Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.16, No.3, 1997

정비작업에 대한 인체역학적 부하 및 작업자세 평가+

Biomechanical and Postural Analysis of Machine Repair Tasks with Relatively High Complaints of Low Back Pain

정민근* · 최경임* · 송영웅* · 이인석* · 이명수* · 임종호*

ABSTRACT

Although the tasks are being mechanized or automated today, many tasks are still performed manually in several industrial settings. Manual materials handling and improper working postures are known to be a major cause of low back injuries, which are one of the major problems in the economic and public health aspects. In this study, two machine repair shops of a manufacturing company in Pohang were recommended by the company health care center to investigate the potential risk factors that may cause low back injuries. Five machine repair tasks were selected from each machine repair shop, which are accountable for relatively high complaints of low back pain.

The purpose of this study is to quantitatively evaluate the hazards of the tasks, and finally to recommend the improved methods and guidelines for safe work practices. In order to accomplish this goal, the questionnaire study and ergonomic evaluations were carried out and the results were analyzed. For most of the tasks under study, workers were found to be exposed to relatively high biomechanical stresses in low back, mainly due to the heavy objects handled and the improper working postures.

* 포항공과대학교 산업공학과
+ 본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구비(95-0200-08-01-1)에 의하여 지원되었음.

1. 서 론

오늘날의 산업현장은 상당부분 기계화, 자동화가 이루어져 있지만 아직도 대부분의 작업 중에는 물건을 들어 올리거나 내리는 일, 컨베이어 벨트로부터 원자재를 이동 시키는 일, 창고에 물건을 쌓는 일 등과 같은 소위 인력운반작업으로 통칭되는 작업이 많이 요구된다. 이러한 인력운반작업에서의 무리한 작업으로 인한 요통재해는 현대 산업사회의 커다란 문제로 부각되고 있다. 미국 노동부에 의하면, 작업장에서 가장 빈번하게 발생하는 건강문제는 두통과 요통질환으로 나타났다. 또한 요통질환과 관련된 비용은 다른 상해에 드는 비용보다 손실이 큰 것으로 보고되고 있으며, 미국의 경우 요통으로 인한 인력 손실과 생산성 저하와 관련되어 매년 500억불 이상의 산업손실로 나타나고 있다.

요통(Low Back Pain)은 성인의 70~80%가 일생동안 한번 이상은 경험하는 근골격계 질환(Musculoskeletal Disorders)으로, 미국에서는 약 480만명의 성인이 요통을 경험하고 있으며, 일년에 평균 28.6일의 작업시간이 요통 때문에 손실되고 있다고 보고되었다(Anderson, et al., 1991). 1991년도 미국 전체의 산업재해 중 직업성 상해(Occupational Injuries)의 22%가 인력운반작업(Manual Material Handling)과 관련된 몸통의 비틀림(Twisting)이나 구부림(Bending)으로 인한 요통으로 보고되었다. 이러한 요통은 과다한 육체 노동을 하는 사람에게서만 일어나는 것이 아니라 다양한 직종에 종사하는 사람들에게서 일어나고 있다.

우리나라의 경우, 산업안전에 대한 관심이 높아지고 산업안전에 대한 정부규제가 심해지면서 산업재해율이 점차 줄어드는 추세를 보였으나, '92년부터 '94년까지 3년간 산업재해로 인한 경제적 손실액은 산업재해 보상금과 간접손실액을 포함하여 각각 4조7천억원, 4조3천억원, 5조원으로 증가추세를 나타냈으며, 요통이 차지하는 비율은 '86년의 7.0%에서 '92년에는 7.96%로 증가하는 추세를 보였다. 특히 포항지역은 세계적인 철강공단이 위치하고 있고 공단내 147개 가동업체 가운데 1차 금속 53개사, 조립금속 28개사, 석유화학 23개사 등 비교적 노동자들이 기피하는 소위 3D업종이 전체의 80%를 차지하고 있으며, 타 업종에 비해 작업환경이 열악한 것으로 나타났다(대동일보, '94. 7. 12.). '92부터 '94년까지 3년간의 포항 지역의 요통재해 요양 급여자 수는 총 781명으로 전체 재해자 중에서 13.4%를 차지하며, 지불된 요양급여액은 약 25억원으로 전체 요양급여액의 3.8%를 차지했다(노동부, 1993~1995). 정민근 등(1996)의 연구에 의하면 포항지역의 요양급여 원부에 기록된 진료의사의 소견과 문헌조사를 기초로 한 요통 발병원인의 분포를 보면 들기작업이 210건(26.9%)으로 가장 많고 다음으로 충돌 199건(25.5%), 추락 190건(24.3%) 등으로 나타났다. 다양한 요통재해 원인 중에서 들기작업과 충돌, 추락에 의한 것이 전체 781건중 599건(76.7%)으로 3/4정도를 차지하고 있다. 위에 열거한 요인 뿐 아니라 근래에 와서는 부적절한 자세로 오랜 시간 작업을 하는 작업자들도 요통과 신체 각 부위에 통증을 호소하고 있어 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

본 연구의 목적은 포항지역의 모 제조업체에서 요통호소율이 상대적으로 높은 정비 부서의 작업을 대상으로 작업과 관련된 요통유발의 원인을 규명하고 이러한 위험요소를 배제할 수 있는 개선안을 제시하는데 있다. 먼저 작업의 내용과 특성을 알아보기 위하여 현장조사와 면담을 실시하였으며, 이를 통하여 중량물 취급 및 요통유발 작업에 대한 작업환경, 작업방법, 작업자세 등의 조건을 분

석하였다. 이러한 분석을 통하여 위험요소를 파악하고 단위작업으로 분류하여 이에 대한 인간공학적 분석을 통하여 작업을 평가하였다. 작업자의 인체역학적 스트레스를 최소화할 수 있는 작업자세 및 방법의 제시와 작업물의 적정하중을 결정하는 것이 주된 목적이다. 기준설정의 방법으로는 널리 통용되고 있는 미국의 NIOSH 지침을 만족시키는 작업물의 적정하중을 정한 뒤, 인체역학적 분석을 통해서 올바른 작업자세 및 방법을 찾아내어 안전작업 지침을 제시하였다. 그 외에 부적절하고 위험한 작업자세의 유형을 제시하여 즉각적인 작업방식의 개선을 통하여 이러한 작업자세에 의한 작업행동이 발생하지 않도록 강조하였다.

이러한 분석을 통하여 정비부서의 요통질환 유발가능한 작업의 표준을 재설정하고 사용하는 공구나 기기, 그리고 작업장의 재설계안을 제시하고, 또한 작업자들이 안전 작업자세에서 작업을 하는 것을 생활화 하도록 유도하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상 작업 선정

요통발생의 주요 요인 중의 하나인 중량물 취급작업, 특히 수리 및 정비작업 중 무리한 힘을 요하거나 부적절한 자세를 필요로 하는 작업을 선정하여, 이러한 작업에 주로 노출되어 있는 현장 작업자를 연구대상으로 하였다.

또한 정비부서만의 작업특성으로 인한 요통의 발생 빈도 및 위험 요소를 알아보기 위하여 대조군으로 정비부서와 비교하여 신체적 활동이 적고 중량물 취급이 거의 없는 다른 부서의 작업자들로 선정하였다.

2.2 현장실사 및 작업자와의 면담

A정비부서와 B정비부서에서 수행하고 있는 전반적인 작업의 내용과 위험작업을 알아보기 위하여 여러차례의 현장실사를 하였다. 두 정비부서에서 각각 5개의 작업을 선정하여 사진 및 비디오 촬영을 실시하고, 줄자와 각도기 등을 이용하여 작업장의 구조및 배치(Layout)를 측정하였다. 사진과 비디오 자료는 대상 작업의 내용과 취급하고 있는 작업물의 형태와 무게 등을 파악하고 요통을 유발할 가능성이 있는 부분들을 찾아내는 데에 사용되었다. 각 작업별로 공통되는 부분들은 세부 작업으로 분류하였다.

또한 실제 작업자들의 작업 경험을 바탕으로 그들이 생각하는 작업장의 문제점과 그동안의 자체적인 개선사례 등을 알아보기 위해서 선정된 정비부서에서 작업 경험이 많은 작업자 15명을 대상으로 면담을 실시하였다. 면담 대상자는 근무 경력이 9~21년(평균 17년)이었으며, 면담자 중 67%가 요통을 경험했다고 응답 하였다.

면담을 통해서 조사하고자 하는 항목의 주 내용은 다음과 같다.

- 요통경험 유무
- 주요작업내용, 작업자세, 작업부하정도
- 허리에 무리가 가는 작업의 형태
- 요통 발생원인
- 요통 발생 예방을 위해 면담자 자신이 생각하는 개선점(과거개선사례, 앞으로의 개선방향)

본 면담자료는 현장조사에만 의존할 경우 문제의 일면만을 생각할 가능성을 보완하기 위한 목적과 특히 A 정비부서의 경우 비정기적으로 수행되는 현장작업에서 발생 가능한 위험요소를 파악하기 위한 목적으로 만들어졌다. 또한 면담자료의 분석 결과는 추후에 설문 결과 및 다른 작업분석 결과와 함께 연구 대상이 되는 현장작업에 대한 안전작업지침 설정 및 요통재해 예방을 위한 개선안 제시에 사용되었다.

2.3 설문지 개발

현장실사와 작업자와의 면담을 통하여 2개 정비 작업 부서의 작업 중 요통 질환 발생에 영향을 줄 수 있는 요소와 요통 질환 문제를 야기시킬 가능성을 지닌 위험 요소를 규명, 평가할 수 있고, 잠재적인 재해 발생 요인도 파악할 수 있도록 설문 문항을 개발하여 설문조사 방법을 사용하였다. 2개 정비 부서의 작업자 146명(A부서 : 83명, B부서 : 63명)과 상대적으로 요통 위험 요인이 적은 부서에 근무하는 90명의 작업자를 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 각 부서별로 설문에 포함된 항목은 크게 8부분으로 구분되는데, 인적사항 10문항, 과거 및 현재병력 4문항, 신체활동 4문항, 직무관련 8문항, 안전교육 8문항, 요통경험 17문항, 요통의 정도 10문항의 총 62문항과 근골격 통증관련 사항(Corlett and Bishop, 1976)으로 구성되었다. 설문의 상세한 내용은 다음과 같다.

1) 인적사항 : 성명, 직번, 성별, 나이, 근무부서, 담당업무, 교대근무, 체형, 신장, 체중
2) 과거 및 현재병력 : 과거질환, 디스크 수술, 허리질환, 현재질환
3) 신체활동 : 하루의 신체활동, 정기적 운동, 주당 운동시간, 운동종목
4) 직무관련사항 : 대상물의 크기, 무게, 작업형태, 작업간격, 지속시간, 작업자세, 허리를 비트는 작업, 작업 수행시 공구, 보조물 및 대상물, 작업여건, 현재 작업의 문제점과 개선안
5) 안전교육 : 작업개선안 수립, 안전 교육 여부, 교육의 효과, 교육기간, 요통을 줄이는 운동방법, 시행여부, 보조기구 유무, 실제 사용여부
6) 요통경험 : 통증 여부, 요통 발생시 나이, 최근 요통 경험, 장소, 직종, 근속기간, 통증의 양상, 요통의 원인이 되는 동작, 통증시간, 경험횟수, 결근 기간, 요통이 심해지는 동작, 요통이 감소하는 동작, 검진 여부, 검진 결과
7) 요통의 정도 : 통증 정도, 일상생활, 물건들기, 걷기, 앉기, 서있기, 수면, 부부생활, 사회생활, 바깥출입
8) 근골격 통증관련 사항 : 목, 어깨, 팔 등 신체부위별(18부위) 근육골격통증

2.4 단위작업 분류

A, B 두 정비 부서의 여러 작업 중 요통 호소율이 상대적으로 높은 5개 작업을 각각 선정하여 이들 5개 작업에 대하여 인체역학 모델을 사용하여 정량적인 부하를 평가하였다. 또한, 선정된 5개 작업들은 대부분이 비정형적인 작업 형태를 나타내므로 요통을 일으키는 위험 작업 요소를 포함하고 있는 6개의 대표적인 단위작업으로 분류하여 분석을 수행하였다. 6개 단위작업은 크레인 운반 및 조절, 연마, 해머링, 수동 운반, 나사 풀기 및 조이기, 용접 및 가열 작업으로, 이 중 크레인 운반 및 조절 작업은 크레인에 매달린 작업물을 인력으로 밀고 당기거나 드는 작업으로 정의하였다.

2.5 인체역학적 분석

기존의 작업 조건에서의 권장무게한계(Recommended Weight Limits)를 제시하여 현재 수행되고 있는 작업의 위험도를 평가하고, 작업의 개선안을 찾기 위하여 NIOSH 지침을 사용하여 작업분석을 실시하였다.

작업시 요추부위의 스트레스 추정을 위한 인체역학적 분석에는 미시간 대학교의 인간공학 연구실에서 개발한 3DSSPP 프로그램(Chaffin, 1994)을 사용하였으며, 작업 부하를 정량적으로 제시하고 이를 개선하였을 때의 효과를 정량적으로 평가하였다.

2.6 작업자세 분석

본 연구에서는 특히 무거운 무게를 들거나 힘을 많이 쓰지 않더라도 몸을 구부리거나 다리를 쪼그려 앉는 등의 부적절한 자세가 요구되는 작업이 많으므로 이러한 작업자세를 정량적으로 평가하기 위하여 OWAS(Ovako Working-posture Analysis System) 분석 기법(Karhu, et al., 1977)을 사용하였다. OWAS는 작업의 한 주기 동안에 나타나는 허리와 팔, 다리의 자세, 작업물의 무게에 따른 작업부하를 전체 작업에 대한 네 가지 작업자세 수준의 비율로 나타내 준다. OWAS에서 설정하고 있는 네가지 작업자세 수준은 다음과 같다.

- 수준 1 : 전혀 위험하지 않다.
- 수준 2 : 약간의 스트레스를 준다.
- 수준 3 : 비교적 위험하며 작업자세를 가능한 교정하여야 한다.
- 수준 4 : 매우 위험하며 즉각적인 작업자세 교정이 필요하다.

본 연구에서는 A부서와 B부서의 5개의 작업 중 부적절한 작업 자세로 장시간 작업을 하는 2개의 작업을 연속적으로 촬영하였으며, 5초 간격으로 자세를 측정하여 위험한 작업자세를 제시하였다. A부서의 작업의 경우, 크레인 운반 및 조절과 나사 풀기/조이기가 많은 작업과 헤머링과 연마, 용접이 많은 작업을 그 대상으로 하였으며, B부서의 경우는 수동운반 작업과 밀기/당기기, 나사 풀기/조이기 작업, 크레인 조절이 많은 작업을 선정하였다.

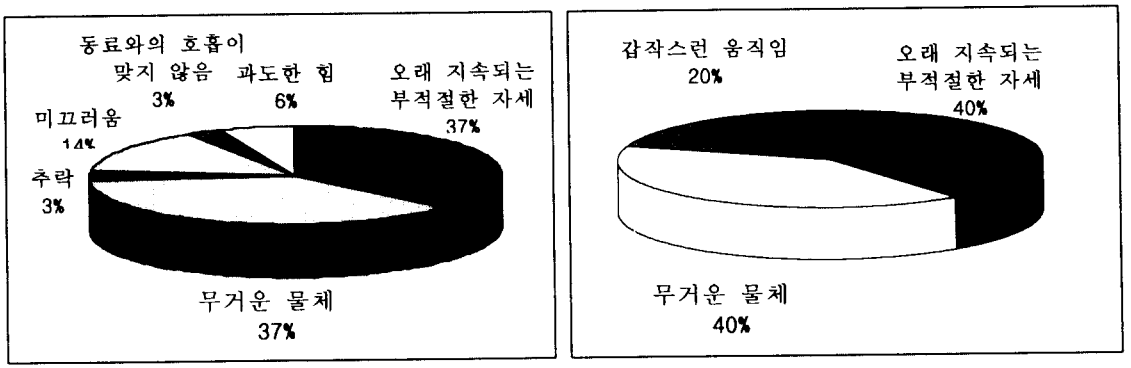
3. 결과 및 분석

3.1 면담결과

그림 1의 (a)는 A부서의 면담 대상자, (b)는 B부서의 면담 대상자가 응답한 요통 발생의 원인을 나타낸 것이다. 면담 결과, 요통이 발생한 원인 중 가장 많은 것이 무거운 물체의 취급이 각각 37%와 40%, 오래 지속되는 부적절한 자세 역시 각각 37%와 40% 인 것으로 나타났다. 그 외에도 갑작스런 움직임과 과도한 힘, 그리고 미끄러움 등이 요통 발생의 원인이 된다고 하였다.

3.2 설문 결과

대조군을 포함한 작업자들을 대상으로 기본적인 인적사항과 요통경험사항, 신체부위별 근골격계 불편도 등을 알아보기 위하여 설문조사를 실시하였



(a) A 부서 (b) B 부서

그림 1. 면담대상자가 응답한 요통발생원인

표 1. 설문 응답자의 인적사항

설문 항목	전체평균	부서별 평균		
		A 부서	B 부서	대조군
연 령	34.9±7.2세	36.5±7.9세	37.5±6.9세	31.5±5.0세
신 장	170.1±4.5cm	169.4±4.7cm	169.8±3.8cm	170.9±4.7cm
체 중	64.5±6.9kg	64.4±6.7kg	64.4±7.1kg	64.8±7.0kg

다. 회수된 설문자료는 요통 및 근골격계 불편도과 관련하여 통계적인 분석을 수행하였다.

설문에 응답자의 인적사항은 표 1과 같다. 설문 응답내용을 분석한 결과, 신체 활동은 정비 부서가 비교적 물건 들기, 허리 굽히기, 쪼그려 앉기 등의 신체 활동 시간이 대조군에 비해 큰 것으로 나타났다.

A부서의 경우 취급하는 물체 크기나 무게는 매우 다양하였으나, B부서에서 주로 취급하는 물체의 무게는 20~30kg였으며, 평균 무게는 21.3kg인 것으로 나타났다. 그러나 대조군의 경우 대부분이 10kg이내의 물체를 취급하는 것으로 나타났다. 직무 관련 조사에 의하면, 정비 부서에서 작업 중에 주로 취하는 자세는 허리 구부린 자세, 선 자세, 앉은 자세, 무릎 구부린 자세 순으로 정비 부서에서의 요통 발생이 중량물 취급에 의해서만이 아니라 부적절한 작업 자세에 의한 가능성도 있음을 나타내고 있다. 주된 작업 형태는 A부서의 경우 해머링, 조이기, 풀기, 들어 올리기 순이며, B부서의 경우는 들어 올리기, 운반하기, 내리기 형태 순으로 두 부서 사이에 작업 강도의 차이가 있었다.

부서별 요통 정도를 평가하기 위해 요통과 관련된 10개 문항에 대한 응답을 점수화하여

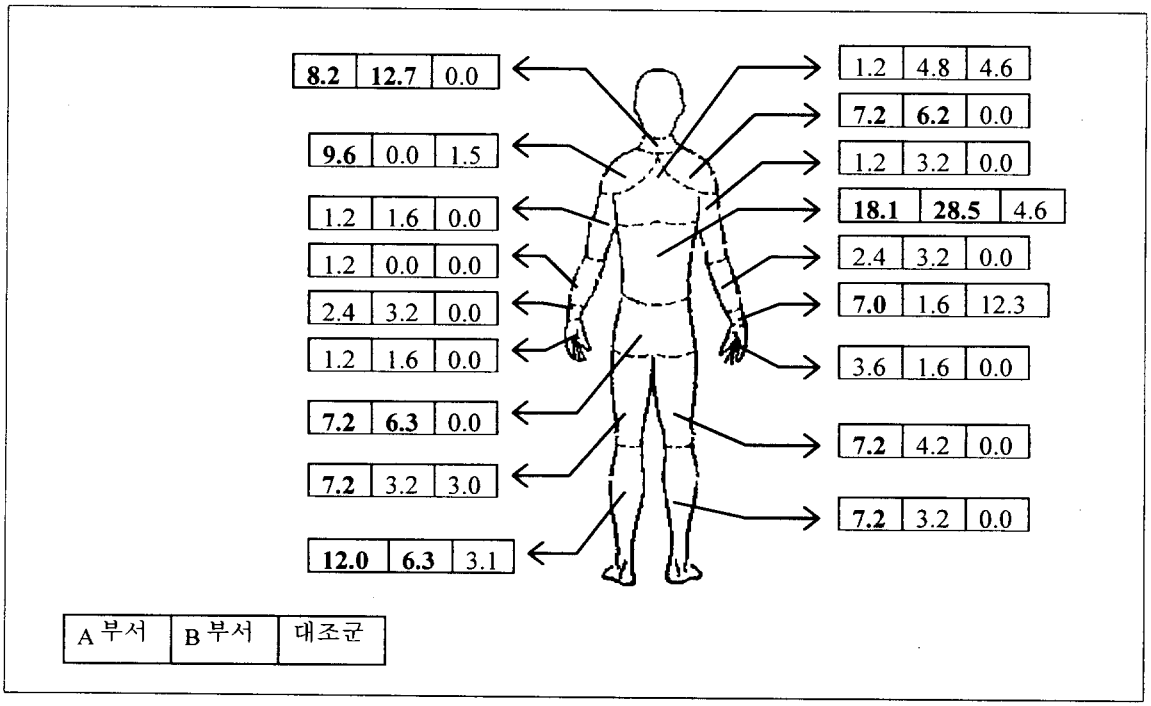


그림 2. 근골격통증 사항 분포

Oswestry Pain Score(Fairbank, et al., 1980)를 구하였다. Pain Score의 분포는 A부서가 12.0±14.3점, B부서의 경우 12.0±5.0점, 대조군은 6.1±8.8점이며, 행동에 제약을 받을 정도의 통증을 나타내는 20점 이상인 경우가 A부서는 20.6%, B부서는 20.5%, 대조군은 5.6%로 두 정비 부서가 대조군에 비해 통증의 정도가 현저히 심한 것을 알 수 있다.

근골격 통증에 대한 조사는 18개 신체 부위를 대상으로 하였다. 그림 2는 세 부서의 근골격 통증을 나타낸 것으로 전체 응답자 중 거의 매일이나 1주일에 2~3번 정도로 자주 통증을 느낀다고 응답한 사람의 비율을 나타낸 것이다. A정비 부서에는 등 아래쪽과 허리, 왼쪽 장딴지와 발, 왼쪽 어깨, 목, 엉덩이 순으로 B정비 부서나 대조군에 비해 근골격 통증에 관한 호소율이 높은 것으로 나타났다. 이것은 A부서의 작업 강도가 높고 작업 내용도 비정형적인 수리 작업이 많기 때문으로 분석된다. 정형적인 수리 작업이 대부분인 B부서의 경우는 등 아래쪽과 허리, 왼쪽 장딴지와 발, 엉덩이, 오른쪽 어깨 순으로 A부서보다는 통증 호소율이 낮지만 대조군에 비해서는 현저히 높게 나타났다. 특이할 만한 사항으로, 대조군에서 통증 호소율이 정비 부서보다 높은 것으로 나타난 부위는 오른쪽 손목 부위로, 이것은 대부분 손을 이용한 대조군의 작업 특성을 반영한 결과로 해석된다.

3.3 연관성 분석

위험 요인에 대한 폭로군과 비폭로군의 비교연구에서 위험 요인과 해당 질병간의 연관성 척도 결정에 많이 사용되는 유병율비(Prevalence Ratio)를 이용하여 정비 부서와 대조군 사이의 요통 경험 연관성을 분석하였다. 그 결과 정비 부서 A, B가 대조군에 비해 상대적으로 요통을 경험할 확률이 표 2에서와 같이 각각 1.99, 2.20배 높으며, 정비 부서 A, B사이에는 차이가 없는 것으로 나타났다(p=0.05).

표 2. 각 부서와 요통 경험 연관성 분석표

	유	무	요통
A	50	33	83
대조	30	60	90
	80	93	173

χ^2=12.58
p<0.001 유병율비=1.99

	유	무	요통
B	46	17	63
대조	30	60	90
	76	77	153

χ^2=23.34
p<0.001 유병율비=2.20

요통 경험과 작업 자세와의 연관성의 경우 허리를 구부리는 자세, 허리를 비트는 자세, 무릎을 많이 구부리는 자세를 취하는 작업자가 요통을 경험할 확률이 각각 1.33배, 1.77배, 1.55배 더 높은 것으로 나타났다. 부서 A의 경우 작업자가 특정 작업들을 수행하는 것이 요통을 경험할 확률을 높이는 것으로 나타났으며, 이것은 이런 작업들이 요통을 유발하는 위험 요인을 다른 작업보다 상대적으로 더 많이 내포하고 있기 때문으로 분석된다.

3.4 단위작업 분류

현장조사가 이루어진 세부작업은 작업분석을 위하여 무거운 하중을 취급하거나 부적절한 자세를 요하는 6가지 단위작업으로 세분화 하였다. 그 결과 A부서와 B부서의 단위작업을 표 3과 같이 세분화 하였다.

3.5 인체역학적 분석

그림 3은 5개 대상 작업의 단위작업을 대상으로 수행한 인체역학적 분석 결과 중 한 예이다. 그림 3(a)는 A4작업 중 비교적 허리에 큰 부하를 주는 크레인 운반 및 조절 작업에 대한 자세 및 3DSSPP 프로그램을 통해 얻어진 역학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 이 작업의 경우, 크레인에 매달린 작업물의 무게는 80kg정도이고, 운반거리

표 3. 선정된 작업에 포함된 단위작업 분류

(a) A부서

작업 \ 단위작업	크레인 운반/조절	연 마	해 머 링	수동운반	나사풀기/조이기	용접/가열
A1						
A2						
A3						
A4						
A5						

(b) B부서

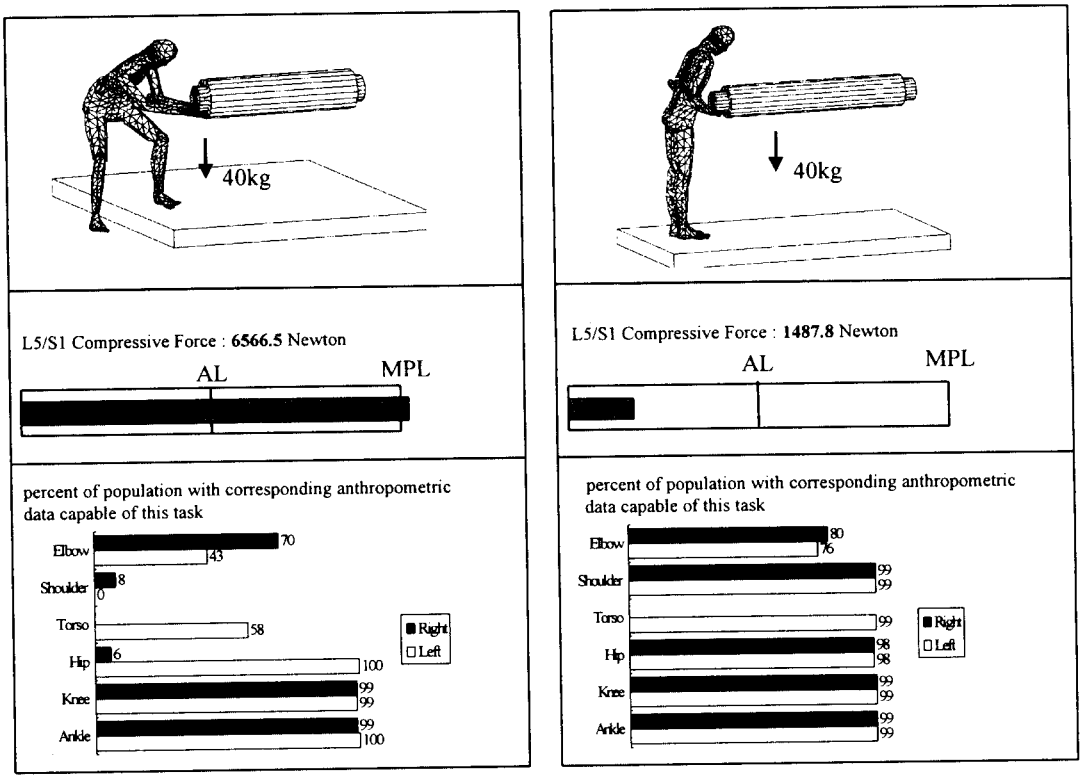
작업 \ 단위작업	크레인 운반/조절	연 마	밀기/당기기	수동운반	나사풀기/조이기	용접/가열
B1						
B2						
B3						
B4						
B5						

는 비교적 짧지만 두 사람이 물체를 들어올려서 작업을 하게 된다. 이 때, 한사람이 드는 무게를 40kg으로 가정하면, 허리에 걸리는 부하(L5/S1 Compressive Force)는 6,566.5 Newton으로 1981년 NIOSH Lifting Guideline에 의한 최대 허용하중(Maximum Permissible Limits : MPL)을 넘어서 대부분의 작업자에게 위험한 작업으로 나타났다. 특히 이 작업의 경우, 어깨 부위와 오른쪽 엉덩이 부위에 큰 부하가 걸리는 것으로 나타났다.

이 작업을 그림 3(b)와 같이 허리를 편 자세로 작업을 할 수 있도록 작업자세를 바꾸어주면 허리에 걸리는 부하가 안전하중(Action Limit : AL)보다 작아지며, 신체의 모든 관절에도 비교적 적은 부하가 걸리는 것으로 나타났다.

작업물에 부착된 기어를 분리하기 위하여 해머링을 하는 작업은 기어를 제거하기 위해서는 상당한 힘을 들여 해머링을 해야하고 해머의 무게도 5kg이상의 것을 사용하였다. 해머가 기어부분을 타격할 때의 순간을 보면, 충격 시의 해머의 가속도를 100m/sec^{2}으로 가정하였을 때 허리에 걸리는 부하가 AL을 넘어서는 것으로 나타났다. 이와 같은 경우에는 해머링을 대신할 수 있는 기계적인 도움을 사용하는 것이 요구된다.

수동운반 작업에서 40kg이상의 기어를 크레인을 사용할 수 없을 때에는 인력으로 운반하는 경우가 있는데, 이 때에도 허리에 걸리는 부하가 AL을 넘어서는 것으로 나타났다. 이 작업의 경우 크레인을 이용하도록 하거나, 손수레나 소형지게차 등을 이용하는 것이 요통 예방을 위해 필수적이다. 그리고 같은 작업의 크레인 운반 및 조절 작업이 허리에 걸리는 부하가 매우 큰 것으로 나타났으며,



(a) 실제 작업 (b) 개선된 작업

그림 3. A 작업의 크레인 운반 및 조절작업

나머지 다른 작업에서는 비교적 부하가 낮은 것으로 나타났다.

3.6 작업 자세 분석

OWAS를 사용한 작업자세 분석 결과, 허리는 A, B 부서 모두 굽힌자세의 작업이 전체작업의 68.29%와 82.04%로 높은 비율을 나타냈다. 작업자세의 수준별 분석에 의하면, 두 작업 모두 근골격계에 나쁜 영향을 미치는 자세들로, 시급한 개선이 요구되는 작업자세인 수준 3과 수준 4가 차지하는 비율이 매우 높게 나타났다. A1 작업에서는 허리를 구부리고 쪼그려 앉은 자세나 다리를 굽힌 자세, 그리고 허리를 비틀고 다리를 구부리는 자세로 롤을 조립하는 작업이 많았으며(수준 3 : 67%, 수준 4 : 11%), B1 작업에서는 허리를 굽히고 다리를 구부리거나 쪼그려 앉아서 기어와 베어링을 구조물에서 분해하는 작업에서 많은 것으로 나타났다(수준 3 : 51%, 수준 4 : 7%). 그림 4는 근골격계에 나쁜 영향을 미치는 자세들의 예를 보여준다. 특히 허리를 구부리고 두 다리를 굽히거나 쪼그리고 하는 작업과 허리를 구부리거나 비틀고 한 다리를 굽힌자세로 장시간 작업하는 경우 작업물의 무게와 관계없이 근골격계 질환에 해를 끼치기 때문에 지양되야 한다.

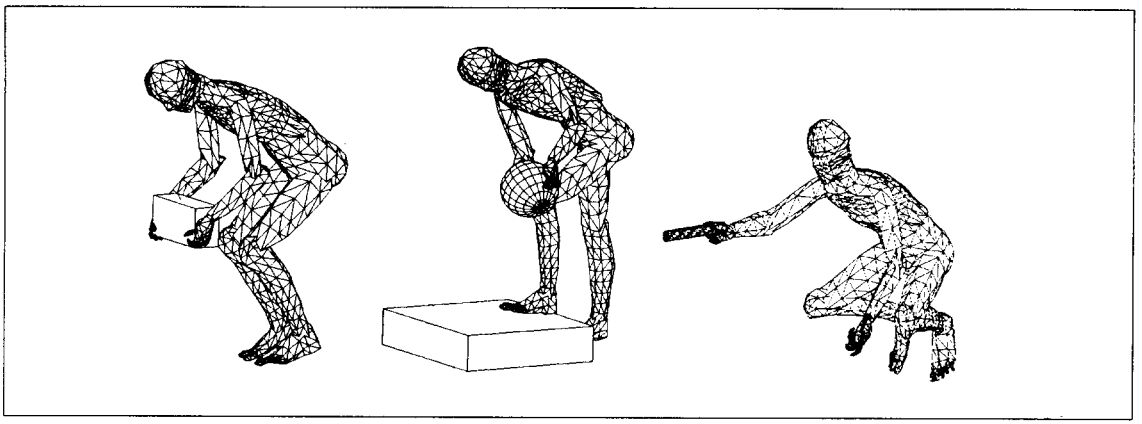
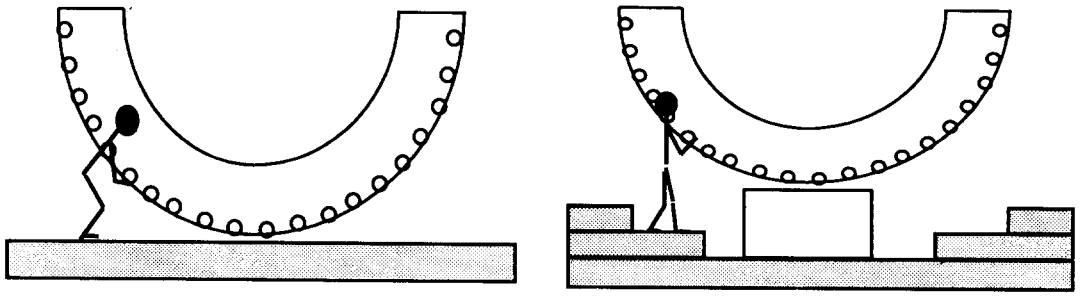


그림 4. 근골격계에 나쁜 영향을 미치는 자세

4. 개 선 안

작업분석과 현장조사, 면담 등을 통하여 요통발생과 직접, 간접적으로 연관되는 문제점들을 추출하여 도출된 개선안은 다음과 같다.

먼저 A부서의 경우, 공장 내에서 이루어지는 작업은 작업의 특성에 따라 주기는 다르나 정기적으로 이루어지는 작업이므로 작업의 특성을 고려하여 작업자가 작업하는데 충분한 공간을 확보하여 부적절한 작업자세를 최소화 하도록 하며, 작업에 필요한 공구나 보조 작업대 등을 가까운 곳에 상시 비치할 수 있도록 전용작업장을 설치하는 것이 바람직하다. 또한 허리를 많이 굽히거나 쪼그리고 앉아서 하는 작업이 많으므로 이러한 작업자세를 피하도록 작업자들에게 안전교육을 정기적으로 실시해야 하며, 피치 못하게 이러한 작업자세로 오랫동안 작업할 경우 간이 의자 등을 이용하여 가능한 한 허리에 부하가 가지 않도록 해야 한다. 구체적인 예를 들면, 허리를 구부리거나 다리를 구부리는 작업자세가 많은 기존의 작업장 배치에서 그림 5에서처럼 계단식 작업대를 제공하여 허리를 펼 수 있도록 하여 작업부하를 줄일 수 있을 것이다.



(a) 기존의 작업장 배치 (b) 개선된 작업장 배치

그림 5. A부서의 작업의 배치와 개선안

B부서의 경우 모든 작업이 정비부서 내 작업장에서 이루어지고 있으며, 대부분의 작업이 정형화되어 있다. 그러나 다양한 형태나 무게의 작업물을 다루고 있는 것으로 나타났다. 이러한 작업에서는 작업물에 대한 무게표시를 하고 일정무게 이상에 대해서는 인력운반을 금지하는 표지를 부착하도록 하는 규정이 요구 된다. 또한 소형물의 작업장내에서 인력에 의한 운반을 줄이도록 운반도구를 마련하도록 하는 것이 추천된다.

5. 결론 및 추후 연구방향

본 연구의 대상 작업인 2개의 정비 부서에서 일어나는 작업은 신체 활동과 직무 관련 설문 조사에 의하면 힘든 작업과 부적절한 자세가 상대적으로 많이 내재하고 있는 것으로 나타났다. 또한 요통 정도가 대조군에 비해 현저하게 큰 것으로 나타났으며, 신체부위별 근골격 통증에서도 같은 경향을 보였다. 특히 몸통과 허리, 어깨부분에서 대조군에 비해 두 정비부서가 근골격계 통증이 자주 오는 것으로 나타났다.

5개 정비작업에 대한 인체역학적 분석과 작업자세 분석결과 무거운 물체의 취급과 오래 지속되는 부적절한 자세가 허리와 다른 근골격계에 큰 부하를 주는 것으로 나타났다. 특히 허리를 구부리거나 비틀고 앉은 자세로 작업을 하거나 허리를 비틀거나 쪼그린 자세에서 한 다리를 굽히고 작업함으로해서 체중이 한쪽으로 쏠리는 자세를 지양해야 하는 것으로 나타났다. 따라서 작업 개선안은 이러한 작업들이 지양되는 방향으로 제시하였다.

본 연구에서는 두 정비부서의 다양한 작업을 대상으로 작업분석을 하였으며, 개선안에 따를 효과를 3DSSPP프로그램을 이용한 역학적 분석 등과 같은 이론적 근거로만 산정하고 현장적용을 통한 실질적인 검증을 하지 못했다. 추후에는 일부 작업을 대상으로 좀더 세분화된 분석을 실시하고, 도출된 개선안을 적용해 본다면 작업 개선에 큰 도움을 주리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. 노동부, '92-'94 산업재해통계, 1993-1995.
2. Anderson, G.B.J., et al., Epidemiology and Cost, In Occupational Low Back Pain(Eds, M.H.Pope, et al.), 95-113, Mosby Year Book, Boston, 1991.
3. Armstrong, T. J., Upper extremity posture: definition, measurement and control, in N. Corlet, J. Wilson and I. Manenica(eds.), The Ergonomics of Working Postures, Talyer & Francis, London, 59-73, 1986.
4. Ayoub, M. M. Betthea, N. J., Deivanayagam, S., Asfour, S. S., Bakken, G. M. and Liles, D., Determination and modeling of lifting capacity, Final Report, DHHS(NIOSH) Grant No. 5-R01-0H-00545-02, 1978.
5. Chaffin, D.B., Computerized biomechanical model for high exertion manual jobs, *Proceedings of the 3rd Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics*, 1-15, 1994.
6. Chaffin, D.B., Herrin, G.D., Keyserling, W.M. and Garg, A., A method for evaluating the biomechanical stresses resulting from manual materials handling jobs, *Am. Ind. Hyg. Ass.J.*, 38, 662-675, 1977.
7. Chaffin, D.B. and Ayoub, M.M., A

biomechanical model for analysis of symmetric sagittal plane lifting, *AIIE Transaction*, 2, 16-27, 1976.

8. Chaffin, D.B., A computerized biomechanical model development and use in studying gross body actions, *Journal of Biomechanics*, 2, 429-441, 1969.
9. De Looze, M.P., Kingma, I., Thunnissen, W., Van Wijk, M.J. and Toussaint, H.M., The evaluation of a practical biomechanical model estimating lumbar moments in occupational activities, *Ergonomics*, 37(9), 1495-1502, 1994.
10. Fairbank, J.C.T., Couper, Mbaot J, Davies, J.B., and O'Brien, J.P., The Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire. *Physiotherapy*, 66, 271-2, 1980.
11. Freivals, A., Chaffin, D.B., Garg. A. and Lee, K.S., A dynamic biomechanical evaluation of lifting maximum acceptable loads, *Journal of Biomechanics*, 17, 251-262, 1984.
12. Garg, A. and Chaffin, D.B., A biomechanical computerized simulations of human strengths, *AIIE Trans.*, 7, 1-10, 1975.
13. Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry : A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8, 199-201, 1977.
14. Leskinen, T.P.J., Stalhammar, H.R. and Kuorinka, I.A.A., A dynamic analysis of spinal compression with different lifting techniques, *Ergonomics*, 26(6), 595-604, 1983.
15. National Safety Council, Accident Facts, 1981, 1984.
16. NIOSH, *Work Prediction Guide for manual Lifting*, NIOSH Technical Report No. 81-122, US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and health, Cincinnati, OH., 1981.
17. National Technical Information Services, *Scientific Support Documentation for the Revised 1991 NIOSH Lifting Equation*, PB91-226274(US Department of Commerce, Springfield, VA), 1991.
18. Tichauer, E.R. Biomechanics of Lifting, Report to HEW, No. RD-3130-MPO-69, 1970.