

인간공학적 작업장 분석 및 공정개선 사례

박해천 · 정문조*

조선대학교 공과대학 산업공학과 · *삼성광주전자

1. 서론

현대 산업사회는 첨단 산업기술의 발전으로 많은 생산시설이 자동화 되고, 작업형태 또한 생산성을 높이기 위한 택트타임(tact time) 분석으로 작업이 더욱 세분화되고 있으며, 이로 인해 작업자의 특정 신체부위만 집중적으로 사용하는 단순 반복작업이 크게 증가하고 있다. 그 결과 작업자가 어깨, 허리, 손목 등에 통증을 호소하는 근골격계질환이 계속 증가하는 추세에 있다. 노동부 자료[1]에 의하면 근골격계질환자 수가 2000년 1,009명, 2001년 1,598명이고 2002년 상반기만 1,069명으로 점차 증가 추세를 보이고 있으며, 2002년 한해 동안만 ○○중공업 253명, ○○조선 158명, ○○자동차 78명의 근골격계질환자가 발생하여 산업재해 판정을 받음으로써, 이로 인한 노동력 상실 및 막대한 비용 손실로 인해 심각한 사회적인 문제로 대두되고 있다[2].

미국의 경우 근골격계질환이 1981년의 23,000건에서 1995년도에는 약 13.4배 증가한 308,200건으로 전체 직업병 건수에서 62.3%를 차지할 정도로 증가하였으나, 90년대 들어 자동차산업을 중심으로 예방을 위한 다각도의 노력을 한 결과 1994년을 정점으로 질환발생이 감소 추세로 접어들고 있다. 또한, 산업안전보건청(OSHA)은 2002년 4월 5일 근·골격계 질환을 획기적으로 줄이기 위한 포괄적인 계획을 발표한 바 있다.

특히 우리나라의 경우, 노동부는 금년 7월부터 사업주에게 "단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업"에 대한 건강장해 예방의무를 부과하는 것을 주요 골자로 하는 산업보건기준에 관한 규칙 개정안을 입법 예고하였으며, 이외에도 예방전담반을 편성하여 「작업관련성 근골격계질환 고위험사업장에 대한 중점관리」를 시행하고[3], 현재의 작업관련성 근골격계질환자 통계의 미비점을 보완하기 위한 「작업관련성 근골격계질환 조기 발견체계」 구축 운영, 근골격계질환 예방관리 전문화를 위한 「인간공학 전문가 양성계획」을 마련 추진 중에 있다.

현재 국내에서는 대기업을 중심으로 근골격계질환에 대한 위험성을 인지하고, 이에 대한 예방활동 및 인간공학적인 분석과 개선을 추진하는 등 많은 노력을 기울이고 있는 것으로 알려져 있으나, 아직까지 근골격계질환의 예방을 위한 작업조건, 인간공학 적 작업설계 등에 대한 기준 및 구체적인 지침이 마련되지 못하고 있는 실정으로서 단순반복작업 공정의 작업자들은 대부분 근골격계질환에 대한 인식이 부족한 것으로 나타나고 있다. 일반적으로 근골격계질환을 유발하는 위험요인은 불안정한 자세, 작업대 높이, 부품의 무게 등을 고려하지 않은 부적절한 작업설계에서 비롯된다고 볼 수 있다[4].

따라서 본 연구는 사례연구를 통해 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 작업장 분석과 인간공학을 적용하여 개선하고자 한다.

2. 인간공학적 작업장 분석

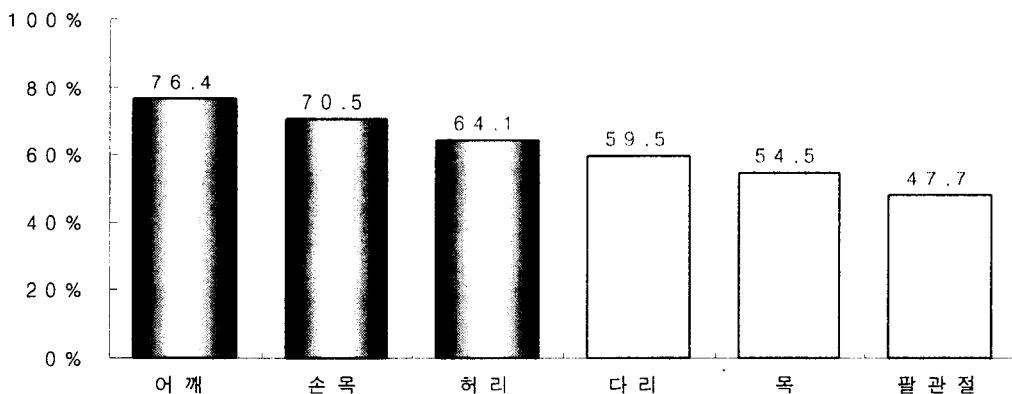
본 연구는 인간공학적 작업장 분석을 위해 다음 두가지 단계로 이루어졌다. 첫째, 설문지를 통해 근골격계질환의 증상유형, 발생시점, 유발 원인, 증상강도 등을 파악한 뒤, 그 데이터를 분석한다. 둘째, 실제 개선 대상을 선정하고 앞선 연구결과를 바탕으로 작업분석(task analysis)과 작업장측정(workplace measurement)을 실시·분석을 통해 인간공학적 설계해 본 뒤, 그 개선 성과를 알아보았다[5]. 이 때 개선 대상은 현 S기업의 설비라인 중에 위험도가 높은 제조공정을 우선 선정하였다.

2.1 단계1 : 설문조사

본 연구에서의 조사는 사내의 S기업의 냉장고, 청소기, 김치독, 자판기부품 제조현장(협력사 포함)에서 근무하는 260명(20대 중반~40대 초반)을 대상으로 하였다.

2.1.1 근골격계 질환발생 예상 유형

본 연구는 근골격계 질환발생 예상 유형을 알아보기 위해 근골격계질환의 유형 및 증상 등에 관한 총 14개 항목에 대해 조사하였고, 그 결과는 다음 [그림1]과 같다.



[그림1] 근골격계 질환발생 예상유형

[그림1]을 보면, 근골격계질환 발생이 예상되는 부위는 먼저 어깨가 76.4%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 손목(70.5%), 허리(64.1%)의 순으로 나타났다.

2.1.2 증상 발생시점

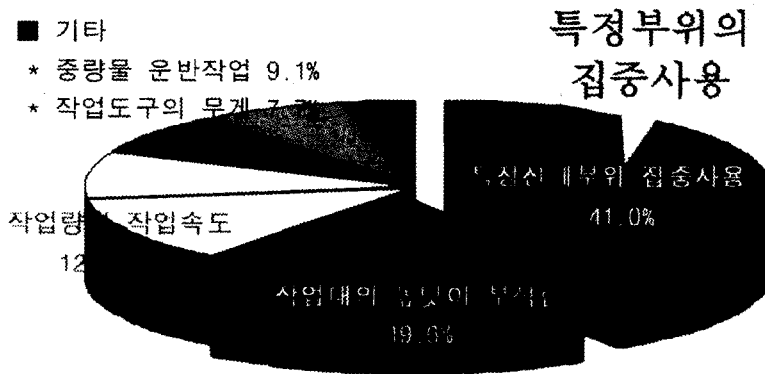
본 연구는 증상 발생시점을 알아보았는데, [표1]과 같이 증상 발생시점이 응답자의 54.6%가 작업공정 투입 후 6개월 이내에 통증을 느끼기 시작한 것으로 나타났다. 그 다음으로는 6개월에서 1년, 1년에서 2년 순으로 나타났다.

[표1] 증상 발생시점에 대한 설문조사 결과

	응답 인원 (명)	분포율 (%)
6개월 이내	142	54.6
6개월 ~ 1년	43	16.5
1년 ~ 2년	27	10.4
2년 ~ 3년	19	7.3
3년 ~ 4년	17	6.5
5년 이상	12	4.6
총 계	260	100.0

2.1.3 근골격계질환 유발 원인

본 연구의 근골격계질환 유발원인에 대한 분석[6]으로 한정된 공간내에서 특정부위의 집중사용으로 인한 것이 41%로 가장 높게 나타났으며, 작업대의 높낮이 부적합 (19.6%), 작업량과 속도(12.1%) 기타 중량물 운반(9.1%)순으로 나타났다[그림2].



[그림2] 근골격계질환 유발원인

2.1.4 증상강도 분포

본 연구는 증상강도 평가를 알아보기 위해 9개 항목으로 구성하였으며, 이 항목의 점수를 합산하여 수치화하였다. [표2]는 사내외 4개의 부품제조현장의 증상강도 분포를 타낸 것이며, 증상의 강도에 대한 정량적 평가 결과가 21점 이상의 분포율이 57.3%로 나타났다.

[표2] 증상강도 분포

	냉장고 부품제조	청소기 부품제조	김치독 부품제조	자판기 부품제조	총인원 (명)	총분포율 (%)
26점 이상	24	23	9	8	64	24.6
25~21점	36	31	10	8	85	32.7
20~16점	29	18	7	7	61	23.5
15~11점	9	9	7	3	28	10.8
10점 이하	3	2		4	9	3.5
통증 없음	8	5	0	0	13	5.0
총인원 (명)	109	88	33	30	260	100.0

- 26점이상(우선개선 대상공정) : 작업시 통증 및 저림증상이 간헐적으로 반복됨
- 25~21점(개선필요 대상공정) : 작업 중 약간의 통증을 수반하며 부었다 회복됨
- 20~16점(관찰대상 공정) : 작업 중 약간의 통증을 느끼나 생활에 지장은 없음
- 15~11점 : 약간 불편한 정도이나 작업에 열중할 때는 못 느낌
- 10이하 : 작업에 따라 다르나 가끔 근육이 빠근해 지는것을 느낌
- 통증 없음 : 작업으로 인한 증상 없음

2.1.5 결론

사내외 4개의 부품제조 현장(냉장고, 청소기, 김치독, 자판기)의 260명에 대한 근골격계질환 설문조사 및 건강관리실 이용현황, 그리고 현장분석을 통한 결과로 질환발생원인으로는 단순반복작업, 작업환경 부적합 등으로 나타났고, 질환발생 예상유형으로는 어깨, 손목, 허리 등의 순서로 나타났다. 또한, 증상강도가 21점 이상인 분포율(32.7%)과 26점 이상(24.6)이 전체 분포의 57.3%를 점유하고 있어[7] 근골격계질환의 위험도가 높다고 판단되었다. 이에 대해 증상의 위험도가 26점 이상인 공정에 대해 개선대상 1순위, 21점 이상인 공정에 대해 개선대상 2순위로 선정하여 작업자 교육 및 예방법[8] 등을 집중 계도하였고, 단계별 개선활동을 추진하였다.

2.2 단계2 : 인간공학적 설계 및 분석

본 연구는 인간공학적 설계·분석을 위해 먼저 작업 분석(task analysis)과 작업장 측정(workplace measurement)을 실시·분석하므로 개선점을 찾았고, 실질적으로 인간공학적 설계 및 분석을 적용하여 개선한 뒤, 그 효과를 알아보았다. 개선 대상으로는 첫 번째 단계에서 나타난 증상강도 분포도가 26점 이상인 공정을 우선 선정하였으며, 본 연구에서 적용한 인간공학적 분석 기법은 다음[표3]과 같이 정리하였다.

[표3] 본 연구에서 적용한 인간공학적 분석 기법



적용 기법	평가 항목	적용
OWAS	- 정적인 자세 (머리, 상지, 하지)	정적인 자세
RULA	- 불편한 자세 (목, 몸통, 팔, 다리, 손목) - 근육의 사용 (정적/ 동적) - 근육의 힘	반복적인 작업
SI	- 상지의 작업자세 (노출된 작업자와 그렇지 않은 작업자)	반복적인 작업

2.2.1. 개선 사례



(1) 에바 용접공정 대차 적재 방법 개선사례

개선전	개선후
	
문 제 점 위 험 - 에바대차 높낮이 조정이 안되어 하단 적재부 사용시 허리를 구부림 - 일일 작업량: 650대 이상	개 선 효 과 - 에바대차 높이 조절용 리프트를 설치하고 작업자가 조정 가능토록함 - 대차에 낙하 방지용 카바 부착
- 허리 구부림으로 요통발생(90°) - 적재부품 낙하됨	- 허리 구부림 제거(0°) - 요통 및 부품낙하 위험예방
◆ 평가결과(OWAS): AC 3 수준으로 근골격계에 유해한 수준으로 개선 요구됨	


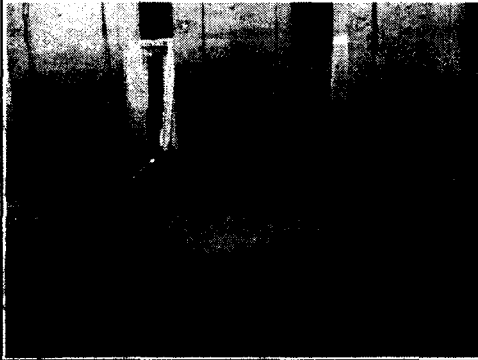
(2) 조립공정 드라이버 개선사례

개선전		개선후	
			
문 제 점	- 드라이버를 작업자 후면에 놓음 - 중량 드라이버 사용(무게:1.3kg) - 일일 작업량: 650대 이상	개 선	- 드라이버 집을 허리에 부착 - 초 경량 드라이버로 교체 (무게: 0.8 Kg)
위 험	- 허리 비틀림으로 요통발생(180°) - 중량 드라이버로 근골격계질환 발생	효 과	- 허리 비틀림 제거 (0°) - 요통예방 및 근골격계 질환예방
◆ 평가결과(Strain Index): 스트레인 지수 5.06으로 상지질환이 초래될 가능성 높음			

(3) 드레인 조립작업 개선사례

개선전		개선후	
			
문 제 점	- 부품 및 드라이버를 들고서 작업하고 부품 적재장소까지 이동 - 일일 작업량: 1100대 이상	개 선	- 이동식 부품 다이 및 드라이버집 사용
위 험	- 이동거리 과다로 피로 증가 (2m)	효 과	- 불필요한 작업 및 이동거리 제거 - 피로감소 및 작업시간 단축
◆ 평가결과(Strain Index): 스트레인 지수 5.06으로 상지질환이 초래될 가능성 높음			

(4) 냉장고 상하역작업 개선사례

개선전		개선후	
			
문 제 점	- 수리제품 상하역시 인력으로 무리하게 작업 - 일일 작업량: 110대 이상	개 선	- 수리제품 상하역 작업용 공압리프트를 설치
위 형	- 무게: 134 Kg, 콘베어높이: 600 mm - 중량물 취급으로 근골격계, 요통 발생	효 과	- 무리한 중량물 취급작업 제거 - 근골격계 질환 및 요통 예방
◆ 평가결과(RULA): 총점 5점으로 조속한 작업개선이 요구됨			

(5) 냉장고 도아 디스플레이 부착공정 자재대차 개선사례

개선전		개선후	
			
문 제 점	- 단위작업 당 부품을 콘베어 위에 놓고 작업함 (부품수 5개) - 일일 작업량: 650대 이상	개 선	- 부품다이를 작업위치에 맞게 이동식으로 사용 - 단위작업 당 부품을 한 장소에 적재
위 형	- 허리 구부림으로 요통발생 (90°) - 단위 작업마다 이동 및 허리 구부림	효 과	- 이동거리 및 허리 구부림 제거(0°) - 요통예방 및 피로감소
◆ 평가결과(OVAS): AC 3 수준으로 근골격계에 유해한 작업수준으로 조속한 개선이 요구됨			

3. 결 론

본 연구에서는 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 관리시스템 적용사례를 중심으로 작업환경에 대한 위험성을 평가하고 그 위험요인을 개선하는데 초점을 맞추었다. 예를 들면, 과거에는 제조라인 설계시 생산성 향상 및 물류 흐름 위주로 우선 설계되는 경향이 많았으며, 작업자의 입장에서 작업방법, 작업도구, 작업대 위치 및 높이 등이 적합하지 않은 경우가 많았다. 그러나 실질적인 생산성 및 품질향상의 효과를 거두기 위해서는 작업도구, 작업방법, 투입자재, 작업자의 신체특성 등을 고려하여 작업자의 신체에 부담을 주지 않는 가장 편안한 조건을 제공하기 위한 인간공학적 설계가 반드시 선행되어야 하고, 인간공학적 분석을 통해 작업도구, 부품대차 등과 같이 작업자가 직접적으로 사용하는 것들에 대한 규격 및 기준을 표준화해야 할 것이다[9].

또한 주기적으로 인간공학적 위험성 평가를 실시하여 위험성이 높은 공정에 대해 우선 개선을 실시하고 그 결과에 대한 재평가를 실시함으로써 점차적으로 위험성을 낮추기 위한 지속적인 개선활동을 실시하고, 인간공학적 작업환경 구축을 위한 기준 마련과 엄격한 프로세스 관리로 각 제조현장의 특성에 맞는 프로그램이 정착할 수 있도록 각별한 노력을 기울여야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 노동부, 2001년 산업재해 현황, 2002
- 2) 노동부, 1999-2002 산업재해분석, 2000-2002
- 3) 노동부, 단순반복작업 근로자 작업관리지침, 1998
- 4) 임종근, “근골격계질환 발생현황과 예방대책”, 월간 무재해, 2002
- 5) ANSI, Control of Work-Related Cumulative Trauma Disorders, Working Draft Z-365, 1996
- 6) Davis, K.G., Marras, W.S. and Waters, T.R., “Reduction of spinal loading through the use of handles, *Ergonomics*”, 41, 1155-1168, 1998
- 7) 한국산업안전공단, 인간공학적 작업장 개선, 2002
- 8) 장기언, “근골격계 질환의 의학적 판정 및 사후관리”, 2002
- 9) NIOSH, Elements of Ergonomics Program, 1997