Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.121-128, February 2010

소음이 과제수행에 미치는 영향에 관한 연구

김성철[1] · 박근상[1] · 김관우[2]

[1]건국대학교 산업공학과 / [2]농업기술실용화재단

The Study on Affecting Subject Accomplishment by Noise

Sung Cheol Kim[1], Keun Sang Park[1], Kwan woo Kim[2]

[1]Department of Industrial Engineering, konkuk University, Seoul, 143-701
[2]The Foundation of Agri. Tech. Commercialization and Transfer, Suwon, 441-857

ABSTRACT

The purpose of this study is to confirm the impact of noise on subject accomplishment as well as physical/mental load, and evaluates the effects of noise-masking and earplug. 15 college students participate in the test, and the comparison is performed by executing four projects according to conditional categories of noise environments; control condition, noise condition, earplug condition, and noise-masking condition. Noise in the field site of the H manufacturer was used as the noise source, the general job aptitude test which consist of linguistic ability, math ability, perception ability, reasoning ability was used as the task of this project. To estimate physical/mental load evaluation, we uesd the heart rate R-R interval, Criteria flicker fusion frequency(CFF) and measured NASA-TLX workload for subjective evaluation. As the research outcome, it is shown that there is a meaningful difference for the project task score, dropping rate of CFF, the heart rate, and NASA-TLX subjective evaluation score according to conditions of noise environment. Therefore, the impact of noise on capability of subject accomplishment as well as physical/mental load was confirmed along with the effects of using earplug and noise-masking.

Keyword: Noise, Subject Accomplishment, Masking, Earplugs, Heart Rate, CFF, NASA-TLX

1. 서 론

현대산업사회의 급속한 경제성장으로 인하여 많은 발전과 생활수준의 향상이 이루어지면서 우리의 생활속에 소음과 진동환경이 급격히 증가하고 있다. 자동차 등록대수가 1000만 대를 넘어서고, 아파트와 같은 공동주택이 보편화 되면서 과거 농경시대에는 상상도 할 수 없었던 소음에 시달리게 되었고, 세탁기를 포함한 가전제품에서 집 주변의 건설공사에 이르기까지 우리들 주변에서 수시로 발생하는 진동현상에 대한 불쾌감과 막연한 불안감속에서 생활하는 것이 일상화 되었다(사종성, 2003).

특히, 산업현장의 작업장에서 소음에 노출된 근로자의 재해가 통계적으로 점차 증가추세에 있다. 우리나라 산업현장에서 산업재해에 의하여 발생하는 직업병의 추이를 살펴보면 80년대 중반까지는 분진이나 유해가스 등에 의한 직업병이 대부분이었으나, 90년대부터는 대기환경이나 수질오염에 의한 직업병 등이 대두되었고, 주요 직업병은 아니지만 80년대 후반부터 직업성 소음에 의한 난청환자의 발생빈도가 점차 높아지고 있다(전형준, 2006). 노동부 자료에 따르면, 2008년의 전체 업무상 직업병 질병자 1,653명 중 난청질 환자가 13.3%인 220명으로서, 2004년의 10.6%보다

교신저자: 박근상
주 소: 143-701 서울시 광진구 화양동 1번지, 전화: 02-450-3530, E-mail: ergpark@konkuk.ac.kr

증가한 것으로 진폐환자와 더불어 꾸준한 증가세를 보이고 있는 것으로 나타났다(노동부, 2008). 그럼에도 불구하고, 사업장 작업환경 측정결과에 의하면 24%의 사업장이 노동부 작업소음환경기준을 초과하고 있으며(대한산업보건협회, 1994), 2007년에 이르러 작업환경 유해인자인 소음에 대한 노출기준 초과사업장은 기준초과 전체 사업장의 90% 이상을 차지하는 것으로 보고되고 있다(안전위생연구센터, 2007).

소음은 익히 잘 알려진 청력손실 외에도 인간의 생리와 심리에 큰 영향을 미치며, 피해의 정도는 소음에 따라 다양하게 나타난다. 인간은 강한 소음에 노출되면, 심리적으로는 정서불안과 스트레스가 증가하고 생리적으로는 두통, 초조함, 내분비의 교란, 동맥경화, 심장과 위장장애 등을 야기시킨다(이동훈, 2006).

또한 현대사회의 작업이 점차 육체노동에서 정신노동으로 대체되면서 작업환경에서의 소음이 집중력을 저해하고 불쾌감 및 스트레스를 유발하는 중요한 요인으로 부각되고 있다. 사무실에서 장시간 근무해야 하는 근로자들은 통제되지 않는 소음으로 고통 받고 있으며 업무효율의 저하를 경험하고 있다. 고도의 집중력을 발휘해야 하는 로켓이나 미사일 발사 프로그래머가 환경소음으로 인하여 코드를 잘못 입력하거나 은행의 텔러가 산만한 사무환경에서 계좌의 입출금시 오류를 범하는 것은 소음환경이 업무능률에 중대한 영향을 주는 사례들이다(현보성, 2002).

소음이 인간의 과제수행에 미치는 영향에 관한 연구는 오래전부터 이루어져 왔는데, Poulton의 경우, 소음이 작업자의 내부언어를 지연시키고 방해하여, 정보처리에 요구되는 자원의 용량을 감소시킨다고 하였다(Poulton, 1979). Broadbent와 Eschenbrenner는 불규칙적이고 간헐적으로 발생하는 소음의 특징이 과제수행을 저하시키는 것과 직접적으로 관련이 있다고 하였다(Broadbent, 1979, Eschenbrenner, 1971). 이와 관련하여, Smith & Stansfeld는 지속적으로 제시된 백색소음과 간헐적 혼합음(광고음, 타이핑 소리, 음악의 혼합음)이 의미처리과제와 문장추론과제의 수행에 미치는 영향을 비교한 결과, 간헐적 혼합음에서의 수행이 백색소음에서의 수행보다 유의미하게 낮다고 보고하고 있다(Smith and Stansfeld, 1986). 특히 간헐적 혼합음에서의 의미처리과제수행이 상당히 저조한 것으로 나타났다. 의미처리과제에서의 수행결과가 매우 낮은 것은 많은 정보처리 용량이 요구되는 작업일수록 간헐절 소음의 영향이 크다는 것을 의미하여, 지속적인 소음보다 간헐적인 소음이 과제수행을 저하시킨다는 직접적인 결과를 입증하였다.

또한 고강도 소음조건하에서 단순과제보다는 복잡과제수행시에 방해가 높아진다는 연구결과도 있다. Eschenbrenner는 기술과 속도가 포함된 연속반응과제에서(Eschenbrenner, 1971), Loeb는 복합적인 정신운동 과제수행시, 고강도 소음에 의해 많은 방해를 받는다고 보고하였다(Loeb, 1982). 이들 연구의 수행 효과를 측정하기 위한 종속변수는 과제수행의 정확성과 소요되는 시간이었다.

일반적으로, 소음의 영향을 줄여 업무효율을 높이고 작업자의 신체적, 심적부하 그리고 스트레스를 줄이기 위한 방법으로 두 가지를 들 수 있다. 하나는 불규칙적인 소음을 일정한 음으로 차폐를 하는 방법이다. 차폐란 소음대책 중의 하나로 적당한 차폐음을 발생시켜 그 외 다른 소리들의 인지를 감소시킴으로써 각종 소음을 차단하는 효과를 내게 되는 것을 말한다(Dearherage, 1969). Stanchina는 여러 주파수가 일정하게 혼합된 백색소음이 배경음으로 쓰일 경우, 최고점 수준의 소음(high-peak noise)과의 차이를 감소시킴으로써, 소음에 노출된 사람의 각성(흥분) 역치를 증가시킨다고 하였다(Stanchina et al., 2005). 백색소음을 이용한 한국산업심리학회의 차폐 실험결과에서는, 백색소음조건의 과제수행이 집중력의 47.7% 향상, 기억력의 9.6% 향상시키는 반면, 스트레스를 27.1% 감소시키고 학습시간은 13.63%나 단축 된다고 보고하고 있다(현보성, 2002).

또 다른 하나는 소음에 노출된 많은 사업장에 비치되어 있는 귀마개를 사용하는 것이다. 일반적으로 사용되고 있는 귀마개는 차음치가 24~33dB 정도이고 산업안전공단에서는 사업장의 소음이 85dB가 될 경우 청력보호를 위해 귀마개의 사용을 권장하고 있다(한국산업인력공단, 2008). 그러나 귀마개를 장시간 사용하게 되면 귀의 피로감을 증가시키고 특히, 폼타입 귀마개 사용시, 외이도를 꼭 막아버리기 때문에 답답함, 이명감 등이 발생하여, 그에 따라 스트레스 수준이 높아진다는 단점이 있다(박경옥, 1996).

전자는 여러 연구들로 인하여 그 효과가 입증이 되어가고 있음에도 불구하고 현장에서의 여러 어려운 요건으로 인하여 아직 그 적용이 미흡한 실정에 놓여있다. 이에 비해, 후자는 소음에 노출된 많은 작업현장에서 그 장비들이 갖춰져 있음에도 불구하고 안전불감증 등의 개인 부주의로 그 사용률이 매우 낮은 실정이다.

본 연구에서는 소음이 과제수행 능력과 신체부담 및 정신적 부하에 미치는 영향을 확인하고 이를 감소시키기 위한 위한 차폐와 귀마개 사용의 효과를 평가하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 본 연구는 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설1-1: 소음환경조건(통제조건/소음조건/귀마개조건/백색소음조건)에 따라 각 과제(언어력, 수리력, 지각력, 추리력)의 수행 성과에 차이가 있을 것이다.

가설1-2: 소음환경조건에 따른 각 과제수행의 성과에서, 귀마개조건과 백색소음조건이 소음조건에 비해 높은 성과를 보일 것이다.

가설2-1: 소음환경조건에 따라 신체부담 및 정신적 부하

에 차이가 있을 것이다.

가설2-2: 소음환경조건에 따라 신체부담 및 정신적 부하는 귀마개조건과 백색소음조건이 소음조건에 비해 낮은 결과를 보일 것이다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

피실험자는 청각계통에 이상이 없고 시각계통과 호흡기계통에 이상이 없는 남자 대학생들을 예비실험을 거쳐 15명(평균 연령 24.6±2.5세)을 선발하였다. 또, 생리적 반응의 측정시에는 오차를 줄이고 정밀도를 높이기 위해 식사와 수면시간을 평상시대로 하였고, 약물의 복용이나 음주 등 실험에 지장을 주는 특별한 행동은 하지 않도록 통제하였다.

2.2 실험과제

수행과제로서 대기업 채용에 주로 사용되는 일반 직무검사를 사용하였다. 직무적성검사는 주어진 과제(언어력, 수리력, 추리력, 공간지각력 등의 기초지능 검사와 일을 수행할 때 부딪치는 여러 가지 상황에 대한 대처능력을 평가하는 문제)를 성공적으로 수행해 나갈 수 있는 잠재력을 평가하도록 구성되어 있다(직무적성검사 연구회, 2004). 5개의 하위검사로 구성되어 있는 AI(Academic Intelligence)의 4개 하위검사(언어력, 수리력, 지각력, 추리력)를 선택해 수행과제로 사용하였다. 표 1에 각 검사의 내용을 나타내었다.

표 1. 직무적성검사 내용

측정과제	측정내용
언어능력	– 어휘능력 – 문장 이해력 – 문장 구성력
수리능력	– 기초 산술 – 산술응용 – 자료 해석력
지각능력	– 공간지각력 – 지각정확성 및 속도 등
추리능력	– 언어추리 – 수열 및 문자추리 – 도형 추리 등

2.3 실험장소 및 조건

실험을 위한 장소로는 외부의 소음을 실험실과 차단할 수 있는 4.0×3.8×2.45 크기의 Sound Chamber(Industrial Acoustics사)에서 실시하였고, 실험진행중의 물리적인 환경은 평균온도가 25.7±1.2℃, 습도는 62.0±3.11%로 통제하였다. 실험에 사용된 소음은 수원시에 소재하고 있는 H생산업체 공장의 소음을 녹음하여 소음원으로 사용하였고 백색소음조건에서는 CONAIR사의 사운드테라피를 사용하여 백색소음을 발생시켰다.

소음원에는 공장내부의 기계 및 자동화 장비 소리가 포함되도록 하였다. 내부 소음강도를 측정한 결과 소음강도는 75~86dB였으며 이 소음강도를 일반산업현장 작업장의 소음강도로 설정하였다. 본 실험의 모든 소음측정치는 사람의 청력 특성과 가장 가까운 A특성으로 설정해 피실험자 귀의 높이에서 측정하였다.

본 연구는 소음환경조건과 수행과제를 독립변수로 하였고 소음환경조건은 차폐되지 않는 작업장의 소음조건(76~81dB)과 백색음을 이용하여 작업장 소음을 차폐한 백색소음조건(79~83dB), 귀마개를 사용해 소음을 차단한 귀마개조건[(76~81)-(26~29)dB], 그리고 어떠한 소음도 제시하지 않은 통제조건(39~43dB)으로 구별하여 설정하였다. 또한, 종속변수의 측정치는 직무적성검사의 4개 하위 과제의 각 점수를 검사별로 평균값을 내어 비교하였다. 과제를 수행하는 동안에 생리적 지표로서 R-R간격과 프리커치(CFF: Critical Flicker Fusion Frequency)를 측정하였고, 주관적인 지표로서 NASA-TLX(NASA Task Load index)를 측정하였다.

각 조건에 해당하는 검사는 같은 유형의 다른 문제들이며 학습효과를 배제하기 위해 약 30명의 예비실험자를 따로 선별하여 검사를 한 결과, 각 조건에 해당되는 측정과제들(언어력, 수리력, 추리력, 지각력)은 조건별로 유의한 차이(p<0.01)를 보이지 않아, 난이도에 차이가 없는 것으로 가정하여, 실험과제로 사용하였다.

2.4 실험순서

실험은 소음환경조건(통제조건, 소음조건, 귀마개조건, 백색소음조건)에 따라 총 4회, 각 조건이 서로에게 미칠 영향을 배제하고자 각각 무작위로 실시하였다.

실험전, 피실험자는 실험에 대한 설명을 듣고 장비 측정방법을 충분히 숙지한 후, Sound Chamber에 들어가 R-R간격 측정을 위한 심박계를 착용하게 된다. 심박계를 착용한 후, 생리적 지표에 영향을 미치는 요소들을 제거하고자 10분간 안정을 취하게 하였다. 과제수행 3분전 프리커치를 측

정하고 1분전에는 소음발생 스피커, 백색소음 발생기, 귀마개 등을 이용하여 소음환경조건을 제시하였다. 실험이 시작되면 피실험자는 실험자의 1:1 통제를 받으며 제시된 과제(언어력, 수리력, 지각력, 추리력)를 랜덤하게 수행하게 되고 과제수행이 끝난 직후, 피실험자의 위치를 변경하지 않은 상태에서 프리커치를 측정하게 하였다. 다시 10분간 안정을 취하도록 하였고, 모든 실험이 종료 후에 NASA-TLX를 측정하였다(표 2).

표 2. 측정항목별 실험절차

측정항목	실험시간					
	안정	과제수행				안정
		언어력	수리력	지각력	추리력	
프리커	▲					▲
NASA-TLX						▲
R-R간격	△ △ △ △ 연속측정 △ △ △ △ △					

2.5 실험기기

표 3은 실험에 사용된 각종 측정 및 보조 사용기재를 나타낸 것이다.

표 3. 실험에 사용된 항목별 측정 및 사용기기

항목	사용된 측정기기
습도, 온도 측정	CLIMONASTER MODEL 6511(KANOMAX CO., LTD)
소음 측정	SOUND LEVEL METER LA-230 ONO (SOKKI CO.,LTD)
시간 측정	S123-4000, RAP/SPLIT TIME 100 (SEICO)
심박(R-R간격) 측정	心拍 MEMORY 64K TYPE TAKEI KIKI (KOGOYO CO., LTD)
프리커치 측정	DIGITAL FLICKER MODEL DF-1(SIBATA)
백색소음 발생	SOUND THERAPY MODEL SU7(CONAIR CORPORATION)
소음 차단 귀마개	1100 3M(폼타입), MODEL B007(덮개형) [우경산업]
소음 발생	BR-2100K SPEAKER(BRITZ)

3. 연구결과

3.1 과제수행 점수

3.1.1 소음환경조건에 따른 전체 과제점수

소음환경조건에 따른 전체 과제점수는 통제조건(88.51)이 가장 높고, 백색소음조건(81,34), 귀마개조건(75.45), 소음조건(69.62) 순으로 높게 나타났다. 표 4에 나타난 바와 같이, 소음환경조건에 따른 과제수행점수는 통계적으로 유의한 차이(p<0.1)를 보였다.

표 4. 소음조건에 따른 전체 과제수행점수의 일원분산분석 결과

변량원	df	ss	MS	F
소음환경조건	3	11778.3	3926.1	14.48***
오류	233	64009.5	271.2	
총계	239			

***p<0.1

3.1.2 소음환경조건에 따른 과제별 점수

(1) 언어력

그림 1은 소음조건에 따른 언어력의 과제수행점수를 나타낸 것이다. 통제조건(76.0), 백색소음조건(63.33), 귀마개조건(62.67), 소음조건(46.67) 순으로 점수가 높았고 소음조건에 따른 언어력의 과제수행점수는 통계적으로 유의한 차이(F=10.18, p<0.01)를 보였다. 언어력에 대해 귀마개조건과 백색소음조건은 거의 같은 수준을 보였는데, 이 두 조건은 소음조건과 유의한(F=7.05, p<0.05 F=9.31, p<0.01)차이가 있어, 언어력에서 유효한 효과를 나타내었다.

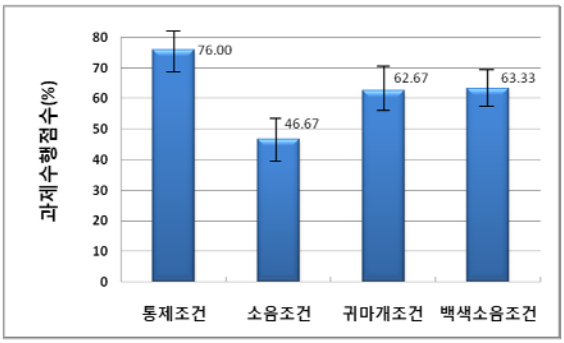

그림 1. 언어력 과제의 각 소음조건별 수행점수(n=15)

(2) 수리력

그림 2는 소음조건에 따른 수리력의 과제수행점수를 나타낸 것이다. 통제조건(92.73) 다음으로 귀마개조건(88.48), 백색소음조건(86.06), 소음조건(75.15)순으로 점수가 높았고 소음조건에 따른 수리력의 과제수행점수는 통계적으로 유의한(F=9.51, p<0.01)차이를 보였다.

수리력에 대해서도 언어력과 마찬가지로 귀마개조건과 백색소음조건은 거의 비슷한 수준을 보였다. 이 두 조건은

소음조건과 유의한(F=16.21, p<0.01, F=7.82, p<0.05)차이를 보여, 두 조건 다 수리력에서의 유효한 효과를 나타내었다.

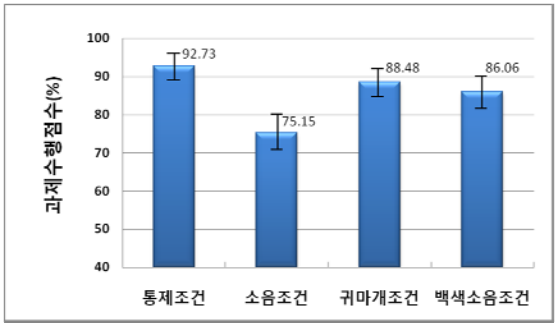

그림 2. 수리력 과제의 각 소음조건별 수행점수(n=15)

(3) 지각력

그림 3는 소음조건에 따른 지각력의 과제수행점수를 나타낸 것이다. 통제조건(96.1), 백색소음조건(96.0), 소음조건(88.67), 귀마개조건(78.67)순으로 점수가 높았고 소음조건에 따른 지각력의 과제수행점수는 통계적으로 유의한 차이(F=7.79, p<0.01)를 보였다.

지각력에서는 통제조건, 백색소음조건이 서로 거의 비슷한 수준을 보였고 이 두 조건은 소음조건과는 다소 차이가 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 반면, 귀마개조건은 가장 낮은 점수로써, 통제조건, 백색소음조건과 유의한(F=11.83, p<0.01, F=12.79, p<0.01)차이를 보여, 지각력를 가장 저해하는 조건으로 나타났다.

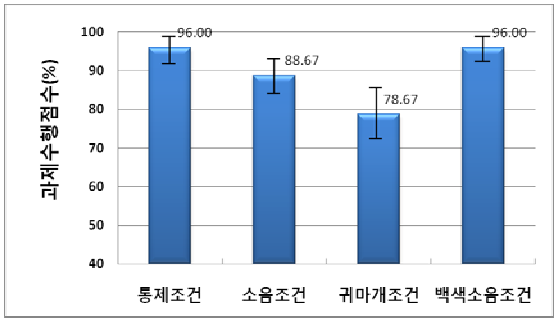

그림 3. 지각력 과제의 각 소음조건별 수행점수(n=15)

(4) 추리력

그림 4는 소음조건에 따른 추리력의 과제수행점수를 나타낸 것이다. 통제조건(88.33) 다음으로 백색소음조건(80.0), 귀마개조건(72.0), 소음조건(68.0) 순으로 점수가 높았고 소음조건에 따른 추리력의 과제수행점수는 통계적으로 유의한(F=8.51, p<0.01)차이를 보였다.

추리력에 대해서는 귀마개조건이 통제조건과 유의한(F=11.83, p<0.01)차이를 보이고 소음조건과 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면, 백색소음조건은 소음조건과 유의한(F=8.79, p<0.05) 차이를 보여, 추리력 과제를 수행하는 것에서는 백색소음조건이 더 효과적인 것으로 나타났다.

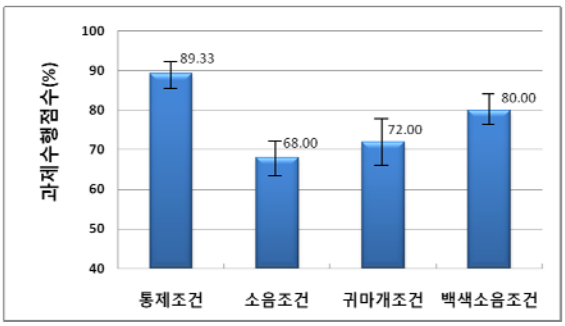

그림 4. 추리력 과제의 각 소음조건별 수행점수(n=15)

사후검정으로는 Duncan검사를 하였는데 결과는 표 5에 나타난 바와 같이 각 과제의 조건들이 그룹별로 구분이 되는 것을 볼 수 있다. 언어력과 수리력의 경우 귀마개조건과 백색소음조건이 통제조건보다 낮고 소음조건보다 높게 나타난 것을 볼 수 있는데, 이러한 결과가 나타난 것은 귀마개가 소음을 완전히 차단하지 못하고 차음치 만큼만 차단하기 때문이며 백색소음조건은 소음에 특성을 어느 정도 소멸시키는 기존이론들의 특징이 나타나 난 것으로 사료된다. 지각력에서는 귀마개 사용시, 과제수행의 성과가 오히려 소음조건보다 저하되었는데, 이는 귀마개가 외이도를 막아 기압차를 크게 해, 내이의 안뜰신경의 기능을 방해하여 공간·지각을 담당하는 인간의 평형감각(Wright, 2005)을 저해하는 것으로 사료된다. 또한 추리력에서는 백색소음이 귀마

표 5. 소음환경조건에 따른 각 과제수행점수의 일원분산분석 및 사후검사 결과

소음조건	수행과제							
	언어력		수리력		지각력		추리력	
	Mean	D[a]	Mean	D[a]	Mean	D[a]	Mean	D[a]
통제	76.00	A	92.72	A	96.10	A	89.33	A
소음	46.66	C	75.15	B	88.66	A	68.00	C
귀마개	62.66	B	88.48	A	78.66	B	72.00	BC
백색소음	63.33	B	76.06	A	96.00	A	80.00	B
F비	10.176***		9.515***		7.788***		8.511***	

***p<0.01, **p<0.05

개보다 더 나은 성과를 보였는데, 이는 문자, 수열, 도형 등을 추리해야 하는 추리력 과제 특성상, 정보처리에 요구되는 자원의 용량 많이 필요하여, 불규칙적이고 간헐적인 소음의 특징을 소멸시키는 백색소음의 효과가 더욱 나타난 것으로 사료된다.

3.2 R-R간격

자율신경계의 심신부담 정도를 나타내는 R-R간격은 직무적성검사 과제를 수행하였을 때, 과제에 따라 각 조건별로 그림 5과 같은 변동 경향을 나타내고 있다. 전체적인 경시적 변화는 과제가 진행될수록 점차적으로 짧아지는 경향을 나타내었다.

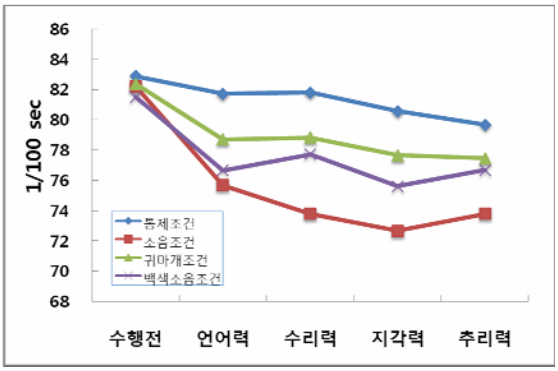

그림 5. 소음환경조건별 R-R간격의 변화(n=15)

소음환경조건에 따른 R-R간격은 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며($F=3.30$, $p<0.05$) 소음조건, 백색소음조건, 귀마개조건, 통제조건 순으로 R-R간격이 짧은 경향을 보여, 이는 소음조건, 백색소음조건, 귀마개조건, 통제조건 순으로 심적부담이 많은 것으로 사료된다.

과목별로 보면, 언어력에서는 소음조건의 R-R간격이 통제조건보다 7.2%는 짧아져 심적부담이 과중되는 것을 보였는데, 귀마개조건과 백색소음조건과는 큰 차이가 없어 그 효과가 유효하지 않음을 보였다. 수리력에서는 소음조건의 R-R간격이 통제조건보다 9.6% 짧아졌고 귀마개조건과 백색소음조건이 소음조건보다 각각 6.8%, 5.3% 길어져 다른 과목들과 비교하여 그 효과가 가장 유효한 과제인 것으로 사료된다. 지각력의 경우, 소음조건에서의 R-R간격이 통제조건보다 9.8% 짧아지며 가장 큰 저하를 보여, 지각력이 소음의 심적부담에 있어 가장 큰 영향을 받는 과제라고 사료된다. 지각력에서의 귀마개조건과 백색소음조건은 소음조건보다 각각 6.8%, 4% 길어짐을 보였다. 추리력은 소음조건에서의 R-R간격이 통제조건보다 7.3%는 짧아졌고, 귀마개조건과 백색소음조건은 소음조건보다 각각 4.9%, 3.9% 길어지는 것으로 나타났다.

귀마개조건은 전과제에서 R-R간격이 소음조건보다 길어짐(평균 6%)을 보였으나 통제조건보다 다소 낮은 것은 귀마개가 소음을 완전히 차단하지는 못하고 귀마개 착용이 피실험자의 다소 답답함을 초래, 심적부담을 다소 증가시키는 것으로 사료된다.

백색소음조건은 전과제에서 R-R간격이 소음조건보다는 다소 길었(평균 3%)으나 통제조건보다는 6% 짧아 소음조건과 마찬가지로 자율신경계의 심적부담을 가중시키는 것으로 사료된다.

전체적으로 통제조건, 귀마개조건, 백색소음조건이 보통 성인의 평균 R-R 간격대인 750~800msec를 유지, 정상상태를 유지하는 것으로 나타나 자율신경계의 기능항진에 이상이 없는 것으로 나타난 반면, 소음조건의 R-R간격은 720~760msec로 짧아져 정상상태보다 높은 심적부담, 긴장 등을 나타내는 것이라 할 수 있다.

3.3 프리커치(CFF)

그림 6은 소음환경조건에 따른 프리커치의 변동률을 나타낸 것이다. 프리커치의 변동률은 소음조건, 백색소음조건, 귀마개조건, 통제조건 순으로 높은 저하율을 보였고 소음조건의 저하율은 통제조건보다 7.5배 큰 저하율을 보였다. 귀마게 조건과 백색소음조건도 통제조건보다 각각 2.4배, 4.1배 높은 저하율을 보였다.

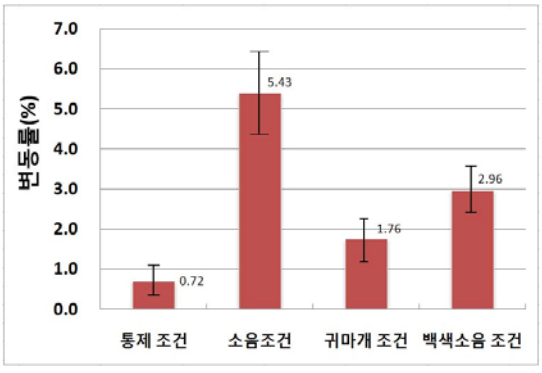

그림 6. 각 소음환경 조건별 프리커치의 변동(n=15)

소음에 노출된 환경들(소음조건, 백색소음조건)이 소음이 차단된 조건들(통제조건, 귀마개조건)보다 시각 신경계의 피로를 증가시키는 경향이 있는 것으로 나타났다.

귀마개조건은 소음에 노출된 환경들(소음조건, 백색소음조건)보다는 변동률이 낮으나 소음을 완전히 차단하지 못하

고 집중력을 방해해 통제조건보다는 시각신경계의 피로를 증가시키는 경향이 있는 것으로 사료된다.

3.4 NASA-TLX

NASA-TLX의 항목별 작업부하를 보면 소음조건, 백색소음조건, 귀마개조건, 통제조건 순으로 높은 작업부하를 받는 경향을 보인다(그림 7). 특히, 소음조건은 정신적 지각활동을 더 요구하고 시간적인 요구를 충족하지 못하며, 좌절수준이 통제조건에 비해 월등히 높아지는 것으로 보아, 불안정감, 낙담, 초조감 등을 느끼는 것으로 사료된다.

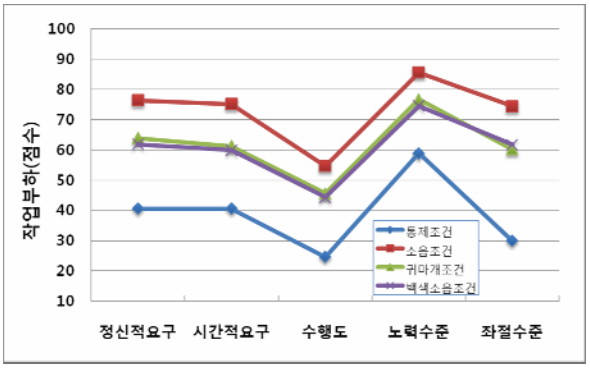

그림 7. 각 소음환경조건에 따른 NASA-TLX 항목별 작업부하(n=15)

총 작업부하(정신적) 점수결과는 NASA-TLX의 각 척도항목인 정신적인 요구, 시간적인 요구, 수행도, 노력수준, 좌절수준의 점수와 각 항목의 가중치가 반영되어 계산된 결과값이다.

그림 8의 각 소음환경조건별 NASA-TLX의 총 작업부하를 보면, 소음조건이 통제조건보다 월등히 크며, 귀마개조건과 백색소음조건은 소음조건보다 낮은 것으로 평가되었다. 귀마개조건과 백색소음조건의 경우, 소음조건보다 출현빈도가 각각 22%, 24% 낮게 나타났다. 소음환경조건에 따른 NASA-TLX 작업강도는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($F=45.32$, $p<0.01$).

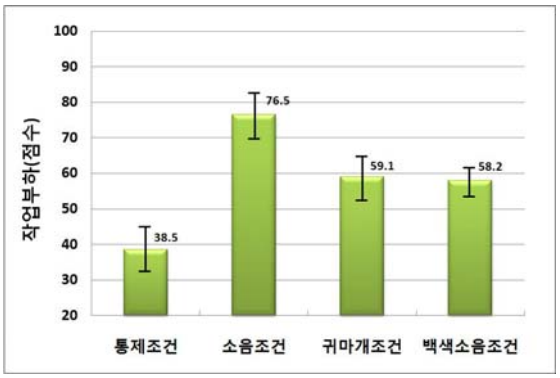

그림 8. 각 소음환경조건에 따른 NASA-TLX 총 작업부하(n=15)

4. 결론 및 검토

본 연구에서는 소음이 과제수행 능력과 신체부담 및 정신적 부하에 미치는 영향을 확인하고 이를 감소시키기 위한 위한 차폐와 귀마개 사용의 효과를 평가하고자 하였다. 소음환경조건과 과제 종류를 독립변수로 하였고 과제수행성과와 신체적 정신부담의 객관적 지표인 심박수(R-R간격), 프리커치 그리고 주관적 평가로는 NASA-TLX 결과를 종속변수로 하여 비교 분석하였다.

소음환경조건별로 과제수행을 실시해 검증한 결과, 과제수행의 성과가 모든과제(언어력, 수리력, 지각력, 추리력)에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 소음이 과제수행을 저하시키는 것을 확인하였다. 언어력과 수리력에서는 귀마개조건과 백색소음조건 모두 소음조건과는 유의한 차이를 보여 그 효과를 확인할 수 있었다. 지각력에서는 귀마개조건과 백색소음조건 모두 소음조건과는 유의한 차이를 보이지 않아 효과를 확인할 수 없었다. 추리력의 경우, 백색소음조건이 소음조건과 유의한 차이를 보여, 그렇지 않은 귀마개조건에 비해, 효과가 있는 것으로 판명되었다.

따라서 본 연구의 가설1-1은 지지되었고, 가설1-2은 부분적으로 지지되었다. 또한 이와 같은 결과들을 통하여, 언어력과 수리력의 특성을 가진 작업장 설계 시, 귀마개 사용과 백색소음 적용을, 추리력에서는 백색소음의 적용을 권고할 수 있는 것으로 판단된다. 특히, 지각력에서 귀마개 사용 시, 과제수행의 성과가 오히려 소음조건보다 저하되었는데, 업무수행력을 위해서는 관련 사업장의 귀마개 사용은 지양되어야 할 것으로 판단된다.

한편, 소음환경조건별로 과제수행시 생리적 지표인 심박(R-R간격)과 프리커치 그리고 주관적평가인 NASA-TLX을 실시해 검증한 결과, 소음환경조건에 따라 R-R간격, 프리커치, NASA-TLX 작업부하가 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타나, 소음이 인간의 심적부담과 시각피로, 주관적으로 느끼는 작업부하를 가중시킨 것을 확인할 수 있었다. R-R간격 결과에서는 소음조건에서의 R-R간격이 지각력, 수리력, 추리력, 언어력 순으로 저하율이 높아 심적부담의 영향을 확인할 수 있었다. 또, R-R간격은 전반적으로 모든 과제에서 귀마개조건이 백색소음조건에 비해, 낮은

저하율을 보였고 프리커치 결과에서도 귀마개조건이 백색소음조건에 비해 낮은 저하율을 보여, 신체적 심적부하와 시각피로의 방지를 위해서는 귀마개 사용이 더 효과적인 것으로 사료된다. NASA-TLX 작업부하 결과에서는, 귀마개조건과 백색소음조건이 소음조건보다 출현빈도가 각각 22%, 24% 낮게 나타나, 귀마개와 백색소음이 정신적 부하를 낮추는 효과가 있다고 피실험자들이 주관적으로 느끼는 것을 확인할 수 있었다.

따라서, 가설2-1은 지지되었고, 가설2-2은 부분적으로 지지되었다. 이와 같은 결과를 통해, 소음에 노출된 작업장에서 신체적, 심적부담과 시각피로를 위해서는 귀마개 사용이 백색소음 적용보다 더 효과적으로 사용될 수 있는 것으로 사료된다. 또한, 소음에 노출된 작업장 설계시, 지각력과 수리력에 관련된 과업이 있는 작업장에서는 더욱 더 유의하여 귀마개 사용과 백색소음 적용이 지향되어야 할 것이며, 주관적인 정신부하를 낮춰 개인 스트레스를 감소시키고자 한다면, 귀마개 사용과 백색소음 적용 모두가 효과적일 것이라는 것을 시사하는 것이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 소음이 인간의 과제수행의 성과에 미치는 영향을 확인하는 것 뿐만 아니라, 그 영향을 줄일 수 있는 귀마개와 차폐의 효과를 함께 평가 하였다. 연구결과 소음이 인간의 과제수행뿐만 아니라 정신적, 신체적 부하, 심적부하, 시각피로에도 영향을 주는 것을 확인하였다. 이러한 소음에 영향을 줄일 수 있는 귀마개와 백색소음의 효과를 평가해, 상당 부분에서 두 조건의 효과를 확인하였고 각 과제에 따라 다른 특성까지도 확인할 수 있었다. 따라서, 본 연구의 결과는 사업장 설계시 참고 자료로 활용될 수 있을 것이고 소음에 노출된 많은 사업장 작업자의 업무 향상과 더불어 신체적, 정신적 건강 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다.

반면, 많은 사업장 중 한 생산업체의 소음원을 사용하여 소음 주파수 특성과 소음강도가 고려되지 않은 점, 현장 작업자들을 대상으로 하지 않고 일반 대학생들이 피험험자로 참여하여 현장적용에 대한 연구가 되지 못한 점 등의 연구의 제한점을 갖는다. 따라서 향후, 다양한 사업장 작업자들을 대상으로 더 많은 소음원을 적용한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

사종성, *생활속의 소음진동*, 청문각, 2003.

이동훈, *공학도를 위한 소음공학*, 아진, 2006.

전민규 외, 직무적성검사 연구회, *직무적성검사*, 박문각, 2004.

전형준 외, "산업현장의 소음, 진동 원인분석 및 저감방안 연구", *대한환경공학회 추계학술대회 논문집*, 2006.

현보성 외, "소음차폐와 과제복잡성이 과제수행 및 심리적 반응에 미치는 효과", *한국심리학회지*, Vol. 15, No. 1, 147-167, 2002.

박경옥, "산업장 소음환경수준이 생산직근로자의 스트레스 증상에 미치는 영향", *이화여자대학교 보건교육과 석사학위 논문*, 1996.

대한산업보건협회, *93 작업환경측정종합연보*, 작업환경측정기술위원회, 1994.

산업안전보건연구원, 소음노출 저감을 위한 작업환경관리 및 측정방안, *안전위생연구센터 보건분야 연구보고서*, 2007.

노동부, *산업재해통계*, 2004-2008.

한국산업안전보건공단, 산업보건기준에 관한 규칙, 2008.

Broadbent, D. E. Human Performance and noise, On C. M. Harris(ed.), *Handbook of noise control*, Nes York: McGraw-Hill, 1979.

Dearherage, B. H. & Evans, T. R. Binaural masking: backward, forward and simultaneous effect. *Journal of the Acoustical Society of America*, 46, 362-371, 1969.

Eschenbrenner, A. J. Jr. Effects of intermittent noise on the performance of a complex psychomotor task, *Human Factors*, 13, 59-63, 1971.

Loeb, M. & Holding, D. H., Noise stress and circadian arousal in self-paced computation. *Motivation and Emotion*, 6(I), 43-48, 1982.

Poulton, E. C. Composite model for human performance in continuous noise. *Psychological Review*, 86(4), 361-375. 1979.

Smith, A. & Stansfeld, S., Aircraft noise exposure, noise sensitivity, and everyday errors. *Environment & Behavior*, 18, 214-226, 1986.

Stanchina. M. L., Abu-Hijleh, M. & Chaudhry, B. K. "The influence of white noise on sleep in subjects exposed to ICU noise", *Sleep Medicine* 6, pp. 423-428, 2005.

Tony Wright, *Deafness & Tinnitus*, Family Doctor Publications Ltd, 2005.

Warner, H. D. Effects of intermittent noise on human target detection. *Human factor*, 11, 692-699, 1969.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 김 성 철 ❖ paranoid@konkuk.ac.kr
건국대학교 산업공학과, 공학석사
현 재: 건국대학교 산업공학과
관심분야: 소음스트레스, 작업생리, 제품개발, 산업안전

❖ 박 근 상 ❖ ergpark@konkuk.ac.kr
Nihon University, Dept. of IE, 공학박사
현 재: 건국대학교 산업공학과 교수
관심분야: 작업생리, 직무스트레스, 제품개발, HCI

❖ 김 관 우 ❖ kwkim@konkuk.ac.kr
동경도립과학기술대학교, 공학박사
현 재: 농업기술실용화재단 연구원
관심분야: 작업생리, 농업안전관리, HCI

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 05일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 25일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 25일