

## A Study on Assessment of Physical Workload in the Posture of Raising the Arm Above the Shoulder

Wonsik Choi<sup>1</sup>, Yuchang Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dong-eui University, Department of Chemical & Environmental & Industrial Engineering, Busan, 47340

<sup>2</sup>Dong-eui University, Department of Human · System Design Engineering, Busan, 47340

### 팔을 어깨 위로 올리는 작업 자세에서의 작업부하 평가

최원식<sup>1</sup>, 김유창<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동의대학교 화학 · 환경 · 산업공학과

<sup>2</sup>동의대학교 인간 · 시스템디자인공학과

#### Corresponding Author

Yuchang Kim

Dong-eui University, Department of  
Human · System Design Engineering,  
Busan, 47340

Email : yckim@deu.ac.kr

Received : May 26, 2020

Revised : May 27, 2020

Accepted : July 12, 2020

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate the workload in the posture of raising the arm above the shoulder, which is the cause of musculoskeletal disorders.

**Background:** The modern industrial structure is becoming automation due to the development of science and technology. However, many works in the manufacturing sector such as the shipbuilding industry, heavy industry, and automobile assembly are still working in the posture of raising the arm above the shoulder for a long time. Muscle fatigue from these works can be lead to severe symptoms such as musculoskeletal disorders over time.

**Method:** Seven healthy males without musculoskeletal disorders participated in the experiment. We measured the muscle activity of the deltoid muscle, trapezius muscle, and biceps according to changes in the angle of arm and weight in the posture of raising the arm above the shoulder. In addition, fatigue measures included subjective discomfort ratings through the Borg's CR-10 scale. ANOVA was used to analyze the influence of the angle of arm and weight.

**Results:** ANOVA showed that the weight factors of the deltoid muscle, trapezius muscle, and biceps were statistically significant on EMG and subjective discomfort. In addition, only the arm angle factors of the deltoid muscle, except the trapezius muscle and biceps, were statistically significant on EMG and subjective discomfort. When we measured the EMG and subjective discomfort according to each muscle part in the posture of raising the arm above the shoulder, it was found that the deltoid muscle had the highest workload.

**Conclusion:** In this study, muscle activity and subjective discomfort were measured according to changes in the angle of arm and weight in the posture of raising the arm above the shoulder. It was found that the average value of %MVC and Borg's scale were the highest on the deltoid muscle. This result means that a deltoid muscle could be easily exposed to musculoskeletal disorders than trapezius muscle and biceps. Further research should be conducted considering the characteristics such as working time, gender, and age.

**Application:** These results can contribute to preventing musculoskeletal disorders and improving work efficiency at industrial sites, and can be used as basic data for research on the upper extremity.

**Keywords:** Musculoskeletal disorders, EMG, Subjective discomfort, Workload

## 1. Introduction

최근 자동화된 생산시설과 급속히 발전하고 있는 현대 산업환경 하에서 수작업(인력작업)을 수행하는 작업자에게 반복적인 업무, 부자연스런 작업 자세, 과도한 힘을 사용하게 되는 강한 노동 강도(작업관련 요인, 사회 심리적 요인, 개인적 요인) 등에 의해 일련의 작업 관련성 근골격계질환(Work-related Musculoskeletal Disorders: WMSDs)이 급속히 증가하고 있다(Korea Occupational Safety and Health Agency, 2005).

근골격계질환은 사업장의 집단적인 발병, 산업재해자 수의 급증 등으로 인하여 한국 산업안전보건 분야의 주된 문제가 되고 있으며, 조선업, 중공업, 자동차 등의 제조업에서 이러한 문제는 노사간의 갈등을 야기하는 주요인으로 작용하여 사회적 이슈로 대두되었다(Korea Occupational Safety and Health Agency, 2005). 또한 전화번호 안내원(Kim and Choi, 2000), 맨홀작업자(Kim et al., 2001), 자동차공장 작업자(Kim et al., 2000), 유통 운수업 종사자(Lee and Jeong, 1998), 정비작업자(Jeong et al., 1997), 그리고 천장의 페인트칠이나 도배작업(Lee and Park, 2012) 등의 여러 분야의 사업에 걸쳐서 확대되고 있는 상황이다.

근골격계질환은 선진국에서도 큰 문제로 대두되어서 근골격계질환을 줄이려는 연구가 1970년대부터 시작되었다. 1990년대부터는 근골격계질환 관련 유해요인 선정 등의 NIOSH guideline을 개정하는 것을 비롯하여 연구가 아주 활발히 진행되어 왔다. 한국에서도 2003년에 근골격계질환에 관한 산업안전보건법이 시행된 후에 근골격계질환에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 노력의 결과로 많은 근골격계질환 유해요인에 대한 개선책이 만들어졌고 현장에 도입되어 실시되고 있다. 그렇지만 여전히 산업현장에서의 근골격계질환은 존재하는데 이의 원인은 부적절한 작업 자세, 힘, 반복 등이라고 알려져 있다. 이렇게 지속적인 정적인 자세로 인한 근육피로는 시간이 경과함에 따라 심각한 증상으로 발전하게 된다(Oh, 2013).

제조업이나 건설업종의 많은 작업들이 자동화됨에도 불구하고, 여전히 조립, 그라인더, 용접 등의 작업들은 작업자의 수공구 작업에 의존하고 있으며, 수공구의 빈번한 사용은 팔이나 어깨 등에 과도한 힘, 반복성, 정적인 자세 그리고 진동 등으로 인한 근골격계질환을 발생시킬 수 있다. 근골격계질환을 일으키는 작업 중 팔을 어깨 위로 올린 상태에서 하는 작업이 있는데 이는 조선업이나 중공업, 자동차 조립 등 제조업에서 많이 작업을 하고 있는 실정이다.

제품이 머리 위에 있을 때 조립작업이나 용접작업, 그라인더 작업은 작업특성에 따라 작업자가 작업 대상을 주시하기 위해 부자연스런 작업 자세를 유지하게 되는데, 이때 팔과 어깨 관절은 일정 각도에서 정적인 자세를 지속하게 된다. 지속적인 정적 수축에 의한 근육피로는 시간이 경과함에 따라 심각한 증상으로 발전하게 되므로, 근육의 정적 긴장을 최소화 할 수 있는 작업설계가 필요하다(Jeong, 2002).

따라서 본 연구는 산업현장에서 빈번하게 발생하는 부적절한 작업 자세인 팔을 어깨 위로 올린 상태에서 팔의 각도와 무게의 변화에 따라 작업자의 신체적 작업부하에 미치는 영향을 근전도 분석 및 통계적 분석과 주관적 불편도 평가를 실시하여 팔을 어깨 위로 올린 자세에서 작업 시 가장 피로를 많이 느끼는 근육과 그 피로를 느끼게 하는 각도와 무게를 파악하고자 한다.

## 2. Method

### 2.1 Participants

본 연구의 실험참여자자는 과거병력상 팔 및 어깨에 피로·통증·지각 이상 등의 근골격계장애가 없는 20대 남자 대학생 및 대학원생을 대상으로 7명을 선정하였다. 평균 연령은 27.14세이고, 평균 신장은 178.29cm, 평균 체중은 85kg이다.

### 2.2 Survey method

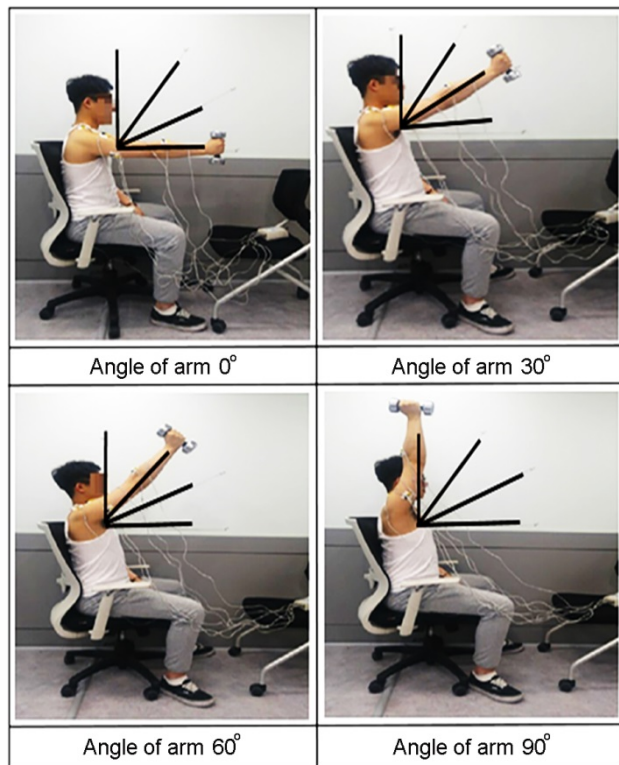
본 실험에서 선정한 독립변수와 종속변수는 Table 1과 같다. 독립변수는 팔의 각도(0°, 30°, 60°, 90°)와 아령의 무게(0kg, 1kg, 2kg, 3kg)로 선정하였으며, 종속변수는 실험참여자자의 삼각근, 승모근, 이두근의 근전도(EMG) %MVC 값과 주관적 불편도 Borg's scale 값으로 선정하였다.

**Table 1.** Independent variable and dependent variable

Division	Contents
Independent variable	Angle of arms
	- 0°, 30°, 60°, 90°
	Weight
Dependent variable	- 0kg, 1kg, 2kg, 3kg
	%MVC value of electromyogram (EMG)
	Scale value of subjective discomfort ratings (Borg's CR-10 Scale)

팔 및 어깨 근육에 대한 근전도 데이터를 수집하기 위하여 3개의 근육(삼각근, 승모근, 이두근)에 표면 전극을 부착하였다. 근전도 실험 시 사람마다 기본적으로 근력의 차이가 있기 때문에 개인차를 최소화 하기 위해서 정규화 과정이 필요하다. 정규화된 값은 %MVC 값을 의미하며, %MVC 값은 본 실험을 통해 구한 근력의 근전도 값을 최대 근력일 때의 근전도 값으로 나누어 산출하였다. 최대 근력일 때의 근전도 값은 근육 별로 개인의 maximum EMG를 5초간 측정하였고, 이것을 3회 실시하여 가장 최대일 때의 근력 값을 사용하였다.

실험은 4가지 팔의 각도(0°, 30°, 60°, 90°)와 4가지 아령의 무게(0kg, 1kg, 2kg, 3kg)를 랜덤으로 선정하여 실시하였으며, Figure 1과 같이 앉은 자세에서 한 손으로 아령을 들고 1분간 유지하였다. 1분간 유지 후에 각 근육에 대해 주관적 불편도 평가(Borg's scale)를 실시하였다.



**Figure 1.** Experimental posture in the course of measuring EMG

## 2.3 Analysis method

남자 대학생 및 대학원생의 삼각근, 승모근, 이두근에 대한 근전도 측정과 주관적 불편도의 측정 데이터를 사용하여 팔 각도와 아령의 무게에 따른 변화에 대한 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 통계량의 유의 수준은 0.05로 하였고 유의확률 값이 유의 수준 이하일 때 통계학적으로 의미가 있다. 통계분석은 Minitab 18 프로그램을 사용하였다.

## 3. Results

### 3.1 Analysis of muscular activity using EMG

근전도를 사용하여 구한 삼각근, 승모근, 이두근의 %MVC 값을 분석한 결과, Table 2와 같이 삼각근의 %MVC 값 평균이 승모근, 이두근에 비해 가장 크게 나타났다. 이는 팔을 어깨 위로 올리는 자세에서의 작업 시 다른 근육들에 비해 삼각근에 발생하는 부하가 가장 크다는 것을 알 수 있다.

**Table 2.** %MVC for deltoid muscle, trapezius muscle, biceps

	Average	SD
Deltoid muscle	16.66	3.44
Trapezius muscle	13.25	4.32
Biceps	5.86	2.20

#### 3.1.1 Deltoid muscle

삼각근에 대한 %MVC 값의 평균과 표준편차는 Table 3과 같다. 근전도를 이용하여 구한 삼각근의 %MVC 값 평균의 분산분석 결과 무게와 각도의 주 효과는 통계적으로 유의한 결과가 나타났다( $p < 0.05$ ). Hagberg (1981)는 최대 근력의 약 15~20%를 사용하는 작업을 하루 작업의 상한선이라 규정했으며, Zoladz (2018)는 %MVC 값이 15% 이하일 때의 작업을 저강도 작업으로 간주하였다. 따라서 본 연구에서는 %MVC 값의 안전 판정 기준을 15%로 선정하였다. 삼각근은 0kg의 무게에서는 90°, 1kg의 무게에서는 60°와 90°에서 위험한 것으로 나타났으며, 2kg과 3kg의 무게에서는 모든 각도에서 위험한 것으로 나타났다. 이는 팔을 어깨 위로 올린 상태에서 2kg 이상의 수공구를 사용하거나 팔의 각도가 90° 이상인 자세로 작업할 경우 삼각근에 피로가 쌓이며 근골격계질환이 발생할 가능성이 있음을 의미한다.

**Table 3.** %MVC for deltoid muscle

Angle*	Weight*			
	0kg	1kg	2kg	3kg
0°	7.03 (1.80)	10.72 (1.46)	15.24 (2.66)	19.91 (2.74)
30°	10.21 (1.19)	14.04 (1.56)	18.64 (3.49)	22.03 (4.61)
60°	12.33 (1.87)	15.20 (1.17)	20.48 (3.72)	26.02 (6.41)
90°	15.30 (4.73)	17.50 (5.03)	19.94 (5.64)	21.70 (6.88)

Average (SD)

□: Average value of %MVC more than 15%.

\* $p < .05$

### 3.1.2 Trapezius muscle

승모근에 대한 %MVC 값의 평균과 표준편차는 Table 4와 같다. 근전도를 이용하여 구한 승모근의 %MVC 값 평균의 분산분석 결과 무게의 주 효과는 통계적으로 유의한 결과가 나타났지만( $p < 0.05$ ), 각도의 주 효과는 유의하지 않은 결과가 나타났다( $p > 0.05$ ). 이는 수공구의 무게가 작업 자세보다 중요한 요인이라고 판단된다. 승모근은 0kg과 1kg의 무게에서는 각도에 상관없이 안전하다고 나타났고, 2kg의 무게에서는 30°와 60도, 3kg의 무게에서는 0°, 30°, 60°에서 위험한 것으로 나타났다. 승모근은 1kg 이하의 수공구를 사용하여 작업할 경우 각도에 상관없이 안전한 작업임을 알 수 있지만, 2kg 이상의 수공구를 사용할 경우에는 0°, 30°, 60°의 각도에서 근골격계 질환이 발생할 가능성이 있음을 의미한다.

**Table 4.** %MVC for trapezius muscle

Angle	Weight*			
	0kg	1kg	2kg	3kg
0°	6.63 (1.87)	9.58 (2.71)	14.54 (5.65)	20.62 (7.56)
30°	7.49 (2.10)	10.82 (3.52)	16.62 (5.03)	22.44 (8.99)
60°	8.99 (1.77)	11.31 (3.06)	15.24 (4.06)	20.82 (5.87)
90°	9.64 (2.29)	11.45 (4.49)	11.86 (4.52)	14.37 (5.55)

Average (SD)

□: Average value of %MVC more than 15%.

\* $p < .05$

### 3.1.3 Biceps

이두근에 대한 %MVC 값의 평균과 표준편차는 Table 5와 같다. 근전도를 이용하여 구한 이두근의 %MVC 값 평균의 분산분석 결과 무게의 주 효과는 통계적으로 유의한 결과가 나타났지만( $p < 0.05$ ), 각도의 주 효과는 유의하지 않은 결과가 나타났다( $p > 0.05$ ). 이는 수공구의 무게가 각도 등의 자세보다 중요한 요인이라고 판단된다. 이두근은 통계적으로 차이는 있었지만, %MVC 값의 평균이 모두 15% 미만이었기 때문에 작업 시 근골격계질환이 발생할 가능성이 적을 것으로 판단된다.

**Table 5.** %MVC for biceps

Angle	Weight*			
	0kg	1kg	2kg	3kg
0°	1.84 (0.76)	4.30 (1.11)	7.74 (2.80)	10.15 (3.01)
30°	2.30 (0.77)	4.68 (1.03)	8.57 (4.07)	10.39 (2.94)
60°	2.65 (1.02)	4.49 (1.08)	7.85 (2.96)	10.10 (3.50)
90°	3.16 (1.77)	4.01 (2.18)	5.30 (2.60)	6.23 (3.61)

Average (SD)

\* $p < .05$

### 3.2 Subjective discomfort

삼각근, 승모근, 이두근의 주관적 불편도 평균을 분석한 결과, Table 6과 같이 삼각근의 주관적 불편도 평균이 승모근, 이두근에 비해 가장 크게 나타났다. 이는 실제 작업을 할 때 다른 근육들에 비해 삼각근에 대한 불편도가 가장 크다는 것을 알 수 있다.

**Table 6.** Subjective discomfort for deltoid muscle, trapezius muscle, biceps

	Average	SD
Deltoid muscle	3.92	1.04
Trapezius muscle	3.22	1.02
Biceps	1.75	0.75

#### 3.2.1 Deltoid muscle

삼각근에 대한 주관적 불편도 평균과 표준편차는 Table 7과 같으며, 각각의 변수별 불편도 정도는 Figure 2와 같다. 삼각근에 대한 주

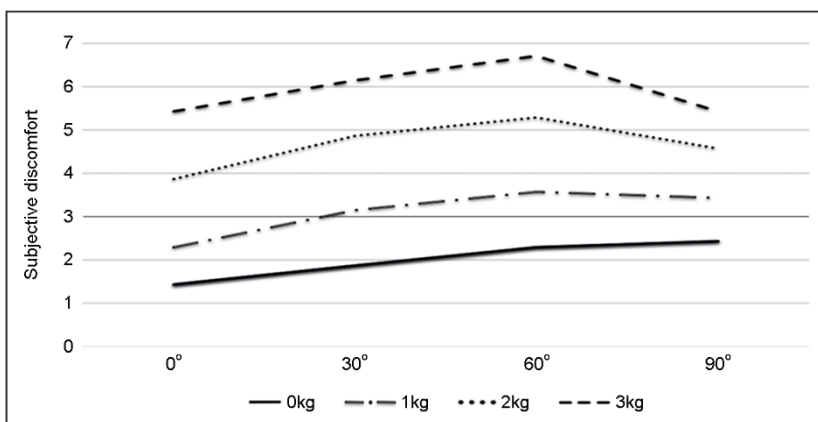
**Table 7.** Subjective discomfort for deltoid muscle

Angle*	Weight*			
	0kg	1kg	2kg	3kg
0°	1.43 (0.53)	2.29 (0.95)	3.86 (1.07)	5.43 (0.53)
30°	1.86 (0.90)	3.14 (1.07)	4.86 (1.35)	6.14 (1.07)
60°	2.29 (1.11)	3.57 (1.40)	5.29 (1.11)	6.71 (0.76)
90°	2.43 (1.13)	3.43 (1.27)	4.57 (0.98)	5.43 (1.40)

Average (SD)

□: Average value of '3' or higher is risk work.

\* $p < .05$



**Figure 2.** Average value of subjective discomfort for deltoid muscle

관적 불편도 평균의 분산분석 결과 무게와 각도의 주 효과는 통계적으로 유의한 결과가 나타났다( $p < 0.05$ ). 주관적 불편도 값은 Kim and Jung (2003)과 Kong and Sohn (2010)의 연구와 같이 '3' 이상을 위험 작업, '5' 이상을 고위험 작업으로 분류하였다. 삼각근의 주관적 불편도 평균을 보았을 때, 0kg의 무게에서는 각도에 상관없이 안전 하다고 나타났고, 1kg의 무게에서는 30°, 60°, 90°에서 위험 작업으로 나타났다. 2kg의 무게에서는 0°, 30°, 90°에서 위험 작업, 60°에서는 고위험 작업으로 나타났으며, 3kg의 무게에서는 모든 각도에서 고위험 작업으로 나타났다. 이는 삼각근의 경우 팔을 어깨 위로 올린 상태에서는 1kg 이상의 수공구를 사용할 경우 각도에 상관없이 대부분 불편함을 느끼는 것을 알 수 있다.

### 3.2.2 Trapezius muscle

승모근에 대한 주관적 불편도 평균과 표준편차는 Table 8과 같으며, 각각의 변수별 불편도 정도는 Figure 3과 같다. 승모근에 대한 주관적 불편도의 분산분석 결과 무게의 주 효과는 통계적으로 유의한 결과가 나타났지만( $p < 0.05$ ), 각도의 주 효과는 유의하지 않은 결과가 나타났다( $p > 0.05$ ). 이는 수공구의 무게가 각도 등의 자세보다 중요한 요인이라고 판단된다. 승모근의 주관적 불편도 평균을 보았을 때, 0kg과 1kg의 무게에서는 각도에 상관없이 모두 안전하다고 나타났다. 2kg의 무게에서는 모든 각도에서 위험 작업으로 나타났으며, 3kg의 무게에서는 90°에서 위험 작업, 0°, 30°, 60°에서 고위험 작업으로 나타났다. 승모근은 1kg 이하의 수공구를 사용하여 작업할 경우에는 큰 불편함이 없지만, 2kg 이상의 수공구를 사용할 경우에는 모든 각도에서 불편함을 느끼는 것을 알 수 있다.

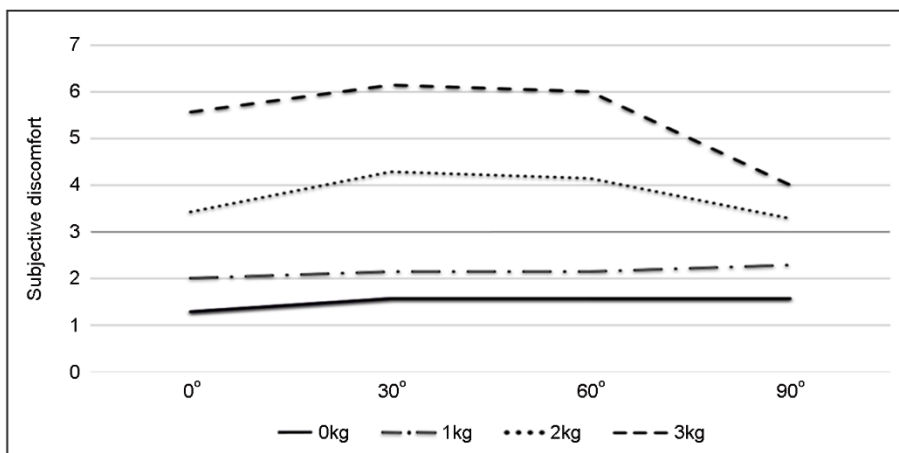
**Table 8.** Subjective discomfort for trapezius muscle

Angle	Weight*			
	0kg	1kg	2kg	3kg
0°	1.29 (0.49)	2.00 (1.15)	3.43 (1.27)	5.57 (1.40)
30°	1.57 (0.79)	2.14 (1.35)	4.29 (1.11)	6.14 (0.90)
60°	1.57 (0.79)	2.14 (1.35)	4.14 (1.21)	6.00 (1.00)
90°	1.57 (0.79)	2.29 (0.76)	3.29 (1.11)	4.00 (0.82)

Average (SD)

□: Average value of '3' or higher is risk work.

\* $p < .05$



**Figure 3.** Average value of subjective discomfort for trapezius muscle

### 3.2.3 Biceps

이두근에 대한 주관적 불편도 평균과 표준편차는 Table 9와 같으며, 각각의 변수별 불편도 정도는 Figure 4와 같다. 이두근에 대한 주관적 불편도의 분산분석 결과 무게의 주 효과는 통계적으로 유의한 결과가 나타났지만( $p < 0.05$ ), 각도의 주 효과는 유의하지 않은 결과가 나타났다( $p > 0.05$ ). 이는 수공구의 무게가 각도 등의 자세보다 중요한 요인이라고 판단된다. 이두근의 주관적 불편도 평균을 보았을 때 0kg, 1kg, 2kg의 무게에서는 각도에 상관없이 안전하다고 나타났고, 3kg의 무게에서는 0°, 30°, 60°의 각도에서 위험 작업으로 나타났다. 이두근의 경우 대부분 주관적 불편도 평균이 3점 미만으로 나타나 안전하다는 것을 알 수 있지만, 3kg 이상의 수공구를 사용하여 작업할 경우에는 불편함을 느낄 수 있다고 판단된다.

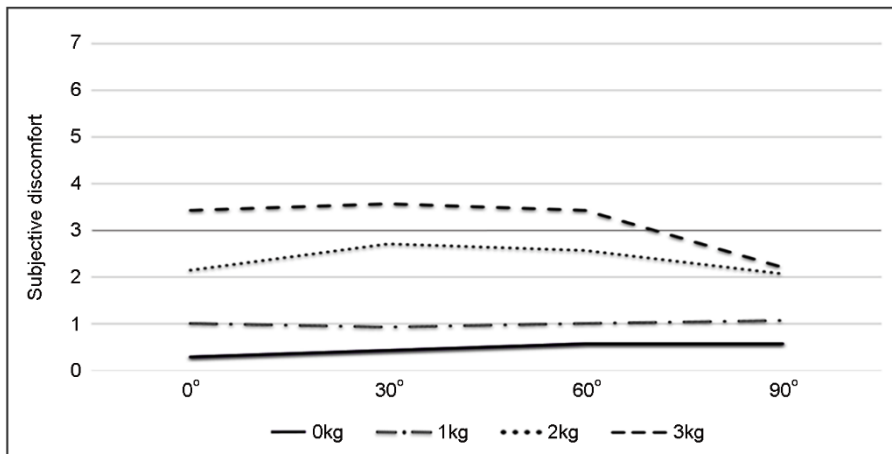
**Table 9.** Subjective discomfort for biceps

Angle	Weight*			
	0kg	1kg	2kg	3kg
0°	0.29 (0.27)	1.00 (0.50)	2.14 (0.69)	3.43 (1.13)
30°	0.43 (0.35)	0.93 (0.19)	2.71 (0.98)	3.57 (1.13)
60°	0.57 (0.35)	1.00 (0.50)	2.57 (0.98)	3.43 (1.13)
90°	0.57 (0.35)	1.07 (0.73)	2.07 (1.02)	2.21 (1.22)

Average (SD)

□: Average value of '3' or higher is risk work.

\* $p < .05$



**Figure 4.** Average value of subjective discomfort for biceps

## 4. Conclusion

본 연구에서는 팔을 어깨 위로 올리는 자세에서 작업 시 팔의 각도와 무게의 변화에 따라 근전도와 주관적 불편도를 평가하였다. 팔을 어깨 위로 올린 자세에서 피로를 많이 느끼는 근육을 파악하기 위해 근육 별로 근전도(EMG) 측정 및 주관적 불편도 분석을 하였을 때 삼각근, 승모근, 이두근 순으로 피로를 많이 느끼는 것으로 나타났다.



삼각근의 %MVC 값을 분석한 결과 90°를 제외하고는 팔을 올리는 각도에 따라 %MVC 값이 높게 나타났다. Kim (2018)의 연구 결과를 참고하면 팔을 들어 올리는 동안 어깨 관절의 굽힘 각도가 증가하게 되어 0°에 비해 30°와 60°에서 삼각근의 길이가 단축된 상태로 수축했기 때문에 더 높은 %MVC 값이 나타난 것으로 생각된다. 90°에서 %MVC 값이 감소한 이유는 팔의 각도가 90°에 가까워 질수록 다른 근육들로 힘이 분산되었기 때문인 것으로 보이며, Kronberg et al. (1990)의 연구 결과에서도 삼각근은 굴곡가동범위가 증가함에 따라 근활성도가 높게 나타나다가 90°에 가까워 질수록 감소하는 현상이 나타났다. 주관적 불편도 결과에서 삼각근은 승모근, 이두근에 비해 위험 작업의 비율이 높은 것을 고려해 볼 때, 팔을 어깨 위로 올리는 자세에서 작업을 할 경우 삼각근에 가장 불편함을 많이 느끼는 것으로 판단된다.

승모근의 %MVC 값을 분석한 결과 각도 등의 자세보다 수공구 무게의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 무게의 경우 0kg과 1kg에서는 안전하다고 나타났지만 2kg 이상의 수공구를 사용할 경우에는 90°를 제외한 대부분의 각도에서 위험한 것으로 나타났다. 주관적 불편도 결과를 살펴보면 승모근은 0kg과 1kg의 무게에서는 각도에 상관없이 안전하다고 나타났으나, 2kg 이상의 수공구를 사용할 경우 모든 각도에서 위험 작업으로 나타났다. 승모근의 경우 팔을 어깨 위로 올리는 자세에서 작업 시 각도보다 무게의 영향을 더 크게 받기 때문에 부하를 줄이기 위해서는 자세를 조정하기 보다는 수공구의 경량화가 더 효과적일 것으로 판단된다.

이두근의 %MVC 값을 분석한 결과 각도 등의 자세보다 수공구 무게의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 이두근은 무게에 대해 통계적으로 차이가 있다고 나타났지만, %MVC 값 평균을 살펴볼 때, 모두 15% 미만으로 나타났기 때문에 팔을 어깨 위로 올린 자세에서 작업 시 발생하는 위험 요소는 적을 것으로 판단된다. 주관적 불편도 결과를 살펴보면 0kg, 1kg, 2kg의 무게에서는 각도에 상관없이 안전하다고 나타났지만, 3kg의 무게에서 90°를 제외하고는 모두 위험 작업으로 나타났다. 이두근의 경우 근전도 분석에서는 모든 조건에서 안전하다고 나타났지만 무게에 대해서는 주관적으로 불편함을 느끼고 있기 때문에 더 구체적인 생체역학적 분석이 필요할 것으로 판단된다.

Table 10은 근전도(EMG)를 사용하여 평가한 %MVC 값과 Borg's CR-10 Scale 값을 사용하여 평가한 주관적 불편도 결과를 요약한 표이다. 결과를 살펴보면 삼각근은(1kg - 60°, 90°), (2kg, 3kg - 0°, 30°, 60°, 90°), 승모근은(2kg - 30°, 60°), (3kg - 0°, 30°, 60°)에서 %MVC 값과

**Table 10.** Classification of risk work through EMG and subjective discomfort assessment

Muscle	Angle	Weight			
		0kg	1kg	2kg	3kg
Deltoid muscle	0°			○ △	○ △
	30°		△	○ △	○ △
	60°		○ △	○ △	○ △
	90°	○	○ △	○ △	○ △
Trapezius muscle	0°			△	○ △
	30°			○ △	○ △
	60°			○ △	○ △
	90°			△	△
Biceps	0°				△
	30°				△
	60°				△
	90°				

○: Risk work (%MVC value more than 15%)  
 △: Risk work (Borg's scale average value of '3' or higher)

주관적 불편도가 모두 위험 작업으로 나타났다. 이 조건에서 작업을 할 경우에 피로가 쌓이며, 근골격계질환이 발생할 가능성이 높을 것으로 판단된다. 삼각근은 0kg의 무게와 90°의 각도에서 %MVC 값이 위험 작업으로 나타났으나, 중량에 대한 부담이 없어 주관적으로 느끼는 불편함은 없는 것으로 판단된다. 삼각근은(1kg - 30°), 승모근은(2kg - 0°, 90°), (3kg - 90°), 이두근은(3kg - 0°, 30°, 60°)에서 %MVC 값은 안전하다고 나왔으나 주관적 불편도는 위험 작업으로 나타났다. 이는 근전도 분석은 안전하다고 나타났지만, 주관적으로 불편함을 느끼고 있기 때문에 더 구체적인 생체역학적 조사가 추가로 필요할 것이라 판단된다.

본 연구에서는 근골격계장애가 없는 20대 남자 대학생 및 대학원생을 대상으로 정해진 짧은 실험 시간을 사용하여 연구를 진행하였다. 하지만 실제 산업현장에는 다양한 성별과 연령의 작업자들이 존재하며, 작업들은 장시간에 걸쳐 이루어지고 있다. 따라서 작업 시간과 빈도, 피실험자의 성별과 연령 등의 특성들을 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

- Hagberg, M., Muscular endurance and surface electromyogram in isometric and dynamic exercise, *Journal of Applied Physiology*, 51(1), 1-7, 1981.
- Jeong, H.W., A Study on evaluation of neck muscle workload in static work, *Dong-eui University*, Master thesis, 2002.
- Jeong, M.K., Choi, K.L., Song, Y.W., Lee, I.S. and Lee, M.S., Biomechanical and Postural Analysis of Machine Repair Tasks with Relatively High Complaints of Low Back Pain, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 16(3), 49-60, 1997.
- Kim, C.H., Kim, S.N., Lee, J.Y., Yoon, D.K. and Jo, S.A., A study on work-related musculoskeletal disorders in automobile factory operators: Part I, *Papers of the Spring Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 2000.
- Kim, M.J., Effects of Humeral Position and Shoulder Flexion Angle on Activity of the Shoulder Muscles, *Joongbu University*, Master thesis, 2018.
- Kim, Y.C. and Choi, Y.H., A study on work-related musculoskeletal disorders in telephone number information operators, *Papers of the Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 2000.
- Kim, Y.C. and Jung, H.W., A Study on Subjective Evaluation of Neck Workload in Static Work, *IE interfaces*, 16(2), 222-228, 2003.
- Kim, Y.C., Lee, T.H. and Jeong, H.W., A study on work-related musculoskeletal disorders in manhole operators, *Papers of the Spring Conference of the Korea Safety Management & Science*, 2001.
- Kong, Y.K. and Sohn, S.T., Evaluations of the subjective discomfort ratings and EMGs of lower extremity muscles in various knee flexion angles, *Ergonomic Trends from the East*, Kumashiro (ed), 2010.
- Korea Occupational Safety and Health Agency, A Study on Development of Ergonomic Hazard Assessment Tool Based on Work Characteristics-Musculoskeletal symptoms, performance and ergonomic evaluation according to work characteristics, 2005.
- Kronberg, M., Nemeth, G. and Brostrom, L.A., Muscle activity and coordination in the normal shoulder, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (257), 76-85, 1990.
- Lee, K.S. and Park, J.W., Evaluation of load on neck muscles using EMG, *Journal of the Korean Society of Safety*, 27(1), 2012.

Lee, Y.J. and Jeong, M.K., Estimation of physiological load of distribution and transportation workers, *Papers of the Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 1998.

Oh, S.L., A Study of Intervention of Overexertion of Neck Muscles when Bent Forward for a Long Period, *Hongik University*, Master thesis, 2013.

Zoladz, J.A., *Muscle and Exercise Physiology*, Academic Press, 2018.

## Author listings

**Wonsik Choi:** dnjstlr2456@naver.com

**Highest degree:** MS, Department of Chemical & Environmental & Industrial Engineering, Dong-eui University

**Position title:** MS, Department of Chemical & Environmental & Industrial Engineering, Dong-eui University

**Areas of interest:** Ergonomics, Industrial safety and health, Musculoskeletal disorders

**Yuchang Kim:** yckim@deu.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST

**Position title:** Professor, Department of Human-System Design Engineering, Dong-eui University

**Areas of interest:** Ergonomics, Industrial safety and health, Musculoskeletal disorders, Job Stress, Human Error