

## 4-10 Hz 빛과 소리자극 후 단기 기억력 및 자율신경심장기능의 변화

- 예비 연구 -

The Changes of Short-Term Memory and Autonomic Neurocardiac  
Function after 4-10Hz Sound and Light Stimulation

- A Pilot Study -

이승환<sup>1</sup> · 김진환<sup>1</sup> · 박중규<sup>1</sup> · 이경욱<sup>2</sup> · 양대현<sup>2</sup> · 홍근영<sup>2</sup> · 채정호<sup>2</sup>Seung-Hwan Lee,<sup>1</sup> Jin-Hwan Kim,<sup>1</sup> Joong-Kyu Park,<sup>1</sup> Kyung-Uk Lee,<sup>2</sup>  
Dae-Hyun Yang,<sup>2</sup> Keun-Young Hong,<sup>2</sup> Jeong-Ho Chae<sup>2</sup>

## ■ ABSTRACT

**Objectives:** Sound and light (SL) stimulation has been used as a method to induce some useful mental states in the fields of psychology and psychiatry. It is believed that sound and light entrainment device (SLED) has some specific effects through synchronization of EEG in patients who use it. Theta frequency is believed to stimulate deep relaxation and short term memory processing. This study was conducted to evaluate if 4-10 Hz SL stimulation can induce relaxation and improve short term memory function.

**Methods:** Ten medical students with no medical or psychiatric problems participated in this study. Subjects were randomly divided into two groups. One group was applied with real SLED was applied to one group (R group) and pseudo SLED to the other group (P group). The two groups were exposed to SL stimulation with SLED 15 minutes a day for 5 days, and after two days rest the two groups were switched over. The Korean Wechsler Adult Intelligence Scale (K-WAIS), Academic Motivation Tests (AMT), Test Anxiety Scale (TAS), Korean Auditory Verbal Learning Test (K-AVLT), and digit span were used to evaluate short term memory. Spielberger's State-Trait anxiety inventory and heart rate variability (HRV) test were used to evaluate degree of relaxation.

**Results:** Compared with S group, R group showed a significant improvement in K-AVLT and digit span after a single application of SL stimulation. But 5-day long application did not reveal any differences between the two groups. A significant change in HRV was observed in 5-day long application of SL stimulation after being switched over to other SLED.

**Conclusion:** This pilot study suggests that 4-10 Hz SL stimulation has some positive influences on short term memory and relaxation. *Sleep Medicine and Psychophysiology* 2004 ; 11(1) : 29-36

**Key words:** Sound and light stimulation · Short term memory · Relaxation · Theta wave.

## 서 론

뇌파의 영역 중 세타(theta) 파는 각성과 수면의 중간상태에 해당하는 4~7 Hz의 뇌파이다(1). 인간이 명상을 할 때 초기에는 알파(alpha) 파가 우세하고 후기로 갈수록 세타

파가 나타난다는 소견은 이미 여러 연구들을 통해 입증된 바 있다(2-4). 이러한 결과는 명상의 깊은 단계인 고도의 이완상태에서 세타 파가 중요하게 연관되어 있음을 의미한다. 이외에도 세타 파는 단기 기억과 작동 기억에도 중요하게 작용하는 것으로 알려지고 있다(5). 또한 세타와 감마(gamma) 파는 단기 기억과 작동 기억의 신경학적 기초와 밀

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10432-0) 지원과 (주)대양이앤씨의 지원으로 수행되었음.

<sup>1</sup>인제대학교 의과대학 정신과학교실 *Department of Psychiatry, College of Medicine, Inje University, Ilsanpaik Hospital, Koyang, Korea*

<sup>2</sup>가톨릭대학교 의과대학 정신과학교실 *Department of Psychiatry, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea*

**Corresponding author:** Jeong-Ho Chae, Department of Psychiatry, College of Medicine, The Catholic University of Korea, St. Mary's Hospital, Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea

Tel: 02) 3779-2019, Fax: 02) 780-6577, E-mail: alberto@cmc.cuk.ac.kr

접하게 관련되어 발생한다(6). Lisman과 Idiart(7)는 개개의 기억들이 동시간적으로 활성화되는 추체로 신경(pyramidal neurons) 집단에 저장된다고 주장하였다. 이 기억들은 감마 뇌파 시기에 충전되며, 전체적인 충전 주기는 세타 진동시기에 맞추어 반복된다고 하였다. 이러한 모형이 성립되기 위해서는 세타 진동에 맞춰 조절되는 감마 파의 존재가 인간의 뇌에서 확인되어야 하는데, 이러한 현상이 인간의 뇌에서 관찰되고 있다(7). 이러한 결과들로 볼 때 세타 파는 인간의 뇌파 중 가장 이완된 시기일 뿐 아니라 기억력과도 관련이 깊은 뇌파라고 할 수 있다. 역으로 세타 파를 인위적으로 유도하면 인간의 기억력과 이완상태에 영향을 미칠 수도 있다고 생각해 볼 수 있다.

소리와 빛을 가하여 인간의 생체주기를 변화시키는 도구(sound and light entrainment device : 이하 SLED)는 어떤 특정한 주기로 발광하는 빛에 노출될 때 인간의 뇌파가 그 빛의 발광 리듬과 동기화된다는 Gray Walter의 발견에 근거하고 있다(8,9). SLED는 이완, 스트레스 관리, 학습과 기억력 증진, 스포츠 훈련, 그리고 신체 건강을 증진시키는 등의 다양한 영역에서 사용되어왔다(10-12). 이를 이용한 국내 연구를 보면 고영희와 하종덕(13)은 SLED로 세타 파를 유도하는 실험에서 기억력의 향상을 보고하였으나, 상태 및 시험불안 감소를 발견하지 못하였다. 그 후 여러 소리와 빛(sound and light : 이하 SL)을 이용한 연구 보고서들이 뇌파의 변화와 기억력의 증가 그리고 긴장 이완효과를 보고하였으나, 연구 디자인과 방법론상의 문제점을 내포하고 있었다. Jin 등(14,15)은 SLED를 사용하여 뇌파의 동조화(synchronization) 유도과 뇌파의 비선형적 복잡성(complexity)의 감소를 확인하였다. Na 등(16)은 정신분열병 환자에게 SL 자극 후 시행한 뇌파분석연구에서 좌측 전두엽 기능저하(left frontal hypofrontality)의 증거를 관찰하였다. 이러한 연구 결과들은 SL 자극 유도가 뇌의 기능적인 변화를 유발시킬 수 있다는 증거이다.

심박동변이(heart rate variability : HRV)의 관찰은 자율신경심장기능의 지표로 널리 이용되는 방법이다(17,18). 최근에는 정신약물치료에 의한 인지기능, 뇌파 그리고 자율신경심장기능의 변화에 대한 연구들이 HRV를 이용하여 활발히 진행되고 있다(19). 특히 Kuo 등(20)은 각 수면단계의 뇌파의 변화와 HRV간의 연관관계를 보고하면서 이러한 연구방법의 타당성을 보고하고 있다.

본 연구는 SLED의 세타 유도 프로그램을 사용하여 기존의 산발적인 자료들의 보고를 재현해보고, 또한 기억력 및 HRV에 어떠한 작용을 하는지 알아보기 위함이며, 정상성

인을 대상으로 이중맹검, 교차실험한 예비연구이다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

신체건강하고 연구에 동의한 남자 의과대학생을 10명을 대상으로 하였다. I 대학과 C 대학에서 각각 5명씩 선발하였고 선발기준으로는 1) 정신적, 육체적인 질병을 가지고 있지 않은 자, 2) 최근 한달이내 어떠한 약물도 복용하고 있지 않은 자, 3) 임상시험의 목적, 방법, 효과 등에 대한 설명을 듣고 피험자 동의서에 서명한 자로 하였다.

### 2. 연구방법

SLED는 (주)대양이앤씨에서 제작한 엠씨스퀘어(이하 MC<sup>2</sup>)라는 기기를 이용하였다. 이 기기는 눈에 쓰는 고글에서 빛이 나오기 때문에 머리의 위치와 상관없이 일정한 빛 자극을 눈에 가할 수 있다. 빨간 빛(평균 빛강도는 40 mcd)이 4~10 Hz의 간격으로 나오며 빛의 강도는 수동 조절이 가능하다. 빛 자극은 650 nm의 최대방출을 갖는 8개의 광다이오드(photodiodes)로 구성되어 있다. 한쪽 눈에 4개씩 총 8개의 다이오드가 눈에서 1 cm 정도의 거리에서 발광한다. 소리자극은 일정한 주파수로 양쪽 귀에서 들리며 한쪽 귀에서 사인(sine)파형의 음이 들리면 반대쪽 귀에서는 반대파형의 소리가 들린다. 이때 들리는 양쪽 귀의 Hz의 차이가 4~10 Hz이다(예를 들어 430 Hz와 437 Hz). 이렇게 정상 작동하는 것을 진성(real) SLED라하고, 빛과 소리자극이 주파수나 강도의 일정한 유형없이 무작위로 가해지는 것을 허위(pseudo) SLED라 한다.

연구대상들에게 기저선 측정으로 지능, 학업동기, 시험불안, 그리고 상태 특성불안 검사가 시행되었다. 10명의 대상은 무작위로 진성 SLED로 시행하는 군(R군)과 허위 MC<sup>2</sup>로 시행하는 군(P군)으로 나뉘었다. 실험대상은 자신이 사용하는 기구가 어느 것인지 알지 못하였다. SLED는 1일 1회의 빈도로 1회에 30분간 피검자에게 적용되었다. SLED를 5일간 시행 후 2일간의 휴식을 가진 후 각각 진성과 허위를 바꾸는 교차(crossover) 방식을 취하였다. SLED 적용은 정해진 시간에 일정한 장소에서 실험보조자의 통제 하에 실시되었으며 SLED 적용 5분 후에 단기기억력 및 자율신경심장기능 검사를 시행하였다.

### 3. 평가 도구

자세한 평가 방법 및 그 시행 시기는 표 1과 같다.

**Table 1.** The time table of the applied evaluation items

	Visit 1 (1st day)		Visit 2 (5th day)	2 day off	Visit 3 (1st day)	Visit 4 (5th day)
	Baseline evaluation	Test 1	Test 2		Test 3	Test 4
Informed consent	V			Cross over		
Inclusion/exclusion criteria	V					
Intelligence quotient (KWAIS)	V					
Academic motivation test	V					
Test Anxiety Scale	V					
K-AVLT	V	V	V		V	V
Extended Digit Span test	V	V	V		V	V
STAI	V	V	V		V	V
HRV	V	V	V		V	V

KWAIS : Korean Wechsler Adult Intelligence Scale, K-AVLT : Korea Auditory Verbal Learning Test, STAI : State and Trait Anxiety Inventory, HRV : Heart Rate Variability

**1) 한국판 성인용 웨슬러 지능검사(Korean Wechsler Adult Intelligence Scale : K-WAIS) (21)**

1992년에 표준화된 성인용 지능검사의 표준이다. 개인별로 시행되며 약 2시간 내외의 소요시간이 필요하다. 검사를 통해 개인의 언어적 이해력, 지각적 구조화 능력, 주의지속 능력 등의 대표적인 인지능력을 측정하였다.

**2) 학업동기검사(Academic Motivation Tests : AMT)**

학업동기 검사는 김아영(22)에 의해 개발된 검사이며, 학업적 자기효능감 26문항과, 학업적 실패내성을 측정하는 18 문항, 총 44문항으로 구성되어 있다. 문항반응 형태는 리커트식 6점 척도이며, 초등학교 고학년부터 대학생까지를 대상으로 사용할 수 있다.

**3) 시험불안 검사(Test Anxiety Scale : TAS) (23)**

시험불안 검사는 Mandler(24)에 의해서 21문항으로 제작된 TAQ(Test Anxiety Questionnaire)를 Sarason(25)이 수정 및 확장하여 37개 문항으로 재구성한 검사이며, 예/아니오로 답하는 진위형 검사이다. 박순환(23)에 의해 번안되었다.

**4) 한국판 언어학습기억검사(Korean Auditory Verbal Learning Test : K-AVLT) (26)**

K-AVLT는 Andre Rey(27)가 개발한 언어기억 검사로 AVLT를 한국 실정에 맞게 수정 표준화한 것이다. AVLT는 반복 시행의 결과로 얻어지는 기억의 다양한 영역인 학습, 회상, 재인 검사가 포함되어 있다. 반복신뢰도는 0.55~0.91의 영역에 있다. 아울러 본 연구에서는 김홍근(26)이 개발한 K-AVLT를 근간으로 매 반복시행마다 중복되지 않는 15개의 같은 음절로 구성된 동형목록을 사용함으로써

학습효과를 상쇄하고 순수한 언어적 단기기억 측정을 시도하였다. 지연시간 동안 간섭과제는 자기보고형 상태특성 불안검사 및 시각-운동계열의 과제를 시행토록 하였다.

**5) 숫자외우기 검사(Digit span)**

K-WAIS의 소검사의 일부인 숫자목록 외우기 검사이다. 이는 보통 단기기억 용량이 7±2개임을 감안하여 통상 9 자리까지만 시행되나, 지능지수가 우수수준 이상에 해당되는 경우 변별력이 저하됨을 감안하여 바로 외우기(forward digit span) 12자리, 거꾸로 외우기(backward span) 11자리로 확대하여 구성하였다.

**6) 상태 특성 불안 검사 YZ형(Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory form Korean YZ : STAI-KYZ) (28)**

상태-특성불안 검사는 Spielberger 등(29)에 의해서 1964년부터 개발되어, 1970년에 상태-특성 불안 검사 X형(STAI-X : Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory X form)이 제작되었다. 국내에서는 한덕웅 등(28)에 의해 번안되었으며, 한국판 상태-특성불안 검사는 Y형을 한국 문화에 맞게 긍정문항과 부정문항을 균형 있게 포함시켜 YZ형으로 개발하였다. 개인의 성격적인 불안특성과 변화하는 상태불안을 측정하는 검사로 반복 시행되는 경우 불안상태에 의한 수행에 영향을 파악할 수 있다.

**7) 자율신경심장기능**

검사는 (주)메디코아에서 개발한 SA-2000E 기기를 사용하여 HRV의 각 척도를 측정한 후 시간(time) 영역과 주파수(frequency)영역별로 분석하였다(30). 시간범위분석(time domain analysis)은 동성심박사이의 RR 간격을 통계적으로 처리하는 기법으로, 이 때 기준이 되는 것은 정상

심박동이고 부정맥은 필터에 의해서 제거되므로 분석시 산입되지 않았다. 주파수범위분석(frequency domain analysis)은 HRV 신호를 구성하는 각 주파수 대역의 강도를 분리

평가하는 방식으로, 동성심박사이의 RR 간격의 변화를 파형분석하여 각 주파수 영역의 신호가 상대적으로 어떤 강도인지 보는 방법이다. HRV의 측정 방법은 경제적이면서

**Table 2.** The demographic data and baseline evaluation results

	P group (N=5)		R group (N=5)		U	p
	Mean	Mean rank	Mean	Mean rank		
Age (years)	24.6 ± 2.7	5	24.4 ± 0.5	6	10	ns
Male/Female	5/0		5/0			ns
Education (years)	16 ± 0	5.5	16 ± 0	5.5	12.5	ns
Intelligence (IQ)	124 ± 10.3	4.7	131 ± 3.7	6.3	8.5	ns
Academic motivation test score	160.2 ± 22.1	6.4	175.6 ± 12.2	4.6	8	ns
Self efficacy	97.2 ± 13.5	4.4	105.2 ± 6.4	6.6	7	ns
Failure tolerance	63 ± 9.3	4.6	70.4 ± 7.6	6.4	8	ns
Test anxiety score	15.4 ± 6.1	5.1	12.8 ± 5.2	5.9	10.5	ns

Mann-Whitney test was used for statistical analysis. P means pseudo, and R real

**Table 3.** The results of short-term memory test

		P group (N=5)		R group (N=5)		U	p
		Mean	Mean rank	Mean	Mean rank		
Baseline	K-AVLT total score	50.0 ± 7.5	4.1	56.6 ± 8.7	6.9	5.5	ns
	Recall	11.2 ± 1.4	3.9	13.0 ± 1.4	7.1	4.5	ns
	Recognition	13.6 ± 1.1	4.1	14.6 ± 0.5	6.9	5.5	ns
	Digit Span total score	15.6 ± 5.5	4.7	17.8 ± 3.8	6.3	8.5	ns
	Forward digit span	8.0 ± 2.5	4.9	9.2 ± 2.1	6.1	9.5	ns
	Backward digit span	7.6 ± 3.0	4.7	9.2 ± 3.1	6.3	2	ns
Test 1	K-AVLT total score	53.2 ± 4.6	3.4	61.4 ± 4.3	7.6	2	0.032
	Recall	11.0 ± 2.0	3.9	13.4 ± 2.0	7.1	4.5	ns
	Recognition	14.0 ± 1.2	4	15.0 ± 0.0	7	5	ns
	Digit Span total score	14.4 ± 2.9	3.4	20.8 ± 4.5	7.6	2	0.032
	Forward digit span	7.8 ± 1.9	3.6	11.0 ± 2.0	7.4	3	0.056
	Backward digit span	6.6 ± 1.5	3.8	9.8 ± 2.8	7.2	4	ns
Test 2	K-AVLT total score	60.6 ± 6.5	5.6	58.2 ± 12.2	5.4	12	ns
	Recall	12.6 ± 1.9	5.6	12.4 ± 2.7	5.4	12	ns
	Recognition	14.2 ± 1.0	5.8	13.8 ± 1.6	5.2	11	ns
	Digit Span total score	17.6 ± 3.2	5.6	18.2 ± 6.5	5.4	12	ns
	Forward digit span	9.6 ± 1.5	5.5	10.2 ± 3.7	5.5	12.5	ns
	Backward digit span	8.0 ± 2.9	5.5	8.0 ± 3.1	5.5	12.5	ns
Test 3	K-AVLT total score	61.6 ± 5.3	4.6	59.6 ± 4.0	6.4	8	ns
	Recall	13.4 ± 1.1	5.2	13.0 ± 1.2	5.8	11	ns
	Recognition	14.4 ± 0.5	4.9	14.0 ± 1.0	6.1	9.5	ns
	Digit Span total score	19.6 ± 3.7	5.9	20.0 ± 2.4	5.1	10.5	ns
	Forward digit span	10.6 ± 1.8	5.5	10.6 ± 1.6	5.5	12.5	ns
	Backward digit span	9.0 ± 2.0	5.9	9.4 ± 2.0	5.1	10.5	ns
Test 4	K-AVLT total score	63.4 ± 8.6	4.4	57.8 ± 7.3	6.6	7	ns
	Recall	14.6 ± 0.8	4.2	11.8 ± 3.2	6.8	6	ns
	Recognition	13.8 ± 1.0	5.9	13.8 ± 1.7	5.1	10	ns
	Digit Span total score	19.6 ± 4.9	5.9	19.8 ± 4.6	5.1	10.5	ns
	Forward digit span	9.4 ± 2.4	5.8	10.0 ± 2.5	5.2	11	ns
	Backward digit span	10.2 ± 3.5	5.2	9.8 ± 2.5	5.8	11	ns

Mann-Whitney test was used for statistical analysis. P means pseudo, and R real

**Table 4.** The changes of state and trait anxiety inventory (STAI) score

		P group (N=5)		R group (N=5)		U	p
		Mean	Mean rank	Mean	Mean rank		
Baseline	STAI-state	45.6±11.3	6.4	38.0± 6.2	4.6	1.308	ns
	STAI-trait	47.6±12.0	6.7	37.8± 9.9	4.3	1.403	ns
	STAI-total	93.2±22.9	6.7	75.8±15.7	4.3	1.397	ns
Test 1	STAI-state	42.0± 7.9	5.7	40.8± 8.2	5.3	0.234	ns
	STAI-trait	47.2± 8.8	6.9	37.6±10.3	4.1	1.576	ns
	STAI-total	89.2±16.6	6.6	78.4±17.7	4.4	0.991	ns
Test 2	STAI-state	39.8± 8.0	5.8	39.8± 9.4	5.2	0.00	ns
	STAI-trait	43.0± 5.4	6.7	36.0±10.17	4.3	1.357	ns
	STAI-total	82.8±13.3	6.2	75.8±16.6	4.8	0.735	ns
Test 3	STAI-state	35.2± 8.3	6.6	41.4± 7.4	4.4	1.240	ns
	STAI-trait	37.2±11.0	6.6	42.4± 5.7	4.4	0.931	ns
	STAI-total	72.4±19.3	6.7	83.8±10.3	4.3	1.164	ns
Test 4	STAI-state	34.8± 8.87	6.1	41.2±15.6	4.9	0.795	ns
	STAI-trait	36.6±11.2	6.7	44.8±13.2	4.3	1.055	ns
	STAI-total	71.4±20.0	6.6	86.0±28.7	4.4	0.932	ns

Mann-Whitney test was used for statistical analysis. P means pseudo, and R real

도 비침습적으로 자율신경과 연관된 심장조절기능을 검사하는 방법으로 심장의 자율 활성도를 질적, 양적으로 측정하는 것으로 임상에서 스트레스의 상대적인 정도를 측정하기 위해 사용되고 있다(31,32).

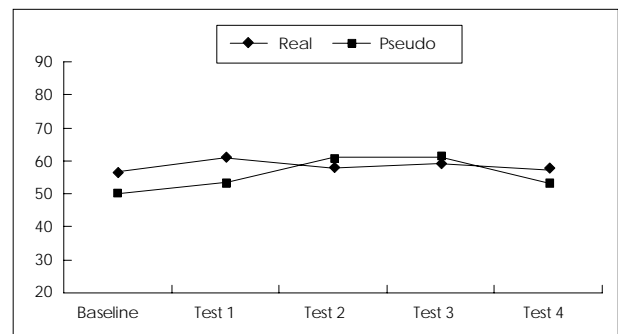
#### 4. 통계분석

두 군간의 학력, 지능, 학업동기, 시험불안, 상태 특성불안 등의 비교는 Mann-Whitney test를 시행하였다. R군과 P군 간의 교차효과(cross over effect)를 보기 위해서는 repeated measured ANOVA를 사용하였다. 통계분석은 SPSS를 이용하였고 통계적인 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

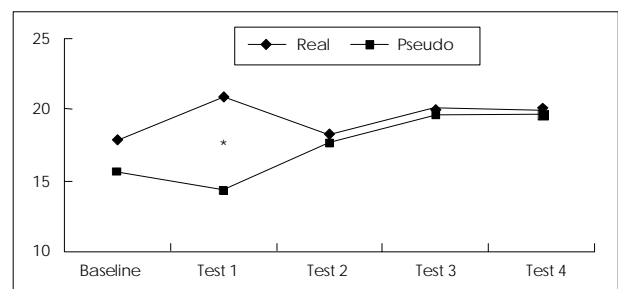
## 결 과

기저선 검사에서 P군과 R군간의 나이, 교육기간, 지능, 학습동기수준 그리고 시험불안 수준의 차이는 없었다(표 2).

한국판 언어학습기억검사와 숫자외우기 검사의 기준선 검사에서 P군과 R군의 수행능력의 차이는 없었다. 그러나 SL 자극을 1회 적용 후 시행한 언어학습기억검사에서는 R군의 수행능력은 61.4±4.3, P군의 수행능력은 53.2±4.6로 R군이 P군보다 유의하게 증가하였다(p=0.032, 표 3). 숫자외우기 검사에서는 총점은 R군이 20.8±4.5, P군이 14.4±2.9로 R군이 P군보다 유의하게 증가하였고(p=0.032), 바로외우기(forward digit span)에서는 R군 11.0±2.0, P군 7.8±1.9로 R군의 유의한 경향의 수행증가를 관



**Fig. 1.** The changes of K-AVLT scores during sound and light (SL) application. The scores of test 3 and test 4 are results of cross over between real and pseudo SL stimulation. \*means p<0.05.



**Fig. 2.** The changes of Digit Span score during sound and light (SL) application. The scores of test 3 and 4 are results of cross over between real and pseudo SL stimulation. \*means p<0.05.

찰할 수 있었다(p=0.056, 표 3). 상태특성 불안검사에서는 두 군간의 의미 있는 차이가 관찰되지 않았다(표 4). 자율신경심장기능 검사에서는 SL 자극을 1회 적용 후, LF에서 P군 527.3±467.2, R군 1280.4±687.3로 두 군간의 유의한 경향의 차이가 관찰되었다(p=0.056). R과 P를 교차한 후 시행한 검사에서 LF/HF에서 P군 3.7±3.6과 R

**Table 5.** The Changes of Heart Rate Variability (HRV)

		P group (N=5)		R group (N=5)		U	p
		Mean	Mean rank	Mean	Mean rank		
Baseline	MHR (bpm)	65.9 ± 5.2	5.4	68.8 ± 11.2	5.6	12	ns
	SDNN	58.4 ± 17.8	4.2	74.5 ± 22.6	6.8	6	ns
	LF (msec)	949.5 ± 736.2	5.2	804.5 ± 335.2	5.8	11	ns
	HF (msec)	527.2 ± 315.0	5.4	569.0 ± 381.9	5.6	12	ns
	LF-Norm (%)	59.7 ± 7.8	5.8	57.8 ± 10.5	5.2	11	ns
	HF-Norm (%)	36.4 ± 8.7	5.6	36.4 ± 11.6	5.4	12	ns
	LF/HF	1.7 ± 0.5	5.5	1.7 ± 0.7	5.5	12.5	ns
Test 1	MHR (bpm)	64.8 ± 5.4	5.6	67.4 ± 11.6	5.4	12	ns
	SDNN	59.0 ± 28.4	4.4	100.6 ± 58.3	6.6	7	ns
	LF (msec)	527.3 ± 467.2	3.6	1280.4 ± 687.3	7.4	3	0.056
	HF (msec)	445.1 ± 147.6	4.2	989.1 ± 608.6	6.8	6	ns
	LF-Norm (%)	46.3 ± 14.2	5.7	47.4 ± 21.5	5.3	11.5	ns
	HF-Norm (%)	50.8 ± 16.1	6.9	33.2 ± 15.4	4.1	5.5	ns
	LF/HF	1.1 ± 0.9	4.3	1.7 ± 1.3	6.7	6.5	ns
Test 2	MHR (bpm)	67.2 ± 4.5	6.1	66.0 ± 10.1	4.9	9.5	ns
	SDNN	60.5 ± 29.4	4.8	84.4 ± 49.2	6.2	9	ns
	LF (msec)	788.3 ± 520.5	4.8	4620.9 ± 8147.7	6.2	9	ns
	HF (msec)	713.0 ± 697.5	4.8	2869.3 ± 4636.0	6.2	9	ns
	LF-Norm (%)	55.8 ± 10.0	5.8	53.6 ± 14.6	5.2	11	ns
	HF-Norm (%)	41.5 ± 7.4	6	37.7 ± 14.2	5	10	ns
	LF/HF	1.4 ± 0.4	4.8	1.6 ± 0.9	6.2	9	ns
Test 3	MHR (bpm)	66.7 ± 5.7	6	69.7 ± 20.8	5	10	ns
	SDNN	45.2 ± 9.0	3.8	64.5 ± 20.3	7.2	4	0.095
	LF (msec)	497.5 ± 280.5	5	781.6 ± 633.4	6	10	ns
	HF (msec)	380.2 ± 114.2	5.6	570.5 ± 569.5	6.4	12	ns
	LF-Norm (%)	51.9 ± 12.3	5.4	54.9 ± 21.1	5.6	12	ns
	HF-Norm (%)	45.0 ± 15.7	5.6	43.6 ± 22.1	5.4	12	ns
	LF/HF	1.3 ± 0.6	5.5	1.9 ± 1.7	5.5	12.5	ns
Test 4	MHR (bpm)	67.8 ± 9.9	5.6	70.8 ± 18.2	5.4	12	ns
	SDNN	49.9 ± 8.3	5	61.0 ± 26.5	6	10	ns
	LF (msec)	877.4 ± 796.2	6	514.1 ± 313.6	5	10	ns
	HF (msec)	255.2 ± 252.0	4.4	618.6 ± 502.2	6.6	77	ns
	LF-Norm (%)	69.6 ± 10.7	7.2	45.6 ± 16.5	3.8	4	0.095
	HF-Norm (%)	27.7 ± 13.0	3.8	48.5 ± 16.5	7.2	4	0.095
	LF/HF	3.7 ± 3.6	7.4	1.1 ± 0.9	3.6	3	0.056

MHR : mean heart rate, SDNN : standard deviation of NN interval, LF : low frequency, HF : high frequency, LF-Norm : normalized low frequency, HF-Norm : normalized high frequency  
Mann-Whitney test was used for statistical analysis. P means pseudo, and R real

군 1.1±0.9로 두 군간의 유의한 경향의 차이가 관찰되었다(p=0.056, 그림 2).

군내 교차 효과를 보기위한 repeated measured ANOVA 에서는 의미있는 차이가 관찰되지 않았다.

## 고 찰

집중력이나 단기 기억, 전반적인 인지과제의 수행능력은

지능과 높은 상관이 있다. 그러므로 주의집중 향상 등의 효과 측정을 위해서는 반드시 개인의 인지능력 수준이 사전에 측정되어야만 한다. 높은 학습동기 수준은 일반적으로 좋은 학업성취를 위한 필수 요소로 간주되며, 집중력 향상 등의 훈련에서도 의욕수준을 반영하는 측정치 역할을 한다. 또한 대체로 높은 불안을 보이는 사람들은 그만큼 주의집중이나 과제수행 효율성이 낮은 것으로 나타난다(32). 우리 연구에서는 이러한 점들을 사전에 통제하기 위해 한국판

성인용웍슬러 지능검사, 학습동기 검사 그리고 시험불안 검사 등을 시행하였다. 두군 간의 지능, 학습동기, 시험불안 수준의 차이는 관찰되지 않았지만 두군 모두 지능지수가 평균이상으로 높았다.

본 연구 결과 언어학습기억검사 총합(그림 1), 숫자외우기 검사 총합(그림 2)과 바로 외우기에서 SL 자극을 1회 한 후에 R군이 P군에 비해 의미 있는 증가를 보였다. 또한 SL 자극을 5일 이상 시행한 후 두 군 간의 의미 있는 차이는 관찰되지 않았다. 이러한 결과의 이유중 하나로 학습효과를 생각해 볼 수 있다. 우리 연구에서 학습효과를 막기 위해 각 검사마다 상이한 단어 목록을 사용하지만 실험집단이 상대적으로 우수한 지능을 지닌 의과대학생들이었으므로 이러한 장애를 극복했을 가능성이 있다.

고영희와 하중덕(13)은 SL 자극을 3회 이상 계속 참여한 집단을 실험집단으로 하고, 전혀 참여하지 않았거나 한두 번 참여한 집단을 비교집단으로 하여 시행한 연구에서 실험집단의 단어암기 검사능력이 의미 있게 상승한다고 보고하였다. 이들 연구의 단점으로는 두 연구 집단 간의 통제가 엄격하게 이루어지지 않은 것을 들 수 있다. 또한 이들의 연구는 본 연구와 같은 SLED를 사용하였으나 주파수가 다른 프로그램을 사용하여 시행한 연구이기 때문에 단순비교가 어렵다. 전태원 등(33)은 SL 자극을 주 당 3회씩 총 12회 실시한 연구에서 무의미 철자, 2자리 숫자 단기기억검사의 의미 있는 향상을 보고하였다. 또한 집중력의 의미 있는 향상을 보고하였다. 하지만 이 연구는 연구대조군에 아무런 처치를 가하지 않아 SLED 사용으로 인한 위약효과를 배제할 수 없으며 연구대상의 수가 각각 10명씩으로 작았다는 단점이 있다. 임인재 등(34)은 잘 구조화된 무작위 배정 대조연구를 시행하면서 허위 SLED가 사용되었다. 연구결과로 지능의 영향을 배제하였을 때 단기기억력의 의미 있는 향상을 관찰하였다. 하지만 다른 연구에서와 마찬가지로 학습동기의 향상이나 학습 불안의 감소효과는 관찰되지 않았다. 이 연구는 7일간 SL 자극을 가하는 동안 수행능력의 변화를 관찰하였을 뿐만 아니라, 실험 약 60일 후에 다시 추적 관찰을 하였고, 사전검사로 학습동기, 시험불안 그리고 내외통제성 검사를 시행하였다는 장점이 있었다. 내외통제성 검사란 지적활동 혹은 학업에 관한 신념과 미신, 그리고 부모나 친구와 관련된 행동강화 간의 일관성과 신념을 측정하는 검사로 정은주와 손진훈(35)이 국내 표준화한 척도이다. 이 연구에서는 이러한 내외 통제성 검사를 실시하지 않았는데 향후 연구를 시행시 이러한 검사가 반드시 선행되어야 할 것으로 판단된다. 왜

냐하면 SLED와 같이 비침습적이면서 아직 작용원리의 과학적인 배경이 완전히 규명되지 않은 기구를 이용할 때에는 사용자의 심리적인 자세가 그 효과에 큰 영향을 미치게 되기 때문이다.

본 연구에서 주관적 상태-특성 불안 검사에서 SLED 사용이후 의미 있는 감소는 관찰되지 않았다. 고영희와 하중덕(13)도 상태특성불안정도와 시험시험불안의 의미 있는 감소를 관찰하지 못하였다. 하지만 우리가 시행한 HRV 검사에서 진성 SLED 사용군은 대조군에 비해 5일간 적용 후 LF에서 유의미한 경향의 증가를 보여주었다(표 5). LF란 저빈도 (low frequency) 파동을 반영하며 주로 교감신경 활동의 지표로 이용된다(17-19). LF의 감소는 생체에너지의 소실을 의미하며 피로한 상태를 의미한다. LF의 증가는 SL 자극 후 교감신경 활성의 증가 및 피로도의 감소를 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 그 외 LF/HF도 진성 SLED를 사용한 군에서 유의미한 경향의 증가를 보였다. LF/HF란 교감신경과 부교감신경 즉, 자율신경 전체적인 균형 정도를 반영한다. 이 지표의 증가는 결국 교감신경 활성의 증가를 의미한다(표 5) (17-19).

이 연구는 몇 가지 단점과 제안점을 가진다. 첫째 뇌파의 측정이 동반되지 않아 SL 자극이 진정 실험대상군의 뇌파를 변화시켰는지 확인하기 어렵다. Jin 등(14,15)이 SL 자극 이후 뇌파의 변화를 논하기는 하였으나, 우리의 연구의 피험자들도 뇌파의 변화가 유도되었는지 객관적인 판단이 어렵다. 둘째 통계적으로 의미있는 결과들이 Mann-Whitney test에서만 관찰되고, 시간의 변화에 따른 개체 내 효과를 보기위한 공변량분석에서 의미있는 결과가 도출되지 못한 점이다. 그러므로 우리의 연구 결과가 통계상 type I 오류를 범했을 가능성이 있다. 셋째 연구 대상의 지능지수가 지나치게 높았고, 그러므로 피험 집단이 전체 집단을 대변해 주기 어렵다는 점 등이다. 향후 평균정도의 지능을 갖는 피험자를 선택함이 오차를 줄일 수 있을 것이다. 넷째, 내외통제성 검사 등 지적활동 혹은 학업에 관한 신념과 미신, 그리고 부모나 친구와 관련된 행동강화 간의 일관성과 신념을 측정하는 검사를 시행하지 않은 점이다. 이러한 사전 검사는 심리적 동기가 강한 사람들이 SLED를 사용하므로써 예상되는 위약효과를 배제하기위해 반드시 필요한 것으로 생각된다.

하지만 우리연구는 잘 구조화된 전향적 이중맹검 검사라는 점에서 강점이 있으며 위에 지적한 단점들을 보강하고, 실험대상자 수를 더 늘린다면 보다 나은 결과 도출이 가능할 것이다.

## 요 약

**목 적 :** 본 연구는 4~10 Hz의 빛과 소리자극이 인체의 단기 기억력 및 긴장이완에 어떠한 영향을 주는지 관찰하기 위한 예비연구로 시행되었다.

**방 법 :** 총 10명의 대상을 무작위로 동기화된 파형의 빛과 소리를 가한 처치군(R 군)과 동기화되지 않은 무작위 파형의 빛과 소리를 가한 허위군(P 군)으로 분류하고, 하루 15분씩 5일간 빛과 소리 자극을 가하였다. 단기 기억력을 측정하기 위한 척도, 불안 척도 그리고 자율신경심장 기능 검사 등을 시행하였다. 2일간 휴식 후 R군과 P군을 교차하여 5일간 같은 실험을 반복하였다.

**결 과 :** R군에서 빛과 소리 자극 1회 적용 후 단기 기억력의 유의미한 향상이 관찰되었다. 자율신경심장 기능 검사에서는 R군에서 유의미한 이완 효과가 관찰되었다.

**결 론 :** 이 연구 4~10 Hz의 빛과 소리 자극이 단기 기억 및 긴장이완과 연관됨을 암시한다. 향후 실험대상수를 늘려 예비연구결과를 확인함이 필요하다.

**중심 단어 :** 빛과 소리 자극 · 단기 기억력 · 이완 · 세타 파.

## REFERENCES

1. Boutros NN, Struve F. Electrophysiological assessment of neuropsychiatric disorders. *Semin Clin Neuropsychiatry* 2002;7:30-41
2. Wallace RK, Benson H, Wilson AF. A wakeful hypometabolic physiologic state. *Am J Physiol* 1971;221:795-799
3. Banquet JP. Spectral Analysis of the EEG in meditation. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1973;35:143-151
4. Hebert R, Lehmann D. Theta bursts. An EEG pattern in normal subjects practising the Transcendental Meditation technique. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1977;42:397-403
5. Sauseng P, Klimesch W, Doppelmayr M, Hanslmayr S, Schabus M, Gruber WR. Theta coupling in the human electroencephalogram during a working memory task. *Neuroscience Letter* 2004;354:123-126
6. Klimesch E. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews* 1999;29:169-195
7. Lisman JE, Idiart MA. Storage of  $7 \pm 2$  short-term memories in oscillatory subcycles. *Science* 1995;267:1512-1515
8. Walter VJ, Walter WG. The central effects of rhythmic sensory stimulation. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1949;39:519-522
9. Walter WG. The living brain. London, Duckworth;1957. p.35-39
10. Green EE, Green AM. Biofeedback and states of consciousness. In: Wolman BB, Ullman M (eds) *Handbook of States of Consciousness*. New York, Van Nostrand Reinhold;1986. p.121-134
11. Luber JF. Electroencephalographic biofeedback and neurological applications. In: Basmajian JV (ed) *Biofeedback: Principles and practice*. New York, Williams and Wilkins;1989. p.233-245
12. Hutchison MA. Time flashes: a short history of light/sound technology. *Megabrain Rep* 1990;2:2-5
13. 고영희 · 하종덕. MC 스캐어 이완 시스템이 긴장이완 및 학습능력에 미치는 효과. *과학영재연구* 1992;1:47-59
14. Jin SH, Jeong J, Jeong DG, Kim DJ, Kim SY. Nonlinear dynamics of the EEG separated by independent component analysis after sound and light stimulation. *Biol Cybern* 2002;86:395-401
15. Jin SH, Na SH, Kim SY, Ham BJ, Lee DH, Lee JH, Lee H. Hemispheric laterality and dimensional complexity in schizophrenia under sound and light stimulation. *Int J Psychophysiol* 2003;49:1-15
16. Na SH, Jin SH, Kim SY, Ham BJ. EEG in schizophrenic patients: mutual information analysis. *Clin Neurophysiology* 2002;113:1954-1960
17. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 1981;213:220-222
18. Pomeranz B, Macaulay RJ, Caudill MA. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am J Physiol* 1985;248:151-153
19. Siepmann M, Handel J, Mueck-Weymann M, Kirch W. The effects of moclobemide on autonomic and cognitive functions in healthy volunteers. *Pharmacopsychiatry* 2004;37:81-87
20. Kuo TB, Yang CC. Scatterplot analysis of EEG slow-wave magnitude and heart rate variability: an integrative exploration of cerebral cortical and autonomic functions. *Sleep* 2004;27:648-656
21. 한국임상심리학회편. 한국관성인용웹슬러지능력검사 (K-WAIS). 서울, 한국가이던스;1992.
22. 김아영. 학업동기검사 (AMT). 서울, 학지사;2002.
23. 박순환. 시험불안 성공-실패 경험 및 자기지향적 주의가 과제 수행에 미치는 효과 (석사학위). 서울대학교 대학원;1986.
24. Mandler GG, Sarason SB. A study of anxiety and learning. *J Abnorm Psychol* 1952;47:166-173
25. Sarason IG. Introduction to the study of test anxiety. In I.G. Sarason (Ed.), *Test anxiety: Theory, Research, and Applications*. Hillsdale, N.J. LEA;1980. p.3-14
26. 김홍근. Rey-Kim 기억검사. 대구, 신경심리;1999.
27. Rey A. L'examen clinique en psychologie. Paris, Press Universitaire de France;1964.
28. 한덕웅 · 이장호 · 전경구 · Spielberger. 상태-특성불안검사 (S-TAI-KYZ). 서울, 학지사;2001.
29. Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene RE. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. New York (Palo Alto, CA), Consulting Psychologists Press;1970.
30. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. *Circulation* 1996;93:1043-1065
31. Ruediger H, Seibt R, Scheuch K, Krause M, Alam S. Sympathetic and parasympathetic activation in heart rate variability in male hypertensive patients under mental stress. *J Hum Hypertens* 2004;18:307-15
32. Hoffman R, Al'Absi M. The effect of acute stress on subsequent neuropsychological test performance. *Arch Clin Neuropsychol* 2004;19:497-506
33. 전태원 · 정청희 · 이강현. MC<sup>2</sup> 학습 시스템이 인지능력에 미치는 영향. 서울대학교 체육연구소 논집 1994;15:51-67
34. 임인재 · 문용린 · 홍성훈 · 상경아. MC<sup>2</sup> 학습 시스템의 활용 효과에 관한 실험연구. 서울대학교 교육학연구 1994;1:13-19
35. 정은주 · 손진훈. 학생용 내외통계척도 제작 연구. 한국행동과학연구소 연구노트 1981;10:1-18