

# 근골격계질환 예방을 위한 제지공정의 인간공학적 개선방안\*

김 상 호

금오공과대학교 산업시스템공학과

## An Ergonomic Intervention of Paper-making Process for Preventing Musculoskeletal Disorders

Sang Ho Kim

Department of Industrial & Systems Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi, 730-701

### ABSTRACT

Work-related musculoskeletal hazards in a paper-making industry were examined to explore ergonomic interventions in a participatory approach for mitigating the hazards. Manual tasks occurred in this paper-making industry were quite different with ordinary assembly industry where individual workers perform certain specified tasks repetitively. Workers used to perform varieties of team-based irregular manual tasks to interact with the facilities. Among 96 manual jobs investigated, 44 potential hazardous jobs were screened during basic investigation phase and finally 16 hazardous jobs were identified by the detailed analysis phase. The major hazardous factors were awkward postures and excessive weights. Possible ways of intervention were developed, reviewed and proposed by an ergonomics team comprised of staffs and engineers from various departments and ergonomics specialist from outside the company. The proposed intervention ideas were evaluated and modified by the workers and union representatives in terms of usability and comfort. Implemented interventions including mechanization, automation, and improvement of tools and equipments provided fairly promising results.

Keyword: Ergonomic interventions, Musculoskeletal hazards, Paper-making process, Participatory approach

### 1. 서 론

근골격계질환은 산업화된 사회에서 근로자의 장애와 장애를 일으키는 중요한 원인이고, 많은 보상비용과 생산성의 감소를 유발하는 대표적 직업성 질환이다(Hagberg et al., 1995). 우리나라에서는 2003년 7월 1일부터 시행되고 있는 산업안전보건법 개정안에 의하여 작업자들에게 근골격계 부담작업을 수행하도록 하는 모든 사업장에서는 근골격계질

환 관련 유해요인 조사를 매 3년마다 정기적으로 실시해야 한다(김정룡, 2004). 근골격계 부담작업이란 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로서 노동부 고시에 의해 11개의 정형화된 부담작업 유형이 별도로 규정되어 있다. 하지만, 2개월 이내에 종료되는 단기간 작업과 정기적, 부정기적으로 이루어지는 작업 중 연간 작업기간이 총 60일을 초과하지 않는 간헐적인 작업에 대해서는 예외규정을 두고 있다(노동부, 2004).

제지공장 등과 같은 설비중심 산업현장에서 단위인력작업

\*본 논문은 금오공과대학교 학술연구비 지원에 의한 연구결과임.

교신저자: 김상호

주 소: 730-701 경북 구미시 양호동 1번지, 전화: 054-478-7656, E-mail: kimsh@kumoh.ac.kr

을 수행하는 작업자들의 직무는 조립작업과 같은 인력중심 산업과는 확연히 구분되는 특성을 지니고 있다. 근골격계질환이 자주 발생하는 것으로 알려진 조립작업 중심의 노동집약형 산업의 경우 직무에 대한 분업화가 매우 세부적으로 이루어져 있으며, 작업자들은 짧은 작업주기의 매우 특화된 단위직무를 반복적으로 수행하는 것이 일반적이다. 그러나 설비중심 공정의 경우 작업자들의 직무가 조 작업형태로 편성되는 것이 일반적이기 때문에 작업자 한 사람이 해당공정에서 발생하는 매우 다양한 단위인력작업들을 수행하며, 특정 단위인력작업의 반복적 발생빈도는 그리 높지 않은 것이 큰 특징이다. 즉, 일정수준 이상의 작업부하를 발생시킬 것으로 예측되는 작업들의 경우에도 비정형적인 특성과 발생주기를 가지기 때문에 개별적인 작업부하만을 고려할 경우 함께 수행하는 기타작업에 의한 누적작업부하를 고려하지 못하는 문제를 피할 수 없다. 또한, 법률적인 관점에서만 접근한다면 이와 같은 간헐적이거나 일시적인 작업의 경우 근골격계질환 예방의무화 규정의 대상에 포함되지 않는다. 실제 산업현장에서 많은 작업장들이 불규칙적인 반복작업형태를 포함하고 있음을 감안할 때 근골격계질환의 실질적 예방을 통한 산업재해의 감소를 위해서는 법률적이거나 행정적인 관점에서 근골격계 부담작업 여부를 판단하는 식의 접근보다는 개별 산업현장의 특성을 고려한 보다 적극적인 개선택이 모색될 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 연구 필요성에 따라 대규모 설비산업의 특성을 지닌 제지산업 생산라인을 대상으로 근골격계질환 발병가능성을 내포하고 있는 유해작업들을 선별하고, 그 유해성을 제거하기 위한 인간공학적 개선안을 모색, 적용함으로써 작업부담의 경감을 통해 보다 안전하고 효율적인 작업시스템을 구축해보고자 하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2.1 연구대상 공정 및 작업분석

본 연구의 대상이 된 작업장은 경북지역에 소재한 일개 화장지 제조공장이었다. 분석하고자 하는 유해요인 조사 대상작업의 범위를 확정하기 위하여 해당공장의 제조라인과 생산부서의 구성을 우선적으로 확인하였다. 연구대상 공장의 부서는 크게 제지생산 1부, 2부, 부직포부의 3개 직접 생산부서와 품질관리부, 생산설비관리팀, 자재관리팀, 환경관리부, 기술지원부의 5개 간접 생산부서로 이루어져 있었다. 이 중 제지생산 1부, 2부, 부직포부가 원료투입에서 제품의 가공 및 포장까지 실제 제품생산을 담당하는 부서로서 인력작업의 밀도가 높은 것으로 확인되었다.

해당공장에서 이루어지고 있는 인력작업 중 근골격계질환 발생위험성이 있는 유해작업을 선별해 내기 위하여 작업장에서 실시되고 있는 작업의 목록과 내용에 대한 파악이 선행되었다. 이를 위해 전체 제조공정을 화장지 제조의 순서에 따라 크게 원질, 초지, 가공의 3단계로 구분한 후 개별공정을 다시 세부작업으로 분류하여 작업목록을 작성하였다.

원질공정은 화장지의 원단인 초지를 생산하기 위해 원료인 펄프를 재활용을 위해 수거된 고지, 신문지 등과 함께 물에 해리하고, 불순물을 1차적으로 제거한 후 재활용지로 인해 원료에 혼입된 잉크성분을 빼내는 탈묵과정을 거쳐 세척으로 마무리 된다. 초지공정은 원질공정을 거쳐 정선된 원료를 망에 걸러 지합을 형성하고, 지합에 포함된 수분을 제거하기 위한 탈수과정과 건조과정을 거쳐 이를 스틸코어에 한 겹으로 권취하고, 다시 두 겹으로 재권취하는 과정으로 마무리된다. 가공공정은 초지공정을 통해 형성된 화장지 재료의 표면에 대한 엠보싱 처리를 거쳐 이를 화장지 제품의 길이에 맞춰 절단하고, 다시 권취한 후 저장해 두었다가 절단공정으로 이송하여 화장지 제품의 폭에 맞춰 절단하고 포장, 적재하는 과정으로 마무리된다.

대규모 설비산업인 제지업의 특성 상 개별공정에서 이루어지는 작업은 크게 자동화된 설비에 의한 기계가공과 이를 보조하기 위한 인력작업으로 나눌 수 있다. 각 부서에서 이루어지는 인력작업의 내용을 파악한 결과 총 290개의 단위작업이 존재함을 확인하였다. 파악된 단위작업들을 부서별로 분류한 결과 제지생산 1부에서 가장 많은 108개 단위작업(37%)이 수행되는 것으로 확인되었으며, 제지생산 2부에서는 70개 단위작업(24%), 부직포부에서는 56개(19%) 단위작업이 수행되는 것으로 나타났다. 이들 3개 직접 생산부서에서 발생하는 인력작업의 합은 총 234개로서 공장전체에서 수행되는 인력작업의 81%에 해당하였다.

### 2.2 작업유형의 분류

생산현장에서 이루어지는 290개 단위인력작업들의 특성을 대별하기 위해 작업특성을 분석한 결과 이들을 4가지 서로 다른 작업유형으로 분류할 수 있음을 확인하였다. 이 4가지 유형은 설비운용준비(Setting), 인력운반(Moving/Loading/Unloading), 검사와 청소/정리이다. 설비운용준비 작업유형은 제품별 생산조건(시간, 온도, 투입물 등)에 따라 설비를 조작하고 필요한 기구들을 설치하는 작업이다. 인력운반 작업유형은 설비에 원재료 혹은 작업물을 투입 및 반출하는 과정에서 인력을 이용하여 작업물을 운반하는 작업들이다. 검사 작업유형은 생산된 제품의 품질 및 외관검사를 하는 작업이며, 청소/정리 작업유형은 작업 중 또는 작업 완료 후 다음 작업을 위해 설비를 청소하거나 주변을 정리하는

작업준비 과정이다. 그림 1은 이러한 작업유형의 대표적 형태를 나타낸 것이다. 인력작업에 있어 설비운용준비(46%)가 전체작업의 절반 수준을 차지하고 다음으로 청소/정리(25%), 인력운반(21%) 및 검사(8%)의 순인 것으로 나타났다.



그림 1. 제지공정에서의 인력작업 유형 특성

### 2.3 기초유해요인 조사

서문을 통해 언급한 바와 같이 산업안전보건법에 명시된 근골격계질환 예방의무화 규정에 의거하여 기초유해요인 조사대상 작업을 선정한다면 설비중심 산업에서 나타나는 불규칙적인 작업의 반복성으로 인해 290개 단위인력작업들 중 대부분이 조사대상에서 제외될 수 있는 것으로 파악되었다. 그러나, 본 연구에서는 설비중심 산업의 특성에 대한 고려와 함께 근로자의 안전성과 효율적인 작업시스템의 구현을 주요 경영목표로 하는 해당사의 경영방침에 따라 법률적 기준과 무관하게 290개 단위인력작업 전체에 대하여 근골격계에 대한 작업부담 정도를 파악하고, 작업의 효율성이나 안전성을 제고할 수 있는 개선안을 도출하는 것을 연구목표로 삼았다. 이에 따라 기초유해요인 조사의 경우 공정에서 발생하는 단위인력작업 전체를 연구대상 범위로 하되, 작업의 내용 상 동일한 특성을 지닌 단위작업들의 경우에는 중복을 최소화하는 것을 원칙으로 삼았다. 개별공정에서 행해지는 단위인력작업들에 대한 분석결과, 가공되는 제품의 종류에 따라 다소 변화하기는 하지만 직접 생산부서에서는 유사한 작업내용을 지닌 단위작업들이 중복적으로 행해지고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서, 전체 290개의 단위인력작업들 중 생산부서별로 중복되는 작업을 제외하고, 96개의

단위작업을 기초유해요인 조사대상으로 선정하였다. 조사대상작업들의 작업일정 등을 고려하여 현장조사 계획을 수립하고 실제 작업과정에 대한 비디오 촬영과 사전연구를 통해 고안된 기본조사표 양식(김상호와 이홍태, 2005)을 이용하여 기초유해요인 조사를 실시하였다.

### 2.4 정밀조사 및 근골격계 부담작업 선정

96개 단위인력작업에 대하여 실시한 기초유해요인 조사 결과를 바탕으로 근골격계 부담작업 여부를 확인하기 위해 보다 정밀한 조사가 필요한 것으로 판단되는 44개의 예비위험 작업을 선별하였다. 선별된 작업들을 작업유형별로 살펴보면 인력운반 21개(48%), 설비운용준비 18개(41%), 청소/정리 5개(11%)로서 주로 인력운반과 설비운용준비 작업이 유해요인을 포함하는 주된 작업유형인 것으로 파악되었다.

정밀조사 대상작업의 선정을 위해서는 ANSI Z-365 (ANSI, 2000)와 KOSHA H-28(한국산업안전공단, 2002)의 인간공학적 위험요인 평가표를 바탕으로 작성한 체크리스트가 사용되었으며, 각 평가항목별 점수에 따라 정밀조사 대상작업 해당여부를 결정하고 그 분석에 적합한 평가 도구를 선택하였다. 정밀조사 도구로는 3D SSPP(Chaffin, 1997), NLE(Waters et al., 1994), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), REBA(Hignett and McAtamney, 2000)와 ACGIH TLV(Franzblau et al., 2005) 기법 중 작업에 포함된 유해요인의 특성에 따라 적합한 방법을 선택적으로 적용하였다. 우선 허리/하지자세 불편여부에 따라 REBA 사용여부를 판정하고, REBA 평가를 실시한 작업들에 한해서 중량물 취급여부에 따라 NLE 사용여부를 판정하였다. 단, 중량물 취급에 있어 사람이 직접 들지 않고 밀거나 끌기, 굴리기 등을 통해 운반하는 작업이거나 계단이동이 포함된 작업들은 NLE 분석에서 제외하였다. 허리/하지자세 불편여부에서 기준 점수보다 아래인 작업들은 상지자세 불편여부에 대해 판정하고, 중량물 취급여부에 따라 필요한 경우 3D SSPP를 이용한 평가를 실시하였다. 마지막으로 모든 작업에 대한 접촉/진동 포함여부에 따라 ACGIH TLV의 사용여부를 결정하였다. 이상의 평가과정을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 최종 유해도 판정을 실시하여 근골격계 부담작업 해당여부에 대한 최종판정이 내려졌다. 다음의 표 1은 본 연구에서 사용한 최종 유해성 판정기준과 등급을 정리한 것이다. 표 1에 표현된 평가도구별 유해성 등급의 결정기준은 본 연구자의 주관적 견해에 따라 도입된 것이며, 연구자들에 따라서는 본 연구와 상이한 판정기준을 제시할 수도 있을 것이다.

표 1. 단위인력작업의 최종유해성 판정기준 및 등급

유해성 등급	개선의 시급성	NLE (LI)	3D SSPP (% Capa.)	RULA (Score)	REBA (Score)	ACGIH (m/s2)
약	가급적	1 < LI ≤ 3	30 ≤ % < 50	5	5~7	4~5
중	빨리	3 < LI ≤ 5	15 ≤ % < 30	6	8~10	6~7
강	즉시	LI > 5	% < 15	7	11~15	> 8

### 3. 근골격계 부담작업의 특성분석

#### 3.1 근골격계 부담작업의 유해도 및 부서별 분포

선별된 44개 예비위험 작업들에 대한 정밀분석을 실시한 결과 이들 중 16개 단위인력작업이 근골격계질환을 유발할 수 있는 유해요인을 내포한 작업으로 평가되었다. 근골격계 부담작업으로 평가된 단위인력작업들의 위험성을 표 1에서 정리한 유해성 등급기준에 따라 분류한 결과 약한 유해성을 포함한 것으로 판정된 작업이 5건, 중간 정도의 작업이 9건, 강한 유해성을 포함한 작업이 2건으로 나타났다. 이를 백분율 형태로 표현하면 그림 2와 같다.

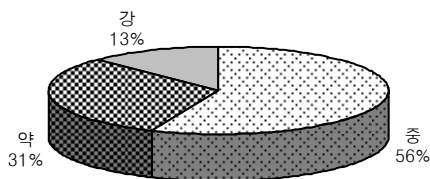


그림 2. 근골격계 부담작업의 유해성 분포

이러한 분석결과를 통해 연구대상 공장의 경우 근골격계 부담작업의 유해성 수준에서 즉시 개선이 필요한 작업의 비중(13%)은 높지 않으며, 대부분의 작업(87%)은 개선의 여지가 있을 경우 가급적 빠른 시일 내에 개선방안을 고려하는 것이 바람직한 수준임을 확인하였다. 통상적인 산업현장의 경우 공정개선에 따른 비용, 시간 상의 제약과 작업방식의 변화에 따른 작업자의 혼란 등을 이유로 개선안의 검토 및 도입 범위를 최소화하려는 경향을 보이는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구대상 사업장의 경우에는 경영진이 적극적인 작업환경 개선의지를 피력함에 따라 유해성 수준에 따른 차별적 고려 없이 16개 부담작업 전체에 대한 개선방안을 모색하는 것을 목표로 이후 연구를 진행하였다.

근골격계 부담경감을 위한 개선안 도입을 검토할 16개의 단위인력작업이 소속된 부서별 분포를 확인한 결과 제지생산 1부 7개, 2부 1개, 부직포부 5개, 기타부서 3개인 것으로 나타났다. 이들의 발생비율을 살펴보면 직접 생산부서인 제

지생산 1부, 2부와 부직포부의 비율이 전체의 81%로 대다수를 차지하고 있음을 알 수 있다(그림 3). 제지생산 2부의 비율이 기타 직접 생산부서들에 비해 상대적으로 낮은 것은 단위인력작업의 특성이 제지생산 1부와 매우 유사하기 때문에 중복을 배제하기 위해 기초조사 대상작업에서 배제한 작업이 많았기 때문이다. 따라서, 정밀조사 결과 근골격계 부담작업으로 확인된 단위인력작업들에 대해서는 작업내용의 유사성으로 인해 조사대상에서 배제했던 기타부서의 작업들까지 개선대상 작업의 범주에 포함시키도록 조치하였다.

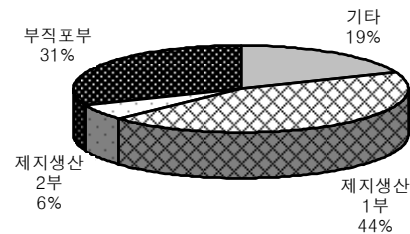


그림 3. 부서별 근골격계 부담작업 분포

이상의 결과를 바탕으로 연구대상 공장의 근골격계 부담작업 개선을 위해서는 직접 생산부서의 작업시스템 개선에 집중할 필요가 있으며, 특히 유사한 작업특성을 지닌 단위인력작업군에 범용적으로 적용할 수 있는 개선안이 필요함을 확인하였다.

#### 3.2 작업유형별 유해요인 분포

개선대상 16개 근골격계 부담작업을 작업유형별로 분류한 결과 인력운반이 7건(43%), 설비운용준비가 6건(38%), 청소/정리가 3건(19%)이었으며, 검사 작업유형 중에서는 부담작업이 존재하지 않았다(그림 4). 검사 작업유형은 간접 생산부서인 품질관리부 등에서 주로 수행되는 작업이며, 이는 근골격계 부담작업이 직접생산부서에서 집중적으로 발생한다는 앞서의 분석과 일치하는 결과이다.

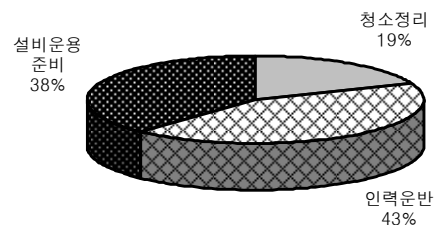


그림 4. 작업유형별 근골격계 부담작업 분포

개선대상 인력작업의 근골격계 작업부담을 경감시킬 수 있는 적절한 개선대안을 모색하기 위해 개별작업에서 발생

하는 유해요인 특성에 대한 분석을 실시하였다. 유해요인의 종류는 기초유해요인 조사의 체크리스트에서 가장 일반적으로 사용되는 힘/하중, 작업자세(상지 또는 전신), 반복, 접촉 스트레스와 진동의 5가지로 분류하였다. 개별작업에 대하여 복수의 유해요인을 허용한 분석을 실시한 결과 힘/하중은 11개, 작업자세는 9개, 반복은 3개, 접촉스트레스는 2개의 작업에 있어 유해요인으로 작용한 것으로 나타났다. 16개 근골격계 부담작업 전체에 포함된 유해요인의 분포는 그림 5와 같았다.

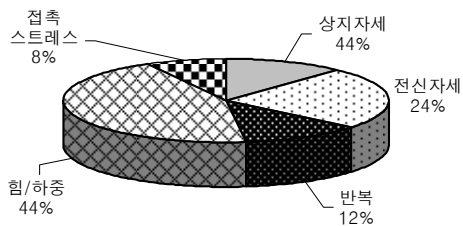


그림 5. 유해요인별 근골격계 부담작업 분포

개별 부담작업에 대한 유해요인 특성을 분석하고 그 분포를 확인하는 과정에서 각 작업유형에 따라 특정 유해요인이 보다 높은 빈도로 나타나는 현상에 주목하였다. 이는 인력운반, 설비운용준비와 청소/정리의 각 작업유형에 따라 작업부담을 가중시키는 주요 유해요인의 특성이 결정될 가능성이 있음을 나타내주는 결과로 해석되었다. 각 작업유형에 따른 유해요인의 분포를 분할표(contingency table) 형태로 나타내면 표 2와 같으며 이를 바탕으로 작업유형과 유해요인간의 연관성 여부를 확인하기 위한 독립성 검정을 실시하였다. 카이스퀘어 검정을 실시한 결과 유의수준 5%에서 작업유형과 유해요인간에 통계적으로 유의한 연관성이 있음을 확인하였다( $p$ -value=0.012).

표 2. 작업유형에 따른 유해요인의 분포

	힘/하중	자세	반복	접촉
인력운반	7	2	0	0
설비운용준비	4	4	3	2
청소/정리	0	3	0	0

이상의 분석결과를 통해 인력운반 작업유형에서는 작업물의 하중을 감당하기 위한 근력의 발휘가 주요 유해요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다. 청소/정리 작업유형에서는 고정된 대규모 설비의 구조적 특성과 여유공간 부족으로 인해 작업과정에서 발생하는 불편한 작업자세가 작업의 유해성을 야기하는 것으로 나타났다. 설비운용준비 작업유형은 작업자세와 하중, 반복 및 접촉스트레스와 같은 다양한 유해요인들

을 포함하고 있는 것으로 확인되었다. 따라서, 개별작업의 작업유형에 따라 인간공학적 개선안의 공통적 방향성을 추구할 수 있을 것으로 기대하였다.

## 4. 인간공학적 작업장 개선안

### 4.1 작업시스템 개선 아이디어의 도출

앞서 분석결과를 통해 나타난 근골격계 부담작업의 특성과 그 유해요인들의 종류에 따라 개선방향을 도출해 보았다. 작업을 유형별로 분류하고, 작업내용이 동일하거나 비슷한 작업에 대해서는 작업부하가 가장 높은 작업을 대상으로 개선방향을 제시하였다. 작업시스템 개선 아이디어는 크게 작업대 및 도구의 개선, 기계화 또는 자동화 설비의 도입, 관리적 기법을 이용한 작업부담 분산이라는 세 가지 방향에서 검토되었다.

설비운용준비 작업유형과 같이 복합적인 유해요인들이 작용하는 작업들 중 힘이나 하중보다는 불편한 작업자세로 인해 부하가 가중되는 작업들의 경우 작업대의 높이조절이나 작업공간의 정비 등을 통해 작업자세의 개선을 유도할 수 있을 것으로 기대하였다. 작업의 반복성 등을 고려할 때 개선안의 도입에 따른 경제적 효과를 기대할 수 있는 작업들에 대해서는 인간공학적 작업장 설계원칙을 적용하여 작업부하를 감소시킬 수 있는 방안을 적극적으로 검토하였다. 불편한 작업자세로 큰 힘을 발휘하여야 하는 작업이면서 반복성까지 포함한 경우에는 작업장 개선예산의 범위 안에서 자동화 설비의 도입을 통하여 작업을 성력화하는 방안을 검토하였다. 인력운반 작업유형과 같이 작업자세보다는 힘과 하중이 유해요인으로 작용하는 경우에는 기계화 설비의 도입을 통해 근력의 발휘를 최소화할 수 있는 방안을 적극적으로 검토하였다.

반면, 청소/정리 작업유형과 같이 설비의 구조적 특성이나 작업빈도 등을 고려할 때 작업장 개선 또는 기계적 장치의 도입이 불가능하거나 경제성이 현저히 낮은 작업들에 대해서는 작업자 순환배치나 업무분담 등의 관리적 방법을 통한 개선책을 검토하였다. 작업자의 순환배치나 업무분담은 설비중심의 조작성 특성을 활용하여 비교적 노동강도가 높지만 작업빈도가 낮은 단위인력작업을 수행한 작업자에게 충분한 휴식시간을 허용하고, 나머지 조원들이 해당 작업조에 부과된 나머지 작업을 수행하도록 하는 방안이다.

### 4.2 인간공학팀의 구성 및 작업자 교육

도출된 인간공학적 작업시스템 개선대안들 중 시행안을

결정하는 과정에서 근골격계 작업부담의 경감이라는 본래의 목표에 충실하면서도 비용 효율성과 작업의 효율을 저하시키지 않는 현장에서의 적용성을 함께 고려하였다. 이를 위해 실제작업을 수행하는 작업자들의 개선활동에 대한 참여가 필수적인 것으로 판단하였다. 현장참여형 자주적 개선활동이 이루어질 수 있는 환경을 조성하기 위하여 해당 사업장 내에 인간공학 전문팀을 구성하여 교육함과 동시에 일반 작업자들에 대해서도 기초교육을 실시하였다.

작업자들에 대한 일반교육은 사업장 내에서 자체적으로 실시하는 안전교육시간을 활용하여 진행되었으며, 근골격계 질환의 위험성과 유발원인 및 이의 예방을 위해 사업장에서 진행되어야 할 개선활동의 내용에 대한 교육을 통해 작업자들의 이해도를 높임으로써 개선활동에 대한 자연스러운 참여가 이루어질 수 있도록 유도하였다. 사업장 내 인간공학 전문팀은 안전관리실 책임자와 간사, 각 부서별 산업안전보건 관리자, 노조임원, 설비지원팀 소속의 설비개선 전문가 등으로 구성되었다. 인간공학 전문팀에 대해서는 근골격계 부담작업의 유해성을 평가하기 위해 사용되는 평가도구에 대한 전문지식을 교육함으로써, 평가결과의 유해성과 개선에 따른 효과를 분석, 공유할 수 있는 기반을 마련하였다.

시행안의 확정을 위해 개선대안의 타당성에 대한 인간공학 전문팀의 검토가 선행되었으며, 개선안에 대한 작업자들의 의견을 참조하여 이의 수정과정을 거치도록 하였다. 확정된 개선안은 우선순위에 따라 안전관리실 주관 하에 개선대상 작업이 속해있는 현장부서장들과 노조의 합의를 거쳐 시행되도록 하였다.

### 4.3 개선안의 시행

총 16개 개선대상 작업에 대해 개선안을 확정하여 현장에 도입하였다. 개선안의 종류는 작업대 및 도구의 개선이 7건, 기계화 설비의 도입이 4건, 자동화 설비의 도입이 2건, 관리적 기법의 도입이 3건이었다. 개선안의 종류에 따른 대표적 개선사례를 정리하면 다음과 같다.

#### 4.3.1 작업대 및 도구의 개선

작업대 및 도구의 개선을 통한 근골격계 작업부담의 경감은 인력운반 작업에서 4건, 설비운용준비 작업에서 2건, 청소/정리 작업에서 1건의 개선이 이루어졌다. 대표적 개선사례로는 폐지더미 철사절단과 스틸코어 설치준비 작업을 들 수 있다.

철사절단 작업은 수거된 재활용 폐지더미를 원질공정에서 해리하기 위해 폐지더미를 묶고 있는 철사를 절단하는 작업이다. 기존 작업방법으로는 수동형 절단공구를 이용하여 하루 25회 작업이 이루어졌으며, 절단공구 사용 시 큰 힘이

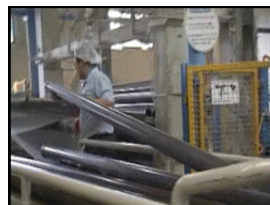
필요하고 폐지를 묶어놓은 철사의 위치에 따라 상체를 90° 이상 구부리고 몸통을 비튼 채 작업을 진행해야 하였다. 상체를 과도하게 구부리고 비튼 상태에서 지속적인 작업이 이루어질 경우 근골격계질환이 유발될 수 있으며, 수동공구 사용으로 철사절단 시 양손에 과도한 부담이 발생하는 것으로 확인되었다. 그림 6의 상단에 나타낸 바와 같이 개선안에서는 작업대의 높이를 조절하여 작업자의 허리 굽힘과 비틀림을 방지하도록 하였으며, 공압식 절단기로 작업도구를 변경하였다. 공압식 절단기는 수동공구에 비해 작은 힘을 요구하기 때문에 작업자의 손목 및 손바닥에 가해지는 통증을 감소시킬 수 있었다. 또한, 장력이 높은 철사의 절단과정에서 안면부를 보호하기 위한 보호대를 사용할 수 있도록 조치하였다. REBA를 이용해 평가한 개선안 도입 이전의 작업 부담도는 11점으로 즉각적 개선이 필요한 4등급에 해당하였으나, 개선안의 도입을 통해 이를 1등급인 3점 수준으로 경감시킬 수 있었다.



철사절단 작업개선 전



철사절단 작업개선 후



스틸코어 설치준비 작업개선 전



스틸코어 설치준비 작업개선 후

그림 6. 작업대 및 도구 개선사례

스틸코어 설치준비 작업은 초지공정에서 원단의 권취를 위해 사용되는 스틸코어를 설비에 거치하기 위해 운반하는 작업이다. 스틸코어의 개당 중량은 20kg이며 한 번에 12개를 대차에 실어 이동하는 작업을 하루 한 시간에 걸쳐 수행한다. 기존 작업방법에서는 높이조절이 불가능한 대차를 이용하였기 때문에 적치물과 대차간의 높이 차로 인한 수직이동 과정에서 작업자의 근력을 이용한 인력운반이 발생하였다. 해당공정에 높이조절이 가능한 대차를 도입한 결과 NLE를 통해 평가한 LI값이 개선 전 2.87에서 개선 후 1.93으로 낮아지는 효과를 거두었다. 또한, LI값을 보다 낮은 수준으로 개선하기 위해서 한 번에 대차에 싣는 스틸코어의 개수를



줄이는 작업방식의 변화를 권고하였다.

### 4.3.2 기계화 설비의 도입

기계화 설비의 도입을 통한 근골격계 작업부담의 경감은 인력운반 작업에서 3건, 설비운용준비 작업에서 1건의 개선이 이루어졌으며 대표적 개선사례는 샤프트 하우징(Shaft Housing) 교체작업과 자투리(Trim) 원단적재 작업을 들 수 있다.

샤프트 하우징 교체작업은 초지공정에서 스틸코어를 권취용 설비의 샤프트에 거치하기 위해 사용하는 하우징을 탈부착하는 작업이다. 해당작업은 하루 평균 10회 이루어지며 작업물의 하중은 21kg이다. 기존 작업방법에서는 작업물의 하중이 무거울 뿐 아니라 하우징 삽입 시 삽입점이 낮아 허리를 굽힌 채 작업이 이루어지기 때문에 불편한 작업자세로 인해 작업자에게 부하가 가중되었다. 작업부담의 경감을 위해 그림 7의 상단에 나타난 바와 같이 작업자가 직접 수행하던 인력작업에서 지게차를 이용하는 기계작업으로 변경하였다. 해당공정에 지게차를 도입한 결과 NLE를 통해 평가한 작업개선 전 LI값이 1.68에서 개선 후에는 작업자의 인력운반 작업이 제거되어 LI값이 0으로 변화하였다.



샤프트 하우징교체 작업개선 전



샤프트 하우징교체 작업개선 후



자투리 원단적재 작업개선 전



자투리 원단적재 작업개선 후

그림 7. 기계화 설비의 도입을 통한 개선사례

자투리 원단적재 작업은 가공공정에서 화장지 원단을 제품의 폭에 맞추어 절단한 후, 남은 자투리를 재활용하기 위해 일정장소에 적재하는 작업이다. 해당작업은 하루 평균 25회 이루어지며 평균 21kg의 중량물을 취급함으로써 작업자에게 과도한 부담을 준다. 또한, 중량물을 3단으로 적재하는 과정에서 상단 적재 시 불편한 작업자세로 인해 작업자에 대한 부하가 가중되었다. 그림 7의 하단에 나타난 바와

같이 작업자가 직접 작업하던 인력작업에서 에어밸런서(Air balancer)를 이용하는 기계작업으로 변경함으로써 작업자에게 가해지던 중량물 취급에 대한 부담과 불편한 작업자세로 인한 부담을 제거하였다. 작업개선 전 NLE를 이용하여 측정된 작업부담 정도는 LI값이 3.78로서 중간 정도의 유해성을 포함한 작업이었으나 기계화를 통해 LI값을 0으로 낮출 수 있었다.

### 4.3.3 자동화 설비의 도입

자동화 설비의 도입을 통한 근골격계 작업부담의 경감은 설비운용준비 작업에서 2건의 개선이 이루어졌으며, 해당작업은 코어호퍼(Core hopper) 투입과 랩핑(Wrapping)봉 분리 작업이었다.

코어호퍼 투입 작업은 가공공정에서 화장지의 권취를 위해 사용되는 종이 심봉을 설비에 투입하기 위한 준비작업이다. 해당작업은 하루 125회에 걸쳐 발생하기 때문에 작업빈도가 높고 빈도에 비해 중량물이 10kg으로 무거워 작업자에게 부담을 주는 작업으로 확인되었다. 또한, 작업물을 드는 위치가 낮고, 작업물을 내려 놓을 때 작업자가 팔을 머리 높이 이상까지 뻗어야 하기 때문에 불편한 작업자세로 인해 작업자의 어깨 및 팔에 과도한 부담을 주는 것으로 확인되었다. 작업부담의 경감을 위해 그림 8의 상단에 나타난 바와 같이 자동화 설비를 도입함으로써 해당작업을 성력화하였다. RULA를 이용해 평가한 개선안 도입 이전의 작업부담도는 5점으로 가급적 빠른 개선이 필요한 3등급에 해당하였으나, 개선안의 도입을 통해 이를 1등급인 2점 수준으로 경감시킬 수 있었다.



코어호퍼 투입 작업개선 전



코어호퍼 투입 작업개선 후



랩핑봉 분리 작업개선 전



랩핑봉 분리 작업개선 후

그림 8. 자동화 설비의 도입을 통한 개선사례

랩핑봉 분리 작업은 가공공정을 통해 완성된 원단을 보호하기 위한 랩핑과정에서 원단이송에 사용된 봉을 분리하는 작업이다. 해당작업은 하루 평균 32회에 걸쳐 발생하며 작업물의 무게가 18kg으로 무거운 노동부 고시 유해작업 유형 중 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업 유형에 해당하였다. 작업부담의 경감을 위해 그림 8의 하단에 나타난 바와 같이 자동화 설비를 도입한 결과 NLE를 이용해 평가한 LI값이 작업개선 전 1.25에서 개선 후 작업자의 인력운반 작업이 제거되어 0으로 감소하였다.

#### 4.4 개선효과의 검증

본 연구를 통해 도입된 16개 개선안의 효과를 검증하기 위하여 각 개선안 도입 전후의 작업부담도 차이를 비교, 평가하였다. 개선 전과 후의 작업부담도 차이를 동일한 척도를 이용하여 비교하기 위해, 해당작업의 근골격계 부담작업 여부를 평가 시 사용했던 정밀분석 도구들을 그대로 사용하였다. 총 16건의 작업부담도 평가를 위해 사용된 분석도구의 종류는 RULA 2건, REBA 7건, NLE 7건 이었다.

상지자세의 불편함으로 인해 RULA를 적용하여 작업부담도를 비교한 2개 작업의 경우 개선 전과 후의 점수가 각각 7점에서 3점, 5점에서 2점으로 감소한 것으로 평가되었다. 이를 작업부담 정도에 따라 필요로 하는 조치의 종류인 Action Category별로 정리하면 그림 9의 상단과 같다. 그림을 통해 살펴볼 수 있는 바와 같이 개선 전에는 즉시 개선을 요하는 4등급 1건, 빠른 시일 내에 개선을 요하는 3등급 1건 이었던 것이 개선 후에는 계속적 추적관찰을 요하는 2등급 1건과 수용가능한 수준인 1등급 1건으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 해당작업에서 발생했던 상지의 부담정도가 유의하게 감소하였음을 확인할 수 있다.

작업도중 부적절한 전신자세로 인해 작업부담이 유발되는 것으로 밝혀져, REBA를 적용하여 작업부담도를 비교한 7개 작업에 있어서는 개선 전의 점수가 5~11점 사이에 분포하였으나 개선 후에는 0~3점 사이로 감소한 것으로 평가되었다. 이를 Action Category별로 정리하면 그림 9의 중단과 같다. 그림을 통해 확인할 수 있는 바와 같이 개선 전 4등급 1건, 3등급 5건, 2등급 1건으로 즉시 또는 가급적 빠른 시일 내에 개선을 요하던 작업부담 수준이 개선 후에는 개선을 요하지 않는 0등급 1건과 아주 낮은 수준의 부담인 1등급 6건으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다.

중량물을 취급하는 인력운반 작업을 수반하여, NLE를 적용하여 작업부담도를 비교한 7개 작업의 경우에는 개선 전 LI값들이 1.25~3.90점 사이에 분포하였으나 개선 후에는 0~1.98점 사이로 감소한 것으로 평가되었다. 이들의 분포를

정리하면 그림 9의 하단과 같다. 그림을 통해 확인할 수 있는 바와 같이 개선 전의 경우 LI값이 1~2에 해당하는 경우가 2건, 2~3에 해당하는 경우가 2건, 3~4에 해당하는 경우가 3건 이었던 것이 개선 후에는 성력화를 통해 인력운반 작업이 제거된 경우가 5건, 1~2인 경우가 2건으로 개선되었다. 이러한 결과를 통해 작업자의 개인적 능력차를 고려하더라도 작업부담으로 인한 요통발생의 위험성이 현저히 감소되었음을 확인할 수 있다.

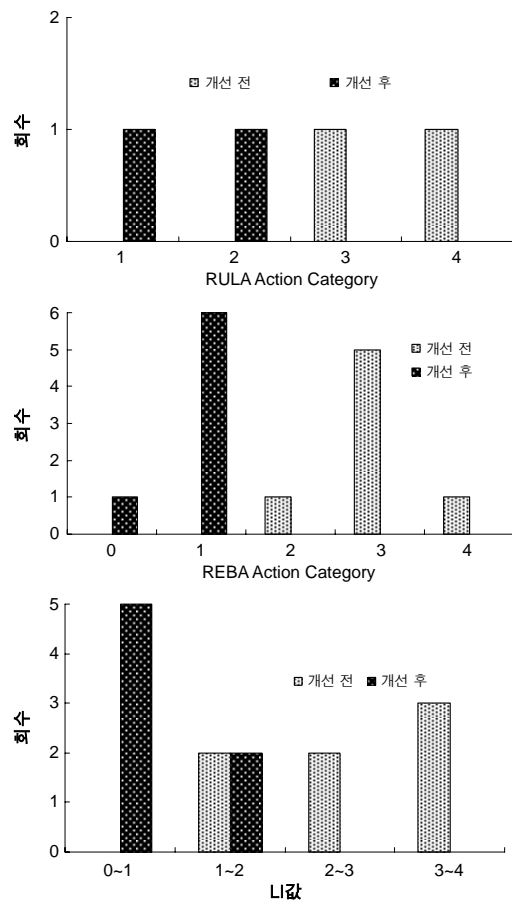


그림 9. 작업개선 전후의 작업부담도 분포

표 3은 본 연구에서 개선대상으로 선정된 16개 단위작업의 내용과 유해요인의 종류 및 개선방안의 도입에 따른 개선효과를 종합적으로 정리한 것이다.

### 5. 토의 및 결론

본 연구의 주제인 인간공학적 작업장개선은 오랫동안 인



표 3. 개선대상 16개 작업의 내용, 유해요인 및 개선방안 도입 전후의 정밀평가 결과

작업내용	유형	포함 유해요인						개선방안	평가도구	평가결과	
		전신	상지	hips/하중	반복	접촉	진동			개선 전	개선 후
과지절단	셀팅	○	×	○	○	○	×	작업대/도구 개선	REBA	9	2
스틸코어 운반	운반	×	×	○	×	×	×	작업대/도구 개선	NLE	2.87	1.93
현장청소	청소	○	×	×	×	×	×	작업대/도구 개선	REBA	10	3
후드내부청소	청소	○	×	×	×	×	×	기타	REBA	8	3
카세믹 필름거치	운반	○	×	○	×	×	×	작업대/도구 개선	REBA	9	3
베거필름 거치	운반	×	×	○	×	×	×	작업대/도구 개선	NLE	3.46	1.98
원료 철사 절단	셀팅	×	○	○	×	○	×	작업대/도구 개선	REBA	11	3
닥터 블레이드 교체	셀팅	×	○	×	×	×	×	기타	RULA	7	3
지관코어 적재	셀팅	×	○	×	○	×	×	자동화 설비 도입	RULA	5	2
디펜드 원단 적재	운반	×	×	○	×	×	×	기계화 설비 도입	NLE	3.9	0
트립 운반	운반	×	×	○	×	×	×	기계화 설비 도입	NLE	3.78	0
리클레임 파지 운반	운반	×	×	○	×	×	×	기계화 설비 도입	NLE	2.85	0
폴리머 폐기	운반	○	×	○	×	×	×	작업대/도구 개선	REBA	9	3
샤프트 하우징 교체	셀팅	×	×	○	×	×	×	기계화 설비 도입	NLE	1.68	0
바이브레이팅 스크린	청소	○	×	×	×	×	×	기타	REBA	5	0
랩핑봉 분리	셀팅	×	×	○	○	×	×	자동화 설비 도입	NLE	1.25	0

간공학분야의 가장 주된 연구과제였다. 과거에는 생산성의 향상과 작업 중 근육 또는 전신에서 발생하는 생리적 피로를 최소화하기 위한 작업장개선이 주된 연구대상이었다면 최근에는 근골격계질환의 예방과 관련된 작업장 개선연구가 가장 큰 관심분야로 대두되었다(Dempsey, 2007). 서론에서 언급한 바와 같이 국내의 경우에도 산업안전보건법 개정안에 명시된 사업주의 근골격계질환 예방의무화 규정에 따라 사업장에 대한 기초유해요인 조사와 인간공학적 개선안을 모색하고자 하는 연구들이 활성화되고 있는 추세이다.

최근 수 년간 자동차나 조선산업과 같은 중공업분야에서 전자산업에 이르기까지 대기업들을 중심으로 근골격계질환 예방을 위한 작업장개선 연구수요가 폭증하였고, 많은 관련 연구자들이 개선활동에 참여하고 있음에도 불구하고 국내에서 이루어진 성공적인 연구사례의 보고는 상대적으로 부족한 실정이다. 이러한 이유는 기초유해요인 조사를 중심으로 한 국내 연구수요의 특성 상 채택하고 있는 연구방법론이 거의 동일하기 때문에 연구과정의 차별화를 기하기 어려우며, 동종산업의 경우라도 개별사업장의 특성으로 인해 연구결과의 공유를 통한 우수 개선안의 확산을 기대하기가 어렵기 때문에 기인한 바 클 것이다. 한편, 연구자들에게 개별공정의 특성을 소상하게 파악하고 구체적인 개선책을 제시하기에 충분한 자료와 시간을 허용하지 않는 여건으로 인해 연구결과들이 단순한 진단과 원론적 수준의 개선방향 제시에 그칠 수 밖에 없는 현실 또한 주요한 원인인 것으로 추

측된다. 또한, 효과적인 개선안을 제안하더라도 실제로 현장에 도입되지 않는 경우 연구결과의 실효성을 입증하기 어려운 문제점을 안고 있다. 이상에서 언급한 여러 문제점들은 개별 연구자의 노력으로만 극복할 수 있는 문제는 아니다. 그러나 개선효과가 미미한 연구나 결론이 모호한 연구들이 반대론자들에 의해 인간공학적 개선연구의 무용성에 대한 역사레로 제시된다는 Dempsey(2007)의 지적은 관련연구자들에게 시사하는 바가 크다. 따라서 근골격계질환 예방과 관련된 국내 연구수요가 활성화 되어 있는 상황에서 보다 가치적이고 효율적인 연구결과들을 통해 인간공학 연구의 필요성 및 효과를 확증적으로 제시할 필요가 있다.

본 연구에서는 설비중심 산업인 화장지 제지공정을 대상으로 근골격계질환을 발생시킬 위험이 있는 유해인자를 내포한 작업들을 파악하고, 해당작업에서 유해인자를 제거 또는 경감할 수 있는 작업개선안을 도출하여 현장에 구현함으로써 근골격계질환 예방에 기여하고자 하였다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 수행된 세부적 연구내용들을 정리하면 다음과 같다.

1. 연구대상 공장의 직접 생산부서를 중심으로 이루어지고 있는 290개 단위인력작업 중 부서에 따라 중복적으로 수행되는 작업을 제외한 96개 단위인력작업에 대한 기초유해요인 조사를 실시하였다.
2. 기초유해요인 조사결과를 바탕으로 선별된 44개의 예비

적 부담작업들에 대한 정밀분석을 통해 작업에 내재된 유해성 정도를 정량적으로 파악함으로써 일정수준 이상의 근골격계 작업부담을 야기하는 16개 위험작업을 확인하였다.

3. 확인된 유해작업들의 작업유형과 해당 작업유형에서 공통적으로 발생하는 유해요인의 특성을 파악하고 이를 제거 또는 경감할 수 있는 인간공학적 개선대안들을 모색한 후 개선안의 적용성, 개선 정도의 유의성 등 개선안 도입의 타당성을 검토하였다.
4. 채택된 개선안들에 대하여 현장 조업조건과 개선안 구현에 따른 시간적, 경제적 소요를 고려한 도입 우선순위를 결정한 후 실행계획에 따라 개선안을 현장에 실제로 적용하여 작업여건을 개선하였다.

이상과 같은 연구체계의 진행순서는 일반적인 인간공학작업장개선 연구사례와 동일하나 설비중심 산업인 제지산업을 연구대상으로 하였다는 점과, 연구과정에서 개선안을 제안하는데 그치지 않고 이를 실제로 현장에 구현하기까지 비교적 중장기에 걸쳐 이루어진 점을 본 연구의 차별화된 특성으로 들 수 있다. 또한, 기존의 관련 연구과정에서 발견된 여러 가지 문제점들을 보완할 수 있는 방식으로 연구를 진행하였다. Rubenowitz(1997)는 산업현장을 대상으로 한 인간공학적 개선안 도출을 위한 연구들이 좋은 결실을 맺지 못하는 네 가지 공통적 원인으로 현장부서장의 위임 부족, 현장작업자의 개선활동 참여 배제, 사회심리적 작업조건에 대한 고려 부족, 임금체계 및 조직구조의 변화에 대한 저항을 들고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 최대한 배제할 수 있는 방식과 환경 하에서 수행되었다는 점을 성공요인으로 들 수 있다.

Rubenowitz가 지적한 현장부서장의 위임 부족은 개선안의 도입효과에 대한 신뢰감 부족과 시간적, 재정적 부담 등으로 인해 개선안의 도입을 꺼리거나 도입범위를 최소화하려는 경향을 나타내는 것이다. 이는 단순히 현장부서장의 개인적 성향에 기인한 부분보다는 기업의 경영철학에 의한 영향이 크다고 할 수 있다. 본 연구에 있어서는 경영진의 확고한 개선의지가 현장에 반영되어 전향적인 개선활동이 진행되었으며 개선안의 도입을 위한 실질적인 투자로 이어졌다. 또한, 개선안 및 도입시기 등 주요결정 사항 등에 대하여 현장부서장들과의 활발한 정보공유를 통해 개선안의 도입과정에서 발생할 수 있는 문제점들을 최소화하려 노력하였다. 사회심리학적 작업조건에 대한 고려와 임금체계 및 조직구조의 변화에 대한 저항 역시 해당기업의 경영환경 및 철학과 밀접한 연관이 있는 부분이다. 노사갈등이나 대규모 구조조정의 위협 등으로 인해 작업의 물리적 조건 이외의 스트레스 요인들이 존재하거나, 개선안의 도입에 대한 거부

감이 팽배한 경우에는 효율적인 개선안의 도입이 난망하다. 본 연구의 대상기업은 모범적인 노사관계와 함께 타기업에 비해 고용이 안정되어 있는 등 인간공학적 개선작업을 진행하기에 원활한 여건을 지니고 있었으며, 이로 인해 노사 모두가 작업장 개선의 당위성에 대해 공감하고 적극적인 참여를 통해 성공적인 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구의 가장 큰 성공요인은 현장참여형 자주적 개선활동의 형태로 전 과정이 진행되었다는 점이다. 본문에서 언급했던 바와 같이 프로젝트의 진행을 위해 사내에 인간공학전문팀이 구성되어 인간공학적 분석결과와 개선방향을 공유하며 개선안 및 도입 우선순위 결정과정에 주도적으로 참여하였다. 외부 인간공학 전문가의 주된 역할은 개별작업의 유해성 분석결과와 유해요인의 특성에 따른 개선방향성을 제시하는 것이었으며, 개선안의 도출은 사내 인간공학 전문팀과 함께 현장작업자들과의 협의를 거쳐 확정되도록 하였다. 이러한 과정을 통해 현장의 특성을 담보한 현실적인 개선안을 도출할 수 있었을 뿐 아니라 작업자들의 자주적 개선의지가 반영된 개선안에 대한 보다 수용적인 자세를 유도할 수 있었다.

본 연구가 위험작업의 분류와 개선대안의 제시에 그치지 않고 구체적인 개선안의 실행에까지 이른 데에는 타 연구에 비해 중장기적으로 주어진 연구기간에 힘입은 바 크다. 본 연구는 위험작업의 선별과 개선대안의 도출 및 실행까지 3년여의 기간에 걸쳐 진행되었으며, 이 기간 중 상당부분이 개선대안의 도출과 현장특성을 고려한 이의 수정 및 확정과정에 소요되었다. 앞서 언급한 바와 같이 근골격계질환 예방과 관련된 많은 연구가 진행되고 있음에도 이들이 일과성 과제형태로 진행될 경우 실효성 있는 현장개선에 이르지 못할 가능성이 크다. 인간공학적 개선효과를 거두기 위해서는 보다 점진적이고 지속적인 개선활동이 필요하며, 개선안의 도입 후에는 철저한 시행의지가 필요하다. 개선된 작업방식을 표준화하고, 개선안의 도입으로 인한 학습효과가 나타날 때까지 작업자들에 대한 교육과 함께 안전을 위한 작업표준의 의무적 준수를 독려할 필요가 있다. 한편, 도입된 개선안의 경우에도 작업자의 만족도를 향상시키기 위한 추가적인 개선의 여지를 인정하여야 한다. 본 연구에서 도입한 철사절단을 위한 공압공구의 경우에서(그림 6 참조) 그립(grip)감 개선을 위한 공구크기의 수정 및 장력조절 기능의 추가요구가 발생한 점이나 인력운반 작업의 기계화를 위해 도입한 에어벨런서(그림 7 참조)의 경우에서 발생한 조작성 향상을 위한 자유도 개선 요구 등이 이러한 대표적 사례가 될 것이다.

Burdorf(2007)는 인간공학 분야에서 진행되어온 작업장 개선연구들이 지닌 공통적 약점으로 개선안의 실효성을 검증하는 과정에서 유병률이나 결근일수의 감소와 같은 구체

적 지표의 변화를 실증적으로 제시하지 못하거나, 비용-이익 분석 등을 통해 개선비용의 정당성을 입증하지 못하는 경우가 많다는 점을 지적하였다. 연구의 목표가 근골격계질환의 예방을 위한 작업장의 개선임에도 불구하고 개선안의 도입에 따른 효과를 실증적 척도로서 나타내지 못하는 경우 연구의 타당성에 대한 의문으로부터 자유로울 수 없다는 주장이다. 개선 이전과 이후의 작업부담도 차이를 동일한 분석도구를 이용해 비교, 평가함으로써 개선효과를 표현하였지만 본 연구 역시 동일한 문제를 약점으로 지니고 있다. 이러한 문제에는 여러 가지 원인이 있겠으나 우리나라의 경우 특정 작업유해요인에 의한 유병률이나 결근률과 같은 자료가 별도로 존재하지 않으며, 특정 개선사례에 대한 중장기적 추시연구가 이루어지지 않고 있기 때문에 더욱 큰 어려움이 있다. 본 연구의 경우 비교적 오랜 기간에 걸쳐 연구가 이루어 졌음에도 불구하고 개선안의 도입효과와 검증 을 위해서는 보다 장기적인 연구 접근방식이 필요한 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

김상호, 이흥태, "근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 작업시스템 평가의 표준화", *안전경영과학회지* 7(1), 57-76, 2005.  
 김정룡, *작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 인간공학*, 민영사, 2004.  
 노동부, *근골격계질환 예방의무 해설* [제2판], 2004.  
 한국산업안전공단, *인간공학위험요인 평가표*, KOSHA H-28 -2002, 2002.  
 American National Standard Institute, *ANSI Z-365: Control of work-related musculoskeletal disorders*, 2000.  
 Burdorf, A., "Invited point of view: The art of conducting workplace intervention studies", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(2), 175-176, 2007.

Chaffin, D. B., "Development of computerized human static strength simulation model for job design", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* 7(4), 305-322, 1997.  
 Dempsey, P. G., "Effectiveness of ergonomics interventions to prevent musculoskeletal disorders: Beware of what you ask", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(2), 169-173, 2007.  
 Franzblau, A., Armstrong, T. J., Werner, R. A. and Ulin, S. S., "A cross-sectional assessment of the ACGIH TLV for hand activity level", *Journal of Occupational Rehabilitation* 15(1), 57-67, 2005.  
 Hagberg, M., Silverstein, B. A., Wells, R. P., Smith, R., Carayon, P., Hendrick, H., Perusse, M., Kuorinka, I. and Forcier, L. (Eds.), *Work related musculoskeletal disorders (WMSD): A handbook for prevention*, Taylor and Francis, London, UK, 1995.  
 Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid Entire Body Assessment (REBA)", *Applied Ergonomics* 31(2), 201-205, 2000.  
 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.  
 Rubenowitz, S., "Survey and intervention of ergonomic problems at the workplace", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(4), 271-275, 1997.  
 Waters, T. R., Putz-Anderson, V. and Garg, A., *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*, U.S. Department of Health and Human Services, 1994.

### ◎ 저자 소개 ◎

❖ 김 상 호 ❖ kimsh@kumoh.ac.kr  
 포항공과대학교 산업공학과 박사  
 현 재: 금오공과대학교 산업시스템공학전공 교수  
 관심분야: 작업시스템 설계 및 평가, 디스플레이 품질평가

논문접수일 (Date Received) : 2007년 10월 17일  
 논문수정일 (Date Revised) : 2008년 01월 05일  
 논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 01월 05일