

# 인간공학적 접근을 통한 어묵 제조업체의 작업관련성 근골격계 질환 유해요인 개선

## - Improvements on Injurious Factors of Work Related Musculoskeletal Disorders at a Fishcake Manufacturing Company by Ergonomic Approach -

양 성 환 \*

Yang Sung Hwan

조 문 선 \*

Cho Mun Son

강 영 식 \*\*

Kang Young Sig

### Abstract

The goal of this study is to propose the improved scheme that prevents the workers against musculoskeletal disorders at a fishcake manufacturing company. A questionnaire and an ergonomic assessment method were adopted to analyze the symptoms of workers' musculoskeletal disorders, and an analysis of working postures and a quantitative assessment on various processes were performed to find out harmful factors of workplace.

Based on the result of the evaluation, to enhance the working environment, improvement of worktable, working space, tools, and outfit was suggested, and induction of mechanical system was also suggested. Suggested improvement plan was applied to the workplace step by step and it is confirmed that improvement plan can removes the injurious factors of musculoskeletal diseases effectively.

**Keyword : Working Condition, Ergonomic Approach, MSDs**

\* 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수

\*\* 세명대학교 보건안전공학과 교수

2005년 9월 접수; 2005년 10월 수정본 접수; 2005년 10월 게재 확정

## 1. 서론

근골격계 질환은 최근 몇 년간 급격히 증가하고 있으며, 노사갈등의 핵심사안으로 부각되는 등 사회적 문제가 되고 있다. 근로복지공단에서 인정된 전체 업무상 질병자 중 근골격계 질환자 수는 2001년 1,598명, 2002년 1,827명, 2003년 4,532명으로 질환자의 수가 해마다 큰 폭으로 증가하고 있다[11]. 이러한 근골격계 질환은 적절치 못한 작업환경으로 인한 부적절한 작업자세(신체의 굴곡, 사지의 굴곡), 과도한 하중(무게 또는 발휘하는 힘)과 작업시간(지속시간, 휴식간격, 반복횟수, 빠르기 등) 등의 요인이 복합적으로 작용하여 발생하며, 근로자들에게 건강상의 문제로 이어지게 된다[11]. 본 연구에서는 어묵 제조업체를 대상으로 설문조사와 인간공학적 평가기법을 사용하여 작업자들의 근골격계 질환 증상 분석, 공정별 작업자세 분석 및 해당 공정의 정량적 평가를 통해 유해요인을 찾아내고, 그 결과를 바탕으로 작업환경 개선안을 제시하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 대상 및 자료수집

본 연구는 100여명의 현장 근로자가 근무하는 중소 식품 제조업 사업장을 대상으로 하였으며, 해당 사업장은 어묵류 및 햄류를 자체 브랜드 혹은 생산자 주문 방식으로 생산하는 전형적인 중소 사업장이다. 유해요인 조사는 먼저 사업장내의 전 근로자들을 대상으로 하여 근골격계 관련 질환 증상의 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 분석을 통해 전체 근로자들의 근골격계 질환 현황을 파악하였으며, 이를 바탕으로 작업자세에 대한 동작분석 및 인간공학적 평가를 실시하였다.

### 2.2 평가방법

인간공학적 평가를 위한 평가기법은 다양하게 개발되어 있으나, 본 연구에서는 비디오키메라 및 디지털 카메라를 사용한 관찰을 통해 유해요인을 파악하고, 작업 형태에 따라 적절한 정량화 평가기법을 사용하였다. 즉, 작업 형태에 따라 상지 쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment ; 이하 RULA)를 사용하였으며[1], 하지 쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 OWAS (Ovako Working posture Analysing System ; 이하 OWAS)를 사용하였으며, 인력 물자 취급 작업의 경우에는 NLE (NIOSH Lifting Equation)을 사용하여 평가하였다[2]. 또한, 손과 손목의 반복도가 높은 작업의 경우 SI(Strain Index)를 사용하여 위험도를 평가하였으며[3], 평가결과에 따라 작업환경 개선을 실시하는 수순을 밟았다.

### 3. 근골격계 질환 유해요인 조사를 통한 작업환경 개선

#### 3.1 대상 작업장의 특성

평가 대상 작업장은 제품의 특성상 주요라인이 자동화가 되어 있는 상태이며, 인력작업은 주로 자동화 라인에 대한 원료 투입 및 완성품에 대한 포장공정 부분에 집중되어 있다. 대상 사업장에서 생산되는 품목은 10여 가지로 각 품목마다 제조공정은 다소 상이하나, 공통적으로 원료배합(배합기) → 성형(성형기) → 후처리 → 포장 → 적치의 공정을 가지고 있다. 대부분의 라인은 제품의 특성상 생산품목이 빈번하게 바뀌며, 소량 주문 생산하는 식의 형태를 띠고 있으며, 다양한 형태의 포장작업이 상당한 반복도를 가지고 이루어지고 있다.

작업형태는 대부분 입식작업의 형태를 취하고 있으며, 정적자세를 취하는 경우가 많은 특징을 보이고 있었으며, 부서별로 작업순환이 이루어지고 있다. 중량물과 관련된 작업의 경우 원료배합 공정 및 성형 공정의 원료투입 부분과 적치 부분에서 집중적으로 발생하고 있다.

#### 3.2 설문 조사 결과

설문은 한국산업공단의 근골격계 질환 증상조사표 (KOSHA CODE H-30-2003)를 사용하여, 사업장내의 모든 현장근로자를 대상으로 실시하였다. 총 참여인원은 90명으로, 이중 부정확한 작성이 이루어진 2명의 설문지를 제외한 88명 작업자의 설문내용을 대상으로 결과를 살펴보았다. 설문조사 결과 응답자 전원이 최근 1년간 1번 이상의 통증, 수심, 저림 등의 증상을 경험했거나 현재 경험하고 있는 것으로 나타났다.

< 표 1 >에 정리된 해당부위 증상자 수의 비율과 증상경험 기간을 살펴보면 손과 손목, 손가락 부위의 증상을 호소하는 비율과 증상경험 기간이 특히 높았으며, 어깨와 허리 순으로 그 호소비율과 증상경험 비율이 나타났다.

근골격계 질환의 의심이나 질병 발전 가능성을 판단하는 척도가 되는 관련 증상이 1주일 이상 지속된다는 평가 항목과 1달에 적어도 한번 이상 증상을 경험하고 있다고 응답한 작업자들의 비율도[7] 역시 손/손목/손가락 부위와 어깨, 허리 부분의 비율이 높게 나타났다.

설문결과를 종합해 볼 때 현재 대상 사업장의 작업자들 중 높은 비율의 작업자들이 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 매우 높은 것으로 분석되고 있으며, 모든 설문항목에서 공통적으로 손/손목/손가락, 어깨, 허리 부위 순으로 그 위험도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 해당 사업장의 작업 형태 중 손/손목/손가락을 사용하여 반복 작업의 형태를 띠고 있는 형태의 작업이 근골격계 질환을 유발하는 가장 큰 요인을 가지고 있음을 의미하며, 그 밖에 중량물 인양작업이 포함된 공정 부분도 상당부분 유해요인을 가지고 있음을 의미한다.

&lt; 표 1 &gt; 증상에 관한 설문조사 결과

문항	부위	목	어깨	팔/ 팔꿈치	손/ 손목/ 손가락	허리	다리/ 발
각 부위별 증상경험비율(%)		42.0	60.2	46.6	68.2	48.9	45.5
증상 경험 기간(월)		8.3	13.9	8.5	13.6	11.5	8.5
1주일 이상 지속되는 응답자 비율(%)		12.5	18.2	11.4	22.7	19.3	13.6
발생빈도가 한달에 1번 이상 발생하는 응답자 비율(%)		36.4	56.8	44.3	62.5	42.0	42.0

### 3.3 작업 공정별 근골격계 질환 유해요인 조사 및 작업환경 개선

근골격계 유해요인 조사는 대상 사업장의 자동화 공정을 제외한 전체 공정을 대상으로 실시하였다. 대상 사업장의 작업 특성을 살펴보면 크게 인력으로 중량물을 취급하는 공정과 중량은 크지 않으나 반복성이 과다하게 발생하는 작업공정으로 나누어 볼 수 있다.

중량물 취급 공정의 경우 주로 배합공정 및 적치과정에서 발생하고 있으며, 원료를 운반하고 이를 기계에 투입하거나, 생산된 제품의 적치과정에서 중량물을 반복적으로 인양하는 작업 형태를 취하고 있다. 평량작업이나 포장작업과 같은 단순 반복 작업의 경우 1일 8시간 기준으로 적게는 1,500회에서 많게는 15,000회의 빈도수를 가지고 있어, 작업자들이 느끼는 근골격계의 부담은 상당한 수준을 보이고 있다. 여기에서는 이와 같은 작업특성을 고려하여 근골격계 부담 작업에 대한 유해요인 조사를 실시하였으며, 평가결과에 따라 적절한 개선대책을 수립하였다. 3.3.1~5절에 대상 작업 중 주요한 작업에 대한 평가결과와 개선대책을 수록하였다.

#### 3.3.1 튀김배합공정

이 공정은 < 그림 1 >과 같이 어묵 제조에 필요한 원료배합을 위해 배합기에 밀가루, 얼음 등을 인력으로 인양하여 들어부은 후, 배합 후 배합기로부터 수동제어기를 이용하여 배합한 후, 반죽을 통에 담은 공정이다. 이 공정은 인력으로 20 kgf 상당의 밀가루 포대 및 30 kgf 상당의 얼음 상자를 인양하므로 허리 및 어깨부하가 지대하며, 배합 후 배합기 측면에 붙어 있는 찌꺼기를 긁어내기 위해 반죽통에 엎드려 일직선 주격으로 제거작업시 허리 및 손목에 부하가 크게 걸리는 유해요인을 가지고 있다.



< 그림 1 > 튀김 원료투입과정

이 공정은 중량물 인양작업에 해당하는 작업으로 미국 산업안전보건연구원의 들기 작업 지침과 Q.E.C.를 이용하여 평가하였다. < 표 2 >에서 들기작업 지침의 평가결과를 살펴보면 현 작업공정은 권장무게에 비해 적게는 50 %에서 많게는 100 %까지 초과된 중량을 취급하고 있는 것으로 나타났으며, 또한 Q.E.C.평가결과에서는 어깨/팔 부위의 위험도가 크게 나타나는 것을 볼 수 있었으며, 허리, 손/손목의 순으로 그 위험도가 크게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 또한 노출비율은 104.9 %로 '즉시 개선'을 요하는 상태인 것으로 나타났다. 이 공정의 평가결과는 현 상태가 즉시 개선조치를 필요로 하는 상태임을 의미하며, 현 작업조건하에서는 인력작업을 하지 말아야 함을 의미한다. 따라서, 이와 같은 작업공정은 밀가루 및 얼음의 공급방식을 인력작업이 아닌 기계력을 이용한 작업방식으로 개선하거나 작업의 빈도나 전체 작업시간을 적절히 조정해야 한다.

< 표 2 > 인간공학적 평가도구를 사용한 원료배합 공정의 분석결과

평가도구	작업명	대상물	중량 (kgf)	상태	RWL (kgf)	Lifting Index	
NLE	튀김원료배합	밀가루	20	이동전	13.5	1.48	
				이동후	12.9	1.55	
		얼음	30	이동전	14.2	2.12	
				이동후	15.5	1.93	
평가도구	신체부위	허리	어깨/팔	손/손목	목	작업자평가	노출비율(%)
Q.E.C	튀김원료배합	34	56	38	16	26	104.9

### 3.3.2 성형공정

이 공정은 < 그림 2 >와 같이 전면에 있는 반죽물을 적재통에서 삽으로 퍼서, 측방(90도) 상단의 성형기내로 퍼 올려 담는 공정이며, 동작시 팔의 굴곡 및 회내, 외, 팔 뻗춤 동작이 반복적으로 이루어짐으로 어깨, 허리, 목, 손목, 팔 부위에 부담이 상당하게 된다. 또, 반죽을 담은 통 내의 측부를 일직선 주격으로 등을 구부려서 긁는 작업을 하므로, 허리, 손목, 어깨, 목 부위에 상당한 부담이 발생하게 된다.



< 그림 2 > 성형기로의 원료투입공정

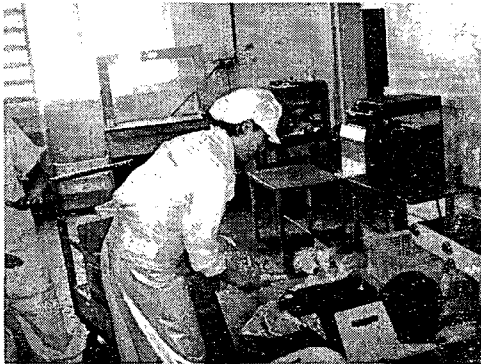
이 공정은 근육 및 무게, 반복작업에 의한 위험요인이 자세요인보다는 다소 크게 나타났으며, RULA를 이용하여 이를 평가하였다. < 표 3 >에서 평가결과를 살펴보면, 현재의 작업상태가 근골격계 질환에 있어서 위험도가 매우 큰 상태임을 의미하며, 즉각적인 대책을 요구하는 상태라고 할 수 있다. 따라서, 본 공정에 대해서는 현행 수동 반죽물 혼합공정을 펌프를 이용한 기계식으로 대체하는 등의 개선안을 제시하였다.

< 표 3 > 인간공학적 평가도구를 사용한 성형공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목, 몸통, 다리)	C분석 (근육, 무게)		최종점수
				행	열	
RULA	성형공정	2	5	5	8	7

3.3.3 튀김 포장공정

이 공정은 < 그림 3 >과 같이 성형기에서 나온 제품을 포장하는 과정이다. 포장과정은 품목별로 다소 상이한데, < 그림 3-a >의 경우 우측의 제품을 비닐봉지에 담아, 양손으로 들고 온 후, 위아래를 왼손과 오른손으로 결속기에 삽입하여 결속한 후, 좌측에 내려놓는 작업으로, 작업점이 너무 낮아 허리 및 목의 부하가 상당히 되며, 핀치그립 형태로 봉지를 파지하게 되므로 손가락에 상당한 부하가 가중되게 된다. < 그림 3-b >의 경우 좌식작업으로 전면 컨베이어에 이동되는 PVC용기에 제품박스로부터 제품을 정해진 양만큼 담는 작업으로, 손목의 굴곡, 신전의 반복동작이 과도하여 손가락에 부하가 누적되며, 전면에 이동되는 PVC용기에 제품을 투입할 때 팔 뻗침이 반복되어 어깨부담이 과도하게 된다.



(a) 포장 I



(b) 포장 II

< 그림 3 > 튀김 포장공정

< 포장 I >의 경우 근육 및 무게, 반복작업에 의한 위험요인이 자세요인보다는 다소 크게 나타났으며, 따라서, RULA를 이용하여 이를 평가하였다. < 표 4 >에서 < 포장 I >의 평가결과를 살펴보면, 현재의 작업상태는 근골격계 질환에 있어서 위험도가 매우 큰 상태이며, 이는 작업대의 높이를 적절히 조절함으로써 상당부분 위험도를 감소시킬 수 있다. < 포장 II >의 경우 부적절한 자세로 인한 영향이 다소 존재하나, 그 보다는 손과 손가락을 이용한 반복작업이 더 크게 나타나는 특징을 보였다. 따라서, < 포장 II >의 경우 Strain Index를 이용하여 이를 평가하였으며, < 표 5 >에서 그 결과를 살펴보면 SI점수가 30.4로 현 작업상태로는 근골격계 질환 위험도가 매우 큼을 알 수 있다. 이 공정의 경우 기계력으로 대체하거나, 기계력으로의 대체가 어려울 경우 작업량을 조정하는 등의 방법을 사용해야 함을 의미한다.

< 표 4 > 인간공학적 평가도구를 사용한 튀김 포장 I 공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목, 몸통, 다리)	C분석 (근육, 무게)		최종점수
				행	열	
RULA	튀김 포장 I	3	5	5	7	7

&lt; 표 5 &gt; 인간공학적 평가도구를 사용한 튀김 포장 II 공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	노력의 정도	노력지속 시간 (%)	분당노력의 횟수	손/손목 자세	작업 속도	하루 작업시간	SI 점수
Strain Index	튀김포장 II	2	80	10	3	4	6	30.4

### 3.3.4 햄 적치공정

이 공정은 < 그림 4 >과 같이 포장된 제품을 적치장소로 옮겨 담는 공정으로 65 kg에 해당하는 적재물을 갈고리로 걸어서 이송하는 공정이다. 이는 과도한 중량물을 끌어당기는 동작의 반복으로 허리와 어깨 부담이 지대하게 된다.



&lt; 그림 4 &gt; 햄 적치공정

적치공정의 경우 중량물 작업이지만 해당 작업자로부터 작업 대상물까지의 거리는 이송전, 후가 같기 때문에 미국 산업안전보건연구원의 들기작업 지침을 적용하기에는 부적합하다. 따라서, 이 공정에 대해서는 RULA를 사용하여 평가를 실시하였다. < 표 6 >의 평가결과를 살펴보면 현재의 작업상태가 근골격계 질환에 있어서 위험도가 매우 큰 상태임을 의미하며, 즉각적인 대책을 요구하는 상태라고 할 수 있다. 따라서, 이와 같은 경우에는 작업자의 부하를 감소시켜 주기 위하여 이송경로 상에 레일 컨베이어를 설치하는 등의 방법을 사용하는 등의 대책을 마련하여야 한다.

&lt; 표 6 &gt; 인간공학적 평가도구를 사용한 적치공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목, 몸통, 다리)	C분석 (근육, 무게)		최종점수
				행	열	
				RULA	햄 적치공정	



### 3.3.6 작업 공정별 작업 특성 및 개선안 요약

3.3.1~3.3.5절에서 보여준 5개의 작업공정을 포함한 주요 작업공정에 대한 작업특성과 작업환경 개선안을 < 표 7 >에 수록하였다. 작업환경 개선은 투자비용 문제가 수반되며, 기계력으로 대체하거나 큰 작업설비의 교체와 같은 문제는 큰 투자비용을 요구하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 투자비용을 가급적 최소화하는 것을 기본원칙으로 삼고, 필수불가결한 작업공정에 한하여 기계화를 도입하고, 작업방식의 개선만으로 효과를 볼 수 있을 것으로 판단되는 공정에 대해서는 이를 위한 안을 제시하였다. 따라서, 많은 부분의 작업공정에서 작업대의 높이 및 작업기구를 개선하도록 권고하였으며, 중량이나 반복도 면에서 인력작업으로 어려운 공정은 기계력으로 대체토록 하였고, 정적 입식작업의 경우 피로방지용 매트와 발걸이, 입좌겸용 의자를 채택토록 하였다. 또한, 과도한 반복성으로 인한 근골격계 질환의 발생 유해요인이 있는 경우에는 인력추가 투입과 같은 방법을 통해 작업량을 조절하는 방안을 개선안으로 제시하였다.

## 4. 개선 전, 후의 생산성 분석

근골격계 질환의 예방에 초점을 맞춘 작업환경 개선의 특징은 단순한 생산성 향상을 위한 작업환경 개선 보다 단기적으로는 그 효과가 적게 나타날 수 있으나, 장기적으로는 근골격계 질환의 발생으로 인한 노동시간 손실 감소, 재해보상 비용 감소, 노사 화합 등의 영향으로 더 큰 효과를 볼 수 있다.

< 표 7 > 작업공정별 작업 특성 및 작업환경 개선안

공정	작업명	작업 특성	작업환경 개선안
배합	뒤김배합	중량물 작업(20-30 kgf)	기계력으로 대체, 전동방식 도입
	햄배합	자세 불안정, 반복작업	작업받침대 설치, 설비개선
	국수배합	작업도구 부적절, 자세 불안정	작업 받침대 설치, 작업도구 개선
	첨가물 배합	중량물 작업(25 kgf, 여성작업자), 작업도구 부적절	작업도구 개선, 중량물 입고 단위 변경 (25 kgf → 10 kgf 이하)
성형	성형	과도한 반복성, 자세 불안정	기계력으로 대체
후처리	뒤김평량	작업대, 작업방법 부적절	발걸이 설치, 작업대 높이조절
	어묵평량	과도한 반복성, 자세 불안정	작업량 조절(인력추가투입)
	햄절단작업	작업대, 부적절, 자세 불안정	작업발판 제공
	용기분리	정적입식자세, 부적절한 자세	입좌겸용 작업방식 채택, 작업대 높이 조절, 발걸이 설치
	오토니카	작업점 부적절	작업발판 제공
포장	뒤김포장	작업대, 작업면 부적절	작업대 높이 조절, 작업면 조절
	박스포장	중량물 작업	기계력으로 대체
	꼬치포장	과도한 반복성	작업량 조절(인력추가투입)
	미트볼포장	작업설비 배치 부적절	설비배치 개선
	국수포장	정적적립자세, 반복성 과다	발걸이, 피로방지용 매트 설치
적치	햄 적치	자세불안정, 인력운반작업	레일 컨베이어 설치
	상자적치	부적절한 작업대	작업대 높이 조절

작업환경 개선은 단기대책과 장기대책으로 나누어, 1차적으로 설비개선을 중점적으로 한 단기대책을 수행하였으며, 작업량 조절, 작업자 층원 등과 같은 장기대책은 회사의 장기 발전계획에 포함하여 검토하기로 하였다. 본 연구에서는 설비개선이 중심이 된 단기대책이 완료된 시점을 기점으로 한 달 후, < 표 8 >과 같이 두 가지 항목에 대해 조사를 실시하였다. 조사 결과 개선 후 작업자의 만족도는 21.3 % 증가한 것으로 나타났으며, 생산량은 개선 후 3.2 % 가 증가한 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 근골격계 질환예방에 초점을 맞춘 작업환경 개선이 작업자 작업만족도와 생산성 모두에 대해 긍정적인 효과가 있음을 의미한다.

< 표 8 > 개선 후 생산성 분석

항 목	증감도
작업자의 만족도	+21.3 %
생 산 량	+3.2 %

## 5. 결 론

현 생산 공정의 근골격계 질환 유해요인 조사 후, 그 결과를 바탕으로 작업환경 개선방안을 도출하여 개선을 실시하였다. 이를 위해 먼저 설문조사를 통해 근로자들의 근골격계 질환 현황을 파악하였으며, 설문결과 높은 비율의 작업자들이 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 있는 것으로 분석되고 있음을 알 수 있다. 특히, 대부분의 작업공정에서 손/손목/손가락 부위 순으로 그 위험도가 높게 나타났다. 작업특성에 따라 NLE, RULA, SI등의 인간공학적 평가도구들을 사용하여 정량화 평가하였으며, 평가결과에 따라 작업대 및 공구, 작업공간 등에 대한 개선안을 제시하여 사업장에 적용하였다. 제시된 개선안에 대한 적절성을 평가하기 위해, 개선 전, 후의 작업자 만족도와 생산량 평가를 실시하였으며, 이를 통해 제시된 개선안이 근골격계 질환 예방에도 효과적일 뿐만 아니라, 생산성 향상에도 효과적임을 확인할 수 있었다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] McAtamney, L. and Corlett, E.N, "RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders.", Applied Ergonomics, 24(2), 1993 : 91-99
- [2] Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation.", National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS, NIOSH Publication No, 1994 : 94-110
- [3] Moore, J. S., and Garg, A, "The Strain Index: A Proposed Method to Analyze

- Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders.", *AIHA Journal* , 56(5), 1995 : 443-458
- [4] United Auto Workers-General Motors Center for Human Resources, "UAW-GM Ergonomics Risk Factor Checklist RFC2.", Health and Safety Center, 1998
- [5] 김대성, 양성환 외, "작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교.", 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 1999
- [6] 양성환, 신발제조업의 작업관련 근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 평가기법의 비교, 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 2, 2000 : 136-142
- [7] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA-CODE집), 2002
- [8] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA-CODE집), 2003
- [9] 양성환, 조문선, 강필, "인간공학적 접근을 통한 제빵업의 근골격계 질환 유해요인 조사.", 안전경영학회지, 6(2), 2004 : 35-48
- [10] 양성환, 조문선, 박범, "작업환경 개선을 통한 자동차 유리 제조업체의 생산성 향상", 안전경영학회지, 7(2), 2005 : 85-94
- [11] 노동부, 근골격계 질환 예방업무 편람, 2004

## 저 자 소 개

**양 성 환** : 현 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수.

숭실대학교 환경공학과 석사학위, 아주대학교 산업공학과 박사학위를 취득하였으며, 산업위생관리기술사이다. 주요 관심분야는 생체역학, 안전공학, 인간공학, 작업개선, 산업위생학 등이다.

**조 문 선** : 현 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수.

인하대학교 기계공학과를 졸업하였으며, 한국과학기술원(KAIST) 기계공학과에서 석사, 박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 시스템 규명 및 설계, 인간공학 등이다.

**강 영 식** : 강원대학교 산업공학과를 졸업하고 아주대학교에서 석.박사학위를 취득하였다. 현재 세명대학교 보건안전공학과 교수로 재직 중이며, 관심분야는 FMS, 경제성평가, 시스템안전관리, 신뢰성평가, 감성인간공학 등이다.