

# 가설 생성 학습 후에 나타난 초등 예비교사의 뇌파 변화

권용주 · 박지영 · 신동훈

(한국교원대학교)

## EEG Changes after Learning for Hypothesis-Generation in Elementary Pre-service Teachers

Kwon, Yong-Ju · Park, Ji-Young · Shin, Dong-Hoon

(Korea National University of Education)

### ABSTRACT

Changes in the brain activities following pre-service elementary teachers' learning hypothesis-generation were investigated using the analysis of EEG relative power and EEG coherence. In this study, the experimental group (n = 16) were trained using learning methods for hypothesis-generation and the control group (n = 16) were trained using learning methods for hypothesis-reception over the course of 8 weeks. EEG was measured before and following the learning process for both groups. Decreased theta (4~7.9 Hz)/ alpha 1 (8~9.9 Hz) power and increased alpha 2 (10~12.9 Hz)/ beta (13~29.9 Hz)/ gamma (30~50 Hz) power were showed in the experimental group. Additionally, many changes in brain activities were observed for theta, beta and gamma coherence in the experimental group. In particular, fronto-parietal coherence increased in the experimental group. These differences in brain activities between the two groups suggest that the learning for subjects' hypothesis generation presumably leads to interesting changes in some types of brain activities in pre-service elementary teachers.

**Key words :** learning for hypothesis-generation, learning for hypothesis-reception, brain activity, EEG relative power, EEG coherence, pre-service elementary teachers

### I. 서 론

과학 지식을 일방적으로 수용할 때보다 능동적으로 지식을 생성할 때 과학적 사고력은 촉진되므로(김남일과 장남기, 1998; 정진수와 정완호, 1995), 탐구 과정 중에 생성되는 지식인 가설을 능동적으로 생성함으로써 과학적 사고력을 증진시킬 수 있다. 또한, 가설 생성 능력의 발달은 과학적 성취도 향상과 논리적 사고력 발달, 창의적 사고의 발달과 밀접한 관련이 있다(Lawson, 1995). 그러나 이러한 연구들은 인지 심리학적 검사 방법을 이용한 것으로, 직접적인 두뇌의 변화를 살펴본 것은 아니었다.

따라서 학습에 의한 직접적인 효과를 알아보기 위해서는 두뇌 변화를 연구하는 것이 바람직하다(김용진 등, 2005).

예를 들어, Fairclough 등(2005)은 3 종류의 인지 과제를 연이어 수행하는 동안의 뇌파, 호흡, 심전도, 안구 운동과 같은 신경생리학적 지수를 분석하였다. 그 결과 높은 수준의 과제를 수행할 때 연습의 효과가 나타났으며, 복잡한 활동시 더욱 집중하기 위해 심박률 감소, 눈 깜박임 감소, 두정엽의 세타파 증가 등의 현상이 나타났다. Neubauer 등(2004)은 지능과 개인 간 차이에 따른 신경의 효율화를 비교하기 위해, 인지 검사지를 이용해 사전 검사-후

련·사후 검사를 실시하고, 검사를 실시하는 동안 뇌파를 측정하였다. 그 결과 개인에 따라 훈련의 효과가 달랐으며, 지능이 높을수록 훈련의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. Smith 등(1999)은 인지 능력과 시각 운동 능력의 발달과의 관계를 뇌파를 이용하여 측정하였다. 또한 Teplan 등(2006)은 장기적인 시청각 자극에 따른 뇌파 특성의 변화를 2개월에 걸쳐 25번 측정하였다. 그 결과 알파파와 세타파가 향상되는 등 정신적 이완 능력이 향상되는 것을 뇌파를 통해 알아내었다. 그러므로 학습과 훈련에 의해 개인의 뇌파 특성이 변화했다는 위와 같은 연구 결과를 토대로 대뇌피질에서 자발적으로 발생하는 전기 활동을 측정하는 뇌파(EEG)를 이용하여 가설 생성 학습으로 인한 인지 능력의 변화를 분석하는 것이 가능할 것이다. 실제로 권용주 등(2006)은 초등학생을 대상으로 가설 생성 학습 후에 나타난 두뇌 활성 변화를 뇌파를 이용하여 연구한 바가 있다. 그러나 초등학생의 두뇌는 아직 발달 단계에 있는 과정이고, 생물학적으로 발달이 완성된 성인의 두뇌를 가지고 가설 생성 학습 효과를 연구한 예는 드물다.

이 연구에서 말하는 가설 생성 학습은 권용주 등(2003)이 제시한 의문 상황 분석 → 유사 경험 상황 동정 → 원인적 설명자 동정 → 가설적 설명자 고안 → 가설 생성의 과정을 따르는 학습을 의미한다.

인간의 뇌파를 측정하여 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나, 이 연구에서는 상대 파워 스펙트럼 분석법과 coherence 분석법을 사용하였다. 왜냐하면, 주파수에 따른 진폭량인 뇌전위 상대 파워 스펙트럼 분석은 대뇌피질 각 부위의 인지 기능과 뇌파의 연관성을 알 수 있기 때문이다(권용주 등, 2006; 김용진 등, 2005; Aftanas & Golocheikine, 2001; Fairclough et al., 2005; Jau ovec, 2000; Neubauer et al., 2004). 또한 여러 부위가 상호 작용하며 역동적으로 작용하는 두뇌의 특성은 공간적으로 떨어져 있는 각 부위 신호들 간의 유사성을 비교하는 coherence 분석법을 통해 알 수 있다(Corsi-Cabrera et al., 1997, Guevara & Corsi-Cabrera, 1996). Coherence는 언어 관련 작업 기억(Haarmann & Cameron, 2005; Weiss et al., 2005), 그림 관련 작업 기억(Babiloni et al., 2006; Sauseng, 2005) 등 다양한 인지 활동 시 대뇌피질 부위의 연관성을 연구하는데 주로 이용되어 왔다(권용주 등, 2006).

따라서 이 연구는 뇌전위 파워 스펙트럼과 coherence 분석법을 이용하여, 가설 생성 학습으로 인한 초등 예비교사의 두뇌 활성 변화를 밝히고자 하는데 그 목적을 두고 있다. 아울러 이러한 연구 결과는 두뇌의 학습 기능을 이해하는데 도움이 될 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

교원 양성을 목적으로 하는 중부권 소재 H 대학교의 초등 과학 교육을 전공하는 예비교사 2학년 학생들을 실험 집단 16명, 통제 집단 16명으로 구분하여 연구 대상자를 모집하였다. 연구 대상자들의 평균 연령은 21.5세(SD = 0.7)였으며, 특별한 지적·정신적 이상이 없는 오른손잡이 학생들이었다. 이들 피험자들은 생물학적으로 발달이 완성된 성인들이고 과학적 가설 생성과 같은 고차원적 사고를 수행할 수 있는 집단이기 때문에 선정되었다.

### 2. 연구 절차

뇌파 사전 측정 과제와 사후 측정 과제를 선정하고, 가설 생성 프로그램을 개발하였다. 과제를 측정하고 적용하기에 적합한 집단을 선정한 후, 사전 뇌파 측정을 실시하였다. 그리고 8회에 걸쳐 학습을 실시한 후, 사후 뇌파 측정을 실시하였다. 두 번의 측정에서 얻은 뇌파 데이터를 ICA 분석을 통해 잡파를 제거하고, 뇌파 분석 방법에 따라 사전·사후 데이터를 집단별로 대응 비교하였다.

### 3. 학습 프로그램

권용주 등(2003)이 제안한 과학적 가설 지식 생성 과정에 대한 바탕 이론을 근거로 8개의 가설 생성 학습 프로그램을 개발하였다. 가설 생성 학습 프로그램의 과정은 '관찰 → 의문 생성 → 의문 상황 분석 → 유사 경험 상황 동정 → 원인적 설명자 동정 → 가설적 설명자 고안 → 가설 생성'의 과정으로 구성되었다. 학습 주제는 새우 가열하기, 생선살과 육류의 살 비교하기, 삼각플라스크 안에 달걀 넣기, 레몬즙으로 글씨 쓰기, 종이 나선의 회전, 다이어트 콜라와 일반 콜라 비교, 전분 반죽, 오래된 형광등의 8가지였다. 두 집단은 동일한 주제를, 동일한 순서로 학습하였는데, 실험 집단은 스스로 지식을 생성하는

가설 생성 학습을 하였지만, 통제 집단은 연구자가 안내하는 지식들을 설명식으로 전달받고 이해하는 가설 수용 학습을 하였다는 차이점이 있다.

#### 4. 뇌파 측정 과제

뇌파 측정 과제는 각 시기별로 예비 과제 2개와 본 과제 1개로 구성하였다. 피험자들이 연구자가 의도한 가설을 생성할 때까지 가설 생성을 반복하도록 하였는데, 이는 같은 내용의 가설을 생성할 때의 뇌파 데이터를 분석하여, 사고에 따른 뇌파 차이를 통제하고 집단의 뇌파 차이를 알아보기 위해서였다. 실제로는 예비 과제의 훈련 때문에 대부분의 연구 대상자들은 바로 가설을 생성하였고, 가설이 내용이 다를 경우에는 예비 과제의 내용을 환기시켜 주면서 가설을 생성하도록 하였다. 반복 측정의 영향이 있으므로 원하는 가설을 바로 생성하였을 경우에도 다른 가설을 생성해 보라고 하였다.

예비 과제로 사전은 수국 꽃, 기러기 똥의 색이 다른 의문에 대한 가설을 생성하는 과제였고, 사후는 백호, 형제의 생김새가 다른 의문에 대한 가설을 생성하는 과제였다. 사전 측정 본 과제는 매추리알 20개의 표면을 관찰하고, 매추리알 표면의 무늬와 색이 다른 의문에 대한 가설을 생성하는 과제였다. 사후 측정 본 과제는 1개의 옥수수에 있는 알맹이들을 관찰하고, 그 색과 모양이 다른 의문에 대한 가설을 생성하는 과제였다.

피험자들에게 예비 과제와 본 과제의 사고 과정 중에는 몸의 움직임을 최소로 줄이고, 머릿속으로만 생각하도록 요구하였다. 실제로 각 단계별로 20초 정도 사고를 실시하고, 바로 사고의 내용을 인터뷰를 통해 확인하고, 다음 단계의 사고를 실시하였다. 동시에 공동 연구자가 그 내용을 기록하여 해당 뇌파 데이터를 추출하는데 참고하였다.

#### 5. 뇌파 측정 방법

뇌파 측정 장비는 Australia Compumedic사에서 개발한 E-series EEG system(Compumedics, 2001)을 사용하였고, 뇌파 데이터 수집 소프트웨어는 E-series 3.4 Release version을 사용하였다. 19개의 전극을 국제전극배치법인 10-20 system에 따라 부착하였고, 두뇌 양반구의 편차를 보정하기 위해 참조 전극으로 양 귀볼 전극 A1, A2를 부착하였다. 또한, 접지 전극과 기준 전극을 1개씩 추가로 부착하였다.

측정시 설정된 Sampling rate는 256 Hz였고, 전극과 두피와의 저항값(impedance)은 10 K $\Omega$  이하로 유지하였다. 주파수 필터링은 고역 통과 필터(high pass filter)는 1 Hz, 저역 통과 필터(low pass filter)는 70 Hz를 유지하고, 교류 유도에 의한 60 Hz의 상용 교류 잡파를 제거하기 위해 Notch filter는 60 Hz를 유지하였다.

#### 6. 뇌파 분석 방법

뇌파 측정 후 눈 뜨고 안정 상태와 가설 생성 상태에서 잡파의 유입이 적은 데이터에 대해 각각 16초의 데이터를 선택하였다. 이 연구에서는 독립 성분 분석(ICA)을 이용하여 눈 깜박임, 안구 운동, 목 뒷부분의 긴장과 관련된 근육 움직임 등으로 인한 잡파를 제거하였다. 그리고 고속 푸리에 변환(fast fourier transform)을 통해 주파수별 평균 파워 스펙트럼을 구한 후, 전체 세기(4~50 Hz)에 대한 해당 주파수별 세기의 비율인 상대 파워 스펙트럼을 구하였다. 상대 파워 스펙트럼 분석은 두개골의 두께 차이, 측정 당시 긴장 정도 차이 등의 개인차를 줄일 수 있고, 상대적으로 우세한 뇌파를 계산할 수 있는 방법이다(김용진 등, 2005; Knyazev *et al.*, 2004). 각 주파수는 세타파(4.0~7.9 Hz), 알파파1(8.0~9.9 Hz), 알파파2(10.0~12.9 Hz), 베타파(13.0~29.9 Hz), 감마파(30.0~50.0 Hz)를 설정하였다. 알파파는 작업 기억, 일화적 기억, 의미적 기억, 지능과 창의성과 같은 인지적 사고와 관련하여 알파파를 세분화하여 분석하였을 때 의미 있는 차이가 발견되었다는 연구 결과들을 근거로 하여 구분한 것이다(Doppelmayr *et al.*, 1998; Fink *et al.*, 2005; Jauvec, 2000; Neubauer *et al.*, 2004; Samthein *et al.*, 1998; Sauseng *et al.*, 2005).

안정 상태의 뇌파가 피험자별로 다를 수 있으므로 가설 생성시의 뇌파를 비교하기 위해, 안정 상태를 기준으로 상대 파워 스펙트럼 변화량인 ‘뇌파 활성화도(EEG $\alpha$ ; 가설 생성시 상대 파워 스펙트럼/ 눈 뜨고 안정시 상대 파워 스펙트럼)’를 구하였다(김용진 등, 2005; Fitzgibbon *et al.*, 2004). 또한, coherence 계수는 19개 전극간의 동기화도를 구하여 각 주파수별로 171씩, 총 855개의 값이 생성되었다. Coherence 분석 또한 안정시 개인차를 줄이기 위해 가설 생성시 값에서 안정 상태의 값을 뺀 값인 ‘Coh-상관도’를 분석하였다. 사전과 사후 뇌파 활성화도, Coh 값

을 각 집단별로 대응 비교하였으며, 통계적 방법으로 윌콕슨 부호 순위 검증을 사용하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 상대 파워 스펙트럼 분석

집단별로 학습 전과 후의 뇌파 활성도(EEGa)를 윌콕슨 부호 순위 검증을 통해 비교한 결과, 학습 후 유의한 차이를 나타내는 전극이 실험 집단에서는 11개, 통제 집단에서는 2개 나타났다( $p < .05$ ). 두 집단의 차이를 비교하기 위해 13개 전극의 뇌파 활성도를 집단별로 그림 1과 그림 2에 나타냈다.

학습 후 세타파 활성도 변화를 살펴보면, 실험 집단은 학습 후 두정엽(P3, Pz, P4)은 감소하고 중앙 부위(Cz)는 증가했다. 반면 통제 집단은 좌측과 중앙 두정엽(P3, Pz)은 증가하고 중앙 부위(Cz)는 감소했다. 그러나 변화량이 실험 집단보다는 낮지만, 우측 두정엽(P4)은 통제 집단도 감소했다. 요구되는 과제 수준이 높아질 때 좌측과 중앙 두정엽(P3,

Pz)의 세타파가 증가하고(Fairclough *et al.*, 2005), 자신의 내부로 집중할 때 세타파는 더욱 증가하므로(Aftanas & Golosheikine, 2001), 통제 집단이 실험 집단보다 가설 생성을 더욱 어렵게 해결했다고 해석할 수 있다.

실험 집단은 학습 후 우측 두정엽(P4)의 알파파 1의 활성도가 현저히 감소했으나, 통제 집단은 반대로 약간 증가했다. 기억 관련 과제를 잘 해결하는 사람은 낮은 알파파의 감소량이 크고, 이는 각성 상태 수준이 높음을 의미한다(Klimesch, 1996). 따라서 실험 집단이 통제 집단보다 학습 후 기억 능력과 각성 수준이 높아진 것으로 보인다.

알파파 2 또한 두 집단이 반대 양상을 나타냈다. 실험 집단은 전두엽 중앙 부위(Fz)의 활성도가 증가했으나, 통제 집단은 감소했다. 상위 알파파(upper alpha; 9.81~11.81 Hz)는 과제가 복잡하고 어려울수록 그 감소량이 크므로(Neubauer *et al.*, 2004), 실험 집단은 학습에 의해 전보다 가설 생성을 좀 더 쉽게 해결한 것으로 보인다.

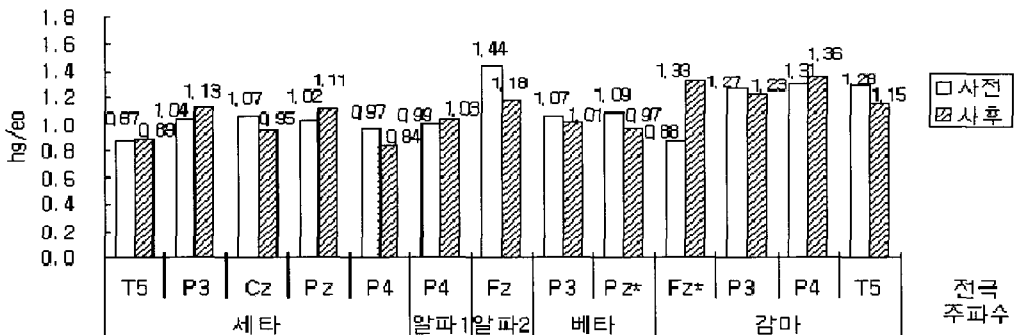


그림 1. 통제 집단의 학습 전·후 뇌파 활성도 평균 비교.

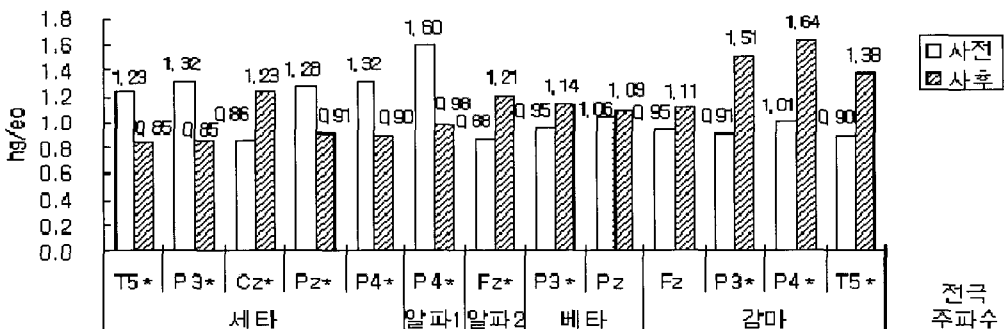


그림 2. 실험 집단의 학습 전·후 뇌파 활성도 평균 비교.

베타파에서 실험 집단은 좌측과 중앙 두정엽(P3, Pz)의 활성도가 약간씩 증가했으나, 통제 집단은 반대로 감소했다. 안정 상태보다 과제를 수행할 때 각성 수준이 높아져 두정엽의 베타파는 증가하므로(Fairclough et al., 2005), 학습 후 실험 집단의 각성 수준은 더 높아졌을 것이다.

감마파에서 실험 집단은 두정엽(P3, P4)과 좌측 측두엽(T5)의 활성도가 크게 증가했으나, 통제 집단은 조금 증가하거나(P4), 조금 감소해(P3, T5) 큰 변화가 없었다. 그러나 전두엽 중앙 부위(Fz)의 감마파는 통제 집단의 증가량이 실험 집단보다 훨씬 컸다. 정보 통합, 개념 형성 등 인지 활동을 할 때 증가하는 감마파는 단어를 기억하는 과제 수행 시, 다음 시각적 자극의 방향을 예상할 때 두정엽에서 특히 증가한다(Fitzgibbon et al., 2004). 또한 시각적 자극에 화살표를 추가하여 주의를 끌 때, 자극을 회전시켰을 때 두정-후두부의 감마파가 높아진다(Gruber et al., 1999)는 연구 결과들을 참고하면, 실험 집단은 학습 후 주어진 상황에 더욱 주의를 기울이고, 기억하려고 노력한 것으로 해석할 수 있다.

## 2. Coherence 분석

가설 생성시 coherence 계수에서 눈 뜨고 안정시 coherence 계수를 뺀 값인 ‘Coh-상관도’를 각 주파수별, 집단별로 학습 전과 후를 일곱순 부호 순위 검증을 통해 비교하고, 통계적으로 유의하게 변화한 상관들만 뇌 맵핑도로 제시하였다( $p < .05$ ).

### 1) 세타파 Coh-상관도

그림 3을 살펴보면, 실험 집단은 전전두엽과 중앙 부위 간(Fp1-Cz), 전두엽과 두정엽 간(F7-Pz, Fz-P4), 좌우 두정엽 간(P3-P4) Coh-상관도는 증가했다. 그러나 좌측 측두엽과 우측 두정엽 간(T3-F8) Coh-상관도는 감소했다. 통제 집단은 전전두엽과 두정엽 중앙 부위 간(Fp1-Cz) Coh-상관도는 감소하고, 전두엽 간(F7-Fz) Coh-상관도는 증가했다. 정리하면, 실험 집단은 전두엽과 두정엽 간의 상관이 증가한 반면, 통제 집단은 감소했다고 할 수 있다. 언어와 관련된 작업 기억 용량 요구 수준이 높아지면, 전두-두정 간 세타파 coherence가 증가한다는 연구 결과(Weiss et al., 2005)와 문장을 제시하고, 다시 회상할 때 전두엽 부위와 두정엽 부위를 잇는 long-

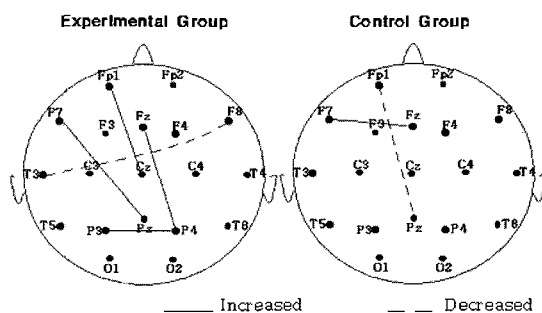


그림 3. 세타파 Coh-상관도 변화.

coherence가 증가하고(Haermann & Cameron, 2005), 문자나 기호들, 추상적인 선들을 기억하려고 노력하는 단계(retention)에서, 전두엽과 두정엽을 연결하는 coherence가 증가한다(Stein & Sarnthein, 2000; Sarnthein et al., 1998)는 선행 연구들을 고려할 때, 실험 집단은 통제 집단보다 회상하는 활동과 제시된 문제와 생성한 가설을 기억하는 활동 등 언어 작업 기억 활동을 더 열심히 한 것으로 해석할 수 있다.

### 2) 알파파 1 Coh-상관도

그림 4를 살펴보면, 실험 집단은 학습 후 전두엽 중앙 부위와 후두부 간(Fz-Pz, Fz-P4, Fz-O1, Fz-O2) Coh-상관도 증가가 두드러진다. 또한 좌측 전두엽과 우측 중앙 부위간(Fp1-C4, F3-C4) Coh-상관도도 증가했다. 통제 집단 또한 전두부와 후두부간 Coh-상관도가 증가했으나, 실험 집단과 달리 대뇌 좌우 간(Fp2-T5, Fp2-P3, F8-T5, F8-P3, F8-O1) Coh-상관도가 증가했다. 알파파 coherence는 각성 상태 수준이 낮아짐에 따라 전두엽 내, 전두엽과 후두엽 간의 coherence가 감소한다(Cantero et al., 1999). 따라서 두 집단 모두 학습 후 각성 상태가 전보다 높아

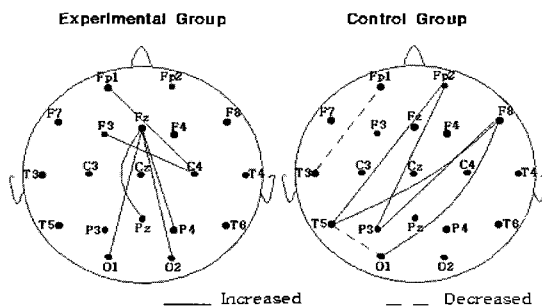


그림 4. 알파파 1 Coh-상관도 변화.

졌으며, 실험 집단이 좀 더 학습의 영향을 받은 것으로 보인다.

### 3) 알파파 2 Coh-상관도

그림 5를 살펴보면, 실험 집단은 학습 후 Fz와 관련하여 알파파 1 Coh-상관도 변화와 같은 패턴을 보였다. 즉, 전두엽 중앙 부위와 후두엽간(Fz-P4, Fz-O1, Fz-O2) Coh-상관도가 증가했다. 그리고 좌측 전두엽과 우측 측두엽 간(F3-T4, F3-T6) Coh-상관도도 증가했다. 그러나 좌우 후두엽간(O1-O2), 좌측 전전두엽과 우측 측두엽간(Fp1-T4) Coh-상관도는 감소했다. 통제 집단은 우측 중앙 부위와 관련된 대뇌 뒤쪽 Coh-상관도 증가가 특징적이다. 즉, 우측 중앙과 좌측의 측두엽, 두정엽, 후두엽 간(C4-T5, C4-P3, C4-O1) Coh-상관도가 증가했다. 다른 문장과 비교하기 위해 문장을 기억하려고 노력할 때 전두두정 간 coherence가 증가하므로(Haarmann & Cameron, 2005) 실험 집단은 통제 집단에 비해 주어진 의문과 생성한 가설을 되새기는 활동을 더 열심히 한 것으로 해석할 수 있다.

### 4) 베타파 Coh-상관도

그림 6에서 실험 집단은 좌측 전전두엽과 우측 중앙 또는 후두부 간(Fp1-C3, Fp1-O1), 좌측 전두엽과 우측 측두엽(F3-T4, F3-T6), 좌측 전두엽과 두정엽 중앙 부위 간(F7-Pz) Coh-상관도가 증가했다. 실험 집단의 Coh-상관도 감소는 주로 우측 중앙 부위와 우측 후두부와 관련하여 나타났다(C4-P3, C4-P4, O2-Pz, O2-T4, O2-O1). 이와 달리 통제 집단은 전두엽과 중앙 부위 좌우 반구간(F3-T4, F4-T3, F4-C3) Coh-상관도가 증가했다. 또한 전두 중앙 부위와 우측 후두엽 간(Fz-O2) Coh-상관도도 증가했다. 실험

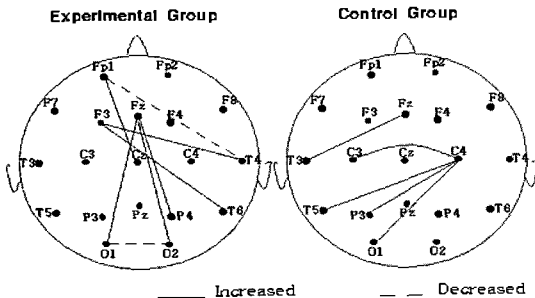


그림 5. 알파파 2 Coh-상관도 변화.

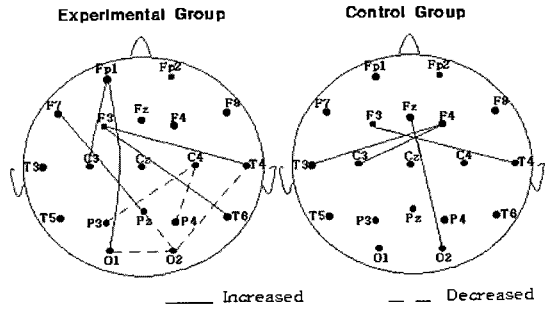


그림 6. 베타파 Coh-상관도 변화.

집단과 달리 Coh-상관도가 유의하게 감소한 부위는 나타나지 않았다. Haarman 등(2002)에 따르면, 의미 기억 처리 과정을 반영하는 문장의 빈 칸 채우기 과제를 수행할 때, 전두엽과 후두부의 측두-두정부를 연결하는 베타파 coherence가 증가하므로(Weiss et al., 2005), 가설을 생성할 때 실험 집단은 통제 집단보다 의미 기억 처리 과정에 더 의존한 것으로 해석할 수 있다. 실험 집단의 후두부 내의 Coh-상관도 감소는 통제 집단과 구별되며, 이는 학습의 영향으로 보인다.

### 5) 감마파 Coh-상관도

그림 7을 살펴보면, 실험 집단은 학습 후 통제 집단에 비해 Coh-상관도가 변화한 부위가 많다. 실험 집단은 좌우 전두엽과 측두엽이나 두정엽, 후두엽과 연관된(F7-C3, F7-T5, F7-T6, F7-P3, F7-Pz, F8-C3, F8-T6, F8-O1) Coh-상관도가 증가했다. 좌측 측두엽과 전전두엽 간(T5-Fp1, T5-Fp2, T5-Fz) Coh-상관도도 증가했다. 그러나 후두부 내의 Coh-상관도(O1-O2, P3-O2, P3-Pz)는 감소했다. 통제 집단은 전두엽과 좌측 중앙 부위 간(C3-Fp2, C3-F3, C3-Pz)

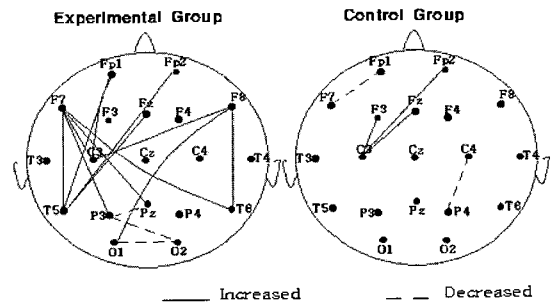


그림 7. 감마파 Coh-상관도의 변화.

Coh-상관도는 증가했고, 좌 전두부 내(Fp1-F7), 우 측 중앙 부위와 두정부 간(C4-P4) Coh-상관도는 감소했다. 전두엽과 후두-측두부 간 감마파 coherence는 단기 시각 정보를 처리할 때 정보를 유지하는 것과 연관된다(Bertrand and Tallon-Baudry, 2000). 그리고 의미 정보를 처리하는 과제에서 정보 통합 수준과 주의력 요구 수준이 높아지면 감마파의 전두부와 두정부 간 coherence가 증가한다(Weiss et al., 2005). 또한 사진을 부호화하고 기억하려고 할 때는 좌뇌의 감마파 coherence가, 사진을 회상할 때는 우뇌의 coherence가 증가한다(Babiloni et al., 2006)는 연구결과들을 고려하면, 실험 집단의 전두부와 두정엽을 비롯한 후두부와의 coherence 증가는 학습 후 정보를 유지하고, 회상하고, 통합하며 높은 주의력을 기울이며 가설을 생성한 것으로 해석할 수 있다.

#### IV. 결 론

지금까지 초등 예비교사들이 가설 생성 학습이나 가설 수용 학습을 경험한 후 가설을 생성할 때의 뇌파가 어떻게 변화했는지 알아보기 위해, 상대 파워 스펙트럼 분석과 coherence 분석을 이용하여 그 차이를 비교하였다. 연구 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 실험 집단은 두정엽의 세타파는 감소하고 전두엽의 알파파 2는 증가했으며, 통제 집단은 반대 양상을 보였다. 따라서 가설 생성 학습 후 실험 집단은 전보다 가설을 쉽게 생성하였다고 할 수 있다.

둘째, 실험 집단은 알파파 1이 감소하고, 베타파가 증가했으나 통제 집단은 그 반대였다. 또한 두 집단 모두 전두엽-후두엽 간의 알파파 1 Coh-상관도가 증가했으나, 실험 집단의 상관도 증가 변수가 더 많다. 그러므로 실험 집단이 통제 집단보다 학습 후 더 높은 각성 상태를 보이며 가설 생성 활동을 한 것으로 생각할 수 있다.

셋째, 실험 집단에서 두정엽의 감마파 증가, 전두-두정 간의 세타파 Coh-상관도와 알파파 2 Coh-상관도, 감마파 Coh-상관도 증가가 나타났다. 이는 실험 집단이 학습 전보다 주어진 상황에 더욱 주의를 기울이며 정보를 유지·통합하며, 회상하는 활동을 활발히 한 것으로 보인다.

이러한 실험 결과를 종합하면, 가설 생성 학습이

가설 수용 학습보다 두뇌의 여러 부위를 활발하게 사용하는데 효과적이라고 할 수 있다. 그러므로 이 연구의 의의는 가설 생성 학습이 생물학적으로 성인인(21.5년) 초등 예비 교사 두뇌의 사고 작용을 촉진하는데 효과가 있다는 것을 뇌파를 이용하여 증명하였다는 것이다. 이러한 학습 효과에 관한 두뇌 발달 자료가 축적될 때 진정한 두뇌-기반 학습이 이루어질 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- 권용주, 박지영, 신동훈, 정진수, 박국태(2006). 가설생성 학습 후에 나타난 초등학생의 두뇌 활성 변화. 한국생물교육학회지, 34(1), 72-80.
- 권용주, 정진수, 강민정, 김영신(2003). 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕 이론. 한국과학교육학회지, 23(5), 458-469.
- 김남일, 장남기(1998). 고등학교 생물 수업에서 개념적 탐구수업이 학생의 탐구능력 성취도 향상에 미치는 효과. 한국생물교육학회지, 26(2), 223-234.
- 김용진, 김재영, 권치순(2005). 창의적 과학문제 해결에서 초등학교 과학 영재아와 보통아의 뇌파 활성 차이. 한국생물교육학회지, 33(1), 23-32.
- 정진수, 정완호(1995). 중학교 과학수업에서 학습자 특성에 따른 순환학습 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 15(3), 284-290.
- Aftanas, L. I., & Golosheikine, S. A. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310, 57-60.
- Babiloni, C., Vecchio, F., Cappa, S., Pasqualetti, P., Rossi, S., Miniussi, C., & Rossini, P. M. (2006). Functional frontoparietal connectivity during encoding and retrieval processes follows HERA model a high-resolution study. *Brain Research Bulletin*, 68, 203-212.
- Bertrand, O., & Tallon-Baudry, C. (2000). Oscillatory gamma activity in humans: a possible role for object representation. *International Journal of Psychophysiology*, 38, 211-223.
- Cantero, J. L., Atienza, M., Salas, R. M., & Gómez, C. M. (1999). Alpha EEG coherence in different brain states: an electrophysiological index of the arousal level in human subjects. *Neuroscience Letters*, 271, 167-170.
- Corsi-Cabrera, M., Solís-Ortiz, S., & Guevara, M. A. (1997). Stability of EEG inter- and intrahemispheric correlation in women. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 102, 248-255.
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Schwaiger, J., Auinger,

- P., & Winkler, Th. (1998). Theta synchronization in the human EEG and episodic retrieval. *Neuroscience Letters*, 257, 41-44.
- 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.
- Fitzgibbon, S. P., Pope, K. J., Mackenzie, L., Clark, C. R., & Willoughby, J. O. (2004). Cognitive tasks argument gamma EEG power. *Clinical Neurophysiology*, 115, 1802-1809.
- Gruber, T., Müller, M. M., Keil, A., & Elbert, T. (1999). Selective visual-spatial attention alters induced gamma band responses in the human EEG. *Clinical Neurophysiology*, 110, 2074-2085.
- Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (1996). EEG coherence or EEG correlation?. *International Journal of Psychophysiology*, 23, 145-153.
- Haarmann, H. J., & Cameron, K. A. (2005). Active maintenance of sentence meaning in working memory: Evidence from EEG coherences. *International Journal of Psychophysiology*, 57, 115-128.
- Jau ovec, N. (2000). Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative, and average individuals while solving complex problems: An EEG study. *Intelligence*, 28, 213-237.
- Klimesch, W. (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 61-100.
- Knyazev, G. G., Savostyanov, A. N., & Levin, E. A. (2004). Alpha oscillations as a correlate of trait anxiety. *International Journal of Psychophysiology*, 53, 147-160.
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company, pp. 5-13, 147-155, 418-431.
- Neubauer, A. C., Grabner, R. H., Freudenthaler, H. H., Beckmann, J. F., & Guthke, J. (2004). Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient. *Acta Psychologica*, 116, 55-74.
- Sarnthein, J., Petsche, H., Rappelsberger, P., Shaw, G. L., & von Stein, A. (1998). Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory. *Proceeding, The National Academy of Sciences*, 95, 7092-7096.
- 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.
- Smith, M. E., McEvoy, L., & Gevins, A. (1999). Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research*, 7, 389-404.
- Stein, A., & Sarnthein, J. (2000). Different frequencies for different scales of cortical intergration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 38, 301-313.
- Teplan, M., Krakovská, A., & tolc, S. (2006). EEG responses to long-term audio-visual stimulation. *International Journal of Psychophysiology*, 59, 81-90.
- Weiss, S., Mueller, H. M., Schack, B., King, J. W., Kutas, M., & Rappelsberger, P. (2005). Increased neuronal communication accompanying sentence comprehension. *International Journal of Psychophysiology*, 57, 129-141.