

작업환경 개선을 통한 자동차 유리제조업체의 생산성 향상

- Productivity Enhancement of Automotive Glass Manufacturing
Company by the Improvement of Working Environment -

양 성 환 *

Yang Sung Hwan

조 문 선 *

Cho Mun Son

박 범 **

Park Peom

Abstract

The purpose of this study is to execute the investigation of injurious factors causing muscle-skeletal diseases at an automotive glass manufacturing company and, on the basis of the results, to enhance productivity by the improvement of working environment. By using an survey and an ergonomic evaluation method, symptoms of muscle-skeletal diseases of workers and working postures at each process were analyzed, and quantitative evaluation of muscle-skeletal disease risk against each process was performed.

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 not only removes the injurious factors of muscle-skeletal diseases but also is effective to enhance productivity.

Keyword : Productivity, Working Condition, MSDs

* 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수

** 아주대학교 산업정보시스템공학부 교수

2005년 5월 접수; 2005년 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 위해를 줄 뿐 아니라 생산성에도 지대한 영향을 미친다. 본 연구에서는 자동차 유리 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 작업환경을 개선하여 생산성을 향상시키는 것을 그 목적으로 하였다.

2. 연구 방법

2.1 대상 및 자료수집

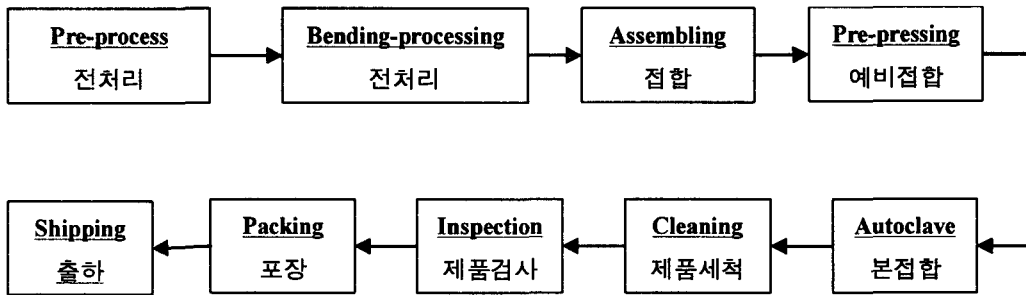
본 연구는 근로자 650여명 수준의 자동차용 유리 생산업체를 대상으로 했으며, 해당 업체의 3개 사업장 전체를 대상으로 하였다. 작업환경 개선을 위한 근골격계 질환 유해요인 조사는 먼저 협력업체를 제외한 전 직영 근로자들을 대상으로 하여 설문조사를 실시하여, 전체 근로자들의 근골격계 질환 현황을 파악하였으며, 이를 바탕으로 작업자세에 대한 동작분석 및 인간공학적 평가를 실시하였다.

2.2 평가방법

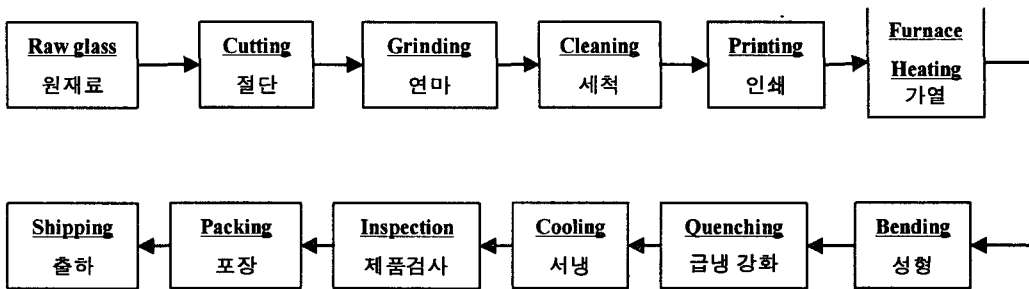
인간공학적 평가를 위한 평가기법은 다양하게 개발되어 있으나, 본 연구에서는 비디오 카메라 및 디지털 카메라를 사용한 관찰을 통해 유해요인을 파악하고, 작업 형태에 따라 적절한 정량화 평가기법을 사용하였다. 즉, 작업 형태에 따라 상지 쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment ; 이하 RULA)를 사용하였으며[1], 하지 쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 OWAS(Ovako Working posture Analysing System ; 이하 OWAS)를 사용하였으며, 인력 물자 취급 작업의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

3. 근골격계 질환 유해요인 조사를 통한 작업환경 개선

3.1 대상 작업장의 특성



(a) 접합유리(laminated glass)



(b) 강화유리(tempered glass)

< 그림 1 > 자동차 유리 제조 공정(automotive glass manufacturing process)

평가 대상 작업장은 접합유리를 제조하는 공정과 강화유리를 제조하는 공정으로 나뉘어 진다. < 그림 1 >에 나타낸 것과 같이 접합유리의 경우 중간에 필름막을 삽입하는 과정을 포함하여 크게 9개의 공정으로 구성되어 있으며, 강화유리의 경우 모두 12개의 공정으로 구성되어 있다. 전반적으로 자동화가 상당부분 도입이 되었으며, 작업자들은 주로 유리의 투입 및 적재, 검사과정에 다수 배치되어 있다. 작업형태는 주로 용접 및 필름 접합과 같이 단순 반복적인 작업이 다수를 차지하고 있으며, 동적인 움직임이 큰 공정에는 입식작업, 용접과 같이 움직임이 적은 공정에서는 좌식 작업의 형태를 보이고 있다.

3.2 설문 조사 결과

설문의 배포 및 수집은 현장근로자를 대상으로 실시되었으며, 총 참여인원은 전체 650명 중 463명이다. 설문조사 결과 응답자 중 80.1 %에 해당하는 371명의 작업자들이 평소에 통증, 쑤심, 저림 등의 증상을 경험했거나 현재 경험하고 있는 것으로 조사되었다.

전체 응답자 중 해당부위 증상자 수의 비율을 살펴보면 < 표 1 >에서와 같이 어깨 부위와 허리 부위에 상당히 많은 작업자들이 근골격계 관련 증상을 경험하고 있는 것으로 조사되었으며, 증상의 지속기간 측면에서도 어깨와 허리 부분의 지속기간이 다른 부위보다 더 긴 것으로 조사되었다.

특히 근골격계 질환의 의심이나 질병 발전 가능성을 판단하는 척도가 되는 관련 증상이 1주일 이상 지속된다는 평가 항목에[5] 응답한 작업자들의 비율을 살펴보면 각 부위별 전체 평균의 36.2%로, 작업자들의 약 36% 가량은 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 매우 높은 것으로 분석되고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 설문결과를 종합해 볼 때 현재 대상 사업장의 작업자들 중 높은 비율의 작업자들이 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 매우 높은 것으로 분석되고 있음을 알 수 있다.

< 표 1 > 증상에 관한 설문조사 결과

문항	부위	목	어깨	팔/ 팔꿈치	손/ 손목/ 손가락	허리	다리/ 발
각 부위별 증상경험비율(%)		49.9	63.3	27.2	41.5	65.2	41.5
증상 경험 기간(월)		12.8	16.3	6.4	10.5	19.8	11.0
1주일 이상 지속되는 응답자 비율(%)		35.4	34.7	39.8	32.9	35.8	39.5
발생빈도가 한달에 1번 이상 발생하는 응답자 비율(%)		83.5	87.7	85.9	84.0	81.3	84.6

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 설비의 정비, 세팅과 같은 일과성 작업 부분과 유리의 투입 및 적재, 검사 시와 같은 단순 반복 작업 부분, 그리고, 인력으로 작업을 하기에는 부적절한 공정으로 나누어 볼 수 있다. 이 중 설비의 정비, 세팅시 작업의 특성을 살펴보면 적재는 1주일에 1회, 닦개는 1일에 2 ~ 3회의 빈도수를 가지고 있어 반복 작업으로 보기에 무리가 있다. 그러나 이러한 설비의 정

비, 세팅 작업을 하는 작업자는 해당 작업만 수행하는 것이 아니라, 다른 작업과 병행하도록 되어 있어 작업자들이 느끼는 근골격계의 부담은 반복 작업을 하는 작업자와 별반 차이가 없다. 유리의 투입 및 적재, 검사와 같은 단순 반복 작업의 경우 1일 8시간 기준으로 적게는 400회, 많게는 2000회의 빈도수를 가지고 있어, 작업자들이 느끼는 근골격계 부담은 상당한 수준을 보이고 있다. 이와 같은 작업특성을 고려하여 모든 근골격계 부담 작업에 대해 평가를 실시하였으며, 평가결과에 따라 적절한 개선대책을 수립하였다. 3.3.1절~5절에 그 중 주요한 작업에 대한 평가결과와 개선대책을 수록하였다.

3.3.1 팔레트 뚜껑 해체공정

본 공정은 팔레트 뚜껑(약 40 kg)을 작업자 1인이 1일 16회 인력으로 운반하는 작업으로 무리한 동작 및 과도한 손목의 비틀림 동작으로 척추 및 손목, 상지 부위에 부담이 크게 작용하는 공정이다. 이 작업은 중량물 인양작업으로 Q.E.C.와 RULA를 이용하여 평가하였다. Q.E.C. 분석결과 < 표 2 >와 같이 허리와 어깨/팔 부위의 위험도가 크게 나타났으며, 노출비율은 62.5 %로 개선을 요하는 것으로 나타났다. RULA를 이용한 평가결과는 본 공정의 근골격계 질환 발생 위험도가 매우 큰 상태인 것으로 나타났다. 당 공정의 경우 인력작업을 수행하기에는 팔레트의 중량이 지나치게 많이 나간다는 문제점을 안고 있어, 해당 작업방식을 인력작업 방식에서 기계력을 이용한 방식으로 개선하는 것을 작업환경 개선안으로 채택하였다.

< 표 2 > 인간공학적 평가도구를 사용한 팔레트 뚜껑 해체 공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	허리	어깨/팔	손/손목	목	작업자 평가	노출비율 (%)
Q.E.C.	팔레트 뚜껑해체	32	32	26	6	14	62.5

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목,땀통, 다리)	C분석 (근육,무게)		최종점수
				행	열	
				RULA	팔레트 뚜껑해체	

3.3.2 ASC 세척공정

본 공정은 프레임 밑에 쪼그려 앉아 위를 쳐다본 상태에서 팔을 위로 뻗쳐 세척제를 휴지에 묻혀 1일 20~30회 반복적으로 세척함으로 허리, 다리, 어깨, 목, 손목 부위에 과신전이 발생하여 해당 부위에 상당한 부담이 발생하게 된다. RULA를 이용한 평가결과는 < 표 3 >과 같이 부적합한 자세로 인한 요인이 근육 및 무게, 반복 동작에 의한 위험요인보다 크게 나타났다. 평가결과 해당 공정의 작업환경 개선을 위해 높이 조절이 가능한 머리받침이 장착된 작업대를 도입하여 부적절한 작업자세를 교정할 수 있도록 하였다.

< 표 3 > 인간공학적 평가도구를 사용한 ASC 세척작업 공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목, 몸통, 다리)	C분석 (근육, 무릎)		최종점수
				행	열	
RULA	ASC 세척작업	8	8	1	2	7

3.3.3 중간막 절단공정

본 공정은 접합유리용 필름을 절단하는 작업으로 롤 상태의 필름을 펼쳐서 일정 길이로 잘라 적치하는 작업이다. 이 작업은 커팅기를 이용한 수동 공정으로 바닥에서 커팅기 손잡이까지 128cm 높이로 높아, 어깨가 들린 상태에서 좌측 손으로 눌러 작업하게 되므로 어깨와 전박부, 손목 부위의 부담이 누적된다.

본 작업의 경우 손과 손목 부위의 부적합한 자세로 인한 근골격계 부담이 있으나, 높은 반복성으로 인한 위험도가 더 크게 영향을 미치는 것으로 판단되어 Strain Index를 평가도구로 사용하였다[3]. < 표 4 >에서 평가결과를 살펴보면 SI점수가 72.0으로 현 상태로는 근골격계 질환 위험도가 매우 심각한 상태로 현 상태로는 인력작업이 부적절한 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 이 공정의 경우 인력작업을 기계력으로 대체하는 작업환경 개선을 실시하였다.

< 표 4 > 인간공학적 평가도구를 사용한 중간막 절단공정의 분석결과

Evaluation Tool	신체부위 작업명	Intensity of Exertion	Duration of Exertion (%)	Efforts per Minute	Hand /Wrist Posture	Speed of Work	Task Duration	SI Score

3.3.4 레인 센서 부착공정

본 공정은 작업자 2인이 유리판을 적치대로부터 작업대에 올려놓고 센서를 부착하는 작업으로 반복성이 높은 정밀작업 공정이다. 작업대의 높이가 적정수준보다 낮아 고개를 85도 가량 숙인 상태로 작업을 수행하므로, 목의 과도한 굽힘으로 목관절 부위에 지대한 부담이 부가되며, 센서 파지시 핀치그립 자세로 반복적인 동작을 수행하여 손가락에 부하가 지대하게 작용한다. 이 공정은 평가도구로 RULA와 Strain Index를 사용하였으며, 평가결과는 < 표 5 >와 같이 근골격계 질환 유해요인 중 부적합한 작업자세가 근골격계 부담을 야기하는 요인으로 평가되었다. 이 결과를 바탕으로 당해 사업장에서는 작업대 높이와 작업량 조절을 1차적으로 실시한 후, 자동화 설비를 도입하는 작업환경을 개선하였다.

< 표 5 > 인간공학적 평가도구를 사용한 레인센서 부착공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목,뱀통, 다리)	C분석 (근육,무게)		최종점수
				행	열	
RULA	레인센서 부착	5	3	1	2	7

3.3.5 수동 용접 투입공정

본 공정은 유리를 작업대 위에 적재한 뒤, 용접성을 좋게 하기 위해 쇠 수세미 형태의 작업 공구를 사용하여 용접면을 다듬는 작업이다. 이 작업시의 문제점은 유리 적재시 펀치 그립 자세 및 허리 비틀림 자세가 발생하여, 손과 허리부위에 부담이 가해지며, 쇠 수세미 형태의 작업공구로 작업면을 다듬을 때 작업면의 높이가 낮고, 과도한 힘을 요구하므로, 손목의 요골편향과 허리 굽힘이 발생하여 이로 인한 부담이 누적 된다. 평가결과를 살펴보면 < 표 6 >과 같이 근골격계 질환 유해요인이 상당부분 내재되어 있어, 이에 대한 개선 방안으로 작업대 높이 조절과 작업공구를 쇠 수세미 형태에서 드릴형 전동공구로 대체하였다.

< 표 6 > 인간공학적 평가도구를 사용한 수동용접 투입공정의 분석결과

평가도구	신체부위 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목,뱀통, 다리)	C분석 (근육,무게)		최종점수
				행	열	
RULA	수동용접 투입	5	4	1	3	7

3.3.6 작업 공정별 작업 특성 및 개선안 요약

< 표 7 > 접합유리의 작업 특성 및 작업환경 개선안

공정	작업명	작업 특성	작업환경 개선안
Grinding	CGP 휠 교체작업	수동공구 사용, 공간협소	커버부분 개선, 기구개선
	CGP 품종교환작업	작업동선,적재장치 부적합	작업동선, 슬롯식 적재대 채용
Printing	PASTE 혼합	작업대 부재	적절한 작업대 도입
	오븐 롤 청소	공간협소, 고온환경	적절한 보호장구의 사용
Heating	CGP 적재검사	pinch grip	유리파지용 특수장갑 사용
	수동 마킹	부적절한 스퀴즈 손잡이	스퀴즈 손잡이 개선
Inspection	수동 용접 투입	작업대, 작업방법 부적합	작업대 높이조절 및 공구개선
	수동 용접	의자 및 작업대 부적합	인간공학적 의자 및 작업대 도입
	용접 검사 및 적재	검사용 작업대 부적합	검사용 작업대 개선
	자동 용접 적재	부품 적재대 부적합	부품 적재대 형태 및 높이 개선
	전면유리 열선용접	작업대 높이 부적합	작업대 형태 및 높이 조정

< 표 8 > 강화유리의 인력작업 작업환경 개선안

공정	작업명	작업 특성	작업환경 개선안
Pre -process	팔레트 뚜껑해체	중량물 작업(약 40 kgf)	기계력으로 대체
	프린트실 테이핑	작업 받침대 부적합	작업 받침대 높이 조정
	ASC 세척	자세 불안정	높이 조절 가능한 작업대 도입
	ASC 검사	자세 불안정	2인1조 작업, 반사경 설치
	ASC 원판투입	반복작업	기계력으로 대체
	ASC 적재검사	핀치 그립, 스위치 부적절	스위치 개선, 입좌식 의자배치
Bending Process	PBF Press	과도한 힘의 사용	기계력으로 대체
	PBF 불량제거	반복작업	기계력으로 대체
Assembling	TRIM	과도한 자세, 핀치 그립	발걸이, 쿠션패드 설치, 작업순환
	중간막 절단	손잡이 부적절	기계력으로 대체
Auto Clave	Auto Clave	과도한 힘의 사용, 스위치 부적절	스위치 위치 조절, 기계력 이용
Inspection	레인센서 부착	작업대, 작업방법 부적절	작업대 높이 조절, 기계력 이용
	레인유리 적재	적재대 높이 부적절	팔레트 높이 조절용 리프트 설치
	Final 검사	입식작업	발걸이, 쿠션패드, 입좌식 의자배치

3.3.1~3.3.5절에서 보여준 5개의 공정을 포함한 주요 공정에 대한 작업특성과 작업환경 개선안을 < 표 7·8 >에 수록하였으며, 두 작업 중 중복되는 부분은 제외하였다. 많은 부분의 작업공정에서 작업대 높이 및 형태를 변경하는 개선을 실시하였으며, 인력작업은 가능한 기계력으로 대체토록 하였으며, 정적 입식작업의 경우 피로방지용 매트와 발걸이, 입좌겸용 의자를 채택토록 하였다.

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. 작업환경 개선은 단기대책과 장기대책으로 나누어, 1차적으로 설비개선을 중점적으로 한 단기대책을 수행하였으며, 작업량 조절, 작업자 충원 등과 같은 장기대책은 회사의 장기 발전계획에 포함하여 검토하기로 하였다. 본 연구에서는 설비개선이 중심이 된 단기대책이 완료된 시점을 기점으로 한 달 후, < 표 9 >와 같이 두 가지 항목에 대해 조사를 실시하였다. 조사 결과 개선 후 작업자의 만족도는 34.2 % 증가한 것으로 나타났으며, 생산량은 개선 후 8.7% 가 증가한 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 근골격계 질환예방에 초점을 맞춘 작업환경 개선이 작업자 작업만족도와 생산성 모두에 대해 긍정적인 효과가 있음을 의미한다.

< 표 9 > 개선 후 생산성 분석

항 목	증감도
작업자의 만족도	+34.2 %
생 산 량	+8.7 %

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 매우 높은 것으로 분석되고 있음을 알 수 있다. Q.E.C. 분석결과 대체로 어깨와 허리 부분에 대한 근골격계 질환 노출 위험도가 가장 크게 나타났으며, RULA 분석결과로는 근육과 무게로 인한 요인보다는 부적절한 작업자세로 인한 요인이 더 큰 것으로 조사되었다. 따라서, 이와 같은 평가결과를 바탕으로 작업대 및 공구, 작업공간 등에 대한 개선안을 제시하였으며, 제시된 개선안을 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, 94-110(1994)
- [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] 양성환, 김대성, 박범, 갈원모, 강영식, "요통 예방을 위한 요추부하 평가에 관한 연구.", 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 3, 1998 :
- [6] 김대성, 양성환 외, "작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교.", 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 1999

- [7] 양성환, 신발제조업의 작업관련 근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 평가기법의 비교, 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 2, 2000 : 136-142
- [8] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA-CODE집), 2002
- [9] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA-CODE집), 2003
- [10] 양성환, 조문선, 강필, “인간공학적 접근을 통한 제빵업의 근골격계 질환 유해요인 조사.”, 안전경영학회지, 6(2), 2004 : 35-48
- [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.

박 범 : 아주대학교 산업공학과를 졸업하고 미국 Ohio Univ. 산업공학 석사, Iowa State Univ.에서 산업공학 박사학위를 취득하였고, 한국 전자통신 연구소에서 Human-machine Interface 업무에 선임 연구원('93-'95)을 역임하였으며, 현재 아주대학교 산업공학과 부교수로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 인간공학, 감성공학, HCI, 설비안전이다.