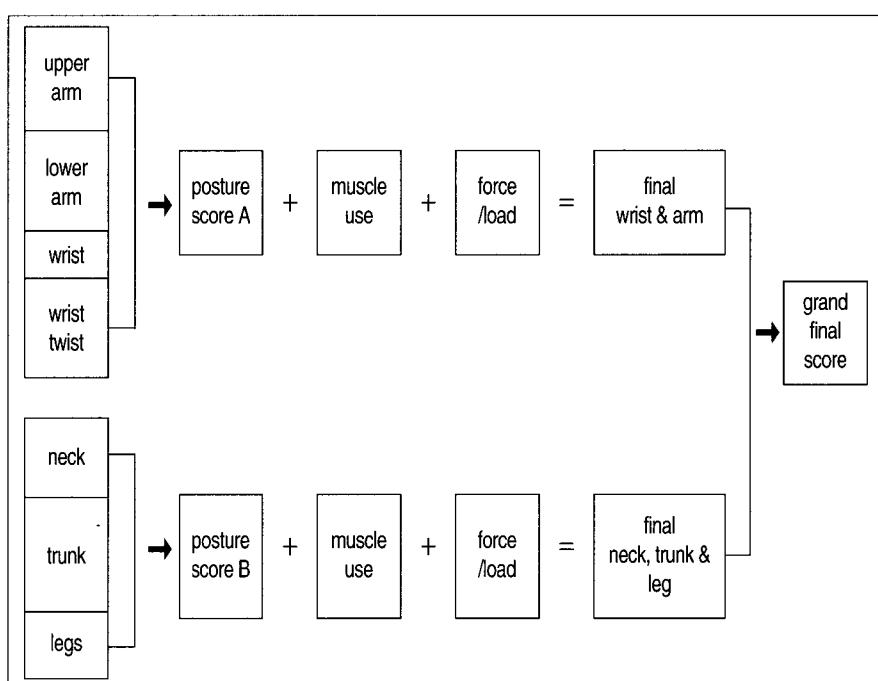


Figure 1. Scoring sheet of RULA.

부위의 자세는 1점부터 7점까지의 점수로 평가하며, 위험요인이 가장 적고 안전한 운동범위에 있는 작업자세라면 1점을 준다. 자세가 부적합하거나, 부하가 많이 걸리는 작업일수록 점수가 가산된다. 따라서 RULA 점수가 높다면, 작업위험도가 높음을 의미한다. 각 자세범위를 평가할 때 각 신체부위는 측면(sagittal plane)에서 평가하며, 만일 외전(abduction)과 같이 측면에서 평가될 수 없는 자세는 양식 아래 기술되어 있는 부가된 점수체계를 따른다. 평가는 작업을 여러번 관찰한 후, 가장 운동범위가 크고, 위험부하가 큰 작업자세에 대하여 평가를 하며, 작업자세 각각에 대해 평가할 수도 있다.

근육사용에 대한 점수는 정적인 자세가 1분이상 유지되거나, 1분에 4회이상 반복작업을 할 경우 1점씩을 추가하도록 되어 있다(Drury, 1987). 외부 힘에 대한 분류는 무게에 따라 0-3점까지 주어진다 (Putz-Anderson, 1988; Stevenson et al, 1987). 각 범주별로 평가한 점수는 저자에 의해 개발된 점수표를 이용하여 계산하여 총 위험도를 얻는다. 총 위험도는 1점에서 7점까지의 분포를 가지며, 각 점수별로 그에 따른 사후관리의 지침을 얻을 수 있다(그림 2).

3) 분석방법

SAS 통계프로그램을 이용하여 조사항

목에 대한 기술분석을 실시하였고, 자각증상을 RULA평가결과를 비교하였다. 먼저, 각 작업요인별로 기술통계분석을 하여 부서별 작업들의 개략적인 특성을 파악하였다. RULA결과와 자각증상을 사이의 연관성 분석은 연구대상자중 근골격계 자각증상의 기준에 부합되는 증상군과 무증상군을 구분한 후 두 군에서 RULA결과 및 그의 작업관련요인들의 분포에 차이가 있는지를 보기 위하여 t-test, 분산분석, 카이자승검정을 사용하여 비교하였다.

RULA점수는 총 점수 뿐만 아니라 신체 각 부위별 이차 산출 점수와 반복작업의 정도에 대한 점수, 외부 힘 점수 및 정적인 자세 점수 등으로 각각 구분하여 증상군과 무증상군간의 차이를 평가하였다.

일차분석을 통해 증상군에서 유의하게 영향을 주는 것으로 판단된 변수들은, 인구학적 요인과 작업특성 관련요인들 및 RULA의 최종점수를 독립변수로 하고 증상유무를 종속변수로 하여 단변수 로지스틱 회귀분석(simple logistic regression analysis)을 실시하였다. 이러한 일차분석 결과 최종적으로 근골격계 증상 유무에 영향을 미칠 수 있는 것으로 판단된 유의한 독립변수들은 다중 로지스틱 회귀분석(multiple logistic regression analysis)을 실시하여 각 인자간의 관련성을

분석하였다.

연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자들의 일반적 특성을 작업부서별로 살펴보았다. 총 314명의 대상자중 서브/조립반은 115명, 의장반은 59명, 완성반은 25명 그리고 품질관리부는 115명이었다. 작업형태는 연속조립라인작업으로 동일작업을 반복적으로 수행하는 형태였다.

서브/조립반과 의장반은 평균 연령이 32.76세, 31.23세이며, 완성반과 품질관리부는 각기 38.08세, 37.44세로 서브/조립반과 의장반의 평균 연령이 보다 낮고, 근속연수도 8.26년, 7.15년으로 완성반과 품질관리부의 12.75년, 12.36년에 비해 낮은 것을 알 수 있다. 분산분석에 의한 검증결과 작업부서에 따른 연령 및 근속연수는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(표 1).

2. 일반적 특성에 따른 근골격계 질환 자각증상을

작업부서별 유증상을 분석한 결과, 서브/조립반과 의장반, 완성반을 합한 조립부서 작업자들의 경우, 목 34.2%, 어깨 33.2%, 팔 15.1%, 손 37.7%, 허리 49.2%였으며, 한가지 이상의 증상을 보이는 경우는 70.4%였다. 품질관리부 작업자들에 비해 조립부서 작업자들이 전체 증상과 어깨, 허리, 팔 및 손 부위증상에서 더 높은 유증상을 보이고 있었다. 신체부위별 유증상을은, 서브/조립반의 경우 허리(49.6%), 목+어깨(48.7%), 팔+손(47.8%), 손(41.7%)의 순이었으며, 의장반은 허리(64.4%), 목+어깨부위(54.2%), 팔+손 부위(44.1%), 목(39.4%)의 순서로 증상률이 높았다. 완성반은 신체부위별 증상률이 비교적 고른 분포를 보이고 있으며, 손과 허리의 증상률이 16.0%와 12.0%로, 다른 작업반에 비해 낮은 것을 볼 수 있다(표 2).

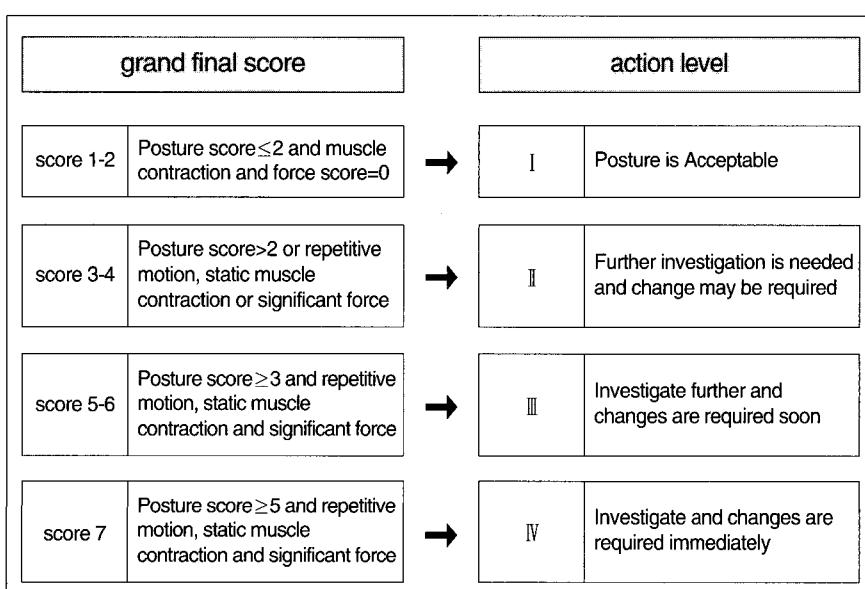


Figure 2. Action level of RULA.

Table 1. General characteristics of the subjects

Characteristics	No. of workers (%)				
	Sub/Assembly	Fittingout	Completion	QC Dept.	Total
Age(years)*					
20-29	36(31.3)	18(30.5)	1(4.0)	4(3.5)	59(18.8)
30-39	66(57.4)	38(64.4)	16(64.0)	82(71.3)	202(64.3)
40-49	8(6.9)	2(3.4)	6(24.0)	17(14.8)	33(10.5)
50 -	5(4.4)	1(1.7)	2(8.0)	12(10.4)	20(6.4)
Marital Status					
Married	36(31.3)	25(42.4)	1(4.0)	9(7.8)	71(22.6)
Unmarried	79(68.7)	34(57.6)	24(96.0)	106(92.2)	243(77.4)
Education					
Middle school	3(2.6)	3(5.0)	5(20.0)	11(9.6)	22(7.0)
High school	111(96.5)	56(95.0)	20(80.0)	97(84.3)	284(90.5)
College	1(0.9)	-	-	7(6.0)	8(2.5)
Work duration(years)*					
< 4	34(29.6)	20(33.9)	1(4.0)	4(3.5)	59(18.8)
5 - 9	51(44.4)	26(44.1)	11(44.0)	52(45.2)	140(44.6)
10 - 14	20(17.4)	10(16.7)	6(24.0)	36(31.3)	72(22.9)
15 -	10(8.7)	3(5.1)	7(28.0)	23(20.0)	43(13.7)
Total	115(100.0)	59(100.0)	25(100.0)	115(100.0)	314(100.0)

* : statistically significant at p<0.05

Table 2. Prevalence of musculoskeletal symptoms by part of body and working dept.
No. of workers (%)

Sub/ Assembly	Fittingout	Completion	Total Assembly	QC Dept.	Total
neck	35(30.4)	27(39.4)	6(24.0)	68(34.2)	35(30.4)
shoulder*	43(37.4)	17(28.8)	6(24.0)	66(33.2)	17(14.8)
arm*	21(18.3)	9(15.3)	-	30(15.1)	3(2.6)
hand*	48(41.7)	23(39.0)	4(16.0)	75(37.7)	17(14.8)
back*	57(49.6)	38(64.4)	3(12.0)	98(49.2)	32(27.9)
sx. of any part of body*	81(70.4)	50(84.7)	9(36.0)	140(70.4)	56(48.7)
neck/ shoulder*	56(48.7)	32(54.2)	8(32.0)	96(48.2)	39(33.9)
arm/hand*	55(47.8)	26(44.1)	4(16.0)	85(42.7)	20(17.4)
Total	115(100.0)	59(100.0)	25(100.0)	199(100.0)	115(100.0)
					314(100.0)

* : statistically significant at p<0.05

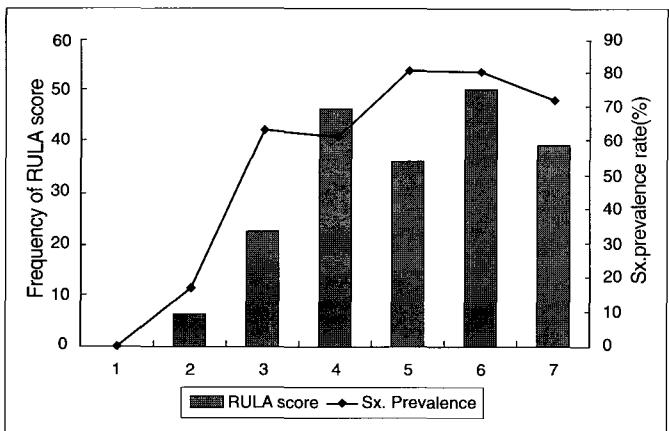


Figure 3.
Grand final score
of RULA and
symptom prevalence.

3. RULA를 이용한 작업분석결과

조립부서 작업자들에 대한 RULA 평가를 실시하여 부서별로 작업위험도 점수의 평균치와 표준편차를 제시하였다(표 3). 총위험도 점수(grand final score)의 평균치는 서브/조립반 5.21, 의장반 5.11, 완성반 4.52 및 품질관리부 3.61의 순이었으며, 상완 및 손 부위의 총점수(final wrist & arm score)도 총위험도 점수의 순과 같았다. 반면 목, 허리 및 하지의 총점수(final neck & trunk score)은 의장반 4.67, 서브/조립반 4.20, 완성반 4.12, 및 품질관리부 3.57의 순이었다. 목 및 상체의 RULA 평가지표 대부분이 의장반에서 가장 높은 위험 점수를 보인 반면 상완, 하완 및 손목에 대한 RULA 평가지표들은 대부분 서브/조립 공정이 가장 높은 위험 점수를 나타내고 있는 것을 볼 수 있다(표 3).

4. RULA 결과와 자각증상과의 관련성

RULA 결과와 근골격계 자각증상을 사이의 관계를 보기 위하여 품질관리부를 제외한 조립부서 작업자들의 RULA 최종점수인 Grand final score와 신체 어느 한 부위 이상의 근골격계 자각증상을 표시하였다(그림 3). 작업자세가 부적합 할수록 RULA 평가는 높은 점수를 갖게 되며, 이에 따른 자각증상을도 높아지는 것을 보여주고 있다.

RULA 평가 결과, 전체 조립부서 작업자 199명중 적합한 작업자세에 해당하는 사람은 6명으로 전체의 3.02%였으며, 125명의 작업자들(62.8%)은 총 위험도 점수 5점에서 7점까지로, 과도하고 부적합한 작업자세로 판정되어, 공정개선이나 작업 전환등의 중재조치가 즉각 필요한 경우였다(그림 3).

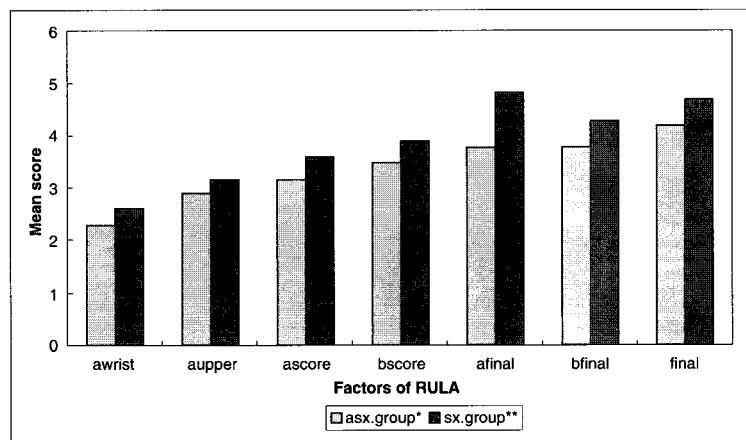
RULA의 총 위험도 점수가 3점일 때 유증상률은 63.64%, 4점일 때 60.87%, 5점은 80.56%, 6점은 80.0%, 7점은 71.8%로 RULA의 총 위험도 점수가 클수록 유증상률이 증가하는 양상을 보이고 있으며(그림 3), RULA의 총 위험도 점수가 1-2점으로 적합한 작업자세를 가

Table 3. RULA score by working department (Mean±SD)

	Sub/Assembly	Fittingout	Completion	QC Dept.
Upper Arm Score *	3.16±0.96 ^a	2.99±0.88	3.36±1.25	2.80±0.78 ^b
Lower Arm Score*	1.43±0.54 ^a	1.44±0.59 ^a	1.64±0.48	1.69±0.54 ^b
Wrist Score*	2.70±0.68 ^a	2.57±0.59 ^a	2.52±0.96 ^a	1.69±0.54 ^b
Wrist/Twist Score*	1.34±0.47 ^a	1.23±0.42 ^a	1.12±0.33	1.05±0.22 ^b
Posture Score A*	3.86±1.30 ^a	3.51±0.96 ^a	3.92±1.89 ^a	2.89±0.86 ^b
Muscle Use Score*	0.95±0.20 ^a	0.89±0.30 ^a	0.12±0.03	0.00±0.00 ^b
Force/load Score*	0.61±0.07 ^a	0.11±0.03 ^b	0.08±0.02 ^b	0.18±0.06 ^b
Final Wrist & Arm Score*	5.38±1.41 ^a	4.50±1.08 ^a	4.12±1.98 ^a	3.06±1.27 ^b
Neck Score*	2.40±1.02 ^a	2.46±0.98 ^a	2.68±1.06 ^a	2.04±0.65 ^b
Trunk Score*	2.68±1.28 ^a	3.22±1.21 ^b	2.36±1.28 ^a	2.43±1.03 ^a
Leg Score	1.10±0.30 ^a	1.32±0.47 ^b	1.10±0.33	1.15±0.36 ^a
Posture Score B*	3.95±1.68 ^a	4.61±1.57 ^a	4.04±1.76	3.29±1.67 ^b
Final Neck, Trunk & Leg Score*	4.20±1.88 ^a	4.67±1.52 ^a	4.12±1.87	3.57±1.74 ^b
Grand Final Score*	5.21±1.31 ^a	5.11±1.26 ^a	4.52±1.96 ^a	3.61±1.47 ^b

*: statistically significant(ANOVA) at p<0.05

a,b: group with the same letter were not significantly different(p>0.05) by scheffe test.

**Figure 4.** Mean RULA scores in symptom group versus asymptomatic group.

*: asx. group은 근골격계 자각증상이 없는 군 **: sx. group은 근골격계 자각증상이 있는 군
awrist : wrist score aupper : upper arm score
ascore : posture score A bscore : posture score B
afinal : final wrist & arm score bfinal : final neck, trunk & leg score
final : grand final score

Table 4. Factors of RULA and other work-related factors significantly correlated with musculoskeletal symptoms

	Sx.group	Neck	Shoulder	Neck+Shoulder	Arm	Hand	Arm+Hand	Back
Age	*	*		*		*	*	*
Work duration	*			*		*	*	*
Work process	*			*		*	*	*
Vibration tool use	*		*	*	*	*	*	*
Repetition	*		*	*	*	*	*	*
Upper Arm Score				*				
Lower Arm Score					*		*	
Wrist Score	*		*		*	*	*	
Wrist/Twist Score	*	*	*		*	*	*	*
Posture Score A	*	*	*	*	*	*	*	*
Muscle Use Score A	*		*		*	*	*	*
Final Wrist & Arm Score	*		*		*	*	*	*
Muscle Use Score B	*		*		*			
Grand Final Score	*		*	*	*		*	*

*: statistically significant (p < 0.05)

진 군(16.6%)에 비해 3배 이상의 증상을 보였다(p<0.05).

자각증상이 있는 군과 없는 군의 RULA 평가지표를 비교해 보면, 증상군의 RULA 점수가 더 높다. 즉 자각증상이 있는 작업자들의 작업위험도가 더 높음을 알 수 있으며(그림 4), 이는 통계적으로 유의하였다(p<0.05).

각 신체부위별 근골격계 자각증상에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위하여 관련 요인과 증상의 유무를 상호 분석하였다. 구체적인 통계 방법 및 변수 투입은 다음과 같다. 연령, 근속연수와 같은 개인적 특성에 관한 변수들은 변수의 특성이 명목 변수인 경우 증상 유무와 카이자승 검정을 실시하였으며, 변수의 성격이 연속변수로 처리할 수 있는 것은 증상 유무를 독립변수로 처리하여 t-검정을 실시하였다. 통계적인 유의 수준의 처리에 사용된 기각 수준은 p < 0.05 이었다. 이러한 단변수 분석에서 통계적으로 유의한 결과가 나온 변수들은 증상 유무를 종속변수로 처리한 단순 회귀 모델을 만들어 단순 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 독립변수중에서 RULA 세부 평가지표중 일부는 연속 변수이기 때문에 로지스틱 회귀 분석을 위하여 이분 변수로 처리하였다(표 4).

분석 결과 RULA 평가 지표들중 손목의 자세 및 손목 비틀림 점수(wrist score 및 wrist/twist score), 상지의 자세점수(posture score A), 상완 및 손부위의 총 점수(final wrist & arm score) 및 총 위험도 점수(grand final score)는 모든 증상군, 어깨 증상군, 목 부위의 증상군과 팔과 손부위의 증상군 및 허리부위 증상군에서 통계적으로 유의한 지표임을 알 수 있었다. 상지의 자세부위 점수들이 전반적으로 신체부위와 연관성을 갖고 유의하게 나온 반면 허리(trunk score)와 다리(leg score)등의 하지의 자세점수들은 유의한 결과를 보이지 않았다. RULA 분석의 최종 점수인 총 위험도 점수는 한 부위 이상의 자각증상이 있는 군, 어깨, 목과 어깨부위, 손, 팔, 허리 등 전반적으로

Table 5. Multiple logistic regression analysis of RULA score by symptom group and back symptom.

	sx. group	back sx
age	NS	2.333(1.363-3.659)*
work duration	2.346(1.452-3.793)*	2.198(1.354-3.570)
repetition	2.183(1.347-3.537)*	1.900(1.161-3.111)*
vibration tool use	2.775(1.689-4.560)*	1.937(1.160-3.237)*
muscle use score	NS	2.601(1.147-5.901)*
grand final score	2.250(1.402-3.612)*	NS

*: p<0.05

NS: not statistically significant.

Table 6. Multiple logistic regression analysis of RULA score by neck symptom and shoulder symptom.

	neck sx	shoulder sx	neck + shoulder
age	2.623(1.531-4.493)*	NS	2.130(1.313-3.456)*
repetition	NS	NS	NS
vibration tool use	NS	2.130(1.267-3.581)*	NS
upper arm score	1.786(1.036-3.079)*	NS	1.715(1.083-2.715)*
muscle use score	NS	3.076(1.782-5.310)*	2.057(1.303-3.248)*
posture score A	1.634(1.016-2.626)*	1.798(1.072-3.017)*	NS

*: p<0.05

NS: not statistically significant.

Table 7. Multiple logistic regression analysis of RULA score by arm symptom and hand symptom.

	arm sx	hand sx	arm + hand sx
age	NS	1.833(1.056-3.182)*	NS
work process	NS	1.527(1.230-1.895)*	NS
repetition	NS	NS	2.158(1.287-3.619)*
vibration tool use	NS	NS	2.715(1.656-4.450)*
wrist/twist score	NS	2.068(1.130-3.786)*	2.339(1.283-4.264)*
muscle use score	10.662(3.180-35.742)	2.215(1.284-3.819)*	2.441(1.441-4.133)*

*: p<0.05

NS: not statistically significant.

각 신체부위의 자각증상과 통계적으로 유의한 결과를 보였다(표 4). 기타 다른 요인들중에서는 연령, 상지에서의 반복작업 유무(repetition), 진동공구의 사용유무(vibration tool use), 근속연수(work duration)가 자각증상과 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p<0.05$).

단순회귀분석 결과 통계적으로 유의하게 채택된 변수중에서 다중공선성이 있는 변수를 제외하여 각각의 증상군을 종속변수로 투입하여 중회귀분석 모형을 만들었으며 그러한 분석 모형중 최종적으로 증상의 유무를 가장 잘 설명하는 회귀모형에 대한 중회귀 로지스틱 회귀 분석 결과는 다음과 같다.

모든 증상군에 대한 분석 결과 반복작

업(OR 2.183), 진동공구 사용(OR 2.775)과 최종자세점수(OR 2.250)가 통계적으로 유의한 평가지표였다(표 5).

목 부위 증상군에 대한 분석 결과 상완의 자세 점수(OR 1.786), 상지의 자세 점수(OR 1.634)가 통계적으로 유의하였으며, 어깨부위 증상군은 상지의 근사용 점수(OR 3.076), 상지의 자세 점수(OR 1.798)만이 통계적으로 유의한 평가지표이었으며 기타 평가지표는 유의하지 않았다.

어깨와 목 부위를 합한 증상군에 대한 분석 결과 상지의 자세 점수(OR 1.715)와 상지의 근사용점수(OR 2.057)가 통계적으로 유의하게 나타났다(표 6).

팔 증상군에서는 상지의 근사용 점수

(OR 10.662)만이 통계적으로 유의하였으며, 손부위 증상군에 대한 분석 결과는 손목의 자세/손목 비틀림 점수(OR 2.608)와 상지의 근사용 점수(OR 2.215)만이 통계적으로 유의한 평가지표였다(표 7).

허리부위 증상군에 대한 분석 결과 하지의 근사용 점수(OR 2.601)만이 통계적으로 유의한 평가지표였다(표 5).

고 찰

작업관련 상지의 근골격계 질환은 단순반복작업으로 인하여 기계적 스트레스가 신체에 누적되어 목, 어깨, 팔, 팔꿈치, 손목, 손 등의 신경, 건, 근육 및 그 주변조직에 나타나는 질환으로, 증상은 부위가 잘 구분되지 않고 비특이적이고 가끔 나타나기도 하며 양쪽 상지와 하지에 모두 영향을 줄 수 있다. 이 질환은 최근 급속히 증가하여 사회문제화되고 있으나, 아직 명확한 진단기준이 마련되어 있지 않고, 객관적인 검사상 이상소견이 나타나기 전에 주관적인 증상이 발생하는 등 직업병 관리상 어려운 난점을 갖고 있다. 작업관련 근골격계 질환의 진단에서 가장 중요한 것은 작업자 본인이 느끼는 증상으로서 장애가 언제 시작되어, 어떻게 진행되었으며, 어떤 경우에 증상이 나타나거나 또는 악화되거나 하는 것을 파악할 수 있고, 이 질환이 단순반복작업에 의한 국소피로의 축적과 가역적인 생리적 과정을 겪게 된다는 점에서 근골격계 질환에서 자각증상은 임상적인 진단과 함께 매우 중요하다고 하겠다(Bird, 1992).

본 연구에서는 NIOSH의 작업관련 근골격계 질환의 감시기준(surveillance criteria)인, 적어도 1주일 이상 또는 과거 1년간 한달에 한번이상 지속되는 상지의 관절부위(목, 어깨, 팔꿈치 및 손목)에서 하나 이상의 증상들(통증, 쑤시는 느낌, 뻣뻣함, 뜨거운 느낌, 무감각 또는 찌릿찌릿한 느낌)이 존재하는 경우(NIOSH, 1990; Hales, 1994)를 자각증상기준으로 사용하였다. 이러한 자각증상 기준을 적용할 때 자동차 조립부서 작업자들의 작업관련 상지 근골격계 자각증상을, 한

가지이상의 증상이 있는 경우 70.4%, 허리 49.2%, 목과 어깨 부위 48.2%, 손과 팔 부위 42.7%, 손 37.7%, 목 34.2%, 어깨 33.2%, 팔 15.1%순으로 나타났다. 근골격계 증상 호소율은 연구자에 따라 조금씩 차이를 보이고 있지만, 본 연구의 결과는 조립작업자들을 대상으로 한 연구 결과들과 유사한 자각증상을 보이고 있다. Ohlsson 등(1989)이 지난 12개월간 1주일 이상 지속되는 통증을 기준으로 하여 전자제품 및 자동차 조립작업자들의 근골격계 자각증상을 조사한 바에 의하면 목 39%, 어깨 38%, 팔 14%로 나타났으며, Luopajarvi 등(1979)이 자동차조립부서 작업자들을 대상으로 시행한 단면연구에서의 증상을은 목 부위가 37%, 손 부위가 55.9%였다. 손목 및 손 부위의 근골격계 증상 호소율이 차이를 보이고 있는 것은 여타 연구를 조사한 바 대체로 비슷한 차이를 보이고 있었다. 미국의 Behrens 등(1994)이 조사한 National Health Interview Survey는 과거 12개월간 6일 이상 연속적으로 또는 19일 이상 비연속적으로 손부위의 근골격계 증상을 호소한 경우로 증상기준을 정의하고 있는데, 전체 근로자 집단의 10.7%가, 금속, 플라스틱의 기계 작동작업 근로자의 23.5%, 기타 조립작업 및 수작업 근로자의 21.9%가 손 부위 증상을 보이는 것으로 보고하였다. 또한 미국 디트로이트 자동차 엔진 조립 작업자들은 팔 부위의 자각증상을 8.9%, 손 부위 25.5%, 허리 부위 84%로 보고되었다(Punnett, 1998).

한편 국내 전자제품 조립작업 근로자를 대상으로 한 김양옥 등(1994)의 조사 결과는 자각증상 유병률을 43.8%로 보고하였으며, 최재욱 등(1996)이 전자제품 조립 작업자를 대상으로 한 근골격계 자각증상 호소율에 대한 유사한 연구의 결과는 목 51.2%, 어깨 56.1%, 팔 23.5%, 손 31.3%로, 본 연구결과는 이에 비해 대체로 낮은 증상 호소율을 보이고 있다.

조립작업자에 대한 자각증상을 조사한 연구자에 따라 증상호소율에 있어서 차이를 보이고 있는 것은, 평가도구인 설문지가 동일하지 않고, 연구자마다 자각증

상에 대한 기준을 다르게 설정했기 때문인 것으로 생각되며, 따라서 이러한 결과들을 단순비교하기는 어렵다.

작업관련 상지의 근골격계 질환의 위험요인은 여러 가지가 있으나, 이중 가장 중요한 것은 신체부위에 가해지는 외부의 물리적 스트레스라 할 수 있다. 고유한 작업특성과 관계되는 반복작업, 무리한 힘의 사용, 부적합한 작업자세, 진동, 저온, 날카로운 면파의 접촉 등이 가장 위험한 요인으로 지적되고 있다(OSHA, 1996; ANSI, 1996). 따라서 이 질환의 예방관리를 위해서는 인간공학적 작업평가가 필수적이며, 유발요인중 작업자세의 적절한 평가와 중재는 질환의 예방과 사회적 비용 감소, 생산성 향상에 도움이 될 수 있다.

일반적으로 과도하고 부적합한 작업자세는 생산성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 근골격계 질환의 발생에 커다란 영향을 미친다. 특히 자세에 있어서 근골격계 질환과 관련된 중요한 신체부위는 목, 허리, 어깨, 팔꿈치, 손 및 손목 등이다. 일반적인 제조업이나 다른 작업에 비해서 자동차 조립작업자들에서는 작업관련 상지의 근골격계 질환의 발생률이 더 높다고 알려져 있는데, 이는 대부분의 경우 조립하는 대상인 자동차는 작업자보다 훨씬 크기 때문에 작업자는 차의 위치에 자신의 자세를 억지로 맞추어서 반복작업을 해야 하기 때문이다. 반면에 다른 제조업에서 작업자들은 자신의 위치를 조절할 수 있다(Reeve & Patula, 1997).

작업자세와 관련하여 그동안 개발된 근골격계질환 작업위험도 평가를 위한 도구로는 ANSI-Z-365(ANSI, 1995), RULA method(McAtamney & Corlett, 1993), OWAS(Karhu, 1977)등이 있는데, 주로 작업에 관련된 힘, 자세, 빈도 등에 중점을 두고 있다. 미국표준연구소(ANSI)가 주축이 되어 개발하고 있는 평가서인 ANSI-Z-365는 아직 개발중에 있으며, 기본개념은 전반적인 근골격계 질환을 쉽고 정확하게 평가할 수 있도록 함을 목적으로 하고 있다. 이 평가서는 사용의 용이성과 권위있는 기관에서 나왔다

는 점에서 큰 장점이 있으나 임계점수 10점의 근거가 명확하지 않고 아직 민감도에 대한 검증결과가 제시되지 못하고 있다(박동현, 1998). Ovako Working Posture Analysis System(OWAS)는 신체부위별로 정의된 자세기준에 따라 자세를 기록해 코드화하여 분석하는 기법이다. 작업자세를 모두 84가지로 나누어, 작업자세별로 허리, 팔, 다리, 그리고 힘에 해당하는 OWAS코드를 기록한 후 전체 작업자세를 근골격계에 미치는 영향에 따라 4수준으로 분류하여 평가한다. 그러나 이 방법은 대상 작업자세를 분류하는데 있어 관찰자의 주관이 많이 개입되며, 부적합한 작업을 개선하고자 할 때 위험 인자가 무엇인지를 알기 어렵다는 것이 단점이다(Seva, 1998).

RULA는 작업과 관련하여 발생할 수 있는 상지의 근골격계질환에 대한 인간공학적인 작업 평가를 위하여 개발된 분석방법으로, 경부, 흉위부 및 상지의 작업자세와 작업과 관련된 외부 부하량 등을 평가하며 특별한 분석기구나 장비없이 수행 할 수 있다. 즉 작업을 신체의 각 부위별, 각 동작별로 점수화하여 작업으로 인한 위험도를 계량화된 점수로 산출할 수 있다. RULA는 작업으로 인한 상지의 위험도를 평가하기 위한 선별검사도구(screening tool)로써, 또는 일차 분석도구(initial analysis tool)로서 사용할 수 있으며 구체적으로는 작업개선이 필요한 다양한 공정에 대한 우선순위의 결정, 전체 위험도를 구성하는 작업자세, 반복성, 작업단위 무게 등의 상대적인 위험도 크기의 비교, 작업공정 개선 전후의 위험도 비교 평가 등에 사용될 수 있다(Axelsson, 1995). 최근에는 컴퓨터 작업자들을 위한 개정판이 새로 개발되는 등(Lueder, 1996) 지속적인 보완과 적용과정에 있다.

RULA의 신뢰도와 타당도 검증에 있어서는, 미국에서 120명의 전문가들(물리치료사, 산업위생공학자, 안전공학자)을 대상으로 RULA의 사용법을 교육한 후 VDT작업자들의 작업자세분석 결과 각 요원들간의 평가점수는 높은 일치율을 보였고, 작업자세에 대한 비디오테일 및

작업환경 분석 결과와 자각증상의 관련성을 카이아지승검정한 결과, 유의한 상관성($p<0.01$)을 보여, 부적합한 작업자세와 적합한 작업자세를 감별하는 검사기법으로 타당함이 입증된 바 있다.

본 연구대상 사업장의 작업들에 대한 RULA평가 결과, 대부분이 부적합한 작업자세의 위험요인을 가진 것으로 나타났다. 전체 조립부서 작업자중 3.02%만이 총 위험도 점수 1-2점으로 적합한 작업자세로 판정받았으며, 62.8%는 총 위험도 점수 5-7점으로 과도하고 부적합한 작업자세로 인해 공정개선 및 작업전환 등의 가능한 중재조치가 즉각 필요한 경우였다. 작업부서별 위험도 평가에서는 목 및 상체의 RULA평가지표들은 대부분 의장반에서 가장 높은 위험점수를 보인 반면 상지에 대한 RULA 평가지표들은 서브/조립반에서 가장 높은 위험점수를 나타냈다. 이는 기타 공정의 작업형태와 비교할 때 의장반의 작업이, 차량 내부의 의자, 배선 및 기타 부품류를 장착하는 작업으로써 작업자가 상체를 구부리면서 차량 내부에 들어가 작업을 하는 경우가 많고, 따라서 상체의 과도한 굴신 및 부자연스러운 자세로 작업을 하게되기 때문인 것으로 판단된다.

상지의 근골격계 증상과 RULA 평가지표들과의 관계에 있어서는, 상지의 근 사용 점수, 손목의 자세 및 비틀림 점수, 상지의 자세 점수, 상완 및 손 부위의 총 점수, 총 위험도 점수 등이 유용한 지표로 사용될 수 있음을 보여주고 있다. RULA 평가 지표중 하지의 작업자세요인이나 작업의 힘 요소 등은 상대적으로 유용성이 없는 것으로 나타났으나 이는 추후 연구하여야 할 과제로 판단된다. 이는 본 연구가 자동차 조립작업이라는 작업의 특수성에 국한하고 있으며 일부 집단의 경우 조사대상 표본수(유증상자수)가 적은 것과 관련이 있으므로 향후 다양한 작업 형태, 많은 수의 조사 대상자를 포함한 후속 연구가 필요하다고 생각한다.

또한 RULA의 총 위험도 점수가 거의 모든 증상군에서 유의한 지표로 나타나고 있어, 전반적인 작업자세의 위험도 여

부를 판정하는데 유용하게 쓰일 수 있음을 알 수 있다. 본 지표는 RULA의 각 범주별 점수들이 집합적으로 가산되어 산출되는 점수로, 각 신체부위의 자각증상이나 특정 작업위험도를 판단하는데 있어서는 다소 특이성이 떨어질 수 있다. 총 위험도 점수에 따른 Action level 역시 중재조치가 필요한 작업의 위험도만을 대략적으로 제시하는 것으로, 특정한 종류의 중재조치를 일러주는 것은 아니다. 보다 세부적인 위험요인을 알기 위해서는 신체부위별로 평가된 개별적인 점수들을 다시 검토해야 한다. 그러나 작업현장에서 바로 작업자세를 평가하여 위험도가 높은 작업을 가려내고, 이후의 중재조치를 취하는데 있어 우선 순위를 정하는, 일차적인 작업위험도 분석도구로서 RULA를 사용시, 본 지표는 매우 실용적으로 쓰일 수 있다고 판단된다.

RULA의 평가지표중 신체 부위별로 가장 민감한 지표를 보면, 어깨와 목부위에서는 상완 및 손부위의 총점수(OR 1.798 CI 1.072-3.017)와 상지의 근사용 점수(OR 3.076 CI 1.782-5.310)가 가장 유의한 지표였는데 이러한 연구결과는 Pope등(1997)의 연구와 대체로 일치하는 결과이다. Pope(1997)는 상지의 근골격계 질환의 인간공학적인 작업요소의 영향을 평가하기 위하여 작업의 반복성, 진동공구 사용 유무, 작업자세 및 어깨의 운동 각도 등을 독립변수로 하여 로지스틱 회귀 분석을 실시하였는데 위험요인중 어깨의 운동 관련 요인만이 유의한 지표였다(Pope et al, 1997). 본 연구에서는 모든 증상군에 대한 분석 결과 RULA의 총 위험도점수(OR 2.250)가 통계적으로 유의한 평가지표였다. 목 및 어깨 증상군에서는 상완 및 손부위의 총점수(OR 1.634; OR 1.798)가 통계적으로 유의하였으며, 팔 및 손 부위 증상군에서는 상지의 근사용점수(OR 10.662)와 손목의 자세/손목 비틀림 점수(OR 2.215)가 통계적으로 유의한 평가지표였다. 반면 허리부위 증상군에 대한 분석 결과는 하지의 근사용 점수(OR 2.601)만이 통계적으로 유의한 평가지표였다.

이러한 결과에서 주목할 만한 것은 개별 신체부위별로 해당하는 RULA의 평가항목들이 일치하는 경향을 보이고 있으며, 특히 상완 및 손부위의 총 점수와 총 위험도 점수가 통계적으로 유의한 지표였다는 점이다. 주지하다시피 RULA는 상지에 대한 평가항목과 상체와 하지의 자세에 대한 평가항목으로 구분되어 있으며 이는 상지와 허리 신체부위에 따른 근골격계 질환에 대응하여 설계된 것이다(McAtamney & Corlett, 1993). 그러나 상지와 허리부위의 근골격계 질환은 질병 발생의 기전에 상당한 차이가 있으며 해부학적 측면과 생기계학적(biomechanic aspect)측면에서 상호 관련성이 비교적 적기 때문에 RULA의 총 위험도 점수는 특이성이 감소 될 수 밖에 없다. 그러나 전체적인 작업자세의 위험도 여부를 판정하는 데에는 적절하며, 이는 RULA가 근골격계질환을 일차 검진하거나 감시하는데 있어 좋은 도구가 될 수 있음을 보여준다. RULA 점수가 낮다고 해서 작업장이 인간공학적 위험요소가 없다고 말할 수는 없으며, RULA 점수가 높다고 하여 심각한 문제가 있다고 단언할 수는 없다. 왜냐하면 RULA는 주의를 기울여야 하는 위험인자나 작업자세를 발견해내기 위해 고안된 것이기 때문이다(Lueder, 1996).

인체는 복합적인 적응체계를 갖추고 있으므로 이러한 작업자세가 인체에 미치는 영향을 간단히 평가할 수는 없다. RULA는 근골격계 증상에 영향을 미칠 수 있는 작업관련요인의 확인과 관리에 있어서 지침을 제공할 뿐이다. 실제 작업 현장에서 작업 위험요인들은 작업자들에게 복합적으로 영향을 주게 되며, 특정 부하가 적합한 범위에 있다고 하더라도 개별적인 반응에 따라 어떤 사람들에게는 심각한 문제를 가져올 수 있다. 따라서 RULA는 중재조치가 필요한 작업들간의 순위를 매기는데 사용될 수 있으며, 개인의 작업자세점수와 근육 사용, 외부 힘의 점수 정도는 자세의 어떤 측면이 위험을 가져올 수 있는가에 대한 지표가 될 수 있다.

그러나 RULA에는 몇 가지 제한점이 있는데, 나이, 숙련도, 체격, 임상 과거력, 작업환경요인, 사회심리적 인자 등의 위험요인은 고려되지 않았으며, 작업자세평 가중 손가락 자세에 대한 평가항목이 없고, 작업시간을 측정하지 않으며, 반복동작으로 인한 위험도가 적게 반영되었다는 점 등이다.

RULA가 갖는 몇 가지 제한점에도 불구하고, 저자들이 판단하기에 RULA의 장점은 현장에서의 빠른 평가가 가능하고, 사용하기 쉽다는 점이다. 사업장의 관리자는 점수를 인식하고 기억하기 쉬우며, 그들이 취해야 할 행동을 알 수 있다. 산업의학전문가의 측면에서는 RULA를 이용하여 상지 근골격계 질환에서 작업장의 근골격계 부하 요인에 대한 평가, 작업관련성의 확인, 근골격계 질환과 인간공학적인 작업 요인에 대한 의사교환이나 개입의 우선순위 결정을 하며 많은 집단을 빠르게 평가할 수 있는 일차적인 분석도구로서 사용할 수 있다고 판단된다.

본 연구의 결과는 향후 직업성 근골격계 질환의 위험 집단을 선별하는데 있어서 중요한 기초자료를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 작업환경 개선을 위한 일차적인 분석도구로서 이후 RULA가 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 작업분석 결과를 종합하여 위험 직업군을 선정하고 작업관련 상지 근골격계 질환에 대한 검진의 표준화된 선별검사방법 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 다만 향후 본 연구의 결과에서와 같이 RULA 사용에 있어서 상지와 허리부위의 평가를 구분하고 다른 작업관련 요인들에 대한 평가체계를 보완하는 것이 필요하며 이에 대한 보완연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 우선 단면 조사 연구로 인한 연구 방법 자체의 한계점을 들 수 있다. 즉 근골격계 질환자가 연구 집단에서 탈락되어 전체적으로 위험 요인의 효과가 저평가 될 가능성성이 있는, 건강근로자 효과(healthy worker effect)가 있을 수 있다. 이를 가급적 통제하기 위하여 대상 근로자의 전원을 실시하였

고, 연구조사 기간인 과거 1년간의 작업 전환 혹은 퇴직 근로자를 추적하여 산재 혹은 근골격계 질환의 발생유무를 파악하였으며 이를 조사대상에 포함하였다. 또 다른 본 연구의 제한점으로는 RULA의 적용가능성을 평가하는 데 있어 상지 근골격계 질환의 최종 진단명이 아닌 자각증상 호소율을 이용하였다는 점이다. 그러나 상지 근골격계 질환은 다른 질환과는 달리 그 특성상 통증 등의 주관적 증상이 진단에 있어서 주요 소견으로서, 자각증상이 임상검사결과와 마찬가지로 매우 중요하다. 즉 자각증상과 최종 진단명사이에 어느정도 관련성이 있음을 전제로 하고 있는 것이며, RULA가 일차적인 작업위험도 분석도구로서, 집단을 대상으로 한 감시 및 평가에서 고위험 작업군을 선별하고, 작업관련성을 제시하는 것임을 고려할 때, 자각증상과의 연관성을 확인하는 것 또한 현실적으로 타당하리라 생각된다.

일반적으로 직업성 근골격계 질환의 위험요인으로는 다요인발생모형(multi-factorial model of cumulative trauma disorders)에 의해 인구학적인 요인(demographic factors) 즉, 인류학적 인자들-키, 몸무게, 손, 상지 및 체형 등의 요소와 작업대 및 작업환경과의 일치성 내지는 적합성등에 대한 요인-과 인간공학적인 분석에 의해 파악되는 작업요인(work-place features-posture, repetitiveness, force, etc) 등이 있다. 또한 최근에는 작업자의 사회심리적인 요인이 근골격계 질환 발생에 있어서 중요한 요인이라는 연구 보고가 있으며(권호장 등, 1996; 최재욱 등, 1997; Punnett, 1998) 그외 진동공구의 사용 역시 주목되고 있다(Radwin et al, 1990; 최재욱 등, 1997; Franson-Hall et al, 1996). 그러나 본 연구에서는 작업자의 사회심리적인 요인과 인류학적인 인자들에 대한 분석이 제외되어 있다. 저자들은 연구 설계와 결과의 해석에 있어서 인간공학적인 작업요인의 확인에 연구 목적을 두었으며 특히 작업평가도구인 RULA의 적용가능성을 평가하는 것이 주목적이었기 때문에 여타 관련 요인

에 대한 연구는 실시하지 않았다. 따라서 본 연구와 관련된 이러한 한계점은 추후 보다 광범위한 조사 연구를 통하여 보완되어야 할 것이다.

요약

본 연구는 Rapid Upper Limb Assessment(RULA)를 이용하여 자동차 조립사업에 대한 인간공학적 작업평가를 하고, 이 결과와 작업관련 상지 근골격계 질환의 자각증상을 및 작업특성 변수들의 연관성을 분석함으로써, RULA 결과가 관련 신체부위의 통증이나 불편함으로 보고되는 근골격계 부하의 좋은 지표가 될 수 있는지, RULA 평가체계를 이용하여 작업 위험도가 적합한지 여부를 평가할 수 있는지를 보고자 하였다. 자동차 제조업 작업자 314명을 대상으로 근골격계질환 자각증상설문과 RULA를 이용한 작업평가를 하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. NIOSH의 작업관련 근골격계 질환의 감시기준(surveillance criteria)에 따라 자각증상을 조사한 결과, 연구대상자 중 32.8%, 어깨 26.4%, 팔 10.5%, 손 29.3%, 허리 41.4%였으며, 한가지 이상의 증상을 보이는 경우는 62.4%의 분포를 보였다.

2. 품질관리부에 비해 조립부서 작업자들이 전체 증상과 어깨, 허리, 팔 및 손 부위 증상에서 더 높은 유증상을 보였다 ($p<0.05$).

3. 부서별 RULA를 이용한 작업평가 결과, 서브/조립반과 의장반의 공정이 높은 위험점수를 보였다. 전체 조립부서에 대한 평가결과 적합한 작업은 3.02%였고, 62.8%가 부적합한 작업으로 작업전환이나 중재조치가 필요한 경우였다. 자각증상과 RULA를 이용한 작업평가 결과를 비교한 결과 RULA 점수가 클수록 자각증상율이 높음을 보였다. ($p<0.05$)

4. RULA 평가지표와 자각증상사이의 관련성을 보기 위하여, RULA지표와 기타 작업관련요인들을 독립변수로, 자각증상유무를 종속변수로 하여 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 최종적으로

증상유무를 가장 잘 설명하는 회귀모형에 대한 분석결과는 다음과 같다. 모든 증상군에 대해서는 반복작업(OR 2.183), 진동공구 사용(OR 2.775)과 총 위험도 점수(OR 2.250); 목 부위 증상군에서는 상완의 자세점수(OR 1.786), 상완 및 손부위의 총점수(OR 1.634); 어깨 증상군은 상지의 근사용(OR 3.076), 상완 및 손부위의 총점수(OR 1.798); 어깨와 목 부위를 합한 증상군은 상완 및 손부위의 총점수(OR 1.715)와 상지의 근사용 점수(OR 2.057); 팔 증상군에서는 상지의 근사용 점수(OR 10.662); 손 부위 증상군에 대해서는 손목의 자세/손목 비틀림 지표(OR 2.068)와 상지의 근사용 점수(OR 2.215); 허리부위 증상군에서는 하지의 근사용 점수(OR 2.601)가 통계적으로 유의한 지표였다.($p<0.05$)

이상의 결과에서 작업관련 상지근골격계 자각증상과 RULA 점수사이에는 연관성이 있음이 관찰되었다. 이는 RULA가 직업성 질환을 유발할 수 있는 근골격계 부하에 폭로된 작업자들을 평가하는, 일차적인 작업위험도 평가도구(Screening tool)로서 쓰일 수 있음을 말해준다. 다만 향후 RULA 사용에 있어서 상지(upper limb)와 허리부위(back)의 평가를 구분하고, 기타 다른 작업관련 요인들에 대한 평가체계를 보완하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 권호장, 하미나, 윤덕로, 조수현, 강대희 등. VDT 작업자에서 업무로 인한 정신사회적 스트레스에 대한 인지가 근골격계 장애에 미치는 영향. 대한산업의학회지 1996;8(3):570-577
- 근로복지공단, 경견완증후군 업무상직업병 인정 현황, 1997
- 김양우, 박종, 류소연. 전자렌지 조립작업자에서 발생한 경견완증후군의 조사연구(I). 대한산업의학회지 1995;7(2):306-319
- 노동부, '95 산재분석, 1996
- 노동부. 산업재해보상보험법령, 1995
- 노동부고시 제 98-15호. 단순 반복작업 근로자 작업관리지침. 노동부, 1998
- 박계열, 백기주, 노재훈 외. VDT작업자의 자각 증상에 영향을 미치는 요인. 대한산업의학회지 1997;9(1):156-169
- 박동현, 한상환, 송동빈. Cumulative trauma disorders(CTDs)관련 범용 작업위험도 평가서 개발에 관한 연구. 대한산업의학회지 1998;10(2):251-266
- 박동현, 한상환. 범용 위험도 평가서를 이용한 조선업체 작업에서의 누적외상성질환에 대한 인간공학적 분석. 한국산업위생학회지 1998; 8(1):24-35
- 박동현. Cumulative trauma disorder, Their recognition and ergonomic interventions. 대한산업의학회지 1995;7(1):169-185
- 박정일, 조경환, 이승한. 여성국제교환원들에 있어서의 경견완장애. I. 자각적 증상. 대한산업의학회지 1989;1(2):141-150
- 박희석 등. '97 직업병 예방 연구용역 결과 요약집. 한국산업안전공단 산업보건연구원, 1998
- 손정일, 이수진, 송재철, 박항배. 일부 VDT사용 근로자의 자각증상과 심리증상과의 관련성 연구. 예방의학회지 1995;28(2):433-447
- 이원진, 이은일, 차철환. 모 사업장 포장부서 근로자들에서 발생한 수근터널증후군에 대한 조사연구. 예방의학회지 1992;25(1):26-33
- 이윤근, 임상혁. 의료보험 심사업무의 작업자세(Work Postures) 특성과 누적외상성질환(CTDs)발생에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998;8(1):36-49
- 임상혁, 이윤근 등. 은행창구작업자(VDT작업자)의 경견완장애 자각증상 호소율과 관련요인에 관한 연구. 대한산업의학회지 1997; 9(1):85-98
- 임현술 등. 직업성요통의 평가와 예방을 위한 방안 연구. 직업병 예방을 위한 연구용역 보고서. 산업보건연구원. 1998
- (주) 데이콤 누적외상성질환 연구용역팀, 데이콤 (주) 누적외상성질환(CTDs)에 관한 조사연구 보고서, 1997
- 최재욱, 염용태, 송동빈, 박종태, 장성훈, 최정애. 반복작업 근로자들에서의 경견완장애에 관한 연구. 대한산업의학회지 1996;8(2):301-319
- American National Standards Institute: Control of work-related cumulative trauma disorders. Part I, Upper extremities(working draft). ANSI Z-365, 1995
- Ariel GB. Computerized biomechanical analysis of human performance. *Mechanics and Sport* 1973;4:267-275
- Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ et al. A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 1993;19:73-84
- Armstrong TJ, Silverstein BA. Upper-extremity pain in the workplace - role of usage in causality. In Clinical Concepts in Regional Musculoskeletal Illness. New York:Grunw & Stratton, 1987
- Armstrong TJ. Control of Upper-Limb Cumulative Trauma Disorders. *Appl Occup Environ Hyg* 1996;11(4):275-281
- Axelsson RC. RULA in action: Enhancing participation and continuous improvement. *Proceedings of the 13th international conference on production research*. 251-253.1995
- Behrens V, Seligman P, Cameron L, Mathias CGT, Fine L. The prevalence of back pain, hand discomfort, and dermatitis in the U.S. working population. *Am J Public Health* 1994; 84(11):1780-1785
- Bernard BP et al. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors-A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. U.S. Department of Health and Human Service, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS(NIOSH) Publication No.97-141. 1997
- Bhattacharya A, McGlothlin JD. Occupational Ergonomics-Theory and Application. Marcel Dekker, Inc. 1996
- Bird HA, Hill J. Repetitive strain disorder: towards diagnostic criteria. *Ann Rheum Dis* 1992;51:974-977
- Bureau of Labor Statistics: Occupational injuries and illnesses in the United States by Industry. Washington, DC, U. S. Dept. of Labor, 1997
- Bullinger H-J, Rally PJ, Schipfer J. Some aspects of ergonomics in assembly planning. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1997;20:380-397
- Dimberg L, Olafsson A, Stefansson E, Aagaard H, Oden A. The correlation between work environment and the occurrence of cervico-brachial symptoms. *J Occup Med* 1989;31(5):447-453
- Drury CG. A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Semin Occup Med* 1987;2(1):41-47
- Fransson-Hall C, Byström S, Kilbom A. Characteristics of Forearm-Hand Exposure in Relation to Symptoms Among Automobile Assembly Line Workers. *Am J Ind Med* 1996;29:15-22
- Franzblau A, Latko WA, Armstrong TJ, Ulin SS, Werner RA, Albers JW, Foulke JA, Herrin GD, Rabourn RA. A cross-sectional study of the relationship between repetitive work and upper extremity musculoskeletal disorders. Proceedings and Transcripts from "Managing Ergonomics in the 1990's", 1997
- Hales TR, Sauter SL, Peterson MR, Fine LJ,

- Putz-Anderson V, Schleifer LR, Ochs TT, Bernard BP. Musculoskeletal disorders among visual display terminal users in telecommunication company. *Ergonomic* 1994;37(10):1603-1621
- Katz JN, Larson MG, Fossel AH and Liang MH. Validation of a surveillance case definition of carpal tunnel syndrome, *Am J Pub Health* 1991;81(2):189-93
- Karhu O, Kansi P and Kuorinka I. Correcting working postures in industry, a practical method for analysis. *Appl Ergon* 1977;8:199-201
- Kuorinka I, Forcier L eds. Work related musculoskeletal disorder(WMSDs): a reference book for prevention. Bristol, PA:Taylor&Fransis Ltd. 1995
- Lueder R. A Proposed RULA for Computer Users. Proceedings of the Ergonomics Summer Workshop, 1996
- Luopajarvi T, Kuorinka I, Virolainen M, Homberg M. Prevalence of tenosynovitis and other injuries of the upper extremities in repetitive work. *Scand J Work Environ Health* 1979;5(Suppl3):48-55
- McAtamney L, Corlett EN. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 1993;24(2):91-99
- McPhee RJ. 'Work-related musculoskeletal disorders of the neck and upper extremities in workers engaged in light, highly repetitive work' in Osterholz, U, Karmaus, W, Hullman, B and Ritz, B.(eds) Proc Int Symp Work-related Musculoskeletal Disorders, Bonn(1987).pp 244-258
- Moore JS, Garg A. The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am. Ind. Hyg. Assoc J* 1995;56:443-458
- National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH health hazard evaluation report, 1993, NIOSH report No. PB 93-188-456
- Ohlsson K, Attewell R, Skerfving S. Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. *Scand J Work Environ Health* 1989;15(1):75-80
- OSHA, OSHA Draft Ergonomics Standard, 1996
- Pope DP, Croft PR et al. Occupational factors related to shoulder pain and disability. *Occup Environ Med* 1997;54:316-321
- Punnett L, Robbins JM, Wegman DH et al. Soft tissue disorders in the upper limbs of female garment workers. *Scand J Work Environ Health* 1985;11:417-425
- Punnett L. Economic stressors and upper extremity disorders in vehicle manufacturing: cross sectional exposure-response trend. *Occup Environ Med* 1998;55:414-420
- Putz-Anderson V. Cumulative trauma disorders. A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. London. Taylor & Francis,1988, pp.62
- Reeve GR, Psatula ST. The incidence of ergonomic disorders among workers at a U.S. automobile manufacture. ergoweb, 1998
- Radwin RG, Armstrong TJ. Assessment of Hand Vibration Exposure on an Assembly Line. *Am. Ind. Hyg. Assoc J* 1985;46(4):211-219
- Seva R. A comparative study of different postural analysis tools. Proceedings of the Industrial Engineering convention in Philipin, 1998
- Stevenson MG, Baidya K. Some guideline on repetitive work design to reduce the danger of tenosynovitis in Stevenson, M.G.(ed) Readings in RSI. The ergonomics approach to repetitive strain injuries. Sydney, New South Wales University Press, 1987