

## Changes in Cerebral Hemodynamics and Sympathetic System During a Combination of Subway Noise with Mental Activity

Jae-Hyun Park<sup>1</sup>, Kyung-Yae Hyun<sup>2</sup> and Seok-Cheol Choi<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Electroencephalography, Department of Neurology, Ulsan University Hospital, Ulsan 682-714, Korea.

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

Subway environments such as crowd, passenger's gab, or subway-generated mechanical noise may become a potential stressor. The present study was sought to determine whether subway noise with or without mental activity affects cerebral hemodynamics and sympathetic system. Fifty-four healthy volunteers were divided group I which underwent subway noise (n=24) and group II which underwent a combined mental activity (mental arithmetic) with subway noise (n=30). Sympathetic factors such as heart rate (HR), blood pressure (BP) and heart rate-systolic pressure product (RPP), and mean blood flow velocity in the middle cerebral artery (MCAV) were measured before (baseline), during and after the noise-exposure. Systolic and diastolic blood pressure, HR and RPP significantly increased in group II ( $P<0.05$ ) but not in group I during the noise-exposure. Peak-MCAV, diastolic-MCAV and mean-MCAV in the both groups were elevated during the noise-exposure ( $P<0.05$ ) and the increased ratios in group II were greater than those in group I. These results suggest that a combined mental activity with subway noise may be a stressor which affects cerebral hemodynamics and sympathetic system.

**Key Words:** Mental Activity, Subway Noise, Cerebral Hemodynamics, Sympathetic System

### 서 론

산업의 발달과 과학기술의 발전은 다양한 종류의 소음발생을 증가시키고 있으며 이에 따라 현대인들은 수많은 소음 스트레스에 노출되어 있다. 특히 교통관련 소음들과 각종 공사 및 건설현장의 소음 등과 같은 환경적 혹은 산업성 소음들은 인간의 건강을 위협하는 병리학적 주요 원인으로 인식되고 있다 (Talbot et al., 1990; Petiot et al., 1992; Wu et al., 1993; Carter et al., 1994).

오늘날 대중교통 수단 중 하나인 지하철은 운행 구간에 따라 소음이 발생하여 승객들에 있어 잠재적 소음 스트레스 요인이 될 수도 있다. 지하철 내 환경은 각 호선이나 구간별 또는 이용 시간대에 따라 차이가 있긴 하나, 이용 승객들의 잠담과 혼잡스러움, 안내방송, 그리고

지하철 자체적으로 발생된 기계적 소음 등은 분명히 스트레스 인자로 작용할 수 있으며 이러한 환경 하에서의 지적 활동이 혈액학적 변화를 유도할 수도 있다 (Choi 등, 2006) 이 연구는 지하철 소음 하에서의 지적 활동 병행이 인체 생리에 미치는 영향 중 뇌혈류 역학과 교감 신경계에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 대상

부산시 소재 P 대학교의 동일 학과에 재학 중인 대학생들 (평균 나이  $23.7\pm 5.1$ 세, 범위 19~27세) 가운데 정상 혈압 (안정 시 수축기 혈압은 130 mmHg 이하, 확장기 혈압은 90 mmHg 이하)의 건강한 남녀 54명을 자발적 지원을 받아 연구대상으로 선정하였다. 실험 전 대상자 개개인에 대한 인터뷰를 통해 지하철 이용 유무, 하루 평균 지하철 이용 시간, 특정 질환 보유자나 특정 약물의 장기적 복용 유무를 조사하였다. 아울러 지원자 중 혈액 질환, 폐 질환, 간장 질환, 신장 질환, 위장관계 질환, 심장 또는 뇌혈관 질환, 정신 질환, 과거 또는 현재

\*논문 접수: 2007년 5월 21일

수정재접수: 2007년 8월 9일

†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

혈전색전증 병력이 있는 경우, 현재 중증 또는 경증의 감염 질환이 있는 경우, 최근 3개월 이내에 큰 외상이나 수술 경력이 있는 경우 등은 실험대상에서 완전히 제외시켰다. 실험 전날 음주 및 과도한 운동 또는 스트레스 요소에 대한 노출을 삼가시켰고, 실험 당일 아침식사는 가볍게 하고, 흡연, 커피, 차, 탄산음료의 복용을 삼가시켜 실험에 임하게 하였다. 전체 대상자들을 실험목적에 따라 지하철 소음노출군 (I군, n=24)과 지하철 소음 하에서 지적 활동 병행군 (II군, n=30)으로 분류하였고 양군 간에 기본변수들은 유의한 차이가 없었다 (Table 1).

## 2. 실험 전 준비

대상자가 실험실에 들어오면 실험방법 및 과정을 충분히 설명하고 의자에 앉게 한 뒤 10분간 안정을 취하게 하였다.

## 3. 스트레스 태스크 (Stress task)

부산시내 지하철 2개 선로의 구간 중 비교적 지하철 발생 소음이 심한 몇 구간과 승객들의 잡담과 혼잡함이 있는 시간대를 임의로 선택하여 이러한 모든 소음들 (이하 지하철 소음)을 녹음시켜서 컴퓨터를 이용하여 현장 음에 가깝게 (약 60~80 데시벨) 콤팩트디스크로 다시 편집 녹음한 후 실험에 사용하였다. 피 실험자들 중 I군에게는 이 지하철 소음만을 30분 동안 이어폰을 사용하지 않고 자연스럽게 들려주었다. II군의 경우 지하철 소음을 30분 동안 들려주면서 2자리, 3자리 또는 4자리로 구성된 곱셈문제 (20문항)와 나눗셈 문제 (20문항)들을 암산으로 풀게 하는 지적 활동을 병행시켰다. 양 군 모두 스트레스 태스크 실시 동안 후술할 변수들을 특정 시간대 별로 연속 측정하였고, 전체 스트레스 태스크 종료 후 피 실험자들을 다른 조용한 방으로 보내어 20분 동안 휴식을 취하게 한 뒤 기존의 변수들을 마지막으로 측정하였다.

### 1) 교감신경계 반응

스트레스 태스크에 따른 교감신경계의 반응을 평가하기 위해 스트레스 태스크 실시 전 (이하 기준치), 시작 직후 30초, 1분, 2분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분 그리고 종료 후 20분간의 휴식 (이하, S-0.5 m, S-1 m, S-2 m, S-5 m, S-10 m, S-15 m, S-20 m, S-30 m, E-20 m으로 표현)의 시기 때 자동혈압측정기 (Green-Cross Co., Korea)를 이용하여 심박수, 수축기 및 이완기 혈압을 측정하였고, 아래의 공식으로 RPP (정상 범위는 7,000~12,000)도 함

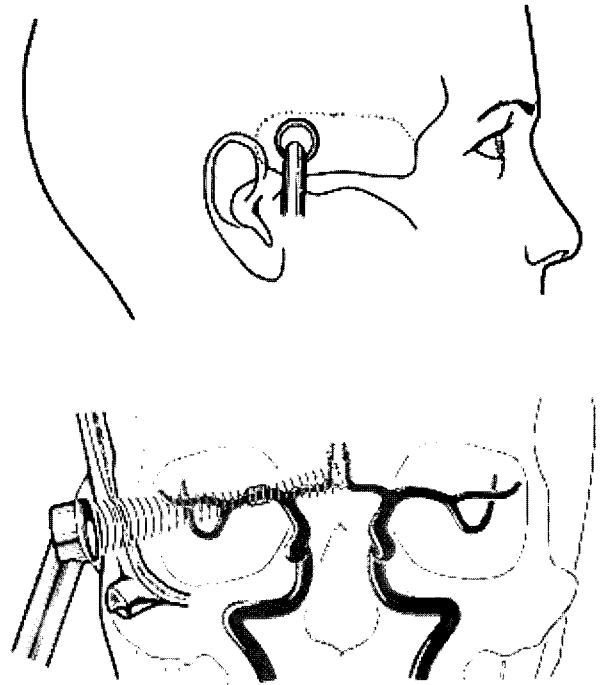


Fig. 1. Diagram of the area (dotted line) where Doppler signals from intracranial arteries were obtained. The zygomatic arch is indicated (Aaslid et al., 1982).

께 구하였다.

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

### 2) 뇌혈역학

뇌혈역학의 변화는 2 MHz pulsed probe를 이용하여 Remed transcranial Doppler sonography (TCD, ReMed CO, Israel)로 중대뇌동맥의 혈류속도를 측정하여 평가하였다. 앉아 있는 피검자의 오른쪽 관골궁 바로 위쪽의 측두창 (temporal window)에 2 MHz 탐촉자를 접촉시킨 후 50~60 mm의 깊이로 초음파를 발사시켜 우측 중대뇌동맥의 최고혈류속도, 이완기혈류속도, 평균혈류속도를 측정하였다 (Fig. 1, Aaslid et al., 1982). 그 측정 시간대는 상기의 교감신경계 반응 측정시기와 동일하였다.

### 4. 자료분석 및 통계처리

각 실험군에 있어 스트레스 태스크 실시 전, 실시 30분 동안, 종료 후 20분에 측정된 모든 변수들의 측정시기별 유의성 검정에는 분산분석법 (ANOVA)을 적용하였고, 각 군 간의 비교에는 unpaired t-test를 적용하였다. 가능한 모든 값은 평균 ± 표준편차로 나타내었으며  $P \leq 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다. 자료 처리에 사용한 통계분석 프로그램은 SAS

(version 8.20, America)이었다.

## 결 과

### 1. 심장박동수

심장박동수는 I군의 경우 스트레스 노출 동안 및 종료 후 20분까지 기준치에 비해 유의한 변화가 없었으나 II군의 경우 스트레스 태스크 노출 동안 기준치보다 유의한 상승을 보였다 ( $P<0.05$ ). 군 간의 비교에서는 기준치와 E-20 m을 제외한 모든 시간대에 II군이 I군보다 유의하게 더 높았다 ( $P<0.05$ , Table 1).

### 2. 혈 압

수축기 혈압은 I군의 경우 S-0.5 m 및 S-1 m시 기준치보다 유의한 상승을 보였으나 ( $P<0.05$ ) 나머지 측정시기에는 유의한 변화가 없었다. II 군의 경우 수축기 혈압은 스트레스 태스크 노출 동안 줄곧 기준치보다 유의한 상승을 보였으나 ( $P<0.05$ ) 종료 후 기준치로 회복되었다 (Table 2). 군 간의 비교에서는 S-2 m부터 S-20 m까지 II

군이 I군보다 유의하게 더 높았다 ( $P<0.05$ , Table 2). 확장기 혈압의 경우 I군은 스트레스 태스크 동안 기준치와 특별한 차이가 없었고 ( $P>0.05$ ) II군 역시 S-0.5 m을 제외한 나머지 측정시기 동안 기준치와 유의한 차이가 없었다 ( $P>0.05$ , Table 2). 그러나 군 간의 비교에서는 S-0.5 m 및 S-1 m을 제외한 나머지 스트레스 태스크 동안 II군이 I군보다 확장기 혈압이 유의하게 더 높았다 ( $P<0.05$ , Table 2).

**Table 1.** Demographic characteristics of group I and II

Variable	Group	
	I	II
Sample size	n=24	n=30
Gender (M:F)	10 : 14	12 : 18
Age (year)	24.71±2.50	22.29±1.37
Height (cm)	170.62±4.04	171.52±3.96
Weight (kg)	67.21±8.44	68.10±7.74
TUS (min)	32.40±29.63	35.78±31.05

Data were expressed as mean ± standard deviation (SD)  
Abbreviation: M, male; F, female; TUS, time using subway in a day

**Table 2.** Change in sympathetic nerve system following stress task

Period	Group Variable	I		vs	II	
		HR (beat/min)	SBP (mmHg)		DBP (mmHg)	RPP
Baseline		78.70±6.40	111.80±11.60		67.40±6.80	8,798.66±1,426.44
	vs	77.58±8.01	111.07±10.72	vs	68.63±8.49	8,616.81±1,471.03
S-0.5 m		79.41±6.46	115.82±10.02*		70.15±8.41	9,197.27±1,605.68
	vs	89.58±8.20**†	116.85±12.10*	vs	72.78±9.14*	10,449.90±1,507.25**†
S-1 m		78.46±5.71	115.81±8.04*		69.46±8.93	9,086.45±1,589.20
	vs	88.40±9.26**†	118.15±11.42*	vs	71.54±8.36	10,444.46±1,723.08**†
S-2 m		76.73±5.00	112.10±8.82		66.29±7.70	8,601.43±1,340.20
	vs	87.56±10.12**†	117.58±10.35**†	vs	70.10±9.81†	10,295.30±1,771.94**†
S-5 m		76.00±7.25	110.50±7.20		65.95±7.06	8,398.08±1,395.20
	vs	94.70±10.03**†	115.82±9.68**†	vs	71.16±9.37†	10,968.15±1,637.01**†
S-10 m		78.58±8.16	109.0±6.96		65.59±6.68	8,565.22±1,309.74
	vs	87.10±8.67**†	116.50±12.63**†	vs	69.60±10.60†	10,147.15±1,805.60**†
S-15 m		78.44±7.03	109.81±6.11		65.17±7.86	8,613.50±1,531.37
	vs	102.73±9.56**†	115.45±13.20**†	vs	70.35±10.24†	11,860.18±1,869.48**†
S-20 m		79.10±8.60	109.01±8.40		65.06±6.39	8,622.69±1,563.50
	vs	87.17±9.41**†	114.41±13.12**†	vs	71.15±8.98†	vs 9,973.12±1,630.72**†
S-30 m		76.92±8.97	115.50±8.16		64.20±5.78	8,845.80±1,479.19
	vs	90.62±7.30**†	114.39±14.09	vs	70.10±8.13†	vs 10,366.02±1,706.49**†
E-20 m		80.18±5.69	110.80±6.60		66.44±6.08	8,883.94±1,523.60
	vs	74.70±6.93†	110.05±7.45	vs	66.97±7.65	vs 8,220.74±1,441.18

Data were expressed as mean ± SD

\*,  $P<0.05$  (compared to baseline); †,  $P<0.05$  (compared to group I)

Abbreviation: HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; RPP, heart rate-SBP product; S-0.5m, 0.5 min of stress exposure; E-20 m, 20 min after the end of stress task

**Table 3.** Change in cerebral hemodynamics following stress task

Period	Group Variable	I	vs	II
		P-MCAV (cm/sec)	D-MCAV (cm/sec)	M-MCAV (cm/sec)
Baseline		123.00±29.34 vs 118.00±24.92	55.75±6.10 vs 51.71±5.36	88.50±15.08 vs 84.86±14.43
S-0.5 m		130.50±28.70 vs 131.02±30.64*	57.25±7.03 vs 57.43±6.92*	95.51±18.96 vs 94.14±19.71*
S-1 m		131.25±25.63 vs 132.30±27.71*	60.76±5.46* vs 59.60±7.90*	96.50±20.08* vs 95.29±19.70*
S-2 m		129.50±23.38 vs 134.22±28.97*	59.25±7.48 vs 62.00±8.15*	94.25±18.69 vs 97.57±18.14*
S-5 m		133.51±29.06* vs 130.57±30.14*	58.24±7.69 vs 59.43±8.07*	95.30±17.35 vs 95.57±21.47*
S-10 m		130.52±27.70 vs 132.56±32.50*	61.27±8.81* vs 59.40±6.37*	95.25±19.72 vs 94.71±18.90*
S-15 m		135.03±31.17* vs 135.00±33.40*	63.50±9.52* vs 61.03±7.94*	97.52±21.55* vs 100.40±22.56*
S-20 m		128.56±25.08 vs 134.15±31.46*†	60.30±7.06* vs 61.43±6.68*	94.50±17.06 vs 97.14±20.01*
S-30 m		130.25±27.08 vs 133.80±29.50*	60.75±6.07* vs 60.40±7.21*	95.25±19.43 vs 95.57±19.57*
E-20 m		118.50±23.17 vs 113.21±21.04*	50.52±5.63* vs 44.14±5.02*†	84.50±13.53 vs 82.10±12.68

Data were expressed as mean ± SD.

\*,  $P < 0.05$  (compared to baseline); †,  $P < 0.05$  (compared to group I).

Abbreviation: P-MCAV, peak blood flow velocity in the middle cerebral artery (MCA); D-MCAV, diastolic blood flow velocity in the MCA; M-MCAV, mean blood flow velocity in the MCA

### 3. RPP

RPP는 I군의 경우 어떤 측정시기에도 기준치에 비해 유의한 변화가 없었으나 ( $P > 0.05$ ) II군의 경우 스트레스 TASK 동안 기준치보다 유의하게 증가되었고 ( $P < 0.05$ ) 종료 후 기준치로 되돌아 왔다 (Table 3). 군 간의 비교에서는 스트레스 TASK 노출 동안 II군이 I군보다 유의하게 더 높았다 ( $P < 0.05$ , Table 3). II군의 경우 스트레스 TASK 노출 동안 기준치보다 유의한 상승을 보였다 ( $P < 0.05$ , Table 3). 군 간의 비교에서는 전체 측정시기에 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ , Table 2).

### 4. 뇌혈류 역학

중대뇌 동맥의 최고혈류속도는 I군의 경우 S-5 m과 S-15 m때만 기준치보다 유의한 증가를 보였고 ( $P < 0.05$ ) 나머지 측정시기에는 약간의 상승경향은 보였으나 통계적 유의성은 없었다. II군의 경우 스트레스 TASK 노출 동안 기준치보다 유의한 상승을 보였다 ( $P < 0.05$ , Table 3). 군 간의 비교에서는 전체 측정시기에 유의한 차이가 없

었다 ( $P > 0.05$ , Table 3). 이완기 뇌혈류속도는 I군의 경우 S-1 m, S-10 m, S-15 m, S-20 m, S-30 m 때 기준치보다 유의한 증가를 보였고 ( $P < 0.05$ ), II군의 경우 스트레스 TASK 동안 줄곧 기준치보다 유의한 증가를 보이다가 스트레스 종료 후에는 기준치보다 유의하게 감소하였다 ( $P < 0.05$ , Table 3). 군 간의 비교에서는 E-20 m 때 II군이 I군보다 유의하게 더 낮았다 ( $P < 0.05$ , Table 3).

평균 뇌혈류속도는 I군의 경우 S-5 m과 S-15 m 때만 기준치보다 유의한 증가를 보였고 ( $P < 0.05$ ) 나머지 측정시기에는 약간의 상승경향은 보였으나 통계적 유의성은 없었다. II군의 경우 스트레스 TASK 노출 전체 시기 동안 기준치보다 유의한 상승을 보였다 ( $P < 0.05$ , Table 3). 군 간의 비교에서는 전체 측정시기 동안 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ , Table 3).

## 고 찰

현대문명의 발전에 따라 수반되는 다양한 생활 환경 소음은 스트레스 요인으로 작용하여 심근경색을 포함한

심혈관 질환 발생 가능성을 증가시킨다 (von Kempen et al., 2002; Babisch et al., 2005). 이미 중요한 대중교통 수단으로 자리하고 지하철 역시 이용 시간대와 운행 구간에 따라 여러 가지 소음을 발생시킬 수 있다.

본 연구의 저자들은 지하철 환경 속에서의 지적 활동이 인체에 미치는 영향을 조사하기 위한 전향적 실험에서 다양한 연구 결과를 얻을 수 있었다. 우선 본 실험의 스트레스 테스트에 대한 심박수, 수축기 혈압, 확장기 혈압, 심장부담지수 등의 반응은 단순히 지하철 소음에만 노출시킨 피검자 그룹인 I군의 경우 소음노출 30분 동안 유의할만한 변화가 거의 없거나 약간의 변화만 보인 반면 지하철 소음과 암산을 병행시킨 II군의 경우 대부분의 측정시기 때 기준치보다 높거나 I군보다 유의하게 상승함으로써 혼잡스러운 지하철 환경에서의 지적 활동이 교감신경계를 활성화 시킨 결과로 인식된다. 심장관련 변수들의 이와 같은 유의한 변화들은 본 연구에서 채택한 지하철 소음과 지적 활동으로 병행된 실험적 방법이 스트레스 인자로 작용할 수 있음을 보여주는 증거가 되며, 이는 스트레스가 교감신경계를 자극하여 혈압과 심박수를 증가시킨다는 선행연구 결과들 (Ito et al., 2003; von Känel et al., 2004; Brydon and Steptoe, 2005; Mischler et al., 2005)과 일치하는 소견이다. 비록 본 실험의 대상자가 특정 질병이 없는 건강한 20대 젊은이들이었던 관계로 스트레스 테스트 동안 심박수, 혈압, 심장부담지수 모두 거의 정상 범위 내에서 변화되었기 때문에 건강한 사람들에게는 이러한 환경이 심혈관계에 크게 유해하지 않을 것으로 생각되나, 만일 좀 더 고령자이거나 잠재적인 심혈관 또는 뇌혈관 질환 발생의 위험성을 가진 사람이거나 치료받지 않고 있는 고혈압 환자일 경우 이와 같은 환경에 대한 지속적 노출은 잠재성 위험 인자로 작용할 가능성을 배제할 수 없다. 또한 암산테스트와 같은 급성 스트레스 후 일부 사람들의 경우 증가된 혈압이 원래의 안정상태로 회복되지 못하며 (Gerin and Pickering, 1995), 고혈압은 죽상동맥경화증을 가속화 시킨다 (Kaplan et al., 1991).

스트레스 테스트 실시에 따른 뇌혈류 역학의 변화를 보면 심장수변수와 마찬가지로 I군의 경우 스트레스 노출 동안 유의한 변화가 거의 없었는데 반해 II군의 경우 실험시작 30초부터 중대뇌동맥의 최고혈류속도, 이완기 혈류속도, 평균혈류속도 모두 증가하기 시작하여 대부분의 측정시기 동안 유의한 변화를 보였다. 이러한 결과는 지적 활동 또는 스트레스가 뇌혈류속도와 뇌혈류량을

증가시킨다는 기존의 연구보고들 (Gur et al., 1982; Droste et al., 1989; Kastrup et al., 1999; Vingerhoets and DPsych, 1999)과 일치한다. 그러나 Ito 등 (2003)은 본 실험과 유사한 연령대의 20대 건강한 남성들을 대상으로 실시한 지적 활동 (암산: 4자리 숫자의 뺄셈을 연속적으로 7초간 실시) 실험에서 심박수, RPP, 혈청의 아드레날린 및 노어아드레날린 농도는 유의한 증가를 입증하였으나 뇌혈류의 유의한 변화를 관찰하지 못하였다고 보고함으로써 본 실험의 결과와 심장관련 변수 결과는 일치하였으나 뇌혈류 역학에 있어 상반된 견해를 보였다. 또한 Kobayashi 등 (1971)과 D'Alecy 및 Feigl (1972)은 고양이와 개를 이용한 동물실험에서 교감신경의 자극은 뇌혈관 수축을 일으켜 뇌혈류를 감소시킨다고 보고한 바 있다.

이와 같이 본 실험의 결과와 과거의 일부 연구보고 간의 차이는 각 연구 간의 대상, 실험방법 및 측정도구, 피실험자 수 등의 상이함에 의한 차이일 가능성을 배제할 수 없다. 우선 Ito 등의 실험대상자는 남성 10명만을 대상으로 한 소수의 인원하였고 스트레스 방법 또한 단순한 뺄셈작업만을 하게 하였으며 뇌혈류 측정방법 또한 dual positron emission tomography (PET) 방법을 이용함으로써 본 연구와는 모든 면에서 판이하게 달랐다. 특히 그들은 실제 실험적 지적 스트레스 동안 대상자들의 뇌혈류 변화가  $6\pm 11\%$  정도 상승하였으나 대상자수의 적음과 큰 표준편차로 인해 통계적 유의함에 도달하지 못했던 것으로 판단되며 만일 이들 연구그룹이 더 많은 연구대상자를 실험하였거나 여성들을 선택했을 경우 그 결과는 달라질 수도 있을 것이다.

또한 고양이와 개를 대상으로 한 후자 연구그룹들의 경우 본 실험과 같은 스트레스 테스트를 적용하지 않고 교감신경계를 직접 자극하는 단순한 실험이었던 관계로 인간을 대상으로 한 지적 스트레스 연구와는 다른 결과를 나타낼 가능성이 높다. 따라서 본 실험이 상기의 몇몇 다른 연구와의 차이점은 첫째, 본 실험의 경우 피실험자의 수가 상대적으로 많았고 여성이 다수 (32명) 포함되었다는 점. 둘째, 적용한 스트레스 테스트가 지하철 소음과 상대적으로 어려운 지적 활동 (곱셈 및 나눗셈 문제의 암산)을 병행한 점. 셋째, 적용한 스트레스 테스트 실시시간이 보다 긴 시간 (30분)이었으며, 뇌혈역학 측정방법이 상이했다는 점 등을 들 수 있다.

본 실험에서 스트레스 테스트 실시에 따른 뇌혈역학의 변화를 평가하기 위해 채택한 뇌도플러 (TCD) 측정법은 Aaslid 등 (1982)이 임상에 도입한 방법으로서 두개강 속

의 큰 뇌동맥 속의 혈류속도를 비침습적으로, 장시간 동안, 그리고 실시간 측정을 가능케 하였다. TCD에 의해 측정된 뇌혈류속도는 뇌혈류에 대한 절대 값은 아니지만 TCD는 거의 뇌혈류량에 근접한 값을 반영해 주고 뇌혈류의 변화를 설명해 주는 유용한 도구이다 (Bishop et al., 1986). TCD에 의한 뇌혈역학 (뇌혈류속도) 변화를 측정하는데 주로 이용하는 중대뇌동맥은 뇌로 가는 혈액의 거의 80%를 공급해주는 큰 혈관이며, 많은 연구자들은 지적 활동 동안 이 과정에 관여하는 뇌의 보다 많은 부분으로의 혈액공급이 중대뇌동맥을 통해 이루어진다고 주장하고 있다 (Risberg, 1980; Wallesch et al., 1985; Heiss et al., 1986; Risberg, 1986).

뇌활동과 뇌혈류간의 관계는 Fulton (1928)에 의해 최초로 보고 되었는데 그는 환자가 독서하고 있는 동안 환자의 후두부 맥관종 (occipital angioma)을 통해 혈류의 증가에 따른 잡음을 측정하였다. 그 후 여러 연구들에 의해 뇌활동, 뇌대사 그리고 뇌혈류는 상호 밀접한 연관성이 있는 것으로 밝혀졌다 (Greenberg et al., 1979; Heiss et al., 1979). 뇌혈류는 뇌의 작은 저항혈관의 직경의 변화에 의해 조절되며 뇌 속의 큰 혈관들의 직경은 수많은 생리적 자극 하에서 유의하게 변화되지 않고 일정한 상태를 유지하고 있는 것으로 보고되었다 (Huber and Handa, 1967; Radü and duBoulay, 1976; Heistad et al., 1978; Kontos et al., 1978; Harder, 1984). 이러한 여러 문헌의 주장대로 중대뇌동맥을 포함한 뇌의 큰 혈관들의 직경이 시간에 경과에 따라 변화되지 않은 채 남아 있다고 가정한다면 연속적인 지적 활동이나 정신적 스트레스하의 뇌혈류속도의 변화는 뇌혈액 용량의 변화와 필연적으로 관련된다. 따라서 본 연구에서 나타난 지하철 소음하의 지적 활동 시기 동안 증가한 중대뇌동맥의 혈류속도는 결국 뇌의 지속적 활동에 기인한 뇌대사의 변화를 반영하는 것으로 사료된다.

본 연구의 결과들을 종합해 볼 때 지하철 소음 환경 하에서의 지적 활동이 교감신경계와 뇌혈류 역학에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 연구의 결과들은 건강한 젊은이들을 대상으로 한 실험적 연구이므로 실제 현장 환경 하에서 다양한 연령층을 대상으로 한 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

Aaslid R, Markwalder TH, Nomes H. Noninvasive trancranial

Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg.* 1982. 57: 769-774.

Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infraction. *Epidemiology* 2005. 16: 33-40.

Bishop CCR, Powell S, Rutt D, Browse NL. Transcranial Doppler measurement of middle cerebral artery blood flow velocity: A validation study. *Stroke* 1986. 17: 913-915.

Brydon L, Steptoe A. Stress-induced increases in interleukin-6 and fibrinogen predict ambulatory blood pressure at 3-year follow-up. *J Hypertension* 2005. 23: 1001-1007.

Carter NL, Hunyor SN, Crawford G, et al. Environmental noise and sleep-a study of arousals, cardiac arrhythmia and urinary catecholamines. *Sleep* 1994. 17: 298-307.

Choi SC, Hyun KY, Park JH, Kwon HY. Effect of combination of mental activity with experimental subway noise on hematology. *K. J. Life Science* 2006. 16: 1174-1180.

D'Alecy LG, Feigl EO. Sympathetic control of cerebral blood flow in dogs. *Circ Res.* 1972. 31: 267-283.

Droste DW, Harders AG, Rastogi E. A transcranial Doppler study of blood flow velocity in the middle cerebral arteries performed at rest and during mental activities. *Stroke* 1989. 20: 1005-1011.

Fulton JF. Observations upon the vascularity of the human occipital lobe during visual activity. *Brain* 1928. 51: 310-320.

Gerin W, Pickering TG. Association between delayed recovery of blood pressure after acute mental stress and parental history of hypertension. *J Hypertens.* 1995. 13: 603-610.

Greenberg J, Hand P, Sylvestro A, Reivich M. Localized metabolic-flow couple during functional activity. *Acta Neurol Scand.* 1979. 60: 12-13.

Gur RC, Gur RE, Obrist WD, et al. Sex and handedness differences in cerebral blood flow during rest and cognitive activity. *Science* 1982. 217: 659-661.

Harder DR. Pressure-dependent membrane depolarization in cat middle cerebral artery. *Circ Res.* 1984. 55: 197-202.

Heiss WD, Herholz K, Pawlik G, Wagner R, Wienhard K. Positron emission tomography in neuropsychology. *Neuropsychologia* 1986. 24: 141-149.

Heiss WD, Turnheim M, Vollmer R, Rappelsberger P. Coupling between neuronal activity and focal blood flow in experimental seizures. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1979. 47: 396-403.

Heistad DD, Marcus AL, Abboud FM. Role of larger arteries in regulation of cerebral blood flow in dogs. *J Clin Invest.* 1978.

- 234: 371-383.
- Huber P, Handa J. Effect of contrast material, hypercapnia, hyperventilation, hypertonic glucose and papaverine on the diameter of the cerebral arteries: angiographic determination in man. *Invest Radiol.* 1967. 2: 17-32.
- Ito H, Kanno I, Hatazawa J, Mura S. Changes in human cerebral blood flow and myocardial blood flow during mental stress measured by dual positron emission tomography. *Ann Nucl Med.* 2003. 17: 381-386.
- Kaplan JR, Pettersson K, Manuck SB, Olsson G. Role of sympathoadrenal medullary activation in the initiation and progression of atherosclerosis. *Circulation* 1991. 84: 23-32.
- Kastrup A, Li TQ, Glover GH, Krüger G, Moseley ME. Gender differences in cerebral blood flow and Oxygenation response during focal physiologic neural activity. *J Cereb blood Flow Metab.* 1999. 19: 1066-1071.
- 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.
- Kontos HA, Wei EP, Navari RM, Levasseur JE, Rosenblum WI, Patterson JL. Responses of cerebral arteries and arterioles to acute hypotension and hypertension. *Am J Physiol.* 1978. 234: H371-H383.
- Mischler K, Fischer JE, Zraggen L, Kudielka BM, Preckel D, von Känel R. The effect of repeated acute mental stress on habituation and recovery responses in hemoconcentration and blood cells in healthy men. *Life Sci.* 2005. 77: 1166-1179.
- Petiot JC, Parrot J, Lobreau JP, et al. 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.
- Radü EW, duBoulay GH. Paradoxal dilatation of large cerebral arteries in hypocapnia in man. *Stroke* 1976. 7: 569-572.
- Risberg J. Regional cerebral blood flow measurements by 133-Xe inhalation: Methodology and applications in neuropsychology and psychiatry. *Brain Lang.* 1980. 9: 9-34.
- Risberg J. Regional cerebral blood flow in neuropsychology. *Neuropsychologia* 1986. 24: 135-140.
- Talbott EO, Findlay RC, Kuller LH, et al. Noise-induced hearing loss: a possible marker for high blood pressure in older noise-exposed populations. *J Occup Med.* 1990. 32: 690-697.
- Vingerhoets G, DPsych NS. Lateralization of Cerebral blood flow velocity changes during cognitive tasks: A simultaneous bilateral transcranial Doppler study. *Stroke* 1999. 30: 2152-2158.
- von Känel R, Preckel D, Zraggen L, Mischler K, Kudielka BM, Haeberli A, Fischer JE. The effect of natural habituation on coagulation responses to acute mental stress and recovery in men. *Thromb Haemost.* 2004. 92: 1327-1335.
- von Kempen EE, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BA, de Hollander AE. The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Health Perspect.* 2002. 110: 307-317.
- Wallesch CW, Henriksen L, Kornhuber HH, Paulson OB. Observations on regional cerebral blood flow in cortical and subcortical structures during language production in normal man. *Brain Lang.* 1985. 25: 224-233.
- 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.