

타이어 제조회사에서의 참여적 근골격계질환 예방관리프로그램 적용효과

이윤근[†] · 한인임 ·

노동환경건강연구소

The Effectiveness of Participatory Ergonomics Programs for Prevention of Musculoskeletal Disorders in the Tire Manufacturing Company

Yun-Keun Lee[†] · In-Im Han

Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health

In the field of ergonomics, it is evident that participatory action research methodology could contribute to reduce risk factors of work related musculoskeletal disorders(WMSDs). The objective of this study was to evaluate the effectiveness of a participatory ergonomics in reducing the incidence rate and severity of WMSDs in the tire manufacturing company.

In this study, an action committee comprising 13 members was organized in the tire manufacturing company. The action group participated at every research process, education and training, assessment and intervention of risk factors, and early detection and management of WMSDs during the 3 years(2004-2006).

The prevention programs contributed to an overall reduction in incidence rate by approximately 37.2%, and lost workdays and workers' compensation costs by approximately 55.1%. But,

the incidence rate increased 29.0%, and compensation costs increased 59.0% in the first-year setting programs, and both the incidence rate and compensation costs decreased after the second-year managing programs. And, the reduction rates(63.2%) of insurance cases is higher than that(9.7%) of non-insurance cases.

The results showed that participatory ergonomics programs may be effective in reducing the incidence and severity rate of WMSDs.

Key Words: musculoskeletal disorders, participatory ergonomics, tire manufacturing, prevention effectiveness

I . 서 론

우리나라의 최근 직업성 근골격계질환자(Work-related Musculoskeletal Disorders, WMSDs) 발생 현황을 보면 2002년 1,827명, 2004년 4,112명, 2006년 6,233명, 2007년 7,723명으로

급격히 증가하여 전체 업무상질병자에서 67.3%를 차지하고 있다(노동부, 2008). 미국의 경우에도 2006년 연간 발생건수가 357,160건으로 작업자 10,000명당 39명의 발생률을 나타내어 발생건수에서 가장 비중 있는 직업병으로 보고하였다(OSHA, 2008).

근골격계질환은 작업관련 요인, 인적 요인, 사회심리적 요

접수일: 2008년 10월 14일, 채택일: 2009년 3월 24일

† 교신저자: 이윤근(서울특별시 중랑구 면목3동 568-1 노동환경건강연구소, Tel : 02-490-2088, E-mail : lyk4140@hanmail.net)

인, 조직적 요인 등 다양한 발생 요인이 상호 복합적으로 작용하는 것으로 알려져 있다(NIOSH, 1997 ; Rooney, 1997). 따라서 근골격계질환 예방은 사업장 내에서의 의학적, 정책적, 사회 문화적, 조직적 영역과 인적 자원에 대한 시스템 관리가 매우 중요하며, 이러한 시스템 관리에서 작업자의 참여가 핵심적인 요소로 강조된다(Rooney, 1997 ; Bongers 등, 2002 ; Rivilis 등, 2006). 근골격계질환 예방을 위한 관리 대책이 현장에서 성공을 거두기 위해서는 기술적인 내용보다는 관리 시스템이 작업장 내에서 지속적이고 일상적인 운영 체계로 자리 잡는 것이 매우 중요하다(NIOSH, 1997 ; Kawakami 등, 2004). 전사적 관리 체계 속에서 실시해온 각종 TQM(Total Quality Management) 활동의 성공 사례는 근골격계질환 예방 관리에서 참여적 접근 방법의 좋은 모델을 제시해주고 있다(Hagberg 등, 1995).

근골격계질환 예방관리프로그램은 사전적 접근방법(proactive approach)으로 예방관리에 필요한 참여체계 구성과 교육 훈련, 구체적인 운영 방법과 원칙, 그리고 이에 필요한 시설과 장비 혹은 개선에 대한 투자와 이러한 모든 것들을 실천해나가는 제 과정으로 정의된다(ANSI, 1996 ; NIOSH, 1997 ; 노동부, 2006). 최근에는 이러한 예방관리프로그램을 적용하는 데 있어 과거의 전통적인 방법인 전문가 중심의 사업에서 현장 작업자 혹은 참여 그룹이 직접 참여하는 참여적 접근 방법(participatory action research)이 강조되고 있는 추세이다. 특히 위험요인을 평가하고 문제점에 대한 개선방향을 논의하는 제 과정에서 현장 작업자들을 적극적으로 결합시키는 것은 현실적인 개선안을 도출하는 데 많은 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Zalk, 2001). Denis 등(2008)의 연구에 의하면 예방관리프로그램과 관련된 연구 방법론에 대한 분석 결과 전문가 연구가 45%, 참여 연구가 19%, 2가지 방법이 혼합된 연구가 36%를 차지하여 참여 연구의 비중이 조금씩 커지고 있는 것으로 나타났다. 그 동안 여러 연구들에서 과거의 전문가 의존적인 방법 보다는 참여적 방법이 더 효과적인 사례들을 보고하였다(Street 등, 2003 ; Kawakami 등, 2004). 특히, 참여적 예방관리프로그램은 근골격계질환에 대한 증상과 발생률, 작업 손실일수, 보상비 등의 감소에 매우 긍정적인 효과가 있으며(Rivilis 등, 2008), 예방관리프로그램 사례에 대한 종합적인 효과 분석 결과에 의하면(DLI, 2000) 근골격계 질환자수는 49.5%, 작업 손실일수는 65.0%, 보상비용은 64.8% 정도의 예방 효과가 있었다고 보고하였다.

우리나라는 2003년 7월부터 근골격계질환에 대한 유해요인 조사와 작업개선, 의학적 조치, 유해성 주지, 중량물 특별조치, 그리고 질환자 발생 규모에 따라 예방관리프로그램 시행을 사업주 의무 사항으로 법제화하였다(노동부, 2006). 특히, 산업재해보상보험법에 의해 요양 결정을 받은 근골격계

질환자가 연간 10인 이상 발생한 사업장(또는 5인 이상 발생한 사업장으로서 발생 비율이 그 사업장 근로자수의 10% 이상인 경우)에서는 노사 협의를 거쳐 근골격계질환 예방관리 프로그램을 시행하도록 하고 있다. 이러한 법적 기준에 의해 그동안 근골격계질환자가 다발했던 자동차 부품(이윤근 등, 2003) 및 자동차 조립공장(이윤근 등, 2005), 조선(김유창과 장성록, 2006), 타이어 공장(이윤근 등, 2004) 등 대기업 사업장을 중심으로 예방관리프로그램을 도입하여 시행해오고 있으며, 현재까지 프로그램을 적용한 기간은 2년에서 4년 정도 지나고 있다. 그러나 아직 현장 참여 중심의 연구는 매우 제한적이며, 또한 예방 효과에 대한 분석 결과가 보고된 사례는 많지 않다. 대형 선박건조 작업장에서의 예방관리프로그램 효과 분석 사례(김유창과 장성록, 2006 ; 표연과 정병용, 2007)가 있으며, 예방관리프로그램 시행 이후 산재자수는 41.5%, 근로 손실일수는 71.1%, 그리고 평균 요양일수는 57.7%의 감소효과를 보고한 바 있다(표연과 정병용, 2007).

본 연구는 참여적 방법을 이용한 근골격계질환 예방관리 프로그램을 개발하고, 이를 3년 동안 적용한 후 근골격계질환자 발생률, 작업 손실일수, 경제적 손실비용이 어떻게 변했는지를 분석하였다. 이를 통해 프로그램 시행 후 나타나는 예방효과가 연차별로 어떤 특성이 있는지를 산업재해자와 공상처리자로 나누어 비교해보고, 최종적으로 프로그램 시행 전 후의 예방관리 효과를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 일개 타이어 제조 공장의 전체 작업자를 대상으로 하였다. 예방관리프로그램을 처음 도입한 2004년을 기준으로 작업자는 총 2,094명으로 대부분이 남성 작업자(95%)였으며, 평균 연령은 39.8세, 평균 직장 경력은 14.2년, 생산직의 경우 대부분이 4조 3교대 작업을 하고 있었다. 고용 형태는 모두 정규직이었다.

전체 작업 공정은 크게 타이어 재료를 준비하는 공정(정련, 압연, 압출), 타이어 반제품을 생산하는 공정(재단, 비드, 성형), 타이어 완제품을 생산하는 공정(가류, 검사, 품질관리)으로 구성되어 있다. 일부 공정(정련, 압연, 압출)을 제외하고는 모두 정형화된 반복 작업을 수행하고 있다. 특히, 반제품을 생산하는 공정에서는 순간적인 무리한 힘을 가하여 밀거나 당기는 작업이 많고, 타이어 완제품을 생산하는 공정에서는 10kg 내외의 중량물을 반복적으로 취급하는 작업 특성이 있다.

2. 예방관리프로그램

예방관리프로그램은 2004년 12월에 최종 완성되었으며, 참여체계 구성, 교육 및 훈련, 위험요인 관리, 의학적 관리, 문서화 등 총 5개 영역으로 구성하여 2004년부터 2006년까지 총 3년 동안 운영되었다(표1).

예방관리프로그램 시행 첫 해인 2004년은 참여체계 구성, 교육을 통한 근골격계질환 인식 확대와 위험요인 노출 평가를 통한 작업개선 대상 작업을 선정하였다. 또한 근골격계질환자의 진단과 치료 및 재활 등을 위한 시설, 인력, 장비 등을 갖추는 등 의학적 관리프로그램을 완성하는 시기였다. 이후 2005년부터 2006년까지 2년 동안은 인간공학적 작업개선과 근골격계질환자의 진단, 치료, 재활, 작업 복귀 프로그램을 본격적으로 운영하는 시기였고, 2007년에는 2년 동안 운영되었던 전체 프로그램을 평가하고 문제점을 수정 보완하였다.

이러한 일련의 과정에서 연구진은 전체적인 계획을 마련

하고 사업 진행에 필요한 전반적인 교육과 기술적인 지원 등을 담당하였다. 사업장 내 참여 조직인 실행위원은 장시간의 교육과 훈련을 거친 후 연구진과 함께 예방관리프로그램을 직접 실행하고 주기적으로 점검하는 역할을 담당하였다.

1) 참여체계 구성과 역할

참여체계는 예방관리에 필요한 정책적 협의와 프로그램 방향 및 내용을 합의하는 조직으로 노·사 안전보건 부서 책임자가 참여하는 총괄조직과 실제로 프로그램 내용을 실천하고 일상 활동을 진행하는 실행조직으로 이원화하여 구성하였다.

(1) 총괄조직(협의 및 의사결정 구조)

총괄조직은 노·사 안전보건 부서책임자를 포함하여 각각 3인이 참여하는 근골격계질환 예방과 관련된 협의 및 의사결정 구조이다. 이 조직은 연구진과의 매월 회의체계를 가지면서 사업을 기획하고 문제점들을 수정 보완하고, 이러한 내용이 실행조직을 통해 실천될 수 있도록 조직을 리드하는 역할을 담당하였다. 총괄조직은 정기회의를 통해 1개월에 2회

Table 1. Summary Participatory Ergonomics Programs during the years 2004-2006

Organization	Management committee (3 managers) Action committee (13 workers)
Training and education	Development education manuals Workers (5 times for 10 min.) Managers (2 hrs.) Action committee members (62 hrs.)
Risk management	Risk assessment using checklist (195 jobs) Ergonomics controls (249 cases)
Health care management	Early detection sign and symptoms of WMSDs Exercise/stretching programs (4-8 weeks) Return to work programs (2 weeks)
Documentation	Managerial regulations Reporting system

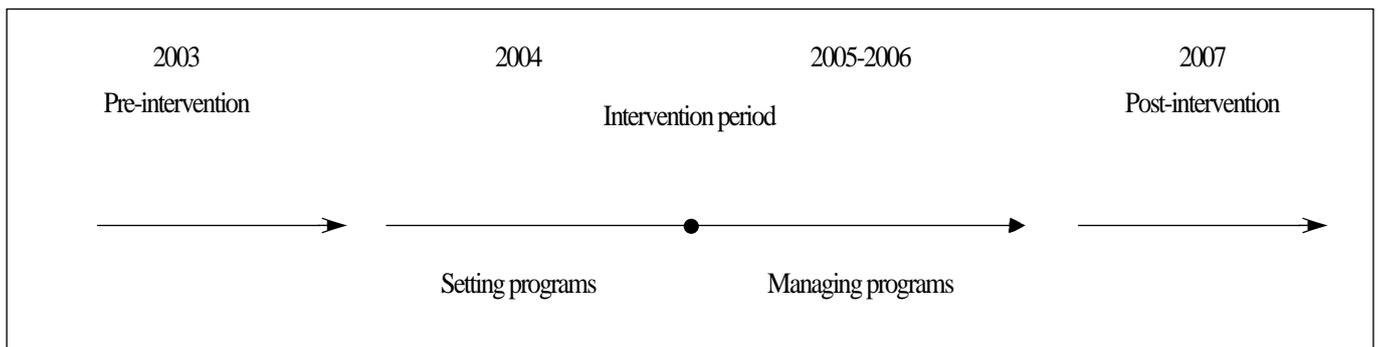


Fig.1. Summary of intervention period

이상(최소 월 1회 이상) 회의를 개최하며, 다음과 같은 그 동안의 활동내용을 점검하고 현안 문제를 심의 의결하는 역할을 수행하였다.

- 증상보고자 발생 및 조치사항
- 질환자 발생 및 조치사항
- 작업장 순회 결과 및 조치 사항
- 작업개선의 진행 사항 및 차기 계획에 관한 사항
- 기타 실행조직 활동 보고 및 문제점 협의

(2) 실행조직(현장 참여조직)

실행조직은 근골격계질환 예방활동의 핵심적인 역할을 수행하는 현장 참여조직이다. 실행조직은 현장의 작업 특성을 가장 잘 알고 작업자들을 가장 잘 이해할 수 있는 작업자 중에서 노동조합의 추천을 통해 과 단위로 총 13명으로 구성하였다. 이들은 현장의 위험성 평가 및 작업개선, 작업자 교육 방법, 작업자 면담 및 의견수렴, 질환자 관리 등과 관련된 총 62시간의 전문화 교육을 거친 후 구체적인 예방 활동을 수행하는 역할을 직접 담당하였다. 실행조직은 매월 16시간의 현장 활동 시간을 활용하여 다음과 같은 역할들을 수행하였다.

① 작업자 현장 교육

현장 작업자에게 근골격계질환 사업의 목적과 내용에 대해 정확히 알리고 인식시키기 위한 교육을 진행하였다. 특히, 작업자 현장 교육은 많은 사람을 모아놓고 하는 집단 교육이 아니라 반별 혹은 조별 교육을 중심으로 작업 전 혹은 휴식 시간을 활용하여 10분 내외로 총 5차례로 나누어 수행하였다. 이러한 교육 방식은 교육과 함께 작업자로부터 제기 되는 현안 문제들을 수렴하는 목적으로 진행되었다.

② 위험요인 평가 및 개선활동

모든 공정에 대한 위험요인 평가를 실행조직이 직접 참여한 가운데 진행하였다. 실행조직은 연구진과 함께 현장에서 문제점들을 파악하고 비디오 촬영을 한 후 개별 공정에 대해 평가와 분석을 같이 진행하였으며, 주로 작업자 의견 수렴을 통한 개선방향 설정에 많은 역할들을 하였다. 위험요인 평가 후에는 설정된 개선 방향에 대해 2차에 걸쳐 관련 작업자 및 관련부서의 의견 수렴을 하였으며, 관련 부서의 기술적 검토 과정을 거쳐 최종 개선안을 확정하였다.

③ 작업자 면담과 현장 순회

매월 2회씩(총 16시간) 주기적인 현장 순회를 통해 작업자를 면담하는 역할을 수행하였다. 이러한 과정을 통해 작업자들이 제기하는 문제점을 수렴하고 증상 호소자를 조기 발견하여 사내 재활센터를 통한 의학조치가 이루어질 수 있도록 하였다. 또한 치료 후 재활프로그램에 참여하는 작업 복귀 예정자에 대해서는 꾸준히 치료받고 있는지를 점검하였고, 작업 복귀 후에는 추후 재발되지 않았는지 주기적으로

점검하는 역할을 수행하였다.

2) 교육 및 훈련

교육 및 훈련은 연구진이 교육 매뉴얼을 개발 한 후 임원 및 노동조합 간부, 관리자, 작업자, 실행조직 등 4개 그룹으로 세분화하여 진행하였다(표 2). 교육 매뉴얼은 근골격계질환에 대한 이해, 위험요인 평가와 작업개선, 근골격계질환자의 의학적 관리, 예방관리프로그램 등 크게 4부분으로 나누어 구성하였다. 실행조직, 관리자, 임원 및 노조 간부의 교육은 연구진이 직접 담당하였고, 작업자 교육은 전문화 교육 과정을 이수한 훈련된 실행조직이 담당하였다.

3) 위험요인 평가 및 작업 개선

위험요인 평가는 모든 단위 작업을 대상으로 작업분석을 위한 기초자료 수집, 체크리스트를 이용한 인간공학적 평가, 평가 결과의 문서화, 작업개선을 위한 작업자 의견 수렴, 작업개선 대상 선정 및 개선안 공고, 개선 실행 및 수정 보완 등 총 6단계로 진행되었다. 체크리스트는 국제적으로 많이 사용하고 있는 표준화된 방법인 RULA(Rapid Upper Limb Assessment) (McAtemney & Corleet, 1993), JSI(Job Strain Index) (Moore & Garg, 1995), NLE(National Institute for Occupational Safety and Health Lifting Equations) (NIOSH, 1994)를 이용하였다. 평가방법은 작업 특성을 고려하여 선택적으로 사용하였고, 총 207개 단위 작업에 대해 인간공학적 평가를 진행한 후 그 결과를 토대로 총 347개 항목에 대한 개선 사항을 선정하였다. 1차로 선정된 개선안은 관련 부서의 기술적인 검토를 거친 후 최종적으로 271개 항목을 개선 대상으로 선정하여 개선을 진행하였다(나머지 76개 항목은 장기적인 검토 사항으로 분류). 이와 같은 위험요인 평가와 작업개선 과정에는 전문적인 교육과 훈련을 거친 실행조직이 직접 참여하였다. 반면 연구진은 위험요인 평가를 위한 전문화 교육과 평가 과정에서 동작분석과 관련된 기술적인 지원을 담당하였다.

4) 의학적 관리

의학적 관리는 산업의학 전문의가 주 1회 회사 내에 상주 하면서 주기적인 면담을 통해 질환 의심자를 선별 한 후 의학적 진단, 치료, 재활, 작업복귀 프로그램을 순차적으로 거친 후 작업에 복귀하도록 하였다. 질환의심자는 작업으로 인하여 운동범위의 축소, 악력의 저하, 기능의 손실과 같은 근골격계질환 징후가 있거나 혹은 개선되지 않은 통증이 1주일 이상 지속되는 자를 대상으로 주기적으로 선별하였다. 이러한 과정은 실행조직이 월 2회의 현장 순회와 면담과정, 그리고 해당 작업자의 직접 보고를 통해 이루어졌다. 외부병원에서 치료를 마친 질환자는 산업의학전문의의 면담을 통해 회복 상태에 따라 사내 재활 프로그램(4-8주)과 작업복귀 프로그램(2주)을 거쳐 작업장에 복귀하도록 하였다. 이러한 모든 과정은 회사 내에 시설과 장비, 그리고 외부에서 지원되는

전문 인력을 통해 사내 관리를 원칙으로 하였다.

5) 예방관리 규정의 문서화

최종적으로 전체적인 프로그램 내용을 규정하고 실천하기 위한 제도적 장치로 ‘근골격계질환 예방관리규정’ 과 ‘실행위원 운영규정’ 을 노. 사간 합의로 제정하여 2004년 12월에 최종 공표하였다.

3. 효과 분석

프로그램 적용 기간은 2004년부터 2006년까지 총 3년이였다. 이 기간을 포함하여 2003년부터 2007년 까지 총 5년 동안의 근골격계질환 증상호소율, 발생자수, 작업 손실일수, 그리고 경제적 손실비용을 기준으로 예방 효과를 분석하였다.

증상호소율은 표준화된 설문지를 이용하여 6가지 신체 부위(손/손목, 아래팔/팔꿈치, 어깨, 목, 허리, 무릎/하지)별로 증상의 빈도(frequency), 기간(duration), 강도(severity)에 대해 자가 평가하도록 하였다(한국산업안전공단, 2003). 증상 유무는 미국국립산업안전보건연구원의 근골격계질환 증상 가이드라인(WMSDs symptom guideline)을 이용하여 판정하였고

(NIOSH, 1990), 예방관리프로그램 준비 시기인 2004년과 프로그램 적용 후인 2007년에 동일한 방법으로 전체 작업자를 대상으로 조사한 후 증상호소율을 비교하였다.

근골격계질환자는 근로복지공단에 요양 신청하여 승인된 산업재해 치료자와 산업의학 전문의의 진단과 작업 관련성 평가를 통해 근골격계질환자로 진단되었지만 산재요양을 신청하지 않고 사내 치료를 선택한 공상 치료자(4일 이상 요양이 필요하고, 1일 이상의 휴업이 발생한 자)모두를 포함하였다. 근골격계질환자 발생률은 작업자 100명당 연간 발생 건수를 기준으로 계산하였다.

근골격계질환으로 인한 작업 손실일수는 1일 이상의 휴업이 발생한 근골격계질환자를 대상으로 연간 총 작업 손실일수와 1인당 평균 손실일수를 계산하였다. 경제적인 손실비용은 회사에서 공식적으로 사용하고 있는 고용비용 산출 기준(인건비 + 산재/의료/고용보험 + 국민연금 + 퇴직 총당금)을 근거로 작업 손실 기간 동안 사업주가 지불해야 할 고용비용만을 대상으로 하였다. 이 회사에서는 하인리히의 재해 손실비용 모델에 근거하여 총 ‘손실비용=직접비용+간접비용(1:4 비율)’으로 산출하고 있다. 기타 치료 과정에서의 의

Table 2. Training and education programs

Objects	Contents	Hours
Directors	General WMSDs	2
	Goals ergonomics programs	
	Roles of top groups	
Managers	General WMSDs and ergonomics	2
	Goals ergonomics programs	
	Roles of managers	
Workers	General WMSDs	2
	Goals ergonomics programs	
	WMSDs symptoms and signs	
	Prevention methods of WMSDs	
	Recording process and methods of WMSDs	
Action committee members	General ergonomics	62
	Evaluating risk factors	
	Controlling risk factors	
	Medical managements	
	Ergonomics programs	
	Education methods	
	Interview methods	
	Recording and reporting of WMSDs	

료비용 및 치료 후 보상비용(장해 보상 등)은 자료 수집의 한계로 인해 경제적 손실비용에서 제외하였다.

수집된 자료는 처음 예방 사업을 준비하고 프로그램 초안을 만든 2004년을 기준 시점으로 하여 각 연도별 비율을 비교 분석하였다. 2004년을 기준 시점으로 한 이유는 예방관리프로그램을 도입하기 이전인 2003년은 근골격계질환에 대한 법적인 사업주 예방 의무가 시행되기 이전 시점으로 작업자들의 근골격계질환에 대한 인식이 그리 높지 않아 실제 존재하는 근골격계질환자가 저평가 되었을 가능성을 고려하였다. 반면 2004년은 산업안전보건법에 근거한 사업주 의무가 본격적으로 시행되기 시작했으며, 또한 예방관리프로그램을 구축한 시기로 반복적인 작업자 교육과 의학적 진단을 통해 실제로 존재하는 근골격계질환자가 어느 정도 드러나기 시작한 시점으로 평가할 수 있다. 이러한 현실을 고려하여 2004년을 프로그램 시행 전 기준 시점으로 하였고, 2년 동안 프로그램을 운영한 후인 2007년을 시행 후의 기준시점으로 하여 프로그램 시행 전 후의 효과 분석을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 증상호소율 변화

처음 예방관리프로그램을 구축하기 시작한 2004년과 프로그램 적용 후인 2007년에 표준화된 동일한 설문지를 이용하여 근골격계질환 증상호소율을 조사한 결과는 그림2와 같다. 설문조사는 생산직 근로자를 대상으로 이루어졌으며, 최종 분석에 이용된 조사대상자 수는 2004년에는 1,317명 (수거

율:62.7%) 이었고, 2007년에는 1,288명(수거율:61.6%)이었다. 예방관리프로그램을 적용하기 전인 2004년에는 신체 부위별로 허리(53.2%), 어깨(50.9%), 무릎(46.8%), 목(42.5%), 손/손목(40.0%), 팔꿈치(29.5%) 부위 순서로 증상호소율이 높게 나타났다. 프로그램 적용 후인 2007년에는 신체 부위별로 28.3%(어깨)에서 13.3%(팔꿈치)의 증상호소율을 보여 44.4%(어깨)에서 54.8%(팔꿈치)의 감소 비율을 보이고 있었다.

2. 발생률 변화

2003년부터 2007년까지 각 연도별 근골격계질환자수와 작업자 100명당 발생률은 표 3과 같다. 프로그램을 적용하기 전인 2003년에는 100명당 발생률이 14.8명이던 것이 예방 교육과 위험요인 평가, 증상 조사와 건강진단 등을 진행한 프로그램 1년차(2004년)에는 오히려 19.1명으로 29.0%가 증가한 것으로 나타났다. 이후 구축된 프로그램이 본격적으로 가동되기 시작한 프로그램 2년차(2005년)에는 발생률이 15.1명(21% 감소), 3년차(2006년)에는 12.2명(36% 감소)으로 감소하였다. 최종적으로 원래 계획했던 프로그램 운영이 끝난 이후 2007년에는 12.0명으로 처음 프로그램을 구축한 2004년에 비해 37.2%가 감소하였다. 그러나 근골격계질환을 제외한 기타 재해자의 발생률은 2004년 3.1명에서 2007년 3.0명으로 거의 변화가 없었다.

이러한 변화 특성을 산업재해자와 공상자로 나누어 보면 약간 다른 특성을 보이고 있다. 공상자의 발생률은 프로그램 시행 전에 9.3명에서 프로그램 시행 후에는 8.4명으로 감소율이 9.7%로 적게 나타난 반면 산업재해로 처리된 근골격계질

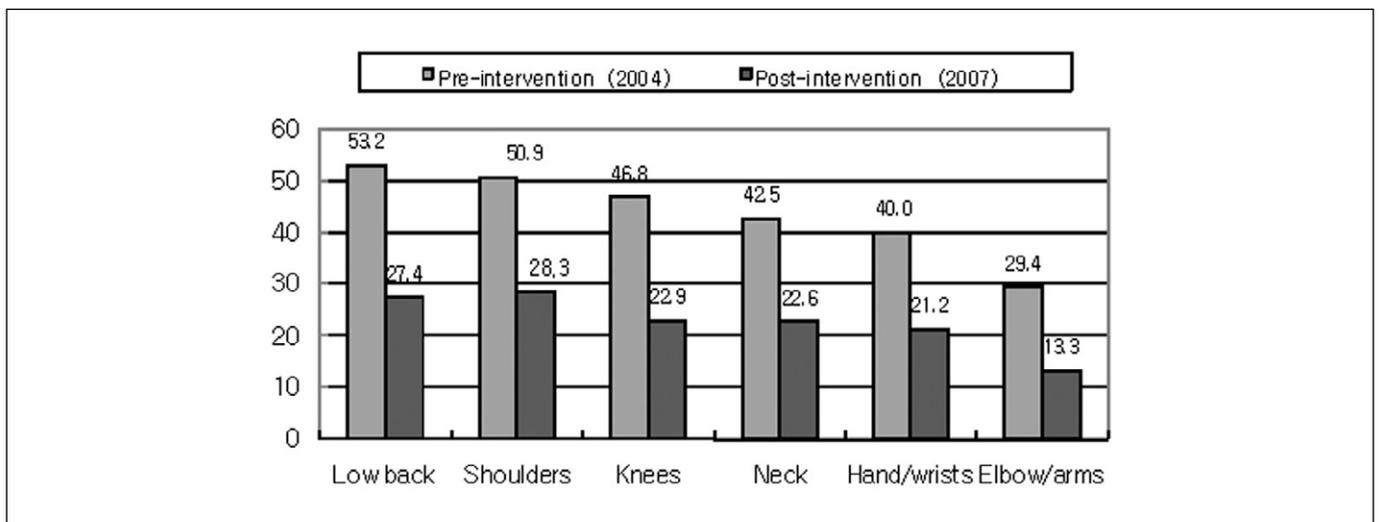


Fig.2. The comparison of WMSDs symptom prevalence between pre-intervention and post-intervention

환자는 9.8명에서 3.6명으로 감소율이(63.2%) 공상자에 비해 더 높게 나타났다.

3. 작업 손실일수 변화

각 연도별 총 작업 손실일수와 질환자 1인당 평균 손실일수 변화는 표 4와 같다. 2003년 총 작업 손실일수가 20,352일이던 것이 2004년에는 32,262일로 59.0%나 증가한 것으로 나타났다. 이후 2005년부터 점차 감소하기 시작하여 2007년에는 14,497일로 2004년 대비 55%가 감소하였다. 이에 반해 근골격계질환을 제외한 기타 재해자의 총 작업손실일수는 오

히려 프로그램 시행 후에 73.6%가 증가한 것으로 나타났다.

질환자 1인당 평균 작업 손실일수로 보면 약간 다른 경향을 보이고 있었다. 프로그램 시행 2년차인 2005년에는 평균 손실일수가 2004년(80.7일)에 비해 오히려 증가하였으며, 프로그램 시행 2년차(2006년)부터 감소하기 시작하여 2007년에는 최종적으로 2004년 대비 29.4%가 감소한 것으로 나타났다. 평균 작업손실일수의 감소 비율(29.4%)은 총 작업 손실일수의 감소비율(55%)에 비해 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

1인당 평균 작업 손실일수를 산업재해자와 공상자로 나누어 보면 서로 다른 경향을 보이고 있다. 산업재해로 처리된

Table 3. Annual number of case of work-related musculoskeletal disorders and the others injury and illness

	Number of cases				
	(Incidence rates a 100 workers)				
	2003	2004	2005	2006	2007
Total workers	1,939	2,094	2,099	2,090	2,092
Injury and illness except WMSDs	43 (2.2)	64 (3.1)	74 (3.5)	56 (2.7)	63 (3.0)
Insurance ¹⁾ cases	111 (5.7)	205 (9.8)	139 (6.6)	84 (4.0)	75 (3.6)
Non-Insurance cases	176 (9.1)	195 (9.3)	178 (8.5)	171 (8.2)	176 (8.4)
Total cases	287 (14.8)	400 (19.1)	317 (15.1)	255 (12.2)	251 (12.0)

¹⁾ Industrial Accident Compensation Insurance

Table 4. Annual lost workdays of work-related musculoskeletal disorders

	Lost workdays				
	(Average per worker)				
	2003	2004	2005	2006	2007
Injury and illness except WMSDs	4,900 (114.0)	5,949 (93.0)	8,890 (120.1)	7,148 (127.6)	10,327 (163.9)
Insurance ¹⁾ cases	18,306 (164.9)	30,028 (146.5)	26,309 (189.3)	18,410 (219.2)	12,625 (168.3)
WMSDs Non-Insurance cases	2,046 (11.6)	2,234 (11.5)	2,101 (11.8)	2,189 (12.8)	1,875 (10.6)
Total cases	20,352 (70.9)	32,262 (80.7)	28,410 (89.6)	20,599 (80.8)	14,497 (57.8)

¹⁾ Industrial Accident Compensation Insurance

근골격계질환자의 평균 작업손실일수는 프로그램 시행 이후 계속 증가하다가 2007년에 가서야 비로소 감소하기 시작하였으나 최종적으로는 2004년 대비 14.9%가 증가한 것으로 나타났다. 반면 공장 치료자는 약간 감소하였으나 그 비율(7.8%) 크지 않았다.

4. 경제적 손실비용 변화

전체 근골격계질환자로 인한 총 손실비용과 질환자 1인당 평균 손실비용은 표 5와 같다. 2003년에는 36억 4,300만원이던 연간 손실비용이 2004년에는 57억 7,500만원으로 59%나 증가하였다. 이후 2005년부터 점차 감소하기 시작하여 2007년에는 25억 9,500만원으로 2004년 대비 55.1%가 감소하였다. 이에 반해 근골격계질환을 제외한 기타 재해자로 인한 총 경제적 손실비용은 작업손실일수와 마찬가지로 오히려 73.6%가 증가한 것으로 나타났다.

질환자 1인당 평균 손실비용으로 보면 작업 손실일수와 동일한 경향을 보이고 있었다. 전체 손실비용은 프로그램 시행 이후 감소폭(55.1% 감소)이 크게 나타난 반면 1인당 평균 손실비용은 프로그램 시행 2년차인 2005년에는 오히려 증가하다가 2006년에 가서야 비로소 감소하기 시작하여 프로그램이 운영 기간이 끝난 2007년에는 최종적으로는 2004년 대비 29.5%가 감소하여 상대적으로 적은 감소비율을 보였다.

1인당 평균 손실비용을 산업재해자와 공장 치료자로 나누어 보면 서로 다른 경향을 보이고 있다. 산업재해자의 손실비용은 프로그램 시행 이후 오히려 15.6%가 증가한 것으로 나타났고, 공장 치료자의 손실비용은 9.5%가 감소하였으나

총 손실비용 감소율(55.1%)에 비해 상대적으로 적게 나타났다.

5. 예방 효과

예방관리프로그램에 대한 효과 분석을 위하여 프로그램 구축 시점인 2004년과 프로그램 시행 후 3년 후인 2007년의 근골격계질환 발생률, 연간 작업손실일수, 연간 손실비용을 비교 분석한 결과는 그림 3과 같다. 100명당 발생률을 보면 발생률은 19.1명에서 12.0명으로 줄어들어 프로그램 시행 후 37.2%가 감소했으며, 이로 인한 연간 경제적 손실비용 또한 약 57억원에서 약 26억원으로 줄어들어 프로그램 시행 후 55.1%가 감소하였다.

그러나 질환자 1인당 평균 작업 손실일수와 평균 손실비용을 분석해 보면 예방효과의 크기가 다르게 나타나고 있었다(그림 4). 프로그램 시행 후 평균 작업 손실일수 및 손실 비용은 각각 29.4%와 29.5%가 감소한 것으로 나타나 연간 작업 손실일수 및 손실비용의 감소 효과(55.1% 감소)에 비해 상대적으로 적게 나타났다.

IV. 고찰

근골격계질환은 그 문제의 심각성으로 인해 미국 등 선진국에서는 이미 1980년대 후반부터 비용을 최소화하기 위한 연구와 투자를 기업주 스스로가 앞서 진행하고 있다(OSHA, 2000). 이 문제를 해결하지 않고서는 막대한 경제적 손실을

Table 5. Annual worker's compensation costs of work-related musculoskeletal disorders

Unit : (million won)

		Worker's compensation costs				
		(Average per worker)				
		2003	2004	2005	2006	2007
Injury and illness except WMSDs		877	1,065	1,591	1,280	1,849
		(20.4)	(16.0)	(21.5)	(22.9)	(29.3)
Insurance ¹⁾ cases		3,277	5,375	47,10	3,296	2,260
		(29.5)	(26.2)	(33.9)	(39.2)	(30.1)
WMSDs	Non-Insurance cases	366	400	376	392	335
		(2.1)	(2.1)	(2.1)	(2.3)	(1.9)
Total cases		3,643	5,775	5,086	3,688	2,595
		(12.7)	(14.4)	(16.0)	(14.5)	(10.3)

¹⁾ Industrial Accident Compensation Insurance

불 수밖에 없다는 현실적인 인식을 통해 그 동안 많은 투자 들을 하였고 많은 연구들에서 성공 사례가 보고되었다.

자동차 산업의 대표적인 기업인 미국 포드자동차 공장의 경우 예방관리프로그램을 통해 300% 이상의 비용 절감 효과를 거둔 것으로 보고하였다(Joseph, 2003). 미국에서 연구된 5 개 사업장에 대한 예방 효과를 분석한 결과에 의하면(GAO, 1997) 사업장에 따라 2년에서 5년 동안 예방관리를 시행한 결과 35%-91%까지의 보상비용 감소 효과를 얻은 것으로 나타났다. 최근에는 250개의 개별 연구에 대한 효과 분석에서 작업자 행위 변화에 의한 예방 효과는 10-20%, 위험요인의 노

출 시간 감소는 20-40%, 노출 수준 감소는 40-60%, 위험요인 노출 제거는 60-100% 정도의 예방 효과가 있다고 보고하였다(Goggins 등, 2008). 이와 같이 성공적인 효과에 대한 주요 내용은 대부분이 근골격계질환자 감소로 인한 건강관리 비용의 절감과 함께 부수적으로 생산성, 품질, 종업원 사기 등의 개선효과를 가져오고 있다.

이와 반면 우리나라에서는 근골격계질환에 대한 관심이 본격화되기 시작한 것은 불과 10여 년 전의 일이다. 2000년에 814명에 불과했던 근골격계질환자가 사업주의 예방 의무가 법제화된 2003년부터 4천명 이상으로 급증하기 시작하였고

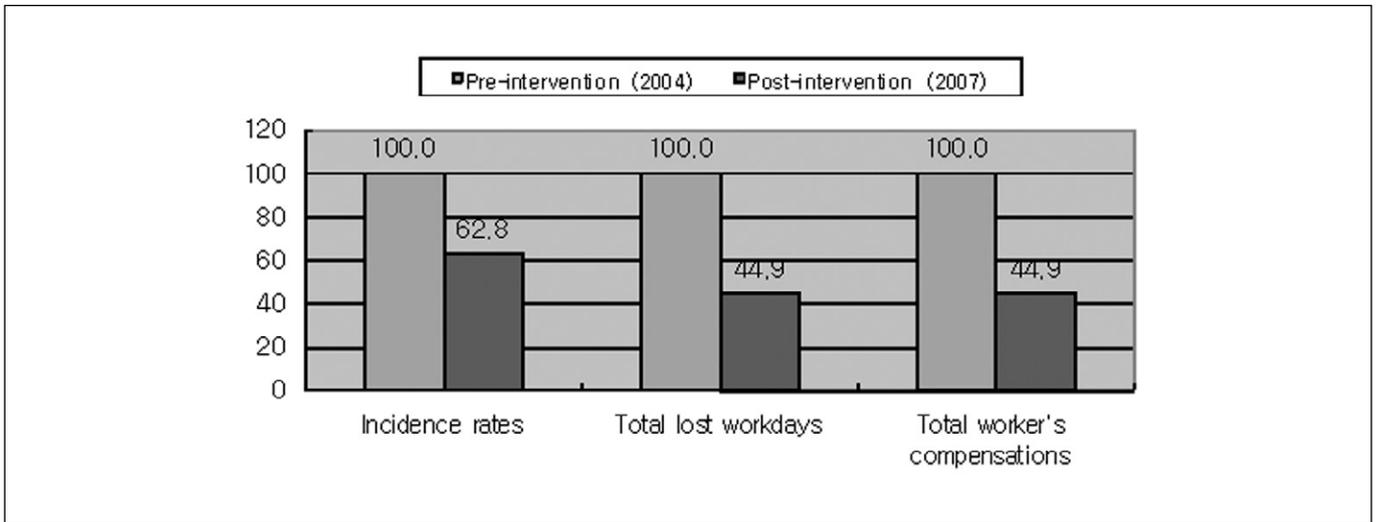


Fig.3. The incidence rates, total lost workdays and worker's compensations of work-related musculoskeletal disorders for intervention expressed as a percentage in the 2004

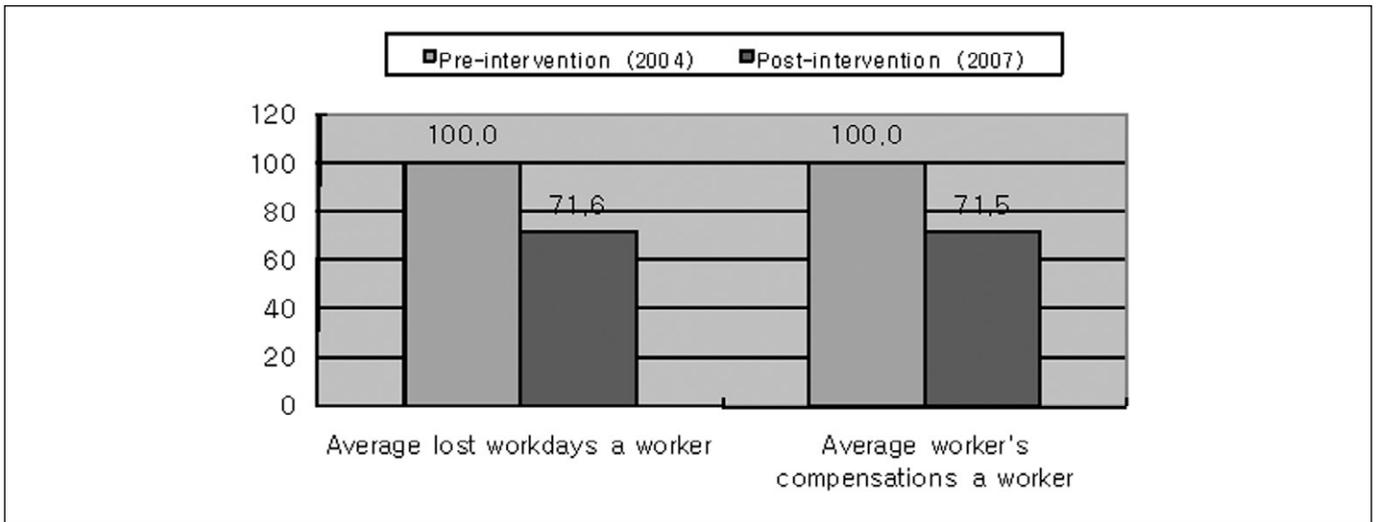


Fig.4. The average lost workdays and worker's compensations of work-related musculoskeletal disorders for intervention expressed as a percentage in the 2004

(노동부, 2000-2008). 이에 2003년부터는 주로 자동차 조립 공장(이윤근 등, 2005), 자동차 부품 공장(이윤근 등, 2003), 타이어 제조 공장(이윤근 등, 2004) 조선소(김유창과 장성록, 2006; 표연과 정병용, 2007) 등 대기업 중심으로 예방관리프로그램을 구축하기 시작하였다. 이처럼 최근에서야 시작된 예방관리프로그램의 한계로 인해 그 동안 예방 효과에 대한 보고는 극히 제한적이며, 그나마 예방 효과로 보고된 근골격계질환자가 산재보상법에 의한 산업재해 치료자만을 대상으로 하고 있다.

사업주 입장에서 산업재해자가 많아지게 되면 여러 가지 부담으로 인해 공상처리를 선호할 수밖에 없다. 대부분이 정부 감독에 대한 부담(41.3%), 회사 이미지 관리(32.6%), 보험료 인상(21.7%) 등에 대한 부담을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(현재순, 2005). 작업자 입장에서는 각종 불이익에 대한 부담(85%)으로 인해 산업재해 신청을 꺼려하고 있다. 이러한 문제들로 인해 실제로 가벼운 사고나 질병의 경우는 개인 비용으로 치료하거나 혹은 회사 비용으로 치료하는 경우가 많은 게 현실이다. 박재홍 등(2008)의 연구에 의하면 의원급 병원을 방문하여 치료를 받은 산업재해자의 경우 산업재해 신청률은 2.2%에 불과하고 나머지 97.8%는 모두 공상으로 처리하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 문제는 근골격계질환자도 마찬가지다. 노동조합이 산업안전보건 활동에 개입하고 있는 사업장을 대상으로 조사한 바에 따르면 근골격계질환자의 경우 산재보험으로 치료한 경우가 45.6%, 회사 비용으로 치료한 경우(공상치료)가 54.4%인 것으로 나타났다(이윤근, 2006). 노동조합이 없는 소규모 사업장의 경우 90% 이상이 은폐되고 있는 것으로 추정되고 있다(전국금속산업노동조합연맹, 2001).

따라서 정부에 보고된 산업재해자 통계만을 가지고 근골격계질환자의 발생 특성을 분석하는 것은 많은 한계점을 가지고 있다. 경우에 따라서는 발생률 자체가 저평가될 가능성이 있다.

본 연구는 참여적 방법을 근간으로 하는 근골격계질환 예방관리프로그램을 개발하고, 이를 3년 동안 적용하면서 연차별로 근골격계질환자 발생 특성이 어떻게 변화했는지를 세부적으로 분석하였다. 연차별 근골격계질환자 발생 특성을 파악함으로써 근골격계질환자의 질적 관리 및 양적 관리에 필요한 예방 전략을 세우는 데 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 분석에 이용한 근골격계질환자를 기존의 국내 사례 연구에서 보고했던 것과는 달리 산업재해 치료자뿐만 아니라 그동안 공식적으로 보고되지 않았던 공상 치료자까지 포함함으로써 좀 더 객관적이고 실질적인 프로그램 예방효과를 분석하고자 하였다.

분석 결과 예방관리프로그램은 근골격계질환 예방에 긍

정적인 효과가 있었다. 프로그램 적용 후 질환자 발생률은 37.2%가 감소했으며, 이로 인한 연간 경제적 손실비용 또한 55.1% 감소하였다. 반면, 근골격계질환자를 제외한 기타 재해자의 발생률 및 경제적 손실비용은 오히려 증가한 것으로 나타났다. 국내 조선소를 대상으로 한 효과분석에서(표연과 정병용, 2007) 질환자수가 프로그램 운영 후 62.7% 감소한 것과 비교해 보면 감소 비율이 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 근골격계질환자 통계에 공상 치료자를 포함하느냐 여부와 관련이 있을 것으로 보인다. 외국에서 보고된 육가공작업에서의 감소율 50%(Moore와 Garg, 1998), 사무작업에서의 58.7%(Lewis 등, 2002), 여러 사업장에서의 평균 감소율 64%(OSHA, 2000), 중량물 취급 작업에서의 66% 감소(Carrivick 등, 2005) 등과 비교했을 때도 감소율 자체가 다소 낮은 것으로 나타났다.

근골격계질환자 발생률 감소를 산업재해자와 공상치료자로 나누어 비교하면 약간 다른 양상을 보이고 있었다. 공상치료자의 발생률은 프로그램 시행 후 9.7%가 감소한 반면, 산업재해자는 63.2%가 감소해서 감소폭이 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 상당수의 근골격계질환자가 산업재해로 처리하지 않고 공상치료를 선호한 것과 관련되어 있을 것으로 추정된다. 이윤근(2006)이 110개 사업장을 대상으로 3년 동안 근골격계질환자의 산업재해 치료자와 공상치료자의 변화를 조사한 결과 산업재해 치료자는 49.2%에서 35.6% 감소한 반면, 공상치료자는 50.8%에서 64.4% 증가한 것과 동일한 경향을 보여주고 있다.

전체적으로는 질환자 발생률이 감소한 것으로 분석되었으나 프로그램 시행 후 연차적으로 보면 시행 1년차에는 오히려 발생률이 29%나 증가하였고, 2년차부터 감소 효과가 나타나기 시작하였다. 이러한 특성은 1년차에 프로그램을 도입하기 위하여 집중적인 교육을 실시함으로써 작업자 인식이 확대되고, 따라서 그 동안 인식하지 못했던 질환자가 들어나는 효과와 관련되어 있을 것으로 보인다. 우리나라에서 2000년대 이후 근골격계질환자가 급증한 이유로 작업자 인식의 변화와 노동조합의 건강권 요구에 따른 사회적 관심의 증가 등이 중요한 요인으로 보고된 바 있다(Lee & Park, 2007).

총 작업 손실일수나 그에 따른 경제적 손실비용에서는 프로그램 시행 이후 55.1%의 감소 효과가 있는 것으로 분석되었다. 국내 조선소 사례(표연과 정병용, 2007)에서 보고한 감소율 57.7%와 비슷하였으며, 앞서 설명한 외국의 사례와 비교했을 때도 큰 차이는 없었다. 그러나 질환자 1인당 평균 작업손실수를 연차별로 나누어 분석해보면 프로그램 시행 1년차에는 14%, 2년차에는 11%가 오히려 증가하였고, 실제로 감소하는 효과는 3년차부터 나타나는 특성을 보이고 있었

다. 또한 총 작업 손실일수의 감소 효과 55.1%와 비교했을 때 상대적으로 감소폭이 적은 29.4%로 나타났다. 이는 프로그램 시행 이후 양적인 예방 효과(전체 발생자수와 이에 따른 총 작업손실일수 등)가 먼저 나타나고 평균 요양일수 감소 등과 같은 질적인 예방 효과가 그 이후에 나타나는 연구 결과(Moore와 Garg, 1998)와 비슷한 결과로 해석할 수 있다.

근골격계질환자 1인당 평균 손실비용을 산업재해자와 공장 치료자로 나누어 보면 산업재해자의 손실비용은 오히려 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 치료기간이 장기화 되는 경우에는 산업재해 치료를 선호하고, 치료기간이 짧은 경우에는 공장치료를 선호하는 일반적인 경향을 반영하고 있는 것으로 해석된다. 박재홍 등(2008)의 연구에서 치료 기간이 짧은 경상 치료자의 경우는 대부분이 공장치료를 선호하고, 치료기간이 긴 입원치료자의 경우에는 산업재해 치료를 선호하는 것으로 보고하고 있다.

본 연구에서 지표로 사용한 경제적 손실비용은 자료 수집의 제한으로 인해 고용비용만을 근거로 했다는 한계가 있다. 치료 및 환자 관리로 소요된 의료비용, 그리고 작업손실로 인한 생산량 변화 등 다양한 지표들을 반영하지 못했다. 한편 프로그램 운영 및 물적, 인적자원을 관리하는 데 필요한 제 비용 등을 고려하지 못해 프로그램 운영으로 인한 정확한 경제적 효과 여부를 분석하지 못했다. 또한 모든 발생사례에 대한 원 자료를 확보하지 못해 연도별 결과만을 가지고 분석한 한계로 인해 다양한 통계적인 차이를 보지 못했다. 향후 이러한 문제점들이 보완된다면 근골격계질환 예방관리프로그램에 대한 정확한 비용-효과 분석이 가능할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 일개 타이어 생산 공장을 대상으로 작업자 참여를 근간으로 한 예방관리프로그램을 구축하고 3년 동안 운영한 후 연차적으로 예방효과가 어떻게 달라지는지를 분석하였다. 이를 통해 최종적으로 프로그램 시행 전 후의 예방관리 효과를 알아보려고 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 프로그램 시행 후 예방효과를 연차적으로 분석한 결과 시행 1년차에는 질환자 발생률은 29.0%, 작업 손실일수 및 경제적 손실비용은 59.0% 증가하는 것으로 나타났고, 프로그램 시행 2년차부터 감소 효과가 나타나기 시작하였다.

2. 예방 효과를 산업재해자와 공장치료자로 나누어 분석한 결과 프로그램 시행 후 산업재해로 치료한 근골격계질환자 발생률은 63.2%가 감소하여 공장 치료자 감소율(9.7%)에 비

해 더 큰 것으로 나타났다. 반면 산업재해로 치료한 경우의 1인당 평균 작업 손실일수는 프로그램 시행 후 오히려 14.9%가 증가한 것으로 나타났다.

3. 예방관리프로그램 시행 전 후에 대한 효과 분석 결과 질환자 발생률에서 37.2%, 연간 작업손실일수 및 경제적 손실 비용에서 55.1%의 예방관리 효과가 있었다.

이러한 결과로 볼 때 예방관리프로그램의 긍정적인 효과를 확인할 수 있었으며, 프로그램 시행 후 연차별로 나타나는 예방효과 특성과 요양 방법(산재 혹은 공장 등)에 따른 차이는 향후 다른 사업장에서의 근골격계질환 예방관리에 많은 도움이 되리라 기대한다.

REFERENCES

- 김유창, 장성록. 근골격계질환 예방을 위한 조선업종에서의 인간공학 프로그램의 운영과 효과에 관한 연구. 한국안전학회지 2006;21(6):101-105
- 노동부. 산업재해분석. 노동부;2000-2008.
- 노동부. 산업안전보건법. 노동부;2003.
- 박재홍, 김정원, 김중은, 조영하, 문덕환. 의원방문 근로자들의 업무상 사고 실태에 관한 연구. 한국산업위생학회지 2008;18(1):72-79
- 이윤근, 임상혁. 발레오만도전장시스템스코리아(주) 직업성 근골격계질환 예방관리프로그램 개발 보고서. 노동환경건강연구소;2003.
- 이윤근, 임상혁, 윤덕기, 허승무, 한인임. 참여적 연구를 통한 근골격계질환 예방관리프로그램 사례 연구. 2004년 노동환경건강학술지. 노동환경건강연구소;2004a.
- 이윤근, 임상혁, 윤덕기, 한인임, 허승무. 금호타이어 광주공장 직업성근골격계질환 예방관리프로그램 개발 보고서. 노동환경건강연구소;2004b.
- 이윤근, 임상혁, 윤덕기, 한인임. 현대자동차 직업성근골격계질환 예방관리프로그램 개발 최종 보고서. 노동환경건강연구소;2005.
- 이윤근. 근골격계질환 관련법규 시행 3년에 대한 평가와 문제점. '근골격계질환 관련법규 시행 3년에 대한 평가' 토론회 자료집. 원진노동환경건강연구소;2006.(3-24쪽)
- 전국금속산업노동조합연맹. 근골격계질환 실태조사 결과. 전국금속산업노동조합연맹;2001.
- 표연, 정병용. 조선회사 인간공학 프로그램의 운용사례. 대한인간공학회지 2007;26(3):45-52
- 한국산업안전공단. 근골격계부담작업 유해요인 조사 지침 (KOSHA-CODE H-30-2003). 한국산업안전공단;2003.

- 현재순. 공상처리의 문제점과 현장의 고통. 노동과 건강포럼 2005 창립식 및 2005년 제1주제 포럼 자료집 -우리나라 산재통계의 문제점과 개선방향-. 노동과 건강포럼;2005.(51-53쪽)
- American National Standards Institute. Control of work-related cumulative trauma disorders, Part 1, Upper extremities(working draft). National Safety Council;1996. p.4.1-A.17.
- Bongers, PM, Kremer, AM, ter Laak, J. Are psychosocial factors, risk factors for symptoms and signs of the shoulder, elbow, or hand/wrist? A review of the epidemiological literature. *Am J Ind Med* 2002;41:315-342
- Carrivick PJW, Lee AH, Yau KKW, Stevenson. MR. Evaluating the effectiveness of a participatory ergonomics approach in reducing the risk and severity of injuries from manual handling. *Ergonomics* 2005;48(8):907-914
- Denis D, St-Vincent M, Imbeau D, Jette C, Nastasia I. Intervention practices in musculoskeletal disorder prevention: A critical literature review. *Applied Ergonomics* 2008;39:1-14
- Department of Labor and Industries [DLI]. Cost-benefit analysis of the ergonomics standard. Olympia, WA.;2000.
- General Accounting Office. Private Sector Ergonomics Programs yield positive results (GAO/HEHS-97-163). Washington;1997. p.26-32.
- Goggins RW, Spielholz P, Nothstein GL. Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: Implications for predictive cost-benefit analysis. *Journal of Safety Research* 2008;39:339-344
- Hagberg M, Silverstein B, Wells R, Smith MJ, Hendrick HW, et al. Work related musculoskeletal disorders : a reference book for prevention. London: Taylor & Francis Ltd.;1995.p.292-303.
- Joseph B. Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company. *Applied Ergonomics* 2003;34(1):23-28
- Kawakami T, Kogi K, Toyama A, Yoshikawa T. Participatory approaches to improving safety and health under trade union initiative - experiences of POSITIVE training program in Asia -. *Industrial Health* 2004;42:196-206
- Lee Yun Keun, Park Hee Seok. Workers' perception of the changes of work environment and its relation to the occurrence of work-related musculoskeletal disorders. *Journal of Occupational Health* 2007;49(2):152-154
- Lewis RJ, Krawiec M, Confer E, Agopsowicz D, Crandall E. Musculoskeletal disorder worker compensation costs and injuries before and after an office ergonomics program. *Int J Ind Ergon* 2002;29:95-99
- McAtamney L, Corlett EN. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 1993;24(2):91-99
- Moore JS, Garg A. The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995;56(5):443-458
- Moore JS, Garg A. The effectiveness of participatory ergonomics in the red meat packing industry evaluation of a corporation. *Int J Ind Ergon* 1998;21:47-58
- National Institute for Occupational Safety and Health. Hazard evaluation and technical assistance report, HETA 89-250-2046. Cincinnati, OH, Newsday Inc.;1990.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Applications Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-110: NIOSH, Cincinnati, Ohio;1994.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Elements of Ergonomics Program, a primer based on workplace evaluations of musculoskeletal disorder. NIOSH;1997.
- Occupational Safety and Health Administration. Federal register Vol 64, No. 225, Ergonomics Program. OSHA;2000.
- Occupational Safety and Health Administration. Nonfatal occupational illnesses by category of illness, private industry. U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics;2008.
- Rivilis I, Cole DC, Frazer MB, Kerr MS, Wells RP, Ibrahim S. Evaluation of a participatory ergonomic intervention aimed at improving musculoskeletal health. *Am J Ind Med*. 2006;49(10):801-10
- Rivilis I, Van Eerd D, Cullen K, Cole DC, Irvin E, et al. Effectiveness of participatory ergonomic interventions on health outcomes: A systematic review. *Applied Ergonomics* 2008;39:342-58
- Roony T. Cumulative trauma disorders, preventive, evaluation and treatment : Van Nostrand Reinhold;1997. p.359-384.
- Street SL, Kramer JE, Harburn KL, Hansen R, MacDermid JC. Changes in postural risk and general health associated with a participatory ergonomics education program used by heavy video display terminal users: a pilot study. *J Hand Ther* 2003;16(1):29-35
- Zalk DM. Grassroots ergonomics: initiating an ergonomics program utilizing participatory techniques. *Ann Occup Hyg* 2001 Jun;45(4):283-9