

## Gender Differences in Physiological Effects of a Transient Exposure to Experimental Noise

Kyung-Yae Hyun<sup>1</sup>, Seok-Cheol Choi<sup>2†</sup>, Chong-Rak Kim<sup>1</sup>, Hwa-il Kim<sup>3</sup> and Young-Hwal Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Laboratory of Science, Inje University, Gimhae 621-749, Korea.

<sup>2</sup>Department of Clinical Laboratory Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea.

<sup>3</sup>Department of Industrial Health College of Applied Sciences, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea.

<sup>4</sup>Department of Clinical Pathology, Daegu Health College, Daegu 702-722, Korea

The physiological responses following stress are different in individual or personality. We performed this study to clarify gender differences in influences of noise stress on physiological factors. 70 healthy subjects, which was divided man (n=30) and woman (n=40) groups, were exposed to 85 decibels of excavator noise for 15 minutes. Cardiac factors such as heart rate (HR), systolic and diastolic blood pressures (SBP and DBP, respectively), and heart rate-systolic pressure product (RPP) were determined. Transcranial Doppler ultrasound (TCD) was used to measure mean blood flow velocity (Vm), pulsatility index (PI), and resistance index (RI) in the middle, anterior and posterior cerebral arteries (MCA, ACA and PCA, respectively) before and during noise exposure. Cortisol level and hematological variables were also measured before (baseline) and immediately after the end of noise exposure. In the both groups HR, SBP, and RPP significantly decreased during noise exposure ( $P<0.05$ ) but not significantly different between two groups ( $P>0.05$ ). Vms of three cerebral arteries in man group decreased, whereas Vm of PCA in woman group fell during noise exposure ( $P<0.05$ ). Vm, PI and RI in MCA and ACA during noise exposure were low in man group compared with woman group ( $P<0.05$ ). Vm of PCA was low, whereas PI and RI of PCA were high in man group compared with woman group during noise exposure ( $P<0.05$ ). Total leukocyte and red blood cell (RBC) counts slightly decreased during noise exposure but not significant ( $P>0.05$ ). Levels in hematological variables decreased but not significant changed following noise exposure. Decreased rate of total leukocyte in man group was higher ( $P<0.05$ ). Cortisol levels in the both groups decreased immediately after the end of noise exposure, while the decreased rate in man group was greater than that in woman group ( $P<0.05$ ). These findings indicate that a transient exposure to experimental excavator noise may cause decreased changes in cardiac factors, cerebral hemodynamics and cortisol levels and the changes may be greater in men than in women.

**Key Words:** Noise, Cardiac factor, Cerebral hemodynamics, TCD, Gender difference

### 서 론

소음은 인간의 건강을 위협하는 병리학적 주요 원인으로 인식되고 있다 (Talbot et al., 1990; Petiot et al., 1992; Wu et al., 1993; Carter et al., 1994). 소음이 인체에 미치는 가장 분명한

손상은 청각상실이며 많은 사람이 이로 인한 피해를 입고 있으며 격렬한 소음에 대한 갑작스런 노출이나 장시간의 노출은 신경성 난청을 초래할 수 있는 것으로 알려져 있다 (Martin et al., 1975; Gloag, 1980). 또한 소음은 인간과 동물 모두에 있어 높은 온도나 냉한에 대한 노출, 출혈, 혹은 외상에 의해 야기된 쇼크와 같은 물리적 스트레스 요인들, 또는 과중한 일 부담 및 지나친 걱정과 같은 정신심리학적 요인들에 의해 나타나는 신체적 변화와 유사한 반응들을 일으킬 수 있다 (Mosskov and Ettema, 1977; Ising, 1980; Cohen et al., 1981; Andrén, 1982). 그 밖의 많은 연구들 역시 소음과 관련한 유해한 효과들을 보고하고 있는데 소음으로 인한 스

\*논문 접수: 2006년 9월 5일

수정재접수: 2006년 10월 20일

†교신저자: 최석철, (우) 609-757, 부산광역시 금정구 부곡3동 9번지, 부산가톨릭대학교 임상병리학과

Tel: 051-510-0564, Fax: 051-510-0568

e-mail: scchoi@cup.ac.kr

**Table 1.** Demographic characteristics of man and woman groups

Variable	Group	
	Man	Woman
Sample size	n=30	n=40
Age (year)	24.5±2.6	22.2±1.3
Height (cm)	173.0±4.0	161.52±3.9*
Weight (kg)	68.1±7.4	54.8±6.0*

Data are expressed as mean ± SD (standard deviation)  
\*, P<0.05 (compared with man group)

트레스는 내분비계, 심혈관계, 신경계의 화학적 생리학적 교란을 잠재적으로 유도하고 위장관계의 운동성에 대한 부정적 영향, 말초혈관, 심박동수 및 혈압에 대한 영향, 고혈압 및 심혈관 질환의 발생 가능성, 관상동맥질환자의 심전도 변화 등을 야기시킬 수 있다는 보고들이 있다 (McRae et al., 1980; Villa et al., 1980; Singh et al., 1982; Softowa et al., 1983; Stanghellin et al., 1983; Eggertsen, 1984; Ray et al., 1984; Linden, 1985; van Dijk et al., 1986; Gue et al., 1987; Wu et al., 1987; Baker et al., 1993; Garcia and Garcia, 1993; Zhao et al., 1993; Deyanov et al., 1995; Saha et al., 1996; Emdad, 1997; Hobbsland, 1997; Kotseva, 1997; Lasticov, 1998; Marciniak et al., 1999).

그러나 소음에 대한 생리학적 반응은 개인에 따라 또는 성별 간에 어떤 차이가 있을 것으로 생각된다. 저자들은 실험적 방법에 의한 일시적 소음노출에 따른 생리학적 변화가 성별 사이에 차이가 있는지를 규명하기 위해 거의 동일한 특성과 유사한 생리학적 조건을 가진 20대 연령층의 대학생들을 대상으로 전향적 연구를 계획하게 되었다.

## 대상 및 연구 방법

### 1. 대 상

부산시 소재 P 대학교의 동일 학과에 재학 중인 20대 연령층 (범위 20~26세, 평균 23.37±3.12세)의 대학생들 중 흡연을 하지 않고 정상혈압 상태의 건강한 남녀 70명을 연구 대상으로 선정하였다. 본 연구에서 설정한 정상혈압의 범위는 수축기 혈압의 경우 130 mmHg 이하, 확장기 혈압의 경우 90 mmHg 이하였다. 대상자에 대해 개개인의 인터뷰를 통해 뇌혈관 질환, 심혈관 질환, 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 대사성 질환, 신경학적 질환, 실험시작 전 1주일 이내에 특정 질환으로 인해 치료중이거나 특정 약물을 복용중인 사람, 심한 소음발생지역에 거주하는 사람 등은 실험에서 제외시켰다. 실험 하루 전 커피 또는 음주를 삼가 시켰다. 연구의 목적에 따라 남자군 (n=30)과 여자군 (n=40)으로 분류하였다. 양 실험군 사이에 연령의 차이는 없었고 키와 몸무게는 남자군이 여자군에 비해 좀 더 높았다 (Table 1).

## 2. 방 법

### 1) 소음노출

본 실험에서 채택한 소음의 종류는 생활주변에서 종종 접하는 굴착기음이었다. 콤팩트 디스크에 미리 녹음한 굴착기 소음을 약 80~90 데시벨 (decibel, 이하 dB(A)로 표시)로 일정하게 조절하여 전체 연구대상자들에게 이어폰 (ear-phone)을 통해 15분 동안 들려주었다. 소음노출의 조건은 대상자들을 침대에 누인 후 편안한 휴식상태로 하였다.

### 2) 측정변수

연구대상자들에 대해 소음노출 전 (이하 기준치), 소음노출 5분 (이하 소음-5분), 소음노출 15분 (이하 소음-15분) 때 각각 다음의 변수들을 측정하였다. 모든 변수들은 최소 3번씩 측정하여 평균값을 채택하였다.

#### (1) 심장관련 변수

심장관련 변수로는 심장박동수, 혈압 (수축기 및 확장기), 심장부담지수 (heart rate-systolic pressure product, RPP)를 선정하여 모든 대상자들에 대해 실험시작 전 최소 5분 이상 안정을 취한 후 기준치를 측정하였고 소음-5분 및 소음-15분 값도 각각 측정하였다. 심장박동수와 혈압의 측정에는 자동혈압측정기 (Green-Cross Co., Korea)를 사용하였고 심장부담지수는 아래의 공식으로 구하였다.

$$RPP = \text{heart rate/min} \times \text{systolic blood pressure}$$

#### (2) 뇌혈류역학

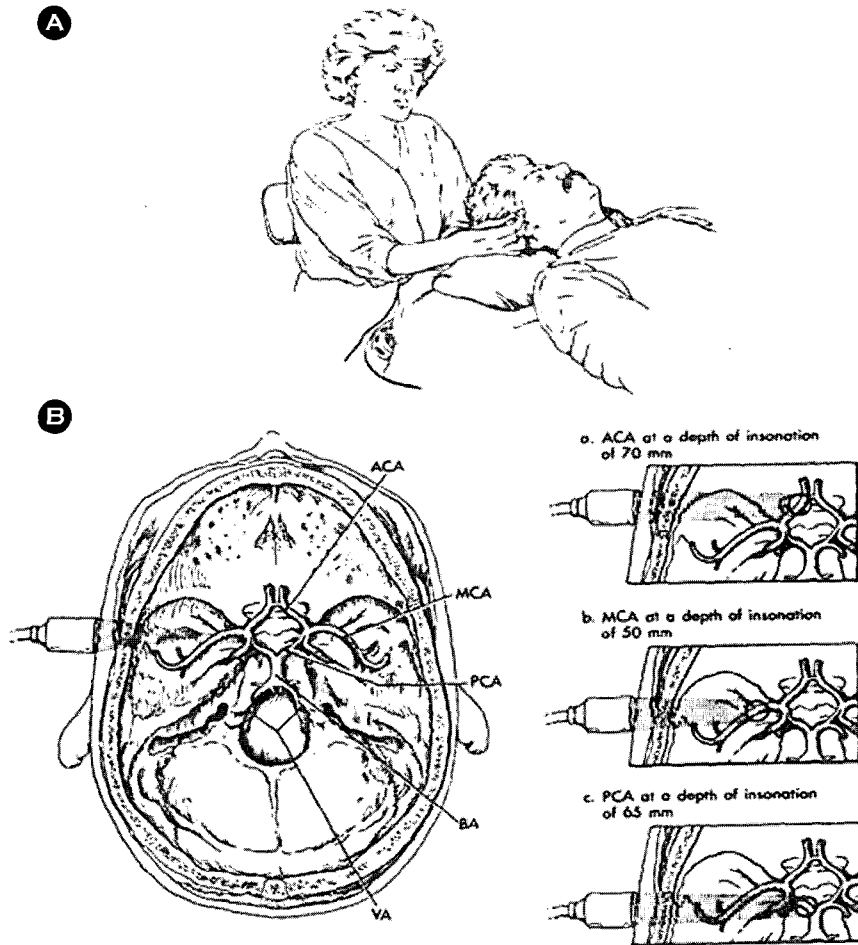
뇌혈류역학의 변화는 2 MHz pulsed probe를 이용하여 Remed transcranial Doppler sonography (TCD, ReMed Co., Israel)로 다음의 부위와 조건에서 측정하였다.

#### (3) TCD 측정부위 및 조건

모든 대상자들을 양와위자세로 한 뒤 우측의 전대뇌동맥, 중대뇌동맥, 후대뇌동맥에서 각각의 평균혈류속도 (mean velocity, 이하 Vm), 박동지수 (pulsatility index, 이하 PI), 저항지수 (resistance index, 이하 RI)를 상기의 세 시기 때 측정하였다. 이러한 세 부위의 뇌혈관 혈류역학 측정은 2 MHz 탐촉자를 판골공 바로 위쪽의 측두창 (temporal window)에 접촉시킨 후 각도를 변화시켜 가면서 실시하였다. 각 측정부위의 초음파 발사 깊이는 전대뇌동맥의 경우 60~75 mm, 중대뇌 동맥의 경우 50~60 mm, 후대뇌동맥의 경우 60~75 mm이었다

#### (4) 혈액학적 변수

소음노출 전과 15분간의 소음노출 종료직후 정맥으로부터 혈액 3 ml를 채취하여 EDTA가 함유된 bottle에 넣어 잘 혼합한 후 Cell Dyne 1600 (Abbott Lab., America) 기기를 이용하여 CBC와 diff-count를 측정하였다.



**Fig. 1.** The transcranial Doppler examination of all vessels except the basilar and vertebral arteries is best conducted in a quiet environment with the patient supine as illustrated in (A). Turning to the lateral position with the head supported on a pillow will permit insonation of the basilar and vertebral arteries. The anatomy of the circle of Willis and direction of the ultrasound beam are shown in (B). ACA = anterior cerebral artery; MCA = middle cerebral artery; PCA = posterior cerebral artery; BA = basilar artery; VA = vertebral artery. Selection of individual vessels for insonation is achieved by changing the depth of insonation through the temporal window (inserts a, b, c).

#### (5) Cortisol 농도

소음노출 전과 15분간의 소음노출 종료직후 정맥혈액 3 ml를 채취하여 원심분리 시킨 혈청을 RIA (radioimmuno assay) 법으로 cortisol 농도를 측정하였다. 분석에 사용한 kit와 장비는 각각 COAT-A-COUNT Cortisol (DPC, America) 과 COBRA 5010 Quantum (Packard Co., America) 이었다.

#### (6) 자료의 분석 및 통계처리

각 실험군의 대상자에 대해 소음노출 전, 소음노출 5분, 소음노출 15분 등의 세 시기 때 측정된 변수들 (심장관련 변수들과 뇌혈류역학 변수들)의 측정시기별 유의성 검정에는 분산분석법 (ANOVA)을 적용하였고, 소음노출 전과 15분간의 소음노출 종료직후의 두 시기 때에만 측정된 변수들 (혈액학적 변수들, cortisol 농도)의 측정시기별 유의성 검정에는 paired *t*-test를 사용하였다. 그리고 이러한 모든 변수들의 양 실험군 사이의 비교에는 unpaired *t*-test를 이용하였다. 가

능한 모든 값은 평균 ± 표준편차로 나타내었고  $P \leq 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다. 자료처리에 사용한 통계분석 프로그램은 SPSS 10.1 이었다.

## 결 과

### 1. 심장관련 변수

양 군 모두 소음-5분 때 및 소음-15분 때 심장박동수, 수축기 혈압, 심장부담지수가 기준치에 비해 작은 폭이지만 유의한 감소가 있었고 ( $P < 0.05$ ) 확장기 혈압은 양 군 모두 소음-5분 때 및 소음-15분 때 기준치와 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ). 양 군 간의 비교에서 수축기 혈압, 확장기 혈압, 심장부담지수의 기준치가 남자군이 여자군보다 높아서 그 변화 정도를 모두 백분율로 환산해서 비교해본 결과 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ , Table 2).

**Table 2.** Comparison of man group to woman group on the changes of the cardiac factors following noise exposure

Variable	Group		
	Man vs Woman		
	Baseline	Noise-5 m	Noise-15 m
HR (beats/min) (%)	66.4±9.3 vs 68.2±10.9 100 vs 100	64.4±8.6 vs 65.2±9.6* 97.1* vs 95.6*	63.79±7.9 vs 64.2±7.8* 96.1* vs 94.2*
SBP (mmHg) (%)	122.0±8.9 vs 106.8±10.9†† 100 vs 100	118.5±7.6* vs 103.6±8.6*†† 97.1* vs 97.0*	117.7±8.5* vs 103.7±9.9*†† 96.5* vs 97.1*
DBP (mmHg) (%)	74.8±10.1 vs 69.3±7.6† 100 vs 100	72.5±10.4 vs 69.1±7.5† 96.9 vs 99.6	72.6±9.6 vs 68.5±8.0† 97.0 vs 98.9
RPP (value) (%)	8242.3±1094.6 vs 7330.8±1746.3+ 100 vs 100	7667.4±1150.7* vs 6751.2±1367.2*† 93.0* vs 92.1*	7764.1±1199.7* vs 6685.9±1231.3*† 94.2* vs 91.2*†

Data are expressed as mean ± SD

\*, P<0.05 (compared with baseline), †, P<0.05; ††, P<0.01 (compared with man group)

Abbreviation: Baseline, before noise exposure; Noise-5m, 5 min after noise exposure; Noise-15, 15 min after noise exposure; HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; RPP, heart rate-SBP product

**Table 3.** Comparison of man group to woman group on the changes of the hemodynamics in the middle cerebral artery following noise exposure

Variable	Group		
	Man vs Woman		
	Baseline	Noise-5 m	Noise-15 m
Vm (cm/sec) (%)	71.2±14.2 vs 80.5±15.4† 100 vs 100	67.5±14.9* vs 80.7±15.6† 94.8* vs 100.3†	70.3±15.3 vs 78.6±13.4† 98.6 vs 97.6
PI (value) (%)	0.69±0.1 vs 0.69±0.1 100 vs 100	0.63±0.1* vs 0.65±0.1* 91.3* vs 94.2*†	0.65±0.1* vs 0.67±0.1 94.2* vs 97.1*†
RI (value) (%)	0.51±0.1 vs 0.51±0.1 100 vs 100	0.48±0.1* vs 0.48±0.0* 94.1* vs 94.1*	0.49±0.1 vs 0.50±0.0 96.1 vs 98.0†

Data are expressed as mean ± SD

\*, P<0.05 (compared with baseline), †, P<0.05 (compared with man group)

Abbreviation: Vm, mean cerebral blood flow velocity; PI, pulsatility index in the cerebral blood flow velocity; RI, resistance index in the cerebral blood flow velocity

## 2. 중대뇌동맥의 혈류역학

중대뇌동맥의 평균혈류속도 (Vm)는 남자군의 경우 소음-5분 때만 기준치보다 유의한 감소를 보였고 (P<0.05) 여자군의 경우엔 통계적 유의함은 없었으나 기준치보다 매우 경미한 상승을 보였다. 나머지 변수인 박동지수 (PI)와 저항지수 (RI) 둘 다 소음노출시기 동안 양 군 모두 대부분 감소하는 경향을 보였다 (Table 3). 군 간의 비교에서는 소음-5분 때 남자군이 여자군보다 Vm과 PI의 감소 폭이 더 컸고 (P<0.05), 소음-15분 때에도 남자군이 여자군보다 PI 및 RI의 감소 폭이 유의하게 더 컸다 (P<0.05, Table 3).

## 3. 전대뇌동맥의 혈류역학

남자군의 경우 전대뇌동맥의 Vm, PI, RI 모두 소음노출 동안 대부분 기준치보다 유의한 감소를 보인 반면 (P<0.05) 여자군의 경우 소음-15분 때 Vm만이 기준치보다 유의하게 감소되었다 (P<0.05, Table 4). 군 간의 비교에서는 소음-5분

때 Vm, PI, RI 모두의 감소비율 (%)이 남자군이 여자군보다 유의하게 더 컸다 (P<0.05, Table 4).

## 4. 후대뇌동맥의 혈류역학

후대뇌동맥의 Vm은 소음-5분과 소음-15분 때 남자군의 경우 기준치보다 유의한 감소를 보인 반면 (P<0.05) 여자군은 약간의 감소를 보였으나 통계적 유의성은 없었다 (P>0.05). PI와 RI는 여자군의 경우 소음-5분 때와 15분 때에 기준치보다 유의하게 감소되었으나 (P<0.05) 남자군의 경우 기준치와 유사하거나 유의하게 더 증가되었다 (P<0.05). 군 간의 비교에서 소음-5분 및 소음-15분 때 남자군이 여자군보다 Vm은 더 낮았으나, PI와 RI는 남자군이 여자군보다 더 높았다 (P<0.05, Table 5).

## 5. 혈액학적 변수

혈액학적 변수의 경우 양 군 모두 소음노출 종료 직후 약간의 감소는 있었으나 통계적 유의성은 없었다 (P>0.05). 군 간

**Table 4.** Comparison of man group to woman group on the changes of the hemodynamics in the anterior cerebral artery following noise exposure

Variable	Group		
	Period	Man vs Woman	
	Baseline	Noise-5 m	Noise-15 m
Vm (cm/sec) (%)	40.6±11.6 vs 45.0±15.9 100 vs 100	38.4±11.2 vs 45.1±14.3 <sup>†</sup> 94.7* vs 100.1 <sup>†</sup>	38.5±11.1 vs 43.8±14.0 <sup>*†</sup> 94.9* vs 97.4 <sup>†</sup>
PI (value) (%)	0.72±0.1 vs 0.69±0.1 100 vs 100	0.65±0.1* vs 0.67±0.1* 90.3* vs 97.1 <sup>†</sup>	0.69±0.1* vs 0.68±0.1 95.8* vs 98.6 <sup>†</sup>
RI (value) (%)	0.51±0.1 vs 0.51±0.0 100 vs 100	0.48±0.1* vs 0.50±0.1 94.1* vs 98.0 <sup>†</sup>	0.50±0.1 vs 0.50±0.0 98.0 vs 98.0

Data are expressed as mean ± SD  
\*,  $P < 0.05$  (compared with baseline), <sup>†</sup>,  $P < 0.05$  (compared with man group)

**Table 5.** Comparison of man group to woman group on the changes of the hemodynamics in the posterior cerebral artery

Variable	Group		
	Period	Man vs Woman	
	Baseline	Noise-5 m	Noise-15 m
Vm (cm/sec) (%)	35.7±30.5 vs 34.8±8.3 100 vs 100	29.6±7.5* vs 33.1±7.3 <sup>†</sup> 82.9* vs 95.1 <sup>†</sup>	28.44±7.53* vs 33.21±8.58 <sup>†</sup> 79.6* vs 95.3 <sup>†</sup>
PI (value) (%)	0.66±0.1 vs 0.68±0.1 100 vs 100	0.65±0.1 vs 0.62±0.1 <sup>*†</sup> 98.5 vs 91.2 <sup>*†</sup>	0.68±0.1* vs 0.67±0.1 103.0* vs 98.5 <sup>†</sup>
RI (value) (%)	0.48±0.1 vs 0.49±0.1 100 vs 100	0.48±0.1 vs 0.46±0.1 <sup>*†</sup> 100 vs 93.9 <sup>*†</sup>	0.50±0.1* vs 0.48±0.1 <sup>*†</sup> 104.2* vs 98.0 <sup>†</sup>

Data are expressed as mean ± SD  
\*,  $P < 0.05$  (compared with baseline), <sup>†</sup>,  $P < 0.05$  (compared with man group)

**Table 6.** Comparison of man group to woman group on the changes of the hemodynamics in the posterior cerebral artery

Variable	Group	
	Period	Man vs Woman
	Baseline	Noise-15 m
T-WBC ( $\times 10^3/\mu\text{l}$ ) (%)	5.5±1.1 vs 5.6±1.4 100 vs 100	5.2±1.0 vs 5.5±1.4 93.5* vs 97.2 <sup>†</sup>
Neutrophil (%)	60.5±6.3 vs 63.5±9.8	60.8±5.7 vs 62.1±9.8
Lymphocyte (%)	29.9±6.2 vs 27.5±9.2	31.9±5.4 vs 30.3±9.8
Monocyte (%)	9.6±3.5 vs 9.1±5.0	7.3±2.5 vs 7.8±4.4
RBC ( $\times 10^6/\mu\text{l}$ ) (%)	4.7±0.4 vs 4.2±0.4 <sup>†</sup> 100 vs 100	4.6±0.3 vs 4.0±0.4 <sup>†</sup> 98.5 vs 95.9 <sup>*†</sup>
Platelet ( $\times 10^3/\mu\text{l}$ ) (%)	302.4±41.8 vs 291.0±64.5 100 vs 100	293.9±45.2 vs 277.6±80.0 97.2 vs 95.4*
Hematocrit (%)	41.1±4.1 vs 35.4±3.5 <sup>†</sup>	40.7±2.0 vs 34.0±3.4 <sup>†</sup>
Hemoglobin (g/l) (%)	1.4±0.1 vs 1.2±0.1* 100 vs 100	1.3±0.1 vs 1.1±0.1 <sup>†</sup> 95.0 vs 94.8

Data are expressed as mean ± SD  
\*,  $P < 0.05$  (compared with baseline), <sup>†</sup>,  $P < 0.05$  (compared with man group)

의 비교에서는 총 백혈구 수의 변화 비율만이 차이가 있었는데 남자군이 소음노출 후 총 백혈구 수가 기준치에 비해 93.5%이고 여자군의 경우 97.2%로서 남자군의 감소율 (%) 이 더 컸다 ( $P < 0.05$ , Table 6).

## 6. Cortisol 농도

15분간의 소음노출에 따른 cortisol 농도는 양 군 모두 기준치에 비해 유의한 감소를 보였는데 그 감소율은 남자군

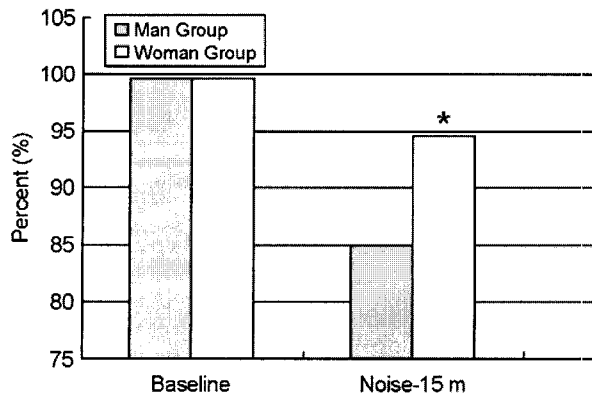


Fig. 2. Comparison between man and woman groups on the changed rate in cortisol concentration following noise exposure. Decreased rate in woman group was lower than that in man group (\*,  $P < 0.05$  compared with man group).

(84.9%)이 여자군 (94.5%)보다 유의하게 더 컸다 ( $P < 0.05$ , Fig. 2).

## 고 찰

대부분의 현대인들은 직업적 이유로 인한 소음노출 외에도 매우 다양한 원인에 의한 수많은 소음공해에 노출되어 있고 일상생활 중에서도 단지 수분 정도의 짧은 시간 동안 반복적으로 노출되는 경우가 허다하다.

본 연구자들은 20대 연령층의 남녀 대학생들을 대상으로 남자군과 여자군으로 나누어 실시한 연구에서 소음노출에 따른 다양한 생리학적 반응들을 확인할 수 있었다. 우선 양군 모두 평균 심장박동수, 혈압, 심장부담지수는 소음노출 동안 기준치에 비해 작은 폭이지만 유의한 감소를 보임으로써 기존의 일반적 연구결과들 (Jonsson and Hansson, 1977; Manninen and Aro, 1979; Andrén et al., 1983; Talbott et al., 1985) 과 상반되긴 하지만 또 다른 일부 연구결과들 (Etholm and Egenberg, 1964; Sanden and Axelsson, 1981)과 일정 부분의 공통점 역시 발견할 수 있었다. 이와 같이 본 연구의 결과와 일부 선행 연구보고 간의 차이에 대해 저자들은 몇 가지 가능성을 제시하고자 한다. 첫째, 상반된 결과를 보고한 선행 연구들의 조사 대상이 일부는 이미 본태성 고혈압을 가지고 있는 환자들이고 또 대다수는 실질적으로 심한 소음에 직업상 만성적으로 노출되는 근로자들이라는 점이다. 둘째, 선행 연구의 대상자들의 연령은 일부 20대도 있으나 주로 중장년층의 상대적으로 높은 연령층이 다수 포함되었다는 사실이다. 그러나 본 연구의 대상자들은 모두 20대 연령층으로서 동일한 특성을 공유하고 있는 대학생들이었다. 따라서 이러한 두 가지 차이점만으로도 연구에 있어 상이한 결과를 도출할 가능성이 높아진다.

소음성 스트레스는 혈압상승의 잠재적 원인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 연구의 경우 대상자들은 아무런 정신적, 혹은 육체적 노동이 없는 수동적 상태에서의 짧은 시간 동안 단순히 실험적 소음에 노출된 상태이므로 교감신경계보다는 오히려 부교감신경계가 자극되어 심장관련 변수 및 뇌혈류역학이 주로 감소된 변화를 보였을 가능성이 높다.

따라서 향후 어떤 지적활동 상태에서의 소음노출에 따른 생리학적 변화에 대한 연구 역시 필요할 것으로 사료된다.

이 연구에서 측정된 심장부담지수 (RPP)란 어떤 상황에서 측정된 1분 간의 심장박동수에 수축기 혈압을 곱한 결과로서 스트레스에 대한 심장의 물리적 부하상태를 이해하는 지표이다. 본 연구의 결과에서 소음노출 15분 동안 기준치보다 오히려 감소되었다는 결과는 건강한 20대의 젊은 남녀들에 있어 일시적인 짧은 시간의 소음노출은 심장에 급격한 부담이나 무리를 주지 않음을 시사한다. 그러나 만일 대상이 나이가 더 많은 연령층이거나 강한 소음에 오랜 시간 반복 노출된다면 상황은 달라질 수도 있을 것이다.

한편 여자군의 경우 수축기 혈압, 확장기 혈압, 심장부담지수 (RPP) 등의 기준치가 남자군보다 유의하게 더 낮았는데 이는 에스트로겐 (estrogen) 호르몬이 풍부한 여성들의 특성으로 인한 차이로 판단된다. 그러나 중대뇌동맥과 전대뇌동맥의 평균혈류속도 기준치는 여자군이 남자군보다 유의하게 더 높아 최 등 (2004)의 연구결과와 일치하며, 이런 현상은 여성들의 높은 에스트로겐 호르몬 농도 (Lee et al., 2001)와 남성들보다 상대적으로 낮은 헤마토크리트 수치에 기인한 것으로 생각된다 (Brass et al., 1988; Grolimund et al., 1988; Vriens et al., 1989).

소음노출 5분 때의 중대뇌동맥, 전대뇌동맥, 후대뇌동맥의 평균혈류속도 (Vm)는 남자군의 경우 기준치보다 유의한 감소를 보였으나 여자군의 경우 기준치와 거의 같은 수준을 유지하였다. 이와 같은 결과는 짧은 시간 동안의 실험적인 굴착기 소음노출이 여성보다 남성들의 뇌혈류 생리에 좀 더 큰 영향을 미침을 시사하는 점이다. 남자군의 중대뇌동맥과 전대뇌동맥의 PI 및 RI 둘 다 소음노출 5분 때 기준치보다 감소됨으로서 소음기인성 평균뇌혈류속도의 감소에 의한 현상으로 이해된다. 그러나 남자군의 후대뇌동맥의 PI와 RI는 소음노출 5분과 15분 때 여자군보다 높았을 뿐만 아니라 기준치보다도 더 높은 경향을 보임으로서 일시적 소음노출이 남자군의 후대뇌동맥을 긴장시켜 PI 및 RI의 상승과 그로 인한 뇌혈류속도의 감소를 유발시키는 유해한 효과를 일으켰을 가능성을 배제할 수 없다. 특히 남자군의 후대뇌동맥의 PI와 RI의 기준치에 대한 증가율이 소음노출 15분 때가 5분 때보다 더 높음으로서 소음노출시간이 길어질수록 후대뇌동맥에 미치는 유해한 영향이 더 커질 수 있을 것으로 판단된다. 뇌혈류역학 변수들 중 PI와 RI는 둘 다 뇌혈관 원위부의

혈관저항을 예측하는 지표들이다. 만일 뇌혈관에 심각한 문제가 있거나 두개내압이 증가된 환자의 경우 뇌혈류 저항이 매우 증가되어 PI와 RI 둘 다의 증가와 함께 충분한 뇌혈류 공급이 어려울 것이다.

선행 연구자들은 소음노출 동안의 뇌혈류속도의 감소는 교감신경의 자극으로 인한 결과로 설명하고 있다. 여러 가지 원인에 의한 정신적 스트레스는 교감신경계 반응을 활성화시켜서 뇌동맥에 대한 교감신경계의 지배를 야기시켜 뇌혈류 조절을 유도한다 (Nelson and Rennels, 1970; Branston, 1995). 여러 연구자들이 동물실험에서 교감신경 자극에 따른 뇌혈류의 영향에 관해 보고했었는데, 고양이와 개의 경우 교감신경 자극은 뇌혈류를 감소시킨 데 비해 (Kobayashi et al., 1971; D'Alecy and Feigl, 1972), 원숭이에 있어서는 큰 변화가 없었다고 하였다 (Harper et al., 1972). 특히 D'Alecy와 Feigl (1972)은 개를 이용한 동물실험에서 성상신경절 (stellate ganglion)을 자극하여 뇌혈관에 대한 교감신경의 지배를 유도한 결과 뇌혈관의 수축, 뇌동맥 혈액 내 산소분압의 감소와 이산화탄소 분압의 상승, 그리고 pH의 저하를 일으켰고 뇌혈류의 감소를 가져왔다고 설명하였다. 그러나 이들 선행 연구자들의 주장처럼 만일 소음노출 동안 교감신경계가 자극이 된다면 심장관련 변수들의 수치는 증가해야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서의 소음노출 동안의 심장관련 변수들의 수치는 비록 개인간의 차이는 있지만 양 군 모두 전반적으로 감소함으로써 또 다른 연구 과제를 우리들에게 제시해 주고 있다. 향후 이 부분에 대해서는 다양한 종류의 소음과 다양한 사람들을 대상으로 한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

혈액학적 변수들의 경우 남자군과 여자군 모두 15분 간의 소음노출 후 통계적 유의성이 없는 약간의 감소 경향만 보였고 군 간에도 주목할만한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 짧은 시간 동안의 실험적 굴착기 소음노출이 20대의 건강한 젊은 남녀들의 혈액생리에는 특별히 유해한 영향을 미치지 않았음을 시사하는 점이다. 그러나 동일한 소음에 장시간 노출되거나 연구대상이 좀 더 고령일 경우 또는 잠재적으로 심장 및 뇌혈관 질환의 위험인자를 가진 사람일 경우 연구결과는 달라질 수도 있으므로 향후 이러한 사람들에 대한 연구 역시 필요할 것으로 판단된다.

Cortisol 농도는 소음노출 15분 후 양 군 모두 전체적으로 기준치보다 감소한 결과를 나타내었는데 감소율은 남자군이 여자군보다 더 컸다. 이러한 결과는 Sandi 등 (1992)과 Testa 등 (1994)의 연구결과와 차이를 보였는데 그들은 일시적 소음과 반복적 소음노출이 혈장 cortisol과 ACTH (adrenocorticotrophic hormone)의 분비를 증가시킨다고 보고하였다. 반면 Manuck 등 (1991)은 일시적인 실험적 스트레스가 혈장 cortisol 농도의 유의한 변화가 없었다고 보고함으로써 또 다른

견해를 제시하였다. 정신적 스트레스에 대한 인체의 신경계 반응을 크게 두 가지의 뚜렷한 작용 양상으로 설명할 수 있다. 주로 방어 작용 방식과 무력화 작용 방식으로서 교감신경 부신수질계 (sympathetic adrenomedullary system, SAM)와 시상하부 뇌하수체 부신피질계 (hypothalamic-pituitary-adrenal-cortical system, HPAC)가 각각 관여한다 (Henry et al., 1986; Henry, 1992). 어떤 정신적 스트레스에 의해 이 두 체계가 활성화 될 시 SAM은 심장박동수 및 혈압의 상승, epinephrine과 norepinephrine의 방출을 일으키며, HPAC는 부신피질자극호르몬 (adrenocorticotrophic hormone, ACTH)과 cortisol의 분비를 유도한다 (Weiner, 1992).

그러나 본 연구의 경우 양 군 모두 소음노출 동안 심장박동수 및 혈압이 기준치보다 오히려 하강하였고 소음노출 15분 후의 cortisol 농도가 감소된 결과를 보임으로서 적어도 본 연구자들이 채택한 실험적인 일시적 굴착기 소음이 20대 젊은 남녀들의 SAM과 HPAC를 활성화 시키지 않은 것으로 판단된다.

이상의 연구결과를 요약해 보면 건강한 20대 젊은 남녀들의 안정상태에서 굴착기 소음에 대한 실험적인 일시적 노출은 심장관련 변수들과 혈액학적 변수들의 경우 남녀 간 차이를 발생시키지 않았으나 뇌혈류역학과 cortisol 농도에 있어 유의한 차이를 발생시켰다. 중대뇌동맥과 전대뇌동맥의 경우 남자군이 여자군보다 뇌혈류속도의 감소에 기인한 박동지수 및 저항지수의 동반적 감소를 가져왔고, 후대뇌동맥의 경우 남자군이 여자군보다 박동지수 및 저항지수의 증가에 기인한 뇌혈류속도의 감소를 동반하였다. 일시적 소음노출에 따른 cortisol 농도의 감소정도는 남자군이 더 컸다.

그러나 이러한 실험적 소음노출에 따른 성별 간의 차이가 생리학적으로 어떤 효과를 미칠 것 인지에 대해서는 향후 더 많은 연구를 통한 규명이 필요하다.

## REFERENCES

- Andrén L. Cardiovascular effects of noise. Acta Med Scand. 1982. 657 (Suppl): 1-45.
- Andrén L, Hansson L, Eggertsen R, Hedner T, Karlberg BE. Cardiovascular effects of noise. Acta Med Scand. 1983. 213: 31-35.
- Baker CF, Garvin J, Kennedy CW. The effect of environmental sound and communication on Ccu patient's heart rate and blood pressure. Res Nurs Health 1993. 16: 415-421.
- Branston NM. Neurogenic control of the cerebral circulation. Cerebrovasc Brain Metab Rev. 1995. 7: 338-349.
- Brass LM, Pavlakis SG, De Vivo D. Transcranial Doppler measurements of the middle cerebral artery. Effect of hematocrit.

- Stroke 1988. 19: 1466-1469.
- Carter NL, Hunyor SN, Crawford GL. Environmental noise and sleep-a study of arousals, cardiac arrhythmia and urinary catecholamines. *Sleep* 1994. 17: 298-307.
- Choi SC, Kwon HY, Kim TU, Kim JY. Cerebral blood flow velocity of young people in their twenties. *J Biochem Lab Sci*. 2004. 10: 467-472.
- Cohen S, Krantz DS, Evans GW, Stokols D. Cardiovascular and behavioral effects of community noise. *Am Sci*. 1981. 69: 528-535.
- D'Alecy LG, Feigl EO. Sympathetic control of cerebral blood flow in dogs. *Circ Res*. 1972. 31: 267-283.
- Deyanov C, Mincheva L, Hadjiolova I. Study on level of blood pressure and prevalence of arterial hypertension depending on duration of occupational exposure to industrial noise. *Cent Eur J Occup Environ Med*. 1995. 1920: 109-116.
- Eggertsen R. Beta-adrenoceptor blockade and vasodilatation in essential hypertension. Hemodynamic studies at rest and during exposure to stress. *Acta Med Scand*. 1984. 689 (Suppl): 1-46.
- Emdad R. Cardiovascular dysfunction related to threat, avoidance, and vigilant work application of event-related potential and critique. *Integr Physiol Behav Sci*. 1997. 32: 202-219.
- Etholm B, Egenberg KE. The influence of noise on some circulatory functions. *Acta Otolaryngol*. 1964. 58: 208-213.
- Garcia AM, Garcia A. Occupational noise as a cardiovascular risk factor. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*. 1993. 88: 212-222.
- Gloag D. Noise : hearing loss and psychological effects. *Br Med J*. 1980. 281: 1325-1327.
- Grolimund P, Seiler RW. Age dependence of the flow velocity in the basal cerebral arteries-a transcranial Doppler ultrasound study. *Ultrasound Med Biol*. 1988. 14: 191-198.
- Gue M, Fioramonti J, Frexinos J, Alvinerie M, Bueno L. Influence of acoustic stress by noise on gastrointestinal motility in dogs. *Digest Dis Sci*. 1987. 32: 1411-1417.
- Henry JP. Biological basis of the response. *Integ Phys Beh Sci*. 1992. 27: 66-83.
- Henry JP, Stephens PM, Ely DL. Psychosocial hypertension and the defense and defeat reactions. *J Hypertens*. 1986. 4: 687-697.
- Hobbsland A. Mortality from cardiovascular diseases and sudden death in ferroalloy plants. *Scand J Work Environ Health* 1997. 23: 334-341.
- Ising H, Dienel D, Güther T, Markert B. Health effects of traffic noise. *Int Arch Occup Environ Health* 1980. 47: 179-190.
- Johsson A, Hansson L. Prolonged exposure to a stressful stimulus (noise) as a cause of raised blood pressure in man. *Lancet* 1977. 1: 86-87.
- Kobayashi S, Waltz AG, Rhoton AL Jr. Effects of stimulation of cervical sympathetic nerves on cortical blood flow and vascular reactivity. *Neurology* 1971. 21: 297-302.
- Kotseva KO. Prevalence of arterial hypertension in electric motor production workers. *Cent Eur J Occup Environ Med*. 1997. 3: 1219-1221.
- Lastikov DO. Fiziologo-gigienicheskaia otsenka kombinirovannogo vozdeistia na gomorabonchikh lokal noi vibratsii, shuma I nagrevaishchego mikroklimata. [Physiological chemical evaluation of combined impact of local vibrations, noise, and warming microclimate on miners.] *Med Tr Prom Ekol*. 1998. 4: 4-8.
- Lee TG, Yoon SS. Normal findings of transcranial Doppler. *Korean J Stroke* 2001. 3: 7-13.
- Linden W, Frankish J, McEachern HM. The effect of noise interference type of cognitive stressors, and order of task on cardiovascular activity. *Int J Psycho-Physiol*. 1985. 3: 67-74.
- Manninen O, Aro S. Noise-induced hearing loss and blood pressure. *Int Arch Occup Environ Health* 1979. 42: 251-256.
- Manuck SB, Cohen SC, Rabin BS., Muldoon MF, Bachen EA. Individual differences in cellular immune response to stress. *Psychological Sci*. 1991. 2: 111-115.
- Marciniak W, Rodriguez E, Olszowska K. Echocardiographic evaluation in 385 aeronautical workers exposed to different noise environments. *Aviat Space Environ Med*. 1999. 70: 46-53.
- Martin R, Gibson RS, Lockington JN. Occupational hearing loss between 85 and 90 dBA. *J Occup Med*. 1975. 17: 13-18.
- McCabe P, Schneiderman N. Psychophysiological reactions to stress. (Schneiderman N, Tapp J. Eds.) *Behavioral Medicine*. 1984. pp3-32. Hillsdale Lawrence Erlbaum. USA.
- McRae S, Thompson DG, Wingate DL, Younger K. Changes in the pattern of fasting jejunal motor activity during mental stress. *J Physiol*. 1980. 308: 25.
- Moskov JJ, Ettema JM. Extra-auditory effects in long-term exposure to aircraft and traffic noise. *Int Arch Occup Environ Health* 1977. 40: 177-184.
- Nelson E, Rennels M. Innervation of intracranial arteries. *Brain* 1970. 93: 475-490.
- Petiot JC, Parrot J, Lobreau JP. Cardiovascular effects of impulse noise, road traffic noise, and intermittent pink noise at LAeq



- = 75dB, as a function of sex, age, and level of anxiety: a comparative study. II. Digital pulse level and blood pressure data. *Int Arch Occup Environ Health* 1992. 63: 485-493.
- Ray RL, Brady JV, Emurian HH. Cardiovascular effects of noise during complex task performance. *Int J Psychophysiol.* 1984. 1: 335-340.
- Saha S, Gandhi A, Das S. Effect of noise stress on some cardiovascular parameters and audiovisual reaction time. *Ind J Physiol Pharmacol.* 1996. 40: 35-40.
- Sanden A, Axelsson A. Comparison of cardiovascular responses in noise-resistant and noise-sensitive workers. *Acta Otolaryngol (Stockh).* 1981. 92: 75-100.
- Sandi C, Cambronero JC, Borrell J, Guaza C. Effects of HPA hormones on adapted lymphocyte responsiveness to repeated stress. *Brain Res Bull.* 1992. 28: 581-585.
- Singh AP, Rai RM, Bhatia MR. Effect of chronic and acute exposure to noise on physiological function in man. *Int Arch Occup Environ Health* 1982. 50: 169-174.
- Softowa E, Malewa E, Zlatewa M. Histomorphological changes in the myocardium of experimental animals in long-term exposure to intense industrial noise. *Zentralb Allg Pathol.* 1983. 127: 85-89.
- Stanghellini V, Malagelada JR, Zinsmeister AR, Go VLW, Lao PC. Stress-induced gastroduodenal motor disturbances in humans: Possible humoral mechanisms. *Gastroenterology* 1983. 85: 83-91.
- Talbott EO, Findlay RC, Kuller LH. Noise-induced hearing loss: a possible marker for high blood pressure in older noise-exposed populations. *J Occup Med.* 1990. 32: 690-697.
- Talbott E, Helmkamp J, Matthews K, Kuller L, Cottington E, Redmond G. Occupational noise exposure, noise-induced hearing loss, and the epidemiology of high blood pressure. *Am J Epidemiol.* 1985. 121: 501-514.
- Testa R, Basso A, Piantanelli L, Coppa G, Recchioni A, De Sio G, Testa I, Bonfigli AR, Di Paolo P. Blood catecholamine levels and lymphocyte beta-adrenoceptors following acute noise stress. *Boll Soc Ital Biol Sper.* 1994. 70: 193-198.
- van Dijk FJH, Ettema JH, Zielhuis RL. Non auditory effects of noise in industry. I. Introduction and study objectives. *Int Arch Environ Health* 1986. 58: 321-324.
- Villa A, Andreini GC, Merluzzi F. Relationship between cardiac functions and environmental noise in a group of car engine testers. *Med Lav.* 1980. 71: 397-405.
- Vriens EM, Kraaier V, Musbach M. Transcranial pulsed Doppler measurements of blood velocity in the middle cerebral artery: reference values at rest and during hyperventilation in healthy volunteers in relation to age and sex. *Ultrasound Med Biol.* 1989. 15: 1-8.
- Weiner H. *Perturbing the Organism, the Biology of Stressful Experience.* University of Chicago Press. Chicago. 1992.
- Wu TN, Ko YC, Chang PY. A study of noise exposure and blood pressure in shipyard workers. *Am J Ind Med.* 1987. 12: 431-438.
- Wu TN, Ko YC, Chang PY. Comparison of blood pressure in deaf mute children and children with normal hearing: association between noise and blood pressure. *Int Arch Occup Environ Health* 1993. 65: 119-123.
- Zhao Y, Zhang S, Selvin S. A dose-response relationship for occupational noise-induced hypertension. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg.* 1993. 88: 189-207.