

# 생명과학 공통성 발견 과제 수행에서 대상의 수가 공통성 지식 생성과 뇌 활성화에 미치는 영향

김용성 · 정진수<sup>1\*</sup>

대구대학교 한국특수교육문제연구소 · <sup>1</sup>대구대학교

## The Influence of Number of Targets on Commonness Knowledge Generation and Brain Activity during the Life Science Commonness Discovery Task Performance

Yong-Seong Kim · Jin-Su Jeong<sup>1\*</sup>

Research Institute of The Korea Special Education · <sup>1</sup>Daegu University

**Abstract:** The purpose of this study is to analyze the influence of number of targets on common knowledge generation and brain activity during the common life science discovery task performance. In this study, 35 preliminary life science teachers participated. This study was intentionally made a block designed for EEG recording. EEGs were collected while subjects were performing common discovery tasks. The sLORETA method and the relative power spectrum analysis method were used to analyze the brain activity difference and the role of activated cortical and subcortical regions according to the degree of difficulty of common discovery task. As a result of the study, in the case of the Theta wave, the activity of the Theta wave was significantly decreased in the frontal lobe and increased in the occipital lobe when the difficult difficulty task was compared with the easy difficulty task. In the case of Alpha wave, the activity of Alpha decreased significantly in the frontal lobe when performing difficult task with difficulty. Beta wave activity decreased significantly in the frontal lobe, parietal lobe, and occipital lobe when performing difficult task. Finally, in the case of Gamma wave, activity of Gamma wave decreased in the frontal lobe and activity increased in the parietal lobe and temporal lobe when performing the difficult difficulty task compared to the task of easy difficulty. The level of difficulty of the commonality discovery task is determined by the cingulate gyrus, the cuneus, the lingual gyrus, the posterior cingulate, the precuneus, and the sub-gyral where it was shown to have an impact. Therefore, the difficulty of the commonality discovery task is the process of integrating the visual information extracted from the image and the location information, comparing the attributes of the objects, selecting the necessary information, visual work memory process of the selected information. It can be said to affect the process of perception.

**keywords:** Life Science Commonness Discovery, Task Difficulty, EEG, Relative Power Spectrum, sLORETA

---

\*교신저자: 정진수 (jjs@daegu.ac.kr)

\*\*이 논문은 2017학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*\*\*2019년 02월 11일 접수, 2019년 04월 20일 수정원고 접수, 2019년 04월 30일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2019.43.1.157>

## I. 서론

주변의 다양한 자연현상이나 관찰 대상에서 공통성을 발견하는 활동은 과학탐구의 출발점이라고 할 수 있다(Jeong & Kim, 2016; Kwon *et al.*, 2004). 이렇게 발견된 공통성은 일반화 과정의 반복과 검증을 통해서 하나의 법칙으로 발전하기도 한다. 따라서 공통성 발견 활동은 자연현상을 포괄적으로 설명하는 과학 법칙과 이론이 만들어지는 과정에서 매우 중요한 지위를 차지하고 있다고 할 수 있다(Jeong & Kim, 2016; Klauer & Phye, 1994). 한편, 공통성 발견 사고는 일상의 언어 발달과 개념 구성에도 중요한 역할을 담당한다(Kwon *et al.*, 2003). 예를 들어 사람은 반복적인 의사소통에서 공통으로 사용하는 언어 구조를 일반화함으로써 내면화된 문법 체계를 완성해간다(Abuseilek, 2006). 그리고 개념 발달 과정, 즉 주변의 사물에 공통적으로 존재하는 요소들을 이용하여 하나의 개념을 구성하는 과정에서도 공통성 발견 사고는 중요하게 적용된다(Mayer, 1992).

이처럼 과학 분야뿐만 아니라 다양한 학문 영역의 관심 대상이 되어 온 공통성 발견 사고는 여러 학자에 의해 연구되어왔다. 먼저 인지심리 학적인 접근을 통해 공통성 발견의 사고 과정을 연구한 학자 중 Klauer & Phye(1994)는 사물들이 가지는 다양한 속성(attributes) 중 유사한 속성(similarity attributes)을 발견하는 과정으로 공통성 발견 과정을 설명했다. 그리고 Sternberg (1985)는 귀납적 탐구 과정의 한 영역으로 유목화 과정을 제시하고, 이 유목화 과정 중 하위 과정으로 공통성 발견 과정을 설명하였다. 그가 설명한 유목화 과정은 초기 부호화 과정과 관계 추론과정으로 구분된다. 초기 부호화 과정은 관찰 대상에 포함된 속성의 특성을 탐색하는 과정이고, 관계 추론과정은 요소 간 공통적인 속성을 발견하는 과정이다. 또한 Park(2005)은 공통성 발견 과정으로 요소 추출-잠정 공통성의 비교 및 판단-최종 공통성 발견 과정을 거치는 공통성 지식 생성 사고 과정 모델을 소개한 바 있다. 한

편, 인간의 사고 과정은 뇌 활동에 기인하여 이루어진다는 관점에 따라 공통성 발견 과정을 연구한 학자도 있다. 이들은 경험적이고 구체적인 정보를 제공해주기 위해 공통성 발견 과정을 뇌 과학 측면에서 접근한 연구를 수행되었다. Lee *et al.* (2008)은 공통성 지식 생성 과정에서 중요한 역할을 하는 뇌 영역은 좌측해마이고, 공통성 지식 적용 과정에서 중요한 역할을 하는 영역은 좌측 뺨기전소엽이라는 것이라고 말하였다. 좌측 해마는 새로운 언어 자극의 의미 기억 부호화 및 규칙성 발견과 관련이 있는 영역으로 알려져 있다. 그리고 뺨기전소엽은 단어나 문자를 통해 인식한 추상적 정보를 장기기억 중 일화 기억(개인적 경험에 대한 기억)으로 기반으로 구체적인 내적 심상으로 표상하는 기능과 연관된 영역이다. 이상에서 살펴본 바와 같이 인지심리학적 접근과 신경생리학적 접근으로 인하여 공통성 발견 과정에 관한 개념들은 매우 다양하고 정교하게 발전하여 공통성 지식 생성 과정에 대한 많은 정보를 제공해주고 있다.

그렇다면 공통성 발견을 효율적으로 가르치기 위해서 고려해야 할 요소들에는 어떤 것들이 있을까? 교육심리학자들은 효율적인 교육을 위해서 학습자가 자발적 학습 태도를 보이는 것이 중요하며, 이를 위해서 학습자가 학습에 대해 긍정적 흥미와 동기를 가지는 것이 중요하다고 강조하고 있다(Yun, 2006). 학습자의 내적 동기를 효과적으로 강화하는 이론 중 대표적인 것으로 Csikszentmihalyi가 1990년도에 제안한 몰입이론이 있다. 몰입이론은 학습자가 학습상황에 즐겁고 행복한 감정을 가지고 집중할 수 있는 학습 활동을 경험하게 하여 학습자가 학습상황에 대한 흥미를 느끼게 해야 한다는 이론이다(Csikszentmihalyi, 1990). 이를 위해 학습자의 수준을 고려하여 적절한 난이도의 과제를 제공하는 것이 중요하다고 말하였다. 그리고 학습자가 학습상황 동안 학습과제에 대한 적절한 도전 의식을 유지할 수 있도록 과제의 난이도를 조절해야 한다고 말하였다. 즉, 학습과제를 제시할 때 학습자의 수준을 고려하여 그들이 해결 가능한

난이도의 과제부터 제공하여 준 다음 조금 더 높은 수준의 과제를 제공하여 주어 학습에 대한 즐거운, 자신감, 도전감, 성취감을 주는 것이 학습 동기 유발을 위해 중요한 요소라는 것이다. 따라서 학교현장에서는 효과적인 교수-학습이 이루어지기 위해서는 학생들의 학습 능력과 자질을 정확하게 판단하고 학습 내용을 난이도별로 재구조화하여 학습자에게 적절한 난이도의 학습과제를 제시하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

위에서 말한 것과 같이 공통성 발견 사고 과정에 대한 정보는 많은 연구를 통해 제공되었다. 하지만 공통성 지식 생성 학습에 대한 학습 동기를 제공해 주기 위해 중요한 요소인 난이도와 연관 지어 진행한 연구는 공통성 발견 과제의 유사성이 과제 난이도에 영향을 미친다고 발표한 Jeong & Kim (2016)의 연구 외에는 거의 없는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 효율적 공통성 발견 교수-학습 프로그램 개발을 위한 기초 자료를 제공하기 위해서 인지심리학적 연구와 뇌 과학 연구 방법에 따라 공통성 발견의 대상 수에 따라서 공통성 지식 생성과 뇌 활성화가 어떻게 영향을 받는지 분석하고자 한다. 또한, 분석 결과를 토대로 공통성 발견 과제 난이도에 대한 시사점과 교수-학습 프로그램 개발에 대한 시사점을 얻고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

교원양성 대학교에서 생물교육을 전공하는 학생 중 연구 참여에 자원한 35명의 대학생을 선정하여 연구를 진행하였다. 연구에는 14명의 남학생과 21명의 여학생이 참여하였다. 이들은 평균 연령이 21.1( $SD = 1.17$ )이었으며 인지적·정신적·신체적으로 특별한 이상이 없는 학생들이었다. 연구가 시작되기 전 연구 참여자들에게 뇌파 측정 연구의 개요, 목적, 진행 절차, 연구 참여자 준수사항, 뇌파 측정이 인체에 나쁜 영향을 미치지 않는다는 점을 자세히 설명해주었다.

### 2. 연구절차

측정 과제 개발, 뇌파 측정 사전훈련, 과제 수행 시 뇌파 측정, 상대파워스펙트럼 활성화 차이 및 sLORETA 분석 등의 절차로 연구를 수행하였다. 먼저, 두 마리의 개체 사이에 존재하는 공통성을 발견하는 과제(the commonness discovery task of two objects, 이하 CDT-2)와 열 마리의 개체 사이에 존재하는 공통성을 발견하는 과제(the commonness discovery task of ten objects, 이하 CDT-10)를 뇌파 측정 훈련과 뇌파 측정 본 과제로 구분하여 개발하였다. 연구 참여자들은 2회 실시한 사전훈련에 참여하여 뇌파 측정 순서에 따른 수행 행동, 뇌파 측정 시 유의사항 등을 습득하였다. 뇌파 측정 시간은 10개의 본 과제와 휴식시간을 포함하여 총 23분의 시간이 소요되었다. 과제별로 30초 동안 측정된 뇌파 데이터에서 잡파의 혼입이 적다고 판단되는 20초 동안의 뇌파 데이터를 상대파워스펙트럼 활성화 차이 및 sLORETA 분석에 사용하였다.

### 3. 뇌파 측정 과제

공통성 발견 과제는 화면에 30초 동안 제시된 그림에서 가능한 많은 수의 공통성을 찾는 활동으로 구성되었다. 연구 참여자들은 4개의 훈련 과제와 10개의 본 과제를 각각 수행하였다. 생명과학 영역에서 공통성 발견 과제 개발을 위해 선택할 수 있는 소재는 매우 다양하다. 측정 과제의 대표성보다는 통제된 연구 상황을 요구하는 뇌파 연구에서는 선행 연구(Choi, 2010; Jeong & Yun, 2008)와 같이 가상의 생물인 caminalcules나 나비의 날개 모양 등도 좋은 소재가 될 수 있다. 그러나 이 연구에서는 소재의 실제성을 높이기 위해서 척추동물문 중 포유강, 어상강, 양서강, 파충강, 조강의 5개 강별로 각각 24개씩, 총 144개의 그림을 추출하였다.

CDT-2는 화면에 제시되는 2개의 동물 그림에서 공통성을 발견하는 활동으로 구성하였고, CDT-10는 화면에 제시되는 10개의 동물 그림에

서 공통성을 찾는 활동을 구성하였다. 공통성 발견 과제의 예시는 Figure 1, Figure 2와 같다.

연구 참여자들은 뇌파를 측정하면서 CDT-2 과제와 CDT-10 과제를 각각 5개씩, 총 10개의 공통성 발견 과제를 수행하였다. 35명의 학생이 각각 수행한 과제를 구성할 때마다 종별로 24개씩의 그림 세트에서 필요한 수의 그림을 무작위로 추출하여 사용하였고 과제의 순서도 학생마다 무작위로 제시하였다. 이러한 과정을 통해 동일한 과제의 소재와 순서에 의해 발생할 수 있는 변인을 통제하였다.

#### 4. 뇌파 측정 및 분석 방법

모든 피험자의 정보는 개별 파일로 만들어 측정 과정에 대한 특이사항 및 뇌파 행동과제에 대한 응답 등을 기록하여 뇌파 데이터 분석 시 활용하였다. 뇌파 측정 순서는 Figure 3과 같다.

뇌파를 측정하기 전 과제 설명을 하여 학생들이 뇌파 수행 절차를 숙지시켰다. 그리고 눈 감고 안정 상태에서 뇌파를 측정하는 목적은 뇌파 측정을 처음 해보는 학생들의 심리적 안정을 유지하기 위해서이다. 그 후 눈 뜨고 안정 상태의 뇌파를 측정하였다. 눈 뜨고 안정 상태의 뇌파 측정은 배경 뇌파 수집을 위해 중요한 요소이다. 배경 뇌파는 과제 수행 시 발생하는 뇌파가 어느 정도 활성화되었는지 비교하기 위한 기준점 역할을 한다. 본 연구에서는 눈 감고 안정 상태와 눈 뜨고 안정 상태의 뇌파를 각각 1분 동안 측정하였다. 학생들은 눈 감고 안정 상태와 눈 뜨고 안정 상태의 뇌파를 측정 후 총 10개의 공통성 발견 과제를 수행하였다. 각각의 뇌파 측정 과제는 CDT-2 과제의 공통성 발견 30초, 발견한 공통성 지식 회상 1분, 휴식 및 준비 30초, CDT-10 과제의 공통성 발견 30초, 발견한 공통성 지식 회상 1분, 휴식 및 준비 30초의 시간동

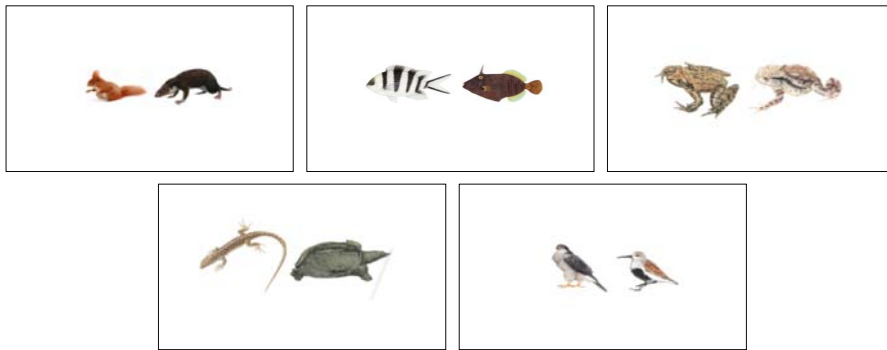


Figure 1. The commonness discovery task of two objects (CDT-2)

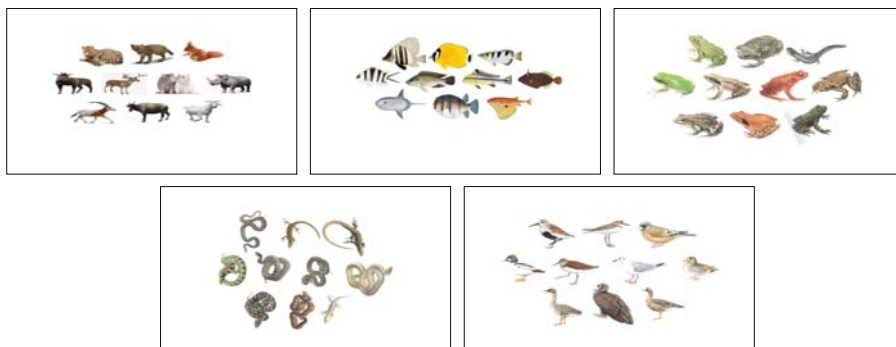


Figure 2. The commonness discovery task of ten objects (CDT-10)

안 진행하였다. 그리고 계속된 뇌파 측정에서 오는 인지적 부하와 같은 자세로 앉아 있어서 발생하는 신체적 피로를 줄이기 위해 5개의 과제 수행 후 1분 30초의 휴식시간을 부여하였다. 뇌파 측정에 소요된 시간은 총 23분이었다.

눈 뜨고 안정 상태, CDT-2 과제 수행, CDT-10 과제 수행 시 측정된 뇌파 데이터 중 잡파로 인하여 데이터의 오염이 적다고 판단되는 20초 동안 뇌파 구간의 데이터를 뇌파 분석에 사용하였다.

본 연구에서는 뇌파 측정을 위하여 E-series EEG system(Compumedics, 2002) 기기를 사용하였고 뇌파 데이터 수집을 위한 소프트웨어로는 Profusion EEG 프로그램(Compumedics, 2002)을 사용하였다. 국제 전극 배치법인 10-10 system에 따라 30개의 전극이 배치된 32채널 Quik-Cap(캡형 뇌파 전극)을 이용하여 뇌파를 측정하였다. 뇌 양반구의 편차를 바로잡기 위한 M1, M2 참조 전극은 양 귓볼에 부착하였고, 눈 깜빡임을 탐지하기 위한 목적의 EOL, EOR 참조 전극은 각각 왼쪽 눈썹 끝 아래편의 광대뼈 근처와 오른쪽 눈썹 끝 위편에 부착하였다. 그리고

과제 수행 시 발생하는 뇌파를 측정하기 위한 목적의 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, Oz 전극도 알맞은 위치에 오도록 조정하였다. 뇌파 측정을 위하여 샘플링 주파수는 256Hz, 전극과 두피 사이의 저항값은 10kΩ 이하, 뇌파 수집 대역은 1Hz - 70Hz, 노치필터는 60Hz로 각각 설정하여 뇌파 측정을 진행하였다.

뇌파 분석에는 눈 뜨고 안정 상태와 10개 뇌파 측정 과제 수행 중의 뇌파에서 잡파의 혼입이 적은 안정적 구간의 20초의 데이터를 사용하였다. 뇌파 분석에 사용한 주파수 대역은 세타파 4.0 - 7.9Hz, 알파파 8.0 - 12.9Hz, 베타파 13.0 - 29.9Hz, 감마파 30.0 - 50.0Hz였다.

머리술, 두개골의 상대적 두께 등의 이유로 인하여 연구 대상 학생별로 뇌파 데이터양의 차이가 있을 수 있으므로 이런 편차를 바로잡고 순수하게 과제 수행으로 인하여 발생하는 뇌 활성화 변화를 탐색하기 위해서는 뇌 활성화 변화의 기준점을 측정할 필요가 있다(Kim & Jeong, 2018). 이런 견해에 따라 뇌파 분석 방법으로 기준 과제

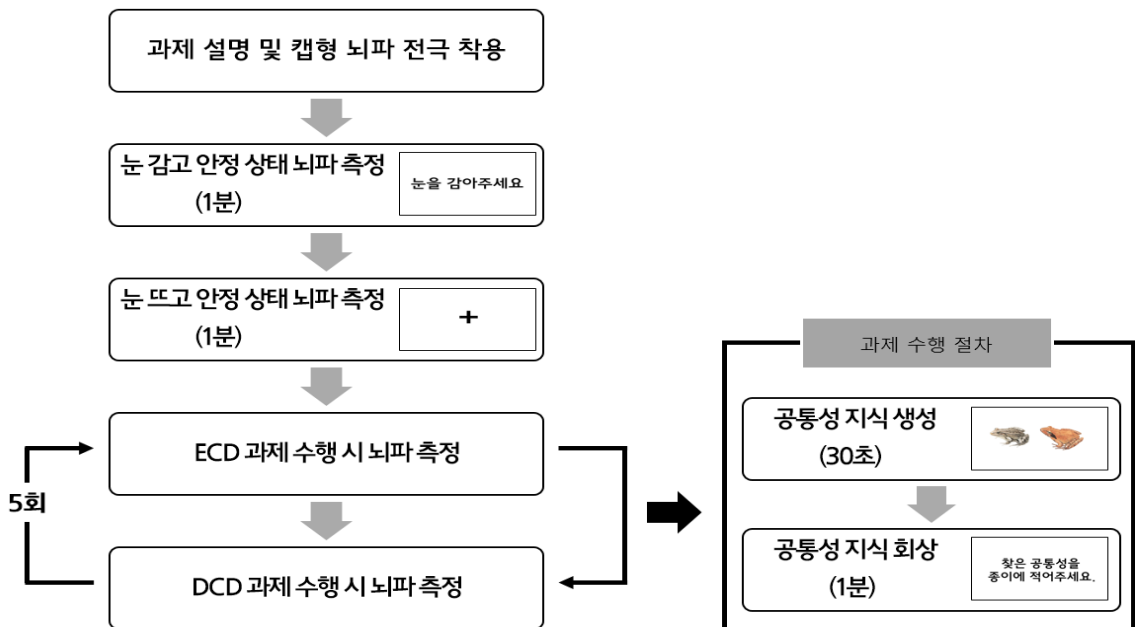


Figure 3. Process of EEG measurement

수행 시 발생하는 배경 뇌파의 상대파워스펙트럼 값을 기준으로 공통성 발견 과제 수행 시 발생한 뇌파의 상대파워스펙트럼 값의 변화 추이를 파악하는 상대파워스펙트럼 활성 차이 분석을 하였다. 상대파워스펙트럼 활성 차이 분석의 결과는 각 주파수 대역별로 산출하여 그림으로 표현하였으며, 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 상대파워스펙트럼 활성 차이 값을 산출하여 표로 나타냈다. 뇌파 상대파워스펙트럼 활성 차이 값은 개인별로 산출한 활성 차이 값의 평균 값을 의미하며, 양의 값은 뇌파 활성의 증가를 의미하고 음의 값은 뇌파 활성의 감소를 의미한다. 상대파워스펙트럼 활성 차이 분석을 통해 나타난 뇌 영역별 뇌파 활성 차이의 통계적 의미를 파악하기 위해 독립표본 T검증을 실시하였다 (Table 1). 그리고 뇌 활성화에 영향을 미친 뇌 영역을 파악하기 위해 두피에 부착한 전극을 통해 탐색한 뇌파의 변화를 3차원 공간 영상으로 변환할 수 있으며, 유의미한 뇌 활성이 발생한 뇌 영역을 찾아 기능적 영상을 나타내주는 sLORETA 분석(Jeong & kim, 2016)을 하였다. 공통성 발견 대상의 수가 다른 과제 수행 시 유의미하게 활성의 차이를 보이는 뇌 영역의 브로드만 영역(brodmann area)과 MNI좌표 값을 산출하여 그림과 표로 나타냈다. 난이도가 다른 공통성 발견 과제 수행 시 활성 차이 뇌 영역을 알아보기 위해 sLORETA 분석 프로그램을 이용하여 CDT-10 과제 수행 시 뇌 활성 영역(CDT-10 과

제 수행 시 뇌 활성 영역-눈 뜨고 안정 상태 뇌 활성 영역)에서 CDT-2 과제 수행 시 뇌 활성 차이 영역(CDT-2 과제 수행 시 뇌 활성 영역-눈 뜨고 안정 상태 뇌 활성 영역)을 뺀 뇌 활성 변화 영역을 탐색하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 공통성 발견 대상의 수에 따른 공통성 발견 차이

35명의 연구 참여 학생들이 CDT-2 과제와 CDT-10 과제를 통하여 각각 발견한 공통성 개수를 평균한 값은 Figure 4와 같다.

Figure 4에서 보는 것과 같이 연구 참여 학생들은 CDT-2 과제에서 평균 5.33개( $SD=1.68$ )의 공통성을 발견하였고, CDT-10 과제에서는 평균 3.85개( $SD=1.65$ )의 공통성을 발견하였다. 이를 통해 1CDT-10 과제와 비교하여 CDT-2 과제에

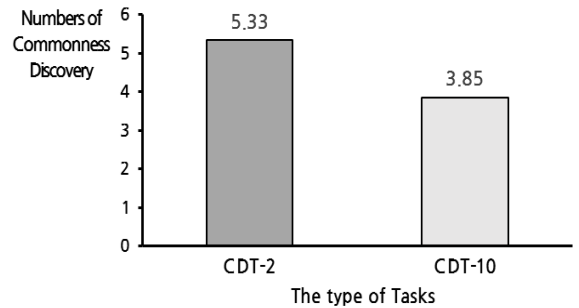


Figure 4. Results of commonness discovery

Table 1. Statistical analysis data base

구분	과제 유형	N	산출근거
행동검사 분석	CDT-2	175	35명 × 5개 과제
	CDT-10	175	35명 × 5개 과제
뇌파 활성 차이 분석	CDT-2	5250	35명 × 5개 과제 × 30개 채널
	CDT-10	5250	35명 × 5개 과제 × 30개 채널

서 1.48개의 공통성을 더 많이 찾은 것을 알 수 있다. 그리고 이 결과는 통계적으로 유의미한 차이인 것으로 나타났다( $t = 8.323, p < 0.01$ ). 이는 연구 참여 학생들이 한 화면에 비교할 대상이 2개의 그림으로 제시되는 과제(CDT-2)에서 공통성을 발견하는 것이 비교할 대상이 10개의 그림으로 제시된 과제(CDT-10)에서 공통성을 발견하는 것보다 수월하였다는 것을 보여준다. 사후 면담에서 연구 참여 학생들은 한 화면에 적은 그림이 제시되는 과제는 한 대상에서 잠정 공통성 요소를 추출한 후 다른 대상과 비교하여 공통성을 확정하는 과정이 한 눈에 진행되어 공통성을 쉽게 발견하였으나 화면에 많은 그림이 제시되는 과제는 요소 추출 후 다른 대상과 비교하여 올바른 공통성으로 판단되는 경우 발견한 사실을 선택하고 공통성이 아닌 것으로 판단한 경우 추출한 요소에 대한 기억을 버리는 과정이 많아서 공통성을 발견하기 힘들었다고 응답하였다.

## 2. 공통성 발견 대상의 수에 따른 뇌 활성화 차이 부위 분석

### 1) 공통성 발견 대상의 수에 따른 세타파 대역 뇌 활성화 차이 분석

CDT-2 과제와 CDT-10 과제 수행 시 나타난 세타파 상대파워스펙트럼 활성화 차이를 맵핑한 결과는 Figure 5와 Table 2와 같다.

Figure 5와 Table 2를 통해 알 수 있듯이 연구 참여 학생들은 CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 전두엽에서 세타파의 활성화가 0.07420에서 0.06550으로 감소하였고 후두엽에서는 0.00002에서 0.00768로 세타파의 활성화가 증가하였다. 그리고 이와 같은 세타파의 활성화 변화는 통계적으로 유의미하였다( $p < 0.1$ ). 두정엽과 측두엽에서 보인 세타파 활성화의 변화 차이는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 전두엽은 요소의 비교, 판단, 선택의 기능과 관련이 있는 영역(Kim & Jeong, 2017;

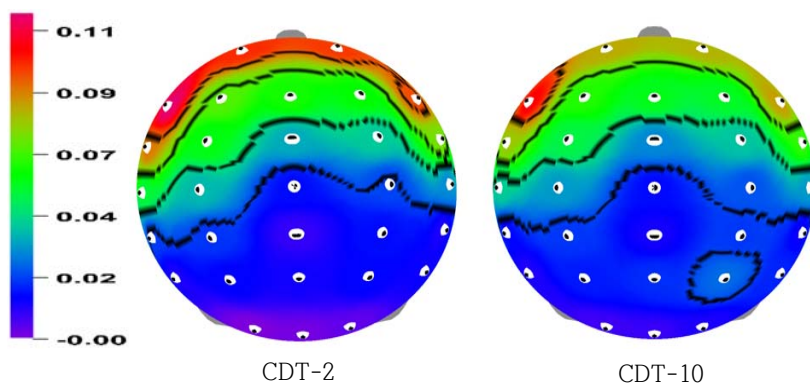


Figure 5. Difference of theta band activation

Table 2. Lobe of theta band activation

뇌 영역	N	CDT-2	CDT-10	t
전두엽	2100	0.0742	0.0655	1.943*
두정엽	1575	0.0169	0.0200	-0.950
측두엽	1050	0.0225	0.0210	0.377
후두엽	525	0.0000	0.0077	-1.938*

\*  $p < 0.1$

Ward, 2017)이다. 그리고 후두엽은 시각정보를 탐색하고 받아들일 때 활성화되는 영역(Kim & Jeong, 2017; Ward, 2017)이다.

이처럼 CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 세타파의 활성이 전두엽에서 감소하고 후두엽에서 증가했다는 것은 세타파의 활성이 과제 난이도와 사고의 주의집중 수준이 높아질수록 동기화된다는 측면(Jeong & Kim, 2016; Kim & Jeong, 2017; Korean Brain Wave Research Association, 2017)에서 CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-2 과제를 수행하였을 때 높은 수준의 사고를 하면서 계속하여 주의집중 하며 시각정보를 받아들이는 기능을 수행하였다는 것을 말해준다. 반면 대상의 속성을 비교하여 최종 공통성을 선택하는 과정에서는 사고의 주의집중 수준이 감소했다는 것을 의미한다. 이것은 한 화면에 비교해야 할 대상이 많아지면 시각정보를 많이 받아들이기는 하지만 그중 최종 공통성을 선택하기 위해 대상의 속성을 비교 판단하는 사고를 수행하는 과정에서 사고의 수준이 감소하였다는 것을 말해주며, 시각정보를 받아들이고 필요한 정보를 계속하여 비교하고 판단하는 과정에서 사고의 주의집중 수준이 떨어진다고 할 수 있다.

## 2) 공통성 발견 대상의 수에 따른 알파파 대역 뇌 활성 차이 분석

CDT-2 과제와 CDT-10 과제 수행 시 나타난 알파파 상대파워스펙트럼 활성 차이를 맵핑한 결과는 Figure 6, Table 3과 같다.

Figure 6과 Table 3의 결과는 CDT-2 과제 수행 시 전두엽에서 알파파의 활성은 증가하였지만 CDT-10 과제 수행 시 같은 영역에서 알파파의 활성이 감소하였다는 것을 보여준다. 이와 같은 전두엽에서 알파파의 활성 변화는 유의미한 것으로 나타났으며( $p < 0.01$ ), 나머지 영역에서의 활성 변화는 유의미하지 않는 것으로 나타났다. 알파파는 정신적 긴장의 수준이 낮아져 이완될 때 활성이 낮아진다는 선행연구결과(Fink *et al.*,

2005; Kim & Jeong, 2017; Korean Brain Wave Research Association, 2017)와 전두엽이 대상의 속성을 비교판단, 선택하는 사고와 연관이 있는 영역(Kim & Jeong, 2017; Ward, 2017)이라는 점에 비추어 볼 때, 한 화면에 비교해야 할 대상이 많을수록 대상의 속성을 비교판단, 최종 공통성을 선택하는 사고 과정에 대한 인지 부하가 높아져서 정신적 긴장도가 높아졌다고 할 수 있다.

## 3) 공통성 발견 대상의 수에 따른 베타파 대역 뇌 활성 차이 분석

CDT-2 과제와 CDT-10 과제 수행 시 나타난 베타파 상대파워스펙트럼 활성 차이를 맵핑한 결과는 Figure 7, Table 4와 같다.

Figure 7, Table 4의 뇌 영역별 분석 결과를 보면, CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 베타파의 활성이 전두엽( $p < 0.01$ ), 두정엽( $p < 0.05$ ), 후두엽( $p < 0.05$ )에서 유의미하게 감소하였다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 전두엽의 대상 속성의 비교판단 및 선택 기능(Kim & Jeong, 2017; Ward, 2017), 두정엽의 대상의 속성에 대한 정보와 위치 정보의 결합 기능, 시각정보에 대한 기억 유지 기능(Gazzaniga *et al.*, 2008; Kim & Jeong, 2017), 후두엽의 시각정보의 인식 기능(Kim & Jeong, 2017; Ward, 2017)과 관련이 있다는 선행 연구 결과와 베타파의 활성은 사고를 수행할 때 뇌 외부 정보를 활발히 받아들일 때와 정신 집중의 수준이 높아졌다는 것을 의미한다는 선행 연구 결과(Kim & Jeong, 2017; Korean Brain Wave Research Association, 2017; Lee & Park, 2016)에 비추어 해석할 때, 공통성을 찾기 위해 비교해야 할 대상이 많아질수록 공통성 발견 대상에 대한 뇌 외부 시각정보를 인식하고 받아들일 때와 그 시각정보에 위치정보를 결합하여 대상의 부분에 대한 정보를 가공할 때, 그리고 대상의 속성을 비교판단·선택하는 과정에서 시각적 정보에 대한 기억을 유지할 때 정신 집중의 수준



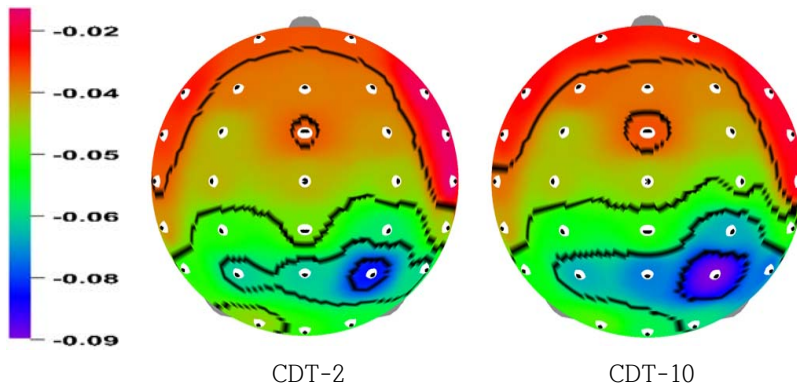


Figure 6. Difference of alpha band activation

Table 3. Lobe of alpha band activation

뇌 영역	N	CDT-2	CDT-10	t
전두엽	2100	0.0283	-0.0297	14.672***
두정엽	1575	-0.0543	-0.0596	1.375
측두엽	1050	-0.0402	-0.0455	1.369
후두엽	525	-0.0502	-0.0565	1.202

\*\*\*  $p < 0.01$

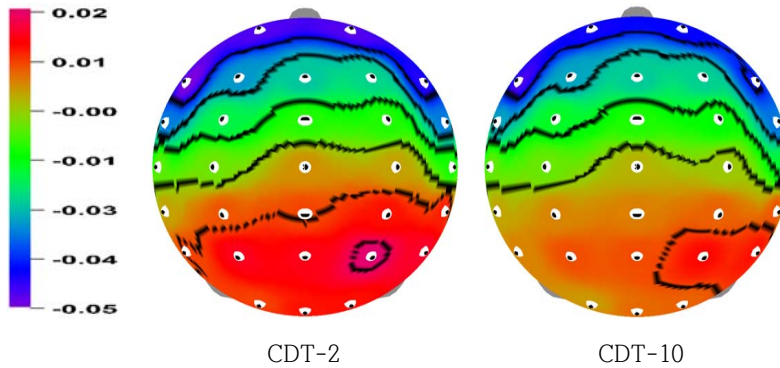


Figure 7. Difference of beta band activation

Table 4. Lobe of beta band activation

뇌 영역	N	CDT-2	CDT-10	t
전두엽	2100	0.0199	-0.0284	12.398***
두정엽	1575	0.0090	0.0042	2.184**
측두엽	1050	0.0035	0.0005	1.076
후두엽	525	0.0115	0.0052	2.146**

\*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

이 낮아졌음을 의미한다. 특히, 대상의 속성을 비교판단 그리고 최종 공통성을 선택하는 과정에 대한 정신 집중의 수준이 가장 많이 떨어진다는 것을 알 수 있다.

4) 공통성 발견 대상의 수에 따른 감마파 대역 뇌 활성화 차이 분석

CDT-2 과제와 CDT-10 과제 수행 시 나타난 감마파 상대파워스펙트럼 활성화 차이를 맵핑한 결과는 Figure 8, Table 5와 같다.

Figure 8, Table 5에서 볼 수 있듯이 전두엽에서 CDT-2 과제 수행 시 활성화되었던 감마파가 CDT-10 과제 수행 시 활성이 감소하였고, 두정엽과 측두엽에서는 CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 감마파의 활성이 감소하였다는 것을 알 수 있다. 이처럼 후두엽을 제외한 전두엽( $p < 0.01$ ), 두정엽( $p < 0.01$ ), 측두엽( $p < 0.05$ )에서의 감마파 활성화 변화는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다.

감마파는 정보를 통합할 때나 과제 수행에 전

력을 다할 때 증가하는 특성을 가진 뇌파(Fitzgibbon *et al.*, 2004; Korean Brain Wave Research Association, 2017; Lee & Park, 2016)이다. 그리고 전두엽은 대상 간 속성의 비교판단과 최종 요소의 선택 기능과 관련이 있는 영역(Kim & Jeong, 2017; Ward, 2017)이고, 두정엽은 대상에 대한 위치 및 공간정보의 생성과 시각정보에 대한 기억의 유지 기능과 관련이 있는 영역(Gazzaniga *et al.*, 2008; Kim & Jeong, 2017)이며, 측두엽은 대상 속성에 의미를 부여하기 위한 세밀한 관찰이 이루어질 때 활성화되는 영역(Kim & Jeong, 2017; Ward, 2017)이다.

위와 같은 선행연구 결과에 비추어 CDT-2 과제 수행 시와 CDT-10 과제 수행 시 발생한 감마파의 활성화 변화를 살펴보면 공통성 발견 대상의 수가 많아질수록 공통성 발견을 위해 시각정보에 의미를 부여하기 위해 대상을 자세히 살펴 보면서 의미가 부여된 시각정보에 위치 정보를 결합하는 사고 과정과 가공한 시각정보에 대한 기억을 유지할 때 높은 수준으로 집중하면서 활

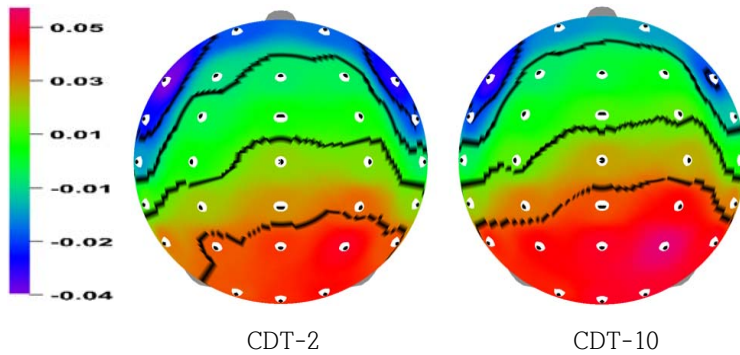


Figure 8. Difference of gamma band activation

Table 5. Lobe of gamma band activation

뇌 영역	N	CDT-2	CDT-10	t
전두엽	2100	0.0478	-0.0073	12.877***
두정엽	1575	0.0275	0.0353	-3.332***
측두엽	1050	0.0137	0.0236	-2.539**
후두엽	525	0.0386	0.0439	-1.064

\*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

발히 사고하였지만 이와 같은 인지적 노력이 잠정 공통성 요소의 비교판단 그리고 최종 공통성 요소의 선택 사고까지 집중하지 못했다고 해석할 수 있다. 즉, 공통성을 발견하기 위해 요소들을 탐색하였지만, 요소의 비교판단 및 선택하는 기능까지 사고에 주의집중 확장이 이루어지지 못했다고 할 수 있다.

### 3. 공통성 발견 대상의 수에 따른 뇌 활성화 차이 영역 분석

sLORETA 프로그램을 이용하여 CDT-2 과제를 수행할 때 발생한 뇌파의 활성화와 비교하여 CDT-10 과제를 수행할 때 뇌파 활성화에 어떠한 차이가 있는지를 알아보았다. 그 결과 sLORETA 분석을 위하여 설정한 세타파(4.0-7.9Hz), 알파파(8.0-12.9Hz), 베타파(13.0-29.9Hz), 감마파(30.0-50.0Hz) 주파수 대역 중 세타파 대역에서만 유의미한 뇌 활성화 차이 지역이 산출되었다.

CDT-2 과제를 통해 공통성을 발견할 때 나타난 세타파의 활성화와 비교하여 CDT-10 과제의 공통성을 발견할 때 활성화가 증가한 영역을 산출한 결과는 Figure 9, Table 6과 같다.

Figure 9, Table 6은 세타파의 활성화가 브로드만 31번 영역(BA 31)에 속해있는 우측 변연엽(limbic lobe)의 후측대상피질(posterior cingulate), 췌기전소엽(precensus), 엽하(sub-gyral) 영역과 중앙 변연엽의 대상이랑(cingulate gyrus) 영역 그리고 브로드만 30번 영역(BA 30)의 우측 후두엽의 췌기소엽, 혀이랑(lingual gyrus)영역에서 유의미하게 증가되었다는 것을 보여준다( $t = 3.921, p < 0.01$ ).

CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 활성화가 증가한 BA 31번의 후측대상피질은 췌기전소엽, 내측 전전두피질과 연합하여 DMN(default mode network, 초기 상태 네트워크)를 구성하는 영역이다. DMN은 예전에는 뇌가 아무런 활동을 하지 않고 휴식을 취할 때 작동하는 부위로 알려졌으나 최근 연구를 통해 외부로부터 받아들

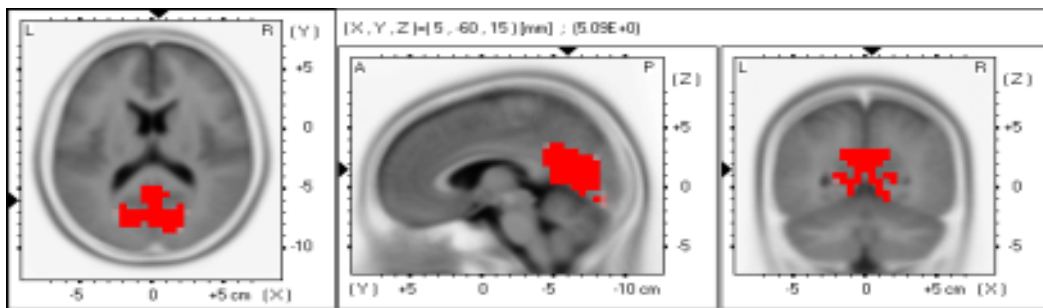


Figure 9. Theta wave activation patterns during CDT-2 task vs. CDT-10 task.

Table 6. Increasing region of theta wave activation

Lobe	Region	BA	Talairach coordinates		
			x	y	z
변연엽(Limbic Lobe)	후측대상피질(Posterior Cingulate)	31	5	-55	20
	대상이랑(Cingulate Gyrus)	31	0	-55	25
	췌기전소엽(Precensus)	31	15	-60	25
	엽하(Sub-Gyral)	31	20	-50	35
후두엽(Occipital Lobe)	췌기소엽(Cuneus)	30	10	-60	5
	혀이랑(Lingual Gyrus)	18	10	-65	5

이고 내재화시킨 정보와 장기기억상태에 머물러 있는 정보를 모니터링하면서 주의를 기울여야 하는 정보와 그렇지 못한 정보를 판단 및 평가하여 필요한 정보를 재정리하는 활동을 할 때 활성화된다는 것이 밝혀졌다(Konnikova, 2013). 대상이랑은 관찰 대상에 주의 집중하여 대상의 속성을 비교 선택하여 최종적으로 정확한 자극을 선택하는 기능과 연관이 있으며(Lee *et al.*, 2008), 한 가지 속성보다는 다양한 속성에 근거하여 반응해야 하는 복잡한 상황에서 활성이 증가하는 특성을 가지는 영역으로 알려져 있다(Byeon *et al.*, 2014). 뺨기전소엽은 뺨기소엽으로부터 전달받은 시각정보의 심상회전, 시각적 정보의 패턴처리 등 시공간적 정보 처리와 관련이 있는 영역이다(Crockford *et al.*, 2005 ; Kwon *et al.*, 2016). 엽하 영역은 이미 경험한 것들과 같이 익숙한 정보들의 표상 및 인출 기능과 연관되어 있다(Maguire *et al.*, 1997). 뺨기소엽은 후두엽을 통해 받아들인 시각정보에 대한 기억을 과제 해결 시간 동안 유지하는 시각적 작업기억(visual working memory)과 연관된 영역이다(Kwon *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2008) 혀이랑(lingual gyrus)은 공간학습능력과 패턴의 지각과 학습과 관련하여 보고된 바가 있는 영역이다(Choi *et al.*, 2018).

CDT-2 과제와 CDT-10 과제 수행 시 세타파 활성 차이를 보인 뇌 영역의 기능적 특성을 고려해볼 때, 공통성 발견 대상의 수가 많아짐에 따라 이미지로부터 인출된 시각적 정보와 위치정보를 통합하는 과정, 대상의 속성을 비교하고 필요한 정보는 선택하여 기억을 유지하고 필요하지 않는 정보는 버리는 과정, 그리고 이 모든 과정에서의 주의집중에 대한 사고과정에서 DCE 과제가 더 높은 난이도의 과제였다는 것을 말해준다고 할 수 있다. CDT-10 과제는 CDT-2 과제와 비교하여 요소를 비교해야할 대상들이 많다. 따라서 시각적인 후두엽으로부터 받아들인 잠정적 공통성 요소들에 대한 시각적 정보에 대한 기억들을 유지하는데 보다 많은 주의집중과 그에 따른 많은 신경세포의 활성 유지가 필요하다. 그리고 요소들을 비교하여 필요한 정보를 선택하고

필요하지 않는 정보를 버리는 과정과 최종 공통성 요소를 선택하는 과정에서도 많은 에너지가 필요할 수밖에 없다. 또한, 이러한 결과는 세타파가 과제의 난이도와 창의적 사고의 수준이 높아질 때 활성이 증가하는 경향이 있다는 선행연구 결과를 지지해주는 결과이다(Jeong & Kim, 2016; Kim & Jeong, 2017; Korean Brain Wave Research Association, 2017).

#### IV. 결론 및 제언

지금까지 공통성 발견 대상의 수에 따라 달라진 공통성 발견 과제 수행 결과와 뇌 활성 차이를 상대파워스펙트럼 분석과 sLORETA 분석을 통해 알아보았다. 이 연구의 결과를 통해 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다.

첫째, 연구 참여자들은 공통성 발견 대상의 수가 많은 과제(CDT-10 과제)를 수행할 때와 비교하여 대상의 수가 적은 과제(CDT-2 과제)를 수행할 때 더 많은 수의 공통성 지식을 생성했다. 그리고 CDT-10 과제와 비교하여 CDT-2 과제 수행 시 인지적 부하 감소를 보이는 뇌파가 측정되었다. 이러한 결과는 공통성 발견 대상의 수가 많을수록 공통성 발견 과제의 난이도가 높아진다는 것을 말해준다.

둘째, 공통성 발견 대상의 수에 따라 나타나는 뇌 활성 차이를 상대파워스펙트럼 분석 방법을 통해 분석한 결과는 다음과 같다.

세타파의 경우, CDT-2 과제와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 세타파의 활성이 전두엽에서 유의미하게 감소하였고 후두엽에서는 증가하였다. 이와 같은 결과를 창의적 사고의 수준이 높아질수록 활성이 증가하는 세타파의 특성과 관련하여 살펴보면, CDT-2 과제 수행 시 보다 CDT-10 과제 수행 시 높은 수준의 사고를 하면서 계속하여 주의 집중하며 시각정보를 받아들이는 기능을 수행하였다는 것을 말해준다. 반면 대상의 속성을 비교하여 최종 공통성을 선택하는 과정에서는 사고의 주의집중 수준이 감소했다는

것을 의미한다. 알파파의 경우, CDT-2 과제 수행시보다 CDT-10 과제를 수행할 때 전두엽에서 알파파의 활성이 유의미하게 감소하였다. 이와 같은 결과를 알파파가 정신적 긴장의 수준이 낮아져 이완될 때 활성이 낮아진다는 선행연구 결과에 비추어 살펴보면, 한 화면에 비교해야 할 대상이 많을수록 대상의 속성을 비교판단, 최종 공통성을 선택하는 사고 과정에 대한 인지 부하가 높아져서 정신적 긴장도가 높아졌다고 할 수 있다. 베타파의 활성은 CDT-10 과제를 수행할 때 CDT-2 과제 수행시보다 전두엽, 두정엽, 후두엽에서 유의미하게 감소하였다. 이와 같은 결과를 사고 수행 시 뇌 외부 정보를 활발히 받아들일 때와 정신 집중의 수준이 높아질수록 활성이 증가하는 베타파의 활성 특성과 관련지어 해석할 때, CDT-10 과제가 CDT-2 과제보다 공통성 발견 대상에 대한 시각정보 인식, 시각적 작업기억, 공간정보 가공, 대상 속성의 비교, 판단, 선택의 과정에서 높은 수준의 각성 및 주의집중을 필요하다고 할 수 있다. 마지막으로 감마파의 경우 CDT-2 과제를 수행할 때와 비교하여 CDT-10 과제를 수행할 때 감마파의 활성이 전두엽에서는 감소하였고 두정엽과 측두엽에서는 활성이 증가하였다. 이와 같은 결과를 정보를 통합할 때나 과제 수행에 전력을 다할 때 증가하는 특성을 가진 감마파의 활성 변화에 비추어 살펴보면 CDT-2 과제 수행 시 보다 CDT-10 과제 수행 시 시각정보에 의미를 부여하기 위해 대상을 자세히 살펴보면서 의미가 부여된 시각정보에 위치 정보를 결합하는 사고 과정과 가공한 시각정보에 대한 기억을 유지할 때 높은 수준으로 집중하면서 활발히 사고하였지만 이와 같은 인지적 노력이 잠정 공통성 요소의 비교판단 그리고 최종 공통성 요소 선택의 사고까지 집중하지 못했다고 해석할 수 있다.

셋째, 공통성 발견 대상의 수에 따라 나타나는 뇌 활성화 차이를 sLORETA 분석 방법을 통해 분석한 결과 세타파를 제외한 나머지 뇌파에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다. CDT-2 과제 수행 시와 비교하여 CDT-10 과제 수행 시 대상이

량(cingulate gyrus), 췌기소엽(cuneus), 혀이랑(Lingual gyrus), 후측 대상피질(posterior cingulate), 췌기전소엽(precuneus), 엽하(sub-gyral) 영역에서 세타파의 활성이 높아지는 결과를 보여주었다. 이와 같은 결과를 과제의 난이도와 창의적 사고의 수준이 높아질수록 활성이 증가되는 세타파의 특성과 관련지어 해석하면 CDT-10 과제가 CDT-2 과제보다 이미지로부터 인출된 시각적 정보와 위치정보를 통합하는 과정, 대상의 속성을 비교하고 필요한 정보를 선택하는 과정, 선택한 정보의 시각적 작업 기억 과정에서의 주의집중에서 어려움이 높아지며 더 높은 수준의 사고를 필요로 한다고 할 수 있다.

이상의 연구 결과는 공통성 지식 생성 교수-학습 프로그램 개발을 위한 과학교육 방법에 다음과 같은 시사점을 제공한다. 공통성 발견 대상의 수는 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽에서의 뇌 활성화에 영향을 준다고 할 수 있다. 특히, 대상이랑, 췌기소엽, 혀이랑, 후측 대상피질, 췌기전소엽, 엽하 영역에 영향을 준다고 할 수 있다. 즉, 공통성 발견 대상의 수가 많아질수록 공통성 발견 대상으로부터 받아들인 시각정보와 위치정보를 통합하는 시공간적 정보를 처리하는 과정, 요소를 추출하는 패턴을 찾는 과정, 대상의 속성을 비교하여 필요한 정보에 주의를 기울이고 그렇지 못한 정보는 재정리하는 사고 과정을 거쳐 최종적인 공통성을 선택하는 과정에 대한 인지과정에 영향을 준다고 할 수 있다. 따라서 공통성 지식 생성 능력을 길러주기 위한 교수-학습 프로그램을 개발할 때 이러한 인지적 기능과 과제 난이도에 영향을 주는 요소를 고려해야 할 것이다. 더 나아가 2015 개정 교육과정에서 과학적 탐구 능력을 과학과에서 핵심역량으로 다루는 것에 의해 과학적 탐구 활동에 대한 교육이 강조가 되는 교육 현실을 고려하여 경향성 발견이나 복합분류와 같은 귀납적 탐구활동, 더 나아가 귀추적 탐구 과정과 연역적 탐구 과정에 관한 연구가 추가로 진행되어 과학 지식 생성 능력 함양 교수-학습 프로그램 개발의 기초 자료 제공 연구가 진행될 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- Abuseilek, A. F. (2006) The use of word processor for teaching writing to EFL learners in King Saud University. *Journal of Educational Sciences and Islamic Studies*, 19, 1-15.
- Compumedics (2002). *Profusion EEG user guide*. Abbotsford, VIC: Compumedics Limited.
- Choi, B. M. (2010). *An analysis of pre-service biology teachers' EEG activities during commonness discovery* (Master's Thesis). Daegu University, Daegu, Korea.
- Choi, S. Y., Kwon, S. H., & Kwon, Y. J. (2018). College student's brain connectivities in life science learning with VR contents -Resting state fMRI approach-. *Biology Education*, 46(1), 71-79.
- Byeon, J. H., Kwon, S. H., & Kwon, Y. J. (2014). Cognitive difference of thinking process between science and general high school students' brain activations on biological classification. *Biology Education*, 42(2), 194-207.
- Crockford, D. N., Goodyear, B., Edwards, J., Quickfall, J. & el-Guebaly, N. (2005). Cue-induced brain activity in pathological gamblers. *Biological Psychiatry*, 58(10), 787-795.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Optimal experience*. New York, NY: Harper and Row.
- 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.
- Gazzaniga, M. S., Ivry R. B., & Mangun, G. R. (2008). *Cognitive neuroscience : The biology of the mind* (3rd ed.). New York, NY: W.W. Norton.
- Jeong, J. S., & Yun, S. G. (2008). The relative power spectral analysis of EEG activity during the inductive inquiry task performance with caminalcules. *Biology Education*, 36(4), 456-467.
- Jeong, J. S., & Kim, Y. S. (2016). A sLORETA study of the effects of task similarity on brain activation during life science commonness discovery. *Biology Education*, 44(3), 372-382.
- Kim, Y. S., & Jeong, J. S. (2018). Analysis of the effects of observation and classification learning program for students with low inductive inquiry achievement: An EEG study. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 57(1), 1-23.
- Kim, Y. S., & Jeong, J. S. (2017). The brain activity difference between knowledge generation and acceptance of low and general achieving students during the observation and classification activities. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 56(4), 25-47.
- Klauer, K. J., & Phye, G. D. (1994). *Cognitive training for children: A development program of inductive reasoning and problem solving*. Seattle, WA: Hogrefe & Huber.
- Konnikova, M. (2013). *Mastermind: How to*

- Think Like Sherlock Holmes* (생각의 재구성 : 하버드대 심리학자가 과학적 연구 결과로 풀어낸 셜록 홈스의 문제해결 사고법, I. Park, Trans.). New York, NY: Viking Press. (Original work published in 2013).
- Korean Brain Wave Research Association. (2017). *The techniques and application of EEG analysis : From foundation to clinical studies*. Seoul: Daehanuihak.
- Kwon, S. H., Oh, J. Y., Lee, Y. J., Eom, J. T., & Kwon, Y. J. (2016). Brain activation pattern and functional connectivity during convergence thinking and chemistry problem solving. *Journal of the Korean Chemical Society*, 60(3), 203-214.
- Kwon, Y. J., Jeong, J. S., Kang, M. J., & Kim, Y. S. (2003). A grounded theory on the process of generating hypothesis-knowledge about scientific episodes. *Journal of the Korean Association for in Science Education*, 23(5), 458-469.
- Kwon, Y. J., Park, Y. B., Jeong, J. S., & Yang, I. H. (2004). A grounded theory on the process of scientific rule-discovery -Focused on the generation of scientific pattern-knowledge. *Journal of the Korean Association for in Science Education*, 23(1), 61-73
- Lee, H. J., Lee, J. K., & Kwon, Y. J. (2008). Pre-service biology teachers' brain activation patterns during the generation and application of commonness knowledge on biological phenomena: An fMRI study. *Biology Education*, 36(3), 251-265.
- Lee, J. W., & Park, Y. M. (2016). Analysing the transcription mode effects on the beta-gamma activity in a writing assessment. *Korean Language Education Research*, 51(1), 252-285.
- Maguire, E. A., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (1997). Recalling routes around london: Activation of the right hippocampus in the taxi drivers. *The Journal of Neuroscience*, 17(18), 7103-7110.
- Mayer, R. E. (1992). Cognition and instruction: Their historic meeting within educational psychology. *Journal of Educational Psychology*, 84, 405-412.
- Park, Y. B. (2005). *Investigation of the process of rule-knowledge generation in biological inquiry and its neurophysiological interpretation* (Unpublished doctoral dissertation). Korea National University of Education, Chungbuk, Korea.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Yun, Y. R. (2006). Motivating, interesting and self-learning ability. *Journal of Education & Culture*, 12, 181-198.
- Ward, J. (2017). *Cognitive Neuroscience Introductory* (인지신경과학 입문, D. H. Lee, H. J. Kim, D. J. Lee & S. H. Cho, Trans.). Seoul: Sigmappress. (Original work published in 2015).

## 국 문 요 약

이 연구의 목적은 난이도가 다른 생명과학 공통성 발견 과제를 수행하는 동안 뇌 활성화 차이를 분석하는 것이다. 이 연구에는 35명의 예비 생명과학교사들이 참여하였다. 이 연구는 뇌파 기록을 위한 블록디자인으로 설계되었다. 피험자들이 공통성 발견 과제를 수행하는 동안 뇌파가 수집되었다. sLORETA 분석 방법과 상대파워스펙트럼 분석 방법은 2개의 소재로 구성된 쉬운 난이도의 과제를 수행할 때와 5개의 소재로 구성된 어려운 난이도의 과제를 수행할 때 뇌 활성화 차이를 분석하는 데에 이용되었다. 그리고 공통성 발견 과제의 난이도에 따라 활성화된 대뇌 피질과 피질하 영역의 역할을 조사하였다. 연구 결과 연구결과, 세타파의 경우, 쉬운 난이도 과제와 비교하여 어려운 난이도 과제 수행 시 세타파의 활성화는 전두엽에서 유의미하게 감소하였고 후두엽에서는 증가하였다. 알파파의 경우, 쉬운 난이도 수행시보다 어려운 난이도의 과제를 수행할 때 전두엽에서 알파파의 활성화가 유의미하게

감소하였다. 베타파의 활성화는 어려운 난이도의 과제를 수행할 때 쉬운 난이도의 과제 수행시보다 전두엽, 두정엽, 후두엽에서 유의미하게 감소하였다. 마지막으로 감마파의 경우 쉬운 난이도의 과제를 수행할 때와 비교하여 어려운 난이도의 과제를 수행할 때 감마파의 활성화가 전두엽에서는 감소하였고 두정엽과 측두엽에서는 활성화가 증가하였다. 공통성 발견 과제의 난이도 수준은 대상이랑(cingulate gyrus), 췌기소엽(cuneus), 혀이랑(Lingual gyrus), 후측 대상피질(posterior cingulate), 췌기전소엽(precuneus), 엽하영역(sub-gyral)에 영향을 준다는 것을 보여주었다. 따라서 공통성 발견 과제의 난이도는 이미지로부터 인출된 시각적 정보와 위치정보를 통합하는 과정, 대상의 속성을 비교하고 필요한 정보를 선택하는 과정, 선택한 정보의 시각적 작업 기억 과정, 이 모든 과정에서의 주의집중에 대한 인지 과정에 영향을 준다고 할 수 있다.

**주제어:** 생명과학 공통성 발견, 과제 난이도, 뇌파, 상대파워스펙트럼, sLORETA