

디젤엔진용 연료분사장치 제조업체의 근골격계 질환 유해요인 조사 사례연구

양 성 환* · 조 문 선* · 강 영 식**

*국립한국재활복지대학 의료보장구과 · **세명대학교 보건안전공학과

Case Study of Diagnosis on Musculoskeletal Disorders Risk Factors at an Diesel Engine Fuel Injection System Manufacturing Company

Sung-Hwan Yang* · Mun-Son Cho* · Young-Sig Kang**

*Dept. of Prosthetics & Orthotics, Korea National College of Rehabilitation & Welfare

**Dept. of Occupational Health and Safety Engineering, Semyung University

Abstract

The goal of this study is to propose the effective method of investigating the injurious factors and making improved plans that prevents the workers against musculoskeletal disorders at an diesel engine manufacturing company and the same business field with similar working conditions and process. A questionnaire were adopted to analyze the symptoms of workers' musculoskeletal disorders, and an ergonomic assessment method such as RULA, OWAS were performed to find out harmful factors of workplace and working posture.

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.

It can be concluded that the method and process described in this paper could be helpful for diagnosing the musculoskeletal disorders and making improvement plans to the diesel engine fuel injection system manufacturing company and the same business field with similar working conditions and process.

Keywords : Working Condition, Ergonomic Approach, MSDs

1. 서 론

최근 근로복지공단에서 인정된 전체 업무상 질병자 중 근골격계 질환자 수는 2002년 1,827명에 불과하던 것이, 2007년 7,723명으로 대폭 증가하였다[7]. 이와 같이 우리나라의 근골격계 질환자 수는 3년마다 도래하는 근골격계 유해요인 조사 시점과 맞물린 질환자 수의 증감요인을 제외한다면 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, 2007년을 기준으로 보면 전체 업무상 질병

자수의 67.3%가 근골격계 질환자에 해당할 정도로 그 중요도는 매우 높아져 가고 있는 실정이다[7]. 그러나, 이러한 유해요인 부담작업 조사에 있어서 가장 큰 난점은 업종별로 작업방법이 상이하다는 데에 있으며, 이는 곧 업종별, 작업형태별로 조사방법도 달라야 함을 의미한다. 본 논문에서는 중소 제조업체 중 디젤엔진용 연료분사 장치 제조업체를 대상으로 한 근골격계 부담작업 유해요인 조사의 사례연구를 통하여, 비슷한 유형의 생산현장에 대한 근골격계 질환 유해요인 조사방법

† 교신저자: 조문선, 주소: 경기도 평택시 장안동 5-3

Tel: 031-610-4814, E-mail: mscho@hanrw.ac.kr

2009년 4월 접수; 2009년 5월 수정본 접수; 2009년 5월 게재확정

및 작업환경 개선 노하우를 공유하고자 한다. 이를 위한 방안으로 먼저 설문조사를 통하여 작업자들의 근골격계 질환의 전반적인 증상을 파악한 후, 인간공학적 평가기법을 사용하여 공정별 작업자세 분석 및 해당 공정의 정량적, 정성적 평가를 통해 유해요인을 찾아내고 그 결과를 바탕으로 작업환경 개선안을 제시하였다.

2. 연구방법

2.1 대상 및 자료수집

본 연구는 375명의 현장근로자와 38명의 사무직 근로자가 근무하는 경기도 안성소재의 디젤엔진 연료분사장치 제조업체를 대상으로 하였으며, 해당 사업장은 자동차 및 산업용 디젤엔진의 연료분사장치 및 노즐, 펌프 등을 생산하여 완성품 업체에 납품하는 중소사업장이다. 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 비디오카메라 및 디지털 카메라를 사용한 관찰을 통해 유해요인을 파악하고, 작업 형태에 따라 적절한 정량화 평가기법을 사용하였다.

근로자와 조사자의 관찰결과로부터 근골격계 노출의 위험정도를 정량적으로 파악하기 위하여 QEC(Quick Exposure Checklist)를 사용하였으며, 작업 형태에 따라 작업자세가 문제가 되는 경우에는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)를[1] 사용하였으며, 하지쪽의 동작이 문제가 되는 경우에는 OWAS(Ovako Working posture Analysing System)를 사용하였다. 중량물 취급 작업의 경우에는 NLE(NIOSH Lifting Equation)를 사용하여 들기지수를 통해 중량물 취급작업의 적정성을 평가하였다[2]. 평가를 위해 모든 작업모습을 정지영상과 동영상으로 기록하였으며, 이를 토대로 작업환경 및 작업자와의 면담내용 등을 복합적으로 고려하여 작업환경 개선안을 제안하였다.

3. 근골격계 질환 유해요인 조사를 통한 작업환경 개선

3.1 대상 작업장의 특성

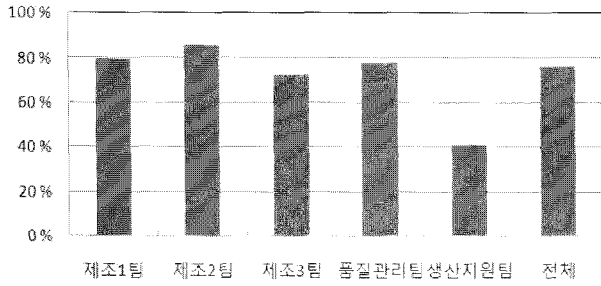
평가 대상 작업장은 제품의 특성상 라인의 대부분이 반자동화가 되어 있는 상태이며, 인력작업은 주로 반자동화 라인에 대한 자재 투입 및 중간 조립, 검사, 적재 부분에 집중되어 있다. 대상 사업장에서 생산되는 주요 품목은 차량용 및 산업용 디젤엔진의 연료분사 장치를 비롯한 10여 가지로 각 품목마다 제조공정은 다소 상이하나, 공통적으로 자재투입 → 조립 → 검사 → 포장 → 적치의 공정을 가지고 있다. 대부분의 작업공정이 반자동 라인으로 일반적인 흐름작업에 비해 속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 대부분 정적 입식작업의 형태를 취하는 경우가 많았으며 주로 손과 손목을 집중적으로 사용하는 공정이 많은 특징을 보이고 있다.

3.2 설문 조사 결과

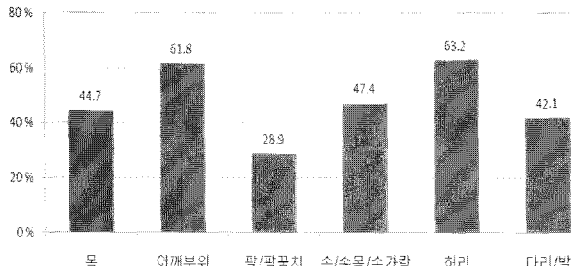
설문은 한국산업공단의 근골격계 질환 증상조사표(KOSHA CODE H-30-2003)를 사용하여, 사업장내의 모든 현장근로자를 대상으로 실시하였다. 총 참여인원은 293인으로 전체 현장근로자 중 78.1%의 작업자가 설문에 응답하였다.

3.2.1 지난 1년간 근골격계 관련 증상 경험자 비율

먼저 지난 1년간 근골격계 관련 증상 경험자 비율을 살펴보면 조사 작업자 293명 중 224명이 근골격계 관련 증상을 경험한 것으로 나타나 76.5%의 작업자가 증상경험자로 분류되었다. <그림 1>의 부서별 근골격계 관련 증상 경험자 비율을 보면, 제조2팀이 85.9%로 가장 높게 나타났으며, 제조1팀, 품질지원팀의 순으로 나타났다. 제조3팀의 경우에는 증상 경험자의 비율이 다소 낮게 나타났는데, 이는 제조 1,2팀의 경우 상대적으로 부피 및 중량이 크고 반복 작업형태를 가지는 연료분사장치를 생산하는데 반하여, 제조3팀의 경우 노즐 및 관련 부품을 생산하는 부서로 생산품의 부피 및 중량이 작기 때문인 것으로 보인다. 또, 생산지원팀의 증상 경험자도 타 부서에 비해 낮게 나타났는데, 생산지원팀의 경우 사내의 설비관리가 주된 업무로 상시작업의 형태가 아닌 일시작업 형태의 작업형태를 띄고 있기 때문인 것으로 파악된다.



<그림 1> 부서별 근골격계 관련 증상 경험자 비율 (지난 1년간)



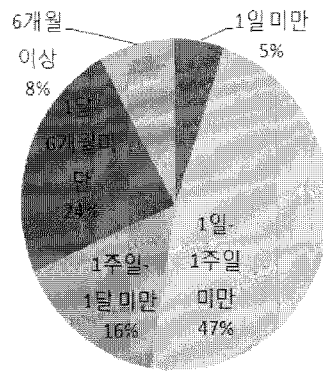
<그림 2> 응답자가 느끼는 통증의 구체적 부위

3.2.2 응답자가 느끼는 통증의 구체적 부위

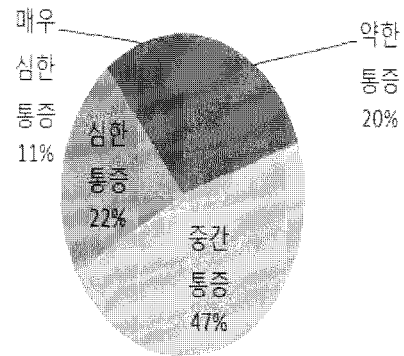
위에서 언급한 지난 1년간 근골격계 질환을 경험한 유경험자 224명에 대하여 통증의 구체적인 부위에 대한 설문을 진행하였다. 설문 대상자에게 통증을 느끼는 부위를 모두 기재하도록 하여, 해당 부위의 유경험자를 대상자수로 나눈 백분율을 나타내었다. <그림 2>에서 조사결과를 살펴보면 유경험자 중 63.2 %의 작업자가 허리부위에 통증을 느끼고, 그 다음에 어깨, 손/손목, 목 순으로 순위가 나타났다. 따라서 본 작업장에서 가장 큰 위험요인은 작업점으로 인한 작업형태상의 문제점, 중량물 작업 및 단순 반복작업 등의 문제점을 내포하고 있을 것으로 추정해 볼 수 있다.

3.2.3 통증의 지속기간

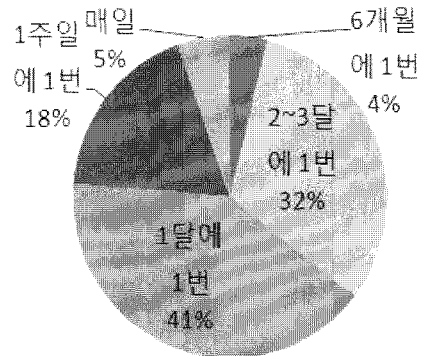
통증이 한 번 발생할 경우 그 지속기간에 대한 설문 응답의 결과를 <그림 3-a>에서 살펴보면 근골격계 질환 유경험자 중 약 47 %의 작업자가 1주일 이상의 통증지속기간을 가지는 것으로 나타났다. 이는 KOSHA CODE H-28-2002의 평가 기준과 관련 유경험자중 47%의 작업자가 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다. (참고 : KOSHA CODE H-28-2002의 평가 기준은 관련 증상이 적어도 1주일 이상 지속되거나, 지난 1년간 1달에 1번 이상 증상이 발생하며 증상의 정도는 중간 정도 통증(3점)을 호소하는 경우를 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성 평가 기준으로 채택하고 있음)



<a> 통증의 지속기간



 통증의 정도



<c> 통증의 발생빈도

<그림 3> 통증의 지속기간, 정도 및 발생빈도

3.2.4 통증의 정도

통증이 한 번 발생할 경우 그 지속기간에 대한 설문 응답의 결과를 <그림 3-b>에서 살펴보면 근골격계 질환 유경험자 중 약 80% 정도의 작업자가 중간정도 이상의 통증을 호소하고 있음을 알 수 있다. 이는 KOSHA CODE H-28-2002의 평가 기준과 관련 유경험자 중 80%의 작업자가 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다.

3.2.5 1년간 증상의 경험빈도

지난 1년동안 나타난 증상의 빈도에 대한 설문 응답 결과를 분석해 보았다. <그림 3-c>에서 볼 수 있듯이 1달에 1번 이상 증상이 나타나는 유경험자는 전체의 94.7 %로 나타났으며, 이는 KOSHA CODE H-28-2002의 평가 기준과 관련 유경험자중 94.7 %의 작업자는 빈도수 측면에서 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다.

증상에 관련된 설문조사를 종합해 보면 유경험자 중 최소 47%, 전체 근로자를 기준으로 했을 경우 전체 근로자의 36.7 %가 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 있다는 것을 알 수 있다. 이는 기업측이 근골격계 질환의 유해요인의 제거에 관심을 가지고 적극적으로 대처하지 않을 경우 즉각 근골격계 질환으로 발전할 가능성이 있는 근로자의 숫자에 해당하며 보다 적극적인 기업의 대처가 요구되는 설문조사 결과라고 볼 수 있다.

3.3 작업 공정별 근골격계 질환 유해요인 조사 및 작업환경 개선

근골격계 유해요인 조사는 대상 사업장의 완전 자동화 공정을 제외한 전체 공정을 대상으로 실시하였다. <표 1>에서와 같이 대상 사업장의 작업 특성을 공정별로 살펴보면 대부분의 공정은 반자동화 라인으로 운영되며, 이로 인해 작업속도가 빠른 편이고 반복도가 크다는 특징을 가지고 있다.

또한, 부적절한 작업대의 사용으로 인한 작업점 문제로 인해 허리에 부담이 많이 가는 작업형태를 취하고 있으며, 손과 손목, 어깨를 비롯하여 부품을 조립하거나 검사하는 공정에서 손과 손목, 어깨에 부담이 가는 작업형태를 취하고 있다. 이는 3.2.2절의 설문조사 결과와 같이 작업자들이 느끼는 허리, 어깨 및 손, 손목의 통증의 원인으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 이와 같은 작업특성을 고려하여 근골격계 부담 작업에 대한 유해요인 조사를 실시하였으며, 평가결과에 따라 적절한 개선안을 제시하였다. 3.3.1~6절에 각 공정별로 문제가 있는 작업에 대한 평가결과와 개선대책을 수록하였다.

3.3.1 자재투입 공정

자재투입 공정은 기본적으로 자동화 혹은 반자동화 라인에 자재를 투입하는 공정으로 일부 라인의 경우 자동화가 되어 있으나, 대부분의 라인에서는 인력투입의 형태로 작업을 하고 있다.

<표 1> 대상작업장의 공정과 위험요인

자재 투입	<ul style="list-style-type: none"> • 부품을 적치대르 혹은 대차로부터 작업대 혹은 라인에 투입 • 부적절한 작업자세, 반복작업
조립	<ul style="list-style-type: none"> • 작업대 혹은 컨베이어 벨트에서 부품을 조립 • 부적절한 작업자세, 부적절한 작업점, 반복작업
검사	<ul style="list-style-type: none"> • 조립된 제품을 수동 혹은 자동으로 검사 • 정적 작업자세, 부적절한 작업자세, 반복작업
포장	<ul style="list-style-type: none"> • 검사된 제품을 포장 • 부적절한 작업자세, 반복작업
적재	<ul style="list-style-type: none"> • 포장된 제품을 적치대에 적재 • 부적절한 작업점, 반복작업

<그림 4>에 자재투입 공정 중 문제가 되는 라인을 살펴보면, 투입자재가 적재되어 있는 부품박스가 작업자를 중심으로 라인 반대편에 위치하고 있어, 작업시 작업자의 과도한 허리 움직임을 요구하고 있으며, 작업발판이 좁아 작업자의 활동영역 제한으로 부적절한 자세를 유발하는 문제점을 가지고 있다. 또한, 컨베이어 벨트의 높이가 작업자의 팔꿈치 높이 이상으로 높고, 폭이 넓어, 전방 혹은 측방 팔뻗침 동작이 발생된다.

<표 2>에서 이 공정에 대한 QEC 분석결과를 살펴보면 노출비율이 63%로 조속한 시일내에 개선이 요망되는 공정으로 평가됐다., 이는 근로자가 주관적으로 느끼는 작업의 부하와 평가자가 객관적으로 평가한 평가결과로부터 얻어진 결과이다. 부위별 평가점수를 살펴보면 손/손목 부위의 평가점수가 가장 크게 나타났으며, 이는 본 작업시 해당 부위의 유해요인이 가장 큼을 의미한다. RULA는 상지의 팔뻗침 작업의 유해도를 평가하기 위해 실시하였으며, 평가결과 Action Level 7로 해당 동작의 유해도는 상당한 것으로 평가되었다.

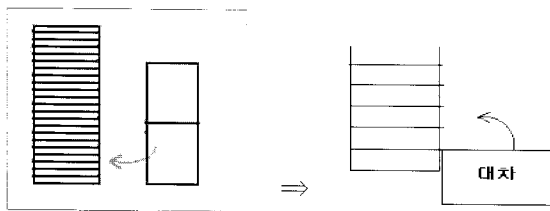


<그림 4> 자재투입 공정

<표 2> 인간공학적 평가도구를 사용한 자재투입
공정의 분석결과

평가도구	QEC (Quick Exposure Checklist)			
	분석내용	허리	22	어깨/팔
손목/손		36	목	14
작업자 점수		34		
결 과	최종 합계		102	
	노출 수준		63%	

평가 도구	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목, 몸통, 다리)	C분석 (근육, 무게)		최종점수
			행	열	
RULA	3	6	3	8	7



<그림 5> 레이아웃 개선안

자재투입 공정에서의 개선방안은 우선 부품박스의 개방부를 컨베이어와 직각으로 배치하여 작업시 작업자의 회전폭을 감소시켜야 하며, 컨베이어 벨트의 높이가 작업자의 팔꿈치 높이가 되도록 작업발판의 높이를 높여줌으로써 이로 인한 어깨의 부담을 덜어주는 방향으로 개선할 수 있다.

3.3.2 조립공정

조립공정은 자동화 혹은 반자동화 라인에서 가공기기를 조작하거나, 혹은 수동라인에서 부품을 이용하여 수작업으로 조립하여 컨베이어 벨트에 올려놓는 작업형태를 띠고 있다. <그림 6>에서 그 중 문제가 되는 공정을 살펴보면, 바닥에 놓여 있는 중량 15.2 kg(422g×36개)의 부품상자를 1일 40회씩 비대칭 자세로 수평거리 110 cm, 수직거리 66 cm의 거리를 이동하여 작업대기장소에 적재하는 작업함으로서, 작업시 작업자의 과도한 근력 및 부적절한 자세를 유발하는 문제점을 가지고 있다.

<표 2>에서 이 공정에 대한 QEC 분석결과를 살펴보면 노출비율이 45.7%로 지속적 관찰이 요망되는 작업으로 평가되었으며, 이는 근로자가 주관적으로 느끼는 작업의 부하와 평가자가 객관적으로 평가한 평가결과로부터 얻어진 결과이다. 부위별 평가점수를 살펴보면 어깨/팔 부위의 평가점수가 가장 크게 나타났으며,

이는 본 작업시 해당 부위의 유해요인이 가장 큼을 의미한다. 중량물의 반복적 인양으로 인한 위험도를 평가하기 위해 NLE 분석을 실시하였으며, <표 2>에서 그 결과를 살펴보면 이동전의 들기지수가 1.36, 이동후의 들기지수가 2.24로 조속한 시일내에 개선이 되어야 할 작업으로 평가되었다. NLE의 평가결과와 QEC의 평가결과가 다소 상반되게 나타난 것은 QEC의 평가기법은 작업자의 주관적 의견이 반영되기 때문에 작업자에 따라 그 평가결과가 유동적인데 반하여, NLE는 객관적인 요소만으로 평가하기 때문인 것으로 판단된다. 참고로, 본 조립공정의 QEC 작성시 응답한 작업자는 해당공정에 신규 배치된 작업자로 그로 인해 QEC 분석결과에 영향을 미쳤을 수도 있었을 것으로 추정할 수 있다.

이 공정의 개선안으로는 우선 박스가 적재되어 있는 대차를 높이 조절이 가능한 리프트가 부착되어 있는 대차로 교체하는 방법이 있으며, 비용문제등으로 즉각적인 교체가 어렵다면, 적재단을 줄임으로서 이동거리를 단축시키거나, 부품상자에 담겨있는 부품의 개수를 줄임으로서 중량물의 무게를 감소시키는 방안을 고려할 수 있다.



<그림 6> 조립공정

<표 3> 인간공학적 평가도구를 사용한 조립
공정의 분석결과

평가도구	QEC (Quick Exposure Checklist)			
	분석내용	허리	20	어깨/팔
손목/손		24	목	4
작업자 점수		19		
결 과	최종 합계		74	
	노출 수준		45.7 %	

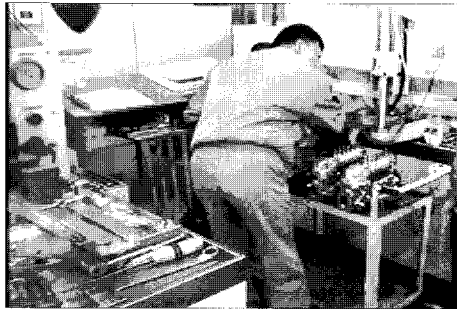
평가도구	NLE (NIOSH Lifting Equation)	
	분석내용	이동전 RWL = 11.1 kg LI = 1.36 이동후 RWL = 6.76 kg LI = 2.24 (최하단에서의 인양시)
결 과	조속한 시일내에 개선 요망	

3.3.3 검사공정

검사공정은 크게 정적인 자세로 자동화 혹은 반자동화 라인상에서 빠른 속도로 이루어지는 자동 혹은 반자동 검사 공정과 조립이 완료된 제품을 이동한 후 검사 기기를 이용하여 수동으로 하는 수동 검사 공정으로 나눌 수 있다. 전자의 경우 제품의 이동으로 인한 중량물 인양등의 문제에 있어서는 자유로울 수 있으나, 반복성과 빠른 작업속도가 문제가 되며, 후자의 경우 인력으로 운반하는 과정에서의 작업자세 및 중량이 문제가 된다.

<그림 7>은 10 kg의 제품을 후면에 있는 대차로부터 인양하여 전면의 검사기기로 이동하여 수동으로 검사를 진행하는 공정으로 후면에 위치한 대차의 배치로 인하여 작업자의 회전이 발생하며, 대차의 높이가 너무 낮아 인양시 작업자의 허리에 유해요인으로 작용한다.

<표 4>에서 QEC의 분석결과를 살펴보면 노출비율이 82%로 위험도가 가장 높은 그룹에 속하는 작업으로 평가 되었으며, 이는 근로자가 주관적으로 느끼는 작업의 부하와 평가자가 객관적으로 평가한 평가결과로부터 얻어진 결과이다.



<그림 7> 검사공정

<표 4> 인간공학적 평가도구를 사용한 검사공정의 분석결과

평가도구	QEC (Quick Exposure Checklist)			
	분석내용	허리	34	어깨/팔
손목/손		46	목	18
작업자 점수		26		
결 과	최종 합계		144	
	노출 수준		82 %	

평가도구	OWAS
분석내용	CODE : 41421 AC값 : 4
결 과	즉시 개선 요망

부위별 점수를 살펴보면 어깨, 팔, 손, 손목 부위의 점수가 크게 나타났으며, 이는 이 부위의 유해요인이 가장 큼을 의미한다. 하지를 포함한 전체 작업자세의 유해도를 평가하기 위해 OWAS 분석을 실시하였으며, 평가결과 부하수준(Action Categories)이 4로 평가되어 즉시 개선이 요망되는 수준으로 평가되었다.

이 공정의 개선방안은 작업공간 및 통로를 확대하여 작업동작이 제한되는 일이 없도록 개선하며, 대차 대기 장소의 변경을 통해 작업자의 허리 움직임 및 이동동선을 단축시킬 필요성이 있으며, 작업자가 허리를 구부리지 않고 작업이 가능하도록 대차의 높이를 조절할 필요성이 있다.

3.3.4 포장공정

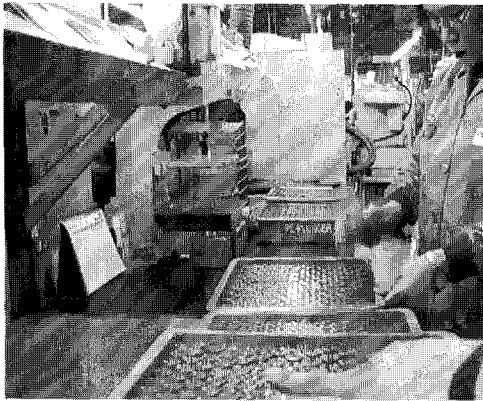
부피가 큰 제품의 경우 포장공정 없이 그대로 운반용 팔레트에 적재하고, 부피가 작은 제품의 경우 일정 개수의 제품을 박스에 담은 포장공정을 거치게 된다.

<그림 10>의 공정은 생산된 노즐을 운반용 박스에 담은 작업으로 노즐의 노출부위를 보호하기 위해 고무망치를 이용하여 캡을 삽입한 뒤, 이를 70개 단위로 박스에 넣는 공정이다. 이 공정은 8시간 기준으로 평균 4000개의 박스작업을 하는 관계로 그 반복도가 대단히 높다고 할 수 있다. 또한, 작업대 높이가 72cm로 작업자의 신장에 비해 낮은 편으로 이로 인해 목부위에 부하가 지대하게 발생하고 있는 특징을 보이고 있다. 또한, 제품 포장에 사용되는 래핑기의 작동버튼이 작업자로부터 멀리 떨어져 허리 및 팔 부위에 부하가 가중되고 있다.

<표 5>에서 QEC의 분석결과를 살펴보면 노출비율이 72.7%로 위험도가 가장 높은 그룹에 속하는 작업으로 평가 되었으며, 손, 손목 부위의 점수가 가장 크게 나타나 이 부위의 유해요인이 가장 크게 나타났다.

RULA는 상지의 팔뻗침 작업의 유해도를 평가하기 위해 실시하였으며, 평가결과 Action Level 5으로 RULA로 평가한 해당 작업의 상대적 위험도는 타 동작에 비해 다소 낮게 조사되었다. 이는 본 공정의 주요 유해요인은 팔뻗침 동작과 같은 작업자세의 문제점보다는 오히려 망치로 캡을 삽입하는 과정 등이 더 문제가 되고 있음을 의미한다고 할 수 있다.

따라서, 이 공정의 유해요인 개선에 있어서는 캡 삽입작업의 자동화 혹은 반자동화가 가장 효과가 클 것으로 예상할 수 있으며, 비용의 문제등으로 즉각적인 개선이 어렵다면 우선적으로 작업대의 높이를 작업자의 팔꿈치 정도로 높이고, 작동 버튼의 배치를 작업대 앞 쪽으로 이동하는 등의 개선안을 고려해 볼 수 있다.



<그림 8> 포장공정



<그림 9> 적치공정

<표 5> 인간공학적 평가도구를 사용한 포장공정의 분석결과

평가도구	QEC (Quick Exposure Checklist)			
	분석내용	허리	14	어깨/팔
손목/손		40	목	14
작업자 점수		26		
결 과	최종 합계	128		
	노출 수준	72.7 %		

<표 6> 인간공학적 평가도구를 사용한 적치공정의 분석결과

평가도구	QEC (Quick Exposure Checklist)			
	분석내용	허리	24	어깨/팔
손목/손		36	목	12
작업자 점수		9		
결 과	최종 합계	106		
	노출 수준	65 %		

평가 도구	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목, 몸통, 다리)	C분석 (근육, 무게)		최종점수
			행	열	
RULA	3	4	4	5	5

평가도구	OWAS	
분석내용	CODE : 42511	
결 과	AC값 : 4 즉시 개선 요망	

3.3.5 적치공정

이 공정은 완제품을 대차위에 5단으로 적재한 후, 적재가 완료된 대차를 인력으로 이동하는 공정으로 저단부의 적재시에는 작업점이 낮아 허리굽힘동작이 반복적으로 발생하게 된다.

<표 6>에서 QEC의 분석결과를 살펴보면 노출비율이 65%로 위험도가 가장 높은 그룹에 속하는 작업으로 평가 되었으며, 손, 손목 부위의 점수가 가장 크게 나타나 이 부위의 유해요인이 가장 큰 것으로 평가되었다. OWAS는 적치 작업시의 작업자세를 평가하기 위하여 사용하였으며, 부하수준(Action Categories)이 4로 평가되어 즉시 개선이 요망되는 수준으로 평가되었다.

이 공정의 경우 가장 큰 유해요인인 낮은 작업점 높이를 개선하기 위해 대차를 높이 조절식 테이블 리프트로 교체하는 것이 가장 효과가 클 것으로 예측되며, 그 밖에 롤러 컨베이어를 전동 컨베이어로 바꾸는 등의 개선안을 제시할 수 있다.

3.3.6 유해요인 부담작업 개선안 요약

대상 사업장은 디젤엔진용 연료분사 장치를 비롯한 디젤엔진용 부품을 조립하는 사업체로서 작업 공정 대부분이 자재를 투입하고, 자동화 라인 혹은 수동라인을 거쳐 조립한 뒤, 검사한 뒤 포장하여 적재하는 작업형태를 띄고 있다. 반자동화 라인의 경우 컨베이어 벨트 작업의 형태를 가지고 작업속도가 상대적으로 빠른 편이며, 공정상 인력으로 부품을 투입하거나 기기를 조작하는 작업의 형태가 많기 때문에 대부분 손과 손목, 어깨에 부하가 집중되는 특성을 보이고 있다. 이러한 작업장의 유해요인을 개선하기 위해서는 손과 손목작업의 반복도를 감소시켜주는 것이 우선적으로 고려되어야 한다. 이를 위해서는 유해도가 높은 공정부터 자동화의 도입을 검토할 필요가 있으며, 반자동화 라인의 경우 조작버튼등의 배치를 통해 팔뚝침 동작과 같은 부적절한 자세를 개선할 필요가 있다.

본 작업장의 경우 전체적으로 부품투입 혹은 저재를 위한 대차 혹은 박스와 라인사이의 배치가 부적절하여 작업자의 부담요인으로 작용하고 있으므로 설비개선을

통해 부품과 라인사이의 이동거리를 최소화해 줄 필요성이 있다. 또한, 전반적으로 작업점이 높이 및 작업점 수평거리가 멀어 어깨에 부담을 주고 있는 상황이므로, 설비개선을 통해 작업점의 높이 및 거리를 조정할 필요성이 있다. 또한, 정적 작업자세와 반복성 동작으로 인한 근육 이완을 위해 스트레칭을 활성화한다면 유해요인의 상당부분을 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

이와 같은 개선안은 비용대비 효과의 관점에서 우선순위를 결정하여 단기적 혹은 장기적으로 개선해 나가야 할 것이다.

4. 결 론

현 생산 공정의 근골격계 질환 유해요인을 조사한 후, 그 결과를 바탕으로 작업환경 개선안을 제시하였다.

이를 위해 먼저 증상 설문 조사를 통해 근로자들의 근골격계 질환 증상의 현황을 파악하였으며, 설문결과 약 76.5%의 작업자들이 증상경험자로 분류되었다. 부서별 조사결과로는 타 부서에 비해 상대적으로 부피 및 중량이 큰 제품을 생산하는 제조1팀과 2팀의 비율이 타 부서에 비해 높은 것으로 평가되었다.

또, 증상 경험자의 경우 대다수가 허리 부위에 통증을 느낀다고 응답한 작업자가 63%로 대다수를 차지하였으며, 증상의 빈도나 통증의 정도에 대한 조사결과 통증 유경험자 중 최소 47% 정도의 작업자가 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 있는 것으로 평가되었다.

작업 공정별 근골격계 부담작업의 유해요인 조사결과 작업의 특성상 대부분 손과 손목을 사용하여 자재를 투입하거나 조립하는 공정에 유해도가 큰 것으로 나타났으며, 설비의 부적절한 배치 및 부적절한 작업점이 작업자의 허리 및 손, 손목 등에 지대한 영향을 미치고 있는 것으로 조사되었다.

따라서, 이와 같은 사업체의 근골격계 부담작업의 유해요인 개선을 위해서는 작업점의 조절을 위한 작업대 높이조절, 작업발판의 제공, 높이 조절식 이동식 리프트 및 대차의 제공 같은 설비의 개선 및 재배치가 우선적으로 검토되어야 하며, 반복도가 높아 인력으로 작업하기에는 무리한 공정의 경우 순차적으로 반자동화

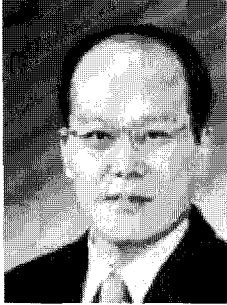
혹은 자동화하는 방안을 검토해야 할 것으로 판단되었다. 그 밖에 장시간의 정적 입식작업으로 인한 근육의 긴장을 완화하기 위한 탄성매트의 제공 및 입식의자의 제공 등도 고려해 볼 수 있으며, 스트레칭의 활성화 등도 개선안의 하나로 제시할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 사례연구를 통하여 본 사업장과 같은 디젤엔진용 부품 조립사업장에 있어서의 근골격계 질환의 유해요인과 이를 개선하기 위한 방안을 제시하였으며, 이는 비슷한 유형의 작업형태를 띠고 있는 사업장의 근골격계 질환 유해요인 조사 및 개선을 위한 접근방안 수립에 있어 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 본 논문은 특정한사업체를 대상으로 한 만큼 본 논문에서 적용한 조사방안 및 개선안을 개별 사업장에 적용할 경우에는 각 사업장별 상황에 맞도록 이를 수정 적용할 필요가 있다.

5. 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] 한국산업안전공단 안전작업 기술지침(KOSHA-CODE집), 2002.
- [6] 한국산업안전공단 안전작업 기술지침(KOSHA-CODE집), 2003.
- [7] 한국산업공단, 산업재해통계,
<http://www.kosha.or.kr>

저 자 소 개

양 성 환



숭실대학교 환경공학과에서 석사 학위, 아주대학교 산업공학과에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국재활복지대학 의료보장구과 교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 생체역학, 안전공학, 인간공학, 작업환경 개선 등이다.

주소: 경기도 평택시 장안동 5-3

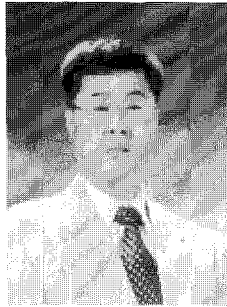
조 문 선



인하대학교 기계공학과를 졸업하고, 한국과학기술원(KAIST)에서 석, 박사학위를 취득하였다. 삼성전자(주)의 책임연구원을 거쳐 현재는 한국재활복지대학 의료보장구과 교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 산업안전, 시스템 규명 및 설계, 소음 및 진동 제어 등이다.

주소: 경기도 평택시 장안동 5-3

강 영 식



강원대학교 산업공학과를 졸업하고 아주대학교 산업공학과에서 석사, 박사학위를 취득하였다. 현재 세명대학교 보건안전공학과 교수로 재직중이며, 관심분야는 시스템 안전관리, 인간공학, FMS, 품질안전, 신뢰성 평가, 경제성 평가 등이다.

주소 : 충청북도 제천시 세명로 117번지