



쾌적수면을 위한 수면단계를 활용한 에어컨 소음 평가에 관한 연구 -20대 여성 피험자를 중심으로-

김종수 · 정용현 · 김동규†
부경대학교(교수)

A Study on Air Conditioning Noise Evaluation Using Sleeping Stage for Comfortable Sleep(Focusing on 20-years-old female subjects)

Jong-Soo KUM · Yong-Hyun CHUNG · Dong-Gyu KIM†
Pukyong National University(professor)

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of air - conditioning noise on sleep stages. Experiments were conducted on noise sources (25, 35, and 45dB) simulating the operation noise of air conditioner indoor unit during 8 hours of sleep time. The physiological signals were used to calculate sleep stage changes. The following conclusions were obtained. The difference in sleep efficiency between 32dB and 39dB was small, and 50dB showed more than 10% decrease in sleep efficiency compared with 32dB. Therefore, it was quantitatively confirmed that the noise generated by the air conditioner during sleep affected the sleeping.

Key words : Air conditioner, Noise, Physiological signal, Sleep stage, Sleep efficiency

I. 서론

수면은 완전한 피로회복과 노동력의 재생산을 위해 필수적인 생리적 수단으로, 주어진 시간 내에 충분한 수면을 취할 수 있는 수면 방법 모색과 수면환경 개선을 통한 수면의 질을 향상시키고자 하는 요구가 증가하고 있다(Choi et al., 2008). 최근 도시의 열섬효과에 의해 여름철 야간에 열대야 현상이 빈번하게 발생함에 따라, 쾌적하게 잠을 자기 위해 여름철 대표적 냉방기기인 에어컨을 사용하는 경우가 증가하고 있다(Kim et

al., 2018). 그런데 야간에 운전 중인 에어컨에서 발생하는 소리가 오히려 숙면을 방해하는 원인이 될 수 있으므로, 가정에서 사용하는 에어컨은 쾌적한 실내온도 및 청정한 공기뿐만 아니라 조용한 운전도 요구된다(Kim et al., 2018). 실내에서 사용되는 가전제품은 가까운 거리에서 소음이 발생하므로 작은 소음이라 하더라도 실내 거주자에게 직접적으로 전달되어 불쾌감을 유발한다. 특히 야간에 사용되는 냉장고의 압축기, 냉매 유로에서의 운전소음과 더불어 숙면을 위한 에어컨은 송풍기, 압축기, 송풍 유로, 냉매 유로, 전동기 등

† Corresponding author : 051-629-7818, dgkim@pknu.ac.kr

* 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년)에 의해 연구되었음.

* 이 논문은 2018년 한국수산해양교육학회 추계 및 대한설비공학회 부산울산경남지회 학술대회 발표 논문을 수정·보완하였음.

에서 지속적인 운전 소음을 발생시켜 수면방해 및 불면증, 수험생 학업방해 등을 일으키는 것으로 알려져 있다(Gu et al., 2012). 수면의 질은 대개 수면의 깊이, 휴식 정도, 만족도와 같은 수면에 대한 주관적인 느낌을 말하며, 이는 우리 몸의 건강과 밀접한 연관이 있다. 기존 연구결과에 따르면 수면의 질이 저하될수록 피로나 두통, 집중력 저하 같은 가벼운 증상부터 기억력 장애, 혈관 질환, 섬망(delirium) 증상에 이르기까지 건강 상태에 많은 영향을 미친다고 보고되었다(Kim et al., 2014). 또한 도시거주자를 대상으로 한 여름철 수면 시 냉방기를 사용하는지에 관한 설문 조사연구에 의하면 응답자의 10.9% 만이 사용하지 않는다고 응답하였고, 수면 시 사용하는 냉방기로는 선풍기(75.5%), 에어컨(24.5%)순으로 나타났다. 그리고 응답자들은 수면 시 가장 방해가 되는 것이 무엇인지에 관해서는 정신적 스트레스(42.3%), 소리(36.6%)순으로 응답하였다(Choi et al., 2008). 소음에 의하여 수면이 방해된다는 것은 분명한 사실이지만, 수면 중 소음이 인체의 수면효율 등에 미치는 영향에 대해서는 연구가 미비한 실정이다. 수면의 질과 관련해서는 수면 환경에 대한 분석 수단 중 PSQI(Buysse et al., 1989)가 가장 보편적으로 사용되고 있지만, 분석 방법이 오직 설문 조사를 통해 수면환경에 따른 수면의 질을 산출하기 때문에 설문 조사를 수행하는 사람의 주관심리가 반영된다. 따라서 사람이 인식하지 못한 수면 중 소음 등에 대한 내용은 주관설문에 기입할 수 없기 때문에 정확하지 않은 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구는 소음이 인간의 수면에 미치는 영향을 정량적으로 알아보기 위하여 8시간의 수면시간 동안 수집된 생리신호인 EEG, EMG, ECG 등의 데이터를 사용하여 소음 조건별로 수면단계의 변화를 산출하여 수면효율, 심수면 시간, 수면 중 뒤척임 등을 분석하였고, 분석결과를 통해 여름철 수면 중 에어컨 사용 시 발생하는 소음이 수면효율에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 개요

소음 영향도를 평가하기 위하여 환경실험실을 사용해서 실험을 진행하였다. 수면실험에 사용된 환경실험실의 사양과 환경실험실 내부의 모습은 <Table 1> 및 [Fig. 1]과 같다. 수면 중 소음 발생을 유도하기 위한 스피커의 사양은 <Table 2>와 같다.

<Table 1> Environmental chamber specification

Item	Specification
Air temperature	10℃~ 40℃±1℃
Relative humidity	30% ~ 80% ±5%
Indoor noise	32dB below
Cooling capacity	9.41kW
Heating capacity	13.9kW
Humidifying capacity	8 ℓ/h
Dehumidifying capacity	1.8 ℓ/h



[Fig. 1] Sleeping places inside environmental chamber

<Table 2> Specification of noise generator

Product Spec.	Input impedance : 10K Ohm
	Frequency Response : 100Hz- 10KHz
Product Spec.	Sub-Woofer : 20Hz-200Hz
	Speaker Unit : 4"(Φ110mm)
	Bass Unit : 4Ohm(Magnetic shield)
	Satellite Unit : 3", 4Ohm(Magnetic shield)
	Power input : AC 220V 50Hz/60Hz 15W
	Size : 124(W)×175(H)×207(D)mm
	Total Weight : 2.8Kg

2. 피험자

피험자 선발을 위해 실험 지원자 30명을 대상으로 수면실태 설문조사와 예비실험(혈압, 비만도, 설문, MEQ 검사, 생리신호)을 실시하였다. 선발과정은 체격이나 생활주기 및 수면양상이 비슷하고, 생리신호를 기반으로 한 소견에서 건강에 이상이 없고, 약물을 복용하지 않으며, 한국표준과학연구원의 조사내용을 반영하여 한국인 평균 인체지수에 근접한 여자 피험자 5명을 선발하였다. 피험자들은 실험 전에 예비교육을 실시하여 실험에 영향을 줄 수 있는 인자(지나친 운동, 과로, 음주, 과식 등)를 배제하도록 하였으며, 실험과 동일한 수면주기를 유지하도록 하였다. 선발된 피험자의 연령과 신체조건은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Physical condition of subject

Age[year]	22.4±4.5
Height[cm]	163.2±3.9
Weight[kg]	53.0±2.7

3. 실험 방법

수면시간 동안 수면 공간 환경의 기온이 너무

낮거나 높으면 수면을 방해하는 경향이 있다. 따라서 기온에 의한 영향을 최소화하고 피험자에게 쾌적한 수면환경을 제공하기 위해 환경실험실 실온은 수면초기에 24℃로 강하시킨 후 점진적으로 실내온도를 26℃까지 상승시켜 수면시간 동안 26℃를 유지하였다. 그리고 수면 중 소음의 영향을 관찰하기 위하여 에어컨 실내기 운전소음을 모사한 3가지 레벨의 소음원(25, 35, 45dB)을 [Fig. 2]의 실험순서에 준하여 8시간의 수면시간 동안 피험자에게 제시하였다. <Table 4>에 제시된 소음 조건별 실측치를 나타냈다. 실측된 소음 수준은 WHO의 야간소음 지침(WHO's Night Noise Guidelines)과 비교할 때 대다수 사람의 수면에 영향을 줄 수 있는 수준으로 나타났다.

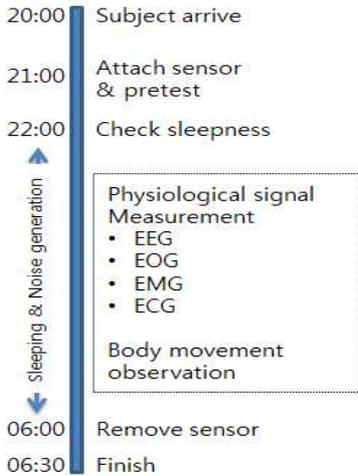
<Table 4> Noise case and measure level value

Noise level[dB]	Measure level[dB]
25	32.0
35	39.3
45	49.6

실험 중 인체로부터 생리신호 및 수면환경 실험실 공간의 소음, 온도 등을 측정하기 위한 장비 목록은 <Table 5>에 나타내었다.

<Table 5> Measurement item and equipments

Measurement Items		Equipments	Remark
Man's body	EEG	LAXTHA LXE1104	C3, C4, REF, GND
	EOG		Up and down 1cm from the edge of the eye
	ECG	HANBYUL Meditech	LA, RA, GND
	EMG		LC, RC, GND
	Blood Pressure Pulse	National EW274	Measure at the same height as the cardiac position
	Body Movement	SONY CCD-TRV66	Subject's body
Indoor Environment	Noise Level	RION NA-27	Measure at head position
	Room Temperature	Thermocouple (T-type)	Measured 30cm above the mattress



[Fig. 2] Experimental process

Ⅲ. 연구 결과

1. 생리신호

피험자의 수면평가를 위해 EEG, EOG, ECG, EMG와 같은 생리신호를 활용한 수면단계 변화와 전체 수면시간, 심수면 시간, 수면효율 등의 수면관련 지표로 구분하여 분석하였다. 수면효율은 전체 수면시간에 대한 심수면 시간의 비를 백분율로 환산하여 나타내며, 수면효율 분석을 통하여 피험자의 숙면 정도를 파악할 수 있다.

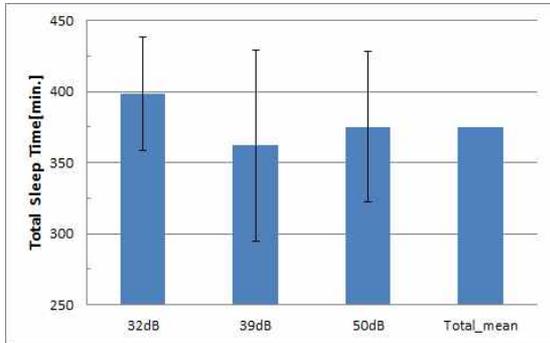
[Fig. 3]에 소음 조건별 전체 수면시간 평균을 나타내었다. 전체 수면시간은 수면시간 중에서 각성 및 REM 수면시간을 제외한 순수한 수면시간을 나타낸다. 소음 조건별 전체 수면시간은 전체 소음 평균값 대비 약 ±5%의 차이가 있지만, 39dB 및 50dB 조건은 32dB 조건에 비해 각각 9%, 6% 정도 감소율을 나타냈지만, 상호간에 통계적인 유의차는 없었다.

[Fig. 4]는 소음 조건별 심수면 시간 평균을 나타내었다. 깊은 수면을 의미하는 심수면 시간은 소음레벨이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈지만, 32dB과 39dB의 경우에는 차이가 적었다.

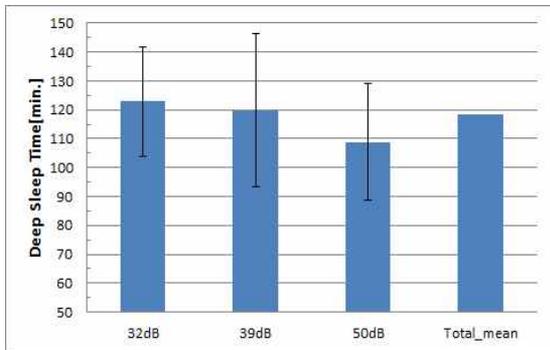
그러나 32dB을 기준으로 50dB 조건에서의 심수면 감소율은 11.4%로 나타났고, 39dB 기준에서 심수면 감소율은 9.2%로 나타났다. 따라서 50dB 조건은 32dB 및 39dB 조건에 비해 평균 10.3% 감소율을 나타냈지만, 통계적인 유의차는 없었다.

[Fig. 5, 6]은 소음 조건별 수면효율 평균을 나타내었다. 소음조건에 따른 숙면의 정도를 파악할 수 있는 수면효율은 50dB 조건이 나머지 2조건에 비해 낮게 나타났고, 수면효율 감소율은 약 6.5~12% 정도로 나타났다. 또한 [Fig. 6]과 같이 수면초기 소음의 영향을 관찰하기 위해 수면 전기 4시간을 기준으로 한 수면효율 분석의 경우에서도 50dB 조건의 수면효율 감소율은 약 11.3~13.3%로 나타났다. 32dB 및 39dB 양 조건은 수면전체 및 초기 4시간 등을 고려할 때 수면효율의 차이는 3% 미만의 차이를 나타내었다. 따라서 수면 중 숙면의 정도를 파악할 수 있는 수면효율 측면에서 볼 때 실험조건으로 제시된 32dB과 39dB은 수면효율의 차이는 적음을 알 수 있었다. 다만, 실험 조건 중 상대적으로 소음강도가 큰 50dB에서는 나머지 2조건에 대비 수면효율의 감소폭이 10% 이상을 나타내어 수면에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단되지만, 실험 분석에 적용된 피험자 수의 제약과 소음에 따른 수면의 영향도가 개인에 따라 차이가 있는 점 등에 따른 한계도 존재한다. 그러나 냉난방 공조 시스템의 저소음화 기술과 관련해서 휴식, 수면을 방해받지 않기 위한 전기기기의 목표소음 레벨에 의하면 거실에서 연속 운전하는 기기는 40dB 이하, 침야 운전하는 기기의 경우에는 30dB 이하로 제시되어 있다(Yoon et al., 1994). 또한 수면에 미치는 영향에 관한 세계보건기구(WHO)의 야간 소음 지침에 의하면 40~55dB의 경우 대다수의 사람에게 영향을 줄 수 있다고 기술되어 있다. 따라서 연구방법 및 분석방법 등의 차이로 인해 기존 연구들과 같이 분명한 결론을 내리기는 어렵지만, 본 연구 결과는 전기기기의 목표소음 레벨 및 세계보건기구의 야간소음지침 등의

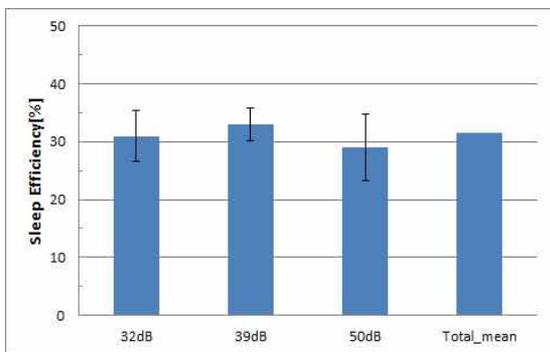
내용과 일치하고 있음을 알 수 있다(WHO's Night Noise Guidelines).



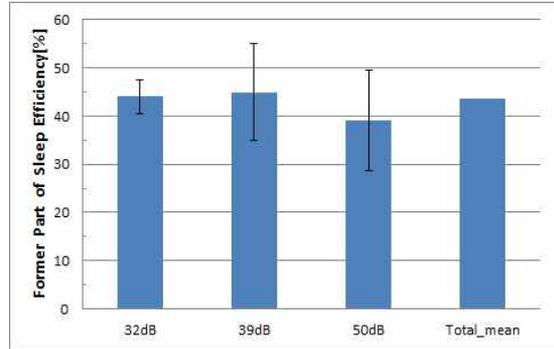
[Fig. 3] Total sleep time by noise conditions[N.S]



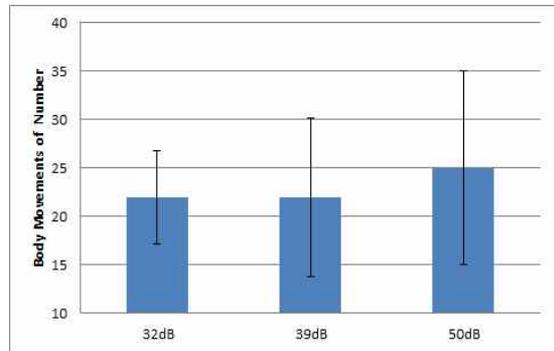
[Fig. 4] Deep sleep time by noise conditions[N.S]



[Fig. 5] Sleep efficiency by noise conditions[N.S]



[Fig. 6] Former part of sleep efficiency by noise conditions[N.S]



[Fig. 7] Body movements of number by noise conditions[N.S]

2. 뒤척임

뒤척임은 8시간의 수면시간 동안 비디오카메라를 이용하여 수면 모습을 촬영한 뒤, 동영상 분석을 통해 신체 전체의 움직임 관찰하여 [Fig. 7]에 나타내었다. 수면 중 뒤척임은 32dB과 39dB은 평균적으로 같았고, 50dB 조건은 32dB 및 39dB 조건에 비해 약 14%정도 신체 뒤척임 횟수가 많게 나타났다.

Knab & Engle-Sittenfeld(1983)는 수면 중 움직임이 적은 상태를 좋은 수면 상태의 기준으로 제시하였고, 이러한 기준을 적용하는 경우 50dB 조건은 나머지 조건에 비해 상대적으로 좋은 수면의 조건이 아니라고 판단할 수 있다.

3. 논의

수면은 매우 복잡한 현상으로 다양한 요인들이 수면에 영향을 미칠 수 있다. 더구나 현재까지 기존의 많은 연구들이 소음측정, 수면 평가 방법, 분석방법 등에 있어 서로 차이가 있으므로 분명한 결론을 도출하기는 어렵다. 그러나 수면과 관련된 최근 연구에 의하면 온도, 냄새, 조명, 신체적인 안락함, 소리 등은 수면에 잠재적인 영향을 줄 수 있다고 한다(www.amerisleep.com). 소음 및 건강 저널에 게재 된 연구 리뷰는 야간 환경소음 노출과 심혈관 질환 사이의 연관성을 보여주는 연구결과로서 낮은 레벨의 소음조차도 수면 장애를 유발하여 건강에 영향을 줄 수 있음을 언급하였다(Kenneth et al, 2012). 2008년 국내도시거주자를 대상으로 한 여름철 수면 시 냉방기를 사용하는지에 관한 설문 조사연구에 의하면 수면 시 사용하는 냉방기는 선풍기75.5%, 에어컨 24.5%로 나타났으며, 수면 시 가장 방해가 되는 것이 무엇인지에 관해서는 정신적 스트레스 42.3%, 소리 36.6%로 응답하였다(Choi et al, 2008). 설문 조사 연구를 진행하였던 시기에 비해 최근에는 여름철에 열대야 발생일수가 더욱 증가함에 따라 수면 시 에어컨 사용 비율 역시 증가하고 있다. 본 연구는 피험자 및 실험조건, 수면평가 방법 등이 기존 연구와 차이가 있었지만, 수면 시 침실의 에어컨에서 지속적으로 발생하는 소음이 숙면에 영향을 주는 것을 정량적으로 확인 할 수 있었다. 그러나 거주환경에서 유발되는 소리는 유형, 소음수준, 개인 취향 및 기타 요소에 따라 긍정적 영향과 부정적 영향을 동시에 갖고 있다. 대다수의 관련 연구들이 소음의 유해한 부작용을 언급하고 있지만 반대로 수면에 긍정적인 영향을 줄 수 도 있다(Jeon et al., 2006, Sim et al., 2008). 특히, 일정한 청각 패턴 없이 전체적으로 일정한 스펙트럼을 가진 백색소음과 같은 경우에는 수면에 도움이 될 수 있을 것이므로 이 분야에 대한 연구도 필요하다고 할 수 있다.

IV. 결론

1)전체 수면시간의 경우 39dB 및 50dB 조건은 32dB 조건에 비해 각각 9%, 6% 정도 감소율을 나타냈다.

2)심수면 시간의 경우 50dB 조건은 32dB 및 39dB 조건에 비해 평균 10.3% 감소율을 나타냈다.

3)수면 중 뒤척임은 32dB과 39dB은 평균적으로 같았고, 50dB 조건은 32dB 및 39dB 조건에 비해 약 14%정도 신체 뒤척임 횟수가 많게 나타났다.

4)수면 중 숙면의 정도를 파악할 수 있는 수면효율은 32dB과 39dB은 수면효율의 차이는 적음을 알 수 있었고, 소음강도가 상대적으로 큰 50dB에서는 수면효율의 감소폭이 10% 이상을 나타내어 수면에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

References

American Speech-Language-Hearing Association. WHO's Night Noise Guidelines. www.amerisleep.com

Buysee DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR and Kupfer DJ(1989). The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193~213.

Choi JW, Kim DH and Kim JY(2008). Sleeping Environment of Korean-Focused on Indoor Condition and Sleeping Habits, *Journal of Korean Society of Living Environmental System*, 15(1), 8 5~91.

Gu JH, Lee JW, Lee WS, Choi KH, Park HK, Kim SS, Yun HK, Jang EH and Han JS(2012). Characteristics of sound power level of the household appliances. *Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 55 8~559

Jeon JY, You J and Kim SY(2006). Evaluation of Quality of Air-conditioning Noise. *Transactions of*

- the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 16(5), 551~558
- Kenneth I Hume, Mark Brink and Mathias Basner(2012). Effects of environmental noise on sleep, *Noise & Health*, 14(61), 297~302
- Kim DG, Lee CH, Chung YH and Kum JS (2018). A Study on Noise Evaluation for Comfortable Sleep. Autumn Conference of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education, 19
- Kim HR, Lee KR, Park KC, Choe ST and Cho WD(2014). A Study on The Sleep Quality Index Considering Noise During Sleep, Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, 5~6.
- Kim MS, Chung YH, Kum JS and Kim DG(2018). A Study on the Evaluation of Noise Effect for Comfortable Sleep in summer. Conference of the Korean Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineers of Korea, Busan-Ulsan-Kyungnam Branch, 28
- Knab D and Engle-Sittenfeld(1983). The many facets of poor sleep. *Neuropsychobiology*. 10, 141~147
<https://doi.org/10.1159/000118001>
- Sim MH, You J, Jeong CI and Jeon JY(2008). Subjective evaluation of sound quality variations in Air-Conditioning sounds. Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 29 3~294
- Yun JE and Han DJ(1994). Low noise technology for air conditioning and air-conditioning system, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 4(2), 11~115
-
- Received : 05 January, 2019
 - Revised : 22 January, 2019
 - Accepted : 25 January, 2019