

# 크레인 작업자의 목 부하 연구

오새롬 · 이관석<sup>†</sup>

홍익대학교 산업공학과

(2012. 4. 25. 접수 / 2013. 2. 13. 채택)

## A Study of Crane Operators' Overexertion of Neck Muscles

Sae loom Oh · Kwan Suk Lee<sup>†</sup>

Department of Industrial Engineering, Hongik University

(Received April 25, 2012 / Accepted February 13, 2013)

**Abstract :** Crane operators usually work with their necks bent forward in a seating position for a long period. They have complained of their musculoskeletal stress at their necks. The objective of this study was to find the level of stress at the neck when crane operators bend their neck forward during their work. Experiments were conducted in the laboratory where subjects bent their necks forward for 1 minute and took a rest for 0.5 minute and repeated this performance for 60 minutes. Subjective evaluation using Borg's CR-10 scale and electromyography (EMG) were used to check the level of the stress at the neck. Subjects reported that the level of pain at the end of 60 min. experiment was close to the extreme pain(level 8.95). The EMG level(amplitude) increased 80% on the average and the center frequency of EMG shifted to the lower frequency level which indicated fatigue of neck muscles. Thus, it was found that there is quite much neck stress for crane operators when they maintain their neck posture of bending forward for a long time during their work. This information will be a basis in searching for an intervention measure for the crane operators' neck stress.

**Key Words :** musculoskeletal stress, back pain, EMG, neck muscles

### 1. 서론

2011년 고용노동부의 산업재해 현황분석에 의하면 제조업과 건설업의 재해 비율이 높으며 재해자는 93,292명으로 0.65%의 재해율에 이른다고 한다<sup>1)</sup>. 이중에서 근골격계 질환자도 상당한 부분을 차지하며 2000년부터 급격히 늘어나기 시작하였다(Fig. 1). 근골격계 질환은 선진국에서도 큰 문제로 대두되어서 근골격계 질환을 줄이려는 연구가 일찍이 1970년대부터 시작하였다. 1990년대부터는 NIOSH 가이드라인을 개정하는 것을 비롯하여 연구가 아주 활발히 진행되어 왔다. 분야도 다양하여 기존의 중량물 취급을 하는 공장 위주의 연구뿐만 아니라 농장작업<sup>2)</sup>, 환자돌보기<sup>3)</sup>, 치과작업<sup>4)</sup> 등 다양한 직업형태에서 활발히 진행되어 왔다. 우리나라에서도 2003년에 근골격계 질환에 관한 산업안전보건법이 시행된 후에 근골격계 질환에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 노력의 결과로 많은 근골격계 질환 유해요인에 대한 개선책이 만들어졌고 현장에 도입되어 실시되고 있다. 따라서 허리, 손목 등의 근골격계 질환에 대한 개선이 지속적으로 추진되고 있다. 최근에는 특별히 목 관련 근골격계 질환이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 원인은 부적절한 작업자세, 힘, 반복 등이라고 알려져 있으며, 이외에도 최근 스마트폰 사용 등으로 목관절의 정

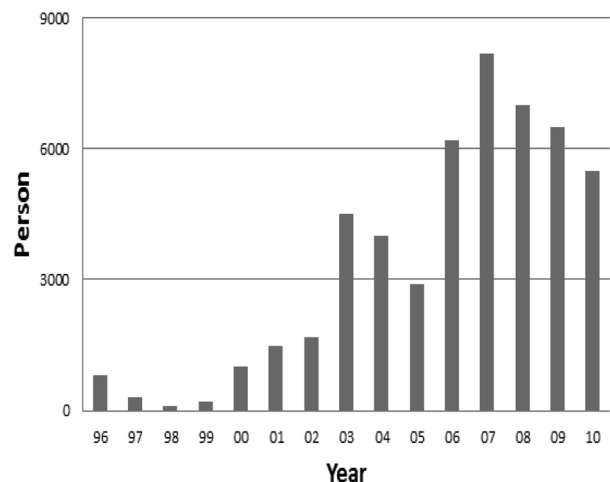


Fig. 1. Scene of a crane operator's work.

적인 자세를 유지하게 되는 경우가 더 많아졌기 때문에 목 관련 질환이 더 증가하고 있다.

이렇게 지속적인 정적인 자세로 인한 근육피로는 시간이 경과함에 따라 심각한 증상으로 발전하게 된다. 특별히 산업현장에서 크레인 작업 같은 경우는 장시간 계속되는 정적인 작업 형태로 인하여 많은 크레인 운전자들이 목의 통증을 호소한다. Fig. 2에서 보이는 바와 같이 크레인 작

<sup>†</sup>Corresponding Author: Kwan Suk Lee, Tel : +82-2-320-1132, E-mail : kslee@hongik.ac.kr  
Department of Industrial Engineering, Hongik University, 94, Wowsan-ro, Mapo-Gu, Seoul 121-791, Korea



Fig. 2. Scene of a crane operator's work.

업자들은 고공에 달려있는 좁은 크레인 운전실 안에서 밑의 대상을 주시하기 위하여 목을 앞으로 굽히고 정적인 자세를 유지하고 작업을 한다. 이러한 자세는 지속적으로 목의 근육이 수축상태를 유지하는 것을 의미하며, 시간의 경과에 따라 근육에 피로가 누적됨에 따라 심각한 증상으로 발전하게 된다.

목에 관련 된 근골격계 질환에 대한 연구는 과거에도 많이 보고되었다. VDT 작업자나 현미경 작업을 많이 하는 병리학자들도 목에 관련 된 근골격계 질환을 앓아오고 있다. 하지만 이들 연구는 목 자세가 크레인 작업자와 다르며 작업도 작업자가 힘들 때 실 수 있는 형태로 되어 있어서 휴식에 의한 근골격계 질환에 대한 예방이 가능하다. 천장크레인 운전 작업부하에 대한 연구<sup>5)</sup>에서는 밑을 보고 작업하는 작업자세가 근골격계 질환을 유발하는 점을 설문과 인간공학적 평가기법을 사용하여 분석하였으나, EMG와 같은 객관적 부하 평가는 업무의 생리학적이나 심물리학적 부하를 알 수 있을 정도의 기간에 걸쳐 측정하지 않고 순간적인 측정만 하여서 생체역학 적인 관점만 파악되었다. 목 근육의 작업부하 평가연구에서<sup>6)</sup> 목의 굴곡, 신전, 회전, 옆으로 굽힘에 대한 주관적 평가와 EMG를 측정하였다. 그러나, 총 1분간 정적인 상태에서 조사하였기 때문에 순간적인 자세에 대한 EMG는 알 수 있었지만 지속적인 자세를 유지하였을 때 어떠한 변화가 있는지는 알 수 없다.

근전도 분석을 통한 거북목 증후군의 생체 역학적 영향에 대한 고찰<sup>7)</sup>에서는 거북목 환자들을 대상으로 장시간의 컴퓨터 사용 시 목과 등 근육의 근전도 신호를 측정하였다. 거북목증후군의 경우 정상인에 비해 활성도는 감소하고 피로도는 증가함을 보였다. 하지만, 이 연구는 크레인 작업자의 자세와는 다르고, 거북목 증후군의 환자만을 대상으로 하였기 때문에 크레인 작업자에게 적용하는 데에는 한계가 있다.

국의 경우<sup>8)</sup> 승모근(Trapezius)의 근육통에 관한 연구에서 초콜릿 제조 작업자의 승모근 통증에 대한 연구를 하였다. 이 작업은 계속 밑을 보는 작업이긴 하나, 초콜릿 제조 작업자의 승모근의 근육통에 초점이 맞추어져 있는 연구였다. 때문에, 크레인 작업자의 자세와는 또 다르며 근육통에 초점이 맞추어져 있어 피로도를 알기 어렵다. 여

성 작업자들의 경추장애에 관한 연구에서<sup>9)</sup> 조립라인 작업자들도 밑을 보고 하는 작업을 하지만 조립라인에 초점이 맞추어져 있고, 연구내용은 여성작업자들의 질환의 통계치를 주로 다루었다. 때문에, 여성에 대한 경추연구에는 좋은 성과이나 통계치를 주로 다루었기 때문에 실질적으로 얼마나 피로도가 증가했는지 등은 알 수 없었다.

위에서 보는 것과 같이, 크레인 작업에 대한 객관적인 연구가 부족한 상황이다. 따라서 본 연구는 크레인 작업 시 작업자세와 부하에 따른 주관적 평가와 함께 작업자의 목의 부하가 얼마나 되는지 EMG 측정을 통해 근육의 활동을 분석하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 피 실험자

본 연구에는 피 실험자로 20-27세의 건강한 남, 여 대학생 10명이 참여 하였으며, 유료 참여자이었다. 피 실험자의 나이는  $23.89 \pm 2.56$ 세, 신장은  $173.44 \pm 8.63$  cm, 체중은  $68.89 \pm 12.42$  kg 이었다. 피 실험자들은 사전에 실험에 대하여 설명을 들었으며, 근골격계 관련 병력이 없는 사람들로 선정하였다.

### 2.2. 실험설계

목과 목을 지탱하는 어깨에 발생하는 피로도를 객관적으로 평가하기 위하여 머리와 목을 움직이는 근육으로 가장 중요한 두최장근(longissimus muscle of head)과 승모근이 분석의 대상이 되었다(Fig. 3). 이외에도 머리와 목을 움직이는 많은 근육들이 있으나, 대부분 심층근이거나 Surface electrode를 사용하기 어려운 이유로 인하여 분석 대상에서 제외하였다.

크레인 작업자들이 작업 시 팔은 콘솔박스에 기대고 있으므로 피실험자들도 책상에 팔을 지지한 상태에서 허리와 목을 동시에 굽혀 아래를 보는 자세를 취하게 하였다. Myo Trace 400을 사용하여 근육의 피로도를 측정하였으며, sampling rate는 1000Hz이었다. 보통 크레인 작업은 전문 기사가 작업하게 되어 있어 작업이 필요한 동안은 근무시간에는 휴식시간외에는 작업을 계속한다. 하지만, 장시간 계속적인 실험은 피 실험자에게 문제를 일으킬 수 있으므로 예비실험을 통하여, 피 실험자가 더 이상 실험을



Fig. 3. Experiment posture and electrode positions.

진행하기 힘들다고 하는 시간이 60분으로 측정되었으므로 실험시간을 총 60분으로 정하였다. 피 실험자들은 60분 동안 실험자세를 지속하였으며 5분마다 30초를 sampling window로 정하여 EMG를 측정하였다. EMG를 측정함과 동시에, 매 5분마다 Borg's CR-10 scale<sup>10)</sup>을 사용하여 주관적인 작업부하를 정하도록 하였다.

2.3. 실험절차

2.3.1. EMG 측정

피실험자의 EMG 신호를 정규화(normalize)하기 위해 일반적으로는 (Maximum Voluntary Contraction)를 측정하고 이때의 EMG를 측정하여 휴식시의 EMG 값과 비교한다. 예비 실험에서 피 실험자들의 목 근력을 알아본 결과 이마 위치의 머리 앞에 벨트를 걸어 머리로 잡아당길 수 있는 근력이 5 kg 이었다. 따라서 실험 시작 전에 Force Gauge를 이용하여 머리를 뒤로 당길 때의 EMG와 목 근육이 내는 힘을 0~5 kg사이에서 1 kg씩을 구간으로 하여 EMG 진폭(amplitude)를 측정하여 이 자료로 선형화귀식(linear regression)을 만들어서 실제 실험의 EMG 자료를 정규화하였다. 따라서 작업자 별로 정규화된 EMG 수치는 아래의 식과 같다.

$$Normalized_{ij} = \frac{\text{측정된 } EMG_i}{\text{피실험자 } i \text{ 별 Regression 직 상의 } EMG_j} \quad (1)$$

i = 피 실험자  
j = 시간대

2.3.2. 주관적 부하

실험 전 피 실험자에게 Borg's CR-10 scale에 대한 교육을 실시하였다, 5분마다 30초 측정 후 자세는 계속 유지한 상태에서 Borg's CR-10 scale에 대하여 주관적 부하를 정하도록 하였다.

3. 연구 결과

본 실험의 결과를 주관적 부하와 객관적 부하인 근전도

Table 1. Borg's category-ratio scale

	Maximal
10	Extreme pain
9	
8	
7	Very strong pain
6	
5	Strong pain
4	
3	Moderate
2	Weak pain
1	Very weak pain
0.5	Extremely weak pain
0	Nothing at all

실험의 결과로 나누어 기술하였다. 통계적인 분석방법으로 SAS 9.1 for Windows와 Microsoft Excel2010을 이용하였다.

3.1. 주관적 부하

피 실험자들의 Borg's CR-10 scale의 주관적 부하가 Fig. 4에 나타나 있으며 평균값과 범위를 보이고 있다. 목을 숙여 작업하는 경우 시간이 지남에 따라서, 피 실험자들의 주관적 부하가 선형으로 증가하는 형태를 보였다. 실험이 60분을 경과한 시점에서의 주관적 부하는 평균 8.95로 매우 심한 통증을 느낀다고 평가하였는데 이는 실험 시작 초기의 주관적 부하인 평균 1.68보다 5.3배 늘어난 것이며 실제로 실험 중에 피실험자들이 심한 피로도와 통증을 호소하였다. ANOVA 분석 결과 증가 추세가 유의한 것(F=4245.8, P<0.01)으로 나타났다. 따라서 시간과 주관적 부하는 상관관계가 매우 높은 것으로 파악되었다.

3.2. EMG 데이터

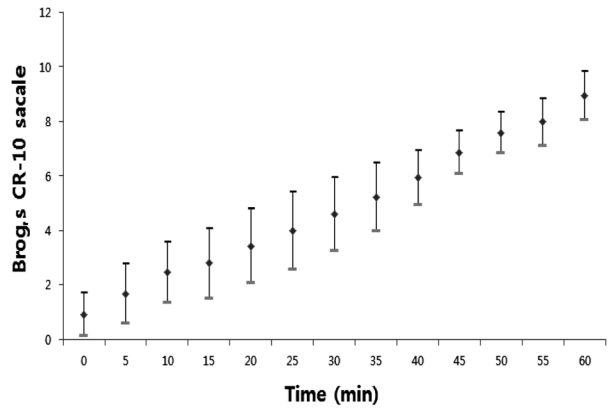


Fig. 4. Subjective evaluation over time( : standard deviation),

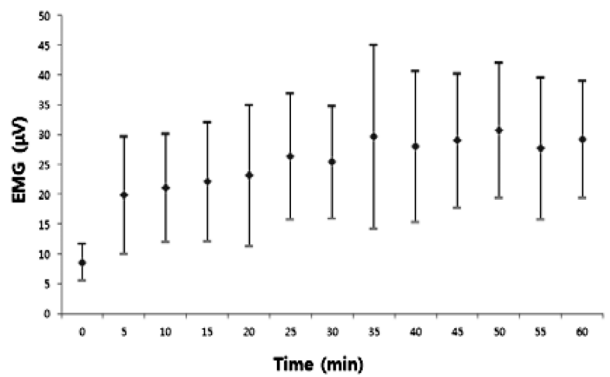


Fig 5. Subjective evaluation over time( : standard deviation)

Table 2. ANOVA analysis of subjective evaluation

	DF	S.S	M.S	F	P-value
Regression	10	146.4	14.6	1.9	0.05
Residual	132	1017.9	7.7		
Total	142				

목을 앞으로 숙였을 때의 측정된 EMG 데이터를 매 5분마다 분석하여 평균을 구한 후 식 (1)과 같이 정규화하여 다시 분석하였다.

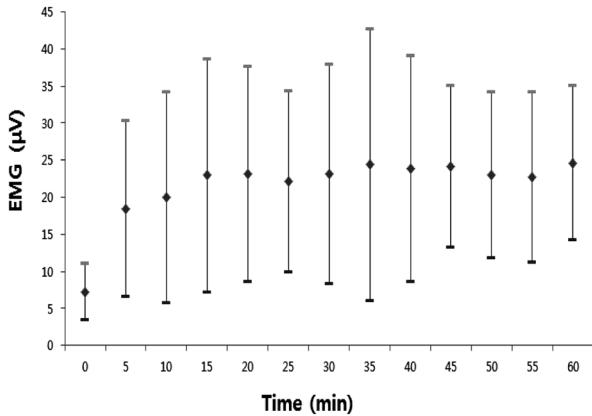


Fig. 6. The EMG amplitudes of the right longissimus muscle of head (  $\pm$  : standard deviation).

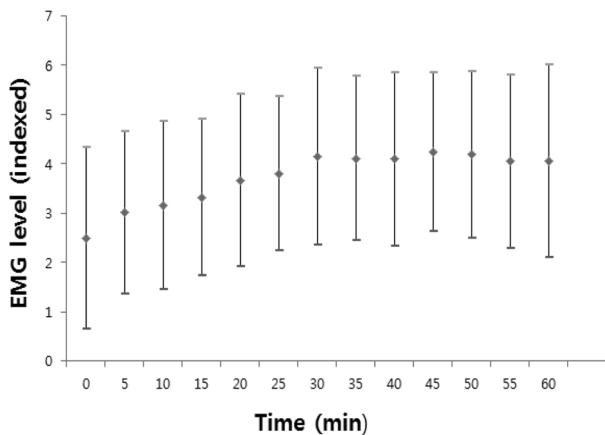


Fig. 7. The normalized EMG levels of the left longissimus muscle of head (  $\pm$  : standard deviation).

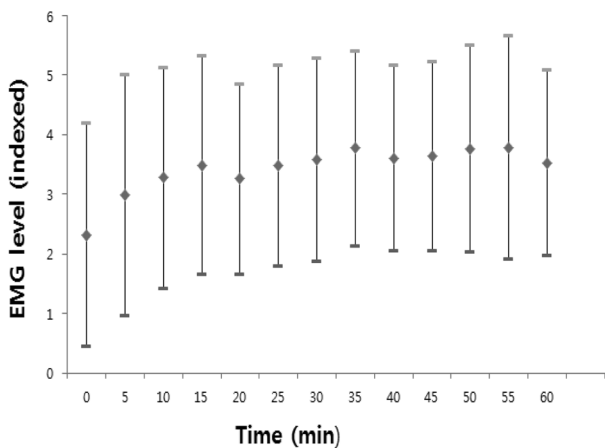


Fig. 8. The normalized EMG levels of the right longissimus muscle of head (  $\pm$  : standard deviation).

### 3.2.1. 목 근육

Fig. 5와 6은 EMG 진폭의 시간에 따른 추세를 보이고 있다. 두 목 근육 전부 시간에 따라 진폭이 0분일 때 보다 60분일 때 3.4배 증가하는 추세를 보이고 있다.

이 EMG 수치를 정규화하여 분석을 한 결과는 Fig 7과 8 같이 두 목 근육 전부 시간에 따라 진폭이 0분일 때 보다 60분일 때 왼쪽은 63.3%, 오른쪽은 53.0% 증가하는 추세를 보이고 있다. ANOVA 분석을 한 결과 두 근육 모두 유의(F=57.2, P<0.01와 F=3.4, P<0.01)하였다. 또한 증가 기울기를 검증한 결과 (가설: 기울기  $\beta_1 = 0$ ) 귀무가설이 부정되었으므로 시간이 지남에 따라 목 근육에 더 큰 부하가 걸린다는 것이 증명되었다.

Fig. 9와 10은 두 목 근육 EMG의 Center Frequency 값의 시간에 따른 추세를 보이고 있다. 두좌측 최장근의 Center Frequency는 처음 측정 시 보다 마지막 측정 시에 10.1% 감소하였다. 우측 최장근의 Center Frequency는 19.25%감소하는 것을 알 수 있다. 이것을 통해 시간이 지남에 따라 목 근육에 피로가 누적되는 것을 알 수 있다.

### 3.2.2. 어깨 근육

Table 5. ANOVA analysis of normalized EMG amplitudes of the left longissimus muscle of head

	DF	S.S	M.S	F	P-Value
Regression	10	9653.8	965.3	9.7	0.00
Residual	131	13035.5	99.5		
Total	141				

Table 6. ANOVA analysis of normalized EMG amplitudes of the right longissimus muscle of head

	DF	S.S	M.S	F	P-Value
Regression	10	16635.1	1663.5	19.1	0.00
Residual	131	11355.7	86.6		
Total	141				

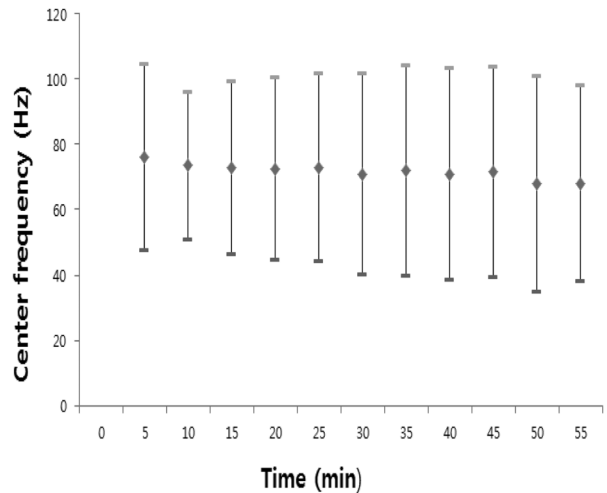


Fig. 9. Center frequencies of the left longissimus muscle of head (  $\pm$  : standard deviation).

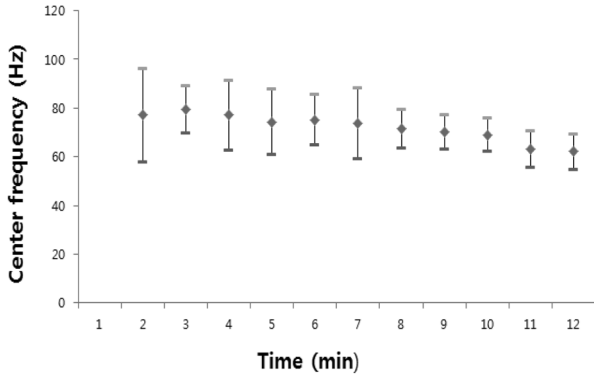


Fig. 10. Center frequencies of the right longissimus muscle of head

( : standard deviation),

Fig. 11과 12는 승모근의 시간에 따른 EMG 값의 추세를 보여주고 있다. 이도 마찬가지로 EMG값을 측정 한 후 이를 정규화하여 재분석하였다. 아래를 보는 작업자세가 목 근육뿐만 아니라 승모근에도 영향을 줄 것이라는 가정 하에 승모근의 EMG도 측정하였으나, 목은 앞으로 숙이고 팔은 팔걸이를 지지하는 작업 자세로 근전도를 측정하였기 때문에, 목을 지탱하는 두최장근에 비하여 팔의 움직임을 담당하는 승모근의 근전도의 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

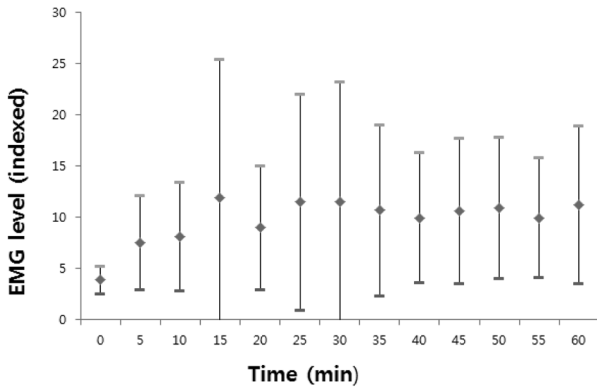


Fig. 11. The normalized EMG levels of the left trapezius( : standard deviation)

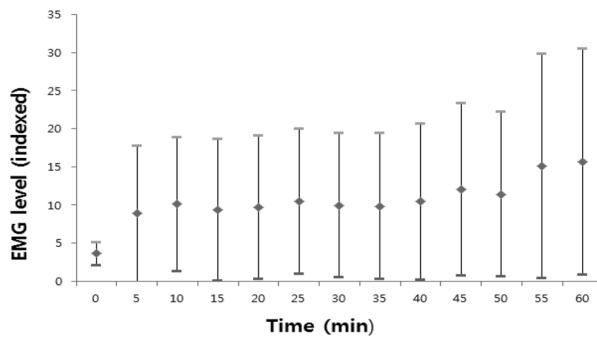


Fig. 12. The normalized EMG levels of the right trapezius( : standard deviation),

Table 7. ANOVA analysis of normalized EMG amplitudes of the left trapezius

	DF	S.S	M.S	F	P-Value
Regression	10	10087.2	1008.7	18.2	0.00
Residual	131	7252.9	55.3		
Total	141				

Table 8. ANOVA analysis of normalized EMG amplitudes of the right trapezius EMG amplitude

	DF	S.S	M.S	F	P-Value
Regression	10	13897.7	1389.4	21.4	0.00
Residual	131	8504.9	64.8		
Total	141				

증가 기울기를 검증한 결과 (가설: 기울기  $\beta_1 = 0$ ) 귀무 가설이 유의하였다고 판단되었으므로 시간이 지남에 따라 목 근육의 부하와 관계가 없다는 것으로 증명되었다. Fig 13과 14는 이를 정규화한 값이다.

Fig 15와 16은 오른쪽과 왼쪽 어깨 근육 EMG의 Center Frequency 값의 시간에 따른 추세를 보이고 있다. 좌측 승모근과, 우측 승모근의 Center Frequency는 시간이 지남에 따라 목 근육에 피로와 큰 상관성이 없음을 보여주고 있다.

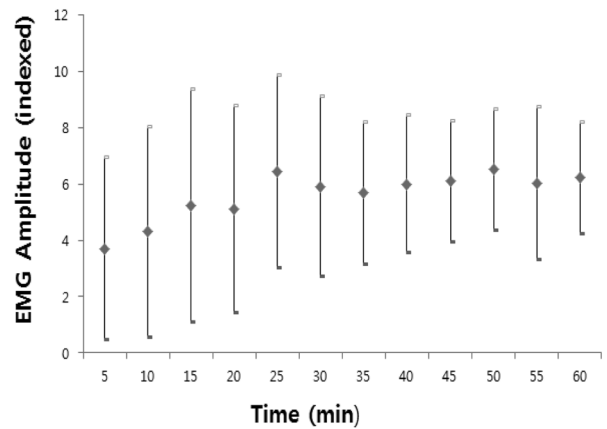


Fig. 13. The normalized EMG amplitudes of the left trapezius ( : standard deviation),

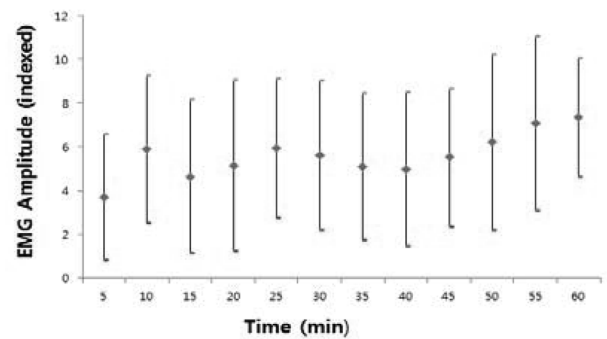


Fig. 14. The normalized EMG amplitudes of the right trapezius ( : standard deviation),

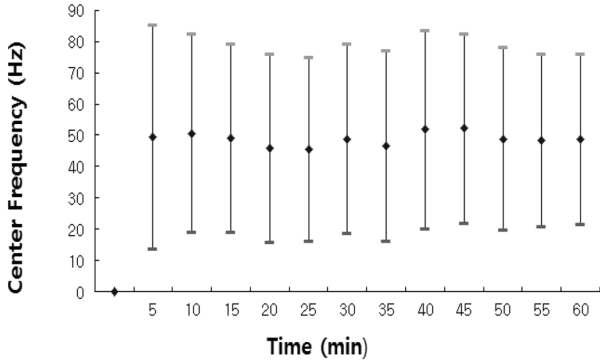


Fig. 15. Center frequencies of EMG of the left trapezius( : standard deviation).

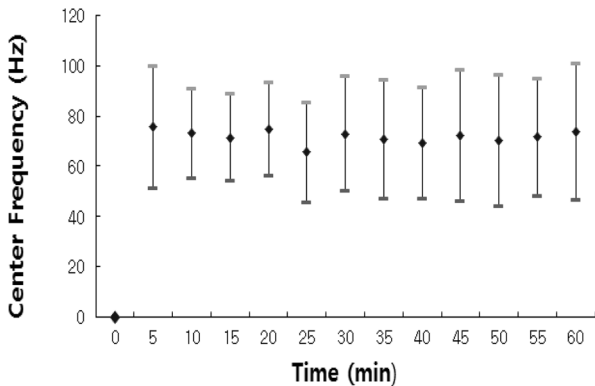


Fig. 16. Center frequencies of EMG of the right trapezius( : standard deviation).

#### 4. 토의 및 결론

본 연구는 크레인 작업과 같이 정적으로 목을 굽혀 밀 보기 작업을 하는 자세에서의 목 근육의 부하에 대한 것이다. 목을 굽혀 밀 보기 작업을 하는 자세에서와 같은 실험에서 측정을 통하여 근육의 근전도를 기록하고 정규화하여 실험시간이 지남에 따른 EMG의 경향을 평가, 분석하였다. 또한, 이와 동시에 주관적 불편도의 경향을 분석하였다.

본 연구 결과는 다음과 같다. 우선, 주관적 불편도의 경우 처음에는 평균 1.68(약한 통증)에서 8.95(매우 심한 통증) 이상으로, 실험자들은 시간이 지남에 따라 극심한 피로를 느낀다고 응답하였다. EMG 신호의 경우는 우선 두최장근의 진폭이 시간에 따라 증가하는 것을 알 수 있었다. 실험이 60분을 경과한 시점에서 좌측 두최장근은 63.3%, 우측 두최장근은 진폭이 53.0% 증가하였다. Center frequency도 좌측 두최장근은 10.1%, 우측 두최장근은 19.25% 감소하는 것을 통해 피로도가 커진다는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 실험시간은 60분이었지만 실제 하역작업에서는 보통 2시간이상씩 작업을 하고 많은 경우에 8시간 이상 작업을 하고 있다. 비록 휴식시간이 2시간마다 있다고 하지만 본 연구의 결과로 보면 크레인 운전자들이 하루 중

일 작업을 하는 경우 상당한 고통을 받을 것으로 예상된다. 장기간 크레인 운전을 하여 지속적인 밀보기 작업에 의한 피로도가 지속 될 경우, 근육에 피로가 누적됨에 따라 목의 통증이 근골격계 질환으로 이어질 수 있으리라 보인다. 이런 피로도를 줄이기 위해서는 순환작업이나 다른 중재 방법이 필요하다. 밀보기 작업 대신 다른 작업과 순환하여 작업 할 경우 근육통증의 경감효과를 볼 수 있을 것이나 대개 크레인 작업자는 특수 기능 인력이기 때문에 순환 작업이 거의 불가능할 수도 있다. 따라서 중재방법에 대한 연구가 시급히 필요하다고 본다.

본 연구는 밀보기 작업에 의한 목의 피로도를 측정하는 것이 목적이었기 때문에 팔을 책상으로 지지하게 하여 목 숙임에 의한 어깨의 피로도만 측정하였다. 하지만 크레인 운전자들은 밀보기 작업 시 팔을 양쪽으로 벌려서 조종간을 잡고 움직이며 작업하기 때문에 어깨의 피로도도 상당할 것으로 예상된다. 그러나 대부분의 경우 제조사가 안전의 이유로 크레인 운전석을 앞, 뒤로 조절하는 것 이외에는 허락하지 않아, 조종석을 작업자에 맞추어 팔을 벌리지 않아도 되게 바꾸지 못하고 있다. 그러므로 크레인 운전 작업을 설계하거나 크레인을 개선할 시에는 어깨의 피로에 대한 고려도 수반되어야 할 것이다.

**감사의 글:** 이 논문은 2010년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

#### References

- 1) Ministry of Employment and Labor, Industrial Accident Status, 2011
- 2) S. K. S. Scutter and Turker. R. Hall, "Headaches and Neck Pain in Farmers", The Australian Journal of Rural Health, Vol. 5, pp. 2~5, 1997.
- 3) M. Josephson, M. Lagerstorm, M. E. Hagberg and Waigaues Hjelm, "Musculoskeletal Symptoms and Job Strain Among Nursing Persnal: A Study Over a Three Year Period", Occupational and Environmental Medicine, Vol. 54, pp. 681~685, 1997.
- 4) L. Finsen, H. Christensen and M. Bakke, "Musculoskeletal Disorders Among Dentist and Variation in Dental Work", Applied Ergonomics, Vol. 29, pp. 119~125, 1998.
- 5) Ohchae Kwon, S. Lee, Y. Cho, J. Park, G. Chung, H. Yu and S. Han, "Development of an Evaluation Model of Workload of Operating a Ceiling Crane", Vol. 26, No. 2, pp. 45~59, 2007.
- 6) Yuchang Kim and H. Chung, "Subjective Evaluation of Workload of Neck in the Static Posture", IE Interfaces, Vol. 16, pp. 222~228, 2003.
- 7) Wonhak Cho, W. Lee and H. Choi, "A Study of Biomechanical Impact of a Turtle Neck Symptom Through Electromyographic Analysis", Korean Soceity for Precision Engineering, Vol. 2008, No. 5, pp. 195~196, 2008.
- 8) K.B. Veiersted and R.H. Westgaard, "Subjectively Assessed Occupational and Individual Parameters as Risk Factors for

Trapezius Myalgia”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 13, No. 3, pp. 235~245, 1994.

- 9) B.G. Jonsson, J. Persson and Å. Kilbom, “Disorders of the Cervicobrachial Region Among Female Workers in the Electronics Industry - A Two-year Follow up”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 3, No. 1, pp. 1~12, 1988.

- 10) Rating of perceived exertion Borg CR10 scale