

창의적 글쓰기 발상 시 전문 영역의 지식이 좌측 측두엽의 EEG 알파파 억제에 미치는 영향

김 순 화

송 기 상[†]

한국교원대학교 컴퓨터교육과

창의성과 지식의 관계를 설명하는 심리학적인 연구는 크게 긴장적 관점과 토대적 관점의 두 관점이 적용되어 오고 있으나, 기존의 연구들은 대부분 창의적 수행 결과를 토대로 한 창의적 산물 중심의 연구로서 창의적 사고 과정에 관한 정보를 제공해주는 데에는 한계점을 지니고 있다. 본 연구에서는 사고 과정에 관한 정보를 제공해줄 수 있는 뇌과학적 기법을 이용하여 지식과 창의성의 관계를 규명하고자 10명의 컴퓨터 전문가를 선정하여 언어적 창의성 과제인 소설쓰기 과제를 제시 한 후 전문 영역과 비전문 영역의 창의적 사고 과정 시 뇌파(EEG) 알파파의 과제 관련 파워값(Task Related Power, TRP)을 비교하였다. 실험은 기준 상태로 눈 감고 안정 상태, 일반적 사고 과정, 전문 분야의 창의적 사고 과정, 비전문 분야의 창의적 사고 과정 시의 EEG를 측정 한 후 각각 비교·분석하는 순서로 진행되었다. 연구 결과 전문 영역의 창의적 사고 과정 시 알파파의 활성이 유의하게 감소함을 알 수 있었으며 이러한 현상이 주로 측두엽에서 나타났고, 특히 좌측 측두엽에서 뚜렷하게 관찰됨을 알 수 있었다. 이러한 관찰 결과는 지식이 창의적 사고를 방해할 수 있다는 긴장적 관점을 지지하는 것으로 창의적 사고 과정에 관한 연구를 뇌과학적으로 접근할 수 있음을 시사한다.

주제어 : 창의성, 지식, 창의적 사고 과정, 뇌파, 알파파 억제, 좌측 측두엽

[†] 교신저자: 송기상, 한국교원대학교 컴퓨터교육과, 연구세부분야: 지능형교수시스템, 멀티미디어의 교육적 이용, 증강인지 및 뇌파기반 교육, E-mail : kssong@cc.knue.ac.kr

서론

지식 정보화 사회에서는 급변하는 환경에 적응할 수 있는 창의적 인재를 필요로 하고 있으며 이러한 사회적 요구에 발맞추어 학교 교육도 창의성 신장을 강조하는 방향으로 나아가고 있다. 다양한 창의성의 정의 가운데서 창의성이란 새롭고, 질이 높으며, 적절한 것을 생산해내는 능력이라는 정의가 가장 널리 받아들여지고 있다 [1]. 이러한 창의성 연구에서 논의되고 있는 문제 중 하나는 창의성 발현을 위해 지식은 많으면 많을수록 좋은지 혹은 적정량의 지식은 필요하지만 과도한 양의 지식은 고착을 가져와 창의성에 해악을 미치는지에 관한 문제이다.

Weisberg는 그 동안에 이루어진 창의성과 지식의 관계에 관한 연구들을 지식이 창의성의 토대가 된다는 토대적 관점(foundation view)과 과도한 양의 지식은 창의성 발현을 저해한다는 긴장적 관점(tension view)의 두 가지 관점으로 분류하였다[2]. 긴장적 관점에서는 지식과 창의성이 ‘역 U자형(inverted U shape)’을 지닌다고 주장하며 적정량의 지식만 있으면 창의성은 충분히 발현될 수 있음을 강조한다. 현재 많은 연구자들이 긴장적 관점을 지지하는 연구 결과를 제시하고 있다[3-5]. 이에 비하여 토대적 관점은 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 것으로 Hayes의 10년 법칙 [6]이나 Weisberg의 창의적 산출물을 내기까지의 과학 분야와 예술 분야에서의 사례 연구[7] 등을 통하여 지지되고 있다.

이와 같은 창의성과 지식의 관계에 관한 긴장적 관점과 토대적 관점에 관한 논의들은 창의성의 연구 방법[8] 중 주로 심리측정법[5, 9], 역사측정법[6, 10], 정량적 사례 연구법[7], 실험적 연구법[3, 4]을 이용한 창의적 산출물 중심의 연구가 대부분으로 창의적 과정에 관한 정보를 제공해줄 수 있는 생물측정법을 이용한 연구는 여전히 미진한 실정이다. 기존의 연구 방법과는 달리 생물측정법은 기능적 자기공명 영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI), 뇌파(Electroencephalography, EEG), 확산 텐서 영상(Diffusion tensor imaging, DTI), 양전자 단층촬영(Positron emission tomography, PET) 등을 이용한 연구로 유기체 뇌 내에서 창의적 사고 과정 시 일어나는 변화를 직접적으로 측정할 수 있다는 장점이 있다.

뇌과학적 측면에서보자면 창의성은 유기체 뇌 안에서의 신경망이 기존의 연결과는 다른 유형으로 재구성됨으로써, 문제해결이나 창조를 위한 새로운 아이디어의

생성을 이루는 성향 또는 능력이라고 정의되고 있다[11]. 뇌파를 이용한 창의성 관련 연구는 창의적인 사람의 뇌파 특성 연구와 창의적 사고 과정이 일어날 때의 뇌파 특성 연구 및 통찰이 일어날 때의 뇌파 변화 연구가 주를 이루고 있다[12].

하지만 뇌파를 활용한 전문가의 창의성과 관련된 연구는 지식의 시·공간적 측면을 중심으로 한 전문 음악가[13]나 혹은 전문 댄서[12], 전문 예술가[14]의 연구가 대부분으로 지식의 언어적 측면을 고려한 지식과 창의성의 관계에 관한 뇌파 연구는 부족한 편이다. 특히 EEG 알파파가 창의적 사고에 의해 민감하게 반응한다는 많은 연구 결과가 보고되었는데[12, 15-22], 이는 알파파의 활성화에 따라 창의적 사고의 정도를 추측할 수 있음을 시사한다(창의적 사고가 활발히 일어날수록 알파파의 활성화는 높아진다.; cf. [23]). 따라서 본 연구의 목적은 전문 분야와 비전문 분야의 창의적 사고 수행 시 알파파의 활성화 변화를 살펴봄으로써 언어적 지식이 창의성 발현에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보는 것이다.

본 연구는 컴퓨터 전문가 집단을 선정하고, 이들에게 언어적 창의성을 발휘할 수 있는 전문 분야의 소설쓰기와 비전문 분야의 소설쓰기 과제를 제시한 후 각 과제의 발상 시 뇌파를 비교하여 일반적 사고 과제보다는 창의적 사고 과제에서 알파파의 활성화는 높아지고, 지식의 요구 정도가 높은 전문 분야의 창의적 과제에서 알파파의 활성화가 억제됨을 보이고자 하였다.

방 법

피험자의 창의적 노력을 검증하기 위한 산물창의성 검사 및 창의적 사고 과정 시 뇌파 변화를 알아보기 위한 뇌파 데이터 분석을 수행하였으며 각각 일원분산분석과 반복측정분산분석을 통하여 제시된 과제 수행에 의한 알파파 활성화의 차이를 검증하였다.

연구 설계

본 연구의 설계는 과제 수행 시 알파파에 영향을 미치는 다양한 변수의 통제가

어려우므로 개인 간 차이에 의한 영향을 최소화하고 과제 수행에 따른 효과를 검증할 수 있는 반복 측정 설계를 사용하였고, <표 1>과 같이 설계하였다. 따라서 독립변수는 반복적으로 제시되고 있는 과제 R_i 이고, 종속변수는 과제 수행에 따라 변하는 뇌파 X_{ij} 로 설정하였으며, 피험자 S_i 는 총 10명으로 선정하였다.

표 1. 연구 설계

S	R_1	R_2	R_3	R_4
S_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
S_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
...
S_{10}	X_{101}	X_{102}	X_{103}	X_{104}

S_i : 피험자

R_i : 제시된 과제

X_{ij} : 과제 수행에 따른 뇌파

참가자

실험 대상으로는 OO대학교 일반대학원 OO교육과 석·박사 과정에 재학 중인 컴퓨터 교사 중 미술 영역 대학 수준 이상의 교육 경험이 없는 교사 12명을 선정하였다. 이 중, 왼손잡이이거나 뇌파 측정 실험에 참여하기를 희망하지 않는 교사 2명은 제외하고, 총 10명(여자 3명, 남자 7명; $M=31.7$ 세, $SD=3.6$)의 컴퓨터 영역 전문가를 선정하였다. 선정된 전문가 집단의 컴퓨터 교사들은 컴퓨터 구조, 프로그래밍 언어, 데이터베이스, 자료 구조, 운영체제와 같은 컴퓨터 관련 전공 수업을 이수한 경험이 있고, 중등학교에서 컴퓨터를 가르친 경험이 있는 자로써 뇌내 병변 및 뇌 관련 질병 경력이 없으며, 오른손잡이인 사람으로 선정하였다(사전 설문에 의함). 이들은 뇌파 측정에 앞서 뇌파 측정 시 주의해야할 점 및 실험에 필요한 부분을 충분히 숙지한 후 실험에 임했다.

실험 과제

피험자에게는 4가지의 각각 다른 과제가 제시되었다: ① 기준 상태: 눈 감고 안정 상태, ② 일반적 사고 과정 과제: 설명하는 글쓰기, ③ 전문 분야의 창의적 사고 과정 과제: 컴퓨터 영역 소설 쓰기, ④ 비전문 분야의 창의적 사고 과정 과제: 미술 영역 소설 쓰기과 같은 네 가지의 과제가 제시되었다. 글쓰기 과제(②, ③, ④)의 경우 글을 쓰기 전 글 쓸 내용을 발상하는 3분 동안 EEG를 측정하였고, 발상을 한 후 7분 동안 발상한 내용을 쓰는 시간을 제공하였다.

설명하는 글쓰기 과제는 일반적 사고 과정 과제로, 피험자로 하여금 가급적 알고 있는 사실적 지식에 바탕을 둔 글을 쓰도록 지시 하였다. 설명문은 기존의 지식을 회상하는 것이 중요하므로 이 과제는 창의적 사고를 요하지 않는다고 볼 수 있다.

컴퓨터 영역 소설 쓰기 과제는 전문 분야의 창의적 사고 과정 과제로, 피험자 자신이 지닌 컴퓨터 관련 지식을 이용하여 가급적 독창적이고 창의적으로 소설을 쓰도록 지시하였다. 이 때, 다른 사람들이 생각하지 못한 것을 생각해내는 것이 중요하다는 것을 강조하였다.

미술 영역 소설 쓰기 과제는 비전문 분야의 창의적 사고 과정 과제로, 컴퓨터 영역 소설 쓰기 과제에서와 마찬가지로 자신이 지닌 미술 관련 지식을 이용하여 가급적 독창적이고 창의적으로 소설을 쓰도록 지시하였다.

EEG 측정 방법

본 연구는 Jasper의 10-20 전극 배치법을 따라 19개의 측정 전극은 두피에, 2개의 기준 전극은 양쪽 귓볼에, 그라운드 전극은 앞이마에, 레퍼런스 전극은 우측 귀 뒷부분 목에 부착하였다[24].

측정 전극은 좌측 전두엽(Fp₁, F₃, F₇), 우측 전두엽(Fp₂, F₄, F₈), 좌측 두정엽(C₃, P₃), 우측 두정엽(C₄, P₄), 좌측 측두엽(T₃, T₅), 우측 측두엽(T₄, T₆), 좌측 후두엽(O₁), 우측 후두엽(O₂), 제로선(F_z, C_z, P_z)에 부착되었다. 본 연구에서는 좌반구와 우반구의 알파파 활성을 위주로 볼 것이므로 편의상 분석 시에는 제로선을 제외시켰다.

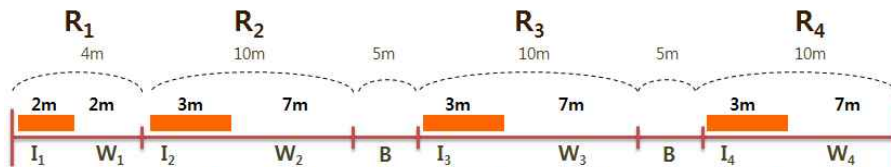
EEG 데이터의 표본화율은 256Hz, 임피던스는 10kΩ 이하로 설정하였고, 대역 통과 필터를 통하여 5Hz에서 50Hz사이의 EEG 데이터만 분석에 사용하였다. 추가적으로 잡파의 혼입을 방지하기 위하여 50Hz의 대역 제거 필터를 적용하였다.

연구 절차

뇌파 측정에 들어가기에 앞서 피험자로 하여금 전반적인 뇌파 측정 실험에 대한 설명을 제공하였고 몸의 움직임 최소화 및 발상 동안 눈을 뜨거나 말하지 말 것과 같은 주의 사항을 충분히 숙지시킨 후 10분 동안 안정을 취하도록 하였다.

뇌파 측정은 먼저, 기준 뇌파로써 눈 감은 안정 상태의 뇌파를 2분간 측정한 후 (본 연구는 눈 감은 상태에서 발상을 수행하므로 기준뇌파로써 눈 감은 상태만을 측정한다), 본격적으로 발상하는 3분 동안의 뇌파를 측정한다. 발상 후 7분 동안은 발상한 내용을 글로 적는 시간으로 근육의 움직임, 안구의 움직임, 눈 깜박임 등으로 인한 잡파의 혼입 가능성이 있으므로 글을 쓰는 동안의 뇌파는 측정하지 않는다.

잔류효과 최소화를 위해 각 처치 간 5분의 휴식 시간을 제공하였고, 피험자별로 글쓰기 과제의 처치 순서를 다르게 하여 처치 순서로 인한 영향을 배제하였다. 이를 도식화하면 (그림 1)과 같다.



- R_i : 반복측정 요인
- I_i : 눈 감고 안정/발상
- W_i : 눈 뜨고 안정/글쓰기
- B : 휴식시간

그림 1. 뇌파 측정 시간 설계

산물창의성 평가

피험자가 창의적 사고 과정에 적절히 임했는지를 검증하기 위해 5명의 평정자(교육심리 전공 대학원생 3명, 국어 교사 1명, 창의성 전문가 1명)를 선정하여 산물의 창의성을 평가하였다. 평가에서는 피험자가 작성한 컴퓨터와 미술 영역의 소설 작품이 창의적으로 작성되었는지를 검증하였다.

본 연구에 사용된 산물창의성 평가는 Besemer[25]의 CPSS(Creative Product Semantic Scale)로, '산물의 창의성 평가에 대한 3요인 구조모형(Creative Product Analysis Matrix)'을 바탕으로 제작된 것을 김영록과 이순목[26]이 한국판 버전으로 번안한 것을 사용하였다.

CPSS의 평가 항목은 1점(창의성 낮음)부터 7점(창의성 높음)까지 총 7점 척도가 사용되었다. 평정의 공정성을 위해 평정자들은 10명의 피험자들의 글 전체를 읽은 후, 개별 작품을 2회씩 반복해서 읽고 난 후 점수를 부여하였고, 1부터 7까지의 척도 범위를 가급적 모두 사용하여 평가하도록 하였다. 산물창의성 평정 결과 문항 내적 합치도는 높게 나타나(알파계수는 .951) 평가 결과의 신뢰성을 확보할 수 있었다.

5명의 평정자로부터 평정된 산물창의성 점수는 평균을 내어 피험자의 설명문과 컴퓨터와 미술 영역 소설의 점수를 비교하여 피험자가 창의적 사고 과정에 적절히 임했는지를 검증하였다.

뇌파 자료 분석

측정된 뇌파는 고속 푸리에 변환을 이용한 대역 통과 필터(Band pass Filter by FFT)를 이용하여 5Hz에서 50Hz 사이의 뇌파로 추출된다. 그런 후에 파워스펙트럼 분석을 통해 세타파(5-8Hz), 알파파(8-13Hz), 베타파(13-30Hz), 감마파(13-50Hz)로 분류된다. 파워스펙트럼 분석은 EEG 신호의 특징을 추출하는 중요한 EEG 분석 방법 중의 하나로[27] 그 종류에는 절대파워스펙트럼 분석과 상대파워스펙트럼 분석 방법이 있다. 특히 상대파워스펙트럼은 전체 주파수 영역 뇌파의 절대파워스펙트럼 값 중 특정 주파수 영역 뇌파의 절대파워스펙트럼 값의 비율을 나타내는 분석 방

법으로 본 연구에서는 상대파워스펙트럼 분석을 사용하였다. 창의적 사고가 알파파의 활성화와 관련이 있다는 연구 결과들이 보고되고 있는바[12, 15-22], 본 연구에서는 알파파의 활성을 중심으로 분석하였다.

결과 및 논의

산물창의성 평가 결과

구체적인 산물창의성 점수의 일원분산분석 결과와 사후 분석 결과는 <표 2>, <표 3>과 같고, 사후 분석에는 Scheffe 방법을 사용하였다.

표 2. 산물창의성 점수의 일원분산분석 결과

분산원	SS	df	MS	F	p
집단 간	827.717	2	413.858	11.747**	.000
집단 내	951.244	27	35.231		
전체	1778.960	29			

* $p < .05$, ** $p < .01$ SS: 제곱합, df: 자유도, MS: 평균제곱, p: 유의확률

표 3. 산물창의성 점수의 사후분석 결과

처치	처치	처치 간 평균차	표준오차	p
I ₂	I ₃	-9.30*	2.65448	.006
I ₂	I ₄	-12.35**	2.65448	.000
I ₃	I ₄	-3.05	2.65448	.525

* $p < .05$, ** $p < .01$ p: 유의확률

5명의 평정자에 의해 평가된 산물창의성 검사 점수의 일원분산분석 결과 처치

간에 유의한 차이가 나타났다($F=11.747, p=.000$). 구체적으로는 설명문보다 소설의 창의성 점수가 유의하게 높게 나타났다($I_2-I_3, p=.006; I_2-I_4, p=.000$) 하지만 컴퓨터 영역과 미술 영역의 소설쓰기에 있어서는 창의성 점수의 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$). 이와 같은 산물창의성 검사 결과로 미루어 볼 때, 피험자들은 적절한 창의적 사고 과정에 임했음을 알 수 있다.

EEG 분석 결과

창의적 사고 수행 시 지식으로 인한 영향을 비교하기 위하여 각 처치 시 뇌파의 과제 관련 파워값(TRP)을 측정하여 일원반복측정분산분석에 의한 검증을 실시하였다. 또한 공분산의 동질성 가정의 위배에 의한 통계적 오류를 교정하기 위해 Greenhouse-Geisser에 기초한 F 통계값과 유의확률로 분석 결과를 해석하였고, 유의 수준 0.05로 설정하여 검증하였다.

세타파, 알파파, 베타파, 감마파의 파워스펙트럼 값의 반복측정분산분석 결과, 알파파에서만 처치에 의한 유의한 차이가 나타났다($F(3, 27) = 3.149, p<0.05$). 이는 각 처치에 의해 전체적인 대뇌 피질의 알파파 활성화에 차이가 있음을 의미한다. 이러한 연구 결과는 창의적 사고가 알파파의 활성화와 관련이 있다는 선행 연구[12, 15-22]와 일치하는 결과로 창의적 사고에 의해 알파파의 활성화 영향을 받음을 확인할 수 있다. 구체적인 뇌파 TRP의 반복측정분산분석 결과는 <표 4>와 같다.

구체적으로 어떤 처치 간에 차이가 나타나는지를 알아보기 위해 처치 간에 유의한 차이가 나타난 알파파의 파워스펙트럼 값을 중심으로 사후 분석을 실시한 결과는 <표 5>와 같다.

사후 분석에는 Fisher의 최소유의차 검증법(Least Significant Difference, LSD)을 사용하였다. 사후분석 결과 I_1-I_3 의 경우 평균차가 5.69로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=.027$). I_3-I_4 의 경우에서도 평균차가 -6.82로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=.009$). 즉 안정 상태에 비해 컴퓨터 관련 창의적 사고를 수행할 경우 알파파의 활성화가 유의하게 낮아진다는 것과 컴퓨터 관련 창의적 사고를 수행할 경우보다 미술 관련 창의적 사고를 수행할 경우 알파파의 활성화가 유의하게 높아진다는 것을 확인할 수 있었다. (그림 2)는 이러한 분석 결과를 토대로 알파파 활성화의 추

표 4. 뇌파 TRP의 반복측정분산분석 결과

뇌파	분산원	SS	df	MS	F	p
세타파	처치간	10.217	3	3.406	.952	.429
	대상간	544.159	9	60.462	16.902	.000
	오차	96.583	27	3.577		
	전체	5754.040	40			
알파파	처치간	281.295	3	93.765	3.149*	.041
	대상간	11222.142	9	1246.905	41.872	.000
	오차	804.023	27	29.779		
	전체	118510.790	40			
베타파	처치간	10.819	3	3.606	.568	.641
	대상간	2638.571	9	293.175	46.193	.000
	오차	171.361	27	6.347		
	전체	26217.320	40			
감마파	처치간	8.354	3	2.785	.390	.761
	대상간	2718.591	9	302.066	42.312	.000
	오차	192.751	27	7.139		
	전체	2919.696	40			

* $p < .05$, ** $p < .01$, SS 제곱합, df 자유도, MS 평균제곱, p 유의확률

표 5. 알파파 TRP의 사후 분석 결과

처치	처치	처치간 평균차	표준오차	p
I ₁	I ₂	2.89	2.44044	.247
I ₁	I ₃	5.69*	2.44044	.027
I ₁	I ₄	-1.13	2.44044	.647
I ₂	I ₃	2.80	2.44044	.261
I ₂	I ₄	-4.02	2.44044	.111
I ₃	I ₄	-6.82*	2.44044	.009

* $p < .05$, ** $p < .01$ p 유의확률

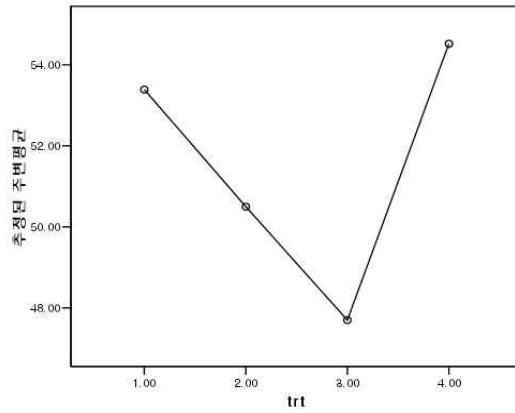


그림 2. 알파파의 추정된 주변 평균

정된 주변평균을 나타낸 프로파일 도표이다.

지금까지의 분석 결과는 대뇌피질의 전체적인 영역에서 알파파의 활성도를 비교한 것으로 어떤 대뇌피질 영역에서 알파파 활성의 변화가 나타나는지는 알 수 없다. 따라서 어떤 대뇌피질 영역에서 알파파 활성이 처치 간에 차이가 나타나는지를 확인하기 위하여 채널별 알파파 파워스펙트럼 값의 일원반복측정분산분석을 실시하였고, 분석 결과는 <표 6>과 같다.

일원반복측정분산분석 결과, 처치 간에 유의한 차이가 나타난 채널은 T₃ 채널로 이는 좌측 측두엽에 해당한다($F(3, 27) = 2.974, p < 0.05$). 즉 처치에 의해 주로 영향을 받는 부위는 좌측 측두엽으로 이곳은 언어적 정보처리를 주로 담당하는 것으로 알려져 있는 부위이다. 따라서 언어적 지식을 떠올리는 과정에서 좌측 측두엽이 주로 영향을 받은 것으로 보인다. 구체적으로 어떤 처치 간에 차이가 나타나는지를 확인하기 위한 T₃ 채널의 알파파 TRP의 사후 분석 결과는 <표 7>과 같다.

분석 결과 T₃ 채널의 I₁-I₃에서 알파파 TRP의 평균차가 .0787로 유의한 차이가 나타났다($p = .006$). 즉 컴퓨터 관련 창의적 사고 과정 시 기준 상태에 비해 알파파의 활성이 유의하게 낮아짐을 확인할 수 있다. 하지만 일반적 사고 과정이나 미술 관련 창의적 사고 과정 시에는 알파파 TRP의 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 전문 분야에서는 지식에 의해 언어적 정보처리를 담당하는 좌측 측두엽의 알파파

표 6. 채널별 알파파 TRP의 반복설계 통계 분석 결과

채널	분산원	SS	df	MS	F	p
Fp1	처치 간	.010	3	.003	.867	.470
	대상 간	1.281	9	.142	38.297	.000
	오차	.100	27	.004		
	전체	10.504	40			
Fp2	처치 간	.012	3	.004	1.181	.336
	대상 간	1.260	9	.140	41.086	.000
	오차	.092	27	.003		
	전체	10.775	40			
F7	처치 간	.007	3	.002	.644	.593
	대상 간	1.079	9	.120	33.924	.000
	오차	.095	27	.004		
	전체	10.825	40			
F8	처치 간	.013	3	.004	.806	.501
	대상 간	1.195	9	.133	23.834	.000
	오차	.150	27	.006		
	전체	10.589	40			
F3	처치 간	.010	3	.003	2.112	.122
	대상 간	.972	9	.108	67.602	.000
	오차	.043	27	.002		
	전체	12.551	40			
F4	처치 간	.013	3	.004	1.444	.252
	대상 간	1.204	9	.134	43.174	.000
	오차	.084	27	.003		
	전체	12.949	40			
C3	처치 간	.007	3	.002	1.664	.198
	대상 간	1.108	9	.123	82.732	.000
	오차	.040	27	.001		
	전체	12.457	40			
C4	처치 간	.015	3	.005	1.255	.310
	대상 간	1.116	9	.124	30.644	.000
	오차	.109	27	.004		
	전체	12.026	40			

P ₃	처치 간	.006	3	.002	.807	.501
	대상 간	1.116	9	.124	54.180	.000
	오차	.062	27	.002		
	전체	14.088	40			
P ₄	처치 간	.002	3	.001	.196	.898
	대상 간	1.376	9	.153	54.112	.000
	오차	.076	27	.003		
	전체	13.437	40			
O ₁	처치 간	.003	3	.001	.296	.828
	대상 간	1.266	9	.141	46.596	.000
	오차	.082	27	.003		
	전체	14.133	40			
O ₂	처치 간	.006	3	.002	.633	.600
	대상 간	1.688	9	.188	62.958	.000
	오차	.080	27	.003		
	전체	14.182	40			
T ₃	처치 간	.032	3	.011	2.974*	.049
	대상 간	.805	9	.089	25.294	.000
	오차	.095	27	.004		
	전체	8.063	40			
T ₄	처치 간	.051	3	.017	2.656	.069
	대상 간	.959	9	.107	16.730	.000
	오차	.172	27	.006		
	전체	7.493	40			
T ₅	처치 간	.002	3	.001	.135	.938
	대상 간	1.044	9	.116	25.725	.000
	오차	.122	27	.005		
	전체	12.469	40			
T ₆	처치 간	.004	3	.001	.368	.776
	대상 간	1.605	9	.178	46.350	.000
	오차	.104	27	.004		
	전체	13.496	40			

* $p < .05$, ** $p < .01$, SS: 제곱합, df : 자유도, MS: 평균제곱, p : 유의확률

표 7. T3 채널 알파파 TRP의 사후 분석 결과

처치	처치	처치간 평균차	표준오차	<i>p</i>
I ₁	I ₂	.0381	.02660	.164
I ₁	I ₃	.0787*	.02660	.006
I ₁	I ₄	.0299	.02660	.271
I ₂	I ₃	.0406	.02660	.139
I ₂	I ₄	-.0082	.02660	.760
I ₃	I ₄	-.0488	.02660	.078

* *p* < .05, ** *p* < .01 *p* 유의확률

활성이 억제됨을 의미하고, 창의적 사고 과정 시 지식에 의해 알파파의 활성이 낮아진다는 것을 의미한다.

종합 논의

오랫동안 이어져온 지식과 창의성의 관계를 뇌과학적인 방법으로 알아보고자 본 연구에서는 컴퓨터 전문가 그룹을 대상으로 전문 분야와 관련된 창의적 소설 쓰기 및 비전문 분야와 관련된 창의적 소설 쓰기 과제를 부여하여 발상하는 동안에 나타나는 뇌파의 변화를 EEG로 측정하고 알파파 활성 분석을 수행하였다.

설계된 실험은 언어적 지식이 창의성 발현에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 것이었으며 창의적 사고의 수행 여부를 검증하기 위해 설명문과 소설의 산물창의성 검사를 실시한 결과, 설명문과 소설에서 창의성 점수는 유의한 차이가 나타나 피험자의 창의적 노력을 검증할 수 있었다. 산물창의성 검사 결과는 피험자들의 작업 결과에서 설명문보다 소설에서 창의성 점수가 유의하게 높게 나타나 피험자들은 전문 영역과 비전문 영역의 창의적 과제에서 적절한 창의적 사고 과정을 거쳤음을 확인할 수 있었다.

또한 세타파, 알파파, 베타파, 감마파의 TRP 분석 결과에서는 알파파에서만 처치

간에 유의한 차이가 나타났는데 이는 창의적 사고와 관련이 있는 뇌파는 알파파라는 기존의 연구[12, 15-22] 결과와 일치하므로 본 연구의 결과가 타당함을 보여 주었다. 마찬가지로 알파파의 사후 분석 결과에서는 안정 상태에 비해 컴퓨터 관련 창의적 사고 과정 시 알파파의 활성이 낮아졌고, 미술 관련 창의적 사고 과정 시 알파파의 활성은 높아지는 현상을 관찰함으로써 전문 분야에서 창의적 사고가 억제되고, 비전문 분야에서 창의적 사고가 활발해진다는 결론을 내릴 수 있었다. 이는 지식과 창의성의 관계에서 지식이 창의적 사고를 방해한다는 긴장적 관점 (tension view)[3-5]을 지지하는 연구 결과로 볼 수 있다.

대뇌피질의 어떤 부위에서 차이가 발생하는지를 알아보기 위해 수행된 채널별 EEG 알파파 TRP를 분석한 결과, 주로 측두엽에서 차이가 나타났고 특히 좌측 측두엽에 해당하는 T₃ 채널에서 알파파 TRP의 유의한 차이가 나타났는데 이 부위는 언어적 정보처리를 담당하는 영역으로 알려진 위치이므로 본 연구가 목적으로 하는 언어적 지식이 창의성 발현에 미치는 영향과 관련된 측정이 정확하게 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

결론적으로 이러한 일련의 연구 결과들은 뇌파를 활용한 창의성과 지식의 관계에 관한 실험에서는 긴장적 관점과 토대적 관점의 논의 중 긴장적 관점을 지지하는 것으로 해석될 수 있다. 이 같은 결론과 더불어 본 연구가 지니는 의의는 창의성과 지식의 관계에 관한 연구에 있어서 뇌과학을 이용한 생물측정학적 접근이 유용하게 활용될 수 있음을 시사한다. 따라서 유사한 인간의 정신 작용과 관련된 많은 연구 분야에 있어서 EEG, fMRI, DTI, PET 등과 같은 뇌과학적 기법들을 적용함으로써 기존의 연구 방식이 지니고 있는 제한점을 보완할 수 있는 가능성을 보였다고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko, and J. L. Singer, *Creativity: From potential to realization* (American psychological association, Washington, USA, 2004), pp. 3-19.
- [2] R. W. Weisberg, *The handbook of creativity*(Cambridge University Press, Cambridge, UK,

- 1999), pp. 226-250.
- [3] P. A. Frensch, and R. J. Sternberg, "Expertise and intelligent thinking: When is it worse to know better?," *Advances in the psychology of human intelligence*, vol. 5, pp.157-188, 1989.
- [4] A. S. Luchins, and E. H. Luchins, *Rigidity of behavior* Eugene(University of Oregon Press, Oregon, US, 1959).
- [5] T. Ward, *The creative cognition approach*(MIT Press, Cambridge, UK, 1995), pp. 157-178.
- [6] J. R. Hayes, *Handbook of creativity*(Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1989), pp.135-146.
- [7] Weisberg, R. W., 김미선, 송인섭 역, **창의성: 문제 해결, 과학, 발명, 예술에서의 혁신**(시그마프레스, 서울, 2009), pp. 222-297.
- [8] J. A. Plucker, and J. S. Renzulli, *The handbook of creativity*(Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1999), pp. 35-61.
- [9] S. Bailin, *Achieving extraordinary ends: An essay on creativity*(Dordrecht, Boston: Kluwer Academic, 1988).
- [10] D. K. Simonton, *Genius, creativity and leadership: Historiometric inquiries* Harvard University Press. Cambridge, UK, 1984).
- [11] 조주연, "뇌과학에 기초한 창의성 교육의 원리와 방향," **학생생활연구, 제 27 권**, pp. 115-141, 2001.
- [12] A. Fink, B. Graif, and A. C. Neubauer, "Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers," *NeuroImage*, vol. 46, no. 3, pp. 1-27, 2009.
- [13] A. L. Berkowitz, and D. Ansari, "Expertise-related deactivation of the right temporal junction during musical improvisation," *NeuroImage*, vol. 49, pp. 712-719, 2010.
- [14] R. A. Chávez-Eakle, A. Graff-Guerrero, J. García-Reyna, V. Vaugier, C. Cruz-Fuentes, "Cerebral blood flow associated with creative performance: a comparative study," *NeuroImage*, vol. 38, pp. 519 - 528, 2007.
- [15] N. Jausovec, "Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative, and average individuals while solving complex problems: an EEG study," *Intelligence*,

vol. 28, pp. 213 - 237, 2000.

- [16] A. Fink, R. H. Grabner, M. Benedek, A. C. Neubauer, "Divergent thinking training is related to frontal electroencephalogram alpha synchronization," *Eur. J. Neurosci.* vol. 23, pp. 2241 - 2246, 2006.
- [17] A. Fink, M. Benedek, R. H. Grabner, B. Staudt, A. C. Neubauer, "Creativity meets neuroscience: experimental tasks for the neuroscientific study of creative thinking," *Methods*, vol. 42, pp. 68 - 76, 2007.
- [18] M. Jung-Beeman, E. M. Bowden, J. Haberman, J. L. Frymiare, S. Arambel-Liu, R. Greenblatt, P. J. Reber, and J. Kounios, "Neural activity when people solve verbal problems with insight" *PLOS Biol.* vol. 2, pp. 500-510, 2004.
- [19] O. M. Bazanova, L. I. Aftanas, "The individual alpha activity indices as predictors of fluency, flexibility and originality of nonverbal creativity," *Int. J. Psychophysiol.* vol. 69, pp. 178, 2008.
- [20] O. M. Razumnikova, "Creativity related cortex activity in the remote associates task," *Brain Res. Bull.* vol. 73, pp. 96 - 102, 2007.
- [21] C. Martindale, *The handbook of creativity*(Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1999). pp. 137-152.
- [22] S. Sandkühler, "J. Bhattacharya, Deconstructing insight: EEG correlates of insightful problem solving," *PLoS ONE*, vol. 3 no. 1, 2008.
- [23] A. Fink, M. Benedek, R. H. Grabner, B. Staudt, A. C. Neubauer, "Creativity meets neuroscience: experimental tasks for the neuroscientific study of creative thinking," *Methods*, vol. 42, pp. 68 - 76, 2007.
- [24] H. A. Jasper, "The ten-twenty system of the international federation.," *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, vol. 10, pp. 371-375, 1958.
- [25] S. P. Besemer, "Creative product analysis matrix: testing the model structure and a comparison among products-three novel chairs," *Creativity Research Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 21-32. 1998.
- [26] 김영록, 이순목, "한국판 창의적 산물 평가 도구의 개발 및 구조 확인," **한국심리학회지: 산업 및 조직**, 17(3), pp. 305-327, 2004.

- [27] N. Srinivasan, "Cognitive neuroscience of creativity: EEG based approaches," *Methods*, vol. 42, pp. 109-116, 2007.

1차원고접수 : 2010. 1. 11

2차원고접수 : 2010. 8. 3

최종게재승인 : 2010. 8. 26

(*Abstract*)

Expertise-Related EEG Alpha Deactivation of the Left Temporal Lobe during Creative Writing Improvisation

Soon Hwa Kim

Ki-Sang Song

Department of Computer Education, Korea National University of Education

Psychological research on the relationships between creativity and knowledge can be divided into two main streams, called tension view and foundation view. However most of the studies in this area have been too much focused on creative products which had a limit in investigating creative processes. In this study, to identify the relationships, we employed neuro-scientific approaches to investigating EEG (electroencephalogram) activity from professional computer programmers(n=10). Also the EEG alpha TRP (task related power) was compared with each other. The procedures including resting conditions with eye closed were followed by ordinary thinking process, creative thinking processes in a professional domain and a nonprofessional domain. As a result of EEG activity analysis, alpha deactivation was observed mainly in temporal lobe, especially in left-temporal lobe during creative thinking process of professional domain. The findings suggest that neuro-scientific approach supports the tension view, suggesting that the knowledge could hinder creativity.

Keywords : Creativity, Knowledge, Creative Process, EEG, Alpha Deactivation, Left Temporal Lobe