

## EEG Asymmetry Changes by the Left and the Right SMR Brainwave of the Computer Learning Versus the Paper and Pencil Learning.

Hyungkyu Kwon<sup>1)</sup> · Jang Sik Cho<sup>2)</sup>

### Abstract

The purpose of this study is to present the relationship between the computer learning and the paper and pencil learning through the math learning (simple computation and complex computation) and the cartoon learning and text learning. The canonical correlation and pairwise t-test of the SMR asymmetry brainwaves of the left and the right brain show the brainwaves with the respect to the manner in which they process information during the specified task by identifying the relative activity of the brainwaves of the left and the right brain. SMR brainwave which known as the scientific measure tool for the activity and the function of the neuronal cell were found to predict the level of the awakening to check the readiness of study preparation. Computer education as a medium of the individualized and the repetitive education shows the difference from the paper and the pencil test in the respect of the differences and the relationship of the SMR brainwave of the learning process.

**Keywords** : Asymmetry, Canonical Correlation, EEG, Lateralization, SMR Brainwave.

### 1. 서론

인간의 사고 및 행동은 대뇌기능에 의해 조절되고, 또한 대뇌의 기능은 많은 뇌신경들의 활동에 달려있으며, 이러한 뇌신경들의 활동은 뇌파의 형태로 나타난다. 뇌파 측정법을 통한 검사법은 객관적으로 대뇌의 기능을 평가할 수 있으며 인간의 활동에 대

---

1) Associate Professor. Department of Informational Statistics, Kyungshung University, Busan, 608-736, KOREA. E-mail : alexkwon@ks.ac.kr

2) Associate Professor. Department of Informational Statistics, Kyungshung University, Busan, 608-736, KOREA. E-mail : jscho@ks.ac.kr

해 실시간의 경과에 따른 두뇌의 기능 상태를 추정하기에 적합하다(김대식과 최창욱, 2001). 그리고 뇌파는 대뇌피질에 분포하는 신경세포의 활동을 직접적으로 명확하게 표현해주기 때문에 인간의 고등 인지를 담당하는 뇌의 기능에 대한 객관적인 지표로 활용되고 있다. 최근에는 인지신경과학 및 공학의 발달로 말미암아 뇌기능활동에 대한 검사법은 뇌전위 측정에 의한 EEG검사를 통하여 객관적이고 연속적으로 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사법으로서 중요하게 활용되고 있다. 뇌파와 관련한 최근의 연구 결과들(김용진 외, 2000)을 살펴보면 학습자의 문제해결과정에서 각 영역별 사고기능이 뇌의 어느 부위에서 중요하게 작용하는지를 알 수 있다. 뇌파측정을 적용한 학습행동의 연구는 아직 미흡하며, 학습활동의 유형에 따른 우세 뇌파의 연구와 이에 기초한 학습모형의 개발, 지능검사의 문제를 해결하는 사고활동 및 과학적 사고활동에서 뇌파의 활성 등을 보여주고 있다.

한편, 컴퓨터를 통한 학습은 정착되었지만 학습유형별 사고과정에 대한 과학적인 프로세스에 대한 규명을 통해 생리적인 근거를 제시하는 것은 중요하다. 컴퓨터학습과 지필학습간의 뇌파활성도의 관련성을 측정하기 위하여 컴퓨터를 통한 수학학습(단순계산, 복잡계산), 만화학습, 텍스트 읽기와 지필을 통한 수학학습, 만화학습, 텍스트 읽기 간의 뇌파 활성도를 분석하여 컴퓨터 학습 및 지필학습 유형간의 뇌파 관련성을 연구하였다. 창의적 문제해결력이나 인지기능이 뇌기능 특성과 밀접한 관련이 있음이 밝혀지면서 뇌기능과 관련된 연구는 기존의 지필검사를 보완하는 객관적이고 과학적인 방법으로 부각되고 있다(박경희 외, 2006).

좌우뇌의 특성에 따른 사고 작용의 차이를 나타내는 것으로 비대칭지수(asymmetry index)를 사용하여 두 반구 사이의 변화를 살펴보는 것도 의미있는 분석이라 할 수 있다. 강인형 외(2003)과 민병찬 외(2001)은 뇌파의 비대칭성 변화를 분석한 대표적인 연구결과이다. 특히, 좌우뇌의 특성에 따른 사고작용의 차이를 나타내는 SMR파는 중요한 의미를 내포하고 있다. SMR파는 감각운동파(sensorimotor rhythm : SMR, 12-15Hz)로 이를 통한 조절 및 치료는 과다행동의 억제와 지속적인 주의력에 효과가 있었고 학업성적도 향상되는 것으로 밝히고 있다(Lubar, 1991). Tansey와 Bruner(1983)은 과잉행동이 수반된 주의력 결핍장애와 발달성 학습장애와 안구운동의 불안정을 보이는 10세 아동에게 SMR 바이오피드백치료와 근전도 훈련을 시킨 결과 근전도의 감소와 함께 자신의 행동에 조절력이 향상되었으며 읽기 및 이해능력도 의미있게 증가되었음을 보고하고 있다. 한편, Kwon과 Cho(2007)은 SMR파의 활성도에 기초해서 뇌기능 분화에 따른 동질성 분석을 한 바가 있다. 학습활동 중 컴퓨터와 같은 시청각 자료를 활용한 학습활동은 주의를 집중시키는데 적합한데 특히 영상자료는 더욱 강한 주의를 유발(Beeman, et al., 1987)하므로 컴퓨터학습 시 학습준비상태로 예측이 가능한 SMR파를 규명하고 각뇌파별 연관성을 규명한다면 컴퓨터 학습활동과 지필학습활동간의 생리적 통찰을 통하여 뇌의 효율적인 각성상태를 이끌어낼 수 있는 과학적기반을 제공해 줄 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 좌우 반구의 비대칭 지수를 사용하여 컴퓨터를 통한 학습방법들과 지필을 통한 학습방법들 간의 SMR파의 차이를 검정하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였으며, 또한 컴퓨터를 통한 학습방법들과 지필을 통한 학습방법들 간의 관련성을 파악하기 위해 정준상관분석을 실시하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구는 컴퓨터 및 지필의 학습 형태에 따른 좌우뇌파의 활성상태를 알아보기 위하여 부산시에 소재하는 대학교 교육학과 2학년 학생을 중심으로 원격교육 활용론을 수강하는 남녀 학생 30명 중 뇌파검사에 응한 24명을 컴퓨터 모듈과 지필 모듈로 나누어 개인별로 소액의 참여비용을 지불하고 개인별 결과보고를 약속하고 실시하였다. 피실험자에게 간단한 설명과 함께 좌우뇌의 뇌전위를 측정하기 위해 10-20시스템에 의거하여 Fp1 과 Fp2 부위에 부착하여 눈감은 상태와 눈 뜬상태에서 기본뇌파를 추출하였다. 그리고 수학학습(단순계산, 복잡계산), 만화학습(모듈1, 모듈2), 그리고 텍스트를 컴퓨터에서 각각 1분씩 학습하고 30초의 휴식시간을 주었으며, 같은 방식으로 지필학습을 실시하였다. 학습후 수행과정의 충실도를 점검하기 위하여 학습된 내용을 테스트를 실시하였다. Sampling rate는 256Hz로 하였으며 실험이 끝난 후 각 학습유형별로 얻어진 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform)를 사용하여 주파수 성분을 분석하였다. 본 연구의 뇌파 측정은 네델란드 MindMedia사의 Nexus 10 장비를 사용하여 실시하였는데 피험자 좌우뇌의 전전두엽의 뇌전위를 Fp1(좌뇌), Fp2(우뇌) 부위에서 측정하였다.

좌우반구 사이에서 나타나는 SMR파의 주파수 차이, 즉 좌우 반구 비대칭성을 관찰하기 위해 좌우뇌 각각의 상대파위를 다음과 같은 방법으로 계산한 아래 식 (1)을 비대칭 지수로 사용하였다.

$$\text{비대칭지수} = \text{좌반구에서의 상대파위} - \text{우반구에서의 상대파위}, \quad (1)$$

여기서 비대칭지수 값이 양수이면 좌반구에서의 주파수 성분이 우반구보다 우세함을 나타내고 음수이면 그 반대의 경우이다. 또한 그 절대 값이 크면 클수록 비대칭성의 정도가 커짐을 알 수 있다.

한편, 단순계산, 복잡계산, 만화1, 만화2, 텍스트에 대해 컴퓨터를 통한 학습과 지필을 통한 학습을 시킨 상태에서 실험대상자들의 뇌파 활성도를 측정하였다. 그리고 자료처리는 SPSSWIN 12.0 프로그램을 이용하여, 컴퓨터 학습과 지필 학습에 대해서 각각 평균 및 표준편차를 산출하였고, 컴퓨터와 관련된 학습형태와 지필에 관련되는 학습형태 간의 차이를 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 또한 컴퓨터 학습 형태와 지필학습형태 간의 관련성을 알아보기 위해 정준상관분석(canonical correlation coefficient)을 실시하였다.

## 3. 연구 결과

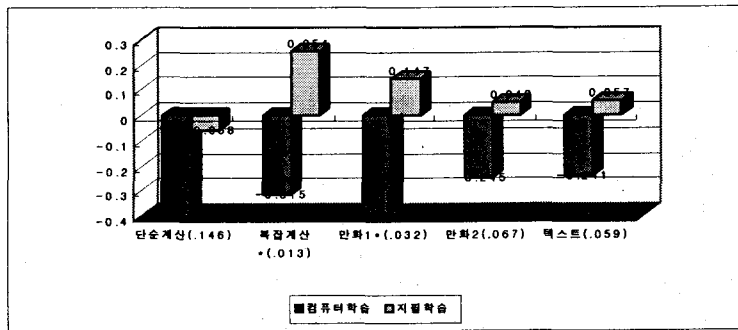
먼저 24명의 피실험자들을 대상으로 컴퓨터 학습형태와 지필학습 형태의 비대칭지수에 대한 평균 및 표준편차는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 각 변인들의 평균 및 표준편차

요인	변수	평균	표준편차
컴퓨터학습 형태	단순계산	-0.399	1.344
	복잡계산	-0.315	1.515
	만화1	-0.382	1.296
	만화2	-0.245	1.312
	텍스트	-0.241	1.392
지필학습 형태	단순계산	-0.058	1.451
	복잡계산	0.254	1.481
	만화1	0.137	1.374
	만화2	0.049	1.368
	텍스트	0.057	1.440

위의 <표 1>에 따르면, 컴퓨터를 통한 모든 학습의 SMR과의 비대칭성은 모두 음수로서 우반구성이 우세한 것으로 나타났으나, 단순계산을 제외하면 지필을 통한 모든 학습의 SMR과의 비대칭성은 양수로서 좌반구성이 우세한 것으로 나타났다.

또한 컴퓨터 학습과 지필 학습들의 차이를 대응비교하기 위해 대응 t-검정을 실시하고 각각의 학습형태들의 평균값을 도표로 표현한 것이 아래 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 컴퓨터학습 형태와 지필학습 형태의 비대칭 지수, \* :  $p < 0.05$

위의 <그림 1>에서 알 수 있듯이, 단순계산의 경우 컴퓨터학습과 지필학습 모두 우반구성이 우세했으나 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 복잡계산과 만화1 각각의 경우, 컴퓨터 학습에서는 우반구성이, 지필학습에서는 좌반구성이 우세한 것으로 나타났다. 복잡계산과 만화1에서 p값이 각각 0.013과 0.032로 얻어져 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의함을 알 수 있었다. 즉, 복잡계산과 만화1의 경우 컴퓨터학습에서 지필학습으로 이동할 때, SMR과는 우반구성에서 좌반구성으로 통계적으로 유의하게 변화였다.

또한, 만화2와 텍스트 각각의 경우, 컴퓨터 학습에서는 우반구성이, 지필학습에서는 좌반구성이 우세한 것으로 나타났다. 만화2와 텍스트에서 p값이 각각 0.067과 0.059로써 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의하지 않으나 유의수준 0.10에서는 유의함을 알 수 있었다. 즉, 만화2와 텍스트의 경우 컴퓨터학습에서 지필학습으로 이동할 때, 유의

수준 0.10에서 SMR파는 우반구성에서 좌반구성으로 통계적으로 유의하게 변화하였다. 다음은 컴퓨터를 통한 학습방법과 지필을 통한 학습방법간의 관련성을 알아보기 위해 정준상관분석을 한 결과는 <표 2>에 제시하였다.

<표 2> 컴퓨터 학습과 지필 학습의 정준상관분석

변수		제1 정준변량			제2 정준변량		
		SCC	CL	CCL	SCC	CL	CCL
컴퓨터 학습	단순계산	0.528	-0.623	-0.597	-0.397	-0.519	-0.419
	복잡계산	-0.238	-0.587	-0.562	-1.018	-0.804	-0.649
	만화1	0.374	-0.569	-0.545	-0.514	-0.753	-0.608
	만화2	-0.196	-0.808	-0.774	0.567	-0.463	-0.374
	텍스트	-1.311	-0.949	-0.908	0.716	-0.209	-0.169
지필 학습	단순계산	-1.372	-0.917	-0.878	2.264	-0.312	-0.252
	복잡계산	0.710	-0.709	-0.679	-1.048	-0.564	-0.456
	만화1	-0.144	-0.753	-0.721	0.502	-0.482	-0.389
	만화2	1.280	-0.826	-0.790	-3.648	-0.555	-0.448
	텍스트	-1.354	-0.882	-0.844	1.476	-0.454	-0.366
정준상관계수		0.957***			0.807		
$\chi^2$		65.400			24.416		
d.f.		25			16		
p		0.000			0.081		
누적 설명력	컴퓨터 학습	0.522			0.870		
	지필 학습	0.674			0.906		

SCC = 표준정준상관계수, CL = 정준적재량, CCL = 교차적재량

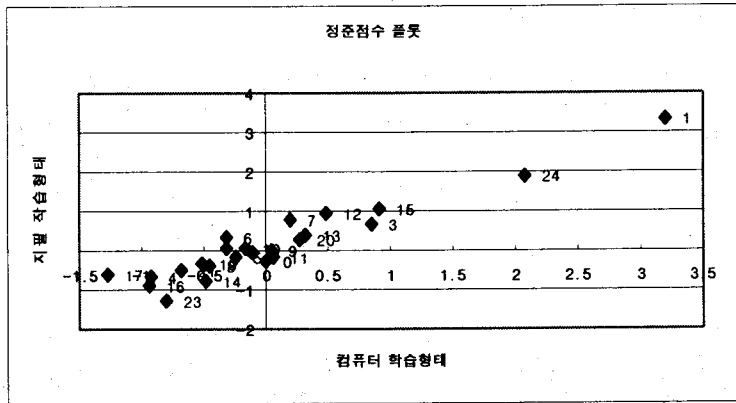
<표 2>에서 보는 바와 같이, 컴퓨터학습과 지필학습 사이의 정준상관분석 결과 1개의 유의적인 정준상관함수가 도출되었다. 제1 정준함수의 정준상관계수는 0.957로 '컴퓨터학습' 요인과 '지필학습' 요인 사이에는 상관관계가 매우 유의적(p=0.000)임을 알 수 있다. 또한 컴퓨터학습 요인은 전체변동 중 약 52.2%를, 그리고 지필학습 요인은 전체변동 중 약 67.4%를 각각의 제1 정준변량에 의해 설명됨을 알 수 있다.

한편, 컴퓨터학습 요인 중 단순계산과 텍스트가 표준정준상관계수와 정준적재량에 있어서 다른 자극에 비해 높게 나타나 컴퓨터학습 요인 중 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 지필학습 요인 중에서는 단순계산, 텍스트, 만화2, 복잡계산의 표준정준상관계수와 정준적재량에 있어서 다른 자극에 비해 상대적으로 높게 나타나 지필학습 요인 중 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

그리고 제1 정준상관함수에 대한 결과에서 컴퓨터학습 요인 중에서 지필학습 요인에 크게 영향을 미치는 항목으로는 텍스트, 만화2, 단순계산, 복잡계산 등의 순으로 나타났으며, 지필학습 요인 중에서 컴퓨터학습 요인에 크게 영향을 미치는 항목으로는 단순계산, 텍스트, 만화2, 만화1의 순으로 나타났다.

각 개체들의 학습을 시각적으로 이해하기 위해 컴퓨터학습 요인과 지필학습요인에 대한 정준점수들을 이용하여 '컴퓨터학습'의 제1정준점수를 X축에, '지필학습'의 제1정

준점수를 Y축에 도표화한 것이 아래 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 정준점수 플롯

위의 <그림 2>의 결과에서 알 수 있듯이, 제1사분면에 있는 1, 24, 15, 12, 3번 등의 피실험자들은 컴퓨터 학습형태와 지필 학습형태의 비대칭성 지수 모두 높은(좌반구성이 우세) 집단임을 알 수 있다. 반면, 제3사분면에 있는 4, 16, 17, 23번 등의 피실험자들은 컴퓨터학습의 비대칭성과 지필학습의 비대칭성이 동시에 낮은(우반구성이 우세) 집단임을 알 수 있다.

#### 4. 결론

뇌파는 뇌의 활동상태에 따라 SMR 뇌파가 다르게 나타나며 자신의 뇌에 다양한 훈련으로 피드백을 받게 되면 SMR 뇌파에 대한 조절능력을 갖게 된다. 이 특정한 조절능력 및 파의 특성을 이용하여 학습에 대한 처리능력을 높이기 위한 여러 연구가 진행중이다. 이렇게 SMR 뇌파의 특성을 컴퓨터학습과 지필학습으로 나누어 분석하여 다양한 학습전략 및 수업모형을 개발시 학습의 효과를 높이기 위해 뇌파분석 결과를 활용할 수 있는 것이다.

인간의 사고 및 행동을 조절하는 대뇌의 기능은 많은 뇌신경들의 활동인 뇌파의 형태로 나타나므로 SMR 뇌파분석과 컴퓨터학습과 지필학습에 속하는 여러 요인의 관련성 분석은 인간의 학습과 관련한 객관적이고 과학적인 정보를 제공해준다고 하겠다.

앞으로 학습효과 향상을 위한 뇌파조절의 활용도를 높이기 위해서는 학습에의 직접적인 효과를 검증하기 위해 교수학습활동이 이루어질 때 학습자의 두뇌기능에 대한 평가 연구와 정서와 관련된 뇌파연구를 바탕으로 특정 뇌파를 활성화시킬 수 있는 뇌파조절 프로그램의 개발이 이루어져야 할 것이다. 본 연구의 결과는 컴퓨터학습 및 지필학습에서 두뇌기능을 고려한 효율적인 활용 방안을 위한 생리적인 근거를 마련해 줄 수 있을 것이다. 후속연구로 다채널을 통한 측정 및 분석으로 뇌 부위별 관련성을 규명하여 학습과정에 대한 일관성있는 패턴을 찾아낼 수 있도록 하여야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 강인형, 민병찬, 진승현, 김철중(2003). 정신집중시 고교생의 EEG 반응, *한국감성과학회 03년도 춘계학술대회 논문집*, 107-110.
2. 김대식, 최장욱(2001). *뇌파검사학*, 고려의학.
3. 김용진(2003). 통찰에 의한 문제해결과정에서 전두부의 뇌파 활성화에 관한 연구, *서원대학교 기초과학연구논총* 제 17집.
4. 김용진, 김학현, 박재근, 채회경, 박미아, 강경미, 조선희, 민윤기, 장남기(2000). 문제풀이 활동에서 뇌파측정에 의한 두뇌 기능 상태의 평가, *한국생물교육학회지*, 28(3), 291-301.
5. 민병찬, 진승현, 강인형, 남경돈, 김수용, 김철중(2001). *한국감성학회 01년도 추계학술대회 논문집*, 144-148.
6. 박경희, 권용주, 김수용, 이길재(2006). 뇌 기능의 공동작용에서 나타난 과학영재와 일반학생의 뇌파 특성, *한국과학교육학회지* 제26권 제3호, 415-424.
7. Beeman, W. O., Anderson, K. T., Bader, G., Larkin, J., McClard, A. P., and Shields, M.(1987). Hypertext and pluralism: From lineal to non-linear thinking. *Proceedings of Hypertext '87*. 67-88. University of North Carolina, Chapel Hill.
8. Kwon, H. K. and Cho, J. S.(2007). Homogeneity analysis for the SMR brainwave by the functional laterlization of the brain based on the science learning methods, *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, Vol. 18(3), 721-733.
9. Lubar, J. F.(1991). Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders, *Biofeedback Self-Regulation*, Vol. 16(3), 201-225.
10. Tansey, M. A. and Bruner, R. L.(1983). EMG and EEG biofeedback training in the treatment of a 10-year-old hyperactive boy with a developmental reading disorder, *Biofeedback Self-Regulation*, Vol. 8(1), 25-37.

[ 2007년 10월 접수, 2007년 11월 채택 ]