

전자산업 사업장에서 발생하는 폐기물 취급 작업 근무자의 근골격계 증상 평가 사례

임정민¹ · 김기연^{1,2*}

¹서울과학기술대학교 융합과학대학원, ²서울과학기술대학교 안전공학과

Evaluation of Musculoskeletal Symptoms of Workers Treating Electronics Industry Waste at a Recycling Sorting Plant

Jeong-Min Lim¹ · Ki-Youn Kim^{1,2*}

¹Graduate School of Convergence Science, Seoul National University of Science and Technology

²Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science & Technology

ABSTRACT

Objectives: This study was performed to evaluate the musculoskeletal symptoms of workers treating electronics industry waste at a recycling sorting plant by case survey.

Methods: The musculoskeletal symptoms were investigated by conducting a survey targeting workers treating waste from the electronics industry. Through utilizing the ergonomic evaluation techniques such as RULA, REBA, and OWAS, the four tasks were divided into three detailed processes (sorting, movement, loading) and the work of workers was evaluated for a total of 12 processes.

Results: As a result of the questionnaire survey on musculoskeletal symptom, 40% of workers answered that they had musculoskeletal disease symptoms, and the symptom sites were hands(30%), legs(20%), arms(10%), and shoulders(5%). Based on the results obtained from analysis through ergonomic evaluation techniques such as RULA, REBA, and OWAS, 75% of them were found to need improvement or follow-up immediately or immediately after the second stage or higher. As compared to REBA and OWAS, the RULA, which evaluates the upper limb in detail, has a higher score, and in the process of sorting and loading relatively light wastes such as paper and plastic, the waist is raised by repeating the work of bowing and stretching.

Conclusions: The heavy wastes such as 200L drums were evaluated as having a low load on the elbows and wrists because body action was relatively lower than moving paper and plastic. In addition, the overall load score was evaluated lower in the moving work compared to the sorting or loading process.

Key words: musculoskeletal disease, ergonomics, workers treating electronics industry waste, paper, plastic, drum

I. 조사개요

국내 폐기물 발생량은 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 산업의 발달에 의해 사업장에서 배출하는 폐기물인 배출시설계 폐기물과 지정폐기물이 생활폐기물에 비해 많이 증가하고 있다. 또한 폐기물의 소각 및 매립 처리를

반대하는 정책의 변화에 따라 재활용률은 증가하고 있으며 재활용률의 증가가 사회적으로 요구되고 있다.

사업장에서 배출되는 산업폐기물은 종류별, 성상별로 현장에서 분류하는 것은 불가능하며 1차 분류 후 사업장 내의 폐기물 적환장으로 이동 후 분류 작업 근로자가 재활용률을 높이고자 종류별 성상별로 분류하고 보

*Corresponding author: Ki-Youn Kim, Tel: 02-970-6376, E-mail: kky5@seoultech.ac.kr
232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811

Received: May 13, 2024, Revised: June 8, 2024, Accepted: June 19, 2024

 Jeong-Min Lim <http://orcid.org/0000-0001-8329-1542>

 Ki-Youn Kim <http://orcid.org/0000-0001-6889-8548>

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.

관하게 된다. 폐기물을 분류하고 이동, 적재하는 과정은 반복 작업이고 사업장에서 발생하는 폐기물은 생활폐기물에 비해 무게나 부피가 크고 무거운 특징을 가지고 있어, 근골격계 질환 발생 확률이 높다. 하지만 사업장에서 배출되는 폐기물만을 전담으로 처리하는 작업자들에 대한 근골격계 유해요인 조사 결과가 학술적 연구 사례로 국내에서 발표된 바는 아직 없다.

따라서 본 연구는 일반 제조 사업장 중 전자산업 사업장에서 배출되는 폐기물을 분리 작업하는 근무자들의 근골격계 질환 실태를 파악하고 문제점을 분석하고자 수행되었다. 연구 목적은 첫 번째로 산업폐기물 분리 작업 근무자의 근골격계 질환의 실태를 파악하였고, 둘째로 분리 작업의 근골격계 질환 연관성을 조사하였다. 본 연구를 통해 산업폐기물을 분류하는 작업자의 작업 조건 및 작업 자세를 개선하고자 하는 후행 연구에 도움을 주고자 한다.

II. 조사 방법

1. 연구 대상

본 연구는 전자산업 폐기물을 분류하는 분류 작업장

에서 근무하는 근무자들의 작업을 분석하기 위해 반도체 사업장에서 발생하는 폐기물을 분류하는 작업자 20명의 근무자들을 대상으로 연구를 진행하였다. 동작분석 및 인간공학적 평가를 위한 측정은 관리자와 간단한 질의 응답 및 디지털카메라를 통해 작업자의 작업 자세를 촬영하여 분석하였다.

사업장에서 발생하는 폐기물은 전자산업 폐기물이라고 불리며, 폐기물은 사업장 곳곳에서 발생하게 된다. 사업장에서 발생하는 폐기물은 종류별 성상별로 모두 분류하기 불가능하여 박스 형태의 중간 보관 형태에 1차 분류된 상태로 보관하게 되며, 이런 중간 보관 박스들은 차량을 통해 사업장 내의 폐기물 창고로 운반하게 된다. 폐기물 창고로 운반된 폐기물들은 재활용할 수 있는 종류별 성상별로 분류하고, 폐기물 처리 업체가 가져갈 수 있는 형태로 분류하게 된다. 분류된 폐기물들은 폐기물을 보관하는 지정 보관 장소로 운반하게 되고 운반된 폐기물들은 폐기물의 특성에 맞게 적재한다. 적재된 폐기물은 폐기물 처리 업체의 차량에 의해 지게차 또는 수작업을 통해 차로 상차하게 되며, 상차된 차량은 폐기물 업체로 이동하게 되어 적정한 폐기물 처리를 한다. 사업장 내에서 있는 폐기물 창고는 폐기물을

Table 1. Work processes investigated in this study

Wast type	Detailed process		No. of workers	Note	
General	Paper	Classification / Selection	12	- Weight : 1~2 kg - Work type : irregular - Work time : 2.5 hr (5 min * 30 times)	
		Movement			
		Load			
	Plastic	Classification / Selection			- Weight : 4 kg - Work type : regular - Work time : 2.5 hr (5 min * 30 times)
		Movement			
		Load			

Table 1. Continued

Wast type	Detailed process		No. of workers	Note	
Appointed	Drum (200L)	Classification / Selection		8	<ul style="list-style-type: none"> - Weight : 10 kg - Work type : regular - Work time : 40 min (20 min * 2 times)
		Movement			
		Load			
	Designated envelope	Classification / Selection			<ul style="list-style-type: none"> - Weight : 5 kg - Work type : irregular - Work time : 1 hr (30 min * 2 times)
		Movement			
		Load			
Total			20		

처리하는 데 있어 꼭 필요하며, 폐기물 창고에서 근무하는 작업자들은 폐기물을 하차, 분류, 이동, 적재, 상차 등의 작업 등을 하게 된다.

전자산업 폐기물은 생활폐기물에 비하여 부피가 크고 무거운 특징을 가지고 있으며, 전자산업 폐기물의 특성상 화학물질에 노출 위험이 있는 폐기물도 있다 보니 작업자들은 폐기물 노출을 대비하여 개인보호구를 착용하고 폐기물을 취급하고 있다. 따라서 폐기물 창고를 별도로 운영해야 하여 근골격계에 대한 부담이 증가하고, 추가적인 개인 보호구를 착용하고 작업을 수행하기 때문에

근로자의 신체 부담이 증가될 여지가 있다. 연구 대상의 작업공정은 총 12공정으로 선정하였다(Table 1).

2. 평가 방법

근골격계 질환에 대한 증상 설문조사는 산업안전보건 기준에 관한 규칙 12장 및 고용노동부 고시 제 2018-13호의 규정에 따라 근골격계 부담 작업 유해요인 조사 지침인 KOSHAS GUIDE H-9-2018에서 정한 ‘근골격계 질환 증상 조사표’를 응답 설문지로 채택하여 설문을 실시하였다 (KOSHA, 2018). 그리고 근골

격계 질환 평가도구를 활용한 인간공학적 평가는 OWAS (Ovako Working posture Analysis System), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA(Rapid Entire Body Assessment) 평가 기법을 이용한 작업 자세 분석을 사용했다. 각 인간공학적 평가 등급은 4분위(25% 미만, 25% 이상 50% 미만, 50% 이상 75% 미만, 75% 이상) 기준으로 동일하게 4단계로 구분하였다.

III. 조사결과

1. 근골격계 질환 증상 설문조사 결과

설문조사 대상자들의 성별, 연령 및 근무기간은 작업별로 구분하여 비교 결과 우선 일반폐기물을 분류하는 작업자들은 남, 여 구성 비율은 남성이 100%, 여성이 0%이고, 평균 연령은 62.8세이고, 60~69세 100%로 나타났다. 근무기간은 평균 3.4년이었으며, 1년 미만이 6명으로 50%, 1년~3년 미만이 3명으로 25%, 3년~5

년 미만이 1명으로 8% 5년 이상이 2명을 차지했다. 지정폐기물을 분류하는 근무자들도 남자가 100%를 차지하고 있고, 평균연령은 63.8%이며, 근무기간은 평균 4.7년이며, 1년 미만이 1명으로 13%, 1년~3년 미만이 6으로 75%, 5년 이상이 1명으로 13%를 차지했다 (Table 2).

설문 응답자가 느끼는 육체적 부담 정도는 '견딜 만함'이 50%로 가장 많았으며, '전혀 힘들지 않음'은 1명으로 5%, '약간 힘들'에 표기한 근로자는 6명으로 30%, '매우 힘들'에 표기한 근로자 3명으로 15%로 나타났다(Table 3).

육체적 부담 점도와 증상 호소율의 유의성은 현 작업이 '전혀 힘들지 않음'이라고 응답한 근로자는 1명 중 0명으로 0%의 증상 호소율을 나타냈고 '견딜 만함'이라고 응답한 근로자는 10명 중 2명으로 20%의 증상 호소율을 '약간 힘들'이라고 응답한 근로자는 6 명중 3명으로 30%의 증상 호소율을, '매우 힘들'이라고 응답한 근

Table 2. General characteristics of subjects

Classification	General		Appointed		
	N	Ratio (%)	N	Ratio (%)	
Gender	Male	12	100%	8	100
	Female	0	0	0	0
Age	Average	62.8		63.8	
	50~59	0	0	1	13%
	60~69	12	100%	7	88%
Work duration	Average	3.4		4.7	
	< 1 year	6	50%	1	13%
	1 year ~ 3 years	3	25%	6	75%
	3 years ~ 5 years	1	8%	0	0%
	5 years <	2	17%	1	13%

Table 3. Degree of physical strain for each task

Classification	Not difficult at all		Bearable		A bit difficult		Very difficult	
	N	Ratio (%)	N	Ratio (%)	N	Ratio (%)	N	Ratio (%)
General	0	0	3	25%	6	50%	3	25%
Appointed	1	13%	7	88%	0	0	0	0
Total	1	5%	10	50%	6	30%	3	15%

Table 4. Relationship between physical burden and symptom complaints

Classification	Physical burden respondent (N)	Person complaining of symptoms (N)	Proportion of persons complaining of symptoms (%)
Not difficult at all	1	0	0%
Bearable	10	2	20%
A bit difficult	6	3	50%
Very difficult	3	3	100%
Total	20	8	40%

로자는 3명 중 3명으로 100%의 증상을 호소하였다 (Table 4). 이 결과 육체적 부담 정도가 클수록 호소율이 높은 것으로 나타났다.

2. 인간공학적 평가 결과

1) 종이 폐기 작업

Table 5에 제시된 바와 같이 종이를 취급하는 작업의 평가결과는 세부 공정에 따라 점수가 상이 했으며, 종이를 적재하는 공정이 가장 큰 점수를 받았고 즉시 개선이 필요한 것으로 평가되었다. 또한 RULA가 REBA, OWAS에 비해 점수가 높게 평가되었으며, 이는 RULA가 상지 평가에 편중되어 있어 무게가 나가는 폐기물을 들고 운반하는 작업이 상지 쪽에 부하가 많은 결과로 해석된다. 분류 선별과 적재 공정은 어깨를 제외한 5개 신체 부위 부하가 비슷하게 높게 나왔으며, 이는 종이와 플라스틱을 분류 선별하고 적재하는 공정이 목과 허리를 숙이는 작업이 반복적으로 이뤄지고 있고, 폐기물의 모양이 일정하지 않아 손목이나 팔꿈치의 구부러짐이 과하게 이뤄지고 있음을 알 수 있었다. 이동 공정은 무거운 수레를 끄는데 과도하게 팔꿈치가 구부러져 팔꿈치만 부하율이 높은 것으로 나왔다.

2) 플라스틱 폐기 작업

Table 6에 제시된 바와 같이 플라스틱 취급 분리 선별하고, 적재하는 공정의 평가 점수가 3점 이상으로 즉시 조치 개선이 필요하다는 결과가 나타났다. 종이 폐기 공정과 동일하게 RULA가 REBA, OWAS보다 점수가 모든 공정(분류 및 선별, 이송, 적차)에서 높게 평가되었다. 종이와 비슷한 작업 공정이나 플라스틱이 종이보다 무게가 대략적으로 2배 많이 나가 인간공학 평가 점수도 약간 높은 것을 알 수 있다. 또한 신체부위별 부하도 종이와 비슷한 양상이 보인다.

3) 드럼 (200L) 폐기 작업

Table 7에 제시된 바와 같이 200L 드럼 취급 작업은 종이와 플라스틱 폐기 작업과는 달리 드럼 내 잔류하고 있는 화학물질이 피부에 노출되는 것을 방지하기 위해 특수 피부 보호복을 추가로 착용하고 있어 이러한 보호구 때문에 최소한으로 신체를 움직이며 작업을 진행하는 것을 알 수 있었다. 200L 드럼의 무게는 11~13kg으로 가장 큰 무게를 차지하나 허리를 구부리거나 팔꿈치를 과도하게 구부리는 동작이 없어 평가 결과는 종이, 플라스틱보다 낮은 2점대로 평가되었다. 이는 작

Table 5. Ergonomic evaluation results for paper handling workers

Classification / Selection	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	9	3	3.3	0.5
REBA	0	7	5	0	2.4	0.5
OWAS	0	6	6	0	2.5	0.5
Total	0	13	20	3	2.7	0.5

Movement	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	12	0	3	0
REBA	7	5	0	0	1.4	0.5
OWAS	12	0	0	0	1	0.5
Total	19	5	12	0	1.8	0.35

Load	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	0	12	4	0
REBA	0	1	11	0	2.9	0.3
OWAS	0	0	0	12	4	0
Total	0	1	11	24	3.6	0.1

Table 6. Ergonomic evaluation results for plastic handling workers

Classification / Selection	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	6	6	3.5	0.5
REBA	0	6	6	0	2.5	0.5
OWAS	0	0	2	10	3.8	0.4
Total	0	6	14	16	3.3	0.42

Movement	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	0	12	4.0	0
REBA	0	0	12	0	3.0	0
OWAS	0	12	0	0	2.0	0
Total	0	12	12	12	3.0	0

Load	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	2	10	0	2.8	0.4
REBA	12	0	0	0	1.0	0
OWAS	12	0	0	0	1.0	0
Total	24	2	10	0	1.6	0.15

Table 7. Ergonomic evaluation results for drum (200L) handling workers

Classification / Selection	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	6	2	3.3	0.5
REBA	0	8	0	0	2.0	0
OWAS	0	0	8	0	3.0	0
Total	0	8	14	2	2.8	0.2

Movement	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	4	4	3.4	0.5
REBA	1	7	0	0	1.9	0.4
OWAS	0	8	0	0	2.0	0
Total	1	15	4	4	2.4	0.3

Load	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	8	0	3.0	0
REBA	4	4	0	0	1.6	0.5
OWAS	0	0	8	0	3.0	0
Total	4	4	16	0	2.5	0.15

업에서 근골격계 유해요인으로 작용하는 것은 폐기물의 무게보다는 작업의 움직임이 더 크게 작용한다는 것을 알 수 있다.

4) 지정 봉투

Table 8에 제시된 바와 지정 봉투 폐기물을 취급하는 작업의 평가 결과는 모두 3점 이하로 평가되었으며,

Table 8. Ergonomic evaluation results for drum (200L) handling workers

Classification / Selection	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	8	0	0	2.0	0
REBA	8	0	6	0	1.0	0
OWAS	8	0	0	0	1.0	0
Total	16	8	6	0	1.3	0

Movement	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	0	8	4.0	0
REBA	0	6	2	0	2.3	0.5
OWAS	0	8	0	0	2.0	0
Total	0	14	2	8	2.8	0.15

Load	N				Mean	Standard deviation
	1 st grade	2 nd grade	3 rd grade	4 th grade		
RULA	0	0	2	6	3.6	0.5
REBA	0	8	0	0	2.0	0
OWAS	8	0	0	0	1.0	0
Total	8	8	2	6	2.2	0.15

지속적인 관찰이 필요하다는 결과가 도출되었다. 공정이 신체의 어느 부위에 부하율은 이동 공정에서는 타 폐기물 취급 공정과 동일하게 팔꿈치 부분에 부하율이 가장 높았으며, 분류 선별 및 적재 공정은 신체 전체적으로 부하율이 높은 것으로 나타났다.

IV. 고찰 및 결론

본 연구 결과 산업폐기물 분류 작업 근로자들의 40%가 근골격계 질환 증상이 있다고 답하였으며, 전체 대상자 중 어깨 5%, 팔 10%, 손 30%, 다리 20%가 통증을 호소하였다. 환경미화원의 작업별 근골격계 질환 자각증상 특성과 상지의 인간공학적 평가 연구결과에 따르면 생활폐기물을 분류하는 작업자인 환경미화원은 72.2%가 근골격계 증상이 있다고 답했으며, 대상자 중 어깨 39.6%, 허리 30.3%, 다리 27.4%가 통증을 호소하였다.

생활폐기물 작업자인 환경미화원(Lee et al., 2007; Myong et al., 2008; Cho et al., 2012; Kim et al., 2013)과 비교해 볼 때 산업폐기물 분류 작업자들은 자각증상 유병률이 낮으며, 증상의 부위도 상당히 다른 것을 확인할 수 있었으며, 통증을 호소하는 비율도 낮

음을 확인할 수 있었다. 이는 같은 폐기물의 분류 작업을 하더라도 폐기물의 종류에 따라 작업하는 시간에 따라 증상을 호소하는 비율이 다르다는 것을 유추할 수 있었으며, 환경 미화원에 비해 산업폐기물을 분류작업 근로자들의 작업시간이 적기 때문일 것으로 추정된다.

또한 이번 연구 결과 중 인체공학적 평가 결과의 조치 개선 등급을 살펴보면 RULA는 3.3으로 가까운 시일 내 개선 필요, REBA와 OWAS는 2.0으로 개선 검토 필요로 확인되었다. 전체 작업에 대한 인체공학적 평가 결과는 평균 2.4로 개선 검토 필요 단계로 평가되었으나, 4kg의 플라스틱을 적재하는 공정은 3.3으로 가까운 시일 내 개선이 필요하며, 200L 드럼을 분류 선별하는 작업과 지정 봉투를 수거함에서 꺼내는 작업들은 조치 개선 등급 평균 2.8로 평가되었다. 이처럼 특정 공정의 경우 높게 평가되어 개선이 필요함을 확인할 수 있었다.

또한 일반폐기물 분류 작업자의 증상 호소율은 50%, 인체공학적 평가 등급은 2.5이며, 지정폐기물 분류작업자는 25%, 인체공학적 평가 등급은 2.3으로 일반폐기물 분류 작업자의 근골격계 부하가 더 많은 것을 확인할 수 있었다.

이러한 결과를 토대로 일반폐기물 분류 작업 근로자

와 지정폐기물 분류 작업 근로자의 순환근무를 하는 것도 근골격계 질환 유발 요인을 줄일 수 있는 대안으로 제시될 수 있다.

이번 연구는 20명의 설문조사와 인간공학적 평가를 통한 결과로 분석 대상이 너무 적어서 나올 수 있는 대표성에 문제가 있을 수 있다. 그리고 근로자들을 의학적으로 검진을 통해 조사한 자료가 아니고, 근로자의 주관적인 의견에 의존한 설문조사 결과로 한계점을 가지고 있다. 이러한 문제점 및 한계를 극복하기 위해서는 동일한 폐기물을 처리하는 사업장의 근로자를 확보하여 추가적인 연구를 진행하고, 설문조사가 아닌 의학 적 문진 및 진찰을 통해 객관적인 평가를 수행하는 것이 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2023년 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 학술용역 지원 사업에 의해 수행되었음.

References

Korean Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Guidelines for investigation of harmful factors of

musculoskeletal system burdensome work. KOSHA GUIDE H-9-2018

Cho KA, Cho MH, Kim HH, Kim JH. Research on prevention and characteristics of occurrence of musculoskeletal diseases in sanitation workers in Daegu area. Proceedings of Korean Ergonomics Society 2012. p. 36-39

Myong JP, Lee HK, Kim HR, Jung HS, Jeong EH et al. Musculo-skeletal Symptoms of Municipal Sanitation Workers and Ergonomic Evaluation on Upper limb. Kor J Occup Environ Med 2008;20: 93-103 (<https://doi.org/10.35371/kjoem.2008.20.2.93>)

Lee HK, Myong JP, Jeong EH, Jeong HS, Koo JW. Ergonomic Workload Evaluation and Musculoskeletal Symptomatic Features of Street Cleaners. J Ergonomics Soc of Kor 2007;26:147-152 (<https://doi.org/10.5143/JESK.2007.26.4.147>)

Kim HJ, June KJ, Shin GY, Choo JN. Associations between Job Stress and Work-related Musculoskeletal Symptoms in Street Sanitation Workers. J Kor Acad Community Health Nurs 2013;24:314-322 (<https://doi.org/10.12799/jkachn.2013.24.3.314>)

<저자정보>

임정민(연구원), 김기연(부교수)