

환경소음의 위해성
조사 및 평가

환경소음이 수면에 미치는 영향

윤 종 철*
(경기도립노인전문병원)

1. 머리말

문명의 발전과 함께 현대인은 원하지 않는 각종 환경 소음에 노출되어 있다. 그 중 자동차, 기차, 비행기 등 다양한 교통소음은 가장 심각한 문제일 것이다. 환경 소음은 청력손실과 같은 직접적인 신체장애를 초래할 뿐 아니라 심각한 스트레스를 포함한 다양한 비 청력관련 건강문제를 야기할 수 있다. 비청력 건강문제 중 환경 소음에 의한 수면 장애는 삶의 질에 가장 큰 영향을 미치는 요인이지만 지금까지의 연구들이 청력에 집중된 탓에 소음이 수면에 미치는 영향은 많은 주목을 받지 못했다. 또한, 대부분의 공학분야 전문가들은 수면이라는 비교적 낮은 분야에 대한 사전 지식이 부족한 것도 그 이유 중 한가지로 지적될 수 있다. 따라서, 이 글에는 인간의 정상 수면에 대한 간략한 설명을 바탕으로 현재까지 이루어진 환경소음이 수면에 미치는 영향에 대한 연구 결과들에 대한 이해의 폭을 넓히고자 한다.

2. 정상수면

2.1 수면의 정의

행동적인 측면에서 수면이란 '주변의 환경을 인지할 수 없고 자극에 반응할 수 없는 가역적 행동상태'로 정의할 수 있다. 예를 들어, 누는 자세를 취하고 눈을 움직이지 않고 가만히 있는 행동을 말한다. 하지만, 자면서 걸어 다니고 이야기를 하는 등 일부 수면장애에서 나타나는 증상은 행동적인 정의만으로는 수면을 정확하게

정의하기 어렵다는 사실을 보여준다. 따라서, 많은 수면의 학자들은 행동적 측면 외에 다양한 생리적 지표를 사용하여 수면을 정의하는 경향이 있다. 생리적 지표로 수면을 구분하면 수면은 빠른눈운동수면(rapid eye movement sleep, 이하 렘수면)과 느린눈운동수면(non-rapid eye movement sleep, 이하 비렘수면)으로 나뉘어진다. 간단히 말하면 렘수면은 몸은 마비되지만 활발한 뇌활동을 하고 있는 상태이며 비렘수면은 몸은 움직일 수 있지만 비활동적인 뇌활동상태라고 볼 수 있다.

2.2 수면의 단계

수면 단계는 1936년 Loomis, Davis, Harvey에 의해 처음 보고된 후 Dement, Kleitman에 의해 여러 단계로 구분되기 시작했다. 비렘수면은 수면방추파(sleep spindle), K 복합파(K complex), 고전압서파(high voltage sleep

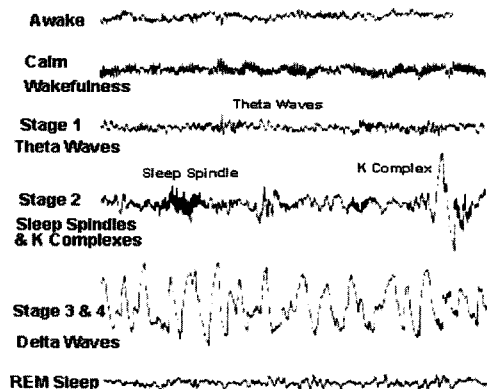


그림 1 수면단계에 따른 뇌파 변화

wave) 등 특징적인 파형이 나타나며 뇌파는 동조성 양상을 보이는 상태로 뇌파 기록을 기준으로 1단계에서 4단계까지 네 단계로 나눈다. 1단계는 안구운동과 근전도는 느리고 뇌파는 낮은 진폭을 보이는 쉼타파(4~7 Hz)가 주로 나타난다. 2단계는 수면방추파(12~14 Hz), K복합파가 특징적으로 나타난다. 이후 3~4단계는 뇌파의 20~50% 이상이 2~4 Hz의 서파 혹은 델타파로 구성되기 때문에 이를 서파수면, 델타 수면 혹은 깊은 수면이라고 부른다. 렘수면은 비렘수면의 1단계와 유사한 형태의 뇌파를 보이고 안구 운동이 활발하게 나타난다.

2.3 수면 주기

수면주기에 대한 일반적인 원칙은 수면은 비렘수면으로 시작하고 렘수면은 수면 시작 후 80분까지는 나타나지 않으며 렘수면과 비렘수면은 약 90분 주기로 반복한다는 것이다.

(1) 수면의 시작

수면의 시작을 정확히 정의하기는 어렵고 논란이 많다. 단 하나의 지표로 수면의 시작을 구분 짓기는 어렵다. 왜냐하면 뇌파가 수면단계로 진입했음에도 불구하고 일부의 사람들은 자신들은 깨어 있었다고 주장하기 때문이다. 수면다원검사에서 기본적으로 기록되는 근전도, 안전도, 뇌파 등과 같은 지표들이 수면이 시작되면서 어떠한 양상으로 변하는지 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 근전도는 수면시작에 가까워지면서 활성도가 점차로 줄어들게 된다. 그러나 정확히 한 시점을 기준으로 수면이 시작되었다고 할 만한 변화는 없다. 더구나 각성상태라도 충분히 이완된 상태에서의 근전도는 수면시의 근전도와 별반 다를 것이 없다. 안전도는 수면에 가까워지면서 느리고 비동조성의 안구운동을 보이다가 몇 분 지나 잠들고 나면 안구운동이 없어진다. 종종 이러한 느린 안구운동은 사람들이 주관적으로 잤다고 하는 시점과 일치하는 경우가 있지만 그렇지 않다고 느끼는 사람들이 더 많다. 뇌파는 수면에 가까워지면서 후두부에 두드러지게 나타나는 알파파(8~13 Hz)가 감소하면서 1단계 뇌파형으로 흔히 지칭되는 비교적 낮은 전압의 혼합형 주파수 파형으로 바뀌게 된다. 그러나 1단계 뇌파의 시작이 주관적으로 느끼는 수면의 시작과 일치한다고 볼 수는 없다. 이러한 이유 때문에 일

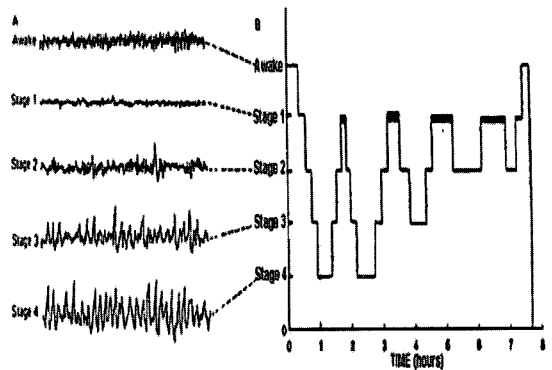


그림 2 수면주기(B)와 뇌파(A)

부 연구자들은 K복합파나 수면방추파와 같이 특징적인 수면파가 나타나는 2단계를 수면시작으로 하자는 주장을 하기도 한다. 그럼에도 불구하고 느린 안구운동이 동반되거나 뒤따르는 1단계 뇌파로의 변화를 수면의 시작으로 보자는 것이 일반적으로 받아들여지는 합의점이다.

(2) 수면 시작 후 첫 번째 주기

비렘수면의 1단계 수면은 일반적으로 몇 분(1~7분) 정도만 지속된다. 각성역치가 낮아서 자기이름을 듣거나 가벼운 접촉이나 조용히 문닫는 소리 등에 의해서도 쉽게 깨어날 수 있다. 2단계수면은 K복합파와 수면방추파가 나타나면서 대략 10분에서 25분간 지속된다. 이 단계에서는 각성 역치가 다소 올라가 있기 때문에 1단계수면에서는 충분히 깨어날 만한 자극을 주어도 깨어나지 않고 단지 K 복합파가 기록되는 정도의 변화만 일어나게 된다. 2단계가 점차 진행되면서 고전압서파의 활동이 나타난다. 이러한 서파의 활동이 점차 두드러져서 75 μ V이상의 전압에 2Hz이하의 주파수를 가진 서파가 전체 뇌파의 20~50%정도를 차지하게 되면 3단계수면에 이른다. 그러나 3단계 수면도 몇 분 동안만 일시적으로 지속하게 되며 결국 뇌파의 50%이상이 서파로 이루어지는 4단계 수면으로 이행하게 된다. 4단계수면은 첫 번째 수면주기 동안에는 20~40분 정도 지속이 된다. 3단계와 4단계에서는 더욱 각성 역치가 올라가기 때문에 웬만한 자극이 주어져도 깨어나지 않게 된다.

첫 번째 렘수면은 대개 수면 시작 후 70~90분 후에 오며 1~5분 정도로 짧게 나타난다. 렘수면에서 각성 역치

표 1 Comparison of NREM and REM sleep

	NREM sleep	REM sleep
EEG	Sleep spindle, K complex, high voltage sleep wave	Low volatage, mixed frequency waves
EOG	Slow movement	Rapid movement
EMG	Partial relaxation	Atonia
Blood pressure	Decreased	Variable
Heart rate	Decreased	Variable
Cerebral glucose metabolism	Decreased	Unchanged or increased
Body temperature	Decreased	Increased
Genitalia	Unchanged	Erection
Dreaming	Infrequent	Frequent

는 매우 다양하다. 왜냐하면 렘수면 동안엔 내부 자극에 선별적으로 주의를 기울이기 때문에 반응이 없을 수도 있고, 또한 자극이 가해져도 각성까지는 초래하지 못하고 그 시점에서 진행중인 꿈의 내용으로 함입될 수도 있기 때문이다.

(3) 렘-비렘수면 주기

첫 번째 렘수면이 사라지면서 2단계 수면이 다시 나타나면 두 번째 수면주기가 시작된다. 두 번째 렘수면은 처음보다 더 길다. 이렇게 주기가 진행되면서 렘수면은 점차 길어지고 비렘수면의 서파수면은 점차 없어지게 된다. 따라서, 서파수면은 수면 초기 1/3에 집중되고 렘수면은 후반 1/3에서 우세하다고 할 수 있다. 반면, 2단계 수면은 전체에 골고루 분포하므로 전체 수면 중 렘수면과 비렘수면의 서파수면이 20~25%를 차지하는데 반해 비렘수면 중 2단계 수면은 전체 수면의 45~50%를 차지한다. 렘수면과 비렘수면이 반복되는 기간은 약 70~110분 정도이다. 건강한 성인이 8시간 수면을 취하는 경우 렘수면은 약 5회 반복된다고 볼 수 있다.

2.4 수면에 따른 생리적 변화

수면과 함께 여러 가지 생리현상이 변화한다. 혈압, 심박동, 심박출량, 호흡수, 체온, 산소 소비량 등이 수면 시작과 함께 비렘수면에서는 감소하지만 렘수면에서는 갑자기 증가하는 양상을 보인다. 음경의 발기도 렘수면에서 일어난다. 다만, 렘수면의 근육 긴장도는 예외적으로 각성기일 때 보다 감소된 비렘수면시의 수준

보다도 감소한다. 이러한 렘수면기의 생리적 변화를 두 가지로 구분하기도 한다. 긴장형(tonic event)은 렘수면 동안 지속되는 근육긴장도 감소, 발기가 포함되며 위상형(phasic event)은 안구운동, 심장 및 호흡기능 변화, 간헐적 근육 경련이 포함된다.

2.5 수면의 기능

인간의 수면이 어떤 기능을 하는지에 대해 휴식, 항상성의 회복, 에너지 보충 등 다양한 설이 제기된 바 있지만 아직 충분히 규명되지 못했다. 일정기간 강제로 수면을 취하지 못하게 하는 수면박탈은 수면의 기능을 연구하기 위한 한가지 방법인데 아직 명확한 결과를 얻지는 못하고 있다. 수면을 박탈하는 경우 환각과 환시가 나타날 수도 있다지만 흔하지는 않고 그보다는 집중력 저하, 수행능력 감소 등 과제 수행능력의 감소가 보고되고 있다.

2.6 연령에 따른 수면변화

유아기의 수면은 렘수면으로 시작하는 경우가 흔한데 어른에서 이러한 현상은 병적이다. 이 시기에도 비렘-렘수면의 일주기 변동이 존재하지만 신생아기에는 주기의 길이가 약 50~60분으로 성인의 90분에 비하여 매우 짧다. 성인과 같은 수면주기로의 변화는 천천히 이루어지는데 어른과 같은 수면단계양상은 2-6세에 처음으로 출현하게 된다. 왜냐하면 뇌가 고전압서파 활동

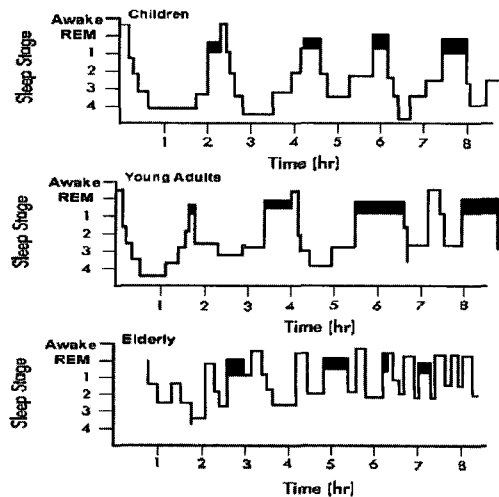


그림 3 연령에 따른 수면 주기 변화

을 낼 수 있는 정도로 구조와 기능이 발달해야지 3, 4단계수면, 즉 서파수면이 가능하기 때문이다. 서파수면은 소아기에 가장 최대로 증가하게 되고 연령에 따라 두드러진 감소를 보인다. 어린 소아의 서파수면의 성인의 서파수면과는 질적으로나 양적으로 다르다고 할 수 있다. 예를 들어 첫 번째 서파수면단계에 있는 어린이를 깨우기는 거의 불가능한 일로써 한 연구에서는 10세 정도의 소아들은 123 dB 정도의 소음에도 전혀 깨어날 징후를 보이지 않았는데 도로굴착(100~110 dB)이나 제트기 이륙(120~130 dB)의 소음 정도와 비교하면 놀랄만한 일이다. 서파수면의 양적인 변화는 청소년기에 가장 두드러지는데 십대를 거치면서 전체수면시간은 크게 변하지 않으면서 서파수면만 거의 40%나 감소하게 된다. 청소년기의 서파수면의 감소는 대뇌 피질의 신경연접 밀도 감소시기와 일치한다.

노인들은 흔히 수면 중에 깨어나는 것(awakening after sleep onset, WASO), 너무 일찍 깨어나는 것(early morning awakening), 낮에 졸린 것(daytime sleepiness)를 자주 호소한다. 이러한 노인들의 호소는 객관적인 수면 변화에서 기인한다. 즉, WASO의 증가는 델타 수면의 감소, 수면요구의 감소, 청각 각성 역치(auditory arousal threshold)의 감소에 의한 것으로 해석되고 있다. 연령의 증가와 함께 수면 구조에도 변화가 온다. 즉, 1단계 수면이 증가하고 각성이 자주 나타나며 서파수면이 감소하는 것으로 보고된다. 렘수면은 전체수면에서의 비율로만 보자면 고령이 되어도 변함없이 잘 유지된다. 렘수면의 절대량은 지적인 기능과 연관되며 기질성뇌증후군 환자에서는 렘수면감소를 관찰할 수 있다.

2.7 수면다원검사

수면다원 검사는 수면이 여러 단계로 구성된다는 사실과 비렘수면이 발견된 1950년대부터 개발되기 시작

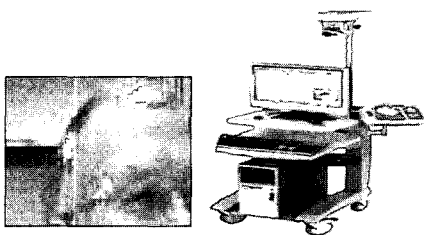


그림 4 수면다원검사기계

했다. 당시의 수면다원 검사는 뇌파, 안구운동, 근육긴장도를 측정하는 4채널을 사용하여 수면과 관련된 생체신호를 동시에 기록하였지만 현재는 이밖에도 턱근전도, 심전도, 호흡공기흐름, 가슴-배 호흡운동, 다리 근전도, 혈액산소포화도, 코골이 소리 등을 측정하고 식도 내 압력, 음경발기 상태 등 검사목적에 따라 필요한 항목들을 추가할 수 있다. 이렇게 복잡한 수면다원 검사를 실시하는 목적은 수면장애를 진단하기 위해서이다. 예를 들어, 낮 동안에 지나치게 졸음을 호소하는 환자의 경우 수면다원 검사를 통해 기면병이나 수면무호흡증후군 등 수면장애를 진단할 수 있다.

2.8 비정상 수면 : 불면증

소음에 의한 수면장애는 불면증으로 나타난다. 불면증은 환자 자신이 느끼기에 잠이 불충분하거나 비정상적인 상태로 잠이 들기 힘들거나, 자다가 자주 깨거나, 한번 깨면 다시 잠들기 힘들거나 수면시간이 짧다고 느끼거나 잠을 자도 개운하지 않다고 느끼는 등 여러 가지 형태로 나타나는 수면 관련 증상을 일컫는다. 불면증은 지속기간에 따라 한달 미만으로 지속되는 경우를 급성으로, 6개월 이상 장기간 계속되는 경우를 만성으로 분류한다. 성인의 경우 일시적 불면증은 전 인구의 1/3에서 나타나고 만성적 불면증은 10% 정도에서 경험하는 것으로 보고된다. 하지만, 불면증은 일반적으로 생각하는 것처럼 그 자체를 질병으로 여기지는 않으며 여러 가지 원인에 의해 나타날 수 있는 증상으로 본다. 불면증을 일으킬 수 있는 주요 원인으로는 수면무호흡증, 우울증, 주기적 사지운동증, 하지불안 증후군, 약물남용 등을 들 수 있다. 이 중 우울증은 만성적 불면증 환자의 25%가 경험할 정도로 불면증의 흔한 원인으로 매우 중요하다. 앞서 언급한 원인을 발견할 수 없는 경우 일차적 불면증이라는 수면질환으로 진단할 수 있는데 국제 수면장애분류(international classification of sleep disorder, ICSD)에서는 정신생리적불면증, 특발성 불면증(idiopathic insomnia), sleep state misperception으로 구분한다. 정신생리적 불면증은 일명 학습화된 불면증 혹은 행동적 불면증으로 불리고 심리적, 인지적 혹은 조건화된 요인들이 원인으로 지적되고 있다. 특발성 불면증은 수면-각성 상태를 조절하는 신경구조의 이상으로 발생하며 sleep state misperception은 객관적인 검사상

이상이 없는데도 주관적인 불편증을 호소하는 상태를 말한다.

3. 소음이 수면에 미치는 영향

다음 내용의 일부는 Nelson(1987)의 5장의 sleep disturbance의 내용 중 관련 내용을 발췌하여 정리한 것임을 밝혀둔다.

3.1 환경소음에 의한 수면장애

공항, 열차 그리고 자동차 등에 의한 환경 소음이 단기 수면에 미치는 영향을 평가하기 위해 사용되는 여러 지표 중 중요한 것은 두 가지는 잠에서 깨어남(awakening)과 수면 단계의 변화이다. 깨어남은 환자가 잠에서 깨게 되면 주변의 벨을 누르도록 지시하는 방법을 사용하거나 다음날 피검자에게 전날 수면을 회상하도록 하는 설문조사로 측정 수면단계의 변화는 뇌파측정을 통해 이루어진다.

환경 소음은 수면에서 깨어남과 연관이 있다. Griefahn (1980) 등은 여러 연구의 결과를 종합하여 소음의 피크레벨(peak level)과 깨어남의 연관은 0.826이었고 68%의 깨어남을 설명할 수 있다고 보고하였다. 이 연구에 의하면 피크레벨이 60 dB이하인 경우는 깨어남이 없다고 보고되고 수면의 단계를 변화시키지 않는 것은 37 dB이하라고 보고되고 있다(그림5). 결국 침실에서 peak noise level이 37 dB이하인 경우 EEG로 측정된 수면의 단계가 변화하지 않는다고 볼 수 있지만 교통 소음을 이 정도로 줄일 수 있는지는 의문이다. 한편 수면 중 깨어남 뿐 아니라 깨어난 후 다시 잠들기도 어려운 것

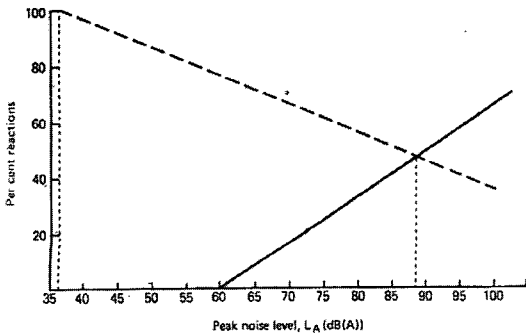


그림 5 최고 소음에 따른 깨어남(-)과 무반응(항공기소음, - -)의 비율 (Nelson(1987), Figure 5.1)

으로 보고된다. 예를 들어, Osada 등(1974)은 배경 소음이 40 dB에서 보다 피크레벨이 60 dB인 경우에 수면까지 걸리는 시간이 2-3배 길다고 보고하였으며 noise level이 증가할수록 수면에서 깬 후 다시 잠들기 어렵다고 보고하였다.

환경 소음은 수면 구조에 영향을 미쳐 교통 혹은 공항 소음의 증가가 서파 수면과 비렘수면을 감소시킨다는 연구결과들이 있다. 또한, 소음의 증가는 렘수면이 나타나는 시간을 줄이고 잦은 각성을 초래한다고 한다. 이러한 수면구조의 변화는 소음을 줄이면 감소되는데 만성적인 소음에 노출되었던 경우는 1주일이 지난 다음에 긍정적인 효과가 극대화되고 약 한 달 가량 효과가 지속된다고 한다(Fredman et al. 1974). 또한, 처음 소음이 발생한 후 소음을 줄여 수면 부채(debt)를 줄여주면 다시 소음이 발생하더라도 처음보다 수면 시간, 서파 수면, 비렘수면 등 모든 면에서 처음 소음이 발생했던 시기에 비해 나은 수면 구조를 가진다고 보고되었다(Wilkinson et al., 1984). 피크레벨 외에 소음의 시간간격(time interval)도 수면장애와 연관이 있어서 소음간의 간격이 40분인 경우 가장 큰 뇌파의 변화를 일으키는 것으로 보고된다. 또한, Vernet 등(1983)은 비교적 조용한 환경인 경우 소음이 발생한 시간이 수면의 질에 큰 영향을 미치며 시끄러운 환경인 경우 피크레벨과 지속시간이 더 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 이외에도 소음이 발생하는 환경과 군대와 같은 집단 특성, 소음에 폭로된 시간 등이 수면장애와 양상과 연관이 있다고 보고되기도 한다.

이러한 연구결과에서 반드시 고려해야 할 것은 수면 구조의 개인차이와 검사 환경이다. 연령과 성별은 수면 구조의 개인차이에 매우 중요하다. 앞서 언급한 것과 같이 연령은 수면 구조에 결정적 변화를 일으킬 수 있다. Lukas 등(1970)은 소음에 의한 깨어남의 빈도를 연령대별로 비교하였는데 어린아이는 성인에 비해 현저하게 적은 빈도를 보였으며 노인의 경우 현저하게 높은 깨어남의 빈도를 보였다. 성별로도 여성은 남성에 비해 소음에 민감한 것으로 알려져 있다. 검사 환경도 각 연구들마다 서로 다르다. 소음 측정은 실험실, 피검자의 집, 공항 주변 등 다양한 장소에서 행해졌고 소음의 강도를 비롯한 특성과 그에 폭로된 시간 등도 서로 다르다. 뇌파를 측정할 경우 기록 시간, 분석방법 등이 서로

다르다.

그럼에도 불구하고 환경소음은 수면의 구조에 영향을 미치는 것은 분명하다고 보여진다. 다만, 이러한 수면 구조의 변화가 어떤 건강의 문제를 초래하고 이것이 장단기 폭로에 따라 어떤 차이를 보이는지는 아직 명확하지 않다고 보인다.

3.2 만성적 소음에 대한 적응

지속적인 소음에 대한 폭로는 생리적 습관화(habituation) 현상을 야기하여 점차 소음에 대한 반응이 감소한다. 예를 들어, Thiessen(1980) 등은 매일 밤 65 dB의 소음이 7차례 울리도록 디자인하고 24일 동안을 관찰하였다. 이때, 수면 단계의 변화는 없이 잠에서 깨어

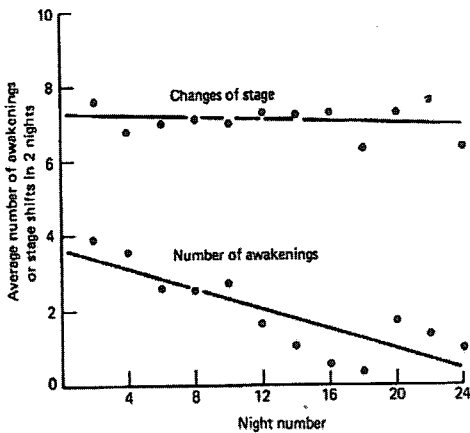


그림 6 24일 동안 소음발생에 따른 수면단계 및 깨어남의 발생빈도 (Nelson(1987), Figure 5.2)

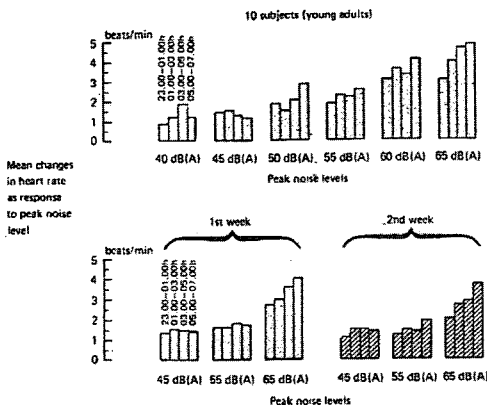


그림 7 소음에 대한 2시간 동안의 평균 심박수 변화 (Nelson(1987), Figure 5.4)

나는 횟수는 점차 줄어드는 양상을 관찰하였다(그림 6). 하지만, 심박수를 비롯한 생리적 변화는 습관화되지 않는 경향을 보였다. 예를 들어, Muzet(1980) 등은 26명에게 40에서 65 dB의 소음을 시간당 90회 주었을 때 하룻밤 동안 심박수 증가는 적음 양상을 보이지 않았으며 2주일 동안에도 이런 양상은 변화하지 않았다(그림 7). 보다 장기간 공항소음에 노출된 경우에 대한 연구에서도 이와 유사한 결과가 관찰된다(그림 8).

한편, 생리적인 변화는 소음에 의해 빠르게 변하지만 수면관련 불만은 더 늦게 변화할 수 있다는 연구결과도 있다. 예를 들어, Levere 등(1977)은 실제로 15 dB의 소음을 줄이는 경우에 1, 2 단계의 수면 방해는 줄어들지만 주관적인 수면의 질은 변화하지 않는다고 보고하였다.

또한, 공항 소음의 감소와 함께 객관적인 수면 지표는 향상되었지만 같은 기간 동안 거주민들의 수면 관련 불만은 줄지 않았다는 보고도 있다(Friedman, 1974). 이런 연구결과와 관련하여 공항주변 주민들의 수면장애의 20%는 소음 이외의 원인에 의해서 발생한다는 보고를 고려할 필요가 있다.

3.3 약물사용과의 연관

소음이 심한 지역에 사는 사람들은 그렇지 않은 사람들에 비해 전반적인 약물 사용, 수면제 복용의 양이 더 많다는 보고들이 있다.

예를 들어, Relster(1981)는 소음이 심한 지역에 사는 사람들은 그렇지 않은 지역에 사는 사람들에 비해 약 7% 이상 정신과 상담을 받는 비율이 높았으며 정신과 병원으로 의뢰된 비율도 4%로 기준지역의 두 배에 달했다.

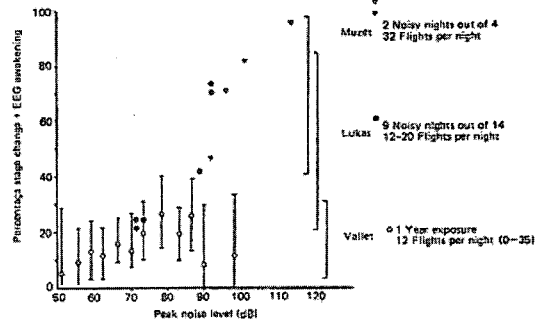


그림 8 공항소음폭로에 따른 반응의 비교 (Nelson(1987) Figure 5.6)

또한, 안정제를 정기적으로 복용하는 비율이 25%로 기준지역의 17%에 비해 현저하게 높은 비율을 나타냈다.

3.4 수면장애에 따른 수행능력저하

많은 연구들이 소음에 폭로된 후 발생한 수면장애에 따른 인지기능의 변화 중 반응시간(reaction time)에 집중하였다. 소음에 의한 수면장애는 다음날 자극에 대한 반응시간 지연을 초래하는 것으로 보고되고 있다 (Schapkin et al., 2006, Ouis, 2001). 예를 들어, Alexander (1975) 등은 충분히 휴식을 취한 대상자들에 비해 속도와 정확도가 저하된다고 보고하였다.

또한, Vallet(1983) 등은 소음에 노출된 밤을 지낸 대상자들의 반응시간은 조용한 밤을 보낸 대상자들 보다 유의미하게 긴 반응시간을 보였다고 보고하였다.

3.5 환경 소음과 함께 고려해야 하는 요인들

수면은 매우 복잡한 현상으로 매우 다양한 요인들이 수면에 영향을 미칠 수 있기 때문에 소음이 수면에 미치는 영향을 규명하려는 경우 다른 요인에 대한 고려가 반드시 필요하다. 그 중 중요하게 생각할 것은 온도, 약물, 통증을 들 수 있다. 먼저 환경적으로 기온이 너무 높거나 낮으면 수면을 방해하는 경향이 있다. 비렘수면보다는 렘수면이 외부온도에 더욱 민감하게 영향을 받게 된다. 이는 비렘수면의 체온조절이 항온성(homeothermic) 기전인 것과는 달리 렘수면 동안에는 체온조절이 변온성(poikilothermic)으로 이루어지기 때문이다. 즉 렘수면 동안에는 양서류나 파충류와 같은 변온동물처럼 스스로 체온을 조절하지 못하고 외부의 극한 변화에 반응을 하지 못하는 것과 관련이 된다고 볼 수 있다. 외부온도에 반응하여 몸을 떨거나 땀을 흘리는 현상도 렘수면보다 비렘수면에 보여지는 현상이다. 사용하는 약물에 의해서도 수면은 영향을 받는다. 예를 들어 벤조디아제핀은 서파수면을 억제하지만 렘수면에는 별다른 영향이 없다.

삼환계 항우울제(TCA)와 단가아민산화효소억제제(MAOI)는 렘수면을 억제한다. 또한 일부의 약물은 렘수면단계에서 정상적으로 일어나야 되는 골격근 운동억제가 일어나지 않아서 운동기능이 증가되어 주기성 사지운동증이 나타나기도 한다. 알코올은 수면초반에

렘수면을 억제하지만 알코올이 대사되어 빠져나가면 렘수면의 증가가 초래된다. 통증을 주증상으로 보이는 질환에서도 잦은 각성으로 인한 수면분절이 자주 나타난다.

월경전증후군, 수면무호흡증후군, 만성섬유조직염증후군(chronic fibrositis syndrome) 등에서도 수십 내지 수백 번의 각성이 있을 수 있다. 알레르기비염, 류마티스관절염, 파킨슨병 등에서도 일시적 각성이 두드러지게 나타난다.

3.6 야간소음의 인덱스와 수면방해에 관한 기준

다양한 국제기관에 의해 발표된 기준들은 세계 여러 나라들이 수면보호 및 수면을 통한 육체적 정신적 피로의 회복에 관하여 많은 관심이 있다는 것을 입증한다. The European Communities Commission은 건물 안에서 야간Leq가 30~35 dB(A)이하, 최대 45 dB(A)이하에서는 수면에 영향을 미치지 않는다고 간주한다.

또한, The Organization for Economic Cooperation and Development는 회원국들에게 잠을 청하기 위한 수준은 35 dB(A), 얇은 잠이 들기까지의 대한 수준은 45 dB(A), 깊은 잠이 들기까지의 대한 수준은 50 dB(A), The world Health Organization은 야간 동안 약 35 dB(A)내의 수준을 추천하고 있다. 하지만, 이런 기준 들은 대부분 실험실에서 얻어진 결과를 토대로 작성된 것으로 너무 엄격하

표 2 도로유형별 주간과 야간의 소음차이 (Nelson(1987), Table 5.6)

Leq parameter	Class of road						
	A	B	C	D	E	F	All classes
(1)Leq 08:00-22:00	55	61.7	65.1	69.6	71.9	77.1	68.2
(2)Leq 20:00-08:00	50.4	55.	59.8	64.1	67.6	72.2	63.2
(1)-(2)	4.6	26.5	5.3	5.5	4.3	4.9	5.0
(3)Leq 20:00-24:00	48.9	56.0	60.5	64.6	68.1	72.7	63.6
(1)-(3)	6.1	5.7	4.6	5.0	3.8	4.4	4.6
(4)Leq 00:00-05:00	43.5	48.2	53.0	58.3	63.7	67.6	57.7
(1)-(4)	11.5	13.5	12.1	11.3	8.2	9.5	10.5
(5)Leq 05:00-08:00	54.6	57.9	62.6	67.1	70.1	74.8	65.9
(1)-(5)	0.4	3.8	2.5	2.5	1.9	2.3	2.3

다는 지적이 있다.

야간에 발생할 수 있는 교통량과 그에 따른 소음 결정 정도를 낮 동안에 발생할 수 있는 소음의 한계치를 통해 예측하는 것이 타당한가에 대해서는 의문이 든다. 일반적으로 주요 도로 주변의 낮과 밤 동안의 Leq레벨의 차이는 10 dB(A)정도로 받아들이고 있다. 이것은 08:00~22:00 시간대의 Leq=65 dB(A)제한으로 적용할 경우 야간 제한은 자동적으로 55 dB(A)로 적용된다는 것을 내포한다.

이것은 소음의 특별한 경우를 제외하고는 일반적으로 수면을 위한 조건으로서 충분할 것이라고 생각하였다. 그러나 도로의 종류와 측정 시간에 따라 낮과 밤 사이의 소음레벨의 차이가 변화할 수 있기 때문에 앞선 일반적인 차이를 모든 상황에 적용하는 것은 무리가 있다(표2).

이러한 이유로 몇몇 인덱스들이 새로 개발되었다. 낮 시간 동안에 받은 소음으로 밤에 수면에 방해를 줄 수도 있다는 결과에 근거하여 개발된 day-night 레벨인 DNL은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$L_{DN} = 10 \log 1.24 (15.10^{LD/10} + 9.10^{(LN+10)/10})$$

where

$$L_D = L_{eq} \text{ for } (07:00 \sim 22:00)$$

$$L_N = L_{eq} \text{ for } (22:00 \sim 07:00)$$

다른 보정 인덱스로 19:00~22:00의 시간대의 5 dB를 보정한 CNEL(community noise equivalent level)와 CNEL과 유사하지만 07:00~22:00에서 06:00~24:00로 시간대를 연장한 독일의 Ltan, 프랑스의 E index, 영국의 NNI(noise and number index)등이 있다.

수면방해 및 역치에 대한 기준은 개별적인 소음에 대한 수면반응 혹은 소음에 의해 수면방해를 받는 사람들의 백분율을 참고하여 만들어진다. Langdon은 수면에 어려움을 느낀 경험이 있는 사람들의 20%가 그 이유가 소음이 아니라는 것에 주목하였다. 그리고 이를 토대로 소음원에 의한 수면방해의 이유가 인구의 최소 25%정도가 역치에 해당한다고 하였다. Schultz(1978)는 설문법을 이용하여 교통수단의 종류에 따른 수면방해를 비교 조사하였다. 그 결과 전체인구의 약 25%가 방해를 느낀다고 했을 때 그 L_{DN}의 평균은 68 dB(A)에 가깝다

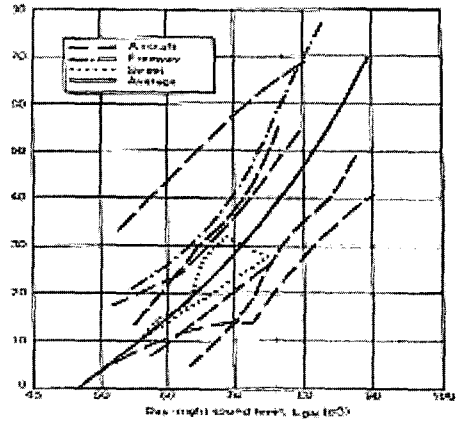


그림 9 교통소음의 수면방해에 대한 영향(Nelson(1987), Figure 5.7)

표 3 수면장애에 대한 소음기준 예 (Nelson(1987), Table 5.7)

Noise source	L _{eq} (dB (A))	Peak noise level(dB (A))
Continuous road		
Traffic	35	50
Aircraft	40	52-55
Trains	40	50-55

고 보고하였다. 만일 낮과 밤의 Leq의 차이가 5~10 dB(A) 정도 된다고 가정하였을 때, 야간 시간대에서 빌딩 벽면에서의 Leq가 61~62 dB(A)이라면 낮 시간대의 Leq는 대략적으로 68 dB(A)정도가 된다. 이 레벨은 앞서 언급한 EEC, OECD, WHO에서 요구하는 것보다 훨씬 더 높은 레벨을 의미한다. 그리고 그것은 수면을 실험실 연구에서 구조적인 반응 혹은 생리적인 변화에 기초로 한 기준과 사람들의 주관적인 견해를 기초로 한 기준의 차이를 나타낸다.

소음이 드문드문 발생한다면 수면방해에 대한 소음레벨기준을 산정하는 것은 더 어렵다. 그러나 일정한 상황에서 각각의 시간대에 대한 단일 Leq수치의 사용은 피크 소음레벨의 적합성을 생각해 보게 한다. 그 예로 도로교통소음에서 수음점으로 부터 멀리 떨어진 곳에서의 높은 교통량에 대한 소음레벨을 시간 분석했을 때는 의미가 있는 피크치가 생성되지 않는다. 즉, 피크레벨에 대해서 일반적인 배경소음의 측정이 필요하다. 하지만, 배경소음은 교통수단이 아닌 다른 소음원으로 부터도 올 수 있기 때문에 이를 연구에 적용하는 것은

매우 어렵다. 이상적인 지표로서 수면방해에 대한 소음 레벨의 기준치는 에너지 인덱스, 배경소음, 피크레벨을 포함하는 것이 바람직하다. 이상의 여러 연구를 종합하여 Nelson(1987)은 표 3과 같은 소음레벨기준을 제시하였다.

하지만, 소음과 수면에 관계된 모든 문제들은 매우 중요한 것들을 증명하고 설명할 수 없는 외적인 요소들을 갖고 있다. 일반적으로 소음의 관한 법규 및 조항들이 건물 밖 외벽에서의 소음도를 다루고 있는 반면 수면방해에 관한 연구를 하는 연구자들은 수면 중 머리맡에서의 즉 안쪽에서의 소음측정치를 참고하고 있다. 물론 바깥쪽에서의 레벨은 빌딩의 창문이 열려있는지, 닫혀있는지, 이중창인지에 관한 것과는 상관이 없는 사항이다. 그러므로 그것은 외부의 소음레벨로 설정된 수면방해의 기준은 각 건물 외벽면체의 방음 효과가 매우 광범위하기 때문에 적당하지 못하다는 것을 쉽게 알 수 있다. 그러므로 외부 소음레벨은 외벽면체의 방음 상태에 따라서 수면방해효과가 과소평가 될 수 있다는 것을 입증할 수 있는 합당한 소음 레벨 기준을 결정하는 것이 필요하다.

4. 맺음말

환경 소음은 불충분한 수면에 대한 성가심과 같은 주관적 측면의 수면 뿐 아니라 잠 들기 어려움, 잠에서 깨어남과 같은 행동적인 측면의 수면, 수면단계의 변화와 같은 생리적 지표의 수면에 영향을 끼친다. 뿐만 아니라 환경소음에 의한 수면장애는 더 많은 약물복용과 관련이 있을 가능성이 있고 다음날 집중력저하를 비롯한 인지기능변화를 초래할 수 있다. 하지만, 현재까지 이루어진 많은 연구들은 소음 측정, 수면 평가 방법과 분석방법 등이 서로 달라 일관된 결론을 내리기는 매우 어렵다. 또한, 수면은 매우 복잡한 현상으로 소음 외에도 연령, 약물 등 다양한 요인들이 관여하기 때문에 소음에 의한 수면변화를 포괄적으로 이해하는 것은 매우 어려운 과제이다. 하지만, 현대 사회 환경소음 문제의 심각성을 고려할 때 소음에 의한 수면 변화와 야간 소음에 대한 인덱스 개발과 같은 과제들은 매우 중요한 의미를 가질 수 있으므로 이에 대한 지속적 연구가 필요하다. 