韓國數學敎育學會誌 시리즈 A <數學敎育>
http://dx.doi.org/10.7468/mathedu.2016.55.3.383
2016. 8. 제 55권, 제 3호, 383-396.

J. Korean Soc. Math. Ed. Ser. A:
The Mathematical Education
August. 2016, Vol. 55, No. 3, 383-396.

비심리적 처치프로그램에 의한 고등학생 수학불안집단 간의 뇌파 연구

고상숙(단국대학교)†
이창연(단국대학교 대학원)

Ⅰ. 서론

PISA(Programme for International Student Assessment)와 같은 국제평가에서 낮은 성취를 보인 정의적 영역은 2015 개정 수학과 교육과정의 핵심역량 중 '수학적 태도 및 실천'에 포함되어, 수학학습에서 인지적 성취뿐만 아니라 정의적 성취를 위한 노력으로 강화되고 있다. 이런 정의적 영역의 중요성과 함께 학습부진의 요인을 수학불안에서 찾으려는 연구가 다수 이루어졌다 (cf., 이종희, 김수진, 2010; 김영옥, 2009; 한혜숙, 최계현, 2013).

근래에는 기술공학의 발달로 뇌 영상 기술이 날로 향상되어 연구자들은 단기·장기 기억체계와 학습에 대한 감정의 영향, 언어를 어떻게 습득하는지, 읽는 방법을 뇌가 어떻게 학습하는지에 관한 더 많은 지식을 얻게 되었고, 산술에서 수학적 연산과 관련된 신경 메커니즘을 연구하기 시작하였다(Sousa, 2015). 수학에서는 주로 산술과제로써 단순한 덧셈, 뺄셈 계산에서부터 받아올림이 있는 복잡한 계산까지를 사용하여 뇌의 어떤 영역이 활성화되는지 또는 어떤 뇌파의 특성을 지니는지와 같은 연구가 이루어졌다(cf., Colome 외, 2013; Waiseman 외, 2014; Norton, 2014).

이 중 Norton(2014) 연구는 학생들이 손가락을 활용하여 계산을 할 때 공간지각 능력과 관련된 뇌 영역이 활성화되는데, 학생들이 머리로 그 생각을 하며 문제를 해결할 때에도 실제로 손가락을 쓸 때와 같은 영역의 뇌가 활성화된다는 것을 밝혔다. 학생들의 손가락 활용의 뇌 영역이 분수계산에서도 중요한 역할을 하는 것임을 알 수 있었다. Sheffield 외(2007)는 뇌 연구를 통해 높은 수학 불안을 가진 참가자들이 받아 올림 연산을 해결할 때 자극이 위협으로 인식되는 불안들, 특히 공포증에서 나타나는 뇌파의 패턴을 보인다고 밝힌 바 있다.

수학불안과 관련된 뇌 연구는 주로 심리학자 또는 교육심리학자들에 의해 수행되었는데 일반적으로 수학을 '수학 = 계산'으로 인식하는 경향으로 인해 대부분의 연구들이 연구대상들의 수학적 수준에 상관없이 덧셈, 뺄셈의 복잡성만을 감안한 계산과제가 주로 사용하였다. 이처럼 수학의 다양한 영역에서 수학불안을 지닌 학생들이 어떻게 반응하는지에 대한 연구는 아직 미미하다. 나아가 수학교육자가 개발한 처치프로그램을 적용하여 수학불안 집단들의 변화에 대한 뇌 기반 연구는 더욱 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 연구대상자들을 수학불안이 높은 집단(HMA)과 낮은 집단(LMA)으로 나누고, 함수 영역에 관한 처치프로그램을 적용한 후, 뇌파를 측정하여 이들을 비교하고자하였다. 이를 위해 다음과 같은 연구문제가 설정되었다.

첫째, 함수에 관한 비심리적 프로그램을 수행한 후, 함수 과제별 수학불안 집단들의 정답률과 반응시간과 뇌파는 어떤 차이를 나타내는가?

둘째, 함수에 관한 비심리적 프로그램을 수행한 후, 수학불안 집단별로 함수 과제에 대한 정답률과 반응시간과 뇌파는 어떤 차이를 나타내는가?

---

* 접수일(2016년 2월 18일), 수정일(1차: 2016년 5월 10일, 2차: 2016년 6월 7일, 3차: 2016년 8월 16일), 게재확정일(2016년 8월 26일)
* ZDM분류 : D84
* MSC2000분류 : 97D99
* 주제어 : 뇌 기반 연구, 함수과제, 수학불안, 뇌파측정, EEG, 비심리적 처치프로그램, 근접발달영역이론
* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5A2A01011692).
† 교신저자

2. 연구의 제한점

1) 기기에 의한 측정은 연구수행에 있어서 매우 중요한 부분이다. 뇌파 측정을 위해 학교현장에 대상자를 만날 수 있는 공간을 마련하고, 대상자를 확보하는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 대부분 학교현장에는 오래된 학교일수록 공간의 여유가 없고, 대상자 중 제한된 공간에서 과제에 집중하는 것에 두려움을 가지고 있는 학생들(claustrophobia)이 있을 수 있으며, 대상자를 확보하였다고 하여도 측정순간 대상자의 심리적 상태가 뇌파 측정에 민감하게 반응하기 때문에 일관성이 없는 불안정한 자료는 분석에서 제거할 수밖에 없다. 이처럼 과제 수행상 어려움이 많다는 것은 여러 선행연구에서도 알 수 있다. Thomas 외(2012) 연구에서는 10명의 소수 대학생들을 대상으로 함수적 과제에서 fMRI를 측정했는데, 측정과정에 대한 보고에서 이러한 고충을 짐작할 수 있다.

2) 뇌파측정을 위해 10초가량 소요되는 과제를 다수 구성하여 모니터로 제시하고 키보드로 답할 수 있도록 개발하여야 한다. 이 과제를 스트룹 과제(stroop task)라 하는데, 이런 과제 제작이 연구수행 과정의 중요한 부분을 차지한다. 적절한 시간간격을 유지하며 수학의 함수 표상들을 주어 진행되는 본 연구의 과제 개발과 컴퓨터상의 구현에는 수학교육의 내용 지식과 공학도구 사용에 대한 전문성이 요구된다.

3) 위 1)에서 제기된 대상자 확보의 어려움은 양적분석을 위한 자료의 수집의 어려움으로 이어진다. 이에 대한 대안으로 소수 연구대상에 대한 정성적 서술이 혼합적으로 유용하게 사용된다. 의학 관련 여러 학술지에서는 질병의 유형과 처치의 효과에 대해 (특히 희귀병일 경우 더욱) 소수의 대상자로도 기술되고 있음을 상기할 필요가 있다.

4) 본 연구는 비심리적 처치프로그램에 의한 학생들의 인지적 효과에 대해 사후검사를 실시하지 않았다. 측정과제에서 함수표상 간의 전환에 대한 학생들의 정답률에 인지적 이해정도가 포함되어 있기 때문이다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 함수의 표상

함수는 세 가지 표상(representation))이 주로 다루어진다. 함수개념의 복잡성 중에 대표적 무리(Exemplar Clusters)로 Akkoc & Tall(2002)은 표(table), 그래프, 식(formula)을 분류하였다. 그리고 이런 표상을 이유빈, 조정수(2015)의 연구에서는 Kosslyn(1994)이 서술표상과 묘사표상으로 구분한 것을 언급하였다. 서술표상은 상징을 사용하여 나타내는 표상으로서 S=D/T(S: 속도, D: 거리, T: 시간) 또는 함수식 $y=ax$와 같은 것으로써 비교적 일반화와 추상화에 사용된다. 반면, 묘사표상이란 아이콘을 사용하여 제시하는 것으로써 구체적이고 세부적인 곳에 사용된다. 그러므로 서술표상이 묘사표상보다 좀 더 표상 측면에서 강하다고 하였다.

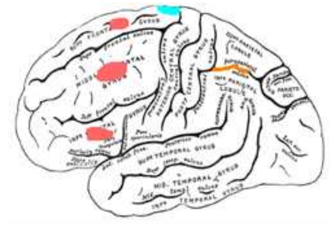
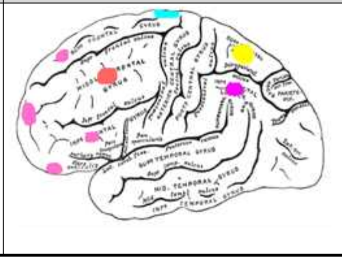
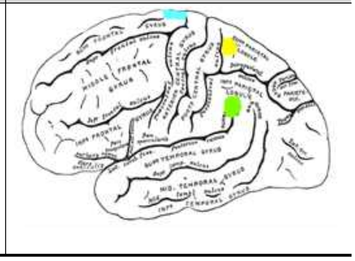
2. 수학교육에서 뇌 관련 연구

Skemp(2000)는 사고를 눈으로 볼 수 없었지만 어떤 사실을 아는 것과 그 사실이 어떻게 성립하는지를 아는 것은 다르다며 지능을 직관적 지능과 반영적 지능으로 구분하였다. 또한 그는 수학을 학습할 때 시각적 기호와 언어적 기호가 사용되며, 이들 수학적 기호는 뇌의 기능과 관련 있다고 일찍이 주장하였다. 그는 두 가지 기호를 모두 활용한 수학교육을 주장하였다.

[표 1] 좌·우뇌 기능(Skemp, 2000, p. 143)
[Table 1] Functions of left & right brains(Skemp, 2000, p. 143)

좌뇌의 기능	우뇌의 기능
언어적	시각-공간적
논리적	유추적, 직관적
분석적	종합적
선형적	총체적
순서적	동시적, 다중 처리
개념적 유사성	구조적 유사성

국내에서 신경생리학 또는 뇌기반이란 주제어를 사용한 수학불안에 관한 연구는 2000년 이후 시작했다고 볼 수 있는데, 심슬기, 이광호(2010)는 뇌선호도에 따른 수학불안 정도를 조사하였다. 이들 연구는 고등학교 2학년을 대상으로, 학생들의 좌뇌, 우뇌 선호도는 Wonder & Donovan(1984)가 개발한 뇌성향 검사지인 WPT(whole brain thinking)의 개정판인 BPI(brain preference indicator)를 번역하여 조사하였고, 수학불안요인은 검사

등분제(partitioning)	포함제(iterating)	나눔제(splitting)
		

[그림 1] 분수계산에 사용되는 뇌 영역(Norton, 2014)
[Fig. 1] Brain Regions for Fractions(Norton, 2014)

지(이미림, 2007)를 사용하여 함께 측정하였다. 기기를 사용한 연구는 아니지만 검사지를 통해 좌뇌 선호도가 높은 학생, 우뇌 선호도가 높은 학생으로 구분하여 수학불안 요인을 찾은 것으로 의의가 있다.

한편 수학교육에서 기기를 사용한 연구로는 Norton (2014)을 꼽을 수 있는데 그는 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging [fMRI])를 이용하여 다른 종류의 산술과제인 등분제(partitioning), 포함제(iterating), 나눔제(splitting[1])를 해결할 때 활성화되는 뇌의 영역을 조사하였다. 세 가지 과제에서 supplementary motor area(SMA)는 모두 활성화 되었지만, 좌우반구 앞쪽의 intraparietal sulcus(IPS)가 다르게 활성화됨을 알 수 있다. splitting 과제는 전두엽에서 활성화되지 않고 왼쪽 앞부분의 superior parietal lobule과 언어처리와 관련된 supramarginal gyrus가 활성화되었다. 왼쪽 앞부분의 superior parietal lobule이 활성화 되었다는 것은 먼저 구성되는 partitioning과 iterating을 기반으로 splitting이라는 수학 지식을 구성했음을 의미하는 것이다.

끝으로 Sousa(2015)는 선행연구(c.f., Luna 외, 2001; Gogtay 외, 2004; Nagel 외, 2013)를 바탕으로 청소년들의 뇌와 수학학습의 관련성을 [표 2]와 같이 제시하였다.

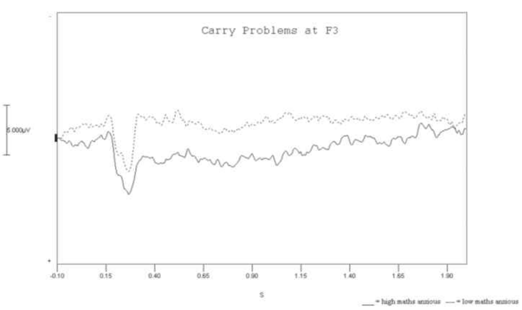
3. 수학불안증에 관한 뇌 기반적 접근

인지와 정서는 뇌에서 통합되기 때문에 불안한 경험에 대한 정서 반응이 학습을 방해한다(김두정, 2010). Hopko 외 (1998)는 수학불안이 있는 사람은 작동기억 자원이 과제에 무관한 답에 사로잡히는 불완전한 제어 메커니즘을 가지고 있다는 것을 알아내었다. Sheffield와 Hunt (2007)는 알파벳 철자 6개와 산술문제를 수행하게 하는 이중과제방법론(dual task methodology)을 이용하여 산술과제와 같은 작동기억을 요구하는 과제가 동시에 수행된다면, 주된 산술과제의 수행능력에서 차이가 있음을 확인하였다. 즉 이중과제에서, 복잡한 문항을 계산하는데 수학불안이 높은 참여자들이 가장 정확성이 낮게 응답을 하였다. 또한 받아올림 연산을 포함하는 산술문제에 대한 ERP 진폭 초기에서 높은 수학 불안을 가진 사람에게 더 많은 양전위가 있었음을 보였다([그림 2]). 초기 파형 차이는 높은 수학불안을 가진 개개인이 문제난이도를 초기에 어렵게 인식하고, 더 많이 뇌가 활성화된 것을 뜻한다(Sheffield 외, 2007). 하지만 이들 연구들은 수학불안을 낮추기 위한 방안에 대해서 타 연구의 결과를 인용하였을 뿐, 수학교육적 처치에 관한 명확한 방향은 제시하지 않았다.

1) 등분제와 포함제 둘 다를 사용하는 분수계산을 뜻하는 말.

[표 2] 청소년의 뇌와 수학학습의 관련성
[Table 2] The relationship between youngsters'brain & mathematical learning in Adolescent Brain Development and Some Implications(Sousa, 2015, p.129)

뇌 연구 결과 (Research Finding)	수학학습에 대한 결과 (Possible Implications for Learning Mathematics)
사춘기 이후부터 필요하지 않거나 건강하지 않은 뉴런은 파괴되기 때문에 20살~22살까지 회백질의 용량은 계속 감소한다. 반면에 신호를 보호하고 전달을 강화하기 위해 미엘린(myelin)이 뉴런을 둘러싸기 때문에 백질은 두꺼워진다.	신경네트워크가 전두엽에서 강화되기 시작함에 따라 학습자들은 귀납적이거나 연역적 추론을 요하는 복잡한 문제를 해결하려고 씨름할 수 있다.
시각과 언어처리 영역과 관련된 측두엽의 일부는 일찍 성숙하지만 일부 영역은 가장 마지막에 성숙된다.	측두엽은 주로 청각처리를 책임지지만 또한 시각적인 대상을 식별하고 대상에 어울리는 어휘와의 조합에도 기여한다. 나이 많은 청소년은 어린 청소년과 비교해서 평면과 대상에 이름을 붙이고 식별하는 것을 더 잘 할 수 있다.
문제를 푸는 동안 청소년은 어른보다 더 많은 전두엽의 영역을 사용한다.	전두엽의 과로는 문제를 푸는 동안 이성적이기보다는 충동적이고 더 감성적인 반응을 하도록 이끈다.
(주로 전두엽에 위치한) 작업 기억은 천천히 성숙한다.	청소년은 자신의 작업 기억이 감당할 수 있는 범위를 초과하여 더 많은 변수와 요인이 포함된 복잡한 문제를 해결하는데 어려움을 가진다.



[그림 2] HMA와 LMA의 뇌파차이(Sheffield 외, 2007)
[Fig. 2] The difference of brain waves between HMA & LMA(Sheffield et al., 2007)

Ⅲ. 연구 방법

1. 검사지와 연구대상

고호경과 이현숙(2012)은 수학불안 검사지에 관한 선행연구로부터 탐색적 요인 분석을 통해 65개 문항의 수학불안 검사지 MASS(Mathematics Anxiety of Scales for Students)를 개발하였는데, 수학불안을 수학내적 요인, 학습방법 요인, 시험 및 성적 요인, 수학외적 요인으로 재분류하였다. 본 연구에서는 고호경과 이현숙(2012)의 검사지를 사용하였다.

연구대상은 평준화 지역인 경기도 수지구에 위치한 인문계 고등학교에서 협력교사가 담당하는 1학년 2개 반 중 뇌파측정과 본 연구에 지원한 41명의 학생이었으며 이들은 연구 참여에 대한 동의서를 제출하였다. 그러나 검사지에 의한 수학불안정도 사전검사를 분석하는 과정에서 답안 내용에 일관성이 없거나 한 가지 반응으로 모든 문항을 성의 없이 작성한 학생들을 제외한 총 39명만 분석에 사용되었다.

이들에 대한 수학불안정도 사전검사의 평균값은 수학불안이 '보통'이라 볼 수 있는 2.97이었다. 따라서 평균값 이상인 학생들을 수학불안이 높은 집단(HMA)으로, 미만인 학생들을 수학불안이 낮은 집단(LMA)으로 분류하였다. 수학불안의 요인별 분석결과에서 두 집단 모두 '성적 및 시험 요인'의 수학불안이 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, HMA 집단은 수학외적요인을 묻는 문항, 즉 친구/교사, 교수법, 사교육에 대한 문항에서 수학불안이 가장 낮았다. LMA집단은 학습전략요인을 묻는 문항, 즉 학습방법 및 경험, 자기통제, 그리고 동기유발을 묻는 문항들에서 덜 불안해하였다.

2. 비심리적 처치프로그램

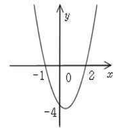
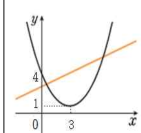
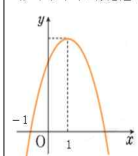
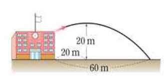
비심리적 처치프로그램은 심리적 불안처치와 대조되는 것으로 수학내용을 보강함으로써 수학불안의 감소를 꾀하고자 설계된 것을 일컫는다. 특히 본 연구에서는 수학적 사고 중 함수적 사고에서 함수의 그래프를 함수식으로 전환하는 능력을 보완하는 처치프로그램이다. 이는 함수의 표상 간 전환 시 학생들의 뇌파와 관련한 정답률과 반응시간에 대해 연구한 석영민(2015)과 Duval (2006)의 연구결과에 근거한 것인데, 학생들은 함수식에서 그래프로 전환할 때보다 그래프에서 함수식으로 전환할 때 어려움을 느낀다는 것이다. 따라서 그래프에서 함수식으로의 전환을 강화하는 총 4차시의 처치 프로그램을 개발하였다. 우선 프로그램이 시작되기 전에 진단문제를 통해 고등학교에 막 진학한 학생들의 함수개념에 대한 평가가 이루어졌는데, 학생들은 변수 간의 관계, 나아가 이차함수의 성질에 오류를 나타내었다.

[표 3] 집단들의 수학불안 요인별 결과
[Table 3] The group' scores in sub components of MASS

하위요인	세부요인	LMA	HMA
수학내적 요인	문제 해결력/수학 표상/수학적 의사소통/추상성	2.44	3.81
학습 요인	학습방법 및 경험/자기통제/동기유발	1.96	3.66
성적 및 시험 요인	성적/시험	2.71	4.09
수학외적 요인	친구(교사)/교수법/사교육	2.14	3.36

프로그램에서는 연구대상의 학교에서 사용하는 교과서(이강섭 외, 2009) 내용을 재구성하여 매 차시마다 기초문제[1], 기본문제[2], 처치문제[3], 도전문제[4]의 4가지 유형의 활동지와 문제해결을 돕는 힌트카드가 제작되어 제공되었다. 힌트카드는 각 문제마다 4~6개로 학생이 실제발달 영역에서 잠재범위까지 도달하도록 돕는 Vygotsky(1978)의 비계설정 이론을 근거로 제작하였다. 또한 힌트카드 사용에 있어 별도의 설명이 필요한 학생들에게 동료학생이나 교사의 도움을 받도록 하였다. 본 처치프로그램의 의도는 이차(또는 일차) 함수의 그래프에 대한 해석을 바탕으로 다른 표상을 찾아 해결하는 처치문제에 스며있다(부록 참고).

[표 4] 차시별 처치문제 제시
[Table 4] Remedy problems in each unit

아래 그래프를 y축으로 n만큼 평행이동하면 x축과 접한다. n의 값을 구하여라. 	아래 이차함수가 직선 $y=\frac{2}{3}x+k$과 서로 다른 두 점에서 만나도록 k값의 범위를 정하여라. 
$0 \le x \le 2$에서 아래 이차함수의 최댓값이 6일 때, 이 함수의 최솟값은? 	아래 그림과 같이 학교 건물 옥상에서 물 로켓을 비스듬히 쏘아 올렸더니 이차함수의 그래프 모양을 그리면서 날아가다가 지면에 떨어졌다. 물 로켓은 학교 건물로부터 20m 떨어진 지점에서 최고 높이 20m에 도달하였고, 60m만큼 떨어진 지점에서 지면에 떨어졌다. 이때 학교 건물의 높이를 구하여라. 

3. 연구절차와 분석

2015년 3월 마지막 주에 고등학교 1학년 두 개 학급을 대상으로 수학불안 검사지로 사전검사를 실시하였고, 이 결과를 바탕으로 수학불안이 높은 집단과 수학불안이 낮은 집단으로 분류하였다. 또한 이차함수에 관한 진단평가를 실시하여 학생들을 상, 하 수준으로 나누었다.

처치프로그램은 수학불안 집단에 상관없이 2주에 걸쳐 제공되었는데, 각 차시에서 하 수준의 학생들은 기초, 기본, 처치문제를 해결하고, 상 수준의 학생들은 도전문제까지 해결하도록 하였다. 처치 후 일주일에 걸쳐 뇌파를 측정하였다. 본 연구의 뇌파측정을 위한 과제는 예비연구[5]를 통해 마련하였다.

측정과제에 의한 자료 수집은 다음 측정절차에서 상세히 기술하기로 한다. 이렇게 수집된 EEG 자료는 E-prime 프로그램에 저장되었으며 ERP방법으로 뇌파를

1) 각 차시의 필수적인 수학적 내용을 확인하는 문제
2) 교과서에 주로 나오는 이차함수식을 제공하는 문제
3) 이차함수 그래프가 제공되는 문제로서 함수식으로 전환해야 해결되는 문제
4) 상수준의 학생들이 도전할만한 난이도 있는 문제
5) 산술 과제와 함수 과제를 해결할 때 대학생의 뇌파를 조사한 석영민(2015) 연구

제공하였다. 이 프로그램은 잡파를 필터링하게 되어있어 연구자가 의미있게 데이터를 수집하고 분석할 수 있다.

4. 스트룹(Stroop)[1] 과제와 측정절차

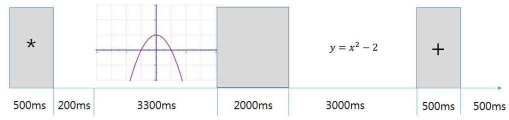
1) 스트룹 과제

산술 과제는 1~49까지의 숫자 두 개를 더하는 덧셈으로 20문항을 구성하였다. 산술 과제는 함수 과제에 뇌가 집중하도록 돕는 전조 단계이다. Thomas 외 (2010)는 그래프와 그래프, 함수식과 함수식, 함수식과 그래프, 그래프와 함수식 사이의 전환을 일차함수, 이차함수를 대상으로 하여 총 8가지 과제를 만들어 함수적 사고를 조사하였다. 하지만 Thomas 외 (2010)는 전조단계를 이끌어 줄 과제를 구성하지 않았다. 그로 인해 이차함수보다 학생들이 먼저 접하는 일차함수에서 더 어려워하는 결과를 나타내었다고 유추해볼 수 있다.

함수 과제는 Thomas 외 (2010)와 Waiseman 외 (2014)를 참고하여 $a=\{1, -1\}$, $p=0$, $q=\{-2, -1, 0, 1, 2\}$ 내에서 $a(x-p)^2+q=y$ 꼴의 이차함수로 구성된 두 종류의 과제를 만들었다. 그래프 - 함수식 과제(G 과제)는 그래프가 먼저 제시되어 함수식으로 전환하는 과제이고, 함수식 - 그래프 과제(F 과제)는 반대로 전환하는 서로 다른 표상 간의 전환과제이다.

산술과제 20문항, G 과제 20문항, F 과제 20문항으로 총 60문항의 과제를 학생들이 수행하는 동안 뇌파와 정답률과 반응시간이 측정되어 저장되었다. 예비연구를 거쳐 본 연구에서 시행된 G 과제에서 한 문항의 시간별 진행과정은 [그림 3]과 같다. 시작을 알리는 *모양이 500ms동안 나타나고 200ms간의 공백시간을 지나 3300ms동안 함수식이 제시되어 과제를 인식하고 기억하며 2000ms동안 공백시간 뒤 그래프가 제시된다. 이 때 3000ms동안 반응할 수 있는 시간이 주어진다. 즉, 그래프와 함수식의 대응이 일치하면 키보드의 숫자 1을 누르고, 일치하지 않으면 2를 누르는 반응을 하는 것이다. 그 반응이 저장되고, 문항이 끝났음을 알리는 +모양이 500ms동안 나타나고, 500ms간 공백시간을 가진 뒤 다음 문항으로 넘어간다.

[1] 뇌파측정을 위해 컴퓨터 모니터 상에 제시되는 과제



[그림 3] G 과제
[Fig. 3] The Task of G

2) 측정절차

본 연구는 뇌파(electro-encephalogram [EEG])를 측정하여 자료 분석에 활용하였다. EEG는 대뇌피질의 신경 세포군에서 발생한 뇌전기 활동의 총화를 체외로 도출하고, 이를 증폭해서 전위를 종축으로 시간을 횡축으로 해서 두피상에서 나타난 뇌파를 기록하는 것이다. 이때 두피 상에서 측정되는 뇌파의 전위변동은 약 1~60Hz의 주파수와 5~300μV(보통은 20~100μV)의 전위변동을 나타낸다. 뇌파는 어떠한 질병을 찾아내는 것이 아니라, 뇌의 기능적 변화를 나타내는 것이다. 특히, 뇌의 활동성이 약해지고 있는가, 반대로 높아지고 있는가 즉, 뇌의 활동수준을 나타내는 객관적 지표로는 현재 뇌파이상 예민한 것은 없다(이광우, 김대식, 최장욱, 2001). 또한, EEG는 장비의 탈착이 간편하고 좀 더 개방된 실험공간을 가질 수 있다는 장점과 더불어 학교현장에서 쉴드룸을 만들어 측정할 수 있고 잡파를 제어할 수 있는 프로그램을 통해 통제가 가능하다.

측정 기계는 Brain Products 사의 Brain Vision Standard V-AMP를 사용하였다. 뇌파측정은 시각자극을 이용한 사건관련 유발전위(ERP) 측정법을 이용하였다. 측정 전극은 16채널을 이용하였으며 추가로 양쪽 귀에 저항 전극을 부착하여 시행되었다. 측정을 위한 소프트웨어로 Brain Vision standard사의 Professional Recorder로 뇌파를 관찰하였으며, 분석프로그램은 E-prime의 Analyzer를 사용하였다.

측정과정은 실험대상자가 입장한 후 뇌파측정기를 착용하고, 뇌파가 저장되는 연구자의 컴퓨터에 뇌파가 끊이지 않고 안정감 있게 나타나도록 전극을 조정하는 시간과 학생의 심적 상태가 뇌파에 민감하게 반응하기 때문에 눈을 감고 심호흡을 하게 하여 심적 안정감을 가지게 하는 시간이 주어졌는데, 이 과정이 학생당 10분 정도 소요되었다. 뇌파가 안정되면 E-prime 프로그램을 통해 산술과제와 함수과제를 수행하는 동안 자료를 저장

하였다. 이 때 산술과제는 뇌 작동에서 학생들의 함수과제에 대한 집중도를 높이기 위해 과제시작에 초대되는 전조 과제여서 본 연구의 의미와는 큰 관련이 없다. 각 학생은 모니터에 제시되는 과제를 주시하면서 반응하게 되는데 대략 한 문항을 해결하는데 10초 정도로 모두 60문항이므로 총 600초(10분)가 소요되며, 따라서 측정을 마무리하는데 각 학생당 20분 정도가 소요되었다.

Ⅳ. 결과 분석 및 논의

1. 함수 과제별 수학불안 집단의 반응

1) 정답율과 반응시간

E-prime 프로그램에 의해 함수과제에 관한 학생들의 정답률과 반응시간의 평균값이 제공되었다. 사전에 조사한 수학불안 검사지에 의한 수학불안 점수와 함수과제의 정답률과 반응시간의 상관관계를 조사하였다. F 과제에서 수학불안 점수는 정답률과 $r=-.761(p<.5)$으로 높은 부적 상관관계를, 반응시간과 $r=.502(p<.5)$으로 양의 상관관계를 나타내었다. 반면에 G 과제에서 수학불안 점수는 정답률과 $r=-.516\,(p<.5)$으로 F 과제에서 보다는 약한 부적 상관관계를, 반응시간과 $r=.499(p<.5)$으로 역시 F 과제보다는 약해진 양의 상관관계를 보였다. 부적상관관계는 수학불안이 높을수록 정답률이 낮게 나타난다는 것을 뜻하는데 두 과제 중 F 과제에서 관계성이 더 크게 나타났다. 즉 F 과제가 수학불안감에 의해 부정적 영향을 더 크게 받는다는 것이며 반응시간에서는 두 과제 간에 큰 차이(0.003)가 없는 것으로 나타났다.

[표 5, 6]에 의하면 F, G 과제마다 LMA 집단의 정답률이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 수학불안이 낮은 그룹이 각 과제에서 정답률이 높은 것을 의미한다. 따라서 수학불안은 정답률에 영향을 미치는 매우 중요한 요인임을 알 수 있다.

[표 5] F 과제(괄호 안은 SD)
[Table 5] The Task of F

	정답률(%)	반응시간(초)
HMA	76(0.43)	1.806(1.74)
LMA	91(0.28)	0.968(0.57)

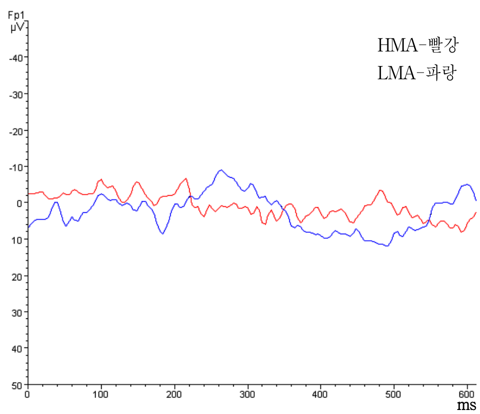
[표 6] G 과제(괄호 안은 SD)
[Table 6] The Task of G

	정답률(%)	반응시간(초)
HMA	77.5(0.42)	1.567(1.18)
LMA	89(0.32)	0.928(0.59)

2) 뇌파 분석

EEG는 대뇌 피질에 걸쳐 뉴런 집단의 활성을 측정하고, 각성도 또는 의식의 다른 상태를 모니터하고, 특히 뇌에서 어떠한 자극에 대해 반응의 결과로 나타나는 전위차인 event- related point(ERP, 사건 관련 전위)를 측정한다(Sheffield, 2007). 본 연구에서 학생들은 함수과제를 보면서 정답, 또는 오답에 대한 반응을 해나가는 과정에서 뇌파가 측정되었다.

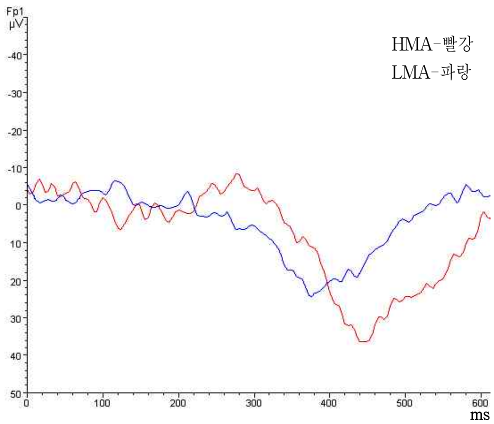
[그림 4]는 F 과제 즉, 함수식을 그래프로 전환하는 과제를 수행할 때 수학불안이 높은 집단(빨간색)과 수학불안이 낮은 집단(파란색)에 따른 뇌파의 결과이다. F 과제를 수행할 때, HMA집단과 LMA집단이 거의 뇌파의 차이가 없고 뇌파의 진폭도 완만하다. 두 그룹 모두 F 과제를 처리하는 과정에서 뇌의 사용이 적음을 알 수 있다.



[그림 4] F 과제를 수행할 때 뇌파
[Fig. 4] The brain waves of F task

[그림 5]는 G 과제 즉, 그래프를 함수식으로 전환하는 과제를 수행할 때 수학불안이 높은 집단(빨간색)과 수학

불안이 낮은 집단(파란색)의 뇌파를 측정한 것이다. G 과제를 처리하는 과정에서 두 집단 모두가 약 0.35~0.6초 후에 양전위가 가장 커져 이때 뇌가 기능했음을 알 수 있으며, HMA집단은 LMA집단과 비교하여 G 과제를 수행할 때 더 많은 뇌를 사용함을 알 수 있다.



[그림 5] G 과제를 수행할 때 뇌파
[Fig. 5] The brain waves of G task

2. 수학불안 집단별 함수 과제에 대한 반응

1) 정답율과 반응시간

[표 7, 8]에 제시된 정답률과 반응시간을 분석해보면 HMA 집단에서 G 과제에 대한 정답률이 더 높게 나타났고 반응시간은 더 짧게 나타났다. 반면에 LMA 집단에서는 예비연구인 석영민(2014)의 연구결과와 유사하게 F 과제의 정답률이 더 높게 나타났다. 처치프로그램을 투입하지 않았던 선행연구와 유사한 결과라는 것은 LMA 집단에서 처치프로그램의 의해 학생들이 변화를 보였다고 보기 어렵다는 것을 의미한다. 본 연구의 LMA 집단의 수학불안이 낮은 요인 중에 하나는 학습요인인데(표 III-1 참고), 이것은 학습전략에 관련된 것으로 이 학생들은 자기 주도적으로 학습하기 때문에 처치프로그램에 의한 변화가 크지 않은 것으로 해석할 수 있다.

[표 7] 수학불안 높은 집단(괄호 안은 SD)
[Table IV-3] The scores of HMA

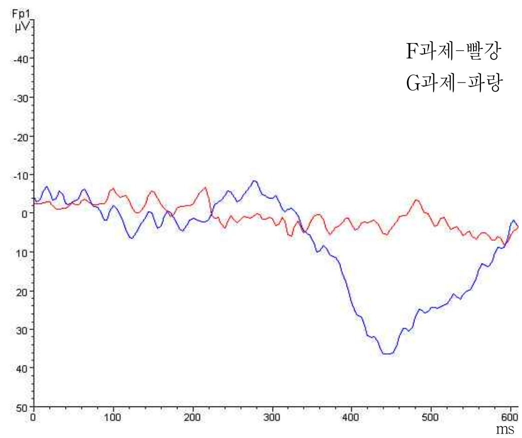
HMA	정답률(%)	반응시간(초)
F 과제	76(0.43)	1.806(1.74)
G 과제	77.5(0.42)	1.567(1.18)

[표 8] 수학불안 낮은 집단(괄호 안은 SD)
[Table IV-4] The scores of LMA

LMA	정답률(%)	반응시간(초)
F 과제	91(0.28)	0.968(0.57)
G 과제	89(0.32)	0.928(0.59)

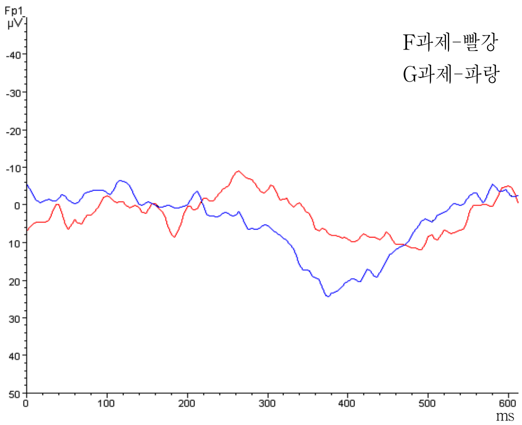
2) 뇌파분석

[그림 6]은 수학불안이 높은 집단에서 F 과제와 G 과제를 수행할 때 나타나는 뇌파이다. F 과제를 수행할 때는 뇌파의 진폭이 비교적 적었으나 G 과제를 수행할 때 약 0.35~0.6초 후에 양전위의 진폭이 가장 커지는 뇌파가 측정되었다.



[그림 6] HMA집단의 뇌파
[Fig. 6] The brain waves of HMA

[그림 7]은 수학불안이 낮은 집단에서 F 과제와 G 과제를 수행할 때 나타나는 뇌파이다. LMA집단은 두 과제 모두 약 0.35 ~0.6초에 양전위의 뇌파가 측정되었다. 그러나 G 과제에서 양극전위가 더 컸음을 알 수 있다.



[그림 7] LMA집단의 뇌파
[Fig. 7] The brain waves of LMA

V. 결론 및 제언

1. 함수 과제별 수학불안 집단의 정답률과 반응시간, 그리고 뇌파는 어떠한가?

수학불안정도와 과제간의 상관관계에서는 F 과제가 G 과제보다 정답률에서 부적 상관관계가 높게 나타났다. 즉 서술표상(식)에서 묘사표상(그래프)으로 전환이 묘사표상(그래프)에서 서술표상(식)으로 전환하는 것보다 수학불안에 의한 영향이 크다고 볼 수 있다. 특히 수학불안이 낮은 그룹이 각 과제에서 정답률이 높았다. 따라서, 수학불안은 정답률에 영향을 미치는 매우 중요한 요인임을 알 수 있다.

F 과제에서 HMA와 LMA 집단의 뇌파 변화는 서로 유사하다. 이것은 함수식에서 그래프로 전환하는 과제에서 수학불안의 집단 간에 별 차이가 없음을 나타낸다([그림 4] 참고). 그러나 G 과제에서 HMA와 LMA 집단의 뇌파 변화는 HMA 집단이 LMA 집단보다 양전위의 범위가 더 크고 깊음을 알 수 있다([그림 5] 참고). 즉 묘사표상에서 서술표상으로의 전환이 서술표상에서 묘사표상으로의 전환에 비해 뇌의 변화가 더 크다는 것이다. 이는 석영민(2015)의 연구에서 대학생을 대상으로 수행했던 함수과제 간의 뇌파 차이점과 일치한다. 다시 말해 이미지나 아이콘 등(하위수준)에서 기호화, 추상화(상위수준)로의 전환이 더 복잡한 작업 기억을 요한다는 것이다. 반면 그 반대는 상위 수준에서 낮아지는 것이므로 뇌 부하가 덜 한 것으로 이해된다. 수학은 학년이 올라갈수록 그림이나 이미지보다는 기호화 또는 상징화에 의해 문제를 해결하므로 뇌를 효과적으로 사용하게 되는 고등사고력을 필요로 하는 교과로서 타 교과와 수학이 비교되는 부분이다. 기호화와 상징화가 잘된 학생에게 시각적 자료는 하위개념으로써 매우 쉽게 인식되는 것이지만 반대로 기호화와 상징화가 아직 덜 된 학생에게는 시각적 자료에서 기호로 발달은 매우 많은 노력을 요하는 과정임을 알아야 한다.

2. 수학불안 집단별 함수 과제에 대한 정답률과 반응시간, 그리고 뇌파는 어떠한가?

HMA 집단에서 G 과제에 대한 정답률이 더 높게 나타났고 반응시간 역시 다소 짧게 나타났다. 이는 석영민(2015)의 선행연구 결과와 다른 것으로 처치프로그램의 효과로 보인다. G 과제를 강화한 비심리적 처치프로그램이 HMA집단에서 효과가 있었음을 뜻한다. 반면에 LMA 집단에서는 선행연구와 유사한 결과를 보였는데, 처치프로그램에 의한 영향이 적다고 할 수 있다. 이것은 본 연구에 참여한 학생들 중 수학불안이 낮은 집단의 학생들은 자신의 학습전략이나 학습방법에 자신감이 있다는 것을 보여준다. 즉 일반적인 양상인 G 과제의 정답률이 F 과제에서의 정답률보다 낮다는 결과를 보임으로써 어느 정도 자기주도적 수학학습을 하는 학생들은 수학불안 처치프로그램에 크게 영향을 받지 않았다고 할 수 있다.

또한 HMA 집단에서 F 과제를 수행할 때는 뇌파의 진폭이 비교적 적었으나 G 과제를 수행할 때 약 0.35~0.6초 후에 양전위의 진폭이 가장 컸다. 이때 뇌가 기능하여 많이 사용했음을 알 수 있다([그림 6] 참고). 수학불안이 낮은 집단에서 전환과제에 따라 큰 차이가 없어 보이나 G 과제에서 양전위의 진폭이 좀 더 나타났음을 알 수 있다([그림 7] 참고). 두 집단 모두 묘사표상에서 서술표상으로 전환하는 과제에 더욱 많은 뇌파변화를 보이고 있으며, 특히 수학불안이 높은 집단의 변화가 더욱 큰 것으로 보아 수학불안이 높은 학생들이 함수과제에서 자원을 비효율적으로 사용하고 있음을 알 수 있다. 따라서 뇌파의 변화는 처치프로그램의 효과보다는 과제의 특

성에 의해 변화를 보인다는 것을 알 수 있는데 수학불안이 높은 집단이 과제의 특성에 더 많이 영향을 받는다고 요약할 수 있다.

3. 비심리적 처치프로그램의 교수학습 의미

함수식과 그래프 표상 간의 자유로운 전환은 함수적 사고에서 매우 중요하다(Williams, 1998). 함수식 자체가 서술표상으로써 대수적으로 추상성이 더 강하고 함축적이어서 수학적 사고로 인식하기는 편리한 반면, 그래프는 묘사표상으로써 이미지를 동원한 표상이기에 이를 수학적 성질로 재인지하는 과정이 필요하다. HMA 집단의 학생들이 비심리적 처치프로그램을 통해서 묘사표상에서 서술표상으로 전환하는 G 과제를 효과적으로 처리할 수 있게 되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 비심리적 처치프로그램과 같이 G 과제 도입에 신중을 기하여 예제를 구성하고 제공하여 이에 대한 경험의 시간을 확고히 할 필요가 있다는 것을 시사한다. 즉, 그래프에서 함수식으로 전환하는 과정에 학생들의 이해를 돕기 위한 교수학적 전략들을 포함해야 함을 의미한다. 현재 사용하고 있는 교과서들을 살펴 본 결과 중학교와 고등학교 수학 교과서(cf., 김홍종 외, 2009; 계승혁 외, 2009)에서 F 과제를 G 과제보다 먼저 도입하고 F 과제에서 더 많은 예제를 할애하고 있어 학생들이 G 과제를 더 많이 경험할 수 있는 방안이 요구된다.

또한 본 연구의 비심리적 처치프로그램은 학생이 자기 주도적 학습이 가능하도록 함수적 사고에 대한 학습의 비계를 고려해서 힌트(문제 당 4~6개)를 구성하여 제공하였다. 수학은 위계성이 있기 때문에 힌트 구성이 용이하다. 따라서 교사는 비심리적 프로그램을 적용하여 학생들이 자기주도적으로 학습하고 궁극적으로 완전학습으로 나아가도록 도와주어야 할 것이다.

4. 후속연구에 대한 제언

선행연구가 많이 부족한 상황에서 이뤄진 본 연구의 결과를 바탕으로 후속연구에 대한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 수학불안에 대한 학생별 진단이 지필 검사지에 의한 분석에만 그치지 않고 EEG에 의한 뇌파 분석을 하여 두 측면에서 이를 규명해볼 수 있었다. 하지만 함수적 사고에 대한 EEG 측정에 의한 연구뿐만 아니라 fMRI 측정에 의한 연구도 필요하다. 국내에서 함수적 사고에 대한 fMRI 측정은 이루어진 적이 없다. 본 연구의 뇌파의 결과를 fMRI 측정을 통한 뇌 영역의 변화와 관련하여 분석해본다면 뇌의 역할을 더욱 구체적으로 이해할 수 있을 것이다.

둘째, 학생들은 그래프에서 함수식으로의 전환에 더 많은 어려움을 가지고 있기 때문에 함수적 사고를 개발하고자 할 때 이 부분에서 세심한 배려가 필요하다. 본 연구의 결과로써 수학불안이 높은 집단에서 비심리적 처치프로그램의 효과가 있었기 때문에 이를 활용한 처치프로그램을 더욱 다양하게 개발하여 수학불안이 높은 학생들의 수학불안을 감소시켜 나아가야 한다. 더 나아가 심리적과 복합적(혼합적) 처치프로그램의 개발도 앞으로 이루어져야 할 것이다.

셋째, 최근에 Norton(2014)이 분수계산에서 활성화되는 뇌 영역을 조사하였지만 뇌 측정 관련 연구는 그 동안 심리학 또는 의학 관련 연구자에 의해 산술과제에 대해서만 집중되어 왔다. 학생들이 수학영역별로 느껴지는 어려움이 다르기 때문에 수학 각 영역별에 따른 과제 구성이 필요하고 수학불안증도 이 영역별로 꾸준히 조사되어야 할 것이다. 또한 수학교육자들의 적극적인 참여가 필요하다.

넷째, 본 연구와 같은 뇌 기반 연구가 Waisman 외 (2010)의 연구처럼 우리나라의 수학학습의 다양한 집단들, 가령 수학 영재아, 부진아 또는 장애를 지닌 학생들 집단에 대해서도 필요하다. 더불어 이들 집단에서의 다양한 처치프로그램의 개발도 이루어질 필요가 있다.

다섯째, 뇌 기반 측정연구는 기기를 사용하기 때문에 전문연구원 양성과 연구비용이 추가적으로 요구된다. 이것은 연구수행에 핵심적인 부분을 차지하므로 테크니션을 포함한 전문인 양성과 연구비 지원에 적극적으로 투자가 이루어져야 한다. 최근 미국, 일본 등 여러 국가마다 뇌 연구에 이미 많은 투자가 이루어지고 있다. 우리나라도 뇌 기반 연구를 위한 연구 활동을 특히 교육 분야에서 적극 장려하여 구체적인 교육적 대안을 마련하는데 더욱 효과적으로 활용해야 할 것이다.

참 고 문 헌

고호경, 이현숙 (2012). 중・고등학생의 배경 변인에 따른 요인별 수학 불안의 차이. 한국학교수학회논문집, 15(3), 487-509.

Ko, H. K. & Lee, H. S. (2012). Difference in Mathematics Anxiety of Middle and high school students per Factor according to Background Variables. *Journal of the Korean School Mathematics Society, 15*(3), 487-509.

계승혁, 김홍종, 박복현, 남진영 (2009). 고등학교 수 1. 서울: 성지출판사.

Gae, S. H., Kim, H. J., Park, B. H., & Nam, J. Y. (2009). *Mathematics 1 for the High School.* Seoul: Seungji Publishing Company.

김두정(2010). 뇌 과학: 학교 교육과 교육과정에의 시사점. 교육과정연구 28(3), 127-145.

Kim, D. J. (2010). Brain science: Its implications for education and the school curriculum. *The Journal of Curriculum Studies 28*(3), 127-145.

김영옥(2009). 이공계 대학 신입생들의 수학불안과 수학학업 성취도와의 상관관계. 수학교육 48(4), 469-48.1

Kim, Y. O. (2009). The Relationship of Mathematics Anxiety and Achievement in Mathematics for the College of Engineering. *The Mathematical Education 48*(4), 469-48.1

김홍종, 계승혁, 오지은, 원애경 (2009). 중 3 수학. 서울: 성지출판사.

Kim, H. J., Gae, S. H., Oh, J. E., & Won, A. K. (2009). *Mathematics for 3rd Grade of Middle School.* Seoul: Seungji Publishing Company.

석영민 (2015). 뇌 기반 측정을 통하여 나타난 수학불안증의 특징: 함수적 과제를 중심으로. 단국대학교 석사학위논문.

Seok, Y. M. (2015). Features of mathematics anxiety shown through a Brain-Based Measurements. Master Thesis, Dankook University.

심슬기, 이광호 (2010). 좌우뇌선호도에 따른 수학불안에 관한 연구. 한국학교수학회논문집 13(3), 443-458.

Shim, S. K. & Lee, K . H. (2010). A Study on Math anxiety according to the features of brain preference. *Journal of the Korean School Mathematics Society, 13*(3), 443-458.

이강섭, 황석근, 김부윤, 심성아, 왕규채, 송교식 외 (2009). 고등학교 수학Ⅰ. 서울: ㈜미래엔.

Lee, K. S., Whang, S. G., Kim, B. Y., Shim, S. A., Wang, G. C., Song, G. S., et al. (2009). *Mathematics 1 for the High School.* Seoul: MiraeN Inc.

이광우, 김대식, 최장욱 (2001). 뇌파 검사학. 서울: 고려의학.

Lee, K. W., Kim, D. S., & Choi, J. W. (2001). *Electroencephalogram.* Seoul: Korean Medicine.

이미림 (2007). 중·고등학교 학생들의 수학불안 요인에 관한 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.

Lee, M. R. (2007). *An Analysis on factor of mathematics anxiety of middle school and high school students: among The 1st, 2nd and 3rd graders at middle school and The 1st and 2nd graders at high school.* Master Thesis, Korea National University of Education.

이유빈, 조정수 (2015). CAS 공학을 사용한 합성함수 수업에서 나타난 수학적 표상 전환 과정에 대한 분석. 학교수학 17(1), 19-33.

Lee, Y. B., & Cho, C,. S. (2015). Analysis of Transforming Mathematical Representation Shown in the Class of Composite Function Using the CAS. *School Mathematics 17*(1), 19-33.

이종희, 김수진 (2010). PISA 2003 결과에서 수학의 정의적 영역에 영향을 주는 변인 분석. 학교수학 12(2), 219-237.

Lee, C. H., & Kim, S. (2010). Analysis of Affective Factors on Mathematics Learning According to the Results of PISA 2003. *School Mathematics 12*(2), 219-237.

한혜숙, 최계현(2013). 상호또래교수 활동이 고등학생들의 수학교과에 대한 정의적 특성에 미치는 영향. 수학교육 52(3), 423-442.

Han, H. S., & Choi, K. (2013). A study on the effects of the reciprocal peer tutoring in high school, *The Mathematical Education 52*(3), 423-442.

Akkoç, H., & Tall, D. (2002). The simplicity, complexity and complication of the function concept. In PME CONFERENCE (Vol. 2, pp. 2-025).

Colome, A., Nunex-Pena, M. I., & Suarez-Pellicioni, M. (2013). Mathematical anxiety effects on simple arithmetic processing efficiency: An event-related potential study. *Biological Psychology 94*, 517-526.

Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics.

Educational Studies in Mathematics 61, 103-131.

Gogtay N, Giedd JN, Lusk L, Hayashi KM, Greenstein D, et al. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proc Natl Acad Sci USA. 101*(21), 8174-9.

Hopko, D. R., Ruggiero, K. J., and Lewis, C. (1998). Mathematics Anxiety and Working Memory: Support for the Existence of a Deficient Inhibition Mechanism. *Journal of Anxiety Disorders 12*(4), 343-355.

Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA: MIT Press.

Luna, B., Thulborn, K., Munoz, D., Merriam, E. Garver, K. et al. (2001). Maturation of Widely Distributed Brain Function Subserves Cognitive Development. *NeroImage 13*(5), 786 - 793.

Norton, A. (2014). Mind, Mathematics, and Mental Action. 수학교육학논총 46, 7-21.

Sheffield, D. & Hunt, T. (2007). How does anxiety influence math performance and what can we do about it? *MSOR Connections 6*(4), 19-23.

Skemp, R. (2000). 수학학습심리학(황우형 역). 서울: 사이언스북스. (원저 1987년 출판, The Psychology of Learning Mathematics. Lawrence Erlbraum Associates, Inc.)

Sousa, D. A. (2015). *How the Brain Learns Mathematics*. CA: Corwin, A Sage Company.

Thomas, M. O., Wilson, A. J., Corballis, M. C., Lim, V. K., & Yoon, C. (2010). Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function. *ZDM 42*(6), 607-619.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society. In M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & U. E. Souberman (Eds.). *The Development of Higher psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Waisman, I., Leikin, M., Shaul, S., & Leikin, R. (2014). Brain activity associated with translation between graphical and symbolic representations of functions in generally gifted and excelling in mathematics adolescents. *International Journal of Science and Mathematics Education 12*(3), 669-696.

Williams, C. (1998). Using concept maps to assess conceptual knowledge of function. *Journal for Research in Mathematics Education 29*(4), 414-421.

A Brain-based Study with Two Groups of High Math Anxiety and Low Math Anxiety through the Non-psychological Remedy Program of Functional Tasks

Choi-Koh, Sang Sook†
Mathematics Education, College of Education, Dankook University, 16890, Korea
E-mail : sangch@dankook.ac.kr

Lee, Chang Yeon
The Graduate School of Dankook University, 16890, Korea
E-mail : chang_t@naver.com

This study investigated highschool students' brain waves on functional tasks such as a transition(F task) from equation to graph and the other transition(G task) vice versa. A total of 39 students participated in the study who attended a high school located in Gyunggi province. These students were divided into two groups, HMA and LMA by MASS test revised by Ko, & Yi (2012). The functional tasks for the stroop task to measure EEG were provided from a previous study, Seok(2015). The results indicated two groups on G tasks showed deeper and wider brain waves which demonstrated G tasks were more difficult than F tasks. However, HMA group had an effect of the non-psychological program which had given more chances on G tasks rather than F tasks within Students' Zone of Proximal Development. Also, HMA group's brain waves had more ranges in amplitude and width of waves. These results imply that the characteristics of students' brain waves with math anxiety are consistent to the previous studies.

* ZDM Classification : D84
* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D99
* Key words : Brain based study, Functional Task, Math anxiety, Brain wave measurement, EEG, Non psychological remedy program, Zone of proximal development
* This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2014S1A5A2A01011692)
† Corresponding author

부록: 1차시 활동지와 힌트카드

함수활동지(1)

1학년 ___반 ___번 이름________

기초문제

사용한 힌트 (　)개

이차함수 $y=2x^2-4x+3$의 그래프와 x축이 만나는 점의 개수를 구하여라.

기본문제

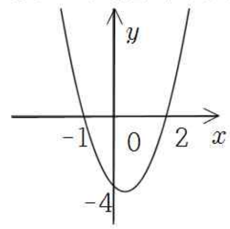
사용한 힌트 (　)개

이차함수 $y=x^2+6x+k$의 그래프가 x축과 만나도록 실수 k의 값의 범위를 정하여라.

처치문제

사용한 힌트 (　)개

아래 그래프를 y축으로 n만큼 평행이동하면 x축과 접한다. n의 값을 구하여라.



도전문제

사용한 힌트 (　)개

이차함수 $y=a(x-1)^2+k$에 대하여 다음 물음에 답하여라.

(1) 이차함수 $y=a(x-1)^2+k$가 x축의 두 점에서 만날 조건을 구하여라.

(2) 그 두 교점의 x좌표의 합을 구하여라.

힌트카드(1)

처치문제 (그래프 이용)

힌트1	이차함수$y=ax^2+bx+c$의 그래프와 x축의 교점의 x좌표는 이차방정식 $ax^2+bx+c=0$의 실근 x값과 같다.
힌트2	근이 -1, 2인 이차방정식은 $a(x+1)(x-2)=0$이다. 따라서, 이차함수식은 $y=a(x+1)(x-2)$이다.
힌트3	이차함수 $y=a(x+1)(x-2)$는 $(0,-4)$를 지나므로 $a=2$ 이다.
힌트4	이차함수를 y축으로 n만큼 평행이동하면 $y=2(x+1)(x-2)+n$이다.
힌트5	$y=2(x-\frac{1}{2})^2-\frac{9}{2}+n$ 의 꼭짓점은 $(\frac{1}{2}, -\frac{9}{2}+n)$ 이다.
힌트6	x축에 접하면 꼭짓점이 $(\frac{1}{2}, 0)$가 된다.

처치문제 (판별식 이용)

힌트1	이차함수 $y=ax^2+bx+c$의 그래프와 x축의 교점의 x좌표는 이차방정식 $ax^2+bx+c=0$의 실근 x값과 같다.
힌트2	근이 -1, 2인 이차방정식은 $a(x+1)(x-2)=0$이므로 이차함수식은 $y=a(x+1)(x-2)$이다.
힌트3	이차함수 $y=a(x+1)(x-2)$는 $(0,-4)$를 지나므로 $a=2$이다.
힌트4	이차함수를 y축으로 n만큼 평행이동하면 $y=2(x+1)(x-2)+n=2x^2-2x-4+n$이다.
힌트5	x축에 접하면 이차방정식 $2x^2-2x-4+n=0$은 실근이 1개 존재하므로 판별식$=0$이다.
힌트6	$D=(-2)^2-4\cdot2\cdot(-4+n)=0$