JESK J Ergon Soc Korea 2018; 37(5): 643-650
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2018.37.5.643
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Case Study on the Effect of Ergonomic Intervention during the Last Twelve Years after Legal Enforcement for Preventing WMSD

Kyung-Tae Lee

Sehan University, Department of Administration, Youngam-gun, 58447

근골격계질환에 대한 정부규제 이후 12년간 인간공학적 개입 효과에 대한 사례연구

이 경 태

세한대학교 경영학과

Corresponding Author
Kyung-Tae Lee
Sehan University, Department of Administration, Youngam-gun, 58447
Mobile : +82-10-8101-0010
Email : ktlee@sehan.ac.kr

Received : October 05, 2018
Revised : October 07, 2018
Accepted : October 21, 2018

Objective: This study is to investigate the long-term effect of ergonomic intervention in a manufacturing company after legal enforcement for preventing work-related musculoskeletal disorders (WMSD).

Background: It is rare to measure and follow the risk level of process for twelve years after legal enforcement on WMSD.

Method: This study measured and traced; (1) the risk score (frequency × intensity) of KOSHA GUIDE H-9-2016, (2) REBA score and (3) ANSI Z-365 score for 12 years, i.e., four consecutive risk assessment in a company.

Results: The risk levels measured by KOSHA GUIDE H-9-2016 and ANSI Z-365 showed significant decrease over four consecutive risk assessment.

Conclusion: The results shows that risk levels have decreased significantly since the legal enforcement for preventing WMSD began.

Application: It would be useful as basic data to justify the ergonomic intervention in reducing WMSD in manufacturing industries.

Keywords: Musculoskeletal disorders, Ergonomic intervention

Copyright@2018 by Ergonomics Society of Korea. 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.

1. Introduction

우리나라의 경우 1997년에 노동부 고시 제1997-8호(영상표시단말기 취급 근로자를 위한 작업관리 지침)를 계기로 근골격계질환 예방에 관한 관심을 두기 시작하였다. 2002년에는 산업안전보건법 시행규칙이 통과되어 근골격계질환 조사 및 대책에 대한 사업주 책임을 인정하고 있다. 2003년부터는 11가지 부담작업이 있는 사업장의 경우 유해요인조사 의무를 부과하여, 근골격계질환자 발생이 일정 조건을 초과하는 사업장의 경우 근골

격계질환 예방프로그램이 시행하도록 하고 있다. 이러한 노력에도 불구하고 2017년 기준으로 근골격계질환자수(신체부담작업 + 요통 + 사고성요통 + 기타)는 전체 직업관련성질환자수 6,129명 중 5,195명으로 84.7%에 이르고 있어 단일 질환으로 가장 높은 비율을 점유하고 있다(Ministry of Employment and Labor, 2017).

근골격계질환을 예방하기 위한 예방관리프로그램은 교육, 유해요인 개선, 의학적 관리 등으로 구성되어 있으며(Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA GUIDE H-9-2016, 2016) 그 실효성은 질환자수 감소 및 비용절감 효과로 측정할 수 있다. Lee (2010)는 근골격계질환 감소를 위해 관련 기관의 역할, 평가뿐만 아니라 제도 개선의 필요성, 학계 및 전문가의 실증적 연구 필요, 전문가의 자질향상 등이 필요하다고 하였다. Jung et al. (2011)은 근골격계부담작업 유해요인조사 이행 실태 수준과 관련된 문제점 등을 조사하였다.

예방관리프로그램 내용 중 유해요인 개선은 인간공학적 개입, 즉, 공학적 개선과 관리적 개선을 포함한다. 이 가운데 공학적 개선은 개선 전후의 유해수준을 비교 평가함으로써 그 타당성을 갖는다. Kim (2012)은 근골격계질환 예방관리프로그램을 운영함으로써 근골격계질환 감소 등 다양한 효과가 나타난다고 조사하였다. Jeong and Kim (2012)은 조선업체를 대상으로 10년 동안의 인간공학프로그램 개입 효과를 조사하였으며 근골격계질환 관련 사고율, 질환자수, 요양일수, 재해손실비용, 작업자 보상비용 등이 개선되었다고 보고하였다. 또한, 많은 연구자가 인간공학적 개입을 통하여 작업의 유해수준을 낮추는 노력을 지속해오고 있으며, 이런 개입을 통하여 유해수준을 감소시켜오고 있다(Chae et al., 2011; Lee and Park, 2010; Park et al., 2018).

이처럼 다양한 관점에서 근골격계질환 감소를 위한 연구가 이루어져 왔으나, 근골격계질환 조사가 의무화된 2003년부터 현재까지 하나의 기업을 대상으로 공정의 유해수준이 구체적으로 얼마나 개선되어 왔는지를 장기적으로 추적해 온 연구는 찾아보기 어렵다. 본 연구는 근골격계질환 예방을 위한 법률적 규제가 시작된 이후 현재까지 12년간 총 4회에 걸친 유해요인조사에서 한 제조업체를 대상으로 공정의 유해수준이 어떻게 변화되어 왔는지를 추적 조사하였다. 이 연구는 장기적인 기간 동안 공정의 유해수준 변화를 추적 조사하고 그 변화를 검증하였다는 점에서 그 가치가 있을 것이다.

2. Method

근골격계부담작업 유해요인조사 지침(Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA GUIDE H-9-2016, 2016)에 따르면 사업주는 유해요인조사가 완료된 날로부터 매 3년마다 정기적으로 유해요인조사를 하게 되어 있다. 본 연구에서는 이를 근거로 특정 제조업체를 대상으로 2005년부터 2016년까지 총 4회(2005년, 2009년, 2013년, 2016년)에 걸쳐 유해요인조사를 하였으며 유해수준을 측정 추적하였다.

본 연구에서 측정·추적한 항목은 1) 유해요인기본조사표에서의 평가점수(빈도×강도), 2) REBA 평가점수(Hignett and McAtamney, 2000), 3) ANSI Z-365 평가점수(American National Standards Institute, 1997)이다. 유해요인기본조사표는 유해요인조사에서 필수적으로 조사해야 하는 항목이다. REBA는 전신작업에서 발생하는 부적절한 자세를 평가하는 방법으로 본 사업장의 작업공정에서 부자연스러운 자세나 순간적인 힘이 요구되는 자세가 다수 관찰되어 평가방법에 포함하였다. ANSI Z-365는 11가지 유해요인뿐만 아니라 노출시간까지 고려하는 평가방법으로 주로 전신동작으로 이루어지는 본 사업장의 공정을 평가하기에 적절한 방법이라고 판단되어 포함하였다.

대상 사업장은 정규직 2,300명~1,700명으로 측정 연도별로 변동이 있었으며, 전체 공정에서 자동화 공정을 제외하고 인력이 수반되는 서로 다른 공정 수는 약 300개이다. 전체 공정의 약 90%는 cycle time이 3분 내외이며, 나머지 10%는 설비나 보전 같은 비정형 공정이다. 인력이 수반되는 공정 수는 약 300개지만 총 4회에 걸친 유해요인조사에서 조사한 공정의 수는 각각 180~250개로 차이가 있었다. 각 조사 때마다 조사한 공정 수가 차이가 있었던 이유는 사용자 측과 조합 측의 사전 협의에 따라 조사가 불필요하다고 판단된 공정을 해당 연도의 조사대상에서 제외하였기 때문이다.

각 조사 때마다 조사한 공정의 수가 180~250개로 서로 다르므로, 분석 시 비교를 위하여 각 평가방법(유해요인기본조사점수, REBA, ANSI Z-365)의 결과에 따라 유해수준이 높다고 평가된 상위 150개의 공정을 분석대상으로 선정하였다. 이렇게 평가방법별로 상위 150개의 공정을 분석대상으로 선정한 이유는 평가방법별로 상위 150개 아래에 있는 공정은 그 유해수준이 현저히 낮아 충분히 안전

한 작업으로 평가되었기 때문이었다. 본 연구에서는 개별 공정의 유해수준 변화를 추적하는 것이 아니라 해당 사업장에서 각 평가방법에 따라 상위 유해수준에 포함된 공정들의 12년간의 변화를 추적하고자 하는 것이다. 이는 사업장 전체의 유해수준 변화를 알아보는 시도로서 의미가 있을 것이다. 2005년부터 2016년까지 동일한 연구팀이 동일한 기준으로 조사를 하였다.

3. Results

총 4회의 유해요인조사를 하는 동안 공정 개선이나 라인 재배치 등으로 인하여 공정에 다양한 변화가 관찰되었다. 예를 들면, 특정 공정이 2005년에는 높은 유해수준에 속하였으나 지속적인 작업 개선으로 2009년에는 안전한 작업으로 분류되어 측정대상에서 제외되는 예도 있었다. 어떤 공정은 작업 유해수준이 현저히 높아 수년 동안 지속해서 공학적 개선이 진행됐으며 그 결과 일부 단위작업은 자동화로 바뀌고 남은 단위작업은 다른 공정으로 편입된 예도 있었다. 또한, 일부 공정은 외주 협력업체가 담당하게 되어 해당 공정이 사업장에서 사라지는 예도 있었으며, 외주업체에서 하던 공정이 본 사업장으로 재배치되는 예도 있었다.

Table 1은 4차에 걸친 조사(2005년~2016년)에서 각 유해요인평가 결과 및 해당 연도에서 유해수준이 높다고 평가된 상위 150개의 공정을 정리한 표이다.

KOSHA GUIDE H-9-2016 점수(빈도×강도)에 따른 위험수준 구분은 Kim and Jeong (2013)이 제시한 기준을 준용하였으며 그 구분은 Unacceptable(16~25점), Tolerable(9~15점), Acceptable(0~8점)이다. REBA 평가에 따른 유해수준 구분은 Very high(11~15점), High(8-10점), Medium(4~7점), Low(2~3점), Negligible(1점)이다. ANSI Z-365 평가에 유해수준 구분은 Excess of risk(16점 이상), Excess of low risk(10~15점), Normal(0~9점)이다.

Table 1. Assessment results during 2005~2016

Assessment methods	Risk level (score)	2005		2009		2013		2016	
		Frequency	Ratio	Frequency	Ratio	Frequency	Ratio	Frequency	Ratio
KOSHA GUIDE H-9-2016	Unacceptable (16~25)	52	34.7%	35	23.3%	30	20.0%	26	17.3%
	Tolerable (9~15)	68	45.3%	69	46.0%	65	43.3%	90	60.0%
	Acceptable (0~8)	30	20.0%	46	30.7%	55	36.7%	34	22.7%
	Sum	150	100%	150	100%	150	100%	150	100%
REBA	Very high (11~15)	15	10.0%	12	8.0%	19	12.7%	11	7.3%
	High (8~10)	36	24.0%	30	20.0%	29	19.3%	32	21.3%
	Medium (4~7)	66	44.0%	74	49.3%	66	44.0%	59	39.3%
	Low (2~3)	24	16.0%	20	13.3%	24	16.0%	23	15.3%
	Negligible (1)	9	6.0%	14	9.3%	12	8.0%	25	16.7%
	Sum	150	100%	150	100%	150	100%	150	100%
ANSI	Excess of risk (16~)	34	22.7%	30	20.0%	14	9.3%	11	7.3%
	Excess of low risk (10~15)	58	38.7%	48	32.0%	60	40.0%	35	23.3%
	Normal (0~9)	58	38.7%	72	48.0%	76	50.7%	104	69.3%
	Sum	150	100%	150	100%	150	100%	150	100%

3.1 Results of KOSHA GUIDE H-9-2016

KOSHA GUIDE H-9-2016의 위험수준 구분에 따른 12년간의 변화가 Figure 1에 나타나 있다. 이 가운데 유해수준이 'Unacceptable(16~25점)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Unacceptable(16~25점)은 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 기각되었다($\chi^2(3)=7.863$, $\alpha=0.049^{**}$). 즉, 높은 유해수준인 'Unacceptable(16~25점)'에 해당하는 공정의 비율은 12년 동안 지속해서 감소하였음을 알 수 있다

동일 조건에서 'Tolerable(9~15점)'이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Tolerable(9~15점)이 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=3.732$, $\alpha=0.292$).

동일 조건에서 'Acceptable(0~8점)'이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Acceptable(0~8점)이 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 기각되었다($\chi^2(3)=6.441$, $\alpha=0.092^{*}$). 2016년을 제외하고는 지속해서 증가하였음을 알 수 있다.

KOSHA GUIDE H-9-2016 위험수준 구분에 따른 12년간의 변화는 'Unacceptable(16~25점)'에 해당하는 공정비율은 감소하였으며, 'Acceptable(0~8점)'에 해당하는 공정비율은 증가하였다. 즉, 12년 동안 전체적으로 유해수준이 감소하였다고 말 할 수 있다.

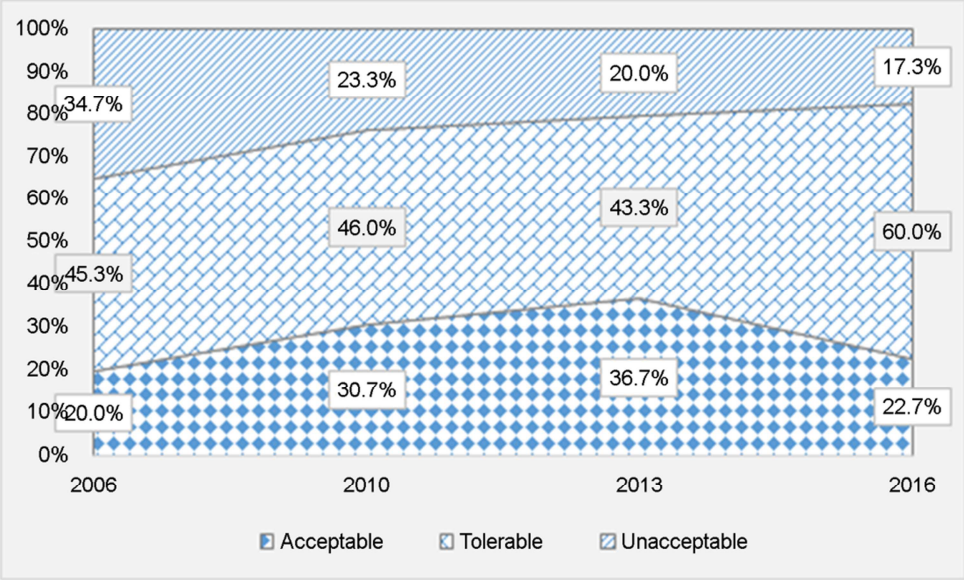

Figure 1. KOSHA GUIDE H-9-2016 risk level during 2005~2016

3.2 Results of REBA

REBA의 위험수준 구분에 따른 12년간의 변화가 Figure 2에 나타나 있다. 이 가운데 유해수준이 'Very high(11~15점)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Very high(11~15점)는 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=1.595$, $\alpha=0.661$).

동일 조건에서 'High(8~10점)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'High(8~10점)는 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=0.667$, $\alpha=0.881$).

동일 조건에서 'Medium(4~7점)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Medium(4~7점)이 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=1.136$, $\alpha=0.768$).

동일 조건에서 'Low(2~3점)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Low(2~3점)가 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=0.400$, $\alpha=0.940$).

동일 조건에서 'Negligible(1점)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Negligible(1점)이 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=7.000$, $\alpha=0.072$).

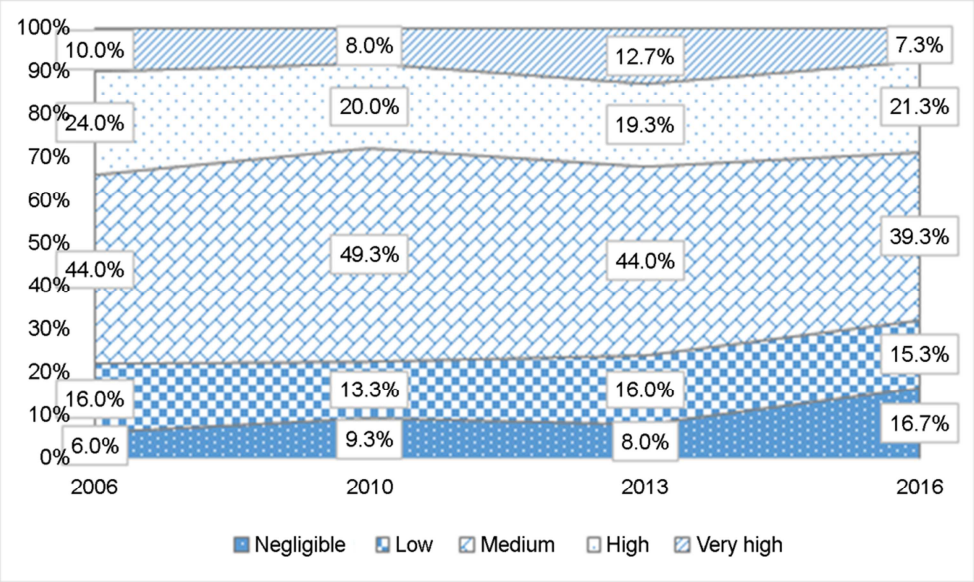

Figure 2. REBA risk level during 2005~2016

이 검증에서 알 수 있듯이 REBA로 평가한 경우에는 유해수준이 감소하였다고 보기 어렵다. 앞에서 살펴본 KOSHA GUIDE H-9-2016에 의한 평가에서 전반적으로 유해수준이 감소한 것으로 나타난 것과는 대조적이다. 이는 다음과 같이 해석할 수 있다. REBA는 한 공정 주기시간(본 사업장 경우 3분 내외)에서 특정한 작업자세 하나를 평가하므로 비록 공학적인 개입을 통하여 해당 자세를 개선하였다고 하더라도 해당 공정 주기시간 안에 있는 다른 유해한 작업자세는 개선되지 않은 상태로 남아있을 수 있다. 즉, 어떤 공정에서 한 주기시간 안의 특정 순간에 존재하는 유해한 작업자세가 개선되었다고 하더라도 해당 주기시간 안의 다른 시점에 있는 유해한 작업자세는 그대로 남아있을 수 있으며 이 경우 차년도 유해요인평가과정에서 해당작업을 REBA로 평가하면 여전히 유해한 작업으로 평가되었다. Figure 2에서 볼 수 있듯이 REBA 평가에 의한 유해수준 변화는 12년 동안 큰 변화가 없음을 알 수 있다.

3.3 Results of ANSI Z-365

ANSI Z-365의 위험수준 구분에 따른 12년간의 변화는 Figure 3에 나타나 있다. 이 가운데 유해수준이 'Excess of risk(16점 이상)'에 해당하는 공정비율이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Excess of risk(16점 이상)는 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 기각되었다($\chi^2(3)=10.429$, $\alpha=0.015$). Figure 3에서 보는 바와 같이 'Excess of risk(16점 이상)'에 해당하는 위험수준 비율은 점차 감소하였다.

동일 조건에서 'Excess of low risk(10~15점)'이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Excess of low risk(10~15점)는 연도에 따라 차

이가 없다'라는 귀무가설은 채택되었다($\chi^2(3)=5.522$, $\alpha=0.137$).

동일 조건에서 'Normal(0~9점)'이 연도에 따라 변화가 있는지를 검정하였다. 'Normal(0~9점)은 연도에 따라 차이가 없다'라는 귀무가설은 기각되었다($\chi^2(3)=9.174$, $\alpha=0.027$). Figure 3에서 보는 바와 같이 'Normal(0~9점)'에 해당하는 작업비율은 상대적으로 크게 증가하였다.

전체적으로 'Excess of risk(16점 이상)'에 해당하는 공정비율은 줄어들고 'Normal(0~9점)'에 해당하는 공정비율은 크게 증가하였다고 할 수 있다.

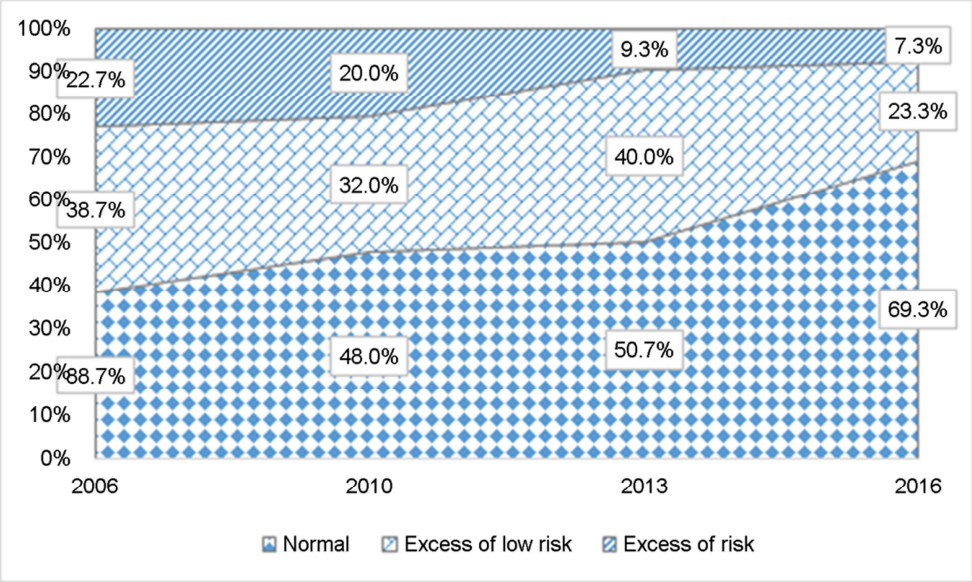

Figure 3. ANSI Z-365 risk level during 2005~2016

4. Conclusion and Discussion

본 연구는 정규직이 2,300명~1,700명인 한 제조업체를 대상으로 근골격계질환 예방을 위한 법률적 규제가 시작된 이후부터 현재까지 12년간 총 4회에 걸친 유해요인조사에서 공정의 유해수준이 어떻게 변화되어 왔는지를 측정 추적 검증하였다. 본 연구에서 측정·추적한 항목은 1) KOSHA GUIDE H-9-2016 유해요인기본조사표에서의 평가점수(빈도×강도), 2) REBA 평가점수, 3) ANSI Z-365 평가점수이다.

유해요인기본조사표에서의 평가점수를 기준으로 분석한 결과에 따르면 12년간의 유해수준의 변화는 'Unacceptable(16~25점)'에 해당하는 공정비율은 감소하고, 'Acceptable(0~8점)'에 해당하는 공정비율은 증가하여 12년 동안 전반적으로 유해수준이 감소하였다고 말할 수 있다.

REBA로 평가한 유해수준의 변화는 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 공학적인 개입을 통하여 한 공정주기 안의 특정 순간의 작업자세가 개선되었다고 하더라도 해당 공전 주기 안에 여전히 다른 유해한 작업자세가 남아있을 수 있으며, 이 유해한 작업자세로 인해 차년도 유해요인평가에서 여전히 유해한 공정으로 평가되기 때문으로 해석된다.

ANSI Z-365 평가점수를 기준으로 분석한 결과에 따르면 12년간의 유해수준의 변화는 전체적으로 'Over risk(16점 이상)'에 해당하는 공정비율은 줄어들고 'Normal(0~9점)'에 해당하는 공정비율은 크게 증가하였다고 할 수 있다. 즉, 12년 동안 유해수준이 감소하였다고 말 할 수 있다.

이상을 종합적으로 고려하면 근골격계질환 예방을 위한 법률적 규제가 시작된 이후부터 현재까지 12년간 총 4회에 걸친 유해요인조사에서 본 제조업체의 경우 인간공학적 개입으로 작업의 유해수준이 감소하였다고 할 수 있다. 이 연구는 12년 이상의 장기간 동안 공정 유해수준의 변화를 측정·추적하고 그 변화를 검증하였다는 점에서 가치가 있을 것이다.

References

American National Standards Institute, Control of work related cumulative trauma disorders (Z-365), Itasca, IL: National Safety Council, 1997.

Chae, H.D., Kim, S.C., Kim, K.W., Lee, K.S., Kim, H.C. and Park, K.S., Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders in Grapes Pinching by Using Electro-motion Scissors Designed Ergonomically, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(6), 749-755, 2011. doi:10.5143/JESK.2011.30.6.749

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.

Jeong, H.W. and Kim, Y.C., A Case Study on the Effect of Ergonomics Program in Shipbuilding Industry during the Last Ten Years, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 31(1), 191-196, 2012. doi:10.5143/JESK.2012.31.1.191

Jung, H.S., Kee, D.H., Lee, I.D. and Park, J.H., An in-depth Interview Study to Examine the Performance Status of the Legal Risk Assessment of Musculoskeletal Disorders, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(1), 275-283, 2011. doi:10.5143/JESK.2011.30.1.275

Kim, D.S., A Survey on the Implementation of Musculoskeletal Disorders Prevention Program in Shipbuilding Industry, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 31(1), 151-156, 2012. doi:10.5143/JESK.2012.31.1.151

Kim, W.J. and Jeong, B.Y., Case Studies of Risk Assessment in Analyzing Risks Associated with MSDS, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32(1), 153-158, 2013. doi:10.5143/JESK.2013.32.1.153

Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA)., KOSHA GUIDE H-9-2016, 2016.

Lee, K.S., The Desirable Direction for the Future of Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders in Korea, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 513-519, 2010. doi:10.5143/JESK.2010.29.4.513

Lee, Y.K. and Park, H.S., Case on a Union-driven Participatory Ergonomics Program to Control Work-related Musculoskeletal Disorders in Korea, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 709-713, 2010. doi:10.5143/JESK.2010.29.4.709

Ministry of Employment and Labor (MOEL), *Statistics on Occupational injuries and diseases in 2016,* Ministry of Employment and Labor, 2017.

Park, H.S., Lee, K.S., Min, S.N., Ryoo, J.J., Jin, C.H. and Park, K.H., Development of BARAW (By Avoiding Repetitive Motions, Awkward Postures and Weights) Tool for the Identification and Intervention of the Risk Factors of Work-related Musculoskeletal Disorders

Found in Nurses, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 37(1), 83-100, 2018. doi:10.5143/JESK.2018.37.1.83

Author listings

Kyung-Tae Lee: ktlee@sehan.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Department of Administration, Sehan University
Areas of interest: Human-computer Interaction, MSD, Safety