

자동차 부품 제조업체의 근골격계 질환 유해요인 조사

An Investigation of Musculoskeletal Disorders Risk Factors at an Autopart Company

강 영 식* · 양 성 환** · 조 문 선**

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

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 autoparts 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 autopart company and the same business field with similar working conditions and process.

1. 서 론

최근 근로복지공단에서 인정된 전체 업무상 질병자 중 근골격계 질환자 수는 2002년 1,827명에 불과하던 것이, 2007년 7,723명으로 대폭 증가하였다[8]. 이와 같이 우리나라의 근골격계 질환자 수는 3년마다 도래하는 근골격계 유해요인 조사 시점과 맞물

* 세명대학교 보건안전공학과

** 국립한국재활복지대학 의료보장구과

린 질환자 수의 증감요인을 제외한다면 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, 2007년을 기준으로 보면 전체 업무상 질병자수의 67.3%가 근골격계 질환자에 해당할 정도로 그 중요도는 매우 높아져 가고 있는 실정이다. 따라서 기업들의 근골격계 질환 유해요인 조사에 대한 관심은 지속적으로 증가할 수 밖에 없는 환경이 조성되고 있으며, 사업장 내 설비의 신설 및 개선에 있어서도 작업자들의 근골격계 질환 유해요인 감소가 중요한 인자로 부각되고 있다. 하지만 이러한 유해요인 부담작업의 감소를 위한 설비의 개선에 있어서 가장 큰 난점은 업종별로 작업방법이 상이하다는 데에 있으며, 이는 곧 업종별, 작업형태별로 개선방법이 달라야 함을 의미한다. 본 논문에서는 경기도 지역에 위치한 중소 자동차 부품 제조업체 11개를 대상으로 한 근골격계 부담작업 유해요인 조사 및 설비개선 방안도출에 관한 사례연구를 통하여, 비슷한 유형의 생산현장에 대한 조사 및 개선 방법에 대한 노하우를 공유하고자 한다. 이를 위한 방안으로 먼저 설문조사를 통하여 작업자들의 근골격계 질환의 전반적인 증상을 파악한 후, 인간공학 적 평가기법을 사용하여 주요 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 경기도 지역에 위치한 11개의 소규모 자동차 부품 제조업체에 근무하는 현장근로자 493명의 현장근로자를 대상으로 이루어졌으며, 해당 사업장은 자동차에 사용되는 캠, 샤프트, 엔진본체, 안전벨트 등을 생산하여 완성품 업체에 납품하는 중소 사업장이다. 유해요인 조사는 11개 사업장내의 전 현장 근로자들을 대상으로 하여 근골격계 관련 질환 증상의 설문조사를 실시를 통하여 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. 근로자와 조사자의 관찰결과로부터 근골격계 노출의 위험정도를 정량적으로 파악하기 위하여 QEC(Quick Exposure Checklist)를 사용하였으며, 작업 형태에 따라 작업자세가 문제가 되는 경우에는 즉, 작업 형태에 따라 상지쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment : 이하 RULA)를 사용하였으며, 하지쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 OWAS(Ovako Working posture Analysing System : 이하 OWAS)[3]를 사용하였으며, 상하지가 모두 문제가 되는 작업자세의 경우에는 REBA(Rapid Entire Body Assessment)[2]를 사용하였다. 평가

를 위해 모든 작업 모습을 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 작업장들은 라인의 대부분이 반자동화가 되어 있는 상태이며, 제조공정은 품목별로 다소 상이하나, 공통적으로 자재투입 → 가공 → 조립 → 검사 → 포장 → 출고의 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 및 결과요약

설문은 한국산업공단의 근골격계 질환 증상조사표 (KOSHA CODE H-30-2003)를 사용하여, 11개 사업장 내의 모든 현장근로자를 대상으로 실시하였다. 총 참여인원은 293명으로 전체 현장근로자 중 78.1%의 작업자가 설문에 응답하였다.

설문조사 결과를 살펴보면 응답자 중 74.2%의 작업자가 증상을 경험 하는 것으로 조사되었으며, 유경험자 중 65.3 %의 작업자가 어깨부위에 통증을 느끼고, 허리, 목, 다리 순으로 통증순위가 조사되었다. 따라서 조사대상 작업장에서 가장 큰 위험요인은 중량물 작업 등으로 인한 작업형태상의 문제점 및 작업점 등의 등의 문제점을 내포하고 있을 것으로 추정해 볼 수 있다.

통증의 지속기간에 대한 설문조사에서는 근골격계 질환 유경험자 중 48.1 %의 작업자가 1주일 이상의 통증지속기간을 가지는 것으로 나타났으며, 근골격계 질환 유경험자 중 80.8%의 작업자가 중간정도 이상의 통증을 호소하고 있음을 알 수 있다. 또한, 증상의 빈도측면에서 1달에 1번 이상 증상이 나타나는 유경험자는 전체의 66.3%로 나타났다. (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)

증상에 관련된 설문조사를 종합해 보면 유경험자 중 최소 48.1%, 전체 근로자를 기준으로 했을 경우 전체 근로자의 34.6%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 11개 대상 사업장의 완전 자동화 공정을 제외한 전체 공정을 대상으로 실시하였다. 각 사업장의 생산품에 따라 세부적인 공정은 다소 상이했으나, 대체적으로 <표 2>와 같은 공정을 거쳐 제품을 생산하고 있다. 본 연구에서는 각 공정의 작업특성을 고려하여 근골격계 부담 작업에 대한 유해요인 조사를 실시하였으며, 평가결과에 따라 적절한 개선대책을 제시하였다. 3.3.1~6절에 주요 공정에 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. <그림 1>에서 문제가 되는 자재 투입공정을 살펴보면, 원재료를 라인에 투입하는 과정에서 바닥에 적재되어 있는 다양한 무게의 원재료(2~20kgf)를 인력으로 인양하여 라인에 투입하는 공정으로 작업시 작업자의 과도한 허리 움직임이 요구하고 있으며, 재료의 손잡이가 따로 없어 파지시 상당한 악력이 요구되며 바닥에 적재되어 있는 부품상자에서 부품을 바로 인양하므로 과도한 인력을 요구하는 문제점을 가지고 있다.

<표 2>에서 이 공정에 대한 REBA 분석결과를 살펴보면 평가결과 최종점수 8점으로 Action Level 3에 해당되어, 해당 공정의 위험도는 빠른 시일 내에 개선이 필요한 수준으로 평가되었다.

이와 같은 자재투입 공정에서 개선방안은 우선 부품박스의 높이를 컨베이어 벨트와 평행하게 놓고 작업할 수 있도록 높이조절형 이동식 대차를 사용하여 인양거리를 최소화하는 방안을 우선적으로 검토할 수 있으며, 자재인양 시 미끄럼 방지용 장갑을 사용함으로써 파지 시 악력을 상당부분 감소시키는 방향으로 작업방법 및 설비를 개선할 수 있다.



<그림 1> 자재투입 공정

<표 2> 인간공학적 평가도구를 사용한 자재투입 공정의 분석결과

평가 도구	REBA			
분석 내용	몸통, 목, 다리평가	5	Load /Force	3
	위팔, 아래팔, 손목평가	1	Coupling	1
	Activity Score		0	
결 과	최종 점수		8	
	노출 수준		3(위험 높음)	

3.3.2 가공공정

가공공정은 투입된 원자재를 이용하여 작업도구 및 공작기계로 연삭, 면취, 용접 등의 가공을 하는 공정으로, 이 공정에서의 주요 문제는 주로 반자동화 혹은 수동라인에서 인력으로 가공을 하는 부분이다. <그림 2>는 수동 연삭공정으로, 이 공정은 작업시 작업점이 낮아 작업자가 목을 아래로 구부린 상태에서 지속적으로 작업하는 형태를 띠고 있으며, 작업물의 크기가 비교적 크고 작업대가 일반 책상형태의 작업대여서 뒷면을 연삭하기 위해 작업자가 허리를 비튼 상태에서 작업해야 하는 문제점을 내포하고 있다.

<표 3>에서 이 공정에 대한 RULA 분석결과를 살펴보면 최종점수가 7점으로 즉시 개선을 요망하는 수준임을 알 수 있다.

이 공정의 개선안으로는 우선 작업면을 기울일 수 있는 구조로 변경하거나, 파워 그룹 형태로 파지할 수 있는 손잡이 구조를 가지는 수공구로 교체함으로써 어깨 들림과 목 구부림을 예방할 수 있으며, 작업대를 회전이 가능한 형태로 바꿈으로써 작업물의 뒷면 혹은 옆면을 작업하기 위한 부적절한 자세를 예방할 수 있다. 또한, 수공구 사용시 카운터발란스 등을 설치함으로써 손목부담을 경감하는 방안도 고려할 수 있다.



<그림 2> 가공공정

<표 3> 인간공학적 평가도구를 사용한 조립 공정의 분석결과

평가도구	RULA			
분석 내용	위, 아래팔 손목/Twist	8	목, 몸통, 다리	6
	근육사용	2	무게, 하중	1
결 과	최종 점수		7	
	노출 수준		4(즉시개선)	

3.3.3 조립공정

조립공정은 대부분 정적인 자세로 가공이 완료된 부품을 이용하여 반자동화 혹은 자동화 라인상에서 이루어지는 공정으로, 비교적 작업속도가 빠르며 반복도가 높은 것이 특징이다.

<그림 3>은 반제품으로 입고된 안전벨트 부품을 조립하여 박음질하는 공정으로 1일 평균 300~400개 정도를 반복적으로 수행하여 손과 손목에 무리가 갈 수 있는 공정이다.

<표 4>에서 RULA의 분석결과를 살펴보면, 최종점수가 6점으로 빠른 시일 내에 개선을 요하는 것으로 평가되었다.

이 공정의 경우 속도가 빠르고 반복도가 높는데 입식 작업의 형태를 띄고 있어, 직접적으로 무리가 가는 손과 손목이외에도 허리와 하지의 부담도 큰 작업이다. 따라서 해당작업의 경우 작업점을 낮추어 좌식으로 작업할 수 있도록 설비를 개선하는 것이 가장 좋은 방안이며, 차선책으로는 입식의자를 사용하는 방안도 고려해 볼 만하다.



<그림 3> 조립공정

<표 4> 인간공학적 평가도구를 사용한 조립 공정의 분석결과

평가 도구	RULA			
	분석 내용	위, 아래팔 손목/Twist	3	목, 몸통, 다리
근육사용		1	무게, 하중	1
결 과	최종 점수		6	
	노출 수준		3(빠른 시일내에 개선)	

3.3.4 검사공정

검사공정은 완제품을 대부분 자동화된 검사기기를 이용하여 검사하는 공정으로 주로 검사기기에 완제품을 투입하고 빼내는 작업에 인력이 투입된다.

<그림 5>는 완성된 자동차용 키박스 완제품을 전방의 완성검사기에 올려놓고, 케이블을 오른손으로 잡고 밀어 끼운 뒤 버튼을 누른 후, 오른손으로 열쇠를 제품에 끼워 전방 표시장치에 나타난 검사결과를 관찰하면서 1, 2 수지의 핀치그립 자세로 오른손으

로 키를 3회 반복회전, 검사작업을 한 뒤, 제품 케이스를 들어서 테이프 작업을 한 뒤 우측에 있는 제품 상자에 담는 작업공정이다. 해당 작업은 스위치 조작을 위해 손가락 및 손목을 반복적으로 사용하는 동작이 가장 문제가 되며, 이 과정에서 전반 표시장치 관찰시 목 부위가 뒤로 젖혀짐으로 인한 부담도 발생하고 있다. 또한, 오른손으로 열쇠를 회전하는 반복 동작 시 1, 2 수지에 과도한 부하가 가중되는 문제점도 가지고 있다.

<표 5>에서 QEC의 분석결과를 살펴보면 노출비율이 66%로 위험도가 가장 높은 그룹에 속하는 작업으로 평가 되었으며, 손, 손목 부위의 점수가 가장 크게 나타나 이 부위의 유해요인이 가장 큰 것으로 평가되었다. 손, 손목의 부하를 살펴보기 위한 SI 평가결과는 60.8로 평가되었으며, 이는 손과 손목에 가중되는 부하의 경우 그 위험도가 매우 높음을 의미한다.



<그림 4> 검사공정

이와 같이 반복도가 높으며 인력으로 작업하는 것이 사실상 불가능한 공정의 경우 해당 공정의 자동화를 우선적으로 고려하는 것이 바람직 할 것으로 보인다.

<표 5> 인간공학적 평가도구를 사용한 포장공정의 분석결과

평가도구	QEC			
분석내용	허리	14	어깨/팔	34
	손목/손	40	목	14
	작업자 점수		14	
결 과	최종 합계		102	
	노출 수준		65.9%	

평가도구	Strain Index			
분석내용	노력의 정도	3	분당노력의 횟수	12
	노력지속시간(%)	70	손/손목자세	3
	작업속도	4	하루 작업시간	8
결 과	SI점수		60.8	

3.3.5 포장 및 적재공정

포장 및 적재공정의 문제점은 라인상에서 포장한 뒤 이를 적재하는 과정에서 작업점의 차이로 인해 발생하거나, 포장과정에서 작업속도 및 작업점의 문제로 인해 발생한다.

<그림 5>의 공정은 완제품 박스를 담기 위해 포장박스를 조립하는 공정을 보여주고 있으며, 박스작업이 바닥에서 이루어지고 있어, 허리에 막대한 부하가 걸리는 작업형태를 띠고 있다.

<표 6>에서 RULA 분석결과를 살펴보면 최종점수가 7점으로 즉시개선을 요망하는 수준임을 알 수 있다.

이 공정의 경우 작업점이 문제이므로, 이를 개선하기 위해 작업대를 설치하는 것이 가장 우선적으로 고려해야 할 사항이다.



<그림 5> 포장공정

<표 6> 인간공학적 평가도구를 사용한 포장공정의 분석결과

평가도구	RULA			
	분석 내용	위, 아래팔 손목/Twist	6	목, 몸통, 다리
근육사용		1	무게, 하중	1
결 과	최종 점수		7	
	노출 수준		4(즉시 개선)	

3.3.6 자동차 부품 제조업체의 공정별 특징 및 개선안 고찰

자동차 부품 제조업체의 공정별 특징 및 개선안을 다시 한 번 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 생산품의 성격상 중량물을 취급하는 공정이 대다수로 작은 크기의 부품을 생산하는 몇몇 업체를 제외하고는 대부분의 사업체는 중량물을 취급할 수밖에 없는 구조를 가지고 있다. 따라서 설비를 개선하고자 할 때에는 이러한 중량물을 운반, 적재할 수 있는 이동식 리프트, 높이조절형 대차, 회전형 작업대, 소형 크레인 등의 설치를 개선 우선순위에 따라 고려해야 할 것이다.

둘째, 공구의 사용빈도가 타 업종에 비해 높은 편으로, 타업종에서 공구의 대부분이

자동화 기계를 통해 사용되는데 반해, 자동차 부품 제조 업종에서는 인력으로 공구를 이용하여 수동으로 가공하는 공정이 많은 특징을 보이고 있다. 따라서 작업면과 작업 방향을 고려하여 어깨와 팔꿈치가 정적 중립자세에서 작업할 수 있도록 인간공학적으로 설계된 수공구를 사용할 것을 고려해야 한다.

셋째, 반자동화 라인의 경우에는 타 업종과 마찬가지로 작업속도가 빠른 편으로 입식작업의 경우 피로예방매트와 입식의자를 채용하여 작업자의 피로를 경감해 줄 필요성이 있다. 또한, 반자동화 라인의 경우 부품적재대와 라인사이의 이동동선을 최대한 짧게 배치하여, 작업시 불필요한 동작이 발생하지 않도록 설비의 레이아웃을 개선할 필요가 있다.

마지막으로, 검사공정과 같이 자동화 기계를 사용하되 부분적으로 인력이 투입되는 공정의 경우 유해요인 조사를 통해 유해도를 조사하여 그 결과에 따라 우선적으로 완전 자동화를 고려해야 한다.

이상과 같은 사항들을 잘 고려하여 개선안을 수립하여야 하며, 개선의 우선순위는 비용대비 효과의 관점에서 결정하여, 단기적, 장기적으로 개선해 나가야 한다.

4. 결 론

자동차 부품 제조업체의 경우 생산하는 제품의 특성상 다른 업종에 비해 인력작업의 비중이 높은 편이다. 또, 상당부분의 생산품이 중량물에 해당하며, 이로 인해 근골격계 질환 유해요인도 타 업종에 비해 높을 것으로 예측할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 근골격계 질환 유해요인 감소의 관점에서 자동차 부품 제조업체의 설비개선 방안을 살펴보았다. 이를 위해 먼저 증상 설문 조사를 통해 근로자들의 근골격계 질환 증상의 현황을 파악하였으며, 약 74%의 작업자가 근골격계 질환에 대한 유경험자로 조사되었으며, 전체 작업자 중 35%의 작업자가 근골격계 질환이 의심되거나, 질환으로 발전될 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

작업 공정별 근골격계 부담작업의 유해요인 조사결과 작업의 특성상 중량물을 취급하는 공정이 많았으며, 공구의 사용하는 작업이 많은 특징을 보이는 것으로 관찰되었다. 또한, 반자동화 혹은 자동화 라인의 경우 작업속도가 빠른 편으로 나타났으며, 많은 작업장이 정적 입식작업의 형태를 띠는 것으로 관찰되었다.

따라서 이와 같은 사업체의 근골격계 부담작업의 유해요인 개선을 위해서는 작업점의 조절과 같은 중량물 인양을 위한 높이조절용 리프트, 이동형 크레인 등의 설비개선이 필요한 것으로 판단되며, 인체공학적 공구의 채용도 같이 고려되어야 할 것으로 볼 수 있다. 또한, 반복도가 높아 인력으로 작업하기에는 무리한 공정의 경우 순차적으로 자동화하는 방안을 검토해야 할 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서는 자동차 부품 제조업체 중 11개 업체만을 대상으로 하였기 때문에 여기에서 고려하지 못한 공정이나 작업형태도 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 결과가 모든 자동차 부품 제조업체의 설비개선에 완벽한 해답을 줄 수 없을지는 몰라도, 동 업종의 근골격계 질환 유해요인 조사 및 개선을 위한 접근방안 수립에 있어 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

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), pp. 91-99, 1993.
- [2] McAtamney, L., Hignett, S., “REBA: a rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders”, *Proceedings of the Ergonomics Society of Australia*, pp. 45-51, 1995.
- [3] 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 pp. 94-110, 1994.
- [4] 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), pp. 443-458, 1995.
- [5] United Auto Workers-General Motors Center for Human Resources, “UAW-GM Ergonomics Risk Factor Checklist RFC2”, Health and Safety Center, 1998.
- [6] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA- CODE집), 2002.
- [7] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA- CODE집), 2003.