Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 3 pp.15-22, August 2008

들기/내리기 작업 시 소음과 배경음악이 몸통근육 피로도에 미치는 영향

김정룡[1] · 신현주[2] · 이인재[3]

[1]한양대학교 정보경영공학과 / [2]대한산업안전협회 / [3]U2시스템

The Effect of Noise and Background Music on the Trunk Muscle Fatigue during Dynamic Lifting and Lowering Tasks

Jung Yong Kim[1], Hyun Joo Shin[2], In Jae Lee[3]

[1]Department of Information and Industrial Engineering, Hanyang University, Ansan, 426-791
[2]Department of Safety Engineering, Korea Industrial Safety Association, Suwon, 442-880
[3]User Interface Engineering, U2 Systems, Anyang, 431-070

ABSTRACT

The purpose of this study was to define the effects of noise and background music on the trunk muscle fatigue during dynamic lifting and lowering tasks. Six healthy male subjects with no prior history of low back disorders participated in this study. The participants were exposed to two levels of background noise such as 40dB noise and 90dB noise and three levels of background music such as no music, slow music, and fast music. Six different combinations of background noise and background music were played while the participants were performing the lifting task at 15% level of Maximum Voluntary Contraction. Electromyography signals from six muscles were collected and fatigue levels were analyzed quantitatively. In results, the 90dB noise increased trunk muscle fatigue and slowed down the recovery. The trunk muscle fatigue was the lowest when the fast music was played for as background. After recovery, the 90dB noise increased trunk muscle fatigue. The trunk muscle fatigue was the lowest when the slow music was played for as background. The results can be useful to manage the cumulative fatigue of trunk muscles due to background noise and music during repetitive lifting and lowering tasks in industry.

Keyword: Noise, Background Music, Lifting, Fatigue, EMG

1. 서 론

인력운반은 어떠한 물체나 물건등을 인력에 의하여 들거나, 내리거나, 밀거나, 당기거나, 또는 운반하여 한 장소에서 다른 장소로 이동시키는 작업을 말한다. 이러한 인력운반은 요통 및 허리상해를 야기하는 주요한 원인으로 알려져 있다. 특히, 과도한 인력운반 작업은 반복적으로 발생하는 몸통의 굽힘과 폄 동작에 의해 누적된 피로가 요통을 일으키는 원인이 되고 있다. 따라서 인력에 의한 들기/내리기 작업으로 인하여 발생하는 요통 및 근골격계 질환들은 산업안전보건 분야에서 중요한 문제로 다루어지고 있다(Anderson, 1981; Marras et al., 1993). 이러한 인력운반으로 인한 상해는 작업관련 근골격계 질환 중 큰 비율을 차지하고 있고, 질환

교신저자: 신현주
주 소: 442-880 경기도 수원시 팔달구 고등동 4-1, 전화: 017-247-4325, E-mail: shjoo0907@ihanyang.ac.kr

자수도 매년 증가하는 추세이다. 그리고 경제적 손실도 빠른 속도로 증가하고 있는 실정이다.

인력운반 작업에 따른 근육의 피로현상에 대한 연구들은 주로 물리적 요인(반복성, 과도한 힘, 올바르지 않은 자세 등)에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔다. 그러나 산업현장에서 발생되는 소음 등의 정신적인 스트레스가 근육의 피로에 미치는 영향에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

정신적 스트레스가 근육에 미치는 영향에 관한 연구는 생체 역학적 분야와 생리학적 분야로 구분하여 연구가 진행되어 왔다. 생체 역학적으로, Marras and Davis(2000)는 정신적 스트레스가 요추에 미치는 영향에 관한 연구에서 스트레스가 있는 상황과 스트레스가 없는 상황에서, 정중면(median plane)을 기준으로 한 대칭형 들기/내리기 작업을 실험한 결과, 스트레스가 있는 상황이 스트레스가 없는 상황보다 근육의 활동도가 더 높게 나타났다고 하였다. Mclean and Urguhart(2002)는 정신적 스트레스가 데이터 입력 작업 시 어깨부위의 근육 활동에 미치는 영향에 관한 연구를 수행한 결과, 스트레스가 부여된 상황이 스트레스가 없는 상황에 비해 어깨부위 근육(등세모근, 어깨근)의 활동도가 증가한다고 하였다. 또한 Wahlstrom 등(2002)은 컴퓨터 마우스 작업 시 시간의 압박과 같은 정신적인 스트레스가 증가하면 근육의 활동도도 증가한다고 하였다.

생리학적으로는, 배경음악의 변화에 따라 생리적 피로가 회복에 미치는 영향에 대한 연구들이 진행되어 왔다. Makoto 등(2005)은 심전도(Electrocardiogram: ECG)를 이용하여 세 가지 배경음악에 따른 심장 박동수의 변화를 연구하였다. 실험참가자를 세 가지 배경음악(진정시키는 음악, 흥분시키는 음악, 무 음악)에 노출시킨 후에 심장 박동수의 변화를 보았는데, 흥분시키는 음악, 진정시키는 음악, 무 음악 순으로 심장 박동수를 높이는 것으로 나타났다. 김현섭(2004년)은 심장 박동기를 착용 후 THR(Target Heart Rate)의 공식을 이용하여 THR 40%, THR 60%, THR 80%, THR 85%의 운동 강도로 유산소 운동을 실시한 후, 세 가지 음악(명상 음악, 빠른 음악, 무 음악)을 들려주면서 회복시의 심장 박동수의 변화를 측정한 결과, 명상 음악이 회복효과가 가장 높고, 빠른 음악, 무 음악의 순으로 회복효과가 나타났다.

이와 같이 음악이 피로 회복과 연관성이 있다는 것에 착안하여, 본 연구에서는 소음과 같은 스트레스 요인과 배경음악이 국부근육피로(local muscle fatigue)에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였다. 즉, 배경소음과 배경음악의 변화에 따른 몸통근육의 피로와 회복의 상관관계를 작업 후와 회복 시로 구분하여 정량적으로 연구하였다.

2. 연구방법

2.1 실험참가자

실험참가자는 과거에 허리부위에 근골격계 질환과 관련된 병력이 없고, 청력 손상이 없으며, 현재 건강상태가 양호한 남자 대학원생 6명이 자발적으로 실험에 참여하였다. 실험참가자의 나이는 27.8세(±1.3), 키는 173.4cm(±3.9)이며, 몸무게는 66.4kg(±6.1)으로 나타났다. 또한 실험오차를 최소화하기 위하여 실험참가자는 모두 오른손잡이로 선정하였다(Shin and Kim, 2007).

2.2 근육선정

반복적인 중량물의 들기/내리기 작업 시 굽힘(flexion)과 폄(extension) 동작이 발생하므로 이러한 동작 시 동원되는 근육은 왼쪽과 오른쪽 척추 세움근(left/right elector spinae: LES, RES), 왼쪽과 오른쪽 넓은등근(left/right latissimus dorsi: LLD, RLD), 왼쪽과 오른쪽 배곧은근(left/right rectus abdominis: LRA, RRA)으로 총 6개의 근육을 실험 대상으로 선정하였다(U. S. Department of health and Human Service, 1992; Marras et al., 2003).

2.3 실험장비

실험참가자의 근육 피로도를 측정하기 위한 실험장비는 너비 30cm, 깊이 30cm, 높이 25cm인 나무상자를 이용하였다. 등척성 신전(Isometric Extension Contraction)자세에서 몸통근육의 최대근수축(Maximum Voluntary Contraction: MVC)과 최대근력의 비율(Percent of Maximum Voluntary Contraction: % MVC)을 측정하기 위하여 500kgf 용량의 하중계를 힘측정판(Strength Evaluation System: SES)에 연결하여 실험참가자가 발휘하는 근육의 힘을 육안으로 확인할 수 있도록 디지털 표시기를 사용하였다. 그리고 측정된 근육의 신호를 추출하기 위하여 표면전극과 6채널의 증폭기, 대역필터(bandpass filter), 고속 비디오 입출 접속구(input/output port)가 설치된 근전도를 PC와 연결하여 사용하였다. 배경소음은 프레스 공장에서 발생하는 연속음을 녹음하여 사용하였고, Pevey SOLO Series Speaker를 이용하여 배경소음과 배경음악을 들려주었다. 배경소음과 배경음악의 강도는 Cell-254 소음측정기를 사용하여 일정하게 유지하게 하였다.

2.4 실험설계

본 연구에서는 배경소음과 배경음악이 근육의 피로도에

미치는 영향을 연구하기 위하여 2 × 3 Within-Subjects Design을 계획하였다. 독립변수로는 2수준의 배경소음(저소음: 40dB, 고소음: 90dB)과 3수준의 배경음악(무 음악, 빠른 음악, 명상 음악)을 선정하였다. 소리의 물리적 특성은 음의 주파수와 강도로 구성되는데, 본 연구에서는 음의 강도만으로 실험을 설계하였다. 배경소음은 소음기준표에 근거하여 저소음과 고소음으로 구분하였는데, 조용한 사무실과 같은 심리적 안정감을 주는 40dB을 저소음으로 하였고, 고소음은 산업안전보건법에서 제시하는 소음노출 허용 기준인 90dB(8시간 작업 기준)을 적용하였다. 배경음악은 피로회복에 영향을 미치는 명상 음악, 빠른 음악, 무 음악을 선정하였다(김현섭, 2004; Makoto, 2005). 명상 음악은 56bit/min 빠르기의 명상곡으로 선정하였고, 빠른 음악은 132bit/min의 빠르기의 곡으로 선정하였다. 실험참가자는 두 가지 조건이 조합된 총 6가지의 실험조건에서 6회/분, 9분 동안 중량물을 들기/내리기 실험을 실시하였다. 종속변수는 배경소음과 배경음악의 종류에 따른 근육의 피로도를 분석하기 위하여 근전도 신호의 Mean Power Frequency(MPF)를 사용하였다(Kim et al., 2005).

2.5 실험절차

본 실험의 자세는 정중면(median plane)을 중심으로 한 대칭형 작업 자세로 실험참가자의 MVC를 측정하였고, 각 개인별 15% MVC 수준으로 중량물의 무게를 선정하였다. 몸통의 굽힘과 폄 동작을 반복적으로 실시하는 들기/내리기 작업 시 배경소음(저소음: 40dB, 고소음: 90dB)과 배경음악(무 음악, 빠른 음악, 명상 음악)의 변화에 따른 근전도 신호를 수집하였다.

2.5.1 MVC 측정

실험을 시작하기 전에 실험참가자에게 실험의 목적과 주의 사항을 숙지시켰다. 실험에 선정된 6개 근육부위를 알코올로 닦아 낸 후 표면전극(surface electrode)을 부착하였다. 표면전극의 부착위치를 보면 왼쪽과 오른쪽 척추 세움근(LES, RES)은 L3의 중심선으로부터 4cm 떨어진 부분, 왼쪽과 오른쪽 넓은 등근(LLD, RLD)은 T9의 가쪽 부분에, 왼쪽과 오른쪽 배곧은근(LRA, RRA)은 복부 중심선으로부터 3cm 떨어진 부분에 부착하였다(Marras and Mirka, 1992; Cram, Kasman and Holtz, 1998). 표면전극을 부착한 후 잡음이 발생하지 않고 근전도 신호가 안정된 것을 확인한 후, 실험참가자는 디지털 표시기가 연결된 힘측정판 위에서 등척성 신전 자세로 몸통부위의 근육을 사용하여 MVC를 3회 측정하였고 MVC 측정 시 근전도 신호는 7초간 수집하였다. 각각의 MVC 측정 후 10분간의 휴식시간을 주어 근육의 누적 피로를 최소화하였다(Dolan et al., 1995). 그리고 3회에 걸쳐 측정한 MVC 값의 평균을 각 실험참가자의 MVC로 사용하였다. MVC 측정 후, 10분의 휴식시간을 제공 후, 실험 전과 후의 근육 피로도를 비교하기 위하여 실험 전 75% MVC를 측정하였다.

2.5.2 배경소음과 배경음악에 따른 근육의 피로도 측정

2수준의 배경소음과 3수준의 배경음악을 적용한 6가지 실험조건이 주어진 가운데 바닥으로부터 75cm 높이의 테이블 위로 나무상자를 들기/내리기 작업이 실시되었다. 작업 자세는 실험참가자가 정면을 바라보는 대칭형 들기(symmetric lifting) 작업으로 실시하였고, 중량물의 무게는 분당 6회의 들기/내리기 작업 시 실험참가자에게 신체적 무리가 가지 않는 15% MVC 무게로 설정하였다(이태용 외, 2006; 신현주 외, 2007). 작업 시간은 6회/분의 작업빈도로 9분 동안 실시하였다. 실험순서는 실험참가자들의 누적효과(carry over effect)를 줄이기 위해 임의추출순서(random)로 실시하였다. 작업이 종료되면 힘측정판에서 75% MVC를 유지하면서 7초간 근전도 신호를 추출하였다. 75% MVC를 측정한 후 휴식상태에서 5분 동안 배경음악을 들려주고 다시 힘측정판에서 75% MVC를 측정하였다. 측정은 실험참가자가 75% MVC의 힘을 유지할 수 있는 상태가 되었을 때를 기점으로 7초간 근전도 신호를 수집하였다. 또한, 75% MVC 측정 후, 근육의 피로누적을 방지하기 위하여 10분간의 휴식을 제공하여 피로에 의한 오차를 최소화하였다. 전반적인 실험의 절차는 [그림 1]에서 보여주고 있고, 실험순서는 [그림 2]에서 보여주고 있다.

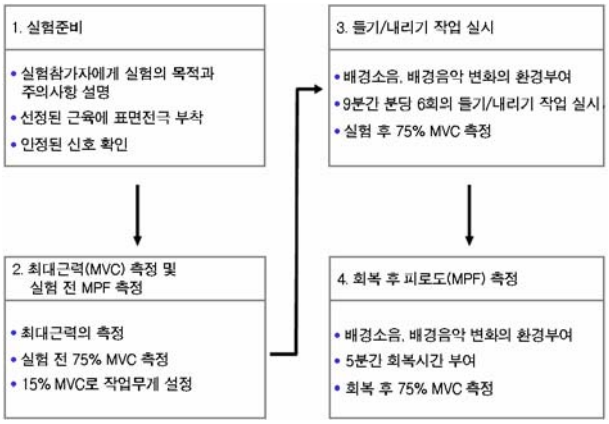

그림 1. 실험절차

2.6 데이터 분석

근전도에서 수집된 데이터를 분석하기 위하여 Windaq

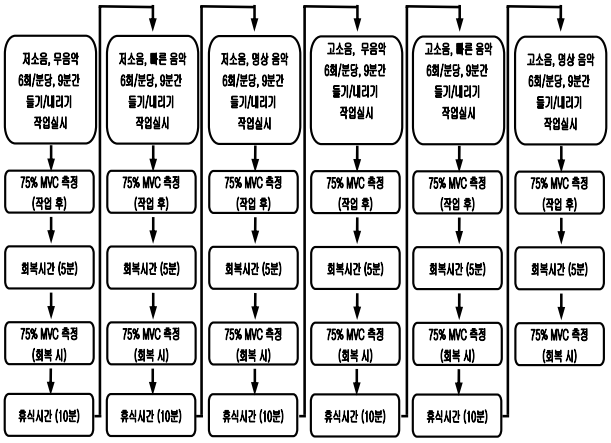

그림 2. 실험 순서(그림 1의 실험절차 3,4)
(배경소음과 배경음악의 순서는 6명이 모두 다르게 주어짐 (counter-balanced)).

소프트웨어를 사용하였다. 들기/내리기 작업에 대한 근육 피로도를 분석하기 위하여 75% MVC로 7초 동안 수집된 데이터 중 가장 안정적인 신호가 유지된 3초간을 사용하였다. 수집된 데이터는 1024-point 고속 퓨리에 변환(Fast Fourier Transform: FFT)을 실시하였고, 근육 피로도 분석은 MPF 값을 사용하였다. 배경소음과 배경음악에 따른 6가지 실험에서 추출한 MPF 값들은 실험참가자들의 개인차를 보정하기 위하여 초기 실험 시 얻어진 MPF 값을 기준으로 정규화((Normalization)하였고, 이를 Normalized MPF(이하 N-MPF)라 명명하였다. N-MPF가 1에 가까울수록 피로가 적은 것을 의미하므로, N-MPF가 적어지는 것을 피로도의 증가로 해석할 수 있다.

3. 연구 결과

3.1 작업 후 근육 피로도

작업 후 근육 피로도의 연구 결과, 작업 중에 발생되는 배경소음에서는 고소음이 저소음에 비해 근육 피로도를 유의하게 증가시키는 것으로 나타났고, 반면 배경음악에서는 빠른 음악, 명상 음악, 무 음악 순으로 근육 피로도를 감소시키는 것으로 나타났다[그림 3].

3.2 작업 후 배경소음과 배경음악에 대한 분산분석 결과

작업 후에 근육 피로도 N-MPF에 대한 요인별 분산분석을 실시한 결과, 배경소음, 배경음악, 근육, 배경소음×근육, 배경음악×근육에서 $p<0.01$ 수준에서 유의성이 나타났고,

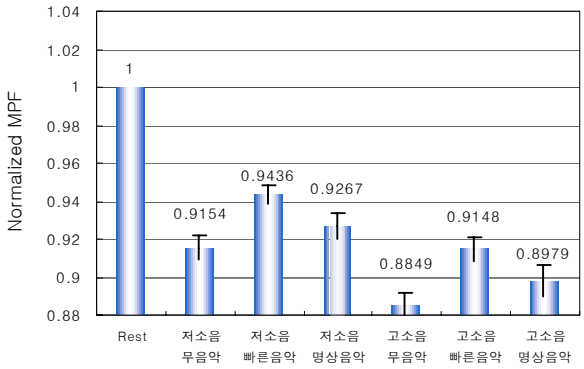

그림 3. 작업 후 근육의 N-MPF

배경소음×배경음악, 배경소음×배경음악×근육에서는 유의수준 $p<0.05$에서 유의하게 나타나지 않았다[표 1].

표 1. 각 요인별 분산분석 결과(작업 후)

Source	DF	F	p
배경소음	1	978.01	0.0001*
배경음악	2	238.10	0.0001*
근육	5	5.12	0.0023*
배경소음×배경음악	2	2.48	0.1330
배경소음×근육	5	4.16	0.0031*
배경음악×근육	10	3.58	0.0012*
배경소음×배경음악×근육	10	1.49	0.1705

(*$p<0.01$ 수준에서 유의함)

작업 후 배경소음에 대한 사후분석 결과[표 2], 고소음이 발생한 상황에서 작업과 저소음이 발생한 상황에서 작업을 비교하면 grouping이 다르게 나타나는 것은 근육의 피로 회복에 차이가 있다는 것을 의미한다.

표 2. 작업 후 배경소음에 대한 사후분석 결과(Duncan Test)

Duncan Grouping	Mean	N	배경소음
A	0.92861	108	저소음
B	0.89926	108	고소음

(다른 영문 문자를 갖는 그룹 간에 $p<0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있음을 의미함)

작업 후 배경음악에 대한 사후분석 결과[표 3], 배경음악(무 음악, 빠른 음악, 명상 음악)의 변화에 따라 grouping이 다르게 나타났는데, 이러한 결과는 배경음악이 근육의 피로 회복에 영향을 미치고 있다는 것을 의미한다.

표 3. 작업 후 배경음악에 대한 사후분석 결과(Duncan Test)

Duncan Grouping	Mean	N	배경음악
A	0.92925	72	빠른 음악
B	0.91236	72	명상 음악
C	0.90019	72	무 음악

(다른 영문 문자를 갖는 그룹 간에 $p<0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있음을 의미함)

3.3 작업 후 배경소음과 배경음악에 대한 근육별 분산분석 결과

몸통부위 6개의 근육에 대하여 배경소음과 배경음악의 변화에 따른 N-MPF 값의 차이를 알아보기 위하여 근육들 각각에 대한 분산분석을 실시하였다. 그 결과, 각 근육(RES, LES, RLD, LLD, RRA, LRA)들은 유의수준 $p<0.01$에서 배경소음에 따른 N-MPF 값의 유의한 차이가 나타났다. 또한, 배경음악에 따른 분산분석 결과도 각 근육(RES, LES, RLD, LLD, RRA, LRA)들은 유의수준 $p<0.01$에서 N-MPF 값의 유의한 차이가 나타났다. 그러나 배경소음×배경음악에서는 유의수준 $p<0.05$에서 유의성이 나타나지 않았다[표 4].

표 4. 작업 후 배경소음과 배경음악에 대한 근육별 분산분석 결과

Muscle	Source	DF	F	p
RES	배경소음	1	145.79	0.0001*
	배경음악	2	162.90	0.0001*
	배경소음×배경음악	4	1.83	0.2107
LES	배경소음	1	279.97	0.0001*
	배경음악	2	75.13	0.0001*
	배경소음×배경음악	4	0.26	0.7726
RLD	배경소음	1	890.01	0.0001*
	배경음악	2	294.11	0.0001*
	배경소음×배경음악	4	2.20	0.1615
LLD	배경소음	1	610.06	0.0001*
	배경음악	2	184.88	0.0001*
	배경소음×배경음악	4	1.08	0.3769
RRA	배경소음	1	354.26	0.0001*
	배경음악	2	193.60	0.0001*
	배경소음×배경음악	4	2.33	0.1473
LRA	배경소음	1	452.26	0.0001*
	배경음악	2	102.33	0.0001*
	배경소음×배경음악	4	0.84	0.4613

(*$p<0.01$ 수준에서 유의함)

그림 4는 작업 후 배경소음에 따른 75% MVC 값의 변화를 나타낸 것인데, 고소음이 발생한 상황에서 작업이 저소음이 발생한 상황에서 작업보다 N-MPF 값이 더 낮게 나타났다. 이러한 결과는 고소음이 발생한 상황에서 중량물 취급이 저소음이 발생한 상황보다 근육 피로도를 더 높일 수 있다는 것을 의미한다.

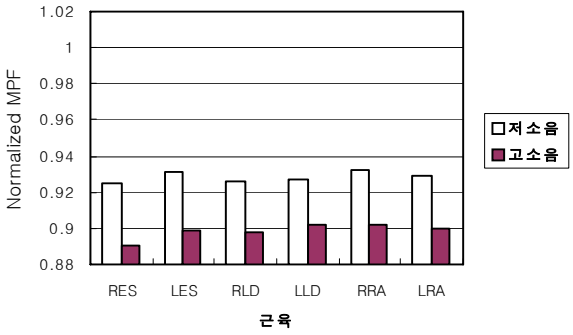

그림 4. 배경소음에 따른 근육의 N-MPF

그림 5는 작업 후 배경음악의 변화에 따른 75% MVC 값의 변화를 나타낸 것인데, 무 음악의 환경에서 작업이 N-MPF값이 가장 낮게 나타났고, 명상 음악, 빠른 음악 순으로 나타났다. 이러한 결과는 작업 중에는 배경음악 중 빠른 음악이 가장 근육 피로를 적게 해준다는 것을 의미한다.

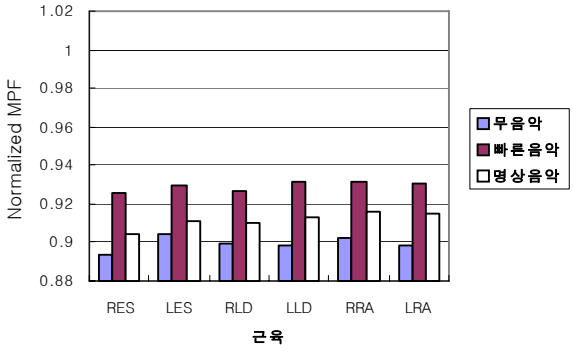

그림 5. 배경음악의 변화에 따른 근육의 N-MPF

3.4 회복 시 근육 피로도

회복 시 근육 피로도의 연구 결과, 회복 시에 발생하는 배경소음에서는 고소음이 발생되는 상황이 저소음이 발생되는 상황보다 근육의 피로도를 더 높이는 것으로 나타났다. 배경음악에 대한 근육회복 속도를 보면 명상 음악, 빠른 음악, 무 음악 순으로 근육피로 회복에 도움을 주는 것으로 나타났다[그림 6].

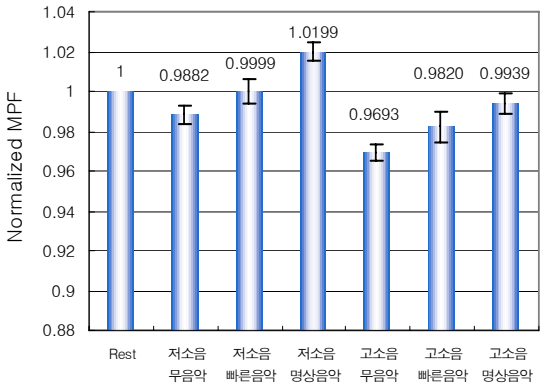

그림 6. 회복 시 근육의 N-MPFF

3.5 회복 시 배경소음과 배경음악에 대한 분산분석 결과

회복 시, 각 요인에 대한 분산분석을 실시한 결과, 배경소음, 배경음악, 배경소음×배경음악, 배경소음×근육에서 유의수준 $p<0.01$에서 유의성이 나타났고, 배경음악×근육, 배경소음×배경음악×근육에서는 유의수준 $p<0.05$에서 유의성이 나타났다. 하지만 근육에서는 유의수준 $p<0.05$에서 유의성이 나타나지 않았다[표 5].

표 5. 각 요인별 분산분석 결과(회복 시)

Source	DF	F	*p*
배경소음	1	498.83	0.0001**
배경음악	2	624.22	0.0001**
근육	5	1.99	0.1144
배경소음×배경음악	2	41.51	0.0001**
배경소음×근육	5	3.57	0.0078**
배경음악×근육	10	2.61	0.0125*
배경소음×배경음악×근육	10	2.12	0.0398*

(**$p<0.01$ 수준에서 유의함, *$p<0.05$ 수준에서 유의함)

회복 시에 배경소음에 대한 사후분석 결과[표 6], 고소음이 발생한 상황과 저소음이 발생한 상황에서 grouping이 다르게 나타나는 것은 근육의 피로 회복에 차이가 있고, 고소음이 회복 시 근육의 피로도 감소에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 해석된다.

표 6. 회복 시에 배경소음에 대한 사후분석 결과(Duncan Test)

Duncan Grouping	Mean	N	배경소음
A	1.00269	108	저소음
B	0.98179	108	고소음

(다른 영문 문자를 갖는 그룹 간에 $p<0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있음을 의미함)

회복 시에 배경음악에 대한 사후분석 결과[표 7], 배경음악(무 음악, 빠른 음악, 명상 음악)의 변화에 따라 grouping이 다르게 나타났다. 이러한 결과는 배경음악의 변화에 따라 근육의 피로 회복에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

표 7. 회복 시에 배경음악에 대한 사후분석 결과(Duncan Test)

Duncan Grouping	Mean	N	배경음악
A	1.00693	72	명상 음악
B	0.99100	72	빠른 음악
C	0.97880	72	무 음악

(다른 영문 문자를 갖는 그룹 간에 $p<0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있음을 의미함)

3.6 회복 시 배경소음과 배경음악에 대한 근육별 분산분석 결과

몸통부위 6개의 근육들에 대하여 회복 시 배경소음과 배경음악에 대한 N-MPF 값의 차이를 알아보기 위하여 각각의 근육들에 대한 분산분석을 실시하였다. 그 결과, 몸통부위 6개 근육(RES, LES, RLD, LLD, RRA, LRA)은 유의수준 $p<0.01$에서 배경소음에 따른 N-MPF 값의 유의한 차이가 나타났다. 또한, 배경음악에 따른 분산분석 결과도 각 근육(RES, LES, RLD, LLD, RRA, LRA)들은 유의수준 $p<0.01$에서 N-MPF 값의 유의한 차이가 나타났다. 배경소음×배경음악에서는 RES, RLD, LLD는 유의수준 $p<0.01$, RRA는 유의수준 $p<0.05$에서 유의하게 나타났지만, LES, LRA는 유의수준 $p<0.05$에서 유의성이 나타나지 않았다[표 8].

그림 7는 회복 시에 배경소음에 따른 75% MVC 값의 변화를 보여주고 있는데, 고소음이 발생한 상황보다 저소음이 발생한 상황에서 N-MPF 값이 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 고소음이 발생하는 상황보다 저소음이 발생한 상황에서 근육의 피로 회복이 더 빠르다는 것을 의미한다.

그림 8은 회복 시에 배경음악의 변화에 따른 75% MVC 값의 변화를 보여주고 있는데, 무 음악이 발생한 상황에서 N-MPF 값이 가장 낮게 나타났고, 빠른 음악, 명상 음악 순으로 근육의 피로 회복이 나타났다. 이러한 결과는 3가지의 배경음악이 발생하는 상황에서 근육의 피로 회복을 보면 명상 음악이 피로도를 가장 낮게 하는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 토의

본 연구는 대칭 자세에서 들기/내리기 작업 시 배경소음

표 8. 회복 시 배경소음과 배경음악에 대한 근육 별 분산분석 결과

Muscle	Source	DF	F	p
RES	배경소음	1	468.23	0.0001**
	배경음악	2	88.84	0.0001**
	배경소음×배경음악	2	10.92	0.0031**
LES	배경소음	1	416.99	0.0001**
	배경음악	2	414.38	0.0001**
	배경소음×배경음악	2	3.16	0.0865
RLD	배경소음	1	348.21	0.0001**
	배경음악	2	221.81	0.0001**
	배경소음×배경음악	2	16.45	0.0007**
LLD	배경소음	1	163.93	0.0001**
	배경음악	2	207.82	0.0001**
	배경소음×배경음악	2	8.46	0.0071**
RRA	배경소음	1	120.18	0.0001**
	배경음악	2	190.60	0.0001**
	배경소음×배경음악	2	6.74	0.0140*
LRA	배경소음	1	182.35	0.0001**
	배경음악	2	83.08	0.0001**
	배경소음×배경음악	2	2.57	0.1254

(**p<0.01 수준에서 유의함, *p<0.05 수준에서 유의함)

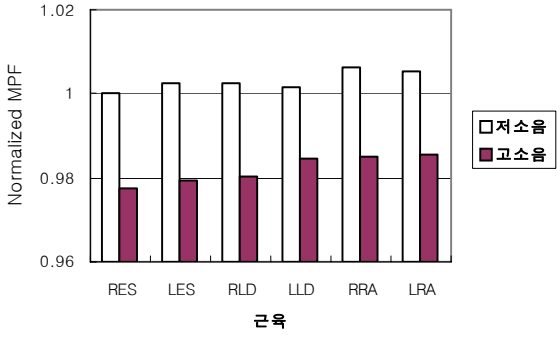

그림 7. 배경소음에 따른 근육의 N-MPF

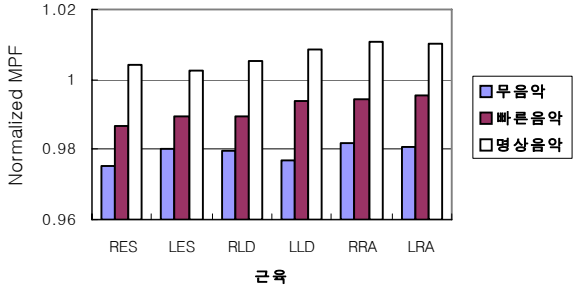

그림 8. 배경음악에 따른 근육의 N-MPF

과 배경음악이 몸통근육의 피로와 회복에 미치는 영향을 연구하였다. 연구 결과, 작업 후에는 소음이 발생되는 환경이 소음이 발생되지 않은 환경보다 근육 피로가 더 높은 것으로 나타났고, 세 종류의 배경음악(무 음악, 빠른 음악, 명상 음악) 중 빠른 음악을 들려주었을 때 피로가 가장 낮게 나타났다. 회복 시에도 소음이 발생되는 환경이 소음이 발생되지 않은 환경보다 근육 피로가 더 높은 것으로 나타났고, 세 종류의 배경음악 중 명상 음악, 빠른 음악, 무 음악 순으로 피로도가 낮게 나타났다.

Marras(2000)는 중량물 취급 작업 시 정신적 스트레스가 몸통근육의 활동도를 최소 0.5%에서 최대 8% 까지 증가시키며, 요추의 압축력(Compression Force)을 최소 4%에서 최대 13.7%까지 증가시킨다고 하였다. 본 연구에서도 작업 중 고소음(90dB)이 발생되는 상황에서 들기/내리기 작업이 저소음(40dB)이 발생되는 상황보다 근육의 피로도가 최소 3.3%에서 최대 6.3%까지 높게 나타났다. 회복 시에도 고소음이 발생되는 상황이 저소음이 발생되는 상황보다 근육의 피로도가 최소 2%에서 최대 5%까지 높게 나타났다. Marras(2000)의 연구는 근육의 활동도로 분석하였고, 본 연구는 근육의 피로도로 분석하였으나 스트레스가 근육의 긴장도나 생리적 변화에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

Linda(2002)는 데이터 입력 작업 시 정신적 스트레스가 있는 상황이 정신적 스트레스가 없는 상황보다 어깨부위의 근육 피로도를 증가시킨다고 하였다. Linda(2002)의 연구는 어깨부위의 근육으로 근육 피로도를 분석하였고, 본 연구는 몸통부위 근육의 피로도로 분석하였으나 스트레스가 근육 피로도에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

김현섭(2004)의 연구에서는 최대운동 부하 후 휴식 시 들려주는 배경음악이 생리적 피로 회복에 미치는 영향에 관한 연구에서 세 가지 배경음악(무 음악, 빠른 음악, 명상 음악) 중 명상 음악이 심장 박동수의 감소가 가장 높게 나타났으며, 젖산의 농도 감소도 명상 음악을 들려주었을 때 가장 높게 나타난다고 하였다. 김현섭(2004)의 연구에서는 배경음악을 적용하여 심장 박동수, 젖산 농도 등 생리학적 변화를 분석하였고, 본 연구에서는 배경소음과 배경음악을 적용하여 근육 피로도를 분석하였다. 이 두 연구에서 명상 음악이 생리적인 피로 회복에 긍정적인 영향을 미치는 경향을 볼 수 있었다.

배경소음과 배경음악의 변화에 따른 근육 피로도의 결과를 종합해 보면, 고소음은 작업 후나 회복 시에 근육의 피로 회복을 저해하는 요소로 작용한다는 것을 알 수 있다. 고소음이 발생하는 상황이든 저소음이 발생하는 상황이든 작업 중에는 빠른 음악을 작업자에게 들려주는 것이 근육의 피로를 최소화 할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 회복 시

에는 고소음이 발생하는 상황이든 저소음이 발생되는 상황이든 명상 음악을 작업자에 들려주는 것이 근육의 회복효과를 높이는 것을 알 수 있었다.

그리고 본 연구는 실험참가자가 20대 남자로 구성되어 있고, 소규모인 점을 감안하면 본 연구 결과를 현장에 활용하기 위해서는 다양한 연령층과 성별을 적용한 실험이 추가적으로 진행되어야 할 것이다. 또한, 본 연구에서는 소리의 물리적인 특성인 강도의 변화에 따라 중량물 취급 시 근육의 피로 회복 여부를 규명하였지만 추후연구에서는 주파수의 변화에 따라 근육의 피로 회복 여부에 대한 연구가 진행될 수 있을 것이다.

본 연구는 대칭자세에서 들기/내리기 작업 시 배경소음과 배경음악이 몸통근육 피로와 회복에 미치는 영향을 연구하였다. 산업현장에서 근골격계 질환을 예방하기 위한 방안으로 물리적인 요인뿐만 아니라 작업장에서 발생하는 소음 등 정신적인 스트레스 요인도 고려하여 작업설계를 해야 할 것이다.

참고 문헌

김현섭, 최대하, 운동 후 음악 유형이 호르몬과 심박수에 미치는 영향, *대전대학교 보건스포츠대학원 석사학위논문*, 2004.

신현주, 김정룡, 작업 중 여유시간 변화에 따른 몸통근육 누적 피로도, *대한인간공학회지*, 33(1), 44-51, 2007.

이태용, 김정룡, 신현주, 들기/내리기 빈도와 회복시간 변화에 따른 몸통근육의 피로도 분석, *대한인간공학회지*, 25(2), 197-204, 2006.

Anderson, G. B. J., Epidemiological aspects on low-back pain in injury, *Spine*, 6(3), 53-60, 1981.

Cram, J. R., Kasman, G. S. and Holtz, J., Introduction to Surface Electromyography, 2nd ed., *An Aspen Publication*, 1998.

Dolan, P., Mannion, F. and Adams, M. A., Fatigue of the elector spinae muscles: A quantitative assessment using "frequency banding" of the surface electromyography signal, *Spine*, 20(2), 149-159, 1995.

Kim, J. Y., Jung, M. C. and Haight, J. M., The sensitivity of autoregressive model coefficient in quantification of trunk muscle fatigue during a sustained isometric contraction, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(4), 321-330, 2005.

Linda Mclean., Nathan, U,."The influence of psychological stressors on myoelectrical signal activity in the shoulder region during data entry task", work & stress, 16(2), pp. 138-153, 2002.

Makoto, I., Asami K. and Chie K., Heart rate variability with repetitive exposure to music, *Biological Psychology*, 70(1), 61-66, 2005.

Marras, W. S. and Mirka G. A., A comprehensive evaluation of trunk response to asymmetric trunk motion, *Spine*, 17(2), 318-326, 1992.

Marras, W. S., Lavender, S. A., Leurgans, S., Rajulu, S., Allread, W. G., Fathallah, F. and Ferguson, S., The role of dynamic three dimensional trunk motion in occupationally-related low back disorders: the effects of workplace factors, trunk position and trunk motion characteristics on injury, *Spine*, 18(5), 617-628, 1993.

Marras, W. S. and Davis, K. G., The influence of psychosocial stress, gender, and personality on mechanical loading of the lumbar spine, *Spine*, 25(23), 3045-3054, 2000.

Marras, W. S., Davis, K. G. and Jorgensen, M., Gender influences on spine loads during complex lifting, *Spine*, 3(2), 93-99, 2003.

Mclean, L. and Urguhart, N., The influence of psychological stressors on myoelectrical signal activity in the shoulder region during data entry task, *Work & Stress*, 16(2), 138-153, 2002.

Shin, H. J. and Kim, J. Y., Measure of trunk muscle fatigue during dynamic lifting and lowering as recovery time changes, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(6), 545-551, 2007.

U. S. Department of health and Human Service, Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspective, *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, 91-100, 1992.

Wahlstrom, J., Hagberg, M., Johnson P., Svensson, J. and Rempel, D., Influence of time pressure and verbal provocation on physiological and psychological reactions during work with a computer mouse, *Applied Physiology*, 87(3), 257-63, 2002.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 김 정 룡 ❖ jykim@eml.hanyang.ac.kr
미국 오하이오 주립대학교 산업공학과 박사
현 재: 한양대학교 정보경영공학과 교수
관심분야: 생체역학, 인체공학, 인지공학

❖ 신 현 주 ❖ shjoo0907@ihanyang.ac.kr
한양대학교 산업공학과 박사
현 재: 대한산업안전협회 기술팀장
관심분야: 인체공학, 생체역학, 근골격계 질환 예방

❖ 이 인 재 ❖ bluefalllove@gmail.com
한양대학교 산업공학과 석사
현 재: U2 시스템
관심분야: 인지공학, 생체역학, UI

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2008년 07월 02일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2008년 08월 06일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 08월 18일