

The Survey of Job Rotation Implementation at Medium- and Small-Industries

Sang-Young Yoon, Myung-Chul Jung

Department of Industrial Engineering, Ajou University, Suwon, 443-749

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate the job rotation implementation at medium- or small-industries and to identify the viewpoint on job rotation as preventive activity of work-related musculoskeletal disorders(WMSDs). **Background:** Job rotation has been implemented in many industrial areas in order to prevent the WMSDs as one part of ergonomic program. Generally, the cases of implementation of ergonomic program or successful cases of job rotation were reported on the side of major or large company. Therefore, this study tried to inspect the current state of job rotation implementation at medium- or small-industries. **Method:** Survey was carried out for randomly contacted forty seven managers responsible for safety. Survey contained the questionnaires on the general state of company, shift-work and job rotation. **Results:** The ratio of work-shift in medium- and small-industry was 34.0% and the ratio of job rotation was 19.1%. For manufacturing industry, the ratio was 37.9% and 17.2%, respectively. **Conclusion:** The implementation ratio of job rotation was relatively low considering the results of previous studies. Many managers appealed the quality decreasing of goods and the injuries of workers due to job rotation, though agreed to train the multi-functional worker and to prevent the WMSDs. **Application:** The results can be used for the fundamental data how the job rotation will be properly implemented in medium- and small-industry as an administrative control for MSDs.

Keywords: Job rotation, Administrative controls, Medium- and small-industry, Musculoskeletal disorder

1. Introduction

국내의 근골격계 질환은 관련 법령이 제정되면서 작업자 뿐만 아니라 사업주들도 근골격계 질환에 대한 관심이 높아졌으며, 근골격계 질환을 예방하려는 노력을 활발하게 진행하고 있다. 국내에서 근골격계 질환의 발생빈도는 2005년에 일시적으로 감소하였지만, 2000년 이후 꾸준히 증가하는 경향을 나타내고 있다. 안전보건공단의 2011년도 산업재해분석보고서에 따르면 사고성 근골격계 질환을 제외한 근골격계 질환은 2010년에 3,782건으로 나타났다(KOSHA, 2010;

KOSHA, 2011). 2009년에 미국 노동통계국의 2008년도 집계에 따르면 한 해 동안 근골격계 질환에 대한 보상비용이 150~200억 달러에 이르는 것으로 집계하였다(Bureau of Labor Statistics, 2008). 근골격계 질환은 치료에 많은 시간과 비용이 소요될 뿐만 아니라 재발병율도 높기 때문에, 근골격계 질환을 예방하는 것이 중요하다.

OSHA에서는 근골격계 질환 예방을 위해 인간공학프로그램을 제안하였다. 인간공학프로그램은 의료적 치료를 포함할 뿐만 아니라 근골격계 질환 예방을 위한 공학적 측면에서의 작업장 개선과 관리적 측면에서의 개선을 제시하고 있다. 특히 관리적 측면의 개선은 공학적 개선에 비해 경제적

Corresponding Author: Myung-Chul Jung, Department of Industrial Engineering, Ajou University, Suwon, 443-749.

Phone: +82-31-219-2981, E-mail: mcjung@ajou.ac.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

이며, 신속하게 현장에 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다(NIOSH, 1997).

작업순환은 관리적 측면의 대표적인 개선방법으로 근골격계 질환의 여러 가지 위험요인 중에서 동일한 작업을 지속적으로 반복하는 것과 과도한 작업부하가 특정 작업자에게 집중되는 것을 방지하기 위해 실시되고 있다. 따라서, 작업순환은 서로 다른 성격의 작업을 순환하며 작업하도록 작업계획을 수립하고 실시하는 것이며, 근골격계 질환의 위험요인 자체를 없애는 것을 의미하지는 않는다. 작업순환은 근골격계 질환을 예방하는 것 뿐만 아니라, 작업의 지루함과 부담감을 줄여줄 수 있다는 장점이 있다(Triggs and King, 2000). Mathiassen(2006)은 작업의 변화(variation)와 작업의 다양화(diversity)를 구분하였으며, 작업의 변화에 해당하는 작업순환은 장기간 지속되는 낮은 수준의 부하와 반복적인 작업에서 발생할 수 있는 근골격계 질환에 효과적인 예방법이 될 수 있다고 하였다.

작업순환은 다양한 산업에 적용될 수 있으며, Kuijer 외 2인(1999)은 환경미화원을 대상으로 작업순환을 실시하는 그룹과 실시하지 않는 그룹을 비교한 결과, 작업순환을 실시한 경우에는 작업자세가 달라지고, 전신에 걸쳐 육체적 부하가 골고루 나누어지는 것을 알 수 있었다. Kuijer 외 4인(2005)은 작업순환을 실시하는 환경미화원은 작업순환을 실시하지 않을 때에 비해 근골격계 통증으로 인한 병가(sick leave)와 회복기간이 10.8% 정도 줄어드는 것으로 나타났다. 그리고, 작업순환은 누적부하를 해소하는 것에는 효과적이지만, 최대부하로 인해 발생하는 작업부하를 해소하지 못하는 것으로 나타났다. Frazer 외 3인(2003)은 자동차 조립라인의 작업자를 대상으로 작업순환을 위해 대표 작업자세를 구분하고, 자세 별 손의 힘이 발생하는 방향과 세기를 결정하고, 반복횟수 또는 지속시간 등을 구분하여 작업자들이 위험요소를 나누어 부담할 수 있도록 하였다. 그 결과, 객관적 측정방법은 선형적으로 위험성을 평가한 반면, 주관적 평가방법은 작업을 수행하는 시간과 부하가 높은 작업의 존재 여부에 영향을 많이 받아서 비선형적인 위험성 평가가 나타났다. 많은 연구자들이 사업장에 대한 역학조사를 통해 현장에서 나타나는 근골격계 질환 발생의 위험요인을 확인하고 이를 제거 또는 줄이기 위한 노력으로 작업순환을 실시하는 것을 확인할 수 있었다.

작업순환 계획을 수립할 때에는 단위작업의 특징, 작업자의 수, 단위작업 수행시간, 작업자세 등을 고려하게 된다. 또한, 작업순환 시 동일한 신체부위를 사용하는 작업을 수행하지 않도록 제한을 두는 것이 필요하며, 낮은 부하의 작업과 높은 부하의 작업을 골고루 수행할 수 있도록 하는 것이 필요하다(Schneider S 외 2, 2005). 작업자가 작업으로부터 받는 부하를 정량적으로 측정하기 위해 Jonsson(1988)은

서로 다른 작업에 대해 근전도를 이용하여 작업순환의 효과를 정량적으로 평가하였다. Raina와 Dickerson(2009)은 deltoid 근육을 중심으로 작업순환과 작업순서가 근육의 피로에 미치는 영향을 연구하였다. 연구 결과, 한 가지 동작만 하는 경우보다 두 가지 동작을 번갈아 가면서 할 때 deltoid 근육의 피로도가 낮게 나타났으며, 동작순서에는 차이가 발생하지 않았다. Escorpizo와 Moore(2007)는 작업주기와 반복적인 집어서 놓기 작업간의 관계를 연구하였으며, 작업주기가 짧아질수록, 집는 힘은 증가하지만, 작업시간과 휴식시간은 줄어드는 것을 발견하였다. 하지만, 작업주기가 손목의 동작범위에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Keir 외 2인(2011)은 들기작업과 쥐기작업을 통해 작업순환 계획에 대한 연구를 수행하였으며, 작업순환 계획을 수립할 때에는 근육의 사용 여부와 작업의 특성을 잘 고려해야 좋은 효과를 볼 수 있다는 것을 밝혔다.

국내에서의 작업순환에 대한 조사는 단일 사업장에 대한 조사에 국한되어 진행되었거나 대기업을 중심으로 조사되었다. 따라서, 본 연구에서는 근골격계 질환을 효과적으로 예방하기 위한 관리적 개선방법 중 작업순환이 국내 중소 사업장에서 어느 정도 활용되고 있는지를 조사하고, 국내 중소 사업장의 작업순환 적용에 대한 장단점과 그 한계를 어떻게 인식하고 있는지를 조사하는 것이다.

2. Method

2.1 Data collection

본 연구에서는 국내의 작업순환(job rotation)과 함께 교대작업(shift work) 실시 여부도 함께 조사되었다. 작업순환은 한 명의 작업자가 일정한 시간 간격을 가지고 다양한 작업을 순환하며 작업을 실시하는 것으로 정의하였으며, 교대작업은 작업이 수행되는 시간을 나누어 한 명의 작업자가 자신에게 할당된 작업시간에 작업을 실시하는 것으로 정의하였다.

설문조사는 사업장 별로 사업장의 생산방식과 근로조건을 충분히 파악하고 있는 한 명의 중간 관리자 이상의 책임자를 대상으로 총 47개 사업장에 대해 진행되었다. 설문조사는 안산과 천안지역의 사업장을 중심으로 이루어졌다.

2.2 Questionnaire development

설문조사는 크게 3부분으로 현재 사업장의 규모 등의 일반 사항, 교대근무 관련 사항, 작업순환 관련 사항으로 구성되었다.

사업장 일반 부분에서는 사업장의 업종, 생산직 근로자의 수, 연매출, 생산방식, 조직구성, 근로자의 근무시간과 휴식 시간 구성에 대하여 설문을 실시하였다. 사업장의 업종은 한국표준산업분류와 Yu 외 7인의 연구(2009)에서 근골격계 질환이 많이 발생하는 10개 업종을 중심으로 분류하였으며, 특히 제조업의 경우에는 한국표준산업분류의 세부분류에 따라 조사하였다. 생산직 근로자의 수와 매출을 통해 사업장의 규모를 확인하였다.

교대근무 부분에서는 교대근무가 이루어지는 생산방식과 교대근무의 형태를 조사하였으며, 작업순환 부분에서는 작업순환 실시 여부, 실시 시기, 실시형태뿐만 아니라 작업순환의 목적, 장단점 등을 함께 조사하였다.

3. Results

설문조사를 실시한 47개 사업장의 업종은 Figure 1에서 나타난 것과 같이 제조업이 29개 사업장으로 가장 많았으며, 건설업, 사업시설/사업지원 순으로 나타났다. Figure 2에 나타난 것과 같이 제조업의 경우 전기전자와 기계 분야가 44.8%를 차지하였으며, 그 외의 제조업 세부분류는 전반적으로 고른 분포를 나타내었다. Figure 3에는 생산직 근로자의 수를 나타내었으며, 47개 사업장 중에서 응답을 하지 않은 4개 사업장은 제외하였다. 조사 결과, 설문조사의 참여한 대부분의 사업장이 10인 이상 199인 이하인 사업장으로 나타났다. 전체의 69.8%를 차지하였다. 이를 항목 별로 나누어보면, 10인 이상 50인 미만인 사업장이 27.9%를 차지하였으며, 100인 이상 199인 이하인 사업장과 50인 이상 99인 이하인 사업장이 각각 23.3%, 18.6%로 나타났다. 조사에 참여한 사업장 중 응답을 하지 않은 3개 사업장을 제외한 평균 연매출은 647억 원으로 나타났다. 설문에 참여한 사업장에 노동조합이 설립되어 있는 사업장은 26.1%로 나타났다.

교대작업과 작업순환을 실시하고 있는 사업장에 대한 결과는 Table 1과 같다. 교대작업을 실시하는 사업장은 조사에 응답한 47개 사업장의 34%인 16개 사업장에서 실시하는 것으로 나타났다. 제조업 분야의 사업장만을 분석한 결과, 29개 사업장 중 37.9%에 해당하는 11개 사업장이 교대작업을 실시하는 것으로 나타났다. 교대작업을 실시하는 형식을 보면, 주/야 2교대를 실시하는 사업장은 9개, 주야 3교대를 실시하는 사업장은 6개, 기타 교대형식을 가지는 사업장은 3개로 나타났다. 교대작업에서 주/야간조의 교대주기는 평균적으로 30.75일로 약 한 달을 주기로 교대하는 것으로 나타났다.

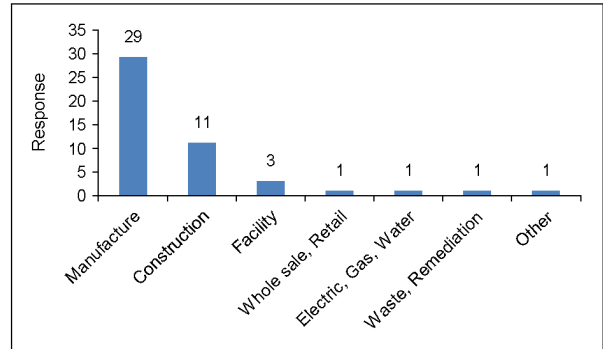


Figure 1. Classification of industry

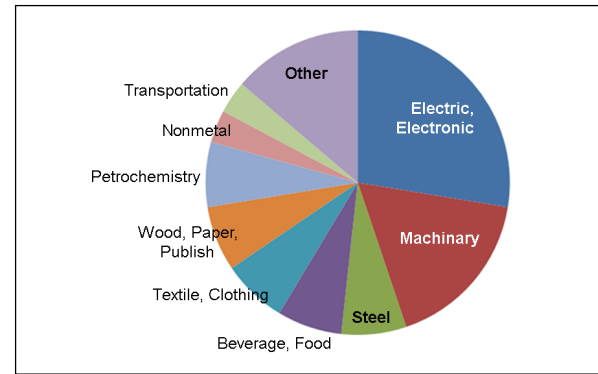


Figure 2. Detailed classification of manufacturing industry

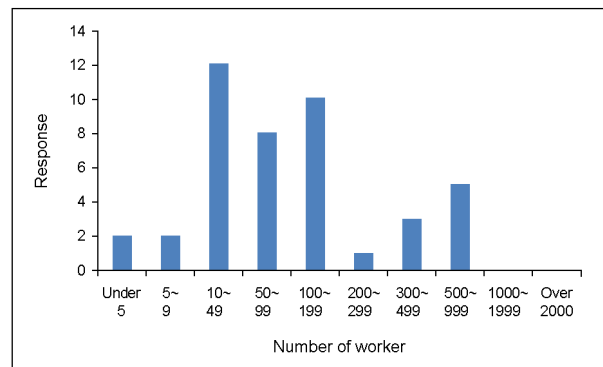


Figure 3. Number of worker at workplace

작업순환은 전체적으로 19.1%에 해당하는 9개 사업장에서 실시하는 것으로 나타났으며, 작업순환 주기는 120.8일로 나타났다. 제조업 분야의 사업장에 대해서는 29개 사업장 중 17.2%에 해당하는 5개 업체에서 작업순환을 실시하고 있었으며, 순환주기는 114.8일로 나타났다.

작업순환을 실시하는 사업장을 대상으로 작업순환을 실시

Table 1. Current status of work-shift and job rotation

		Responses	Cycle(day)
Work-shift	Total industries	16/47(34.0%)	25.4
	Manufacturing only	11/29(37.9%)	7.3
Job rotation	Total industries	9/47(19.1%)	120.8
	Manufacturing only	5/29(17.2%)	114.8

하는 목적과 작업순환 실시의 장점과 문제점에 대한 중복선택이 가능한 설문 결과 Table 2에서 Table 4에 정리하였다.

Table 2에서 나타난 바와 같이, 조사에 참여한 중소기업들은 생산량의 향상, 작업자의 기술 개발 또는 다기능공의 양성, 품질향상을 목적으로 작업순환을 실시하는 것으로 나타났다. 그러나 작업자의 직무만족도 향상이나 작업의 지루함을 예방하기 위해 실시하는 사업장은 적게 나타났으며, 근골격계 질환을 예방하기 위해 실시하는 사업장은 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Purposes of job rotation

Purpose	No. of response
Increase productivity	5
Increase employee skill/multi-skilled employee	3
Increase quality	3
Increase job satisfaction	2
Reduce monotonous work	1
Reduce work-related disorder	-
Government/labor-union compliance issues	-
Total	14

작업순환을 실시했을 때의 장점은 작업자의 기술 개발 또는 다기능공의 양성과 생산량 증가를 선택한 경우가 가장 많았다. 그 다음으로 작업의 지루함 예방과 직무만족도 향상, 근골격계 질환 예방과 품질향상 순서로 집계되었다(Table 3).

Table 4는 작업순환을 실시했을 때의 문제점에 대한 결과이며, 작업자의 건강상태를 고려하지 못한 작업순환, 품질 저하, 사고/부상의 증가, 작업순환 방법 부재에 문제점이 있는 것으로 나타났다. 그 외에도 작업 특성으로 인해 불가능하다거나 작업자 만족도 저하에 대해서도 문제점이 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Benefits of job rotation

Benefit	No. of response
Increase employee skill/multi-skilled employee	4
Increase productivity	4
Reduce monotonous work	2
Increase job satisfaction	2
Reduce work-related disorder	1
Increase quality	1
Reduce absenteeism	-
Reduce employee turnover	-
Government/labor-union compliance issues	-
Total	14

Table 4. Weakness of job rotation

Weakness	No. of response
Rotation scheme regardless employee's health state	3
Reduced quality	3
Increase in injury/illnesses	3
Lack of valid methods to determine jobs to rotate	1
Improper to job rotation due to work characteristics	1
Reduce satisfaction of employee	-
Increase turnover	-
Labor-union contracts	-
Total	11

4. Discussion

작업순환에 대한 기존 연구는 작업순환을 통해 근골격계 질환을 예방하는 것이 어느 정도 효과적이며, 비교적 적은 비용이 소요되며 빠르고 쉽게 현장에 적용할 수 있다는 관점에서 연구가 진행되었다. 본 연구는 국내 중소기업에서 작업순환을 어느 정도 효과적으로 활용하고 있으며, 작업순환의 근골격계 예방 효과에 대한 인식 수준을 파악하기 위한 설문조사를 실시하였다.

국내 사업장의 설문조사는 생산직 근로자가 1,000명 이상이거나 체계적인 근골격계 예방프로그램을 갖추고 있는 대기업에 대한 조사는 제외를 하였다. 국내 중소기업의 경우에는 19.1%의 사업장에서 작업순환을 실시하고 있었으며,

제조업 분야에서는 17.2%로 나타났다. 국내 중소기업의 작업순환 실시율은 국외의 작업순환 실시율과 비교할 때, 비교적 낮은 실시율을 나타내었다. Gittleman 외 2인(1998)은 1993년 미국 노동통계국 발표를 분석한 결과, 전체 사업장 중 12.6%의 사업장에서 작업순환이 실시된다고 보고하였으며, 50인 이상의 사업장에서는 24.2%의 사업장이 작업순환을 실시한다고 보고하였다. Wellman 외 3인(2004)의 연구에서는 메사추세츠 지역 제조업체의 14%가 작업순환을 실시하는 것으로 발표하였다. 2005년도 Jorgensen 외 4인(2005)은 미국 중서부지역 제조업 분야를 대상으로 관리적 측면의 개선방법 중 작업순환에 대한 조사를 178개 사업장을 대상으로 조사하였으며, 42.7%의 사업장이 작업순환을 실시하는 것으로 발표하였다.

본 연구에서는 대기업을 제외하고 조사가 실시되었고, 조사 시기와 대상 사업장의 수가 다르기 때문에 국외 사례와 직접적으로 비교하기는 힘들지만, 국내 사업장에 대한 조사가 최근에 실시되었음에도 불구하고, 국내 사업장의 작업순환 실시율은 미국 사업장에 비해 낮은 것으로 나타났으며, 1990년대의 미국의 사업장의 실시율과 비슷한 수준으로 나타났다.

작업순환의 순환주기는 전체적으로 120.8일이 나타났으며, 제조업 분야만을 봤을 때는 114.8일로 나타났다. 이러한 결과는 Jeon과 Jeong(2010)의 연구와 다른 결과를 나타내었다. 전인식과 정병용의 연구는 국내 대기업을 자동차 조립공장을 대상으로 조사를 실시하였으며, 작업순환의 주기는 시간 단위에서 월 단위까지 작업순환의 범위에 따라 다르게 나타났으며, 시간 단위로 작업순환이 이루어지는 작업이 전체의 44.3%이며, 월 단위로 작업순환이 이루어지는 작업은 23.5%로 나타났다. 즉, 국내의 자동차 조립을 실시하는 다른 대기업을 경우와 비슷한 작업환경임을 고려할 때, 중소기업과 대기업에서의 작업순환을 실시하는 패턴에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 국내 중소기업의 작업순환을 실시하는 목적이나 장단점에 대한 응답을 고려할 때, 중소기업의 경우 작업순환으로 발생하는 품질의 저하 측면에 대한 부담감과 대기업에 비해 컨베이어 시스템으로 이루어지는 라인작업보다는 작업의 특성 별로 그룹화되어 있는 단속작업이 작업의 대부분을 차지하는 것도 작업순환의 주기에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있었다.

작업순환에 대한 인식을 Jorgensen 외 4인(2005)의 연구와 비교하면, 국내 사업장에서 작업순환을 생산량 향상을 가장 중요한 목적으로 선택한 반면, 미국 중서부의 사업장은 근골격계 관련 부상 또는 처리비용을 줄이기 위해 실시하는 것으로 나타났다. 작업순환을 실시하는 것에 대한 장점은 작업자의 다양한 작업 능력 배양이 공통적으로 나타났으나, 미국 사업장의 경우 근골격계 질환 예방에 효과적이라는 것이

2번째 장점으로 선택된 반면, 국내 사업장에서는 작업순환이 근골격계 질환 예방에 효과적이라는 측면은 낮게 평가되었다. 작업순환을 실시하는 것의 단점으로는 국내와 미국 사업장 모두 제품의 품질 저하가 가장 큰 단점으로 평가하였다.

작업순환의 실시 목적은 근골격계 질환을 예방하는 것이며, 불편한 자세, 과도한 힘, 반복작업으로 인해 발생하는 허리, 목, 어깨를 주로 사용하는 작업자를 대상으로 실시하는 효과적일 것이다. 특히, 근골격계 질환은 작업자의 연령과도 많은 연관성을 가지고 있다. Holmström와 Engholm(2003)은 건설업에 있어 근골격계 질환과 연령의 연관성을 확인한 결과, 연령이 높아질수록 근골격계 질환의 발생이 증가하는 것으로 보고하였다. 특히, 45세 이전에는 low back pain이 높은 발병률을 보였으나, 45세 이후에는 어깨부위의 근골격계 질환이 높은 것으로 나타났다. 다만, Jeon과 Jeong(2010)의 연구에서 연령 별로 45세 이상 작업자들은 40세 이하의 작업자의 비해 작업순환의 범위가 작은 것을 선호한다는 결과를 고려하여 작업순환의 범위를 결정하는 것이 효과적일 것이다.

본 연구의 한계로는 작업순환에 대한 조사를 실시한 대상이 제한되어 있다는 점을 들 수 있다. 첫 번째로, 조사 대상의 수가 약 50개 업체로 기존 작업순환 관련 역학조사 연구에 비해 적다는 것이다. 또한 설문조사가 이루어진 지역도 대한민국 전역이 아닌 특정 산업지역을 대상으로 실시되었다. 비록 상대적으로 적은 수의 대상으로 제한된 지역의 사업장에 대한 조사가 이루어졌으나, 국내 중소기업이 밀집되어 있는 지역을 대상으로 실시하였으므로, 국내 중소기업의 작업순환을 실시하는 현황을 대략적으로나마 살펴볼 수 있는 기회가 되었다. 따라서, 광범위한 범위에 걸쳐 많은 사업장에 대한 조사가 실시된다면, 국내 사업장에 대한 분야별, 규모별 실시현황에 대한 자료를 얻을 수 있을 것이다. 두 번째로, 본 연구에서 진행한 설문조사는 작업자를 대상으로 조사가 실시된 것이 아니기 때문에, 많은 기존 연구에서 나타난 healthy worker effect에 대한 부분은 확인할 수 없었다. 추후, 소수의 사업장을 대상으로 작업순환에 대한 관리자뿐만 아니라 작업자들에게까지 조사범위가 확대된다면, 작업순환이 연령에 미치는 효과를 확인할 수 있을 것이며, healthy worker effect에 대한 조사도 이루어질 수 있을 것이다.

5. Conclusion

본 연구에서 실시한 설문조사를 통해 국내 사업장의 작업순환 실시현황을 알 수 있었다. 특히, 국내 중소기업은 작

업순환을 실시하고 있지만, 생산제품의 품질 저하와 사고/부상 발생 등의 이유로 근골격계 질환 예방에는 비효율적이라고 볼 수 있는 긴 순환주기를 가지는 작업순환 방식으로 운영되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이를 위해 작업순환을 실시할 때, 품질이 저하되지 않으면서, 사고/부상 발생이 적도록 작업의 특성을 분류하고, 작업자들에게 익숙하지만 근골격계 질환 발생을 예방할 수 있도록 다양한 신체부위를 사용할 수 있는 작업 특성을 가지도록 작업순환 계획을 수립하는 것이 필요할 것이다.

Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2012R1A2A2A01005574).

References

- Bureau of Labor Statistics, Nonfatal occupational injuries and illnesses requiring days away from work, Economic news release, 2008.
- Escorpizo, R. and Moore, A., The effects of cycle time on the physical demands of a repetitive pick-and-place task, *Applied Ergonomics*, 38, 609-615, 2007.
- Frazer, M., Norman, R., Wells, R. and Neumann, P., The effects of job rotation on the risk of reporting low back pain, *Ergonomics*, 46, 904-919, 2003.
- Gittleman, M., Horrigan, M. and Joyce, M., 'Flexible' workplace practices: evidence from a nationally representative survey, *Industrial & Labor Relations Review*, 52, 99-115, 1998.
- Holmström, E. and Engholm, G., Musculoskeletal disorders in relation to age and occupation in Swedish construction workers, *American Journal of Industrial Medicine*, 44, 377-384, 2003.
- Jeon, I.S. and Jeong, B.Y., A study on the job rotation type of assembly workers in a motor company, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(6), 951-957, 2010.
- Jonsson, B., Electromyographic studies of job rotation, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 14(1), 108-109, 1988.
- Jorgensen, M., Davis, K., Kotowski, S., Aedla, P. and Dunning, K., Characteristics of job rotation in the midwest US manufacturing sector, *Ergonomics*, 48(15), 1721-1733, 2005.
- Keir, P.J., Sanei, K. and Holmes, M.W.R., Task rotation effects on upper extremity and back muscle activity, *Applied Ergonomics*, 42, 814-819, 2011.
- KOSHA, Occupational injuries and illnesses statistics, 2010.
- KOSHA, Occupational injuries and illnesses statistics, 2011.
- Kuijjer, P.P.F.M., Beek, A.J.V.D., Dieen, J.H.V., Visser, B. and Frings-Dresen, M.H.W., Effect of job rotation on need for recovery, musculoskeletal complaints, and sick leave due to musculoskeletal complaints, *American Journal of Industrial Medicine*, 47, 394-402, 2005.
- Kuijjer, P.P.F.M., Visser, B. and Kemper, H.C.G., Job rotation as a factor in reducing physical workload at a refuse collecting department, *Ergonomics*, 42(9), 1167-1178, 1999.
- Mathiassen, S.E., Diversity and variation in biomechanical exposure: what is it, and why would we like to know?, *Applied Ergonomics*, 37, 419-427, 2006.
- NIOSH, Elements of ergonomics programs, 1997.
- Raina, S.M. and Dickerson, C.R., The influence of job rotation and task order on muscle fatigue: a deltoid example, *Work*, 34, 205-213, 2009.
- Schneider, S., Davis, K. and Jorgensen, M., Ergonomics: pros and cons of job rotation as a means of reducing injury costs, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2, D1-D3, 2005.
- Triggs, D.D. and King, P.M., Job rotation, *Professional Safety*, February, 2000.
- Wellman, H., Davis, L., Punnett, L. and Dewey, R., Work-related carpal tunnel syndrome (WR-CTS) in Massachusetts, 1992-1997: Source of WR-CTS, outcomes, and employer intervention practices, *American Journal of Industrial Medicine*, 45(2), 139-152, 2004.
- Yu, C.Y., Jung, B.C., Kim, J.H., Kim, H.H., Kim, Y.M., Park, S.Y., Park, J.S. and Hong, Y.S., "Analysis on the characteristics of ten industries with frequent musculoskeletal disease and suggestion of prevention", *Proceedings of fall conference of Ergonomic Society of Korea*, EXCO, 2009.

Author listings

Sang-Young Yoon: syyoon@ajou.ac.kr

Highest degree: MS, Department of Industrial Engineering, Hanyang University

Position title: PhD candidate, Department of Industrial Engineering, Ajou University

Areas of interest: Work design, Biomechanics, WMSDs, Ergonomics, Product development

Myung-Chul Jung: mcjung@ajou.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Pennsylvania State University

Position title: Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Ajou University

Areas of interest: Work design, Ergonomics, Product development, Biomechanics

Date Received : 2012-09-12

Date Revised : 2013-03-21

Date Accepted : 2013-03-21