

조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안

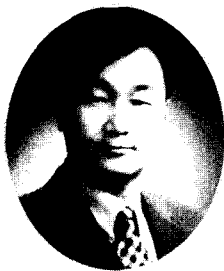
1. 머리말

노동부의 보고에 의하면 최근의 산업재해의 증가는 근골격계질환(Musculoskeletal Disorders ; MSDs)과 같은 작업관련성 질환이 차지하는 비중이 가장 큰 것으로 알려져 있다(노동부 2002). 이러한 근골격계질환은 매년 급증하는 추세에 있고, 향후에도 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있으며, 최근 들어 우리나라에서 가장 중요한 산업보건문제로 대두되고 있다. 특히 업무관련성 근골격계질환의 증가로 인하여 생산성 저하, 근로의욕저하, 품질저하 등의 경영손실은 물론 직접 의료비의 부담과 직원들의 보상 및 작업조건 개선에 대한 요구는 점차 증가하고 있으며, 노·시간의 쟁점사항으로도 부각되고 있는 상황이다.

작년부터 조선업에서도 근골격계질환 등 작업관련성 질환이 급증하고 있다. 2002년의 경우에는 현대중공업과 대우조선에 근골격계질환이 집단적으로 발생하였고, 전체적으로 479명이 발생하여 조선업 근골격계질환자수가 전업종의 근골격계질환자수의 약 26%에 달하고 있는 것으로 나타났다.

이러한 문제에 대응하기 위해 정부는 근골격계질환 예방을 위해 “사업주의 신체 부담 작업에 의한 건강장해 예방조치 의무화”를 산업안전보건법에 명시한 법을 개정하였고, “산업보건기준에 관한 규칙”제13편에 “근골격계 부담 작업에 의한 건강장해 예방”을 마련하고 공청회의 개최를 통하여 입법화하였다. 이에 대해 기업측에서는 기본적으로 보건규칙이 모델로 삼고 있는 인간공학 프로그램 규칙을 준수하는데 필요한 비용과 정확한 경제적 타당성이 입증되어야 한다고 주장하고 있다. 노동 조합측은 이런 보건규칙이 노동강도 강화 요인, 즉, 인력, 작업량, 노동시간 및 휴식시간, 작업조직 및 체계, 생산공정 및 기술 등 집단적 작업환경에 대한 예방 대책을 포함하여야 한다고 주장하고 있다(이관석 등 2002).

이와 같은 논란을 해결하기 위해서 관련 제도, 법규, 경제적 평가 및 보상제도 등을 중심으로 한 논의는 많이 이루어지고 있으나, 근골격계질환의 유해요인에 대한 조사 및 평가를 위한 공학적 접근은 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 고에서는 근골격계질환에 대한 개요와 조선소 근골격계질환의 현황을 살펴보고, 공학적 관점에서 조선소에서 발생하는 근골격계질환의 발생원인을



김 훈 태

- 1966년 7월 10일생
- 2002년 고려대학교 산업공학과 박사
- 현 재 : 한국해양연구원 해양시스템 안전연구소 선임연구원
- 관심분야 : Human M&S, Marine Ergonomics, Marine Safety Engineering
- 연 락 처 : 042-868-7236
- E-mail : kht@kriso.re.kr

조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안

표 1. 근골격계질환의 발생단계와 증상

단계	1 단계	2 단계	3 단계
증상	① 작업시간 중 통증 및 피로감 ② 휴식 후에는 호전됨. ③ 작업능력 저하는 없음. ④ 몇일 동안 지속 악화와 회복 반복	① 작업시작 초기부터 발생 ② 휴식 후에도 통증 지속 ③ 작업능력 감소 ④ 몇주, 몇 달 지속 악화와 회복 반복	① 휴식 시에도 통증 ② 반복적인 움직임이 없어도 발생 ③ 자다가 통증으로 깨. ④ 작업뿐 아니라 일상생활의 장애도 동반됨.

과악하고 평가하기 위한 방법론을 제시하고자 한다.

2. 근골격계 질환의 개요

근골격계질환은 작업에 의해 발생하는 만성적인 근골격계 질병을 총칭하는 의미로서, 인간공학적 질병(ergonomic disorder), 누적의상성 장애(cumulative trauma disorders), 반복 긴장성 상해(repetitive strain injuries) 등의 이름으로도 불리운다(장성록 1999).

노동부의 단순반복작업 근로자 작업관리 지침서에 의하면 근골격계질환은 오랜 시간동안 반복되거나 지속되는 동작 또는 자세인 단순반복작업으로 기계적 스트레스가 신체에 누적되어 목/어깨/팔/팔꿈치/손목/손 등의 신경/건/근육 및 그 주변조직에 나타나는 질환을 말한다. 한편 미국의 산업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration; OSHA)과 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety & Health ; NIOSH)의 진단기준에 의하면 근골격계 부위의 통증, 쑤심, 뻣뻣함, 저림 등의 증상이 최소한 1년 이내에 발생했고, 이전에 그 부위를 손상당한 병력이 없고, 현재의 사업장에 고용되어서 현재의 작업을 하고 있는 가운데 증상이 발생했으며, 증세는 1주일 이상 지속되거나 최소한 한 달에 한번 이상 발생하며, 증세가 있는 관절 부위에 객관적인 육체적 이상 소견이 보이는 경우라고 정의하고 있다.

결국, 근골격계 질환이란 전자부품 조립, 용접 등 단순반복작업이나 인체에 과도한 부담을 주는 불편한 자세 등에 의해 목과 허리, 팔다리의 신경 근육 및 그 주변 신체조직 등에 나타나는 질환을 말한다. 이러한

근골격계 질환을 일으키는 작업을 근골격계 부담작업이라고 할 수 있는데, 힘, 접촉스트레스, 진동, 반복, 저온, 불편한 자세 등과 같은 인간공학적 위험요소에 반복적으로 노출이 되는 작업을 의미하며, 장시간 운전(전신진동)이나 높은 작업대에서의 작업(불편한 자세), 단순·반복적인 조립작업(반복) 등이 이에 해당한다(이관석 등 2002)(최귀원 등 2000). 표 1은 근골격계질환의 진행단계별 증상을 보여주고 있다.

이러한 근골격계 질환과 관련하여 노동부는 '사업주에게 근골격계질환 예방 의무'를 주요 골자로 하는 「산업보건기준에 관한 규칙 개정안(이하 보건규칙)」을 지난 4월 2일자로 입법예고하고 7월 1일부터 실시하고 있다. 이 보건규칙에는 사업주가 장시간 반복작업을 하는 근골격계 부담작업을 시키기는 경우 최소 3년에 한번 근로자 면담, 근골격계질환 증상설문조사, 작업환경의 인간공학적 조사 등을 주 내용으로 하는 '유해요인 조사'를 실시해야 하고, 그 결과에 따라 유해성이 판명되면 보조설비 설치, 작업대 높이 조절 등 근골격계 부담을 경감시키는 조치를 취할 수 있도록 되어있다(노동부 2003a).

이 '보건규칙'에 따르면 사업주는 '유해요인조사 결과'를 근로자에게 알리고 근골격계 부담작업의 유해요인과 작업시설의 올바른 사용방법 등에 대한 교육을 실시해야 하며 근골격계질환을 호소하는 근로자에게는 의학적 관리나 작업전환 등의 조치를 취해야 한다. 한편, 노동부는 사업주 예방의무 이행을 지원하기 위해 다각적인 대책을 마련·추진 중에 있다. 우선 근골격계질환 예방의무 수행을 위한 가이드라인(지침서)을 마련하여 사업장에 보급할 계획이다. 이와 함께 한

특 집

표 2. 한국과 미국의 근골격계질환의 발생 현황 비교

연 도	한 국		미 국	
	총 직업병 건수	근골격계질환 발생 건수(%) - 요통포함	총 직업병 건수	근골격계질환 발생 건수(%)
1996	1,529	506(33.1%)	439,000	281,100(64.0%)
1997	1,424	221(15.5%)	429,800	276,600(64.0%)
1998	1,288	123(9.5%)	391,900	253,300(65.0%)
1999	1,521	190(12.5%)	372,300	246,700(66.0%)
2000	2,459	814(33.1%)	362,500	241,800(67.0%)
2001	5,576	1,598(28.7%)		
2002	5,417	1,827(33.7%)		

국산업안전공단 본부에 설치된 '근골격계질환 예방진담팀'을 통한 사업장 전문기술지원을 시행하고, 근골격계질환 예방관리 전문화를 위해 인간공학기사·기술사 자격신설 등 전문가도 양성할 계획이다. 노동부는 작업관련성질환 예방대책의 시행을 통해 점차적으로 조선업 등 동질환 다발업종의 질환자가 점차 감소할 것으로 예상하고 있으며, 장기적으로는 노동인력의 건강수준 향상, 의료비용 절감, 생산성 향상 등 사회·경제적 이득이 클 것으로 예상하고 있다.

이와 같이 노동부가 작업관련성 근골격계질환 예방의 법적근거를 마련하는 것은 최근 몇 년간 근골격계질환이 급증하는 추세이고, 현대중공업('02 253명 산재승인), 대우조선('02 158명 산재승인), 현대자동차('02 78명 산재승인), 기아자동차('02 46명 산재승인) 등에서 질환자가 집단적으로 발생하여 근로자들이 근골격계질환의 위험에 노출되어 있다는 사회적 관심과 우려가 확산되었고, 근로자의 건강에 대한 인식 및 작업환경에 대한 관심이 증가하는데 원인이 있다.

지난 4월 노동부가 발표한 2002년도 산업 재해 통계를 살펴보면, 표 2와 같이 산업 재해자 중 업무상 질병자수는 5,417명으로 2001년보다 236명 감소하였으나, 이 가운데 요통 질환자, 신체부담작업으로 인한 질환자 등 근골격계 질환자 수는 1,827명으로 2001년의 1,598명과 비교하여 193명 증가하여 직업병 중 가장 급속한 규모로 증가하고 있다(노동부 2002, 2003b). 한편 미국

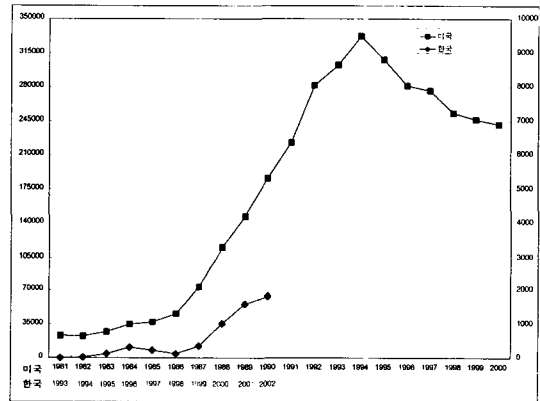


그림 1. 미국과 한국의 근골격계질환 발생경향 비교 그래프

과 같은 선진국의 경우도 이미 근골격계질환이 전체 직업병의 약 60%를 차지하고 있어 심각한 실정이다.

이에 따라 미국은 우리나라보다 앞서 1980년대부터 근골격계질환에 관심을 가지기 시작하였으며, 1990년대 들어 자동차 산업을 중심으로 인간공학프로그램을 도입한 결과 그림 1과 같이 1994년을 정점으로 질환 발생이 감소추세에 접어들고 있다. 우리나라는 1993년에 2건에서 2002년에는 1,827건이 발생하여 급격한 증가추세를 나타내고 있다(이관석 등 2002)(노동부 2003b). 이러한 경향은 그림 1과 같이 미국의 발생경향 곡선과 비교할 경우 유사한 형태를 나타내고 있으므로, 향후 산업발전과 더불어 계속적으로 증가할 것으로 예측된다.

조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안

표 3. 연도별 국내 전업종의 근골격계질환자수 추정

년 도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
전업종 근골격계 질환자수	3,562	4,807	6,236	7,489	9,646	11,627	13,792	16,141	18,674	21,391	24,292	27,377
조선업 근골격계 질환자수	436	644	893	1,183	1,514	1,886	2,299	2,753	3,248	3,784	4,361	4,979

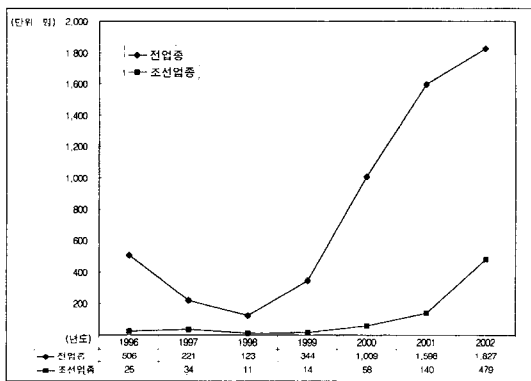


그림 2. 국내 전업종과 조선업종의 근골격계질환자 현황

3. 조선업 근골격계 질환의 현황

3.1 국내 현황

조선업종의 근골격계질환자수를 살펴보면, 국내 전업종 근골격계질환자수가 1999년부터 증가해 2002년에는 1999년 대비 530% 증가율을 보이고 있는 것과 비슷한 경향으로, 그림 2에서와 같이 1999년 14명, 2000년 58명, 2001년 140명, 2002년 479명으로 폭발적인 증가를 보이고 있다. 특히 2002년 조선업의 근골격계질환자수는 전업종의 근골격계질환자수의 약 26%에 달하고 있다.(이관석 등 2002)(노동부 2003b). 주목할 만한 점은 2001년도까지는 전업종 근골격계질환자수의 증가율에 비하여 낮은 증가율을 보여오던 조선업종의 증가율이 2002년도에는 전업종에서의 증가율을 앞서고 있는 것을 알 수 있다.

미국의 산업재해는 인간공학프로그램의 시행 등의 결과로 1993년부터 근골격계질환자수의 감소를 보였다. 그러나 이러한 수적인 감소에도 불구하고 전체 산

업재해 중 근골격계질환의 비율은 1992년 이후로 약 34%수준으로 유지되고 있다. 대한인간공학회에서는 2002년에 이와 같은 데이터를 이용하여, 향후 2014년에는 전체 산업재해의 34%가 근골격계질환으로 발생한다는 가정하에 표 3과 같이 국내 전업종과 조선업종의 근골격계질환자수를 추정하였다(이관석 등 2002). 국내 전업종의 근골격계질환자수는 현재의 증가치를 반영하여 2005년에는 6,236명, 2010년에는 16,141명, 2014년에는 27,377명으로 추정되었으며, 조선업종의 근골격계질환자수도 현재의 증가치를 반영하여 2005년에는 893명, 2010년에는 2,753명, 2014년에는 4,979명으로 추정되었다. 그러나 이와 같은 추정치는 2002년도에 폭발적으로 증가한 조선업종의 근골격계질환자수를 반영하지 못한 점을 감안하여야 한다.

또한 2002년 5월 노동부의 보도자료에서 보고된 2000년 근골격계질환자수(1,009명)와 그로 인한 직접손실액(300억)을 근거로 하여, 국내 전업종과 조선업종의 연도별 근골격계질환으로 인한 손실액을 추정했다. 이때 근골격계질환으로 인한 간접손실액에 대해서는 여러 가지 논란이 많으나, 직접비와 간접비의 비율을 1:0.75, 1:4 및 1:5로 가정하여 추정치를 제시했다. 조선업종의 경우에 최종적으로 2002년에는 최소 약 140억원, 최대 약 480억원, 2010년에는 최소 약 1,432억원, 최대 약 4,911억원, 2014년에는 최소 약 2,591억원, 최대 약 8,882억원으로 추정되었다.

3.2 국외 현황

미국에서는 1999년부터 2001년까지 3년간 NIOSH를 중심으로, 조선업의 재해 및 질병에 대한 조사와 이를 해결하기 위한 인간공학적 방법론을 찾는 연구

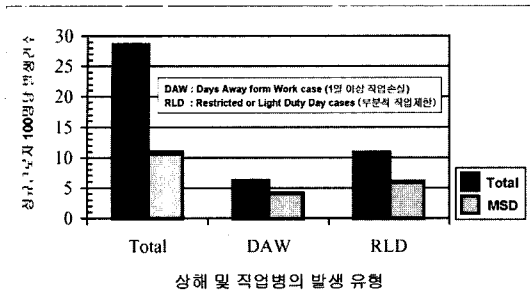


그림 3. 미국 8개 조선소에서 근로자 100명당 근골격계질환(MSD) 발생건수(단위 ; 명)

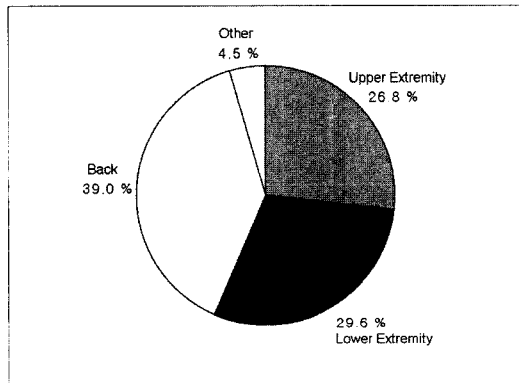


그림 4. 미국 8개 조선소에서 근골격계질환자의 신체 부위별 발생특성

를 수행하였다(Wurzelbacher et al. 2000). 이 연구는 NSRP(National Shipbuilding Research Program) ASE(Advanced Shipbuilding Enterprise) 프로그램으로 수행되었으며, Bath Iron Worksm, Continental Maritime, San Diego, Malter Marine Moss Point, Jeffboat LLC, Litton Ingalls Shipbuilding, Marinette Marine, Puget Sound Naval Shipyard, Todd Pacific Shipyards 등 8개 조선소가 참여하였다.

8개 조선소에 대한 조사결과를 집계해 본 결과, 그림 3과 같이 2000년에 정규근로자 100명당 상해 및 직업병 발생건수가 28.5건으로 나타났고, 이 중 근골격계질환은 10.9건으로 42.0%를 차지하였다. 또한 근골격계질환자 중에서 1일 이상 작업손실(DAW)이 발생한 건수는 100명당 4.0건이고, 부분적인 작업제한

(RLD)이 발생한 건수는 100명당 5.9건이었다(Hudock 2000).

또한 그림 4와 같이 미국 조선소에서 근골격계질환자의 신체부위별 발생특성을 살펴보면, 등부위가 39.0%로 가장 많고, 하지(29.6%), 상지(26.8%), 기타 부위(4.5%)의 순으로 발생하는 것으로 나타났다.

3.3 국내외 조선업계의 대응 현황

미국의 조선업체에서는 앞서 언급한 NSRP ASE 프로그램의 일환으로 개발된 인간공학 가이드라인을 적극적으로 도입하여 작업장 개선에 주력하고 있으며, 근골격계질환자를 조기에 발견하여 조기에 치료하는데 역점을 주고 있다. 한편, 조선업체들간의 개선정보 공유를 통하여 효율을 높이려는 노력을 계속적으로 하고 있다(김유창 2002).

일본의 조선업계에서는 조기에 환자를 발견하기 위한 시스템이 운영되고 있기 때문에 산재로 까지 진행되지는 않고 있으나, 최근에는 근골격계질환 문제가 이슈화되는 것을 심각하게 우려하고 있는 실정이다. 한편 근골격계질환의 예방을 위해서 인간공학 프로그램의 실행보다는 자체적인 축약 프로그램을 운영하고 있으며, 작업자에 대한 교육훈련을 통해 근골격계질환의 발생을 줄이려는 노력을 경주하고 있다(이관석 등 2002).

국내에서는 2002년에 한국조선공업협회를 중심으로 조선업 근골격계질환의 예방을 위한 기술세미나와 문제점 파악을 위한 연구용역 등이 진행되었다(이관석 등 2002)(김유창 2002). 또한 조선소 현장에서도 근골격계질환 문제에 대응하려는 발빠른 움직임이 나타나고 있다(오순영 2003).

국내 조선업계에서의 대응을 살펴보면 크게 두 가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫 번째 대응형태는 근골격계질환의 예방과 사후관리를 위한 위원회를 운영하고, 이러한 위원회와 안전환경 담당부서를 중심으로 작업현장에서의 인간공학적 개선을 지속적으로 실시하는 것이다. 이와 같은 대응은 국내 대부분의 대형 조선소에서 기존에 실시하고 있는 것이며, 최근 들어

조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안

표 4. 국외 인간공학 프로그램 현황

미국	<ul style="list-style-type: none"> · OSHA Ergonomics Program, 2001 · ANSI Z365, 2001 · CALOSHA Ergonomics Section 5110, 1997 · NIOSH Ergonomics Program, 1997 · Meatpacker's Guide, 1990 · NIOSH guideline, 1981 	
유럽	EU	<ul style="list-style-type: none"> · Council Directive 98/37 Relating to Machinery, 1998 · Council Directive 90/269/EEC Manual Handling, 1990 · Council Directive 90/270/EEC Work with Display Screen Equipment, 1990 · Council Directive 89/391 Use of equipment by workers at work, 1989 · Council Directive 89/655 Use of equipment by workers at work, 1989
	영국	<ul style="list-style-type: none"> · The Health and Safety (Display Screen Equipment) Regulations, 1992 · The Manual Handling Operations Regulations 1992
	독일	<ul style="list-style-type: none"> · Germany Ordinance on Safety and Health Protection for the Manual Handling of Loads at work 1996
	스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> · Ergonomics for the prevention of musculoskeletal disorders, AFS 1998 · The prevention for MSDs, 1984
호주	<ul style="list-style-type: none"> · Victoria Revised OH&S Manual Handling Regulation 1999 and of Practice for Manual Handling 2000 · Victoria Occupational Health and Safety Regulations 1988 · Code of Practice for Manual Handling 1990 and for Occupational Overuse Syndrome 1992 	
뉴질랜드	<ul style="list-style-type: none"> · Health and safety Act, code of Practice for Manual Handling 1991 and draft 2000 	
ISO	<ul style="list-style-type: none"> · Ergonomics TC 159, 1975 	

중요성이 더욱 커져서 적용의 범위를 확대시키고 있는 추세이다. 두 번째는 좀 더 적극적인 대응형태로서 안전체험관이나 건강증진실과 같이 반복노동으로 인한 근골격계질환의 예방을 위한 시설을 운영하고, 근골격계질환 예방을 위한 전문적인 인간공학 프로그램을 도입하여 운영하는 것이다. 현재까지 이와 같은 전문적인 시설의 운영 및 인간공학 프로그램의 도입은 몇몇 조선소에 국한되어 실시되고 있다.

4. 근골격계질환의 공학적 분석 방안

4.1 근골격계질환의 예방을 위한 인간공학 프로그램

우리나라의 경우에는 근골격계질환에 대한 접근 방법이 작업자 건강검진과 증상조사가 대부분이었다. 또, 극히 일부이긴 하지만 위험요인에 대한 평가가 이루어지기도 했지만, 1회적인 사업으로 끝나고 말았다. 그러나 많은 연구들을 통해 밝혀졌듯이 근골격계질환은 1회적인 사업으로 예방될 수도 없고, 위험요인의 특성상 근본적인 위험요인을 제거할 수 없기 때문에 종합적이고 체계적인 접근방법이 필요하다.

즉, 직업성 근골격계질환의 바람직한 관리 방안은 질병의 발생을 줄이고, 질병을 조기 발견하여 빠른 작업 복귀를 하게 하는 지속적인 체계이기 때문에, 특정 시기에만 관리하기 보다는 사업장 내에 노사가 서로 함께 할 수 있는 합의의 운영체계를 만드는 것이 가

장 중요하다. 이러한 관리 체계를 근간으로 하는 인간공학 프로그램(Ergonomics Program)에 대해서는 이미 선진국의 많은 사업장에서는 표 4와 같이 사업장 특성에 맞도록 자체 개발하여 시행하고 있으며, 그에 따른 많은 효과들을 거두고 있다(이관석 등 2002).

대표적으로 미국은 OSHA와 NIOSH의 체계적인 연구와 협력을 바탕으로 이 분야에 가장 선도적인 위치에 있으며, 많은 연구와 결과는 다른 나라의 안전보건에 커다란 영향을 주고 있다. 미국에서는 인간공학 프로그램을 20여 년 전부터 도입하여 시행하고 있으며, 시행의 효과성도 검증한 상태에 있다(NIOSH 1997)(OSHA 2001). 현재 2개 주는 주법까지 정하여 강제적으로 인간공학 프로그램을 시행하고 있으며, 나머지 주는 미 연방법 지침의 영향하에서 제재를 받고 있다. 하지만 인간공학 프로그램 표준은 현재 적용이 보류된 상태에 있다. 다음은 NIOSH에서 제안하고 있는 근골격계질환에 대한 사업장 관리 프로그램을 적용 방법을 단계별로 나타낸 것이다.

- 1단계 : 직업 관련성 근골격계질환 문제에 대한 징조 찾기
- 2단계 : 각 단계별 활동 전략 설정
- 3단계 : 교육 훈련
- 4단계 : 건강장해 및 위험요인에 대한 자료 수집과 평가
- 5단계 : 개선단계
- 6단계 : 의학적 관리
- 7단계 : 예방적(proactive) 인간공학 관리프로그램의 설정 및 지속적 관리

또한 미국 자동차 회사인 GM(General Motors)의 경우 1991년부터 1996년까지 6년 동안 사업주 대표, 노조위원장, 경영과 노동층의 안전보건 대표자, 외부 전문가들이 참여하는 인간공학위원회를 구성하여 직무 분석, 위험 요인 관리, 작업자 교육, 의료적 관리, 각 부서의 인간공학프로그램 실행의 책임질 인력에 대한 훈련 등을 지속적으로 시행하여 질병의 예방 효과에

성공을 거둔 좋은 사례로 꼽히고 있다.

유럽은 EU(벨기에·프랑스·서독·이탈리아·룩셈부르크·네덜란드·덴마크·아일랜드·영국·그리스·포르투갈·스페인·스웨덴·핀란드·오스트리아 : 15개 회원국) 전체를 포괄하는 안전보건법 및 인간공학 프로그램을 심각성이 큰 분야부터 단계적으로 도입하여 시행하고 있으며, 특히 독일, 영국, 핀란드, 스웨덴 등이 자체적인 지침을 만들어 활용함으로써, 사업장에서 재해의 감소에 중요한 도구로 사용하고 있다. 기타 호주와 뉴질랜드의 경우는 연방법은 물론 주별로 인간공학 프로그램을 지침으로 만들 정도로 안전보건 의식이 높으며, 국가의 규제 또한 높은 수준에 있다.

결국 국내에서의 근골격계질환에 대한 대응도 문제의 중요성과 심각성에 대한 인식에서부터 출발하여 사업장 특성에 맞는 시스템을 구성하고 이를 지속적으로 수행하기 위한 관리프로그램을 만들어 운영하는 것이 문제 해결을 위한 최선의 방법이라고 할 수 있다. 이를 위해서 정부나 전문가들은 필요한 가이드라인과 구체적인 실행 내용들을 만들어 제공하고 기술적인 지원을 하는 보조 기능의 역할만을 수행해야 한다. 또한 노사는 함께 사업장내 해결의 원칙과 지속적인 관리의 원칙이 반드시 지켜야 한다는 것이다.

4.2 근골격계질환 유해요인 조사 및 평가

NIOSH에서 제안하고 있는 근골격계질환에 대한 사업장 관리 프로그램의 적용 단계에서, 공학적 접근이 실질적으로 필요한 부분은 4단계인 “건강장해 및 위험요인에 대한 자료 수집과 평가”이다. 즉, 근골격계질환을 유발할 가능성이 있는 작업에 대한 위험요인을 조사하고 이를 공학적 도구를 통해 정량적으로 평가하는 것이 중요하다.

유해요인조사의 목적은 근골격계질환 발생을 예방하기 위해 근골격계부담 작업이 있는 부서의 유해요인을 제거하거나 감소시키는데 있다. 유해요인 조사 방법에는 유해요인 기본조사와 근골격계증상 조사가 있으며, 각각 유해요인 기본조사표와 근골격계 증상

조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안

조사표를 사용하여 조사를 실시한다. 유해도 평가는 유해요인기본조사 점수가 높거나 근골격계 증상호소율이 다른 부서에 비해 높은 경우에는 유해도가 높다고 할 수 있다. 이와 같은 조사는 대부분 설문지나 체크 리스트를 통하여 이루어지고 있으며(장성록 1999)(변승남 등 1999), 근골격계 장애분석을 위한 설문지로는 과거의 신체이상 경험, 통증시간, 수술여부 등을 기초로 한 Putz-Anderson의 설문지(Putz-Anderson 1988)가 가장 대표적이다.

유해요인 기본조사와 근골격계증상 조사결과 추가적인 정밀평가가 필요하다고 판단되는 경우 공학적 작업분석 및 평가가 이루어져야 한다. 작업분석 및 평가를 위한 방법론으로 크게 이론적인 방법과 실험적인 방법이 있다.

이론적 방법은 인체의 수학적 모델을 제시하고 이를 통해 인간의 작업을 위한 동작을 나타내는 것으로, 여기에 컴퓨터를 이용한 것이 Ergonomics Human Model이다. 이러한 Ergonomic Human Model은 공학적 작업분석 및 평가를 위해 필요한 기초자료를 얻기 위하여 만들어진 전산화된 인체 모형으로, 경비와 인력, 시간을 절약할 수 있는 장점을 갖고 있으나 실제의 동작을 분석하는 것이 아니기 때문에 분석결과의 정확성이 항상 논란의 대상이 된다. 조선해양 분야에도 이와 같은 Ergonomic Human Model을 사용하여 설계 오류 검증과 선원의 근골격계질환 해석에 활용한 사례가 있다(김홍태 외 2001, 2002, 2003). Ergonomic Human Model을 위한 범용 도구들로는 Delmia/ERGO, SafeWork, Virtual Man, ERGOPlan, JACK, Ergo

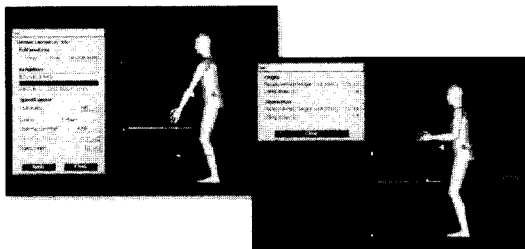


그림 5. Ergonomic Human Model을 이용한 중량물 들기 작업분석의 예



그림 6. 실험적 방법을 통한 자동차산업의 작업분석 (이인석 2003)

SPACE 및 3DSSPP 등이 있으며(Feyen et al. 2000), 이러한 범용 도구들은 인간공학적 평가기능과 함께 그래픽 기능이 향상된 인체모형을 제공하고 있다(그림 5 참조).

실험적인 방법은 대상이 되는 작업내용을 실제 작업자가 피실험자가 되어 실험을 수행하는 방법이다. 그러나 이러한 접근 방법은 현재의 작업을 평가하고 진단하는 데에는 유용하나, 여러 차례의 작업수행을 통해 얻어진 수학적 모델이 없기 때문에 개인의 수행능력을 예측하기 어려우며, 매번 반복해야 하기 때문에 많은 인력과 시간, 경비가 소요되는 단점이 있다. 실험적인 방법을 위해서는 영상분석을 위한 고속 카메라(High Speed Camera), 고속 비디오 카메라(High Speed Video Camera), Expert Vision 시스템(CCD 카메라, 비디오 프로세서, 선 워스테이션, 분석용 소프트웨어, VCR)와 생리학적 분석을 위한 근전도(EMG), 근력 측정기(Strength Tester), 근력 측정 게이지(Strength Gauge), 사이벡스(Cybex) 등이 필요하다(그림 6 참조).

최근 조선소 현장에서는 생산설비의 자동화로 작업자들의 위험한 작업을 감소시켜왔지만, 자동화 설비 비용 등의 경제적인 조건과 공간제약 같은 실제적인 상황들이 제약 조건으로 작용해 상대적으로 자동화가 어렵고 미진한 작업장이 다수를 이루고 있다. 이에 따라 작업자의 육체노동을 요하는 수동물자취급(Manual Materials Handling : MMH)이 많은 부분을 차지하고 있다. 이의 분석을 위해서는 부하중량과 작업빈도에

특 집

표 5. 근골격계 부담작업의 범위

한국 산업보건규칙	미국 OSHA
① 하루에 4시간 이상 집중적으로 자료입력을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업	① 2시간 이상 지속적으로 분당 2회 이상 특정부위를 반복 사용
② 하루에 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업	② 4시간 이상 동일자세로 키보드 또는 마우스 사용
③ 하루에 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업	③ 하루 1시간 이상 34kg 이상 인양/10회이상 25kg 인양/25회 이상 무릎보다 낮은 위치, 어깨보다 높은 위치, 팔 길이 위치에서 11.3kg 이상 인양
④ 지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업	④ 2시간 이상 최초 가한 힘보다 9kg 이상의 힘으로 밀고 당기는 작업
⑤ 하루에 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업	⑤ 2시간 이상 같은 힘으로 0.9kg 이상의 물체를 손가락만으로 집거나, 4.5kg이상의 물체를 손으로 잡는 작업
⑥ 하루에 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업	⑥ 2시간 이상 양손을 머리 위 또는 팔꿈치를 어깨 위로 반복적으로 들어올리는 작업
⑦ 하루에 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업	⑦ 2시간 이상 무릎을 꿇거나 굽힌 자세로 작업
⑧ 하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업	⑧ 2시간 이상 등, 목, 손목을 구부리거나 비트는 작업
⑨ 하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업	⑨ 2시간 이상 손이나 무릎으로 시간당 10회 이상 때리거나 치는 작업
⑩ 하루에 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업	⑩ 높은 진동수준(10 m/s^2)의 진동기계기구를 30분 이상 사용하는 작업
⑪ 하루에 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적 충격을 가하는 작업	⑪ 보통수준(2.5 m/s^2)의 진동기계기구를 2시간 이상 사용하는 작업

다른 상호관계를 고려하여 작업자의 성능을 고려한 안전한 수동물자취급의 작업설계가 이루어져야 한다. 국내에서의 최대허용중량(Maximum Acceptable Weight of Load, MAWL)에 대한 연구발표와 한국인의 생체학적 작업능력(Physical work capacity)에 대한 자료가 있지만 상대적으로 미비한 실정이다. 이로 인해 우리나라 작업자에게 안전한 작업량을 설정하기 위한 이론적 근거가 부족하다.

표 5는 지난 7월 정부가 개정한 산업보건규칙에 첨부된 “근골격계 부담작업의 범위(제정 2003. 7. 15, 노동부고시 제2003-24호)”(노동부 2003a)와 미국의

OSHA에서 정의한 근골격계질환을 발생하는 위험 부담작업을 나타나고 있다. 표에서 보는 바와 같이 우리나라의 산업보건규칙에서 정의하고 있는 근골격계 부담작업의 범위는 미국 OSHA에서의 내용과 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

근골격계질환이 조선업을 포함한 대부분의 제조업에서 발생할 수 있는 질환이고, 작업환경상 불편한 자세로 장시간 반복작업으로 인해 발생하는 직업성 질환이므로, 정부차원에서 정밀조사를 통해 업종별 위험작업의 조사, 적정 노동량 산정 및 작업공정의 개선이 기본적으로 이루어져야 한다.

조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안

표 6. 인간공학적 평가 도구

평가도구명 (Analysis Tools)	평가되는 위해 요인	관련된 체부위	적용대상 작업 종류	한계점
REBA (Rapid Entire Body Assessment)	반복성, 힘 불편한 자세	손목, 팔, 어깨, 상체, 허리, 다리 다리	간호사, 청소부, 주부 등의 작업이 비고정적 인 형태의 서비스업계통.	반복성 미고려
OWAS (Ovaco Working Posture Analysing System)	자세, 힘, 노출시간	상체, 허리, 하체	중량물취급	중량물작업 한정 반복성 미고려
JSI(작업긴장도지수) (Job Strain index)	반복성, 힘, 불편한 자세	손, 손목	경조립작업, 검사, 육류가공, 포장, 자료입력, 세탁...	손, 손목부위 작업 한정, 평가의 객관성
RULA (Rapid Upper Limb Assessment)	반복성, 힘 불편한 자세	손목, 팔, 팔꿈치, 어깨, 목, 상체	조립작업, 목공작업, 정비작업, 육류가공, 교환대, 치과	반복성과 정적자세의 고려가 다소 미흡, 전문성 요구
Revised NIOSH Lifting Equation(NIOSH 들 기작업지침)	반복성, 힘, 불편한 자세	허리	4kg 이상의 중량물취급, 과도한 힘을 요하는 작업	전문성 요구

이러한 정밀조사를 위해서는 인간공학, 생체공학, 생산공학 등의 전문적 공학지식을 바탕으로 하고, 표 6과 같은 평가도구(Moore and Garg 1995)(Water et al. 1994)(McAtamney and Corlett 1993)(Hignett and McAtamney 2000)를 활용하여 근골격계질환 유발작업에 대한 유해성을 평가해야 한다. 또 이러한 유해성 평가를 바탕으로 근골격계 부담작업의 범위를 정량적으로 제시하는 것이 필요하다. 이렇게 제시된 근골격계 부담작업의 범위를 고려하여, 조선소에서는 기존의 작업방법과 작업공정에 대한 개선을 모색하고, 이를 통해 근골격계질환의 예방에 힘을 쏟아야 할 것이다.

5. 맺음말

근골격계질환에 대한 문제는 일반 제조업은 물론 조선업에서도 산업계와 노동계의 중요한 현안으로 대두되고 있다. 앞으로 대형조선소를 중심으로 작업장의 근골격계질환과 관련된 교육훈련은 물론, 인간공학 프로그램의 도입과 같은 적극적 대응이 필요할 것이다. 또한 노사합의에 의해 근골격계질환을 조기에 발견하

고 치료할 수 있는 사내 시스템이 구축되어야 할 것이다. 한편 낙후된 중소조선업에서의 근골격계질환에 대한 대응방안도 조속히 강구되어야 할 것이며, 조선업체들간에 문서나 인터넷을 통한 개선정보에 공유도 필요할 것으로 사료된다.

이와 더불어 기업측에서 요구하고 있듯이 인간공학 프로그램의 비용과 경제적 타당성에 대한 논의도 필요할 것이며, 노동조합측에서 요구하고 있는 적정 노동량 산정 및 작업공정의 개선 등과 같은 노동강도에 대한 공학적 연구가 심도있게 이루어져야 한다.

그러나 조선업에 대해서는 경제적 타당성에 대한 객관적 연구도 이루어지지 않은 상태이고, 노동강도에 대한 문제를 분석하기 위한 기초 데이터의 확보 및 사전연구도 이루어지지 않고 있으므로, 우선적으로 회사별로 작업시간과 휴식시간을 적절히 배치하며, 보다 적극적으로 인간공학 프로그램의 도입을 검토하는 것이 현재로서는 효과적인 조치가 될 수 있을 것이다.

많은 중량물을 다루고 어려운 작업자세가 많은 조선업의 경우에, 근골격계질환은 완전히 없어질 수 있는 직업병이 아니므로, 단편적인 환경 개선에 초점을

특 집

맞출 것이 아니라 일상적인 관리 시스템을 회사 내에 만들고 이를 지속적인 관리체계로 운영하는 것이 필요하다. 한편, 정부에서는 법과 제도, 작업환경개선, 근골격계질환 인정 절차, 산재보험 및 보상, 산재중재, 작업복귀 과정 등을 포함한 업종별 인간공학 프로그램의 개발을 적극적으로 지원해야 할 것이며, 이러한 인간공학 프로그램을 뒷받침 할 수 있도록 노동강도 및 작업공정에 대한 분석 등의 공학적 기초연구에도 관심을 가져야 할 것이다.

후 기

본고는 해양연구원 해양시스템안전연구소에서 수행 중인 기본연구사업의 연구결과 중 일부를 밝히며, 기사의 작성을 위해 자료를 제공해 주신 한국조선공업협회와 대한인간공학회 관계자 여러분들께 감사드린다.

참고문헌

1. 김유창 2002 “해외조선업 근골격계질환 예방사례”, 조선소 근골격계질환예방 기술세미나 자료집, 한국산업안전공단 부산지역본부.
2. 김홍태, 이종갑, 이동근, 박진형 2001 “선박해양공학분야에서 인간공학기술의 활용현황 및 전망”, 대한인간공학회지, 20(2), pp. 99-111.
3. 김홍태, 이종갑, 박진형, 이광우 2002 “해상무기체계의 인간공학설계 방안연구”, 대한인간공학회지, 21(2), pp. 87-100.
4. 김홍태, 김희석, 박진형 2003 “해상근무 승무원의 수학적 전신진동 해석 모델에 관한 연구”, 대한인간공학회지, 22(1), pp. 1-15.
5. 나건 2003 “근골격계 부담작업의 범위와 작업환경개선”, 근골격계질환 예방대책 워크샵 자료집, 한국노총 산업환경연구소
6. 노동부 2002, 산업재해분석(1997-2001년).
7. 노동부 2003a, 산업보건기준에 관한 규칙개정안.
8. 노동부, 2003b, 산업재해분석(2002년).
9. 변승남, 이동훈 1999 “한국 공군 주력전투기 조종실의 성과 조종서의 근골격계 불편도에 대한 연구”, 대한산업공학회지, 25(1), pp. 100-110.
10. 오순영 2003 “생산성 향상과 근골격계질환 예방을 위한 작업환경 개선”, 한국산업위생학회 춘계연구발표회 자료집, 한국산업위생학회.
11. 이관석 외 2002 근골격계질환의 제도적 문제점 파악 및 개선책, 대한인간공학회.
12. 이인석 2003 “근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 방법론 및 사례 소개”, 작업관련 근골격계질환 예방과 인간공학 워크샵 자료집, 환경대학교 인간과학응용연구소
13. 장성록 1999 “근골격계 장애 분석을 위한 설문지 조사에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, Vol. 14, No. 2, pp. 148-154.
14. 최귀원, 한정수, 김영은 2000 “근골격계 생체역학”, 기계저널, 40권, 2호, pp. 46-50.
15. Feyen, R., Liu, Y., Chaffin, D., Jimmerson G. and Joseph B. 2000 “Computer-aided Ergonomics: a Case Study of Incorporating Ergonomics Analyses into Workspace Design”, Applied Ergonomics, 31, pp. 291-300.
16. Hignett, S. and McAtamney, L. 2000 “Rapid Entire Body Assessment(REBA)”, Applied ergonomics, 31, pp. 201-205.
17. Hudock, S.D. 2001 OSHA 200 Log Recordable Injury/Illness Incidence Rate for Year 2000 for 8 Participating Shipyards, National Institute for Occupational Safety & Health.
18. McAtamney, L. and Corlett, N. 1993 “RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders”, Applied Ergonomics, 24(2), pp. 91-99.
19. Moore, J.S. and Garg, A. 1995 “The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders”, AIHA Journal, 56(5), pp. 443-458.
20. NIOSH 1997 Ergonomics Program, National Institute for Occupational Safety & Health.
21. OSHA 2001 Ergonomics Program, Occupational Safety & Health Administration, U.S. Department of Labor.
22. Putz-Anderson, V. 1988 Cumulative Trauma Disorders : A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs.
23. Waters, T.R., Putz-Anderson, V. and Garg, A. 1994 “Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation”, National Institute for Occupational Safety and Health, January(DHHS, NIOSH Publication No, 94-110).
24. Wurzelbacher S.J., Siegfried, K. and Hudock, S.D. 2000 “Pre-intervention Quantitative Risk Factor Analysis for Ship Construction Processes”, U.S. Department of Health and Human Services. ⚓