

분류학습 프로그램 적용에 따른 지적장애학생의 뇌파 상대파워스펙트럼 변화*

김 용 규

대구대학교

정 진 수**

대구대학교

《 요 약 》

이 연구의 목적은 분류학습 프로그램을 지적장애학생들에게 적용했을 때 나타나는 뇌파 상대파워스펙트럼의 변화를 알아보는 것이다. 이를 위해 15차시의 분류학습 프로그램을 개발하여 3개월 간 4명의 지적장애 중학생들에게 투입하였다. 프로그램을 투입하기 전과 후에 각각 뇌파 측정 과제를 투입하여 뇌파를 측정하였고, 사전 검사와 사후 검사의 수행 행동 결과와 뇌파 상대파워스펙트럼 변화를 분석하였다. 분석 결과, 사전 검사에서 지적장애 중학생들은 109개의 분류 기준을 생성하였고, 사후 검사에서는 203개의 분류 기준을 생성하였다. 그리고 뇌파를 분석한 결과, 지적장애 중학생들은 사전 검사와 비교하여 사후검사 에서 다양한 뇌파 활성 변화가 나타났다. 세타파(4.0~7.9Hz)의 활성은 대체적으로 감소 하였는데, 특히 두정엽과 측두엽 영역에서 유의미하게 감소하였다. 알파파(8.0~12.9Hz)도 뇌 전체적으로 감소하였고 측두엽과 후두엽에서 유의미하게 감소하였다. 베타파(13.0~29.9Hz)의 경우는 뇌 전체적으로 증가하였으며 특히 두정엽과 후두엽에서 유의미하게 증가 하였다. 감마파(30.0~50.0Hz)의 활성도 대체적으로 증가하였으며 전두엽, 두정엽, 그리고 측두엽에서 유의미하게 증가하였다. 이 연구 결과는 분류학습이 지적장애학생들의 뇌파 상대 파워스펙트럼에 의미 있는 변화를 가져왔다는 것을 말해주었다.

주제어 : 지적장애학생, 분류학습, 뇌파, 뇌 기능, 상대파워스펙트럼 분석

* 이 논문은 대구대학교 연구장학기금 지원에 의해 연구되었음

** 교신저자 (jjs@daegu.ac.kr)

1. 서론

2011년 개정 특수교육 기본교육과정의 과학교과 목표는 지적장애학생들이 기초적인 과학지식의 이해뿐만 아니라 과학탐구기능을 활용하여 자신의 생활 주변에서 발생하는 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 길러주는 것을 포함하고 있다. 이에 따라 과학과의 내용은 학생들의 인지적 수준에 따라 관찰, 분류, 예상, 추리와 같은 기초탐구기능을 학습하도록 구성되어 있다(교육부, 2011).

탐구학습에서 분류는 자연현상이나 대상을 관찰하여 대상들의 공통적인 요소와 차이점을 인식하고 기준을 만든 후 그 기준에 따라 대상들을 두 그룹 이상으로 나누는 학습 활동을 말한다(Kwon et al., 2003; Inhelder & Piaget, 1964; NRC, 2000). 또한 분류계통학에서 분류는 다양한 생물들을 관찰하여 특정 기준에 따라 분류하고 위계를 설정하는 등의 과학 탐구에 요구되는 필수적인 기능이다(Honey & Paxman, 1986; Magulis, 1981; Mayr, 1997). 뿐만 아니라 분류 기능은 사람이 살아가는 데 필요한 일상생활기술과도 연관이 있다. 예를 들어 일상에서 사용하는 다양한 도구들을 형태나 용도에 따라 분류할 수 없다면 우리의 생활은 매우 불편할 것이다. 따라서 분류 학습은 지적장애학생들의 과학 학습 측면뿐만 아니라 일상생활에 필요한 기술 습득 측면에서도 매우 중요하게 다루어져야 한다(김용규 & 정진수, 2015).

분류 학습을 포함한 탐구 중심 과학 학습은 경도지적장애, 자폐, 학습장애 학생들의 탐구 능력을 향상시킬 뿐만 아니라 독립적인 작업 기술 개발에도 도움이 된다(Luft & Gess-Newsome, 2008; Mastropieri et al., 2001). 그리고 많은 연구들이 탐구 중심의 과학 학습이 교과서 중심의 학습보다 지적장애학생들의 학습에 긍정적인 효과를 주었다고 밝히고 있다(Scruggs & Mastropieri, 1995; Scruggs et al., 1993). 그런데 최미영(2014)의 연구는, 지적장애학생들의 분류 능력이 일반학생보다 높지 않고 분류 기준을 생성할 때 관찰 결과보다는 주관적 느낌으로 분류 기준을 만드는 경향이 있다고 지적하고 있다. 그리고 김용규와 정진수(2015)의 연구도 지적장애중학생들이 자세한 관찰, 시각적 작업 기억의 유지, 요소의 비교 및 판단 능력에서 일반학생들보다 어려움을 보인다고 제시하였다.

그렇다면 지적장애학생들의 분류 능력은 학습을 통해서 향상될 수 있을까? 분류 능력은 두뇌(brain) 활성화와 어떤 관련이 있을까? 분류 수행과 관련된 두뇌 네트워크에 관한 연구(Byeon et al., 2012)에 의하면 분류 수행과 밀접하게 관련된 두뇌 영역은 후두엽과 전두엽이며, 분류 능력이 두뇌 활성화 네트워크의 기능과 정적인 상관이 있다는 것을 알 수 있다(Byeon et al., 2012). 예를 들어 변정호 등(2014)이 과학고 학생과 일반고 학생의 생물 분류 과정의 두뇌 활성을 비교한 결과에 의하면 분류 능력에 따라 두뇌의 다양한 영역에서 활성화 차이가 나타났다는

것을 알 수 있다. 그리고 김용규와 정진수(2015)가 분류 과제 수행 시 측정된 뇌파를 비교한 결과에 의하면 지적장애학생들과 일반학생들간에 다양한 활성 차이가 나타났는데, 지적장애학생들의 세타파 활성이 전두엽, 두정엽, 측두엽에서 일반학생들보다 높았고, 알파파의 경우 측두엽과 후두엽에서 높았다. 이와 같이 분류 기능에 관한 선행 연구들은 분류 능력이 두뇌 활성과 관련이 있다는 것과 분류 학습이 두뇌 활성에 영향을 줄 수 있다는 가능성을 보여주고 있다.

학습에 의한 분류 기능의 변화를 효율적으로 측정하여 분석하는 방법으로 신경세포의 전기적 활동을 두뇌 피질에서 직접 측정하는 뇌파(Electroencephalograph, EEG) 측정법이 활용될 수 있다. 이 중 상대파워스펙트럼분석 방법은 전체 주파수 대역의 절대 파워를 기준으로 세타파(4.0~7.9Hz), 알파파(8.0~12.9Hz), 베타파(13.0~29.9Hz), 감마파(30~50Hz)와 같은 특정 주파수 대역 별 파워 값의 비율을 산출하여 분석하는 방법이다. 세타파는 과제의 난이도가 높아질 때 증가하고(정진수 & 윤성규, 2008; 김용진, 2000), 알파파는 정신적인 긴장을 유지하면서 창의적인 사고를 할 때 감소한다(김순화, 2010; Cowan & Allen, 2000). 베타파는 뇌에서 외부의 정보를 활발히 받아들이는 활동을 할 때 증가하고(김용진 & 장남기, 2001), 감마파는 정보통합과 같은 인지활동에 전력을 다해 집중 할 때 증가한다(심준영, 2004; Fitzgibbon et al., 2004; Gruber et al., 1999). 또한, 전두엽은 요소의 비교 및 판단, 두정엽은 시각정보와 위치정보의 결합과 시각적 작업기억(visual working memory), 측두엽은 시각정보에 의미를 부여하기 위한 대상의 면밀한 관찰, 후두엽은 시각정보의 인식 기능과 연관되어 있는 것으로 생각된다(Gazzaniga et al., 2008).

인지적 변화를 목적으로 수행하는 학습은 두뇌에서 정보 흐름의 변화를 요구한다(Bush, 2006; Wang et al., 2006). 따라서 학습자의 인지적 변화는 두뇌 수준의 정보 흐름에 알맞은 교육적 처치에 의해 강화될 수 있다(Ansari & Coch, 2006; Rosenzweig et al., 2005). 즉, 분류 능력을 향상시키기 위한 새로운 교수 전략과 모형은 두뇌 수준의 정보처리 과정에 따라 구성될 때 효과적일 수 있다. 이와 같은 관점에서 변정호(2013)는 분류 시 후두엽-측두엽, 두정엽-전두엽으로 투사되는 정보 흐름 경로가 존재한다고 제안하였다. 그리고 분류 사고는 시각 자극에 대한 위치정보와 의미를 인식하고 시각 자극을 서로 비교하는 과정과 분류 지식으로서의 가치를 판단하는 과정을 통해 수행된다고 주장하였다. 또한 관찰, 공통성 발견을 학습하는 분류 지식 탐색 단계, 생성된 범주가 분류기준으로 사용이 가능한지 여부를 판단하는 분류 지식 생성 단계, 분류기준이 올바르게 적용되었는지를 판단하는 분류 지식 적용의 단계와 같은 3가지 학습 단계로 구성된 '뇌 연결망 기반 생물 분류 학습 모형'을 개발하여 일반 고등학생에게 적용한 결과 그 모형이 분류 능력 향상에 효과적이라는 것을 보여주었다. 하지만 지적장애학생의 분류 능력 향상을 위한 교수학습 전략 구상 시 요구되는 신경학적 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

이 연구의 목적은 분류 학습이 지적장애학생들의 두뇌 활성화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이다. 이를 위해 특수학교 기본교육과정을 토대로 15차시의 분류학습 프로그램을 개발하고, 사전에 분류과제 수행 시 지적장애학생들의 두뇌 활성을 뇌파를 통해 측정 한 후, 3개월간 분류학습 프로그램을 적용한 후 다시 뇌파를 측정하여 두뇌 활성화의 변화를 분석하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

4명의 지적장애 중학생들이 연구에 참여하였다. 의사소통이 어느 정도 가능하고 학습 의향이 지나치게 낮지 않은 학생들을 학부모의 동의를 얻어 선정했으며, 이 학생들은 모두 남학생이고 평균 15세(MD 0.96)이었다. 이 중 A 학생은 의사소통 시 정확한 어휘를 사용하는 것이 어렵고 문해능력이 떨어지며 주의집중 시간이 짧아 다소 산만한 경향이 있었다. B 학생은 기초적인 문해능력을 지니고 있어서 천천히 글자를 읽고 쓰면서 의미를 이해할 수 있었다. C 학생은 B 학생과 마찬가지로 기초적인 문해가 가능하며 낱자, 시간, 화폐 계산이 가능하였고, 네 명의 학생 중 인지적 및 학습 성취 수준이 가장 높았다. 마지막으로 D 학생은 글자를 읽고 쓸 수 없으며 의사소통에도 어려움이 있었고 학업 성취도도 많이 낮았다.

2. 연구 절차

연구는 EEG 측정 과제 및 분류학습 프로그램 개발, EEG 측정을 위한 사전 훈련, EEG 사전 검사, 15차시의 분류학습 프로그램 적용, EEG 사후 검사, 상대파워스펙트럼 분석, 통계분석 등의 과정으로 진행이 되었다. 먼저, 분류 과제 수행 시 EEG를 측정하는 데 이용할 측정 과제와 15차시 분량의 분류학습 프로그램을 개발하였다. 그리고 연구 대상 학생들과 친밀한 관계(rapport)를 형성하기 위해서 4주간의 사전 학습 활동을 진행하였다. EEG를 측정하기 전에 학생들이 측정 환경에 익숙해 질 수 있도록 연습을 시켰고, 개발한 EEG 측정 과제를 이용하여 휴식 시간을 포함하여 총 22분 30초 동안 프로그램 투입 전의 학생 뇌파를 측정하였다. 이후 분류학습 프로그램을 투입하였으며, 투입 후 사후 뇌파를 측정하였다.

3. 분류학습 프로그램 개발

특수학교 기본교육과정 중 생명과 지구 영역의 1~4학년 과정에 속해있는 ‘곤충의 생김새’ 단원을 중심으로 프로그램을 개발하였다. 이 단원은 관찰, 분류와 같은 기초탐구기능을 이용해 곤충에 대한 지식을 탐색하도록 구성이 되어 있다. 그리고 곤충은 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 소재이기 때문에 지적장애학생들에게 호기심을 유발시킬 수 있는 좋은 소재라고 생각했다.

분류학습을 위해 <표 1>과 같이 총 15차시의 프로그램을 개발하였다. 학습 내용은 크게 ‘관찰’, ‘공통성 및 차이점 발견’, ‘분류기준 고안 및 적용’의 3단계 과정으로 구성하였다. 이 과정 중 관찰은 전체 관찰과 부분 관찰로 하위 단계를 두었고, 공통성 및 차이점 발견은 공통성 발견과 차이점 발견, 분류기준 고안 및 적용은 주어진 기준으로 분류해보기, 분류기준 탐색하기, 분류하기와 같은 하위 단계를 각각 두었다.

그리고 각 하위 단계별로 학습목표를 명확하게 설정하였다. 전체 관찰은 “곤충의 생김새를 말할 수 있다.”, 부분 관찰은 “곤충 부속지의 모양과 생김새를 이용하여 곤충의 특성을 말할 수 있다.” 공통성 발견은 “곤충들의 공통성을 말할 수 있다.”, 차이점 발견은 “곤충들의 차이점을 말할 수 있다.”, 분류기준 고안은 “곤충들을 올바르게 분류할 수 있는 기준을 탐색할 수 있다.”, 분류기준 적용은 “곤충들을 올바른 기준을 적용하여 분류할 수 있다.” 등과 같이 하위 단계별로 학습목표를 각각 설정하였다.

<표 1> 분류학습 프로그램 개요

단계	내용	학습목표	소재
1차시	전체관찰	곤충의 생김새를 말할 수 있다.	대형 메뚜기 모형 대형 사슴벌레 모형 대형 벌 모형
2차시	부분관찰	곤충의 생김새를 말할 수 있다. 곤충 부속지의 특성을 말할 수 있다.	대형 메뚜기, 사슴벌레, 벌 모형 중형 곤충 모형
3차시	공통성 발견 1	곤충 집단의 공통성을 찾을 수 있다.	유사한 형태의 소형 곤충 모형 2개 차이나는 형태의 소형 곤충 모형 2개
4차시	공통성 발견 2	곤충 집단의 공통성을 찾을 수 있다.	소형 곤충 모형 5개

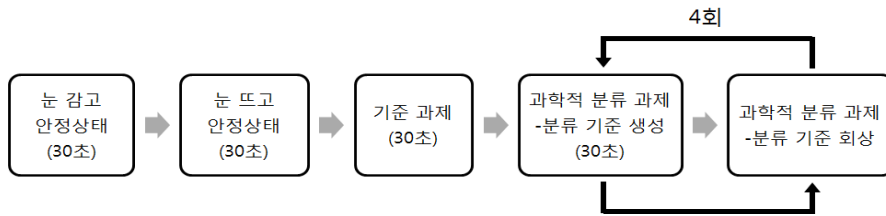
64 특수교육 저널: 이론과 실천(제16권 4호)

<표 1> 분류학습 프로그램 개요(계속)

단계	내용	학습목표	소개
5차시	차이점 발견 1	곤충 집단의 차이점을 찾을 수 있다.	차이나는 형태의 소형 곤충 모형 2개 유사한 형태의 소형 곤충 모형 2개
6차시	차이점 발견 2	곤충 집단의 차이점을 찾을 수 있다.	소형 곤충 모형 5개
7차시	분류전략1 (선생님이 알려준 기준으로 분류)	곤충 집단의 분류기준을 찾을 수 있다.	대형 곤충 모형 3개
8차시			중형 곤충 모형 5개
9차시			곤충 그림 카드 5장
10차시	분류전략2 (선생님이 분류한 기준 탐색)	곤충 집단의 분류기준을 찾을 수 있다.	대형 곤충 모형 3개
11차시			소형 곤충 모형 5개
12차시			곤충 그림 카드 5장
13차시	분류전략3 (학생 스스로 분류)	곤충 집단의 올바르게 분류할 수 있다.	대형 곤충 모형 3개
14차시			소형 곤충 모형 5개
15차시			곤충 그림 카드 5장

4. EEG 측정 과제

뇌파 측정 과제 개발을 위해 ‘한국곤충도감(신유항, 1993)’의 10개 곤충 목에서 1목 당 10마리씩 곤충 그림을 추출하여 사용하였다. 과제 제시 순서는 아래 <그림 1>과 같다. 뇌파 측정을 처음 수행하는 학생들의 심리적 안정을 위하여 눈 감고 안정 상태에서 30초 간 뇌파를 측정한 후 뇌파 측정 환경에 적응할 수 있도록 눈뜨고 안정 상태로 30초 간 뇌파를 측정하였다. 이어서 각각 30초 간 기준 과제와 분류 과제를 수행하는 동안에도 뇌파를 측정하였다. 분류 과제 1 SET는 5개의 과제로 구성하였으며 총 4 SET(20개의 task set)로 개발하였다. 학생들이 뇌파 측정 과제를 수행하며 겪을 수 있는 인지적 부하와 신체적 경직을 피하기 위해 1 SET 과제 수행 후 1분 30초의 휴식 시간을 부여하였다.



<그림 1> 과제 제시 순서

본 연구에서는 각각 30초 동안 기준 과제와 분류 과제를 수행하면서 수집한 뇌파 데이터 중 잡파로 인해 오염되어 깨끗한 파형이 보이지 않는 구간을 제외하고 각각 20초간의 뇌파 데이터를 분석에 이용하였다. 지적장애학생들은 문해 능력과 상하좌우와 같은 여러 개의 물체 상호간 위치 정보 탐색과 같은 시 지각 분별 능력에서 어려움을 보인다는 견해(원양은, 2013)에 따라 과제 수행을 위해 문자 정보 외에 추가정보가 필요하다. 이런 점을 반영하여 개발한 뇌파 측정 과제의 예시는 <그림 2>와 같다. 기준 과제와 분류 과제 모두 소재를 옮겨야 하는 위치를 색으로 표현하였다. 기준 과제는 과제 수행 시 발생하는 뇌파에 대한 배경 뇌파를 파악하기 위한 과제로 마우스의 드래그 기능을 이용하여 5개의 사각형 그림을 지정된 위치로 옮기는 과제이다. 그리고 분류 과제는 분류 과제 수행에서 나타나는 지적장애학생의 뇌 활성 변화를 알아보기 위한 과제로 마우스를 동작시켜 5개의 곤충 그림을 다른 색깔로 표현된 공간으로 이동시키는 방법으로 곤충 그림을 2개 이상의 그룹으로 나누는 과제이다.



<기준 과제 예시>

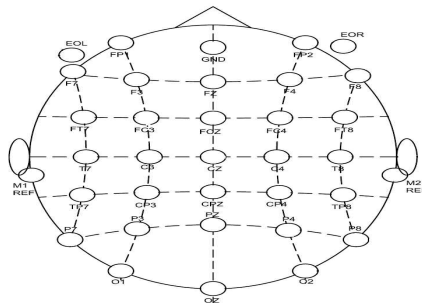
<분류 과제 예시>

<그림 2> 뇌파 측정 과제 예시

5. EEG 측정 방법

이 연구에서 뇌파 측정 및 데이터 수집은 각각 호주 Compumedics사의 E-series EEG system과 Profusion EEG 프로그램(Compumedics, 2002)을 이용하여 수행

하였다. 뇌파 전극은 국제전극배치법인 10-10 system을 적용하여 개발된 Neuroscan사의 32채널 Quik-Cap의 뇌파 전극 배치를 그대로 적용하여 사용하였다 <그림 3>. 연구에 사용된 전극의 수는 뇌 양반구의 편차를 보정하기 위해 M1, M2 참조전극, 눈의 깜빡임과 같은 잡파를 탐색하기 위한 EOL, EOR, 뇌에서 발생하는 뇌파 데이터를 수집하기 위한 Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, FC3, FC4, FT7, FT8, FCz, C3, C4, Cz, CP3, CP4, CPz, P3, P4, Pz, T7, T8, TP7, TP8, P7, P8, O1, O2, Oz의 총 35개의 전극이 사용되었다. 뇌파 측정 시 Sampling rate은 256Hz, 전극과 두피의 저항값(impedance)은 10kΩ이하, 고역통과필터(High pass filter)는 1Hz, 저역통과필터(Low pass filter)는 70Hz, 노치필터(Notch filter)는 60Hz로 적용하였다.



<그림 3> 뇌파 측정 전극 위치

6. EEG 분석 방법

기준 과제와 분류 과제에서 각각 눈 깜빡임이나 움직임 때문에 만들어진 인공잡파의 유입이 적은 20초의 데이터를 분석에 사용하였다. 세타파(4.0~7.9Hz), 알파파(8.0~12.9Hz), 베타파(13~29.9Hz), 감마파(30.0~50.0Hz)와 같은 특정 대역별 주파수 대역의 파워 값에서 4Hz이상과 50Hz미만의 주파수 대역 파워 값을 나눠 값을 구하는 상대파워스펙트럼 분석법을 이용하여 각 주파수별 상대파워 값을 구하였다. 그 후 기준 과제 수행 시 발생하는 뇌파가 연구 대상 학생별로 편차가 있을 수 있기 때문에 그 편차를 보정하기 위하여 분류 과제 수행 시 상대 파워 값에서 기준 과제 수행 시 상대 파워 값을 뺀 값인 뇌파 상대파워스펙트럼 활성 차이 값을 뇌 영역별(전두엽 Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, FC3, FC4, FT7, FT8, FCz; 두정엽 C3, C4, Cz, CP3, CP4, CPz, P3, P4, Pz; 측두엽 T7, T8, TP7, TP8, P7, P8; 후두엽 O1, O2, Oz)로 산출하여 그림과 표로 표현하였다. 상대파워스펙트럼 활성 차이 값이 양의 값일 경우는 과제 수행 시 뇌파의 활성이 증가한 것을 의미하고 음의 값인 경우는 과제 수행 시 뇌파의 활성이 감소한 것을 의미한다.

뇌파 분석은 4명의 학생이 20개의 과제를 수행할 때 각 채널별(전두엽 12채널; 두정엽 9채널; 측두엽 6채널; 후두엽 3채널)로 수집된 뇌파 자료를 이용하여 실시하였다<표 2>. 그리고 차이의 유의미한 결과를 산출하기 위해 대응표본 t검증 분석을 실시하였다.

<표 2> 뇌파 분석 데이터 양 정보

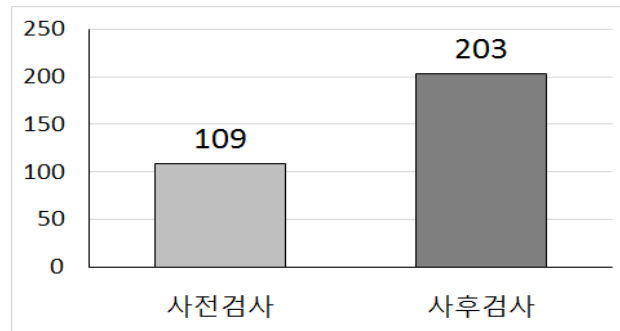
뇌 영역	N	산출근거(연구 대상의 수×과제 수×뇌파 전극 수)
전두엽	960	4명 × 20개 과제 × 12개 채널
두정엽	720	4명 × 20개 과제 × 9개 채널
측두엽	480	4명 × 20개 과제 × 6개 채널
후두엽	240	4명 × 20개 과제 × 3개 채널
전체영역	2400	4명 × 20개 과제 × 30개 채널

III. 결과 및 논의

1. EEG 과제 수행 행동 결과

분류학습 프로그램 적용 전과 후에 EEG 과제 수행에서 지적장애 중학생들이 발견한 과학적 분류기준의 수는 <그림 4>와 같다. 지적장애 중학생들은 사전에 총 109개의 분류기준을 생성하였으나 분류학습 프로그램 적용 후에는 203개의 분류기준을 생성하였다. 분류기준 수의 증가가 통계적으로 의미가 있는지 검증하기 위해서 실시한 Wilcoxon 부호순위 검정 결과를 통해 이 차이가 통계적으로 유의미하다는 것을 확인할 수 있었다($Z = 1.826, p < 0.1$).

이 결과는 15차시의 분류학습 프로그램의 적용으로 지적장애 중학생들의 분류 능력이 향상되었다는 것을 보여주었다. 또한 분류 능력을 향상시키기 위해서는 대상들을 세밀히 관찰하고, 공통성 및 차이점을 찾고 올바르게 적용할 수 있는 능력, 그리고 대상을 올바르게 범주화할 수 있는 능력을 길러주어야 한다는 선행연구들(최미영, 2014; 주정은 & 차희영, 2007; 최현동 외, 2005)의 결과와 맥락을 같이 하였다.

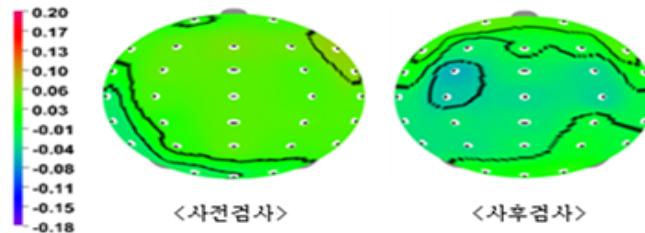


〈그림 4〉 사전-사후 EEG 과제 수행 행동 결과

2. 분류학습 프로그램 적용 전과 후의 뇌파 변화 분석 결과

1) 세타파 상대파워스펙트럼 활성 차이 비교

사전-사후 분류 과제 수행 시 나타난 세타파(4.0~7.9Hz) 활성 차이를 맵핑한 결과는 〈그림 5〉와 〈표 3〉과 같다.



〈그림 5〉 세타파 상대파워스펙트럼 활성 차이

〈표 3〉 세타파 상대파워스펙트럼 활성 차이 사전-사후 비교

뇌 영역	N	사전검사	사후검사	t	유의확률
전두엽	960	0.0443	0.0002	12.146	0.000
두정엽	720	0.0383	-0.0274	22.389	0.000
측두엽	480	0.0075	-0.0209	5.113	0.000
후두엽	240	-0.0085	0.0157	-4.267	0.000
전체영역	2400	0.0299	-0.0108	18.720	0.000

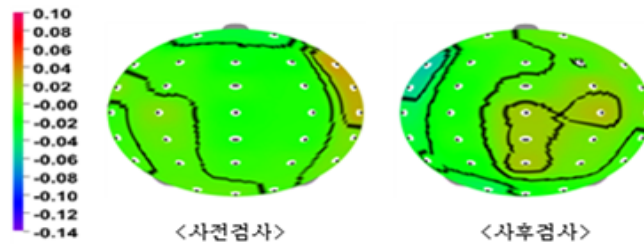
<그림 5>와 <표 3>에서 보는 것과 같이 지적장애 중학생들은 사전 검사에서는 기준 과제를 수행할 때보다 분류 과제를 수행할 때 전체적으로 세타파의 활성화(0.0299)이 증가하였다. 하지만 사후 검사에서는 세타파의 활성화(-0.0108)이 감소하였다. 그리고 사전과 사후의 세타파 활성화는 통계적으로 유의미한 수준에서 차이를 나타냈다($p < 0.01$). 세타파의 활성화는 과제 난이도와 정적인 상관을 보인다는 선행 연구(김용규 & 정진수, 2015; 정진수 & 윤성규, 2008; 김용진, 2000; Hutchison, 1996)에 비추어 이 결과를 해석할 때, 분류학습 프로그램 적용 후 지적장애 중학생들이 분류 과제를 사전보다 좀 더 쉽게 해결했다고 할 수 있다.

한편, <표 3>에서 보듯이, 지적장애 중학생들은 전두엽은 0.0443에서 0.0002로, 두정엽은 0.0383에서 -0.0274로, 측두엽은 0.0075에서 -0.0209로 세타파의 활성화가 감소하였고, 후두엽은 -0.0085에서 0.0157로 증가하였다. 그리고 이와 같은 변화는 통계적으로도 유의미하였다($p < 0.01$). 전두엽은 대상에 포함된 요소의 비교 및 판단하는 기능과 연관이 있는 뇌 영역(김용규 & 정진수, 2015; 김예림, 2012; 박승호 & 서은희, 2009)이다. 그리고 두정엽은 후두엽으로부터 수집한 시각정보에 공간정보를 결합시키는 기능과 후두엽으로부터 수집한 시각정보에 대한 기억을 유지시키는 시각적 작업기억(visual working memory) 기능과 연관이 있는 뇌 영역이다(김예림, 2012; Gazzaniga, M. S. et al., 2008). 또한 측두엽은 후두엽으로 받아들인 시각정보에 의미를 부여하기 위해 대상을 자세히 관찰할 때 활성화 되는 영역이다(권용주 & 이준기, 2007). 마지막으로 후두엽은 시각정보를 인식하고 받아들일 때 활성화되는 영역(김용규 & 정진수, 2015; 김예림 2012; 권용주 & 이준기, 2007)이다.

따라서 분류학습 결과 전두엽, 두정엽, 측두엽의 세타파 활성화가 감소하였고, 후두엽의 세타파 활성화가 증가했다는 결과는 ‘요소의 비교 및 판단 기능’, ‘시각정보 기억 유지’, ‘시각정보 의미부여’ 등의 어려움이 줄어들었다는 것을 말하며, 반면 ‘시각정보를 인식하고 받아들이는 기능’의 어려움은 증가했다는 것을 보여준다. 이것은 분류학습 프로그램을 통한 학습이 지적장애 중학생들이 분류 과제 수행을 위하여 받아들인 정보를 가공하고 기억을 유지하는 고등 사고를 수행하는 과정에서 좀 더 쉽게 느끼도록 긍정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

2) 알파파 상대파워스펙트럼 활성화 차이 비교

사전-사후 분류 과제 수행 시 나타난 알파파 상대파워스펙트럼 활성화 차이를 맵핑한 결과는 <그림 6>과 <표 4>와 같다. 사전 뇌파 검사의 알파파 활성화(-0.0031) 감소보다 사후 검사의 활성화 감소(-0.0074)가 더 컸으며, 이 사전-사후 감소의 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < 0.05$).



<그림 6> 알파파 상대파워스펙트럼 활성화 차이

<표 4> 알파파 상대파워스펙트럼 활성화 차이 사전-사후 비교

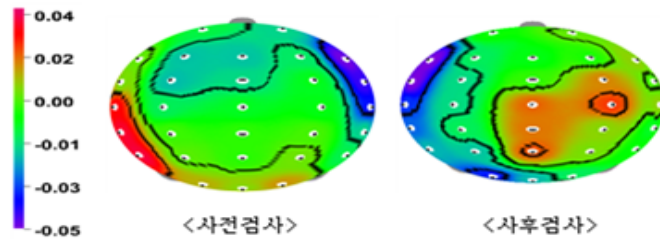
뇌 영역	N	사전검사	사후검사	t	유의확률
전두엽	960	-0.0054	-0.0099	1.488	0.137
두정엽	720	-0.0060	0.0061	-4.145	0.000
측두엽	480	0.0045	-0.0146	5.426	0.000
후두엽	240	0.0001	-0.0231	5.931	0.000
전체영역	2400	-0.0031	-0.0074	2.516	0.012

정신적 긴장을 유지할 때(김용규 & 정진수, 2015; 정진수 & 윤성규, 2008; 김용진, 2000; Cowan&Allen, 2000)와 창의적인 사고를 수행할 때(김순화, 2010; 김상은 & 정진수, 2010; Fairclough et al., 2005) 알파파의 활성화가 낮아진다는 선행연구결과를 토대로 알파파 활성화 감소를 해석한다면, <표 4>의 결과는 지적장애 학생들이 분류학습 이후 정신적인 긴장을 유지할 수 있는 능력과 새로운 분류기준을 창안하는 능력이 커졌다는 것을 보여준다고 생각할 수 있다.

또한 <그림 6>과 <표 4>의 결과는 측두엽과 후두엽에서 알파파 활성화의 감소폭이 통계적으로 유의미한 수준에서 크게 나타났다는 것을 보여준다. 이것은 측두엽은 시각정보에 의미를 부여하기 위하여 대상을 세밀하게 관찰할 때 활성화되는 영역(김용규 & 정진수, 2015; 김예림 2012; 권용주 & 이준기, 2007)이고, 후두엽은 대상에 대한 시각정보를 인식하여 수집하는 기능과 연관이 있는 영역(김용규 & 정진수, 2015; 김예림 2012; 권용주 & 이준기, 2007)이라는 선행 연구에 비추어 볼 때, 분류학습 프로그램이 분류 과제 수행 시 대상에 대한 시각정보를 수집하고 대상을 세밀하게 관찰하는 기능에 긍정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

3) 베타파 상대파워스펙트럼 활성화 차이 비교

분류학습 프로그램 전과 후 실시한 뇌파 검사에서 나타난 베타파 상대파워스펙트럼 활성화 차이를 맵핑한 결과는 <그림 7>과 <표 5>와 같다.



<그림 7> 베타파 상대파워스펙트럼 활성 차이

<표 5> 베타파 상대파워스펙트럼 활성 차이 사전-사후 비교

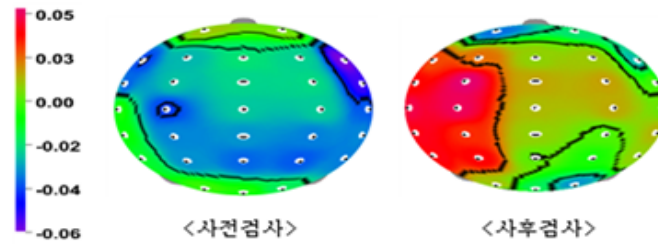
뇌 영역	N	사전검사	사후검사	t	유의확률
전두엽	960	-0.0170	-0.0021	-7.174	0.000
두정엽	720	-0.0017	0.0040	-3.834	0.000
측두엽	480	0.0058	0.0099	-1.015	0.311
후두엽	240	0.0124	0.0192	-2.102	0.037
전체영역	2400	-0.0049	0.0043	-7.110	0.000

<그림 7>과 <표 5>가 보여주는 것과 같이 베타파의 활성은 사전 검사(-0.0049)보다 사후 검사(0.0043)에서 통계적으로 유의미한 수준에서 크게 나타났다($p < 0.01$). 두뇌 외부의 정보를 활발히 받아들일 때(김용진 & 장남기, 2001)와 정신 집중의 수준이 높을 때(김용규 & 정진수, 2015; 권용주 외, 2006; Fairclough. et al., 2005) 활성이 증가하는 베타파의 특성을 반영하여 해석하면, 지적장애 중학생들이 분류학습 프로그램 적용 전과 비교하여 적용 후에 분류 과제를 수행하기 위하여 외부의 정보를 보다 활발하게 받아들이게 되었고 정신 집중력도 향상되었다고 말할 수 있다.

한편, 뇌 영역별 분석 결과를 보면, 전두엽, 두정엽, 후두엽에서 베타파 활성이 증가하였음을 알 수 있다. 이러한 결과를 전두엽의 '요소의 비교 및 판단 기능', 두정엽의 '시각정보 기억 유지', 후두엽의 '시각정보를 인식하고 받아들이는 기능'과 관련되어 있다는 선행 연구 결과(권용주 & 이준기, 2007; 김예림, 2012; 박승호 & 서은희, 2009; Gazzaniga. M. S. et al., 2008)에 비추어 해석할 때, 지적장애 중학생들은 분류학습 프로그램 적용 후 분류 대상에 대한 뇌 외부의 시각정보를 받아들일 때와 그 시각정보에 위치정보를 결합하여 정보를 가공을 할 때, 그리고 시각적 작업기억을 수행할 때 정신 집중의 수준이 높아졌음을 알 수 있다.

4) 감마파 상대파워스펙트럼 활성 차이 비교

분류학습 프로그램 적용 전과 후에 실시한 뇌파 검사에서 나타난 감마파 상대파워스펙트럼 활성 차이를 비교한 결과는 <그림 8>과 <표 6>과 같다.



<그림 8> 감마파 상대파워스펙트럼 활성 차이

<표 6> 감마파 상대파워스펙트럼 활성 차이 사전-사후 비교

뇌 영역	N	사전검사	사후검사	t	유의확률
전두엽	960	-0.0238	0.0116	-12.352	0.000
두정엽	720	-0.0307	0.0192	-19.499	0.000
측두엽	480	-0.0190	0.0269	-10.155	0.000
후두엽	240	-0.0043	-0.0094	0.749	0.455
전체영역	2400	-0.0230	0.0148	-20.863	0.000

<그림 8>과 <표 6>은 사전 뇌파 검사(-0.0230)와 비교하여 사후 뇌파 검사(0.0148)때 감마파의 활성이 증가하였다는 것을 보여준다. 이와 같은 변화는 통계적으로 유의미하였다. 감마파는 정보를 통합할 때(Fitzgibbon et al., 2004; Gruber et al.,1999)나 온 힘을 다해 과제 수행에 집중할 때(김용규 & 정진수, 2015; 심준영, 2004) 증가한다는 선행연구결과로 이 결과를 해석해본다면, 분류 학습 프로그램 적용 후 분류 과제를 수행할 때 지적장애 중학생들은 정보를 통합하거나 과제에 집중하는 능력이 증가했다고 할 수 있다.

분류학습 프로그램 적용 전과 후에 나타난 뇌 영역별 감마파 상대파워스펙트럼 활성 차이 결과를 살펴보면, 분류학습 프로그램 적용이 시각정보에 의미를 부여하기 위한 대상의 세밀한 관찰, 시각정보의 위치 판단, 가공한 정보에 대한 기억의 유지, 요소의 비교 및 판단 측면에서 긍정적인 영향을 미쳤다고 해석할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 분류학습 프로그램을 지적장애학생들에게 적용했을 때 나타나는 뇌파 상대파워스펙트럼의 변화를 알아보는 것이다. 이를 위해 15차시의 분류학습 프로그램을 개발하여 3개월 간 4명의 지적장애 중학생들에게 투입하였다. 프로그램을 투입하기 전과 후에 각각 뇌파 측정 과제를 투입하여 뇌파를 측정하였고, 사전 검사와 사후 검사의 수행 행동 결과와 뇌파 상대파워스펙트럼 변화를 분석하였다. 수행 행동 결과는 뇌파 상대파워스펙트럼 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 사전 분류 검사에서 지적장애 중학생들은 총 109개의 분류를 수행 하였지만 사후 분류 검사에서 총 203개의 분류를 수행하였다. 이와 같은 결과는 분류학습 프로그램을 통해 지적장애 중학생들의 분류 능력이 향상되었다는 것을 말해준다.

둘째, 분류학습 프로그램 적용 전과 후에 실시한 사전-사후 뇌파 검사를 통해 수집한 자료의 의미를 알아보기 위해 뇌파 상대파워스펙트럼 활성 차이 분석을 실시하였다. 세타파의 경우 사후 검사 때 사전 검사와는 달리 두정엽, 측두엽 영역에서 활성이 감소하여 뇌 전체적으로 감소하였다. 이와 같은 결과는 지적장애 중학생들이 분류학습 프로그램 적용 후 분류 과제를 좀 더 쉽게 수행했다는 것을 의미한다. 그리고 두정엽과 측두엽에서 뇌 활성이 유의미하게 감소하였다는 것은 지적장애 중학생들이 분류학습 프로그램 적용 후, 후두엽으로부터 받아들이는 시각정보에 의미를 부여하는 과정과 시각정보와 위치정보를 결합하고 시각적 작업 기억을 수행할 때 느끼는 난이도가 낮아졌다는 것을 말해준다.

알파파의 경우 사전 검사와는 달리 사후 검사 때 측두엽, 후두엽 영역에서 유의미하게 활성이 감소하여 뇌 전체적으로 활성이 감소하였다. 이와 같은 결과는 지적장애 중학생들이 사후 검사에서 분류 과제를 수행할 때 정신적으로 긴장하였다는 것을 의미한다. 그리고 측두엽과 후두엽에서 활성이 감소하였다는 것은 분류 대상에 대한 시각정보를 인식하고 그 시각정보에 의미를 부여하기 위하여 세밀한 관찰을 수행하는 과정을 수행할 때 정신적인 긴장을 유지하면서 창의적인 사고를 하였다는 것을 말해준다.

베타파의 경우 사후 검사에서 두정엽, 후두엽에서 활성이 증가하여 뇌 전체적으로 활성이 증가하였다. 특히 사전 검사에서도 베타파의 활성이 증가한 후두엽에서는 사전 검사 때보다 사후 검사 때 증가폭이 더 컸다. 이와 같은 결과를 두정엽과 후두엽의 기능과 베타파의 활성 특성을 바탕으로 해석할 때, 지적장애 중학생들은 대상에 대한 대략적인 시각정보를 인식하며 외부의 정보를 받아들이고 시각정보에 위치정보를 결합하면서 문제를 해결하는 동안에 시각정보를 유지하는 과정에서 주의 집중의 수준이 높아졌다는 것을 알 수 있다.

감마파의 경우 사전 검사와는 달리 사후 검사에서 전두엽, 두정엽, 측두엽에서 활성이 증가하여 뇌 전체적으로 활성이 증가하였다. 이와 같은 결과는 지적장애 중학생들이 분류학습 프로그램 적용 후 전력을 다해 분류 과제에 집중을 하였다는 것을 의미한다. 특히, 전두엽, 두정엽, 측두엽에서 활성이 증가한 것은 시각정보에 의미를 부여하는 구체적인 분석, 시각정보에 위치정보를 결합하는 과정, 문제 해결 과정 동안 시각정보를 유지하는 과정 그리고 대상의 속성을 비교 및 판단하는 과정에서 전력을 다해 집중을 하였다는 것을 알 수 있다.

이처럼 분류학습 프로그램은 지적장애 중학생들이 더 많은 분류 기준을 생성하도록 도와주며 분류 과제를 수행할 때 비교할 요소를 추출하기 위한 세밀한 관찰, 정보의 통합과정, 분류기준을 고안하고 적용하기 위한 요소의 비교 및 판단과정, 시각적 작업기억 측면에서 긍정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

이상의 연구 결과는 지적장애학생을 대상으로 하는 분류학습에 다음과 같은 시사점을 제공한다.

첫째, 분류 과제 수행 결과는 두뇌 사고 과정을 기반으로 나타난 결과로 지적장애 중학생들에 관찰, 공통성과 차이점, 분류기준 고안 및 적용에 대한 충분한 학습기회를 제공하면 그들은 대상에 대한 세밀한 관찰, 시각적 정보 기억 및 정보 통합, 대상의 공통성과 차이점을 찾는 요소 비교 및 판단 능력이 향상될 수 있다는 가능성을 제시하였다.

둘째, 분류 능력의 향상을 위한 프로그램을 개발할 때는 분류 사고 과정인 관찰, 공통성 및 차이점 탐색, 분류기준 고안 및 적용 과정을 학습 내용으로 다루어야 한다는 것을 확인하였다.

참고문헌

- 교육부(2011). **특수교육 교육과정[별책 2]**. 교육부 고시 제2011-501호.
- 권용주, 박지영, 신동훈, 정진수, 박국태(2006). 가설생성학습 후에 나타난 초등학교의 뇌 활성 변화. **한국생물교육학회지**, 34(1), 72-80.
- 권용주, 이준기(2007). 생물학자와 고등학교의 생물학 가설 생성에서 나타나는 뇌 활성: fMRI연구. **한국과학교육학회지**, 35(4), pp 601-610.
- 김대신, 최장욱(2001). **뇌파검사학**, 서울: 고려의학.
- 김상은, 정진수(2010). 생물 분류와 가설 생성 시 청각장애 대학생과 일반 대학생의 뇌파 비교 분석. **한국생물교육학회지**, 38(4), pp 621-630.
- 김성화(2008). **뉴로 피드백 훈련이 학습장애아의 주의집중력과 연산능력에 미치는 효과**. 박사학위논문. 대구대학교 대학원.

- 김순화(2010). **창의성과 지식의 관계에 관한 뇌과학적 접근—창의적 사고 과정 시 지식이 대뇌 피질에 미치는 영향**. 석사학위논문. 한국교원대학교 대학원.
- 김예림(2012). **과학영재고등학교와 일반계 과학중점고등학교 학생의 뇌 기반 특성에 대한 탐색적 연구**. 박사학위논문. 동덕여자대학교 대학원.
- 김용진(2000). **학습활동이 뇌파 분석에 기초한 뇌순환 학습 모형의 개발과 과학 학습에의 적용**. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김용진, 장남기(2001). 시청각 학습의 반복 수행에 따른 전두부의 뇌파 활성화도 변화, **한국과학교육학회지**, 21(3), 516-528.
- 박승호, 서은희(2009). **뇌는 어떻게 학습하는가**. 서울 : 시그마프레스.
- 변정호, 권승혁, 권용주(2014). 생물 분류 과정의 두뇌 활성 비교를 통한 과학고 학생과 일반고 학생의 인지적 사고 과정의 차이 규명. **한국생물교육학회지**, 42(2), 194~207.
- 신유향(1993). 한국곤충도감. 서울: 아카데미 서적.
- 심준영(2004). 뇌호흡 훈련이 호흡순환기능에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 12(4), 467-480.
- 원양은(2013). **시지각 훈련 프로그램이 지적장애 학생의 시지각 발달과 주의집중에 미치는 영향**. 석사학위논문. 위덕대학교 교육대학원.
- 이정모, 김성일, 이수영, 김충기, 정찬섭, 강은주(2003). **과학교육 혁신을 위한 뇌 기반 학습 과학 기획 연구**. 과학기술부 과제 최종 보고서.
- 정진수, 윤성규(2008). Caminalcules를 이용한 귀납적 탐구 과제 수행에서 나타난 뇌파의 상대 파워 스펙트럼 분석. **한국생물교육학회지**, 36(4), pp 456~467.
- 주정은, 차희영(2007). 관찰에 의한 분류하기 탐구 능력 평가 준거 개발. **초등과학교육**, 26(4), pp 407-417.
- 최미영(2014). 지적장애학생의 기초 탐구 기능 평가. **특수교육저널: 이론과 실천**, 15(4), pp. 49-76.
- 최미영(2012). **역동적 평가(Dynamic Assessment)를 통한 지적장애 학생의 '밀도' 개념 이해 과정 및 기초 탐구 기능 분석**. 박사학위논문. 단국대학교 대학원.
- 최현동, 양일호, 권치순(2005). 초등학생 분류능력 발달의 경향성. **초등과학교육**, 24(3), pp 281~291.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G.(1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436
- Byeon, J. H., Lee, I. S., & Kwon, Y. J.(2012). Explicit categorization ability predictor for biology classification using fMRI. *Journal of Association Science Education*, 32(3).
- Compumedics(2000). Profusion EEG User Guide. VIC: Compumedics Limited.
- Cowan, J.,& Allen, T.(2000). Using brain wave biofeedback to train the sequence of concentration and relaxation in athletic activities. proceedings of 15th Association for the Advancement of Applied Sport Psychology.

- 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.
- 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.
- Gazzaniga, M. S., Ivry R. B. & Mangun, G. R.(2008). *Cognitive Neuroscience : The Biology of the Mind*(3rd ed.). New York : W.W. Norton.
- Gruber, T., Muller, 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.
- Honey. J. N., & Paxman. H. M. (1986). The importance of taxonomy in biological education at advanced level. *Journal of Biological Education*, 20(2), 103-111.
- Hutchison, M., Megabrain(1996). *New tools and techniques for brain growth and mind expansion*(2nd ed.). New York: Ballantine books.
- Inhelder, B. & Piaget, J.(1964). *The early growth of logic in the child: Classification and seriation*. London: Routledge.
- Kwon, Y. J., Choi, S. J., Park, Y. B., & Jung, J. S.(2003). Scientific thinking types and processes generated in inductive inquiry by college students. *The Korean Association for Science Education*, 23(3), 286-298.
- Luft, J. Bell, R. L., & Gess-Newsome, J.(2008). *Science as inquiry in the secondary setting*. NSTA Press.
- Magulis, L.(1981). How many kingdom? Current views of biological classification. *The American Biology Teacher*, 43, 482-489.
- Mayr. E.(1997). *This is Biology : The Science of the Living World*. Cambridge. Massachusetts: The belknap press of Harvard University press.
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Boon, R., & Carter, K. B.(2001). Correlates of inquiry learning in science. *Remedial and Special Education*, 22(3), 130-137.
- McCarthy.(1987). Long term memory in mental retardation. *International Review of Research in Mental Retardation*, 1, 219-255.
- Michael W. O'Boyle(2005). Some current findings on brain characteristics of the mathematically gifted adolescent, *International Education Journal*, 6(2), 247-251.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and The National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, National Academy Press.
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A., Bakken, K. P., & Brigham, F. J.(1993). Reading vs. doing: The relative effectiveness of textbook-based and inquiry-oriented approaches to science education. *The Journal of Special Education*, 27, 1-15.
- Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A.(1995). Science and mental retardation: An analysis of curriculum features and learner characteristics. *Science Education*, 79, 251-271.

The Effects of Classification Learning Program for Middle School Students with Disability in Brain Activation

Kim, Yong-Gyu

Daegu University

Jeong, Jin-Su

Daegu University

<Abstract>

The purpose of this study was to investigate the effects of the classification learning program for middle students with intellectual disability in brain activation. EEG tasks were composed of two tasks: the criteria task and the classification task. The EEG data were recorded from 4 middle school students with intellectual disability. As a result, in pre EEG test, middle school students with intellectual disability generated 109 classification criteria. But in post EEG test, the students generated 203 classification criteria. This study revealed that the activation of theta band(4.0~7.9Hz) was decreased in the parietal lobe, the temporal lobe, and whole of the brain. The activation of the alpha band(8.0~12.9Hz) was decreased in the temporal lobe, the occipital lobe, and whole of the brain. The activation of the beta band(13.0~29.9Hz) was increased in the parietal lobe, the occipital lobe, and whole of the brain. In case of the gamma band(30.0~50.0Hz), the activation was increased in the frontal lobe, the parietal lobe, the temporal lobe, and whole of the brain. This study discussed implications of these findings for teaching scientific classification of middle school students with intellectual disability.

Key Words : Students with intellectual disability, Classification learning, EEG, Brain function, The relative power spectral analysis

논문 접수: 2015. 11. 05 심사 시작: 2015. 11. 10 게재 확정: 2015. 12. 12