JESK J Ergon Soc Korea 2021; 40(4): 211-220
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2021.40.4.211
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Study on the Effect of Body Shape Correction through Musculoskeletal Exercise Therapy Program in a Semiconductor Manufacturing Company

Ye Young Jeong[1], Jae Hee Park[2]

[1]Hankyong National University, Graduate School, Anseong, 17579
[2]Hankyong National University, Department of Safety System Engineering, Anseong, 17579

반도체 제조회사의 근골격계 운동치료 프로그램을 통한 체형교정 효과에 관한 연구

정예영[1], 박재희[2]

[1]한경대학교 대학원
[2]한경대학교 사회안전시스템공학부

Corresponding Author
Jae Hee Park
Hankyong National University, Department of Safety System Engineering, Anseong, 17579
Email : maro@hknu.ac.kr

Received : March 30, 2021
Revised : June 23, 2021
Accepted : July 07, 2021

Copyright@2021 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The aim of this study is to evaluate the cases and effects of preventive management program run by a semiconductor manufacturing company for workers suffered from musculoskeletal pain out of the scope of the current risk assessment of musculoskeletal burden works, and to propose the spread of the program to the same industry.

Background: Currently, risk assessment of musculoskeletal burden works will exempt a company from all legal obligations if the company has no legal musculoskeletal burden works. However, there is still a risk of musculoskeletal disorders among workers even if there are no legal musculoskeletal burden works.

Method: This study examined the correction effects of the body type by using a Back Mapper after 80 workers who complained of musculoskeletal symptoms of turtle neck, flat back, bent back, flat waist, lumbar hyperlordosis and scoliosis, from June 2019 to June 2020, received customized individual exercise therapy.

Results: The individual exercise therapy significantly relived the angles of turtle neck, flat back, bent back, flat waist, and lumbar hyperlordosis (p<0.05) except for scoliosis (p=0.110).

Conclusion: The legal risk assessment of musculoskeletal burden works is limited to protect workers from developing musculoskeletal disorders in advance. Therefore, to prevent the musculoskeletal disorders of workers in the blind spot of the current law, it is necessary to introduce a musculoskeletal exercise therapy program.

Application: The results of this study can be used as a basis for the introduction of an exercise therapy program even at workplaces that are not obligated to investigate legal risk assessment of musculoskeletal burden works.

Keywords: Risk assessment of musculoskeletal burden works, Musculoskeletal disorders, Exercise therapy program

1. Introduction

근골격계질환(musculoskeletal disorders)이란 반복적인 동작, 부적절한 작업자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 신체접촉, 진동 및 온도 등에 의하여 발생하는 건강장해로서 목, 어깨, 허리, 상하지의 신경근육 및 그 주변 신체 조직 등에 나타나는 질환을 말한다(Ministry of Employment and Labor, 2020).

이러한 근골격계질환의 예방관리 활동을 사업주 의무사항으로 명시하기 위해 고용노동부는 2002년 산업안전보건법 제24조 1항 5호(단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해)를 신설하였고, 이에 대한 후속 조치로 산업보건기준에 관한 규칙 제9장(근골격계부담작업으로 인한 건강장해의 예방)을 새롭게 제정하였다(Han et al., 2010). 이 법적 의무사항은 2003년 7월 1일에 시행된 이후 2004년부터 최초로 사업주는 11개 항목의 근골격계부담작업(고시 제 2003-12호) 보유 여부를 확인한 후 해당 부담작업을 보유한 경우에는 유해요인조사(보건규칙 제143조)를 실시하였고, 그 후 3년마다 정기적으로 실시하고 있다(Lim et al., 2010). 유해요인조사 결과, 근골격계질환이 발생될 우려가 있는 사업장은 예방 및 관리 프로그램을 시행하도록 하고 있으며, 세부적인 절차로는 예방관리 정책수립, 교육훈련 실시, 초기 증상자 및 유해요인 관리, 의학적 관리/작업환경 개선활동, 프로그램 재평가 등의 순서로 진행된다(KOSHA, 2003). 일례로 근골격계부담작업을 보유한 국내 대규모 사업장의 경우에는 근골격계질환자 발생을 감소시키기 위한 예방대책으로써 근골격계질환 예방관리팀을 구성하여 내부적인 관리체계를 구축하고 있으며, 노측과 사측의 협의 하에 전산화 단층촬영 및 자기공명사진 등을 포함한 정밀검진과 산재요양 조치 및 재활센터 설립을 추진하는 등 근골격계질환관리 예방대책 방안을 마련하고 있다(Kim et al., 2005).

그러나 근골격계질환 관련 법 체계에서 근골격계부담작업 여부에 대한 판정은 유해요인조사의 핵심요인으로써(Chun and Kim, 2020), 사업주가 현재의 근골격계부담작업을 근로자에게 종사시키는 경우에만 유해요인조사 및 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성 주지 등 법적 의무사항이 발생되며, 근골격계부담작업이 존재하지 않는 경우에는 모든 조사 의무가 존재하지 않는다(Jung, 2007). 이것은 현재의 근골격계부담작업만으로는 근로자가 느끼고 있는 부담작업을 모두 포괄할 수 없으므로, 부담작업 보유 유무에 의해 근골격계질환 발생 위험의 존재 여부를 결론 내리기에는 한계가 있다(Lee et al., 2010).

실제 어느 사업장의 유해요인조사에서 근골격계부담작업에 포함되지 않는 근로자 77명을 조사한 연구결과에서 설문지 상 어느 한 부위라도 근골격계 증상 양성 기준에 해당하는 경우가 39명(50.6%)에 달하였다(Lee et al., 2010). 또한 경기도 소재 반도체 제조 A 회사의 경우에도 2016년과 2019년에 실시한 법적 유해요인조사 결과, 근골격계부담작업을 보유하고 있지 않았음에도 불구하고 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)의 근골격계 통증관리 대상자 기준(통증강도가 중간 정도와 통증기간이 적어도 1주일 이상 지속되는 경우 또는 통증강도가 중간 정도와 통증빈도가 지난 1년간 1달에 1번 이상)에 따른 통증 호소율이 각각 9.2%와 15.7%를 보이는 등 근골격계부담작업 보유 유무와 근골격계질환 발생위험(통증)간에는 연관성이 없는 것으로 나타났다.

이러한 근골격계부담작업의 적절성에 대해서는 논란이 지속되고 있으며, 일부 학계, 전문가 집단에서는 근골격계부담작업 정의의 모호성, 11개 근골격계부담작업이 진동, 직무스트레스와 같은 유해요인을 포괄하지 못하는 점 등 근골격계부담작업에 대한 문제점이 제기되어 왔다(Chun and Kim, 2020). 또한 2004년부터 2017년까지 국내 학술지에 발표된 여러 논문에서도 근골격계부담작업이 업종과 규모와 관계없이 정의된 점 등 여러 가지 한계점을 언급하였다(Heo and Kwon, 2018).

따라서, 현행 11개 근골격계부담작업에 대해 항목의 확대 등 제도 개선이 필요하나, 2018년 산업안전보건연구원의 근골격계부담작업 유해요인조사의 실효성 강화 연구결과를 보면 단기적으로 유해요인조사 방법의 개정과 중장기적으로는 조사 결과보고 의무 신설, 조사자 및 조사기관 자격 신설 등에 초점이 맞춰진 실정이다(Park et al., 2018).

한편, 근골격계부담작업을 보유한 국내 중소규모의 사업장 근로자를 대상으로 근골격계 증상에 대해 다양한 스트레칭운동 프로그램이 효과가 있는지를 실험한 연구결과를 보면, 해당 프로그램이 근골격계 증상관리에 효과가 있음을 확인하였다(Kim et al., 2005; Kim and Kim, 2019). 국내 대규모 사업장으로는 반도체 제조 A 회사가 2010년부터 시범으로 근골격계 예방운동센터를 설립하여 임직원의 각종 근골격계질환의 발생을 운동치료로 예방하는 프로그램을 도입하였다. 이에 대한 임직원의 사용 만족도가 높아 현재는 여러 사업장에서 8개 센터까지 확대 운영하고 있다. 근골격계 운동치료 프로그램은 목, 허리 부위 등의 통증을 호소하는 근로자들에 대해 체형과 자세

를 진단장비로 측정 및 평가하고, 통증의 원인이 되는 체형 및 자세에 대해 개인별 통증관리 및 교정운동을 실시하는 과정을 말한다. 이를 통해 부적합한 신체 체형을 교정하여 근골격계 통증이 특정 근골격계질환으로 이환되는 것을 예방하는데 활용하고 있다. 다만 해당 프로그램이 근골격계질환 예방에 실질적 효과가 있는지에 대해서는 최근까지 자체 또는 외부에서 연구를 수행한 사례는 없다.

본 연구는 서론에서 제기했던 근골격계부담작업의 한계와 그에 따른 개선이 진행되기 전까지, 근골격계부담작업을 보유하지 않은 사업장에서도 근골격계 통증호소자가 근골격계질환으로 이환되지 않기 위해서는 적극적인 예방활동이 필요하다고 보며, 그 근거를 국내 반도체 제조 A 회사가 자율적으로 운영중인 근골격계 운동치료 프로그램의 체형교정 효과를 통해 확인하고자 한다.

2. Method

2.1 Subject

본 연구는 경기도 소재의 반도체 부품을 제조하는 A 사업장에서 현장 근로자 80명이 회사가 운영하는 사내 근골격계 예방운동센터를 방문하여 목, 허리, 어깨 등의 통증에 대한 운동치료 프로그램에 참여했던 자료를 활용하였다. 참여자 중 남성은 43명(53.7%), 여성은 37명(46.3%)이며, 연령대는 주로 30~40대로써 전체의 96%를 차지하였다. 평균 근무기간은 16.5±5.3년이며, 최대 28년, 최소는 5년이었다(Table 1).

Table 1. Demographic characteristics of subjects

Characteristics		Participant (%)
Gender	Male	43 (53.7)
	Female	37 (46.3)
Age	20s	3 (3.7)
	30s	42 (52.6)
	Over 40s	35 (43.7)

2.2 Preventive exercise center and program

본 연구에서 소개되는 근골격계 예방운동센터는 A 회사가 2010년에 임직원의 근골격계질환 예방을 위해 스포츠 의학적인 측정 및 상담, 운동지도 활동을 목적으로 용인 지역에 설립했으며, 5명의 운동관리사 및 생활스포츠 지도사 등 전문가가 상주하고 있다. 세부적인 프로그램으로는 상담, 근력 및 기초체력 검사에 이어 3D 체형진단, 체성분 분석 등을 거쳐 최종 맞춤 및 순환운동, 근골격계 교정운동을 진행하고 있다.

2.3 Measurement procedure

본 연구는 2019년 6월부터 2020년 6월까지 목, 어깨, 허리 등 근골격계 통증을 호소한 A 회사 현장 근로자 80명이 근골격계 예방운동센터를 방문하여 상담 및 최초 3D 체형진단 결과와 개인별로 일정기간의 맞춤형 운동치료를 받은 후 최종 3D 체형진단을 받은 자료를 비교 분석하였다(Figure 1).

3D 체형진단에 사용한 장비는 Back Mapper (ABW GmbH Co., Germany)이며, 인체의 척추 형태를 전/후, 상/하, 측면에서 바라보는 것처럼 척추(경추, 흉추, 요추)의 모양과 위치, 골반의 틀어진 정보 등을 분석하는 장비로써 인체 전반에 대한 외형 구조를 각도로 표현한다(Figure 2, 3).

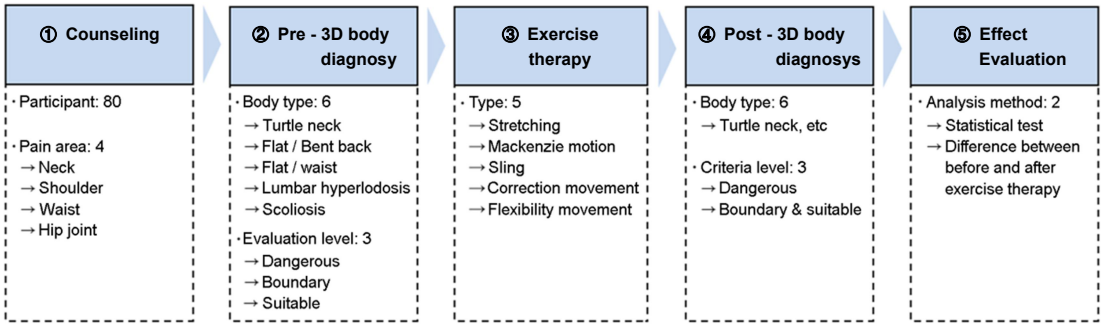
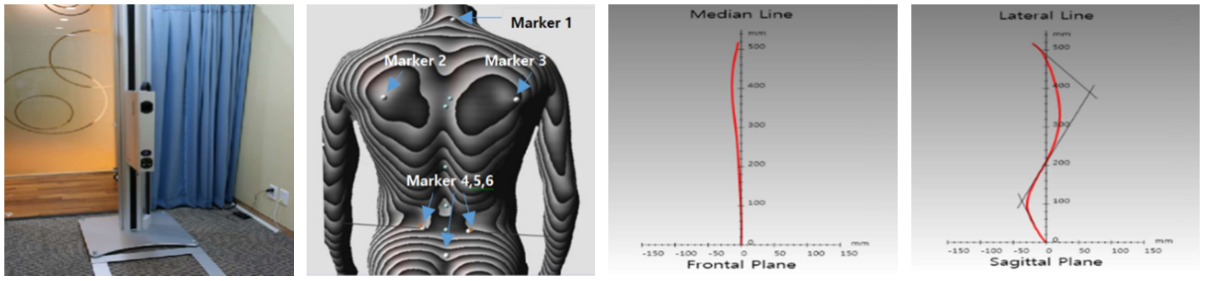
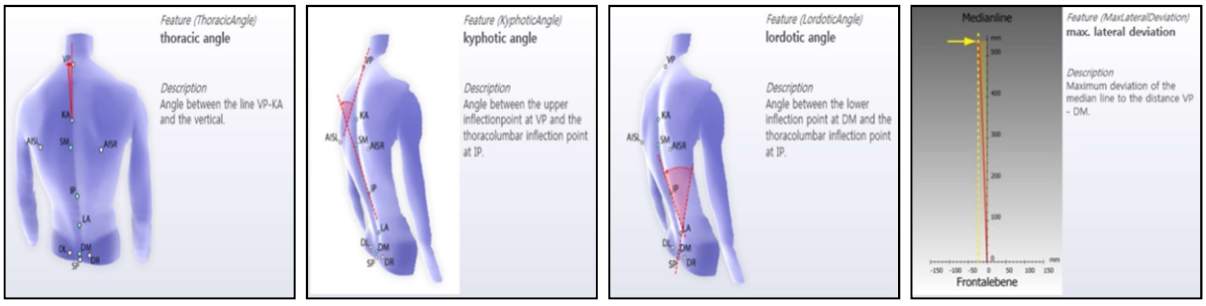


Figure 1. Model of the study procedure



Back Mapper | Contour line of back | Frontal plane | Sagittal plane

Figure 2. Back Mapper and photos of diagnosis



Turtle neck | Flat/Bent back | Flat waist & Lumbar hyperlordosis | Scoliosis

Figure 3. 3D body types by Back Mapper

이를 통해 신체 체형을 거북목 및 편평등, 굽은등, 일자허리, 요추과전만, 척추측만증으로 진단할 수 있고, 체형별로도 위험, 경계, 적정 수준으로 구분하여 평가할 수 있다(Table 2). 예를 들어 Back Mapper의 체형별 위험단계 평가기준을 보면 거북목은 머리가 몸의 중심 위치에서 전방을 향하는 자세로써 흉부 각도(thoracic angle)가 13° 이상 굴곡된 상태, 편평등은 적당한 아치를 형성해야 할 흉추의 구조가 일자로 펴있는 상태로써 후만 각도(kyphotic angle)가 38° 이하의 상태, 굽은등은 등이 굽어 있는 상태로써 후만 각도(kyphotic angle)가 58° 이상의 상태, 일자허리는 전방으로 아치를 형성해야 할 요추부가 일자로 펴있는 상태로써 전만 각도(lordotic angle)가 30° 이하의 상태, 요추과전만은 요추의 아치가 전방으로 과하게 형성된 상태로 전만 각도(lordotic angle)가 50° 이상의 상태, 척추측만증은

정면에서 바라볼 때 척추가 몸의 중심 위치에서 왼쪽 또는 오른쪽으로 심하게 휜 상태로써 측면 각도(lateral length)가 13mm 이상일 경우이다.

Table 2. Body types and evaluation criteria by Back Mapper

Body types	Evaluation level		
	Dangerous level	Boundary level	Suitable level
Turtle neck	13° ≤ Angle	9° < Angle < 13°	1° < Angle ≤ 9°
Flat back	Angle ≤ 38°	38° < Angle < 43°	43° ≤ Angle ≤ 53°
Bent back	58° ≤ Angle	53° < Angle < 58°	43° ≤ Angle ≤ 53°
Flat waist	Angle ≤ 30°	30° < Angle < 35°	35° ≤ Angle ≤ 45°
Lumbar hyperlordosis	50° ≤ Angle	45° < Angle < 50°	35° ≤ Angle ≤ 45°
Scoliosis	13mm ≤ Length, Length ≤ -13mm	7mm < Length < 13mm, -13mm < Length ≤ -7mm	-7mm <Length ≤ 7mm

거북목 체형에 대한 맞춤형 운동치료는 스트레칭(목 교정)을 중점으로 시행하였고, 편평등은 스트레칭 및 골반의 전방경사기능을 위한 슬와부근의 유연성 운동 등 그리고 굽은등은 근막이완운동, 슬링을 이용한 근력강화운동 등을 실시하였다. 일자허리와 요추과전만 체형은 슬링을 이용한 허리교정운동 및 맥킨지운동, 골반 스트레칭운동 그리고 척추측만증 체형은 교정 스트레칭운동 등을 실시하였다(Figure 4).

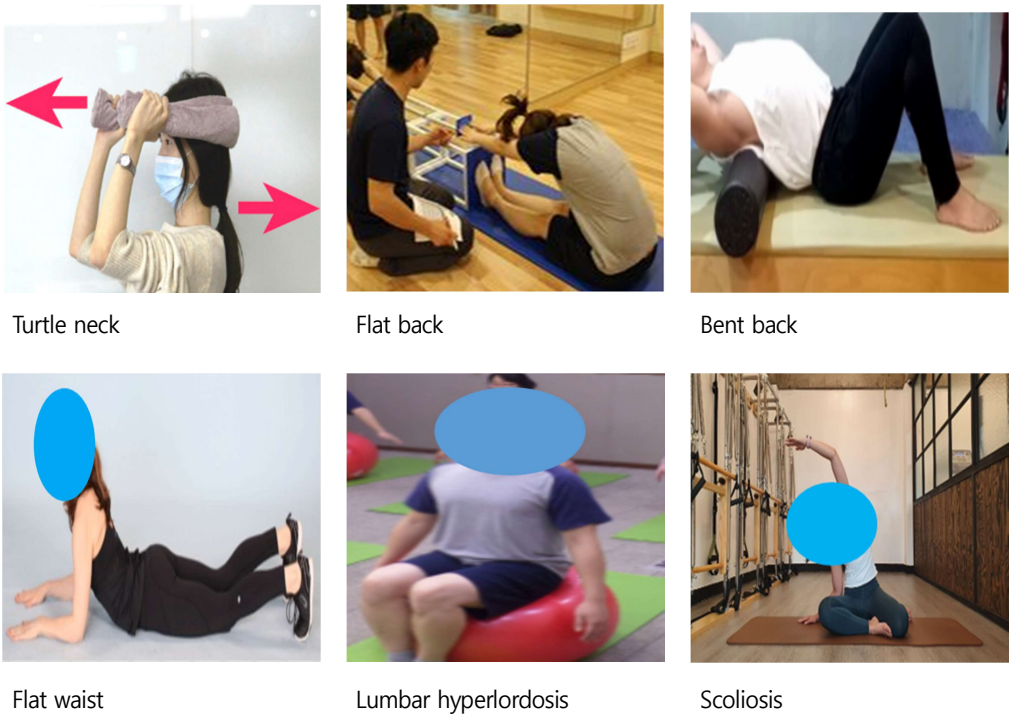


Figure 4. Customized exercise therapy by body types

2.4 Data analysis

연구 대상자의 맞춤형 운동치료 프로그램 시행 전과 후에 대해 Back Mapper로 진단한 모든 자료는 Minitab (version 19)을 이용하여 분석하였고 표본 크기를 고려하여 분석방법을 결정하였다. 표본이 30개 이상인 거북목은 모수검정인 대응표본 t 검정을 사용하였고, 표본이 30개 미만인 편평등 및 굽은등, 일자허리, 요추과전만, 척추측만증은 비모수검정인 Mann-Whitney 검정을 이용하였다. 세부적인 통계 검정방법은 Table 3과 같다.

Table 3. Statistical test method and variables

Body types	Participant (%)	Statistical test method	Independent variable	Dependent variable	Significant level (α)
Turtle neck	32 (40)	Paired t-test	Exercise therapy (before vs after)	Thoracic angle	0.05
Flat back	13 (16.3)	Mann-Whitney test		Kyphotic angle	
Bent back	7 (8.8)			Kyphotic angle	
Flat waist	8 (10.0)			Lordotic angle	
Lumbar hyperlordosis	11 (13.8)			Lordotic angle	
Scoliosis	9 (11.3)			Lateral length	

또한 Back Mapper 제조회사가 제공한 체형별 평가기준(적정/경계/위험 수준)으로도 운동치료 프로그램 전과 후의 체형교정 효과를 분석하였다(Table 2).

3. Result

3.1 Participant's pain appeal and evaluation level of body types by Back Mapper

본 연구 대상자의 근골격계 통증호소 부위는 목/어깨 32명(40%), 목/허리 13명(16.3%), 어깨/허리 7명(8.8%), 허리 19명(23.8%), 기타 고관절/허리/목 9명(11.3%) 순이었다. 이를 Back Mapper로 체형을 평가한 결과, 목/어깨 통증호소자는 거북목의 위험/경계 수준으로 이었고, 목/허리 통증호소자는 편평등의 위험 수준이었다. 그리고 어깨/허리 통증호소자는 굽은등의 위험/경계 수준이었다. 또한 허리 통

Table 4. Participants' pain appeal and evaluation level of body types by Back Mapper

Pain area	Participant's pain appeal (%)	Body types	Evaluation level	
			Dangerous	Boundary
Neck, Shoulder	32 (40)	Turtle neck	27	5
Neck, Waist	13 (16.3)	Flat back	13	–
Shoulder, Waist	7 (8.8)	Bent back	6	1
Waist 1	8 (10.0)	Flat waist	7	1
Waist 2	11 (13.8)	Lumbar hyperlordosis	8	3
Hip joint, Waist, Neck	9 (11.3)	Scoliosis	2	7
Total	80 (100.0)	–	63	17

증호소자는 일자허리 및 요추과전만의 위험/경계 수준이며, 고관절/허리/목 통증호소자는 척추측만증의 위험/경계 수준이었다(Table 4).

3.2 Customized exercise therapy period by body types

체형별 운동치료 기간은 운동관리사 및 지도사가 통증호소자의 개인별 신체특성 및 통증호소 정도 등을 고려하여 1시간/회, 1~4회/주 등으로 다르게 진행되었으므로 개인간 편차가 크게 나타났다. 가장 많은 운동시간이 소요된 체형은 굽은등으로 평균 81시간, 약 30주가 소요되었으며, 최대값은 149시간, 최소값은 24시간이었다. 반면 편평등은 평균 35시간, 약 18주 정도의 최소 운동기간으로 진행되었다(Table 5).

Table 5. Customized exercise therapy period by body types

Exercise therapy period	Turtle neck (n=32)	Flat back (n=13)	Bent back (n=7)	Flat waist (n=8)	Lumbar hyperlordosis (n=11)	Scoliosis (n=9)
Hours	41.5±37.7	35.0±28.0	81.1±50.2	65.8±56.1	67.7±18.7	37.6±9.7
Weeks	22.0±11.9	17.9±13.5	29.8±13.4	22.4±11.9	28.9±4.9	11.2±7.4

Values: Mean ± SD

3.3 Correction effect of exercise therapy program by body types

연구결과, 거북목은 맞춤형 운동치료를 시행하기 전 흉부의 평균 각도(thoracic angle)가 14.3°에서 운동치료 후 9.8°로써 통계적으로 유의하게 감소된 결과를 나타냈으며(p=0.000), Back Mapper의 체형별 평가기준으로도 위험/경계 수준에서 경계/적정 수준으로 개선되었다. 편평등은 척추후만 각도(kyphotic angle)의 운동치료 전후 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며(p=0.000), 평가기준으로도 위험에서 모두 경계 수준으로 개선되었다. 굽은등은 척추후만 각도(kyphotic angle)의 운동치료 전후 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며(p=0.002), 평가기준으로도 위험/경계 수준에서 모두 적정 수준으로 개선되었다. 일자허리는 척추전만 각도(lordotic angle)의 운동치료 전후 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며(p=0.001), 평가기준으로도 위험/경계 수준에서 경계/적정 수준으로 개선되었다. 요추과전만은 척추전만 각도(lordotic angle)의 운동치료 전후 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며(p=0.000), 평가기준으로도 위험/경계에서 모두 적정 수준으로 개선되었다. 척추측만증은 측면 길이(lateral length)의 운동치료 전후 차이가 통계적으로 유의하지 않았으나(p=0.110), 평가기준으로는 위험/경계 수준에서 경계/적정 수준으로 개선되었다(Table 6, 7).

Table 6. Change in body angle and lateral length before and after exercise therapy

Body types (participant)	Variable	Exercise therapy		Statistical test method	t or w-value	p-value
		Before	After			
Turtle neck (32)	Thoracic angle (°)	14.3±1.92	9.78±1.64	Paired t-test	18.13	0.000
Flat back (13)	Kyphotic angle (°)	30.1±5.58	39.7±1.65	Mann-Whitney test	93	0.000
Bent back (7)	Kyphotic angle (°)	57.6±1.5	47.7±2.1		77	0.002
Flat waist (8)	Lordotic angle (°)	25.9±3.4	36.9±4.2		36.5	0.001
Lumbar hyperlordosis (11)	Lordotic angle (°)	51.4±3.6	41.9±2.8		187	0.000
Scoliosis (9)	Lateral length (mm)	-6.2±10	-2.1±5.28		67	0.110

Values: Mean ± SD

Table 7. Change of evaluation level by body types before and after exercise therapy

Body types	Participant (%)	Level before exercise therapy		Level after exercise therapy	
		Dangerous (%)	Boundary (%)	Boundary (%)	Suitable (%)
Turtle neck	32 (40.0)	27 (84.4)	5 (15.6)	18 (56.2)	14 (43.8)
Flat back	13 (16.2)	13 (100)		13 (100)	
Bent back	7 (8.8)	6 (85.7)	1 (14.3)		7 (100)
Flat waist	8 (10.0)	7 (87.5)	1 (12.5)	7 (87.5)	1 (12.5)
Lumbar hyperlordosis	11 (13.8)	8 (72.7)	3 (27.3)		11 (100)
Scoliosis	9 (11.2)	2 (22.2)	7 (77.8)	1 (11.1)	8 (88.9)
Total	80 (100)	63 (78.8)	17 (21.2)	39 (48.8)	41 (51.2)

4. Discussion and Conclusion

본 연구는 법적 근골격계부담작업을 보유하고 있지 않은 현재의 사업장 또는 사업에 대해서도 근골격계질환자가 발생할 가능성이 있음을 문헌조사를 통해 확인하였다. 그리고, 이를 현실적으로 해결할 방안을 찾기 위해 반도체 제조 A 회사가 근골격계 통증호소자를 대상으로 운영하고 있는 근골격계 예방운동센터의 맞춤형 운동치료 프로그램에 대한 운영효과를 확인하였다.

A 회사의 근골격계 예방운동센터는 근골격계질환을 유발시키는 다양한 신체 부위의 통증호소자를 관리 대상으로 선정하였으며, 이들에 대해 스트레칭 등 다양한 개인별 맞춤형 운동치료를 통해 근골격계질환으로 이완되는 것을 예방하는 활동을 수행하고 있었다. 이에 대한 효과를 확인하고자 80명의 통증호소자를 대상으로 맞춤형 운동치료 전과 후의 체형교정 효과를 분석한 결과, 거북목 및 편평등, 굽은등, 일자허리, 요추과전만은 모두 통계적으로 유의한 체형교정이 나타났다(p<0.05). 단, 척추측만증에 대해서는 유의한 효과가 나타나지 않았다(Table 6). 이를 Back Mapper의 체형별 평가기준를 통해 유추해 보면 거북목 및 일자허리 등은 위험에서 적정 수준의 극적 개선 사례가 많았지만 척추측만증은 대부분 경계에서 적정 수준으로 그 변화폭이 크지 않았다. 이러한 이유로 척추측만증은 통계적 유의성이 없게 된 것이라고 생각된다(Table 7).

A 회사의 맞춤형 운동치료 프로그램은 근로자의 각종 통증을 유발하는 부적합한 체형을 교정함으로써 개선효과를 보이고 있다. 이와 유사한 외부 사례를 보면 중소규모 사업장은 근골격계 운동프로그램 실시로 목, 허리, 어깨 부위 등의 증상 호소율이 통계적으로 유의하게 감소되었으며(Kim et al., 2005), 대규모 사업장의 근골격계질환자를 대상으로 실시된 연구에서도 근골격계질환자의 치료에 도움을 주는 효과적인 운동으로 스트레칭이 제시되었다(Sohn et al., 1999; National Research Council, 1999; Chae et al., 2002).

이상의 결과로 볼 때, 본 연구의 반도체 제조 A 회사와 같이 근로자의 잠재적인 근골격계질환 발생을 예방하기 위해 근골격계 운동치료 프로그램을 도입 운영한다면, 현행 근골격계부담작업 유해요인조사의 한계로 인해 근골격계부담작업을 보유하지 않은 사업장 또는 사업의 근로자들의 건강보호에 기여할 수 있을 것으로 판단한다.

References

Chae, H.J., Lee, S.K., Lee, K.J. and Moon, J.D., Characteristics of work-related musculoskeletal disorders and effect of intervention program in shipyard workers, *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 14(4), 468-477, 2002.

Chun, I. and Kim Y., A Study on the appropriateness of musculoskeletal burden work for the prevention of musculoskeletal disorders. *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 39(5), 501-509, 2020. doi: 10.5143/JESK.2020.39.5.501

Han, S.H., Lee, D., Um, I.Y., Kang, Y.J., Lee, S.Y. and Yoon, J.W., "The problem and improvement direction regarding hazardous factor survey of musculoskeletal disorders", Proceedings of 2010 Fall Confernce of the Korean society of occupational and environmental medicine, (pp. 343-344), 2010.

Heo, S.M. and Kwon, Y.G., "A study on the procedure, methodology and direction of the risk fatcor investigation of the musculoskeletal burdens in Korea", Proceedings of 2018 Fall Conference of ESK, (pp. 239-246), 2018.

Jung, B.Y., Risk factors analysis system: Current issues and future directions, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 26(2), 123-129, 2007. doi: 10.5143/JESK.2007.26.2.123

Kim, B.K., Park, J.I., Lim, H.W., Goo, J.W. and Lee, K.S., Selection of a high risk group and the effectiveness of an exercise program on musculoskeletal symptoms in small and medium sized enterprises, *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 17(1), 10-25, 2005. doi: 10.35371/kjoem.2005.17.1.10

Kim, S.H. and Kim, J.G., The effects of stretching exercise on the musculoskeletal pain relief in small workplaces, *Journal of the Coaching Development*, 21(4), 129-137, 2019. doi: 10.47684/jcd.2019.12.21.4.129

KOSHA, A program for the prevention and management of musculoskeletal disorders in the workplace, KOSHA code H-31-2003, 2003.

Lee, S.Y., Choi, H.S., Kim, J.Y. and Yoon, M.H., "The symptom classification methodology of musculoskeletal disorders in an atypical work situation", Proceedings of 2010 Spring Conference of ESK, (pp. 197-201), 2010.

Lim, J.W., Kwon, Y.J., Jang, T.W., Lee, J.H., Kim, I.S., Ryu, S.C., Roh, J.H., Won, J.U., Cha, B.S. and Lee, C.H., The effect of stretching exercise for management of myofascial pain syndrome patients in small and medium sized industries, *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 22(4), 307-315, 2010.

Ministry of Employment and Labor, Korean Occupational Safety and Health Act sub regulation 656-2, 2020.

National Research Council, Worked-related musculoskeletal disorders: Reports workshop summary and workshop papers. National Academy Press, Washington, DC, 1999.

Park, J.K., Choi, J.H. and Park, J.S., A case study on the improvement of hazardous factor survey system for musculoskeletal burden Work, Proceedings of 2018 Spring Conference of ESK, (pp. 342-348), 2018.

Sohn, M.H., Choi, J.S., Sohn, S.J., Kim, Y.O. and Park, J., The effectiveness of the intervention in the workplace on patients suffering from cervicobrachial disorder, *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 11(4), 460-475, 1999.

Author listings

Ye Young Jeong: jyyaym71@naver.com
Highest degree: MS, Department of Environmental & Occupational Health, Korea University
Areas of interest: WMSD

Jae Hee Park: maro@hknu.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Department of Safety System Engineering, Hankyong National University
Areas of interest: Human Error, Seat Ergonoimcs, WMSD