

저주파소음 노출에 의한 체내의 요중 Catecholamine 변화 연구

A Study on the catecholamine change in human urine due
to low frequency noise exposure

김동욱*, 박상규**

I. 서 론

가청범위의 주파수보다 낮은 소리, 즉 초저주파음과, 가청음 중 주파수가 낮은 음을 합하여 저주파음으로 분류하기도 하는데, 대략 100 Hz 이하의 주파수를 갖는 음을 가리킨다. 인간이 느끼는 저주파음에 대한 영향은 여러 범위로 조사되고 있으며 주로 청력손실과 불쾌함에 미치는 영향에 초점을 맞추고 있다. 그러나 최근에는 여러 생화학적 분석기기의 발달과 심리 측정 평가 방법이 향상됨으로써 소음이 인간의 스트레스에 미치는 영향에 대한 연구가 활발해지고 있다. 소음에 의한 스트레스 효과를 분석 평가하기 위하여 체내호르몬인 에피네프린(epinephrine) 과 노아에피네프린(norepinephrine)을 지표로 삼고 있다.

지금까지 발표된 연구 결과에서는 저주파소음으로 인한 인간의 생리학적 영향을 평가하는데 있어서 주파수 스펙트럼의 차이가 너무 적었고, 폭로시간이 3분, 5분, 10분등으로 시간이 너무 짧아 호르몬 변화가 적은 것이 문제점으로 지적되었다. 따라서 지금까지의 해외 연구에서 부족하였던 주파수 스펙

트럼의 범위와 짧은 폭로시간 등을 보완하여 적어도 10분에서 30분 이상은 지속적으로 각각의 실험을 수행하는 동시에, 피실험자 개개인의 특성 즉, 혈압 및 심장 박동수도 측정하여 더욱 신뢰성 있는 평가를 수행하였다.

II. 실험방법 및 재료

1. 실험 재료 및 측정기기

소음을 발생시키기 위하여 랜덤 소음 발생기(random noise generator : SF-O5 모델, Rion사, Japan)를 이용하였으며, 소음 분석은 주파수 분석기(FFT analyzer: AD-3525모델, A&D사, Japan)를 사용하였다.

요중 카테콜아민 분석은 고성능 액체 크로마토그래피 (HPLC: high performance liquid chromatography, Gilson사)와 전기화학검출기 (ECD: electrochemical detector 142 모델, Gilson사)를 사용하였으며, 분리관은 C₁₈ column ODS (150 mm×4.6 mm, shodex사, USA)을 사용하여 정량 분석하였다.

요 시료 전처리는 chromsystem kit (영인과학사)를 사용하였다. 그리고 카테콜아민 표준시료인 에피네프린, 노아에피네프린, 도파민(Aldrich, Milwaukee, USA)을 각각 사용하였다.

* 영동전문대학 환경공업과

** 정회원, 연세대학교 환경공학부

2. 실험방법

2.1 소음발생 및 분석

피시험자는 20대 초반의 건강한 남자 대학생들 15명을 대상으로 하였다. 연구실에서 실태 조사한 주파수와 레벨을 일정한 간격으로 나누고 폭로 시간을 조정하였다. 측정시간은 매일 아침 9시에 연구실에서 실행하였으며, 폭로전 피시험자들에게 신문을 읽거나 휴식을 취하도록 한 뒤 혈압, 맥박 그리고 요를 샘플링 하였다. 그리고 소음 발생기를 이용하여 여러 주파수(10Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz, 1000 Hz)에서 50 dB(A)의 pink noise를 발생시켰다. FFT analyzer를 이용하여 해당 주파수에서 고정시키고 피실험자에게 10분과 30분 동안 폭로 시켰다(Fig. 1~2).

2.2 요중 카테콜아민 분석

폭로전과 후 혈압 및 맥박을 측정 한 후 요를 받았고 채취한 분석시료는 냉동고에 보관하였다가 chromsystem kit를 이용하여 전처리한 후 HPLC/ECD로 분석하였다.

III. 연구결과

1. 주파수가 다른 소음에 각각 10분씩 노출시 혈압/맥박 변화

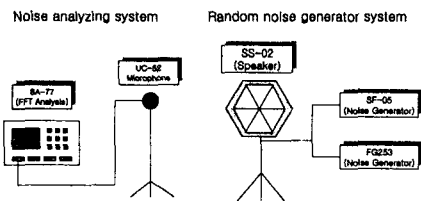


Fig. 1. Schematic diagram of noise generating & measuring systems

여러 주파수의 소음을 각각 10분씩 들러 주었을 때 주파수 변화에 따른 혈압과 맥박의 차는 Table 1과 같다. 10 Hz에서 폭로전후의 혈압의 차이는 수축기 p-value가 1.000, 이완기 p-value 0.3976으로 주파수에 폭로에 따른 전과 후의 혈압의 차이는 없었다. 그러나 맥박은 폭로전후 p-value 0.0002로 $p < 0.05$ 이므로 유의한 차이가 있었다. 63 Hz에서 폭로전후의 혈압의 차이는 수축기 p-value가 0.3443, 이완기 p-value 0.6848으로 주파수에 폭로에 따른 전과 후의 혈압의 차이는 없었고, 125Hz 또한 수축기 p-value 0.2526, 이완기 0.0853으로 주파수폭로전후 혈압의 차이는 없었다. 그러나 맥박은 63Hz 폭로전후 p-value 0.0001로 $p < 0.05$ 이므로 유의한 차이가 있었고, 125Hz 또한 $p < 0.0009$ 로 유의한 차이가 있었다.

500 Hz에서 폭로 전후의 혈압의 차이는 수축기 p-value가 0.3636, 이완기 p-value 0.0684로 주파수에 폭로에 따른 전과 후의 혈압의 차이는 없었고, 1000Hz에서는 수축기 p-value가 0.3343, 이완기 p-value 0.001로 이완기는 유의한 차이가 있었다. 그리고 맥박은 500Hz에서 폭로전후 p-value 0.0022로 $p < 0.05$ 이므로 유의한 차이가 있었고, 1000Hz에서 p-value가 0.0022로 유의하였다.

2. 주파수가 다른 소음에 각각 10분씩 노출시 Catecholamine 변화

실험군 15명을 대상으로 10Hz, 31.5Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz 주파수별로 폭로시킨후 바로 요를 받아 분석한 결과(표2) 10Hz에서 평균 $4.57 \pm 0.72 \mu\text{g}/\ell$ 이고, 31.5Hz는 $3.97 \pm 0.55 \mu\text{g}/\ell$, 63Hz는 $4.18 \pm 1.57 \mu\text{g}/\ell$, 500Hz는 $4.15 \pm 1.69 \mu\text{g}/\ell$, 그리고 1000Hz

Table 1. Change of pulse and blood pressure after 10 min noise exposure with different frequencies

frequency	blood pressure				pulse	
	before exposure		after exposure		before exposure	after exposure
	수축기	이완기	수축기	이완기		
10Hz	111.6±6.46	69.47±8.02	111.67±8.38	67.0±12.51	75.5±6.2	83.93±8.96
31.5Hz	112.3±6.78	66.0±7.37	110.67±4.54	63.1±7.67	74.5±4.6	81.0±6.82
63Hz	112.6±9.80	68.7±8.34	110.3±9.54	68.0±7.57	69.7±7.8	83.7±10.1
125Hz	113.0±7.02	69.0±7.12	111.0±7.12	65.3±5.16	74.1±3.3	79.7±7.49
500Hz	114.0±9.6	69.7±9.3	112.7±8.0	67.3±8.84	73.0±3.4	80.6±8.64
1000Hz	110.0±8.45	71.2±8.50	108.0±8.62	64.3±8.63	75.5±5.1	80.0±6.38

는 $3.41 \pm 1.69 \mu\text{g}/\ell$ 로 나타났다. 주파수별 noradrenaline의 변화를 통계적으로 검정한 결과 p-value 0.0014로 $p < 0.05$ 이므로 매우 유의한 결과가 나타났다.

그리고 adrenaline은 10 Hz에서 평균 $13.37 \pm 4.63 \mu\text{g}/\ell$ 이고, 31.5 Hz는 $12.27 \pm 3.99 \mu\text{g}/\ell$, 63 Hz는 $11.18 \pm 3.19 \mu\text{g}/\ell$, 500 Hz는 $7.37 \pm 3.27 \mu\text{g}/\ell$, 그리고 1000 Hz는 $7.27 \pm 1.89 \mu\text{g}/\ell$ 로 나타났다. 주파수별 adrenaline 변화를 통계적으로 검정한 결과 p-value 0.0354로 $p < 0.05$ 이므로 유의한 결과가 나타났다.

Dorpamine은 10 Hz에서 평균 $135.9 \pm 7.39 \mu\text{g}/\ell$ 이고, 31.5 Hz는 $124.2 \pm 8.59 \mu\text{g}/\ell$, 63 Hz는 $118.8 \pm 19.8 \mu\text{g}/\ell$, 500Hz는 $107.94 \pm 14.39 \mu\text{g}/\ell$, 그리고 1000Hz는 $107.91 \pm 18.39 \mu\text{g}/\ell$ 로 나타났다. 주파수별 dorpamine 변화를 통계적으로 검정한 결과 p-value 0.0305로 $p < 0.05$ 이므로 유의한 결과가 나타났다. 노출시간 10분, 30분 폭로후 adrenaline의 농도는 시간과 주파수에 따른 차이가 있었다($p < 0.05$). 그러나 시간과 주파수의 교차에 미치는 영향을 2요인 분산분석한 결

과 상호호작용은 없었으며($p > 0.05$), 이는 노출시간에 따른 호르몬의 분비의 변화가 주파수에 따라 차이가 없다는 것을 의미한다.

3. 노출시간과 주파수가 dorpamine의 농도에 미치는 영향

소음에 10분, 30분 폭로후 dorpamine의 농도에 미치는 영향을 2요인 분산분석 결과, 주파수에 따른 차이가 있었다($p < 0.05$). 그러나 시간과 주파수의 교차작용은 없었다($p > 0.05$). 이처럼 호르몬의 분비가 주파수에 따라 변하는 양상이 노출시간에 영향을 받지 않았다.

4. 각 호르몬과 혈압 및 맥박의 상관 분석 결과

수축기 혈압은 adrenaline과 양의 상관관계가 있었으며, 이완기 혈압은 noradrenaline과 adrenaline 모두 양의 상관관계가 있었다. 또한 noradrenaline과 강한 양의 상관관계가 있었다.

Table 2. Catecholamine change due to 10 min of noise exposure with different frequencies

Frequency	Noradrenaline	Adrenaline	Dorpamine
10Hz	4.57±0.72	13.37±4.63	135.9±7.39
31.5Hz	3.97±0.55	12.27±3.99	124.2±8.59
63Hz	4.18±1.57	11.18±3.19	118.8±19.8
125Hz	4.13±1.60	8.39±1.81	118.1±15.1
500Hz	4.15±1.69	7.37±3.27	107.9±14.39
1000Hz	3.41±1.69	7.27±1.89	107.9±8.39

Table 3 correations of catecholamine and pulse and blood pressure

	SBP	DBP	Pulse	A	B	C
SBP	0					
DBP	0.0001**	0				
Pulse	0.3315	0.1138	0			
A	0.3511	0.0045**	0.0006**	0		
B	0.0284*	0.0005**	0.6457	0.0001**	0	
C	0.6497	0.7838	0.1394	0.0171**	0.5661	0

SBP;수축기,DBP;이완기,A;noradrenaline,B;adrenaline, C;dorpamine

V.결 론

저주파 소음이 인간의 스트레스에 미치는 영향을 연구하기 위하여 각 주파수 (10, 31.5, 63, 125, 500, 1000) Hz에서 50 dB(A)의 pink noise를 발생시키고 10분과 30분 동안 각각 노출시켰을 때 스트레스 평가 호르몬인 카테콜아민과 혈압, 맥박 등을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 주파수를 변화시키면서 소음에 10분간씩 노출시켰을 때 이완기 혈압의 변화는 유의한 차이가 있었으나 수축기 혈압의 변화는 유의한 차이가 없었다. 맥박의 경우 주파수에 따라 유의한 차이가 있었다.

2. 노아에피네프린의 분비는 각각의 주파수에 따라 유의한 차이가 없었으며 상호 교호작용도 없었다. 에피네프린의 농도 변화에서 노출시간이 10분보다 30분인 경우에서 에피네프린의 농도가 증가하였고, 주파수 변화에 따른 에피네프린의 분비량은 유의한 차이가 없었다. 그리고 각주파수와 노출시간 10분과 30분과의 상호 교호작용은 없었다. 이는 에피네프린의 분비 변화가 각주파수에 따라 변하는 양상이 노출시간에 영향을 받지 않았기 때문이다.

3. 도파민의 경우 노출시간 10분과 30분에 따른 농도 변화는 유의한 차이가 없었으나 주파수 변화시 저주파일수록 농도가 증가하였다.

참 고 문헌

Averill JR. Personal control over aversive stimuli and its relationship to stress. Psychol. Bull 1973; 80: 286-303

Backteman O, Kohler J, Sjoberg L. Infrasound tutorial review. J. Low frequency noise vib 1983; 2:1-31

Bly S.H.P, Goddard M, Mclean J. A review of the effects of noise on the immune system. Noise as a Public Health Problem edited by M. Vallet 1993;2:509-512

Cantrell RW. Prolonged exposure to intermittent noise
:Audiometric, biochemical, motor, psychological and sleep effects
1974;84:1-55

Cayatorra A, Falzoi M, Romanelli A, Cigala F, Ricco M, Bruschi G, Borghetti A. Adrenal response in the pathogenesis of arterial