

수면방해에 대한 복합소음의 종류와 S/N비의 영향

Effect of Type and S/N Ratio of Combined Noise Sources on Sleep Disturbance

이 평 직* · 심 명 희** · 전 진 용†

Pyoung Jik Lee, Myoung Hee Shim and Jin Yong Jeon

(2009년 7월 7일 접수 ; 2009년 8월 19일 심사완료)

Key Words : Sleep Disturbance(수면방해), Combined Noise Sources(복합소음), S/N Ratio(S/N비)

ABSTRACT

The World Health Organization(WHO) has reported the sleep disturbance as one of the adverse effects of noise. And the effect of combined noise sources on human have been investigated because community noises are seldom heard and are concurrent. Therefore, the effects of combined noise source and its S/N ratio on sleep disturbance were investigated; as a single noise source, road traffic noise was selected, and construction and movie noise were combined with road traffic noise. Tests for sleep disturbance were conducted in bedrooms and the effect on each subjects' sleep was evaluated by questionnaire. The results showed that the rate of awakening increased slightly only when the SPL of construction noise was 10 dB higher than that of road traffic noise. It was also found that the sleep disturbance was affected by the type of combined noise sources and its S/N ratio.

1. 서 론

최근 환경소음의 중요성이 부각됨에 따라 소음이 유발하는 인체의 위해성에 대한 관심이 증가하고 있다. WHO⁽¹⁾는 1999년 소음에 대한 가이드라인을 제안하기 앞서 소음으로 인한 위해성의 하나로 수면방해(sleep disturbance)를 제시하였다. 이는 수면의 질이 사람의 생리주기적인 측면에서 중요한 부분이며 보다 안락한 수면을 취해야 일상생활에서 사람의 신진대사나 생리적·정신적 활동 등이 정상적으로 진행 될 수 있기 때문이다.

수면방해는 통계적으로 교통소음으로 인해 주로 발생하며 주로 항공기 소음을 대상으로 연구들이

진행되어 왔다. 항공기 소음의 경우 Fidell 등^(2,3)은 공항 근처 거주민들을 대상으로 수면방해에 대한 현장조사를 실시하였으며, FICAN(federal interagency committee on aviation noise)은 현장 및 설문조사를 바탕으로 수면방해 노출-반응곡선(exposure-effect relationship)을 제시하였다⁽⁴⁾. 도로교통소음과 철도소음 역시 현장 평가와 실험실 평가 등을 통해 수면방해 정도가 평가되었으며, 성가심 반응에 대한 연구도 함께 진행되었다^(5,8). 또한 최근에는 수면방해를 유발하는 소음원으로 주거지 주변에서 발생하는 노래 및 대화 등 생활소음이 조사되고 있다^(9,10). 그러나 실제 생활에서 발생하고 있는 복합소음원에 대한 고려는 아직 이루어지지 않아 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

소음으로 인한 수면방해의 평가는 연구자와 연구 목적에 따라 다양한 방법이 활용되었다. 이전 연구에서는 주로 수면에서 깨어나는 횟수로 수면방해 정도를 평가하였으나⁽²⁾, 최근에는 actiwatch 등 각종

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 건축공학부
E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr
Tel : (02)2220-1795, Fax : (02)2220-4794

* 정회원 한양대학교

** 정회원, 한양대학교

장비를 활용하여 피시험자가 몸을 뒤척이는 정도 (gross body movement)나 뇌파(EEG) 측정 등을 통해 수면방해에 대한 정량적 평가가 진행되고 있다^(11,12). 또한 설문지를 통해 피험자가 수면방해 정도를 직접 평가하는 방법론 역시 다양한 연구자들에^(8-10,13) 의해 활용되었으며, Miedema 등은 이를 바탕으로 %SD(percentage of sleep disturbed) 및 %HSD(percentage of highly sleep disturbed) 등의 지표를 제안한 바 있다⁽¹³⁾.

이 연구에서는 개별소음과 복합소음이 유발하는 수면방해 정도를 조사하였다. 개별소음으로 도로교통 소음이 활용되었으며, 복합소음은 도로교통 소음과 인접세대로부터 유입되는 영화 소음과 외부에서 유입되는 공사장 소음이 함께 제시되었다. 또한 도로교통 소음 레벨이 고정되었을 때 영화 및 공사장 소음 레벨을 변화시켜 S/N비의 영향을 조사하였다. 실험은 각 피험자의 침실에서 진행되었으며, 소음으로 인한 수면방해 정도는 아침 기상 후 설문지 평가를 통해 도출되었다.

2. 수면방해 실험 개요

2.1 실험음원 및 설계

수면방해에 대한 개별 및 복합소음의 영향을 조사하기 위해 도로교통소음과 공사장 소음 그리고 인접세대로부터 유입되는 영화소음을 실험음원으로 선정하였다. 도로교통소음은 주거지의 주소음원으로 이전 연구들에서⁽⁵⁻⁷⁾ 활용되었으며, 공사장 소음은 도심지 공사 증가와 아파트 재건축 그리고 리모델링 공사 등으로 인해 소음관련 민원의 상당수를 차지하고 있다. 최근에는 도로 보수 및 주요 시설물 야간 공사 빈도가 증가하여 민원이 증가하고 있는 추세이다. 또한 흡시어터 시스템이 증가하면서 세대 간벽의 차음성능에 따라 인접세대 유입 소음 또한 증가하고 있다.

수면방해 실험에 사용된 도로교통소음은 교통량이 일정하여 소음레벨 편차가 적은, 왕복 6차선 규모의 일반도로에서 3분간 3회 녹음하였다. 이때 도로 폭은 약 40 m, 자동차의 속도는 약 60 km/h로 비교적 일정하였으며, 대형차 비율은 약 20 %였다. 공사장소음은 야간 도로 정비 및 시설물 공사에 사용되는 브레이크와 천공기 등 건설기계소음과 망치

질 소리가 주요 소음원인 건설현장에서 녹음되었다. 또한 인접세대로부터 유입되는 영화소음은 영화 ‘스트리트 킹(street king)’ 가운데 10분 분량을 추출하였다. 실험에 사용된 도로교통소음, 공사장 소음 그리고 영화소음 모두 저주파 대역의 음압레벨이 높았으며 특히, 영화소음은 200 Hz 이하 저주파 대역의 음압레벨이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

외부소음이 침실로 유입될 경우, 소음의 주파수 특성은 창호의 차음성능에 따라 달라진다. Vos⁽¹⁴⁾는 창호의 차음특성을 개방된 경우(wide open)부터 닫힌 경우(closed)까지 5단계로 구분하여 적용하였다. 이 연구에서는 Vos가 제안한 5가지 가운데 유형 가운데 일반적인 차음성능(medium isolation)을 갖는 창호가 닫힌 경우를 적용하였다. 이를 위해 cut-off 주파수가 125 Hz이며, 옥타브 밴드별 음압감쇠가 2 dB인 low-pass 필터를 사용하여 도로교통소음과 공사장소음의 주파수 특성을 조정하였다.

또한 영화 소음은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 Rw 55의 차음성능을 갖는 세대간 건식벽체를 필터화하여 음원의 주파수 특성을 조정하였다. 이때 건식벽체는 15T 방화보드 2겹, 흡음재 50T 그리고 공기층 50T로 구성되어 있으며 독립 스티트가 적용된 것으로 가정하였다.

수면방해 이전 연구^(5,9,10)에서는 25~45 dBA의 도로교통소음이 사용되었으며, 대부분 30~35 dBA 범위 내에서 제시되었으나 이 연구에서는 야간 침실의 음환경과 S/N비를 고려하여 도로교통소음의 소음도를 35 dBA로 고정하였다. 또한 외부 및 인접세대에서 유입되는 공사장 및 영화 소음도는 30~45 dBA 범위에서 7.5 dBA 간격으로 분포하도록 조정하였다. 관련 연구^(9,10)에는 내·외부 소음(에어콘,

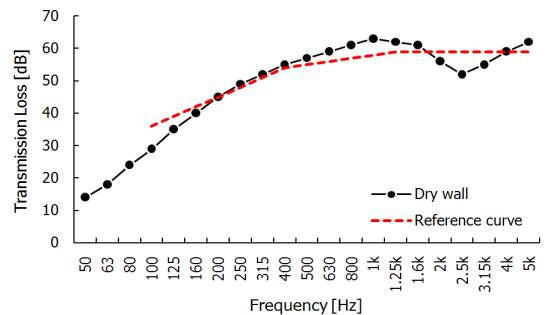


Fig. 1 Transmission loss of dry wall

노래, 대화)이 30~45 dBA에서 분포하였다.

이 연구에서 진행된 수면방해 실험 개요는 Table 1에 정리된 바와 같다. 먼저 개별소음의 영향을 살펴보기 위해 35 dBA의 소음도를 갖는 도로교통소음만 제시된 경우의 수면방해 정도를 살펴보았다. 이후 도로교통소음에 다양한 소음도의 공사장 소음과 영화소음을 함께 제시하여 복합소음원의 종류와 소음도의 영향을 조사하였다. 이때 복합소음과 도로교통소음의 소음도 차이는 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio)로 표현할 수 있으며, 이 연구에서 복합소음과 도로교통소음간의 S/N비는 -5, +2.5, +10 dB의 분포를 나타냈다.

2.2 음원 제시 방법

소음으로 인한 수면방해를 실험실 실험을 통해 살펴보는 경우, 음원은 주로 스피커를 통해 제시되었으나 일부 연구에서는^(9,10) 실험의 용이성을 위해 CD/MD 플레이어와 이어폰을 통해 제시하였다.

이 연구에서는 각 피험자의 침실에서 수면방해 실험이 진행되어 장비 설치가 제한됨에 따라 MP3 플레이어(Sony NW-E005)와 매입형 이어폰(Shure E3c)을 사용하여 음원을 제시하였다. 이를 위해 MP3 플레이어와 이어폰이 50 Hz~10 kHz 대역에서

평탄한 특성(± 3 dB)을 갖도록 주파수 특성을 보정하였다.(Fig. 2 참조)

이 연구에서는 수면시 이어폰 착용으로 인한 불편함을 최소화하기 위해 평소 이어폰 착용 경험이 많은 20·30대를 피험자로 활용하였다. 또한 실험 전 피험자에게 이어폰 착용에 대한 적응기간을 부여하였으며, 피험자의 대부분이 이어폰 착용 1~2일 이후에 불편 없이 수면에 취할 수 있는 것으로 응답하였다. 이는 이어폰 착용 후 수면방해 실험에 참여한 피험자가 3일째부터 적응한 것으로 보고된 이전 연구⁽⁹⁾ 결과와 일치한다.

2.3 피험자 및 평가방법

수면방해 실험은 2008년 12월부터 2009년 2월까지 약 3개월에 걸쳐 진행되었으며, 20·30대 성인 20명이 참여하였다. 각 피험자는 개별 및 복합소음 7개 경우에 대해 7일간 평가에 참여하였으며, 피험자별 실험기간은 이어폰 착용에 대한 적응기간을 포함하여 평균 9~10일이 소요되었다. 실험이 각 피험자의 침실에서 진행됨에 따라 외부 소음의 영향을 최대한 배제하기 위해 주요 도로로부터 이격된 주택에 살고 있는 이들을 피험자로 선정하였다. 발코니와 침실 창문은 모두 닫힌 상태로 유지되었으며, 실험 전 10분간 측정된 각 침실의 배경소음레벨은 평균 약 32 dBA로 실험에 적합한 것으로 판단되었다.

음원 제시 및 평가방법으로는 Kuwano^(9,10)가 제안한 ‘noise interrupted method’를 적용하였다. 음원은 기본적으로 잠자리엔 든 시간부터 1시간 제시되도록 하였으며, 1시간 이내에 잠이 들지 않았다면 이후 음원 제시를 멈추고 취침하도록 하였다. 그러나 음원 제시로부터 1시간 이내에 잠이 들었다면,

Table 1 Outline of the sleep disturbance test

	SPL of noise source [dBA]	
	T	C / M
Single noise	35	-
Combined noise	35	30, 37.5, 45

*T: road traffic, C: construction, M: movie noise

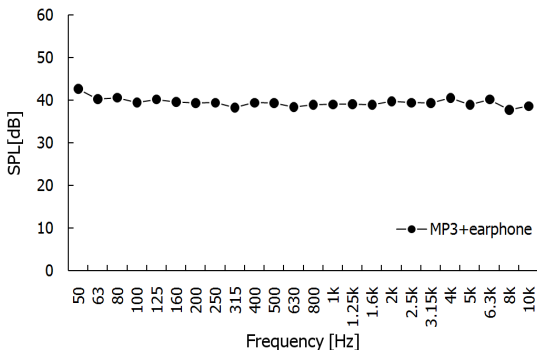


Fig. 2 Frequency response of sound reproduction system

Table 2 Questionnaire for sleep disturbance test

Demographic variables / basic information
<input type="checkbox"/> Age, gender, dwelling type <input type="checkbox"/> Noise annoyance in the own house <input type="checkbox"/> Sleeping hours, time to sleep
Variables obtained from the evening and morning
<input type="checkbox"/> Whether drinks alcoholic or not in the evening <input type="checkbox"/> Sleepiness before going to bed <input type="checkbox"/> Tiredness during day and evening time <input type="checkbox"/> Effect of noise on day-time work
Variables obtained from the night
<input type="checkbox"/> Sleep disturbance <input type="checkbox"/> Number of awakening by night-time noise

기상 시까지 음원이 제시되었다.

이 연구에서는 피험자가 일상생활을 정상적으로 수행하는 동안 소음원에 대한 수면방해 영향을 조사하기 위해 피험자가 잠에 드는 시간과 기상 시간은 별도로 통제하지 않았다. 그러나 실험에 영향을 끼칠 수 있는 과도한 음주나 심한 노동 등은 가급적 피할 것을 권고하였으며, 그렇지 못한 경우에는 다음 날 실험을 진행하도록 하였다.

수면방해 평가 설문지는 TNO에서 제안하고 있는 소음과 위해성의 관계에 대한 24시간 모델(15) 기반으로 작성되었다. TNO 모델에 따르면 소음으로 인한 수면방해는 시간적으로는 수면 지연 시기(sleep latency time), 수면 시기(sleep period) 그리고 수면 이후 시기(time awake)로 나누어진다. 따라서 설문지는 각 시기별 소음의 영향을 평가하기 위한 문항을 구분하여 제작되었으며, 그 외에 인구통계학적 요소 등을 추가하였다. 수면방해 정도는 수면시간과 잠드는데 걸리는 시간, 수면에서 깨어난 횟수 등의 설문항목들을 각 피험자가 기상 후 15분 이내에 평가함으로써 도출되었다. 그러나 주간 피로도, 졸려움, 음주 여부 등의 항목은 취침 전에 평가하도록 하였다. 이때 수면방해 등 주관적 반응 평가는 11점 척도(0:전혀, 10:엄청나게)를 활용하였다.

3. 수면방해 실험 결과

3.1 피험자 정보

이 실험에 참여한 피험자에 대한 일반사항은 Fig. 3와 같다. 실험에는 남자 12명, 여자 8명이 참여하였으며, 그 가운데 70% 이상이 공동주택과 단독주택에 거주하는 것으로 나타났다. 또한 평소 수면시

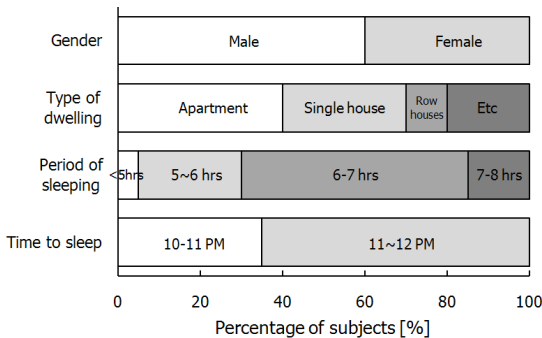


Fig. 3 Basic information of subjects

간으로 6~7시간을 선택한 비율이 55%로 가장 높았으며, 피험자의 65%가 11~12시에 잠자리에 드는 것으로 조사되었다.

3.2 잠드는데 걸리는 시간

소음원의 종류 및 소음도에 따른 ‘잠드는데 걸리는 시간’ 변화는 Fig. 4와 같다.

35 dBA의 도로교통소음만 제시된 경우(T35) 피험자의 80%가 1시간 이내에 잠이 들었으며, 10%는 1시간 이내 잠이 들었지만 이후 잠에서 깨었다. 그리고 나머지 10%는 1시간 이후 이어폰을 제거한 뒤에야 잠이 든 것으로 조사되었다. 도로교통소음에 영화소음을 함께 제시한 경우에는 1시간 이내에 잠이 든 피험자의 비율이 75% 이하로 감소하였으며, 특히 영화소음이 45 dBA인 경우(이후 ‘T35+M45’로 표기)에는 65%까지 감소하였다. 공사장 소음의 경우에도 이와 유사하게 소음도 증가에 따라 1시간 이내에 잠이 든 피험자의 비율이 65%까지 감소하여 영화소음이 포함된 복합소음보다 그 감소폭이 보다 큰 것으로 나타났다.

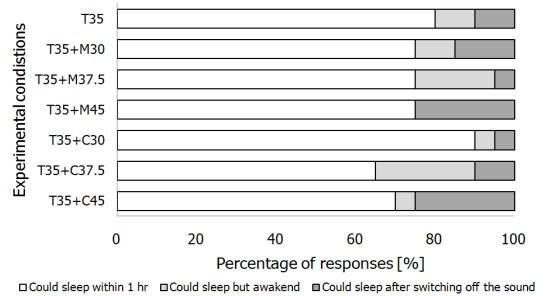


Fig. 4 Effect of noise on falling asleep

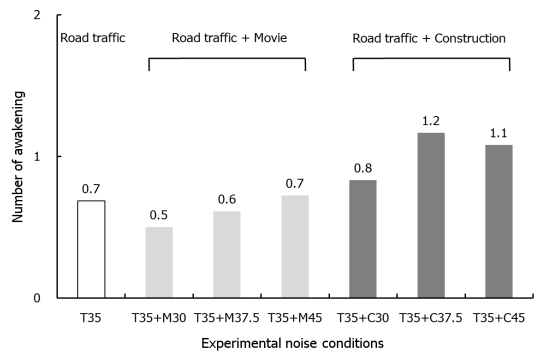


Fig. 5 Number of awakening

3.3 수면에서 깨어난 횟수

실험음원별 피험자가 수면에서 깨어난 횟수는 Fig. 5에 나타난 바와 같다. 대부분의 경우 1회 미만이었으며, T35+C37.5와 T35+C45의 경우에만 수면에서 깬 횟수가 평균 1회를 넘는 것으로 조사되었다. 또한 공사장 소음이 포함된 경우가 영화소음이 포함된 경우보다 수면에서 깨어난 횟수가 다소 높은 것으로 나타났으며, T35+M30와 T35+M37.5의 경우에는 도로교통소음만 제시된 경우보다 수면에서 깨어난 횟수가 도리어 감소하였다. 이는 브레이크 및 망치질 소리 등 충격소음이 포함된 공사장 소음과 달리 영화소음은 정상소음 특성을 보임에 따라 도로교통소음에 대한 마스킹(masking)이 보다 효과적으로 발생했기 때문으로 사료된다.

3.4 수면 방해

11점 척도를 통해 평가된 실험음원별 수면 방해(sleep disturbance)는 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 도로교통소음에 영화소음과 공사장소음이 포함된 복합소음 평가결과는 구분하였으며, 개별소음(T35)의 결과는 복합소음 결과와 별도로 점선으로 표기하였다. 또한 복합소음에 대한 응답과 개별소음(T35)에 대한 응답간의 차이가 통계적으로 유의한 경우는 각 그림에 ‘*’, ‘**’등의 부호를 사용하여 나타내었다.

수면 방해 평가결과 Fig. 6과 같이 30 dBA의 영화/공사장 소음이 포함된 경우에는 모두 개별소음(T35)에 대한 수면 방해보다 낮게 평가되었으며 차이도 통계적으로 유의하였다. 그러나 S/N비가 2.5, 10 dB로 증가할 경우에는 복합소음원의 종류에 따라 다소 상이한 결과를 나타냈다. S/N비가 2.5 dB

인 경우, T35+M37.5는 T35에 대한 평가결과와 차이가 없었으나 T35+C37.5는 수면 방해 정도가 크게 증가하여 T35와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. S/N비가 10 dB로 증가할 경우, T35+M45에 대한 수면 방해는 크게 증가하였으나 공사장소음이 포함된 복합소음 평가결과는 S/N비가 2.5 dB일 경우와 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 도로교통소음과 함께 복합소음을 구성하는 소음원의 종류 및 특성에 따라 수면방해 정도가 달라질 수 있다는 것을 의미한다.

3.5 다음날 활동 영향

소음으로 인한 수면 방해가 다음 날 일상생활에 부정적인 영향을 미쳤다고 응답한 피험자의 수를 조사하였으며, 그 결과는 아래의 Fig. 7에 나타난바와 같다.

도로교통소음만 제시한 실험 이후 다음날 활동에 영향을 받았다고 응답한 피험자는 13명으로 실험에 참여한 피험자의 65%로 조사되었다. 복합소음에

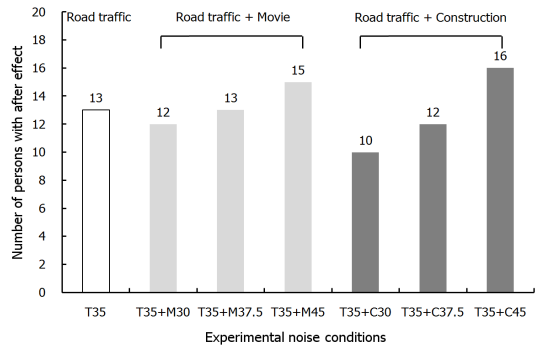


Fig. 7 Number of subjects with after effect

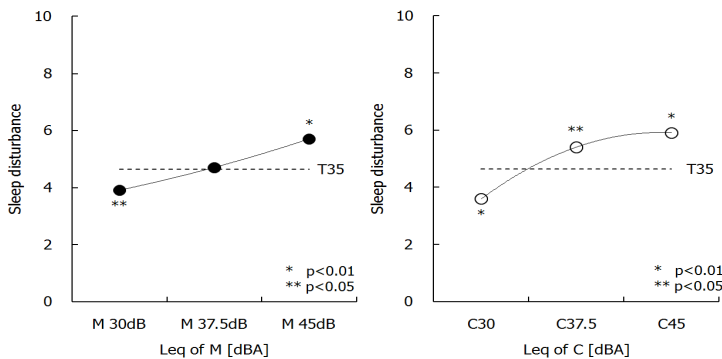


Fig. 6 Results of sleep disturbance; T+M(left), T+C(right)

노출된 이후에는 개별소음보다 응답자가 증가할 것으로 예상하였으나 S/N비가 10 dB로 제시된 다음 날에만 개별소음에 비해 응답자가 증가하였으며, S/N비가 -5, 2.5 dB로 제시된 경우에는 개별소음에 비해 오히려 응답자가 감소하였다. 특히 S/N비가 2.5 dB인 경우에는 공사장 소음이 포함된 복합소음이 개별소음에 비해 수면 방해 측면에서 주관적 반응이 현저히 변화하였으나 다음 날 활동에 부정적 영향을 증가시키지는 않는 것으로 나타났다. 또한 공사장 소음이 포함된 경우 S/N비가 -5, 2.5 dB일 때 영화소음이 포함된 경우에 비해 응답자 수가 적었으나 S/N비가 10 dB일 때에는 응답자 수가 더 많은 것으로 나타났다. 이는 영화/공사장 소음 레벨이 배경소음 이상으로 증가할 경우 다음 날 활동에 영향을 받는 피험자의 수는 영화소음보다는 공사장 소음 변화에 보다 민감하다는 것을 의미한다.

4. 토 의

수면방해 실험을 통해 도출된 수면방해와 복합소음 수면방해 실험에 참여한 피험자 그룹간 주관적 반응 차이를 살펴보기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하

Table 3 Correlation coefficients between SPLs and sleep disturbance from the experiment

	T+M	T+C
Sleep disturbance	0.36**	0.34**

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

Table 4 ANOVA results for subjects' groups; F-value and p-value

	Sleep disturbance (F value / p value)
Gender	0.25, 0.62
Dwelling type	1.81, 0.25
Sleeping hours	4.21*, 0.01

Table 5 Correlation coefficients between annoyance in own house, tiredness, and sleepiness and subjective responses from the experiment

	Annoyance in own house	Tiredness	Sleepiness
Sleep disturbance	-0.15	-0.27**	-0.15

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

였으며, 그 결과는 Table 4에 정리하였다. 그러나 음주 여부의 영향의 경우, 수면 전 음주를 한 그룹에 속한 피험자의 수가 적어 분석 대상에서 제외하였다.

ANOVA 분석결과 수면 시간이 다른 그룹에 대해서 통계적으로 유의한 차이($p < 0.01$)를 갖는 것으로 나타나 사후분석(post-hoc test)을 실시하였다. 사후분석 결과 수면시간이 5시간 이하인 그룹의 경우에만 나머지 그룹과 주관적 반응과 유의한 차이를 보였으나 이 그룹의 피험자는 20명 가운데 1명에 불과해 통계적 차이는 의미가 없을 것으로 사료된다. 이는 이 연구에 참여한 피험자의 수면시간이 수면방해의 평가에 영향을 미치지 않는 것을 의미한다.

11점 척도를 통해 평가된 평소 주거지의 소음환경에 대한 성가심, 피로도 및 잠들기 전 졸려움 정도와 수면방해의 상관관계 분석을 실시하였으며, 그 결과는 아래의 Table 5에 정리한 바와 같다. 평소 피험자가 경험하는 소음환경에 대한 성가심 반응과 잠들기 전 졸려움 정도는 수면방해와 통계적 유의성을 보이지 못해 수면방해 실험결과에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 중간에 쌓인 피로도는 주관적 반응과 유의한 상관관계를 보였다. 피로도는 수면방해와 음의 상관관계를 보임에 따라 피로도가 증가할수록 수면방해는 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 향후 수면방해 실험을 진행함에 있어 피험자의 주간 피로도를 통제하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

5. 결 론

이 연구에서는 개별 및 복합소음의 수면방해 영향을 평가하기 위해 각 피험자의 침실에서 실험을 진행하였다. 실험음원으로는 도로교통소음, 인접세대 및 외부로부터 유입되는 영화/공사장 소음이 활용되었으며, 음원은 MP3와 매입형 이어폰을 통해 제시되었다.

실험결과 피험자는 영화 소음보다는 공사장 소음이 포함된 복합소음이 제시되었을 때 잠에서 깨어나는 횟수 및 수면방해가 증가하였으며, 다음날 활동에 대한 영향 또한 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 야간 공사장 소음으로 인한 수면방해를 방지하기 위해서는 소음도가 35 dB 이하로 유지될 수 있도록 소음방지 대책에 대한 강구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 이 연구에서 도출된 소음 유형

및 소음도에 따른 수면방해 정도는 향후 소음 정책 결정에 활용 가능할 것으로 기대된다.

이 연구에서는 설문지 평가를 통해 수면방해를 평가함에 따라 잠드는데 걸리는 시간 및 수면에서 깨어난 횟수 등의 평가항목은 전적으로 피험자의 기억에 의존할 수밖에 없었으며, 피험자의 즉각적인 반응에 대한 평가는 제한되었다. 따라서 향후에는 몸의 뒤척임(motility)이나 뇌파(EEG) 측정을 적용하여 피험자의 직접적이고 즉각적인 반응에 대한 보다 정밀한 연구가 진행되어야 할 것이다.

후 기

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-313-D00451).

참 고 문 헌

- (1) WHO, 2000, "Guidelines for Community Noise," Edited by Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. and Goh, K. T.
- (2) Fidell, S., Pearsons, K. S., Tabachnic, B., Howe, R., Silvati, L. and Barber, D. S., 1995, "A Field Study of Noise Induced Sleep Disturbance," Journal of Acoustical Society of America, Vol. 98, No. 22, pp. 1025~1033.
- (3) Fidell, S., Tabachnic, B., Pearsons, K. S., Sneddon, M. D., 1995, "Noise-induced Sleep Disturbance in Residences Near Two Civil Airports," NASA Contractor Report 198252, NASA, USA.
- (4) Federal Interagency Committee on Aviation Noise(FICAN), 1997, "Effects of Aviation Noise on Awakening from Sleep."
- (5) Skånberg, A., Öhrström, E., 2006, "Sleep Disturbances from Road Traffic Noise," Journal of Sound and Vibration, Vol. 290, No. 1, pp. 3~16.
- (6) Griefahn, B., Marks, A., Robens, S., 2006, "Noise emitted from Road, Rail and Air Traffic and Their Effects on Sleep," Journal of Sound and Vibration, Vol. 295, pp. 129~140.
- (7) Kaku, J., Hiroe, M., Kuwano, S., Namba, S., 2004, "Sleep Disturbance by Traffic Noise: an Experimental Study in Subjects' Own Houses Using a Portable CD Player," Journal of Sound and Vibration, Vol. 277, pp. 459~464.
- (8) Kim, J., Lim, C. W., Hong, J., Jeong, W., Lee, S., Cheung, W., 2004, "Comparison of Human Responses to Transportation Noise in Monaural and Binaural Hearing, Part II: Annoyance," Transactions of the Korean Society For Noise and Vibration Engineering, Vol. 14, No. 12, pp.1279~1286.
- (9) Namba, S., Kuwano, S. and Okamoto, T., 2004, "Sleep Disturbance Caused by Meaningful Sounds and the Effect of Background Noise," Journal of Sound and Vibration, Vol. 277, pp. 445~452.
- (10) Kuwano, S., Mizunami, T., Namba, S., Morinaga, M., 2002, "The Effect of Different Kinds of Noise on the Quality of Sleep under the Controlled Conditions," Journal of Sound and Vibration, Vol. 250, pp. 83~90.
- (11) Hong, J., Kim, J., Lim, C. W., Kim, K. T., Sung, D. and Lee, S., 2006, "Assessment of Sleep Disturbance on Night-time Instantaneous Railway Noise by Using Actiwatch," Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, KSNVE06S-26-010.
- (12) Ollerhead, J. B., Jones, C. J. and Cadoux, R. E., 1992, "Report of Field Study on Aircraft Noise and Sleep Disturbance," Civil Aviation Authority, London.
- (13) Miedema, H. M. E., Passchier-Vermeer, W. and Vos, H., 2002, "Elements for a Position Paper on Night-time Transportation Noise and Sleep Disturbance," TNO Report 2002-59.
- (14) Vos, J., 2003, "A- and C-weighted Sound Levels as Predictors of the Annoyance Caused by Shooting Sounds, for Various Facade Attenuation Types," Journal of Acoustical Society of America, Vol. 113, pp. 336~347.
- (15) Passchier-Vermeer, W., Vos, H., Steenbekkers, J. H. M., van der Ploeg, F. D. and Groothuis-Oudshoorn, K., 2002, "Sleep Disturbance and Aircraft Noise Exposure," TNO Report 2002-27.