

문제 해결과정에서 과학 영재아와 일반아의 뇌파 활성 분석

임재근 · 권석원*
한국교원대학교

An Analysis of the EEG Activity Between Gifted and Average Student in Problem Solving Process

Jaekeun Lim · Sukwon Kwon*
Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study is to survey its characteristics through analyzing brain-wave activity in the scientifically-gifted and general children in the problem-solving process. The subjects of this study were 6 elementary school students, who are attending the institute of education for the gifted belonging to the regional office of education and 6 general children in the same region. The analysis was performed targeting total 12 people. As the task for measuring brain wave is Hanio tower, it is the effective task of researching into the problem-solving process. As the equipment of measuring brain wave is EEG System, it used equipment that was developed in Australia. The analysis of data was minimized noise.

As a result of research, the gifted children are excellent in stable level compared to general people in a stable situation with opening the eyes, thereby being able to be known to be high in preparatory level for learning. This can be seen to be indicated as a result that the effect of learning is excellent due to being high in preparatory level for solving problem. Also, even in the process of performing task, the brain-activity level in the gifted children is high, thereby having been able to know that α -wave is formed that is significantly high in the regions of frontal lobe and occipital lobe. Accordingly, given developing task that is high in brain activity level of the gifted children, the higher educational effect will be able to be expected.

Key words: Gifted Student, Average Student, Problem Solving, EEG, Relative Power Analysis

I. 서 론

우리는 매일 매일의 일상생활에서 하나 또는 그 이상의 문제를 만나게 된다(Pisan, 1998; Robertson, 2001). 이러한 문제는 때로는 간단하고 쉬운 것도 있지만, 복잡하고 어려운 것도 있으며, 반드시 해결해야 하는 것도 있다(Oh & Jonassen, 2007). 즉, 우리의 삶은 문제의 연속이라고 할 수 있다. 문제란 문제 해결자가 목표 달성을 원하지만 즉시적으로 그 목표를 달성할 수 있는 방법을 모르는 상태이다(Mayer, 1983; Chi & Glaser, 1985). 즉, 문제는 제시된 상황과 달성하고자 하는 목표 사이에 차이가 존재할 때 발생하는 것이다(VanGundy, 1981; Chung, 1998). 이러한 문제를 효과적으로 해결하는 것은 교육에서도 매우 중요하다(Brekke, 2002).

문제해결능력은 각국의 교육과정의 주요 교육 목표이며(곽영순, 2004), 과학교육에서도 문제해결능력은 핵심적인 위치(노태희와 전경문, 1997; NRC, 1996; Appleton, 1995; Tsapalis, 2000; Reid & Yang, 2002; Luckin *et al.*, 2007; Malouff & Schutte, 2008)를 차지하고 있다. 평가적인 측면에서도 매우 중요하기 때문에(Bilgin, 2006), 영재의 판별에서도 지필 검사를 통해 문제를 해결능력을 대부분 실시하고 있다(송인섭, 2004).

문제 해결 과정에 대한 뇌파의 측정 연구는 실제 학습 과정에서 뇌파 측정과 분석에 의해서 이루어지며, 지필 평가와는 달리 객관적으로 두뇌 기능을 해석할 수 있기에 영재 판별에 효과적이다(이인혜 등, 1997; 권석원 등, 2007). 뇌파의 측정은 인체에 영향을 주지 않는 비침습적 방법을 사용하고, 신경생리학적 기반

*교신저자: 권석원(knueksw@hanmail.net)

**2010년 05월 13일 접수, 2010년 06월 15일 수정원고 접수, 2010년 06월 16일 채택

으로 객관성과 타당성을 확보하며, 시계열의 연속 측정이라는 장점을 통해 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사법이다(김대식 등, 2001). 이에 집필검사의 문제점을 극복하고 보다 신뢰롭고 타당한 변별을 위해 뇌의 신경정보 전달과정에서 자발적으로 발생하는 전기활동을 통해 뇌에서 일어나는 활성화를 보여주는 뇌파는 최근 과학 교육에서 많이 활용되고 있다(김용진, 2003; 이조옥 등, 2004; 정진수와 윤성규, 2008; Gasser *et al.*, 1983; Schmid *et al.*, 2002). 문제 해결 과정에 대한 뇌파의 연구로는 과학 문제 풀이 과정에서의 뇌파 분석에 의한 두뇌 기능연구(김용진, 2003), 귀납적 탐구 과제 수행에서 나타난 뇌파 분석(정진수와 윤성규, 2008), 과학적 사고 과정에서의 뇌파의 비동기화와 상관관계 연구(이조옥 등, 2004)와 창의적 문제 해결과정의 연구(Jaušovec, 1996)등을 볼 수 있다. 이러한 연구에서는 대부분 구조화의 정도가 높은 문제(Jonassen, 1997; Pretz *et al.*, 2003; Shin *et al.*, 2003)를 대상으로 하였기 때문에 비구조화 된 문제를 대상으로 문제 해결 과정에 따른 뇌파의 분석은 이루어 지지 않았다. 문제 해결 과정에 대한 뇌파의 분석 결과는 문제의 유형과 경로에 따라서 뇌파에 어떤 영향을 미치는지 파악함으로써 보다 효과적인 문제 해결 전략을 세우는데 기초적인 자료로 활용 가능할 것이다.

이 연구에서는 일상생활에서 쉽게 만나는 비구조화 된 문제를 대상으로 영재아와 일반아의 문제 해결 과정에 따른 대뇌피질 각 부위의 기능과 뇌파의 연관성을 분석하는 연구에 효과적인 상대 파워스펙트럼 분석법을 이용하여 문제 해결 과정에서 나타나는 두뇌 활성화의 특성을 분석하여 영재를 판별하는 기초 근거를 탐색하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

도교육청 소속의 영재교육원에서 현재 교육을 받고 있는 학생 중 본 연구의 목적을 이해하고 자발적인 참여 의사를 밝힌 영재 학생 6명을 선정하였다. 일반 학생은 동일 지역의 학생들로 영재들과 같은 학년이며 학급 담임의 추천과 본인의 참여 의사를 밝힌 6명의 학생들로 과학탐구 능력이 반에서 중간에 위치한 학

생들로 선정하였다. 또한 남녀의 비율도 고려하여 영재아와 일반아 각각의 집단에서 남자 3명과 여자 3명으로 선정하여 전체 12명의 뇌파를 분석하였다. 뇌파를 측정하기 전에 피험자들에게 인체에 전혀 해롭지 않다는 점과 측정시 주의사항을 주지시켰다.

2. 연구방법

가. 문제 해결 과제

뇌파 측정 과정은 문제 해결에 대해 가장 전통적인 과제인 하노이 탑 과제를 사용하였다. 하노이 탑의 과제는 이미 문제 해결 과제로서 타당성과 신뢰성이 높은 과제로 많은 연구에서 사용되어져 왔다(Newell & Simon, 1972; Sinnott, 1989; Sternberg, 1994; Pretz *et al.*, 2003). 이러한 과제를 다음과 같이 컴퓨터로 제시하였다. 컴퓨터로 제시한 이유는 뇌파 측정 과정에서 발생하는 근전도와 같은 잡파로부터 오염을 최소화 하기 위해서이다. 하노이 탑의 본 과제를 제시하기 전에 사전에 문제 해결에 대한 규칙을 설명하였고, 기초적인 문제를 해결하는 Pilot test를 실시한 다음, 본 과제를 제시하였다.

나. 뇌파측정

이 연구에서 사용한 EEG System은 Australia Compumedic사에서 개발된 E-series EEG system(Compumedics, 2001)과 뇌파수집 소프트웨어는 E-series 3.4 Release version을 사용하였다. 본 장비는 두뇌 활동을 analog data로 측정한 다음 이를 digital data 변환하여 저장 및 기본적 분석이 가능하며 피험자들에 대한 정보와 실험간 상황을 추가하여 기록할 수 있는 것이 특징이다. 이 시스템의 하드웨어는 크게 data acquisition system, analog to digital board, 그리고 amplifier로 구성되어 있으며, 실험간 cross cable을 통해서 노트북과 연결하여 데이터 전송을 할 수 있어 간편하게 이동하여 측정될 수 있도록 장비를 구성하였다.

EEG 측정 위치는 국제전극배치법인 Jasper(1958)의 10-20 system 전극 배치법[그림 1]을 따르도록 했다. 이는 19개의 채널과 reference 전극으로 A1, A2를 배치하는 방법을 보여주고 있다.

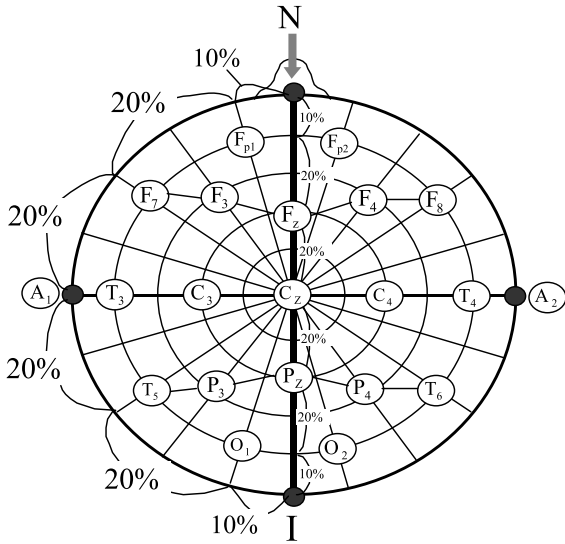


그림 1 EEG 측정의 10-20 전극 배치법

Sampling rate는 256Hz, High pass filter는 1Hz, Low pass filter는 70Hz를 유지하여 현재 대부분 연구에서 사용하는 뇌파의 전 범위에서 측정된 데이터를 수집하였다. 또한 교류유도에 의한 60Hz의 상용교류 잡파를 제거하기 위해 Notch filter는 60Hz를 사용하였다. 뇌파는 측정시 혼입될 수 있는 잡파(artifacts)로 인해서 그 수집된 정보의 질이 좌우된다고 해도 과언이 아니다. 잡파는 가깝게는 자신의 몸에서부터 기인하는 안구의 운동(EOG), 눈깜박임, 심전도(ECG), 근전도(EMG), 맥파, 발한, 호흡, 체동 근육의치, 혀의 운동, 딸꾹질, 다리 떨기 등에서 시작하여 외부에서 유입될 수 있는 장애 중 교류유도에 의한 60Hz의 상용교류 등의 여러 가지 고주파 신호와 전극에서 유래하는 잡파 등이 있다(김대식 등, 2001).

따라서 뇌파 측정 전 사전 교육을 통해 최대한 피험자의 움직임을 줄이도록 하며, 측정간 있을 수 있는 심한 잡파에 대해서는 측정을 보류하여 안정을 되찾고 난 후 다시 측정하거나, 독립 성분 분석(Independent Component Analysis) 등의 조치를 취하였다. 또한 검사전 실험실 상황에 대한 점검을 통해 잡파의 혼입을 최소화하였다.

잡파 제거에 있어 지금까지 다른 연구들에서 피험자에 의해 쉽게 혼입되는 눈 깜박임, 근전도 등의 저주파대역 잡파(1~3Hz)를 필터링을 통해 뇌파요소와

함께 완전히 제거하던 것과는 달리 본 연구에서는 독립 성분 분석(Independent Component Analysis)을 통해서 제거하여 뇌파수집 전대역에 대하여 분석이 가능하도록 하였다.

측정시 사용된 전극은 가운데 구멍이 있는 컵전극을 사용했으며, 전극풀은 Nihon-Kohden사의 Elefix를 사용했다. 임피던스는 10KΩ이하로 유지하는 것을 원칙으로 하며, 전극 부착시 임피던스 상태가 좋지 않은 피험자는 알코올이나 EEG 전용 세정제를 사용하여 임피던스 수치를 낮추도록 하였다.

뇌파 측정에 앞서 먼저 피험자들에게 예비과제를 통해 EEG 측정 전과정에 대한 설명과 충분한 설명을 실시하였다. 이후 EEG 측정을 위해 미리 장비가 설치된 격리된 방 조용한 방에서 1명씩 불러 전극을 부착하고 뇌파측정을 시작하였다. 전 측정 과정을 통해 눈감고 안정, 눈뜨고 안정, 하노이 과제 수행시 각각 1분 이상씩 뇌파를 측정하여 저장하였고, 이중 16초에 해당되는 4096point의 데이터를 통하여 분석을 실시하였다. 측정 전·중·후 피험자의 상태와 과정별 수행 정도를 정리하여 기록하였다.

이 연구에서는 좌반구(Fp1, F3, F7, C3, T3, P3, T5, O1), 우반구(Fp2, F4, F8, C4, T4, P4, T6, O2), 그리고 제로선(Fz, Cz, Pz, Oz)에서의 뇌파를 측정·저장하며, 접지 및 기준전극 등을 포함하여 두 피에 부착된 전극은 모두 23개의 전극이었다.

다. 뇌파분석

1) 독립 성분 분석 (Independent Component Analysis)

독립 성분 분석은 blind source separation의 방법으로 최근 들어 주목받고 있는 알고리즘이다. 독립 성분 분석의 주된 목적은 직접적인 측정이 용이하지 않은 독립적인 시그널 소스(source)들의 미지의 선형 결합들(unknown linear mixtures)인 측정결과들만을 가지고, 역으로 원래의 독립 소스들로 구분해 내는 것이다. 2차 상관관계까지를 고려하여 주축성분들을 구분해 내는 주축 성분 분석(Principal Component Analysis, PCA)과는 달리 독립 성분 분석은 고차 상관관계까지 고려해서 성분들을 분리해 내기 때문에 가능한 한 가장 독립적인 소스들로 분리하는 일이 가능하다고 믿어진다.

이러한 이유 때문에 ICA는 뇌파 연구에 매우 다양

하게 적용되는데, 그 중에서도 본 연구에서는 눈 깜박임 노이즈, 근전도 혼입을 제거하기 위하여 사용하였다.

2) 상대파워분석(Relative power analysis)

뇌파를 분석하는 다양한 방법 중 대표적인 것은 파워스펙트럼 분석이다(Regan, 1989). 파워스펙트럼 분석은 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 통해서 델타파(0~3Hz), 세타파(3~8Hz), 알파파(8~13Hz), 베타파(13~30Hz), 감마파(30~50Hz) 등의 대역별 파워(power spectrum)를 구하는 것을 바탕으로 한다. 이때 두피의 전극에서 발생하는 주파수 대역별 파워를 절대 파워(absolute power)라고 하고, 전체 주파수 대역의 절대 파워를 기준으로 각 주파수 대역의 절대 파워를 비율로 산출한 값을 각 주파수 대역의 상대 파워(relative power)라고 한다.

상대 파워스펙트럼 분석은 절대 파워스펙트럼 분석에 비교해서 두개골의 두께 차이, 측정 시 두피의 전기적 상태, 긴장도와 같은 측정 변인을 줄일 수 있고, 인지 기능과 뇌파의 연관성을 잘 보여주기 때문에 뇌 기능에 관한 연구에서 많이 이용되고 있다(김용진 등, 2005). 이 연구에서는 뇌파의 개인차를 상쇄시켜 주기 위해서 상대력(relative power)을 분석에 이용하였다. 상대력이란 파워스펙트럼에서 전체 주파수 영역의 절대파워(absolute power)에 대한 특정 주파수 대역의 절대파워 비를 의미한다. 본 연구에서의 파워스펙트럼 분석은 Complexity Ver 2.0 프로그램을 통해 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

본 연구는 영재학생과 일반학생들의 문제해결 과정에서 나타나는 두뇌 활성화를 보고자 하였다. 문제해결 과정으로는 하노이 과제를 사용했으며, 뇌파 분석시 시간적인 관찰이 포함되는 과제상의 특성을 고려하여 눈뜨고 안정 상태를 초기 상태로 놓고 비교를 실시하였다.

1. 눈뜨고 안정 상태 - 알파대역(8~13Hz)

일반적으로 눈을 감고 있을 때는 두뇌 전반적으로 알파유도가 일어나며 특히 후두엽에서 기인하는 파형

의 진폭이 큰 것으로 보고되고 있다. 하지만, 눈을 뜨고 있는 상태에서는 다양한 시각적인 자극을 통해 이러한 알파유도가 제거되며 알파차폐의 현상이 보편적으로 나타난다. 그룹간의 상대적인 비교 중 알파파의 상대 파워는 두뇌의 기능이 이완되고 안정적일 때 높아지고(김용진 등, 2005; Banquet, 1973; Glass, 1991; Larson *et al.*, 1998), 과제가 복잡하고 어려울수록 감소량이 크다는 보고가 있다(Fink *et al.*, 2005; Sauseng *et al.*, 2005).

본 연구 결과에서도 일반아와 영재아 모두 안정 상태에서 후두엽 기인 알파유도가 확인되었으며, 이에 대한 정량적인 크기는 영재아가 일반아에 비해 후두, 두정, 측두에서 높게 나타났다. 이는 일반아에 비해 영재아가 눈을 뜨고 안정 상태로 몰입하는 정도가 크며, 이것이 앞으로 제시될 문제 상황으로부터 두뇌를 안정시키는데 기여를 하고 있다고 할 수 있다. 초기 준비 상태에서의 일반아와 영재아 간의 차이를 통해 문제해결 상황에서도 나타날 수 있는 차이를 가늠해 볼 수 있는 결과가 제시되었다.

해당 결과에 대해 구체적이고, 시각적으로 확인하기 위해 막대 그래프 형식을 통해 뇌파 채널별 강도를 표시하였으며, Laxtha의 BrianMap-3D를 사용하여 2차원적 두뇌 매핑을 실시하였다(그림 2). 해당 범례를 보면 붉은색 계열로 갈수록 상대파워 강도가 높은 것이며, 남색 및 보라색 계열로 갈수록 상대파워 강도가 낮은 것을 의미한다. 그림 3을 보면 눈뜨고 안정 상태에서 일반아와 영재아들의 알파대역 상대파워값을 나타내고 있다. 그룹간 차이에 대한 통계적 검증을 위한 t-test 결과 Fp1, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T7, P7, P8, Cz, Pz 영역에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이를 보면 초기 안정 상태에서도 영재아들의 안정도가 일반아에 비해 측후두엽과 두정엽을 중심으로 높음을 알 수 있다.

2. 눈뜨고 안정 상태 - 베타대역(13~30Hz)

베타대역은 주로 각성상태나 일반적으로 긴장하거나 집중되는 정신 활동시 주로 전두엽과 두정엽에서 활성화 된다는 보고(권용주 등, 2006; Fairclough *et al.*, 2005)가 있으며, 관찰이나 학습활동시 주의 집중도를 결정하는 요인이 되고 있다. 지금까지 보고되고 있는 인지적인 각성이나 스트레스의 요인으로 베타대

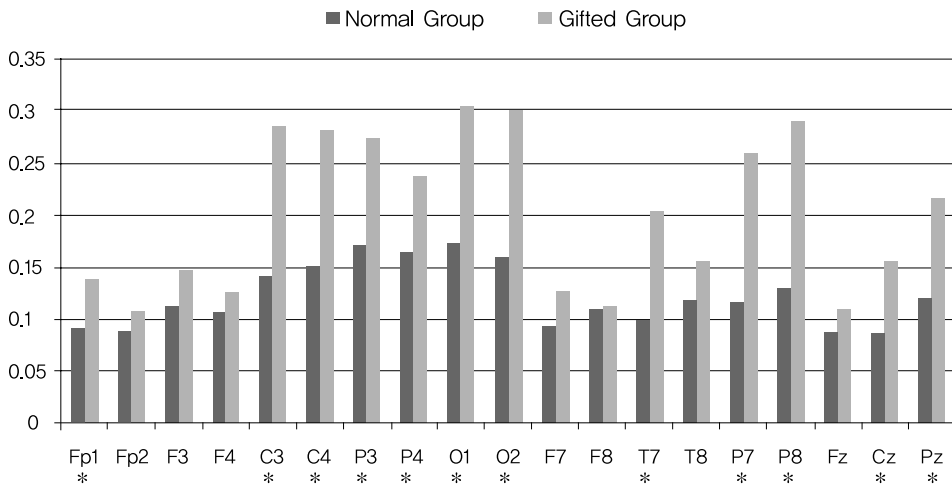


그림 2 눈뜨고 안정 상태에서의 채널별 상대파워 알파값(일반아 vs. 영재아, $p < 0.05$)

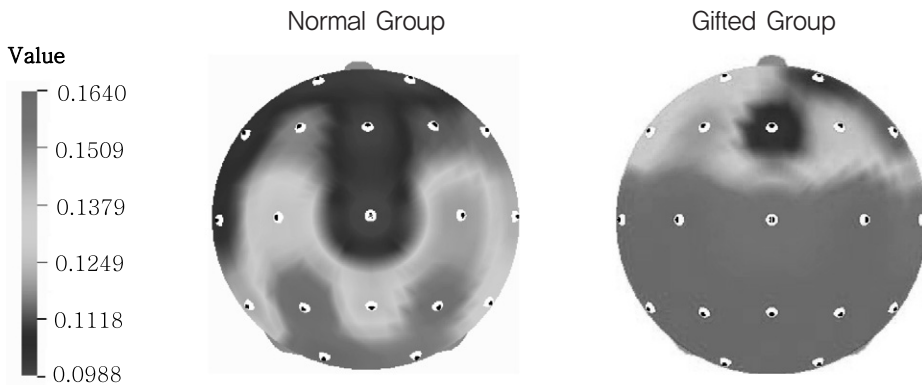


그림 3 눈뜨고 안정 상태에서 두뇌 활성화 맵핑(알파, 8~13Hz)

역을 인식할 수 있으나, 그보다 정신적인 집중을 필요로 할 때 활성화되어 나타나는 것이 본 연구에서 주목할 부분이다.

그림 5를 보면 일반아에 비해 영재아는 눈뜨고 안정 상태에서도 어느 정도의 각성이 전두엽과 측두엽에서 일어나고 있음을 확인할 수 있다. 그림 4를 보면 눈뜨고 안정상태에서 일반아와 영재아들의 알파대역 상대 파워값을 나타내고 있다. 그룹간 차이에 대한 통계적 검증을 위한 t-test 결과 F7, T8영역에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이를 보면 초기 안정상태에서도 영재아들의 각성 수준이 일반아에 비해 전두엽과 측두엽을 중심으로 높음을 알 수 있다. 이러한 베타파의 정량적인 수치는 전반적으로 일반아에 비해 높아 눈뜨고 안정상태에서의 알파대역 논의와 배치되는 부

분이다. 하지만, 이러한 결과는 영재아가 문제해결 과정을 수행하기 전 안정상태에 들어가는 정도가 일반아에 비해 월등히 높고, 또한 안정을 취하고 있으면서도 다음 제시될 문제 상황에 대해서 미리 준비하기 위한 어느 정도의 각성상태를 항시 가지고 있다는 것으로 볼 수 있다. 또한, 평상시 영재아는 자연 상태에서 항시 존재하는 문제 상황을 인식하여 그를 해결하기 위해 위밍업의 상태를 항시 가동하고 있어 문제해결 능력에 효과적임을 보여주는 결과이다.

3. 하노이 과제 수행간 - 알파대역(8~13Hz)

앞에서 제시한 것과 같이 알파대역에 대한 알파차폐 현상은 눈을 뜨고 일상적인 과제를 접하고, 상황

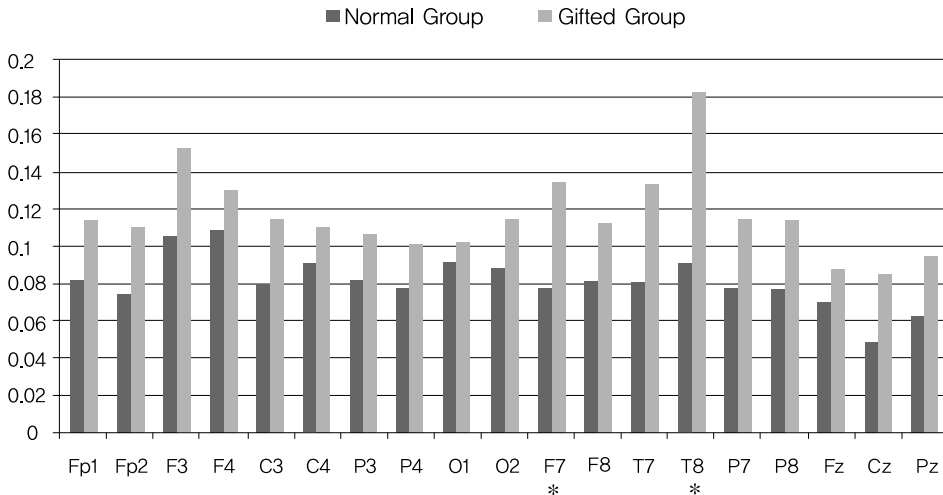


그림 4 눈뜨고 안정 상태에서의 채널별 상대파워 베타값(일반아 vs. 영재아, $p < 0.05$)

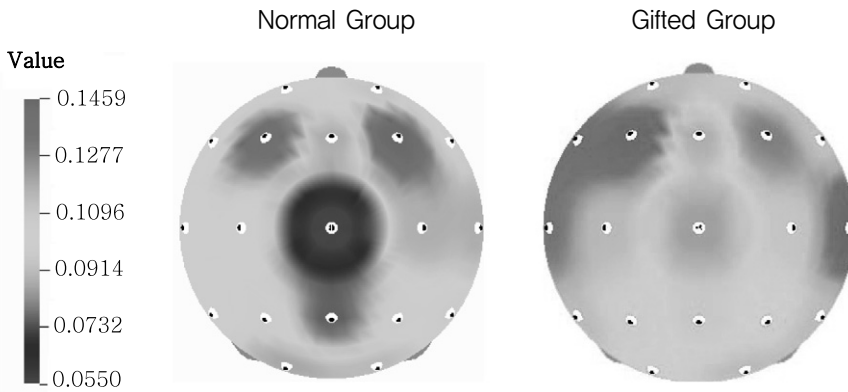


그림 5 눈뜨고 안정 상태에서 두뇌 활성화 맵핑(베타, 13~30Hz)

인식을 할 때 나타난다. 하지만, 본 연구에서 보면 하노이 과제 수행간 알파대역 상대파워값이 일반아에 비해 영재아에서 전두엽과 중심고랑쪽에서 높은 활성이 일어나고 있음이 확인된다(그림 7). 그림 6에서 그룹간 차이에 대한 통계적 검증을 위한 t-test 결과 Fp1, C3, C4 영역에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이는 후두엽 기인으로 확인되는 알파파도가 과제수행간에도 영재아 집단에서 일어나고 있음을 보여주고 있다. 과제를 접하는 순간부터 해결과정까지 일반아들에 비해 영재아는 문제 해결 방안을 고안하고, 두뇌 속에서 사고하면서 해결하는 과정이 원활히 진행되어 안정상태로 진입하고 있음을 보여준다. 문제 해결시 영재성이 있으며 높은 I.Q.를 가진 피험자

들이 낮은 I.Q.를 가진 피험자들보다 전두엽과 후두엽 부위에서 유의하게 높은 알파파 활성을 보인다는 보고(Jaušovec, 1996)와도 일맥 상통하고 있다.

4. 하노이 과제 수행간 - 베타대역(13~30Hz)

하노이 과제를 수행하면서 나타난 베타대역의 상대파워 값을 보면 영재아 집단에서 일반아 집단과 달리 높은 베타 활성이 전 두뇌영역에서 나타나고 있다(그림 9). 그림 8에서 그룹간 차이에 대한 통계적 검증을 위한 t-test 결과 Fp2, C3, P3, P4, F8, T7, T8, P7, P8, Pz 영역에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이와 같이 두뇌 전체에서 성향이 관찰되는 베타

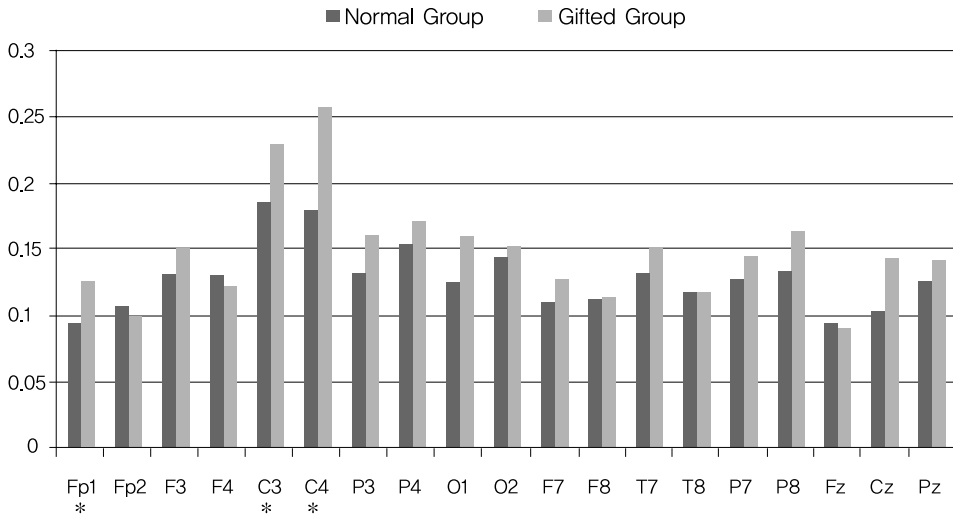


그림 6 하노이 과제 수행 중 채널별 상대파워 알파값(일반아 vs. 영재아, $p < 0.05$)

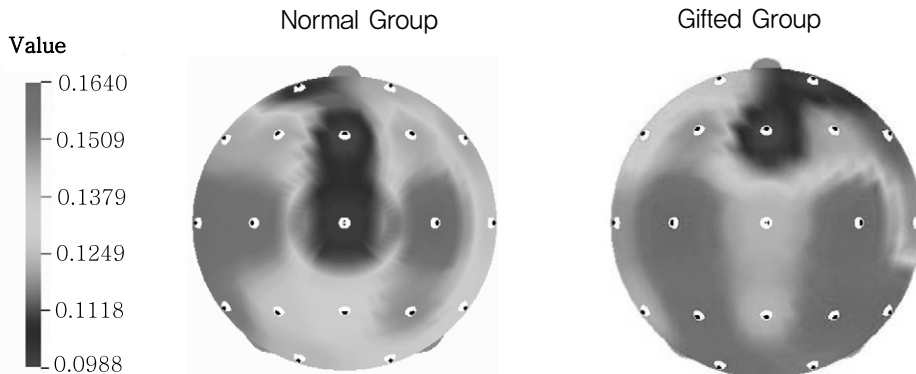


그림 7 하노이 과제 수행 과정에서의 두뇌 활성화 맵핑(알파, 8~13Hz)

타파의 상대 파워는 안정 상태보다 과제를 수행할 때 증가하는 경향이 있다(권용주 등, 2006; Fairclough *et al.*, 2005)는 연구에서 보듯이 영재아의 경우 문제 해결을 위해 두뇌 전체를 모두 사용하고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 4-4의 두뇌 맵핑 상태를 확인해보면, 좌우 반구가 위치하여 뇌파신호가 미약한 중심열(Fz, Cz, Pz)을 제외하고는 모두 높게 활성화 되어 나타나 있다.

이러한 결과는 평소 항상 문제에 대한 워밍업을 하고 있는 영재아는 과제 수행간 안정을 되찾으며, 두뇌의 전반적인 부분을 모두 사용하며 문제해결의 방안을 마련하고 있는 것으로 보인다. 또한 하노이 과제의 경우 다양한 위상 공간의 두뇌적 조작 및 시행착오의

과정을 경험해야 하기에 다양한 사고 과정이 포함되어 있는 문제해결 과제라 할 수 있다.

IV. 결 론

영재들의 특성에 관한 많은 연구들은 창의성과 관련지어 연구되어지고 있다. 그러나 최근 강조되고 있는 문제 해결에 대한 뇌파의 차이점은 영재의 판별에 대해서도 새로운 시사점을 제시한다고 볼 수 있다.

이 연구의 결과 영재아와 일반아의 문제 해결 전과 문제 해결 과정에서의 뇌파의 활성 정도가 유의미한 차이가 있었다. 이러한 결과는 문제 해결 과정을 통해서도 일반아와 영재아를 판별할 수 있는 가능성을 제

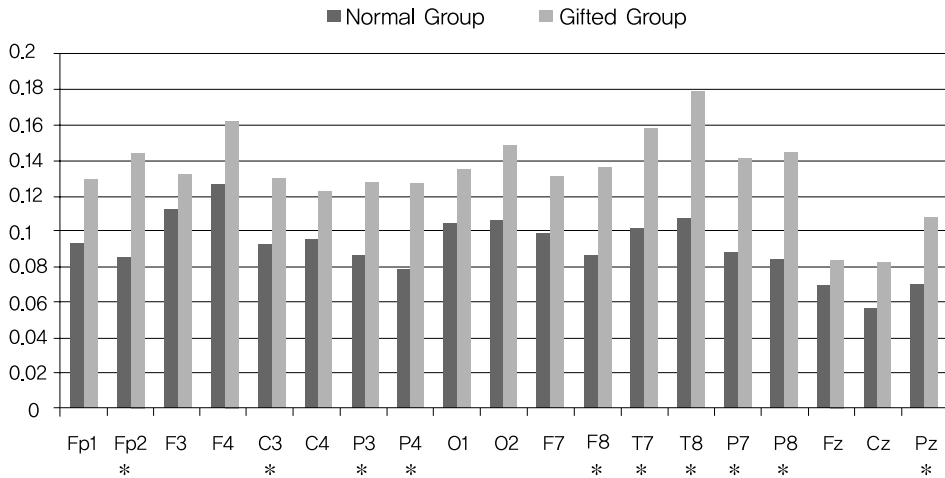


그림 8 하노이 과제 수행 중 채널별 상대파워 베타값(일반아 vs. 영재아, $p < 0.05$)

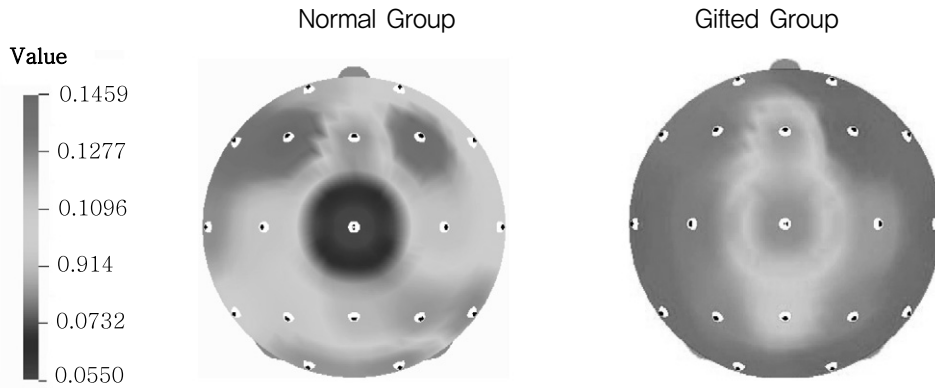


그림 9 하노이 과제 수행 과정에서의 두뇌 활성화 맵핑(베타, 13~30Hz)

시하고 있기 때문에 창의성 이외에도 문제 해결력도 영재성 판별에 대한 의미 있는 기준점이 될 수 있다. 또한 영재아들에게 보다 높은 구조화 정도를 가진 문제를 제시하면 학습자의 뇌의 활성화 정도가 높아진다. 따라서 수업 중에 제시되는 과학 문제의 경우 다양하고 높은 수준의 경로를 가진 구조화의 정도가 높은 문제를 제시하는 것이 창의성과 문제 해결력 향상에 효과적일 것이다.

최근 과학 교육에서 강조하고 있는 문제 해결 과정에서 일반아와 영재아의 유의미한 뇌파의 차이는 문제 해결 과제를 설정하거나 영재 수업 과정에서 제시되는 문제들을 제시할 때 무엇을 고려해야 할지 시사점을 제시하고 있다. 과학영재판별도구의 기준과 개발과정은 앞으로 국가발전에 기여할 과학기술분야 인

재를 조기에 발굴하고 양성하는데 있어 보다 심도 있고 객관적 신뢰성을 지닌 신경생리 기반 판별도구 개발에 지속적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

곽영순(2004). PISA 2주기 검사에서 한국 학생들의 문제 해결 영역 성취도 분석. 한국지구과학학회, 25(8), 647-655.
 권석원, 강민정, 신동훈, 권용주(2007). 초등학교 과학 영재아의 뇌파 기반 변별 척도 개발. 한국초등과학교육학회, 25(5), 556-566.
 권용주, 박지영, 신동훈, 정진수, 박국태 (2006). 가설 생성학습 후에 나타난 초등학교생의 두뇌 활성화 변

- 화. 한국생물교육학회지, 34(1), 72-80.
- 김대식, 최장욱 편저 (2001). 뇌파 검사학. 서울 : 고려의학.
- 김용진, 김재영, 권치순 (2005). 창의적 과학문제 해결에서 초등학교 과학 영재아와 보통아의 뇌파 활성 차이, 한국생물교육학회지, 33(1), 23-32.
- 김용진. (2003). 공간적인 인지 활동에서의 뇌파 분석에 의한 두뇌 기능 연구-지능 검사지의 도형 문제 풀이를 중심으로-, 한국생물교육학회지, 31(4), 332-338
- 노태희, 전경문(1997). 문제와 문제해결자의 특성에 따른 화학문제 해결: 문제 해결 시간과 전이 분석. 한국과학교육학회지, 17(1), 11-19.
- 송인섭 (2004). 송인섭의 영재판별 단단계 접근. 한국교육학회소식지, 241 6-18.
- 이인혜, 김용희, 김인석, 김청송, 노대균, 연미영, 유제민, 이유허, 이장한, 전영임, 최미례, 최혜경, 현명호 (1997). 정신 생리, 서울:학지사.
- 이조옥, 신애경, 최병순, 박국태, 권용주. (2004). 과학적인 사고과정에서 나타난 뇌파의 비동기화 상관관계수. 한국과학교육학회지, 24(2), 226-233.
- 정진수, 윤성규(2008). Caminalcules를 이용한 귀납적 탐구 과제 수행에서 나타난 뇌파의 상태 파워 스펙트럼 분석. 한국생물교육학회지, 36(4), 456-467.
- Appleton, K. (1995). Problem solving in science lessons: How students explore the problem space. *Research in Science Education*, 25(4), 383-393.
- Banquet, J. P. (1973). Spectral analysis of the EEG in meditation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 35(2), 143-151.
- Bilgin, I. (2006). The Effects of Pair Problem Solving Technique Incorporating Polya's Problem Solving Strategy on Undergraduate Students' Performance in Chemistry. *Journal of Science Education*, 7(2), 101-106.
- Brekke, S. E. (2002). Physics problem solving research using protocols. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 461522).
- Chi, M. T & Glaser, R. (1985). Problem solving ability. In R. J. Sternberg (Ed), *Human abilities: an information processing approach* (pp. 227-250). New York. : Freeman.
- Chung, I. T. (1998). Effects of structure on efficacy of public relations problem solving process. Doctoral Dissertation, University of Oklahoma.
- Fairclough, S. H., Venables, L., & Tattersall, A. (2005). The influence of task demand and learning on the psychophysiological response. *International Journal of Psychophysiology*, 56, 171-184.
- Fink, A., Grabner, R. H., Neuper, C., & Neubauer, A. C. (2005). EEG alpha band dissociation with increasing task demands. *Cognitive Brain Research*, 24, 252-259.
- Gasser, T., von Lucadou-Muller, I., Verleger, R., & Bacher, P. (1983). Correlating EEG and IQ: a new look at an old question using computerized EEG parameters. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55, 493-504
- Glass, A. (1991). Significance of EEG alpha asymmetries in cerebral dominance. *International Journal of Psychophysiology*, 11, 32-33.
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- Jausovec, N. (1996). Difference in EEG alpha activity related to giftedness. *Intelligence*, 23, 159-173.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology: Research and Development*, 45(1), 65-94.
- Larson, C. L., Davidson, R. J., Abercrombie, H. D., Ward, R. T., Schaefer, S. M., Jackson, D. C., Holden, J. E., & Perlman, S. B.

- (1998). Relations between PET-derived measures of thalamic glucose metabolism and EEG alpha power. *Psychophysiology*, 35(2), 162-169.
- Luckin, I. R., Koedinger, K. R & Greer, J. (2007). *Artificial Intelligence in Education: Building Technology Rich Learning Contexts That Work*. Amsterdam: IOS Press.
- Malouff, J. M. & Schutte, N. S. (2008). Providing comprehensive education in problem solving and secondary school. Unpublished working paper, University of New England, Australia.
- Mayer, R. (1983). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: W. H. Freeman and Company.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standard: A guid for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- Oh, S & Jonassen, D. H. (2007). Scaffolding online argumentation during problem solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 95-100.
- Pisan, Y. (1998). An integrated architecture for engineering problem solving. Doctoral dissertation, Northwestern University.
- Pretz, J. E., Naples, A. J., & Sternberg, R. J. (2003). Recognizing, defining and representing problems. In Davidson & Sternberg(Eds), *The psychology of problem solving*(p3-30), Cambridge, Cambridge University Press.
- Regan, D. (1989). *Human brain electrophysiology*, New York: Elsevier.
- Reid, N., Yang, M. J. (2002). Open-ended problem solving in school chemistry: a preliminary investigation. *International Journal of Science education*, 24(12), 1313-1332.
- Robertson, S. I. (2001). *Problem solving*. Psychology Press Ltd, U.K
- Sauseng, P., Klimesch, W., Schabus, M., & Doppelmayr, M. (2005). Fronto-parietal EEG coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory. *International Journal of Psychophysiology*, 57, 97-103.
- Schmid, R. G., Tirsch, W. S., Scherb, H. (2002). Correlation between spectral eeg parameters and intelligence test variables in school-age children. *Clinical Neurophysiology*, 113, 1647-1656.
- Shin, N. S., Jonassen, D. H. & McGee, S. (2003). Predictors of well-structured and ill-structured problem solving in an astronomy simulation. *Journal of Researchin Science Teaching*, 40(1), 6-33.
- Sinnot, J. D. (1989). *Everyday problem solving: Theory and applications*. New York: Greenwood Press.
- Sternberg, R. J. (1994). *Thinking and problem solving*: California, Academic Press.
- Tsaparlis, G. Angelopoulos, V. (2000). A model of problem solving: Its operation, validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems. *Science Education*, 84, 131-153.
- VanGundy, A. B. (1981). *Techniques of structured problem solving*. New York, Van Nostrand Reinhold Company

국문 요약

이 연구의 목적은 문제 해결과정에서 과학 영재아와 일반아의 뇌파 활성 분석을 통해 그 특징을 조사하는 것이다. 이 연구의 대상자는 지역교육청 소속의 영재 교육원에 재학 중인 초등학교 6명과 같은 지역의 일반 아동 6명으로 전체 12명으로 대상으로 분석하였다. 뇌파 측정용 과제는 하노이 탑(Hanoi tower)으로 문제 해결 과정을 연구하는 효과적인 과

제이다. 뇌파 측정 장비는 EEG System 으로 호주에서 개발한 장비를 이용하였다. 자료의 분석은 잡파(noise)를 최소화 하였고, 뇌파의 측정 위치는 10-20 System 전극배치를 사용하였다. 뇌파의 분석 방법으로는 독립 성분 분석(Independent Component Analysis)과 상대 파워분석(Relative power analysis)을 사용하였다.

연구의 결과 영재아들은 눈뜨고 안정 상태에서도 일반아에 비해 안정도가 뛰어나 학습의 준비도가 높다는 것을 알 수 있다. 이는 문제 해결을 하기 위한 준비의 정도가 높아 학습의 효과가 뛰어난 결과로 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 과제를 수행하는 과정에서

도 영재아의 두뇌 활성화의 정도가 높아 전두엽과 후두엽 부위에서 유의미하게 높은 알파파가 형성됨을 알 수 있었다. 따라서 영재아의 뇌를 활성화 정도가 높은 과제를 개발하면 보다 높은 교육의 효과를 기대할 수 있을 것이다. 이 연구의 결과는 과학 영재 판별과 평가의 타당도를 높이며, 과학영재의 특성과 과학의 본질에 근거한 판별방법의 기초 자료로 활용 가능하다.

주제어: 영재아, 일반아, 문제 해결, 뇌파, 상대파워 분석