Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 25, No. 4 pp.153-157, November 2006

기계설비 제조업체의 인간공학적 진단 및 개선사례*

박 희 석[1] · 허 소 림[2]

[1]홍익대학교 정보산업공학과 / [2]홍익대학교 정보산업공학과 대학원

A Case Study of Ergonomic Analysis and Improvement of a Machinery Manufacturing Company

Hee-Sok Park[1], So-rim Heo[2]

Department of Industrial and Information Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791

ABSTRACT

The objective of this study was to establish a systematic ergonomic program for the prevention and control of work-related musculoskeletal disorders(WMSDs) in a machinery manufacturing company. The steps such as looking for the signs of WMSDs problems, setting the stage for action, training-building in-house expertise, gathering and examining the evidence of WMSDS, developing controls of health care management, and proactive ergonomic interventions were applied. The primary success factors were management commitment and encouragement, and harmonious union-management relations.

Keyword: Ergonomic program, Work-related musculoskeletal disorders

1. 서 론

주지하는 바와 같이 우리나라 산업현장에서는 작업관련성 근골격계질환(Work-related musculoskeletal disorders)의 발생이 점차 늘어나 왔으며, 생산비 손실과 산재 보상비 지출 등으로 인한 경제적 문제와 노사관계 악화로 인한 사회적 문제가 심각해지고 있다. 작업관련성 근골격계질환은 그 위험요인이 다양하고 복합적이어서 그 예방과 관리는 단편적인 노력으로 성공할 수 없으며 시스템적인 예방관리 프로그램이 필요하다(NIOSH, 1997). 이에 선진국을 중심으로 작업장의 인간공학적 평가와 재설계, 교육 및 훈련 등을 수반한 체계적이며 지속적인 관리를 통하여 질환을 사전 예방하는 인간공학적 예방관리 프로그램에 많은 관심이 기울여져 왔다 (OSHA, 1999). 또한 근골격계질환은 다른 여타의 직업병과는 달리 그림 1과 같은 순환체계를 가지면서 회사의 관리체계 내에서 일상적이고 지속적인 관리가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 기계설비 제조 작업장의 인간공학적 예방관리 프로그램의 구축사례를 그 핵심적인 단계들을 중심으로 보고하고자 한다. 본 작업장은 업종의 특성상 다양한 작업자세 및 중량물 취급이 많고 자동화가 이루어지기 어려운 이유로 근골격계질환의 발생 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 특히 최근 몇 년 동안 근골격계와 관련 재해의 발생 빈도도 점차 증가하고 있어 작업자들의 이에 대한 관심 및 인식도가 상당히 증대된 상태이다. 따라서 작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 체계적인 프로그램을 도입하여 중장기적인 계획 하에 시스템적으로 관리하는 것이 바람직한 것으

*본 연구는 2006학년도 홍익대학교 학술 연구 진흥비에 의하여 지원되었음.
교신저자: 박희석
주 소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1, 전화: 02-320-1473, E-mail: hspark@hongik.ac.kr

로 파악되었다.

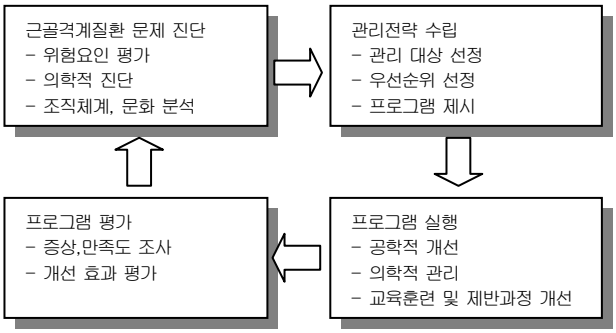

그림 1. 예방관리 프로그램의 순환체계(이윤근, 2001)

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 작업장은 경기도에 위치하고 있으며, 800여명의 근로자들이 트랙터, 공조시스템(냉동 공조기), 사출 성형기/프레스기 등을 생산하고 있다.

예방관리 프로그램을 수행하기 위하여 사업부별 환경안전 전문위원과 안전보건 담당자, 노동조합, 외부 전문가(인간공학, 산업의학)들로 구성된 Task force team이 구성되었다. 프로그램을 수행하는 데 있어 팀 활동은 매우 중요한 것으로서, 사업장내에 존재하는 인간공학적 문제들을 제기하고 이에 대한 문제의식을 공유하는 과정을 이끎으로써 기존에 산발적으로 수행되던 활동들을 보다 체계적이고 종합적으로 추진하는 토대가 된다.

2.2 기초 유해요인 조사

현장 방문과 작업자 인터뷰, 자료 분석 등의 방법을 통하여 아래와 같은 내용을 파악하였다.

- 작업 목적 및 내용
- 작업자 수, 작업수행 조건
- 작업일정: 1일 혹은 1주당 작업시간, 교대작업 유무, 잔업시간
- 작 업 량: 설비, 라인, 팀, 개인별 작업속도, 생산량 평가방법 등
- 직 무: 직무 빈도, 기간, 작업대 등의 스케치, 높이, 작업영역, 대상물의 무게 등
- 작 업 물: 무게 및 기타 특성 관련 기록, 모델명과 제조회사 등
- 작업형태, 조직: 작업순환 유무, 순환 패턴, 작업 만족 여부 등

그리고 무작위로 추출된 근로자 293명에 대하여 지난 1년간 작업과 관련한 근골격계 부위별 증상 정도, 증상 발생 빈도 및 지속 기간, 조치 내용, 작업에 대한 내용 등을 파악하는 증상 설문조사가 수행되었다.

2.3 인간공학적 기법을 활용한 분석

기초 유해요인 조사 및 증상 설문조사 결과, 현장 walk-through survey와 관리자 /근로자 인터뷰, 조사팀의 전문적인 판단 등을 통하여 공정별 작업관련 위험성을 파악하고, 정밀 유해요인 조사 대상작업을 선정하였다. 선정된 대상 공정에 대해 비디오 촬영 및 체크리스트 분석을 실시하였고, 인간공학적 작업분석 기법, 즉 RULA(McAtamney and Corlett, 1993), REBA(Hignett and McAtamney, 2000), OWAS(Karhu et al., 1977) 등을 통한 자세 분석, NIOSH 들기 공식 (NIOSH, 1991)을 활용한 중량물 취급작업 분석이 수행되었다. 분석 결과에 따라 공정을 고위험군과 저위험군으로 분류, 개선의 우선순위를 선정하여 시급한 개선이 요구되는 공정부터 개선을 추진하였다.

3. 연구 결과

3.1 증상 설문조사 결과

설문조사 결과, 응답자들의 평균연령이 47세로 고령화되어 있었다. 또한 전체의 약 56%가 평소에 운동을 전혀 하지 않는 것으로 나타나 개인적인 건강관리가 부족하다고 보여진다. 응답자들의 67%가 근골격계관련 증상 경험이 있었고, 43%가 작업 능률에 많은 영향이 있는 것으로 인식하고 있었다. NIOSH 기준(증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나, 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하는 경우)으로 증상 호소자는 총 144명으로서 전체의 49%를 차지하고 있었다. 이 결과는 기준의 포괄성을 감안하더라도 상당히 높은 수준으로서, 근골격계질환의 심각성이 향후 더욱 증가할 가능성을 시사하는 것이다. 따라서 예방관리 활동이 본격적으로 시작되어야 할 시점으로 판단된다.

3.2 인간공학적 기법 분석 결과

정밀조사 대상으로 선정된 44개 공정별로 대표적으로 어려운 작업자세에 대하여 인간공학적 작업분석을 실시하였다. 실시한 인간공학적 평가 결과를 종합하여 각 분석 기법 중

Action level 3단계 이상이 1개 이하가 나오면 저위험군으로 간주하였다. 아래 그림 2에 각 사업부별로 Action level 3단계 이상인 공정의 비율을 나타내었다. 분석기법간에 차이는 있지만 고위험군의 작업이 차지하는 비율이 매우 높은 것으로 나타나, 본 공장 전반에 걸친 개선의 필요성을 시사하고 있다. 사업부별로는 특수 사업부 및 트랙터 사업부가 위험도가 상대적으로 높은 것으로 파악되었다. 여기서 RULA가 REBA, OWAS에 비하여 더욱 민감하게 판단한 결과는 다른 연구들의 결과(기도형과 박기현, 2005; 문찬영 외, 2005)와 일치하였다. 특히 트랙터 사업부에서는 OWAS에 의한 결과가 RULA와 REBA에 비하여 현저하게 낮게 나타났다. 이는 허리, 목, 손목을 사용하여 조립하는 작업이 많은 당 사업부의 특성에 의한 것으로 사료된다. 한편, 세 기법 모두를 고려한 결과에 의하여 고위험군과 저위험군으로 분류된 공정의 수를 표로 정리하였다(표 1).

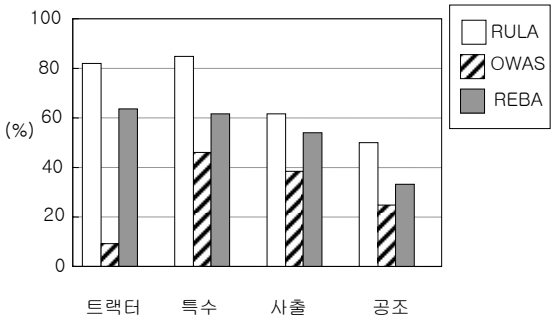

그림 2. 인간공학적 평가 결과

표 1. 고위험군/저위험군에 속하는 공정 현황

사업부	고위험군	저위험군	계
트랙터	앞차축조립 등 6개	런닝테스트 및 토우인조절 등 5개	11
특수	bodyshoe기계에 로딩 등 7개	궤도조립 등 6개	13
사출	유압호스연결 등 7개	사출기볼트분해 등 6개	13
공조	배관용접 등 3개	철판 bending 등 4개	7
계	23	21	44

4. 개선안의 도출

4.1 인간공학적인 개선

연구가 진행되는 동안 실제 개선이 이루어지거나 추진이 되고 있는 경우는 약 20개 공정이었다. 개선된 주요 사례는 아래와 같다.

4.1.1 특수 사업부 - Ladle 전동화

본 작업은 작업자가 Ladle 손잡이를 잡고 수동으로 회전시키는 작업이다. 중량 및 기울기에 따라 부담이 가중되는 작업이므로, 기존 Ladle을 기울이는 등의 취급 시에 부여되는 부하 해소를 위하여 전동 Gear case를 부착한 방식으로 개조하였다.

그림 3. Ladle 작업 개선 전(왼쪽) 개선 후(오른쪽)

4.1.2 사출기 분해 작업 개선

본 작업에서의 문제점은 전용 고소작업대 부재로 인하여 작업이 불안정하고, 볼트위치에 따라 자세가 불안정하다는 것이다. 또한 누유로 인한 작업장 환경 오염 등을 들 수 있다.

그림 4. 개선전

인간공학적 분석의 결과로 고위험군으로 분류됨에 따라 빠른 조치가 필요하였다. 개선책으로서 리프트를 도입하여 작업물 가까이 접근이 가능할 수 있게 하였고, 리프트에 공구 호이스트를 연결하였다.

4.2 의학적 관리

설문조사 결과 NIOSH 기준으로 증상 호소자는 총 144명(49%)으로 파악되었다. 의학적 관리는 두 방향으로 진행되었다. 첫번째는 조기발견 체계의 구축으로서, 사내 규정을

그림 5. 개선 후

신설하여 보고체계를 구축하였고 사업부별 담당자 혹은 조 · 반장이 이러한 체계의 핵심적인 경로가 될 수 있도록 하였다. 두번째는 기 발생된 증상 유소견자에 대한 관리방안의 수립으로서, 증상을 호소하는 혹은 증상을 보이는 근로자들을 4등급으로 구분하고(표 2) 1~3등급까지의 근로자들 45명에 대하여 산업의학 전문의가 상담을 실시하였다. 상담을 통하여 작업관련성 여부 및 증상의 정도를 구체적으로 파악하였고, 앞으로 수행해야 할 의학적 관리방안을 결정하였다.

표 2. 증상 호소자의 관리등급 분류 기준

등 급		기 준
1	집중치료 관리 대상자 (12명)	– 1주일 이상 통증 지속 – 한 달에 1회 이상 증상 – 치료 경험 있음 – 심한 통증
2	집중추적 관리 대상자 (14명)	– 1주일 이상 통증 지속 – 한 달에 1회 이상 증상 – 치료 경험 있음 – 중간 통증
3	집중관리 대상자 (19명)	– 1주일 이상 통증 지속 – 한 달에 1회 이상 증상 – 치료 경험 없음 – 중간 통증
4	관리 대상자 (99명)	– 1주일 이상 통증 지속 – 한 달에 1회 이상 증상 – 치료 경험 없음 – 통증 있음

45명에 대한 의사의 진단 결과, 즉시적인 조처를 필요로 하는 9명의 작업자들이 선별되었다. 우선적으로 이들에 대하여 테이핑 치료를 포함한 물리치료를 주1회 실시하도록 조치하였고, 사내에 물리치료실을 설치하여 주기적인 물리치료가 가능하게 하였다. 그 외 1~3등급 근로자들에게는 정기적인 통원치료 및 물리치료실 이용을 권장하였다.

4.3 교육 및 훈련

근골격계질환에 대한 이해와 프로그램에 대한 마인드를 제고하고 사업장 내부의 자체적인 역량을 키우기 위한 교육 및 훈련, 설명회를 실시하고, 환경 안전 전문위원 및 관리자 40여명에 대한 전문화 교육을 실시하였다. 아울러 양성된 사내 전문가들이 근로자들을 교육하고, 관련 내용을 공유함으로써 근골격계질환과 위험요인에 대한 정보를 제공하였다. 이때, 개선안에 대한 심층적인 토론을 유도함으로써 자체적으로 개선을 추진할 수 있게 하였다. 교육을 마친 후 각 교육 내용에 대한 평가를 10점 만점으로 실시한 결과, 전반적으로 8점 이상이 나타나 효과가 있었던 것으로 판단되었다. 특히 근골격계질환 예방관리 프로그램의 필요성과 참여의지 부분에 관한 만족도가 높게 나와서 향후 사업장에서 프로그램을 수행할 수 있는 마인드 제고는 성공적으로 이루어졌음을 알 수 있었다.

4.4 매뉴얼 문서화

근골격계질환 예방관리 프로그램이 추후에도 사업장의 경영시스템 내에서 운용되기 위해서는 사업장 여건에 맞는 매뉴얼을 작성하는 것이 반드시 필요하다. 매뉴얼을 작성하기 위해서 기존의 사업장 매뉴얼 서식과 관련 내용, 운영체계 등을 면밀히 검토하고 국내외에 있는 규정들을 조사한 후 실무자와 충분한 토의를 거쳐 확정하였다. 근골격계질환의 발생 위험이 비교적 높은 업종이므로 의학적 관리와 공학적 개선이 연계되는 것에 중점을 두었고, 기존의 조직 및 인력 등을 충분히 활용할 수 있도록 하였다.

5. 결론 및 토의

본 작업장의 경우 기본적으로 근골격계질환에 대한 문제의식을 가지고 있었고 이를 해결하려는 의지도 강하게 있어 프로그램을 실행하기에 상당 부분 용이하였다. 본 관리 프로그램을 성공적으로 추진하는데 있어 가장 중요한 것은 경영층의 문제 의식과 해결 의지이며, 동시에 노사간의 원활한 의사소통이라고 사료된다. 아울러 예방관리 프로그램에 대한 경제적, 문화적 혜택분석과 정기적인 feedback을 지속적으로 수행할 것을 제언한다.

본 연구의 한계점은 개선의 효과(작업자세의 개선효과, 근골격계질환자 수의 감소, 생산성의 변화 등)를 정량적으로 제시하지 못하였다는 점이며, 이는 후속 연구를 통하여 지속적으로 추진할 것이다.

참고 문헌

기도형, 박기현, 작업자세 평가기법 OWAS, RULA, REBA 비교, *한국안전학회지*, 20(2), 127-132, 2005.

문찬영, 나석희, 기도형, 정민근, 최대지속시간에 근거한 관찰적 자세평가 기법의 평가, *대한인간공학회지*, 31(4), 289-296, 2005.

이윤근. 자동차 조립작업의 근골격계질환 발생 특성과 관리대책. *산업보건*, 9, 12-23, 2001.

Hignett, S. and McAtamny, L., Rapid Entire Body Assessment(REBA), *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.

Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: a practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201, 1977.

McAtamney, L. and Corlett, E. N., RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.

NIOSH, A*pplications manual for the revised 1991 NIOSH lifting equation*, Cincinnati, 1991.

NIOSH, Elements of Ergonomics Programs, A Primer Based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders, Cincinnati, 1997.

OSHA, Ergonomics Program (Federal Register 64: 65768-66078), 1999.

저자 소개

❖ 박 희 석 ❖ hspark@hongik.ac.kr
미시간대학교 산업공학과 박사
현 재: 홍익대학교 정보산업공학과 교수
관심분야: 근골격계질환, HCI

❖ 허 소 림 ❖ snowclad81@hanmail.net
홍익대학교 정보산업공학과 학사(최종학력)
현 재: 홍익대학교 정보산업공학과 대학원 석사과정
관심분야: 근골격계질환, 전신진동

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 09월 28일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 11월 13일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 11월 20일