

# 컴퓨터 덧셈학습의 인지적 개인차에 대한 암묵적 연합검사를 적용한 뇌파 분석

권형규

경성대학교 교육학과

## 요 약

본 연구는 컴퓨터를 통한 덧셈학습을 낮은 숫자(1 - 5)의 조합인 덧셈 학습과 높은 숫자(6 - 9)의 조합인 덧셈 학습으로 나누어 문제 난이도에 따른 뇌 반구성을 분석하였다. 뇌 반구성의 특성을 보기 위하여 암묵적 연합검사(IAT, Implicit Association Test)를 통하여 덧셈학습 형태를 뇌의 반구성을 나타내는 감정과 논리와 연합시켜 덧셈 학습의 난이도에 따른 인지적 차이를 좌우뇌와 연결하여 분석하였다. 연구결과 뇌의 전체영역에서는 두정엽쪽의 저알파파(8-10Hz)와 후두엽의 SMR파(12Hz-15Hz), 남녀별로는 남자는 의미 있는 차이가 없고 여자인 경우 전두엽의 알파파(8-12Hz)에서 의미 있는 차이를 보여주었다. 뇌의 반구성은 측두엽을 중심으로 세타파(4-8Hz)와 베타파(12-30Hz)에서 의미 있는 차이를 보여주었다. 본 연구를 통하여 개인별 뇌기능의 특성에 기반한 컴퓨터 수학학습의 구성과 자료 개발을 위한 생리학적인 기반 근거를 마련하였다. 본 연구결과는 수학 정보교육에서의 난이도 구성 및 문제해결과정의 학습자 인지과정에 대한 뇌활성도를 제시한 것으로 다양한 정보교육 과목 및 문제유형의 뇌과학적 규명에 대한 가능성을 보여주었다.

키워드: 컴퓨터 덧셈학습, 암묵적 연합검사, 정량뇌파, 뇌반구성

## Brainwave Activities of the Cognitive Individual Differences in Computerized Arithmetic Addition by Implicit Association Test

Hyungkyu Kwon

Dept. of Education, Kyung Sung University

### ABSTRACT

This research analyzed the brainwave activities and brain hemisphericity to find out any implications to design the connections between the activities of the brain function and the computerized arithmetic addition in two difficulty levels: easy: 1-5 vs. hard: 6-9. Thus, in developing the brain based math learning for the computer education by implicit association test(IAT) indicated the significant results for the exclusive brain location and the brain hemisphericity on the theta, alpha, low alpha, beta brainwaves by QEEG analysis. The results of this study physiologically supported the theoretical background for the computerized math learning skills as well as the math learning material development. It shows the difficulty levels of math information education and the brain activities on cognitive process of the learner continued on the possible investigation of the brain science.

Keywords: Computerized arithmetic addition, Implicit Association Test(IAT), quantitative EEG, brainwave, brain hemisphericity

- 이 논문은 2011학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음

논문투고: 2011-11-15

논문심사: 2011-11-21

심사완료: 2011-12-20

## 1. 서론

본 연구는 컴퓨터를 통한 덧셈학습을 낮은 숫자(1 - 5)의 덧셈 학습 조합과 높은 숫자(6 - 9)의 덧셈 학습 조합으로 나누어 뇌 반구성을 분석하여 컴퓨터 수학교육의 수준을 나누었다. 뇌 반구성의 특성을 보기 위하여 암묵적 연합검사를 통하여 덧셈학습 형태를 감정과 논리와 연합시켜 덧셈 학습의 난이도에 따른 인지적 차이를 좌우뇌와 연결하여 분석하였다. 본 연구는 정보교육과정개발의 수학기초 난이도에 따른 학습자의 인지과정을 인지과학적인 관점에서 분석한 것이다. 일반적으로 정보교육에 있어서 문제해결적인 이해를 강화하는 복잡한 문제에 매력을 가지는 경우가 많지만 실체는 단순한 계산을 적절하게 제시함으로써 오히려 긍정적인 뇌의 활성화를 가져오게 된다. 본 연구는 컴퓨터 수학교육 교재의 문제 수준 및 유형 개발을 위한 생리학적 기반의 근거를 마련한다는 점에서 의미가 있다. 본 연구에서는 컴퓨터 학습에 대한 과학적인 방안을 모색하고자 암묵적인 방식으로 측정된 것과 명시적으로 측정된 것과의 관계를 규명하였다. 학습의 난이도에 따른 개인별 인지적 차이는 수학교육을 접근하는 방법의 차이를 가져오므로 중요하다. 수학교육의 많은 부분은 덧셈의 학습이 포함되는 기본적인 기능으로 덧셈계산에 대한 인지적 개인차를 분석하는 것은 개인별 수학기초에 대한 사고전략을 이해하는데도 매우 중요하다. 하지만 학교현장은 이를 고려하지 않고 정해진 풀이 알고리즘에 따른 수학기초로 표현된 수식을 강요하여 창의적인 수학이 되지 못하였다[13]. 이를 위해 본 연구에서는 정보교육에서 숫자에 대한 개인별 인지적 처리과정을 생리학적으로 분석하여 개인별 인지적 성향에 따른 뇌 과학적 숫자 사용의 근거를 마련하게 된 것이다. 덧셈에 대한 어린이의 비형식적 수학지식에 대한 성향을 보면 표준 알고리즘을 배우게 되면 의미에 기초하지 않고 사고 없이 적용하게 되면 이렇게 한 가지 방법에 고착하면 사고의 유연성 없어지게 된다[15]. 학교에서 가르치는 형식적인 수학과 이미 가지고 있는 비형식적인 수학과는 차이가 있으며 덧셈 전략도 매우 다양하여 수 세기 및 수 개념 발달 유형에 차이가 있음을 알 수 있다[5]. 하지만 학교현장에서는 아직도 형식적인 계산알고리즘과 빠른 계산능력을 강조

하고 있다[17]. 수학교육에서 스스로 자발적으로 해결하는 것과 이것을 과학적이고 조직적인 알고리즘으로 파악하는 것에 대한 설득력 있는 근거가 미약하다. 따라서 본 논문은 덧셈을 중심으로 수에 대한 인지적 성향을 뇌파를 통하여 과학적으로 입증함으로써 좌우뇌의 특성에 따른 창의적 수학교육의 인지과학적 특성을 본 것이다. 뇌의 기능분화와 좌우뇌 특성은 중요한데 좌·우뇌기능 특성을 고려한 수업의 효과를 밝힌 연구[1], 뇌 기능에 따른 학습부진아 혹은 정신박약아의 뇌기능 특성을 밝힌 연구[12], 교과학습능력 좌·우뇌기능과의 관계 연구[16], 그리고 창의성과 뇌기능 분화에 대한 연구[9]가 있다. 창의성은 좌뇌의 분석적인 기능뿐만 아니라 우뇌의 이미지적인 사고가 매우 중요하다고 할 수 있다. 일반 공교육은 좌뇌 기능 특성을 너무 강조[21]하여 학습지도와 평가를 하므로 우뇌 우세 학생들이 나름대로의 장점을 살리지 못하고 학습에 어려움을 겪으므로[12]에 대한 객관적이고 과학적인 데이터를 통한 개인별 학습전략이 필요하다. 뇌파는 학습 동안 뇌신경 세포의 활동에 따른 생리적 생체신호에 따른 뇌 기능을 보여주므로 인지과정에 대한 과학적 근거를 제공하게 된다. 본 연구는 학습 중에 덧셈을 중심으로 낮은 수의 계산(1-5) 조합과 높은 수의 계산(6-9)에 대한 조합으로 나누어 학습의 난이도에 따른 좌우 뇌의 반구성을 분석한 것이다. 뇌 반구성이란 인간의 뇌는 구조적으로 좌반구와 우반구로 나뉘어져 있고 이를 연결하는 뇌량이 있는데 뇌의 기능도 분화되어 반구내에서의 정보처리과정과 기능의 비대칭성에 의해 나타나는 좌, 우반구의 상대적 우세성을 의미한다[25]. 좌뇌는 일반적으로 언어적, 논리적, 수학적, 계열적, 순서적인 것과 관련되고 우뇌는 동시적, 직관적, 창의적, 형태적, 비언어적인 것과 관련되어 있다. 이러한 반구성은 컴퓨터 학습의 경우 제한된 학습공간과 컴퓨터 화면의 발광으로 인해 인지처리 패턴이 틀리게 나타난다. 현재 많이 활성화되고 있는 컴퓨터를 통한 시청각 학습의 경우 뇌가 활성화되는 패턴이 다르게 나타나고 있다. 일반적으로 좌우뇌 모두 델타파의 활성이 감소되고 베타파와 SMR파가 증가되는 경향을 보이며, 알파파와 세타파는 낮은 증가를 보인다[6]. 뇌파의 주파수별 영역은  $\delta$ 파(delta: 0~4Hz),  $\Theta$ 파(theta: 4~8Hz),  $\alpha$ 파(alpha: 8~12Hz), SMR파(12~15Hz),  $\beta$ 파(beta:

12~30Hz),  $\gamma$  파(gamma: 30~50Hz)로 설정하였으며, 본 연구에서는 학습의 창의성과 관련된 세타파, 알파파, SMR파, 베타파를 중심으로 좌우뇌 뇌파 활성도를 비교하여 살펴보았다.  $\alpha$  파는 두뇌의 주의 집중력이 효과적으로 작용하는 판단이 가능하다. SMR파는 저  $\beta$  파로 감각운동피질에서만 나타나는 각성이나 학습에 이르는 준비상태로 주의집중이 시작되는 내면 의식이 외부에 나타나는 출발점이라 할 수 있다[3].  $\beta$  파는 대뇌피질의 활성화와 관련되어 정신활동을 수행할 때 활성화 된다[18]. 뇌파활성 리듬은 외부 정보에 집중할 때는 속파인  $\beta$  파가 우세하고, 내적 경험에 집중하는 경우는 서파인  $\theta$  파가 우세하게 나타난다 [6][11]. 또한 [2]연구에서는 학습활동 중 컴퓨터와 같은 시청각 자료를 활용한 학습은 주의를 집중시키는 데 적합하고 컴퓨터 학습시 학습의 준비성에 대한 예측 지표가 되는 SMR파를 규명하여 뇌의 최적의 상태에 대한 과학적 근거를 제공하고 있다. 반구성을 분석하여 전뇌학습에 대한 분석을 하는 것은 과학교육에서 직관적, 통합적, 확산적, 두뇌인지 기능을 자극시키고 창의력과 학습 능력을 증가시키기 위해서 중요하다[10]. 분석결과는 뇌기능 상태에 대한 객관적인 정보를 가지는 것은 학습에 대한 교수학습의 개별화된 지도관점에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 수리적인 과제를 처리하는 동안에는 좌반구의 뇌파가 보다 활발하다고 보고하였고[19], 수리적 문제를 해결할 때 주로 발생하는 수렴적 통찰 문제의 해결과정은 전두엽에서 우뇌 우세성의 인지 기능을 가지며 문제 해결이 통찰되는 시점에서는 좌우 전두엽에서  $\theta$  리듬의 증가가 의미 있게 일어났다[7]. 본 연구는 덧셈학습의 경우 낮은 숫자의 계산은 베타 및 SMR파가 우뇌에서 활성화 되고 높은 숫자의 경우 좌뇌에서 활성화 되는 결과를 분석하기 위해 낮은 숫자는 감성과의 연합, 높은 숫자는 논리와와의 연합을 가지도록 도구를 개발하여 이를 암묵적 연합검사(Implicit Association Test: IAT)를 적용하여 분석하였다. 이 검사는 겉으로 드러나는 수학문제에 대한 태도와 실제 태도간의 차이를 간접적으로 측정하는 방법으로[22] 학습학습의 경우 좌우뇌 성향이 자동적으로 활성화되는 관점을 중심으로 인지과정을 개인의 선호나 판단없이 볼 수 있도록 하였다. 낮은 숫자는 우뇌기반 특성과 잘 연합

되며, 높은 숫자의 경우 좌뇌기반 특성과 잘 연합되는 것으로 가정하여서 가능한 조합과제는 ‘낮은 숫자-감성/높은 숫자-논리’조합이며, 불가능한 조합과제로는 ‘낮은 숫자-논리/높은 숫자-감성’조합으로 규정하였다. 불가능한 조합과제와 가능한 조합과제의 차이를 IAT 효과라고 하며, 낮은 숫자가 감성과 잘 연합될수록 IAT 효과는 더 크다고 할 수 있다. 현재 정보교육에 대한 뇌과학적인 연구가 국내외적으로 매우 부족하여 이론적 근거가 거의 없지만 본 주제는 정보교육에 대한 학습자의 인지과정을 뇌과학적인 측면에서 뇌파활성도와 학습자의 정보교육시 일어나는 자극에 대한 암묵적인 연합과정을 제시한 것으로 컴퓨터를 통한 수학학습 중 일어나는 부가적인 인지과정의 스트레스 및 과부하를 조절하기 위한 콘텐츠 난이도 조절에 대한 뇌과학적 근거를 제시하였다고 할 수 있다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 정량뇌파 (QEEG: Quantitative EEG)

뇌는 감각 및 인지기능과정 동안 발생하는 신경활동과 인과성을 가지고 인간의 고등 인지를 담당하는 뇌의 기능에 대한 객관적인 지표로 활용되고 있다[4]. 정량뇌파는 분석은 뇌파의 개별적인 주파수나 주파수 대역폭에 대한 데이터의 종합분석을 의미하는데[20], 디지털로 기록된 뇌파를 특정한 파형의 성분을 분석하거나 수치화하여 정량적으로 분석하여 확률론적으로 접근한다. 뇌파의 통계적 모델에 기초한 정량뇌파 분석은 크게 모수적(parametric) 방법과 비모수적(nonparametric) 방법이 사용되고 있다. 비모수적 방법의 대표적인 방법으로 파워 스펙트럼(power spectrum)이 있다. 뇌파를 진폭이 정규 분포하는 무작위 과정(random process)으로 가정할 때 뇌파는 서로 다른 진폭과 주파수를 가지는 정현파(sine wave)들의 합으로 표현될 수 있다[8].

주파수분석으로 시간에 따라 변화하는 데이터를 주파수 영역으로 변환하는 푸리에 변환(Fourier transform)을 사용하는데 시간영역의 함수를 주파수 영역 함수로 변환하는데 신호는 변환된 함수의 푸리에 계수들이 각각의 주파수에서의 사인과 코사인 함수를 나타내며 임의의 파형을 여러 개의 서로 다른 주파수와 진폭을 가지

는 정현 파동으로 구분해 준다. 주파수 분석은 그 계에 포함된 여러 가지 에너지 성분들에 대한 정보를 준다.

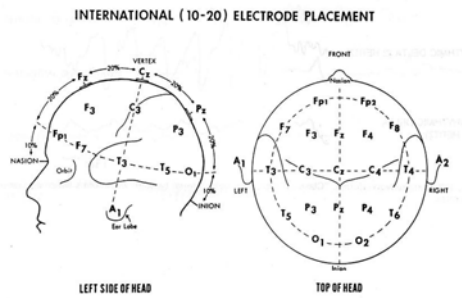
푸리에 변환의 함수식은 다음과 같다.

$$x(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (A_m \sin(mf_0 t + \theta_m) + B_m \cos(mf_0 t + \theta_m))$$

여기서,  $A_0$ 는 제로빈도에서의 진폭,  $f_0$ 는 기본 주파수,  $m$ 은 기본 주파수에 곱해지는 정수값,  $A_m$ 과  $B_m$ 은 시간  $t$ 에서의 진폭,  $\theta_m$ 은 위상각이다[14].

이렇게 변환된 파에서 각 주파수별 에너지의 합하여 파워 스펙트럼(power spectrum)이 된다. 파워 스펙트럼은 일정한 길이의 파형의 자기 상관 함수의 푸리에 변환으로 정의되고, 각 주파수에서 파의 진폭의 제곱에 비례하게 된다[24]. 이런 파워 스펙트럼을 만들어 내는 과정을 스펙트럼 분석이라고 한다.

뇌파는 국제 10-20방식에 의하여 19개 전극(Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, Fz, T3, T4, C3, C4, Cz, T5(P7과 동일), T6(P8과 동일), P3, P4, Pz, O1, O2)에 총 19개의 도금된 전극에서 얻어진다. 영문자는 각각 Frontal(전두엽), Central, Parietal(두정엽), Temporal(측두엽), Occipital(후두엽)을 의미하며 Fp는 Frontopolar(전두극)을 의미한다.



<그림 1> 국제 10~20시스템에 의한 전극 위치

<그림 1>은 머리를 전극간 비율이 두정부(Cz)에서 앞으로는 nasion, 뒤로는 inion, 옆으로는 양쪽 컷바퀴의 윗부분까지를 각각 50%로 했을 때 20%, 20%, 10%의 비율로 각 전극이 위치된다.

### 3. 컴퓨터 수학학습 과 함축적 연합검사의 설계

실험1에서의 IAT 측정을 구성하는 과제들의 순서를 나타내며, IAT는 표적-개념 변별과 속성 영역 사이의 연합을 평가한다. 초기 변별은 낮은 숫자와 높은 숫자를 구별하는 것이다. 낮은 숫자의 경우 ←를 클릭하고 높은 숫자의 경우 →를 클릭한다. 두 번째 단계에서는 역시 두 가지 범주 변별의 형태로 좌우뇌 특성 영역을 소개한다. 감성 대 논리로써 범주화된 단어들의 과제로 표현된 좌우뇌 특성 변별을 평가한다. 이것은 숫자유형과 좌우뇌 특성에 대한 변별 자극이 교대로 결합된다. 네 번째 단계에서 반응자들은 반대로 된 숫자유형 변별에 대한 반응을 학습한다. 다섯 번째 단계에서는 역으로 된 숫자 유형 변별과 좌우뇌 특성 변별을 결합한다. 만약 숫자 유형에 대한 범주들이 좌우뇌 특성 영역과 다르게 연합되었다면 실험대상자는 결합된 과제들(세 번째 혹은 다섯 번째 단계)중의 하나에서 더 쉽게 발견된다. 이를 통하여 숫자 유형 범주들 사이의 암묵적 태도를 측정하게 되는 것이다.

<표 1>은 본 연구에서 실시하고자 하는 실험의 화면설계이다. 상위의 두 개의 박스는 강하게 연합되어질 것이라고 가정된 범주화(catagorizing)된 자극을 포함하는 양립할 수 있는 과제의 시도(Consistent Tasks)를 나타내며, 아래의 두 개의 박스는 강하게 연합되지 않을 것으로 가정된 범주화된 자극을 포함하는 양립할 수 없는 과제(Inconsistent Tasks)의 시

<표 1> 함축적 연합검사(IAT, Implicit Association Test)의 과제제시의 순서 및 내용

순서	1	2	3	4	5
주제	숫자유형 변별	좌우뇌변별	조합 과제	역으로 된 표적	역으로 된 조합 과제
내용	← 낮은 숫자 높은 숫자 →	← 감성 논리 →	← 낮은 숫자 ← 감성 높은 숫자 → 논리 →	낮은 숫자 → ← 높은 숫자	높은 숫자 → ← 감성 ← 낮은 숫자 논리 →

<표 2> IAT 실험절차의 구간별 횟수 및 작동반응키 항목 별 조합

Block	No. of trials	Function	왼쪽 반응키 항목	오른쪽 반응키 항목
1	30	Practice	낮은 숫자	높은 숫자
2	30	Practice	감성(Emotion)	논리(Logic)
3	30	Practice	낮은 숫자/감성	높은 숫자/논리
4	60	Test	낮은 숫자/감성	높은 숫자/논리
5	30	Practice	높은 숫자	낮은 숫자
6	30	Practice	높은 숫자/감성	낮은 숫자/논리
7	60	Test	높은 숫자/감성	낮은 숫자/논리

도를 보여준다. 아래의 그림에서 화살표와 원은 실제 IAT 검사를 하는 동안에는 컴퓨터 화면에 나타나지는 않는다. <표 2>에서는 IAT 실험절차의 구간별 횟수 및 작동반응키 항목 별 조합으로 각 블록별 시도횟수 및 기능에 대하여 제시하였다.

**4. 연구 내용 및 방법**

**4.1 실험대상**

본 연구의 피험자는 모두 23명으로 초등학교 1학년 ~ 중학교 1학년에 재학 중이며, 부모의 동의 하에 자발적으로 본 연구에 참여하였다. 전체 피험자 21명 중 남자는 12명이고, 여자는 9명이다. 실험과정에서 실험과제에 대한 반응이 무성의하거나 응답반응이 누락된 학생 2명을 제외한 21명을 대상으로 결과처리를 하였다.

**4.2 실험설계**

각 개인이 컴퓨터 화면상에서 제시되는 학습에 대한 정보처리 과정을 알아보는 것으로써 순간적으로 제시되는 정보를 처리하는 경향을 알아보는 실험으로 사용한 IAT프로그램은 락싸회사(Laxtha Inc.)의 ERP Scheduling 프로그램인 Sti\_Scheduling을 활용하여 개발하였다. Sti\_Scheduling은 첫 제시자극 시점, 전제시자극, 본 자극, 후 제시자극을 설정하여 스케줄링 파일(\*.stf)을 생성하도록 스케줄하는 프로그램이다. 생성된 스케줄링 파일을 Telescan프로그램(Ver 2.92, Laxtha Inc, Korea)에서 과제에 대해 반응

에 대하여 뇌파를 측정하였다. 자극 파일은 랜덤으로 각 자극별 제시횟수와 유지시간을 설정하였다.

**4.3. 뇌파 측정**

뇌파 측정은 별도의 뇌파실험실에서 소음이 없는 가운데 피험자의 뇌파를 측정하였으며, 머리근육과 몸의 움직임을 통제하여 주의를 집중하도록 하였다. 머리 표면 총 19개부위에서 단극유도(monopolar derivation) 방식으로 뇌파를 측정하였으며, 10-20 국제 전극 배치법(International 10/20 system)에 의해 [26] 좌반구(Fp1, F3, F7, C3, T3, P3, T5, O1), 우반구(Fp2, F4, F8, C4, T4, P4, T6, O2) 그리고 체로선(Cz, Pz, Oz)위치에 측정전극을 부착하였다. 기준전극(Reference electrode)은 오른쪽 귓볼 뒤, 접지전극(Ground electrode)은 왼쪽 귓볼 뒤에 부착하였다. 그리고 눈깜빡임에 대한 잡파를 통제하기 위한 EOG는 오른쪽에 HEOG, 왼쪽에 VEOG를 부착하였다.

19채널로부터 받은 피험자의 뇌파 신호는 256Hz, 샘플링 주파수 0.5 ~ 50Hz의 통과필터, 16bit AD변환(Analog-Digital Converter)에 의해 컴퓨터에 저장되었다. 측정 장비는 전산화 뇌파측정기 PolyG-A(모델명 :PolyG-A, Laxtha Inc, Korea)를 사용하였다. 뇌파 데이터(Raw Data)는 실시간 데이터 수집 및 시계열 분석 프로그램인 TeleScan(Ver 2.92, Laxtha Inc, Korea)을 이용하여 데이터를 수집하고 SPSS ver. 18을 사용하여 분석 하였다.

#### 4.4. 자료 분석

본 연구에서는 19채널에서 측정된 뇌파와 사건관련전위를 통해 숫자의 형태에 따른 피험자의 선택에 대한 뇌파를 분석하였다. 본 뇌파 분석은 뇌의 주요 영역별로 활동성을 비교분석할 수 있다. 또한 사건관련전위는 피험자들이 단어유형에 따른 과제를 수행하는 동안 특정 자극이 제시된 시점을 기준으로 측정된 뇌파들을 종합적으로 평균을 구하는 'Ensemble Averaging'을 하여 각 과제수행의 과형을 비교분석하였다. 고속푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)에 기초한 선형분석을 한 것으로 혼합된 각 주파수 대역별 성분을 나누어 분석하여 이를 통하여 뇌파를 분류하여 알파파, 베타파, SMR 등의 대역별 파워 스펙트럼을 구하게 된다. 이것을 각 채널별 파워값을 나타내는 상대력(relative power)을 분석하였다.

#### 5. 연구 결과

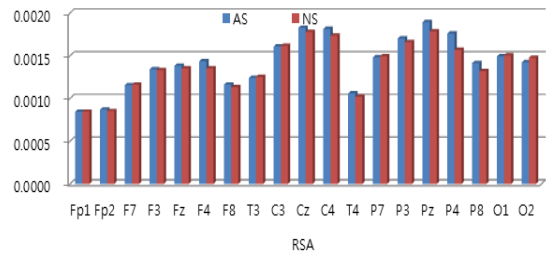
##### 5.1 뇌의 각 영역에서의 뇌파별 비교

<표 3> 저알파(8-11z)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
AS_RSA_P4	21	0.176	0.059	2.191*
NS_RSA_P4	21	0.157	0.042	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

<표 3>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 T=2.191로 낮은 알파파(8~11Hz)에 대한 연합과 비연합과의 관계는 P4지점에서 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 이 지점은 두정엽으로 우뇌쪽에서 만 유의한 차이를 보인 것이다. 이것은 쉬운 덧셈연산의 경우 우뇌 쪽에서 감정과 더 잘 연합되어 나타나는 결과로써 공간인식 및 기하학을 관장하는 영역에서 차이점을 가져온 것을 알 수 있다. <그림 2>에서는 이를 그래프로 나타낸 것으로 P4지점의 유의한 차이를 확인할 수 있다.



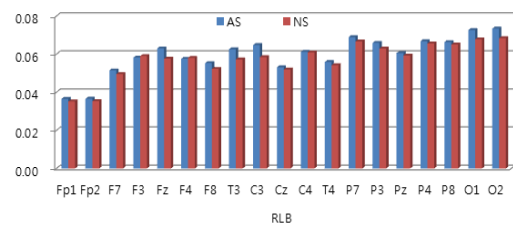
<그림 2> 상대적 저알파대역(8-10Hz)에서 뇌의 영역별 연합(낮은숫자/감성, 높은숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

<표 4> 저베타파(12-15Hz)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
AS_RLB_O1	21	0.073	0.014	2.463*
NS_RLB_O1	21	0.068	0.010	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

<표 4>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 T=2.463으로 낮은 베타파(12~15Hz)에 대한 연합과 비연합과의 관계는 O1지점에서 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 이 지점은 후두엽 밑쪽으로 좌뇌쪽에서 만 유의한 차이를 보인 것이다. 이것은 쉬운 덧셈연산의 경우 좌뇌쪽에서 감정과 더 잘 연합되어 나타나는 결과로써 쉬운 계산인 경우 후두엽 좌뇌쪽에서 유의한 차이를 가져온 것을 알 수 있다. 저베타파는 SMR파로도 불리고 있는데 학습의 준비상태를 나타내는 파로써 논리적 인지과정 좌뇌쪽에서 더 활성화된 것을 알 수 있다. <그림 22>은 이를 그래프로 나타낸 것으로 O1지점의 유의한 차이를 확인할 수 있다.



<그림 3> 상대적 저베타파(12-15Hz)대역에서 뇌의 영역별 연합(낮은 숫자/감성, 높은 숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

5.2 뇌의 각 영역에서의 남녀 뇌파별 비교

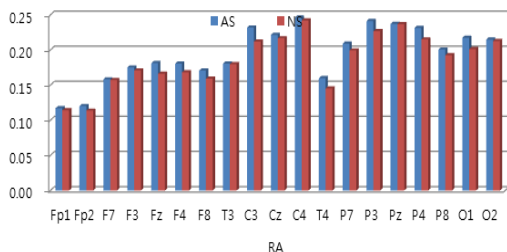
자발뇌파지표 연합과 비연합지표를 비교한 결과 남자의 경우 통계적으로 유의미한 차이를 가져오는 부분이 없었으며 여자의 경우 연합과 비연합에서 다음과 같은 결과를 가져왔다.

<표 5> 여자 알파파(8-12Hz)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
AS_RA_Fz	9	0.181	0.036	2.588*
NS_RA_Fz	9	0.166	0.036	
AS_RA_F4	9	0.181	0.057	3.338*
NS_RA_F4	9	0.168	0.054	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

<표 5>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 전두엽인 Fz영역에서 T=2.588로 알파파(8~12Hz)에 대한 연합과 비연합과의 관계는 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 이지점은 전두엽 부근의 중앙 쪽으로 알파파는 신경생리학적으로 두뇌의 안정상태를 반영하는 기본파로 인간행동에 대한 두뇌기능상태를 알 수 있다. 쉬운 덧셈연산의 경우 우뇌쪽에서 감정과 더 잘 연합되어 나타나는 결과로써 쉬운계산인 경우 후두엽 우뇌쪽에서 유의한 차이를 가져온 것을 알 수 있다. F4지점은 전두엽의 우뇌쪽으로 대상인식에 우위를 가지는 영역에서 통계적인 차이가 있었다. <그림 4>는 이를 그래프로 나타낸 것으로 Fz와 F4지점의 유의한 차이를 확인할 수 있다.



<그림 4> 상대적 알파파(8-12Hz)대역에서 뇌의 영역별 연합(낮은 숫자/감성, 높은 숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

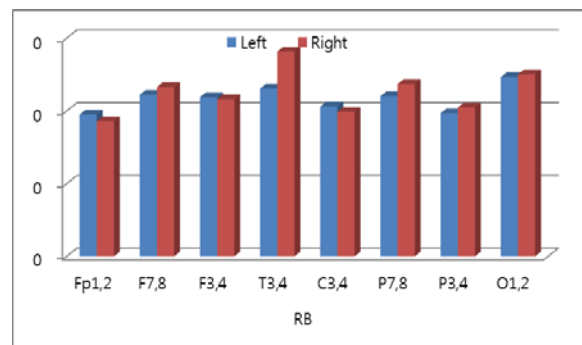
5.3 뇌의 각 영역에서의 반구성 분석

<표 6> 베타파(12-30Hz)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
AS_RB_T3	21	0.231	0.051	-4.279*
AS_RB_T4	21	0.282	0.071	
AS_RB_P7	21	0.220	0.045	-2.098*
AS_RB_P8	21	0.237	0.057	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

좌우뇌를 비교한 결과 <표 6>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 측두엽인 T3와 T4영역에서는 우뇌에서 T=-4.279로 더 높게 나타나서 베타파(12~30Hz)에 대한 연합과 비연합과의 관계는 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 측두엽인 P7과 P8영역에서는 T=-2.098로 우뇌에서 더 높게 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 베타파는 대뇌피질의 활성화와 관련이 있어 정신활동을 통한 뇌의 각성수준에 따라 높게 나타난다. 쉬운 덧셈연산의 경우 복잡한 계산보다 측두엽의 좌뇌쪽인 T3와 P7영역에서 감정과 더 잘 연합되어 나타나는 것을 알 수 있다. <그림 5>는 이를 그래프로 나타낸 것으로 T3와 T4, 그리고 P7과 P8 지점에서 유의한 차이를 확인할 수 있다.



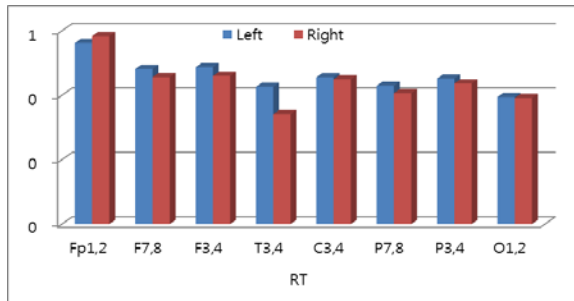
<그림 5> 상대적 베타대역에서 뇌의 영역별 연합(낮은 숫자/감성, 높은 숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

<표 7> 세타파(4-8Hz)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
NS_RT_T3	21	0.426	0.123	4.410*
NS_RT_T4	21	0.341	0.127	
NS_RT_P7	21	0.430	0.127	2.198*
NS_RT_P8	21	0.406	0.136	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

좌우뇌를 비교한 결과 <표 7>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 측두엽인 T3와 T4영역의 좌뇌에서 T=-4.279로 통계적으로 더 의미 있게 나타나서 베타파(12~30Hz)에 대한 연합과 비연합과의 관계는 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 측두엽인 P7과 P8영역에서는 T=-2.098로 좌뇌에서 더 높게 나와 지표가 통계적으로 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 베타파는 대뇌피질의 활성화와 관련이 있어 정신활동을 통한 뇌의 각성수준에 따라 높게 나타난다. <그림 6>은 이를 그래프로 나타낸 것으로 T3와 T4, 그리고 P7과 P8 지점에서 유의한 차이를 확인할 수 있다.



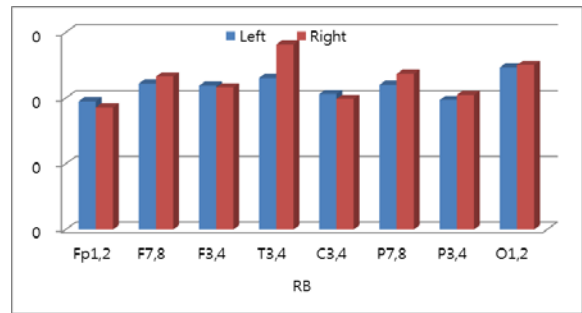
<그림 6> 상대적 세타대역에서 뇌의 영역별 연합(낮은 숫자/감성, 높은 숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

<표 8> 베타파(12-30Hz)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
AS_RB_T3	21	0.231	0.051	-4.279*
AS_RB_T4	21	0.282	0.071	
AS_RB_P7	21	0.220	0.045	-2.098*
AS_RB_P8	21	0.237	0.057	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

좌우뇌를 비교한 결과 <표 8>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 측두엽인 T3와 T4영역의 좌뇌에서 T=-4.279로 통계적으로 더 의미 있게 나타나서 베타파(12~30Hz)에 대한 연합과 비연합과의 관계는 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 측두엽인 P7과 P8영역에서는 T=-2.098로 좌뇌에서 더 높게 나와 지표가 통계적으로 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 베타파는 대뇌피질의 활성화와 관련이 있어 정신활동을 통한 뇌의 각성수준에 따라 높게 나타난다. <그림 7>은 이를 그래프로 나타낸 것으로 T3와 T4, 그리고 P7과 P8 지점에서 유의한 차이를 확인할 수 있다.



<그림 7> 상대적 베타대역에서 뇌의 영역별 연합(낮은 숫자/감성, 높은 숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

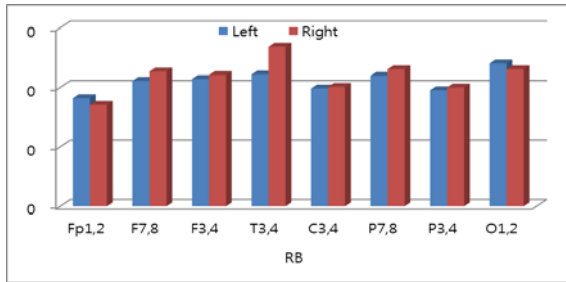
<표 9> 베타파(12-30Hz)영역의 연합과 비연합 비교

지표	사례수	평균	표준편차	t
NS_RB_T3	21	0.222	0.046	-4.011*
NS_RB_T4	21	0.268	0.069	

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\*p<.001

좌우뇌를 비교한 결과 <표 9>에서 제시된 바와 같이 대응표본 T검정으로 검증한 결과 측두엽인 T3와 T4영역의 좌뇌에서 T=-4.011로 통계적으로 더 의미 있게 나타나서 베타파(12~30Hz)에 대한 비연합과의 관계에서 통계적으로 지표가 의미가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 베타파는 대뇌피질의 활성화와 관련이 있어 정신활동을 통한 뇌의 각성수준에 따라 높게 나타난다. <그림 8>은 이를 그래프로 나타낸 것으로 T3와 T4지점에서 유의한 차이를 확인할 수 있다.





<그림 8> 상대적 세타대역에서 뇌의 영역별 연합(낮은 숫자/감성, 높은 숫자/논리)과 비연합(낮은 숫자/논리, 높은 숫자/감성)의 관계

6. 결론 및 제언

수학학습의 정보가 난이도에 따라 남녀별로 뇌의 어떤 영역에서 처리되는지 또는 좌뇌 기반에서 처리되는지 우뇌기반에서 처리되는지에 대한 반구성 분석을 통해 각 개인의 생리적 뇌특성에 알맞은 수학학습에 대한 개인별 학습 진단 및 훈련이 가능하다. 특히 인간 뇌의 효율적 사용을 통한 학습의 효과를 위해 좌우뇌의 균형적 사용이 매우 중요하다. 본 연구에서 결과에 의해 컴퓨터 덧셈학습에서 쉬운 계산이 복잡한 계산보다 저알파(8-10Hz)의 우뇌 쪽 두정엽(P4)에서 감정과 더 잘 연합하며, 학습을 예측하는 SMR파(12-15Hz)에서는 좌뇌쪽 후두엽(O1)에서 감정과 더 잘 연합하는 것으로 나타났다. 알파파는 정서적 안정성, SMR파는 학습의 준비성을 보여주므로 이에 대한 지표로 사용할 수 있다. 뇌의 남녀별 비교에서는 남자는 통계적으로 유의미한 차이가 없고 여자의 경우만 알파파(8-12Hz)의 전두엽 중앙(Fz)과 우뇌 쪽 전두엽(F4)에서 쉬운 계산이 어려운 계산보다 감정과 더 잘 연합되는 것으로 나타났다. 뇌의 반구성에서는 높은 인지적 집중성을 보여주는 베타파(12-30Hz)의 측두엽(T3, T4와 P7, P8)에서 연합일 경우 모두 우뇌 쪽이 좌뇌보다 높게 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다. 하지만 세타파(4-8Hz)에서는 비연합일 경우 이와 반대로 좌뇌가 우뇌보다 높게 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 세타파는 창의성 및 유연성을 나타내는 지표로 의미를 가지고 있다. 베타파(12-30Hz)의 측두엽(T3와 T4)에서 비연합일 경우는 우뇌 쪽이 높게 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다.

뇌의 생리적 변화를 알기위하여 사건관련전위와 암묵적 연합검사를 컴퓨터 수학학습과 연결하여 좌우 뇌 반구성과 뇌 인지과정을 규명하였다. 본 연구를 통하여 컴퓨터 수학학습의 난이도에 따른 뇌의 영역별 특성을 파악하였으며 이것은 개인별 학습 성향을 과학적으로 규명할 수 있는 근거를 제시하게 된다. 또한 반구성은 학습과정의 문제점 및 효율성과 연계하여 좌우뇌의 균형적 활용을 위한 연습 및 훈련을 위한 처지를 제공해줄 것이다. 본 연구는 생리학적인 뇌과학적인 관점에서 수학 정보교육의 인지적 학습과정을 규명한 것으로 추후 정보교육시 활용되는 다양한 콘텐츠의 학습과정 및 결과에 대한 뇌과학적인 기준을 마련하는 출발점이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] 강호감(1991). 두뇌의 기능분화에 따른 교수전략이 창의력 및 자연과 학업성취도에 미치는 영향, 박사학위논문, 서울대학교.
- [2] 권형규 (2008). Alpha brainwave effects of heart rate and respiration with state-trait anxiety for caption learning. 한국데이터정보과학회지, 19, 133 - 144.
- [3] 권형규(2009). Quantitative EEG research by the brain activities on the various fields of the English education. 한국데이터정보과학회지, 20-3, 339 - 348.
- [4] 김대식, 최장욱(2001). 뇌파검사학. 고려의학.
- [5] 김연, 박만구(2004), 학교수학과 어린이의 수학 지식에 대한 고찰 - 초등학교 1학년 덧셈을 중심으로-, 한국학교수학회논문집 7-1, 83-102.
- [6] 김용진 (2000). 학습 활동의 뇌파 분석에 기초한 두뇌순환 학습모형의 개발과 과학 학습에의 적용. 박사학위논문, 서울대학교 대학원.
- [7] 김용진 (2003). 통찰에 의한 문제해결 과정에서 전두부의 뇌파 활성화에 관한 연구. 기초과학연구 논총. 17, 71-84.
- [8] 박상희(1999). 생체신호처리 및 응용. 서울 : 에드텍, 21-84.
- [9] 박숙희(1997). 뇌의 기능분화와 창의성과 학업성

취의 관련 연구. *교육학연구*, 35-3, 97-125.

[10] 박재근, 장남기 (2001). 뇌파 분석에 기초한 과학 학습 중의 두뇌의 기능 평가에 관한 연구. *한국 생물교육학회지*. 29-4, 365-374.

[11] 심준영(2005). 태권도 수련 아동의 연속도형과제 수행 시 집중력에 따른 좌우뇌 활성화 변화. *한국스포츠리서치*, 16-4, 907-915.

[12] 이경준(1983). 학습부진아의 인지 특성 분석과 효율적인 교수 전략 탐색 연구, 중앙대학교 박사 학위논문.

[13] 이대현(2009), 수학교과서의 덧셈과 뺄셈 문장제와 그에 대한 학생들의 반응분석, *대한수학교육학회지*, 11-3, 479-496,

[14] 임재중(1997). 이산 푸리에 변환 및 FFT. 서울: 여문간, 266-327.

[15] 정영옥(2003). 초등학교에서의 암산지도에 관한 논의, *학교수학* 5-2, 151-279.

[16] 하종덕(1986). 두뇌기능 특성 및 인지양식과 학업성적과의 관계. 석사학위논문, 중앙대학교.

[17] 황우형, 김경미(2008), 자연수의 사칙연산에 대한 아동의 이해분석, *한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>* 47-4, 519-543.

[18] Andreassi, J. H. (1995). *Psychophysiology : Human behavior and physiological response*, 3rd Edition. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1995.

[19] Butler, S. R., Glass, A. (1974). Asymmetries in the CNV over left and right hemispheres while subjects await numeric information. *Biological Psychology*, 2, 1-16.

[20] Demos, J. N.(2005). Getting started with neurofeedback. 권형규 역(2009). *뇌교육 뇌치료: 뉴로피디백 입문*. 교육과학사.

[21] Eckert, M. A., Leonardo, C. M., Richards, T. L., Aylward, E. H., Thomson, J., & Zeffiro, T. A.(2003). Anatomical Correlates of Dyslexia: Frontal and cerebellar findings. *Brain*, 126-2, 482-494.

[22] Greenwald, A. G., McGhee, D. E., and Schwartz, L. K.(1998). Measuring individual

differences in implicit cognition: The Implicit Association Test, *Journal of personality and Social Psychology*, 74-6, 1464-1480.

[23] Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

[24] Lopes da Silva, F.(1999). EEG analysis : Theory and practice. In : Niedermeyer E, Lopes da Silva F. 4th Eds. *Electroencephalography. Basic principles, clinical applications and related fields*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1135-1163.

[25] Sackheim, H. A., Greenberg, M. S., Weimman, A. L., Gur, R. C., Hungerbuhler, J. P., Greschwind, N. (1984). Hemispheric asymmetry in the expression of positive and negative conditions: Neurological evidence. *Archives of Neurology*, 39, 210-218.

저 자 소 개

권 형 규



1987년 2월 한국 외국어대학교 영어과(문학사)  
 1995 5월 미국 남가주대학교(USC) 교육공학 (석사, 박사)  
 1995-1998년 삼성 SDS 정보기술 연구소 선임연구원  
 1998년 - 현재 경성대학교 교육학과 교수  
 2007년 - 현재 경성대학교 영재뇌 교육연구소 소장  
 2010년 - 2012년 미국 하버드대학교 Mind, Brain, and Education 과 객원교수  
 관심분야 : 뇌기반 교육공학, 뇌기반 정보교육, 의료교육