

수학불안에 대한 신경과학적 접근의 필요성 탐색**

마민영 · 양은경 · 이겨레 · 백미경 · 조영민 · 조현진 · 신재홍*

한국교원대학교

Necessity of Neuroscientific Approaches for the Study on Mathematics Anxiety**

Min-young Ma · Eun-kyung Yang · Gyeo-re Lee · Mi-kyung Baek · Young-min Cho
· Hyun-jin Cho · Jae-hong Shin*

Korea National University of Education

<ABSTRACT>

Recently, techniques of cognitive neuroscientific tools are drastically improved. We expect that accumulating results from the study of mathematics anxiety using the cognitive neuroscientific tools will help us explain mechanisms between students' brain and their mathematics anxiety. Further, in the present study, we argue that cognitive neuroscientific approaches could make up for current research on mathematics anxiety. To measure students' mathematics anxiety using cognitive neuroscientific tools provides various evidences revealing the students' mathematics anxiety other than ones from the prevalent research methods such as survey, interview and observation. Our efforts to search ways to bring neuroscientific methods into the field of mathematics anxiety research would hopefully be the foundation, on which better educational programs for lessening students' mathematics anxiety are designed.

* 교신저자: 신재홍, jhshin@knue.ac.kr

** Received 15 November 2013; Accepted 05 December 2013; Published 31 December 2013
2013. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. 서 론

최근 20년 동안 뇌 활동에 대한 구체적이고 사실적인 정보들은 인지신경과학, 심리학, 경제학, 언론학, 정치학, 사회학 등 여러 학문분야에 영향을 미치고 있고, 교육학에서도 역시 신경과학 분야의 연구결과에 지대한 관심과 주의를 기울이고 있다 (Geake, 2011; Kim, 2012). 교육학과 신경과학이 연계된 새로운 학문분야를 교육 신경과학 (educational neuroscience)이라고 하고, 이 분야를 일컫는 유사한 명칭으로 ‘뇌 기반 학습과학 (brain-based learning science)’, ‘신경교육학 (neuro-education)’ 등이 있다. 교육 신경과학은 교육학적 이론 및 실제와 신경과학적 지식 및 방법을 연계시켜, 학생에 대한 신경과학적인 정보를 토대로 교수-학습 전략을 생산하고자 시도한다 (Patten & Campbell, 2011; Kim, 2012). 또한 교육 신경과학은 교육학 외에 교육심리학, 발달심리학, 인지심리학, 인지신경과학, 신경생리학, 상담심리학, 사회학, 컴퓨터과학 등 여러 학문영역과의 협력을 필요로 하고, 이러한 협력을 통해 뇌의 생리적 현상과 마음에 대한 인지과학과 교육학적 이론 및 실재를 연계시키는 분야로 볼 수 있다 (Kim, 2012).

Campbell(2010)에 따르면, 교육 신경과학의 기본 전제는 인간의 인지는 체화된 인지라는 것이다. 급진적으로 받아들여진 체화된 인지의 근본적인 의미는 산 경험 안에서의 변화는 신체 상태 안에서의 변화를 통하여 다양한 방법으로 나타날 것이라는 것이다. 예를 들면 불안 같은 감정의 체화된 표현은 특히 피부, 심장, 폐 같은 말초신경 시스템을 통한 뇌와 관련된 몸의 조직의 생리적 변화에서 가장 분명해진다. 불안의 체화된 표현의 증상은 피부 전도성, 심장 혈관 활동 및 혈떡거림과 얇은 호흡에서 과도호흡까지 망라하는 호흡 곤란 등의 변화를 포함한다 (Campbell, 2010).

이와 관련하여 미국 메디컬 뉴스 투데이에서는 ‘골치 아픈 수학 문제’라는 말이 단순히 농담이 아

니라는 연구결과가 실렸다. 미국에서 발행하는 온라인 학술지 ‘PLOS ONE’에 미국 시카고 대학 연구진은 수학 작업을 앞두고 높은 수준의 불안감을 느끼는 사람은 물리적 고통 감각과 관련된 뇌 영역 활동을 증가시킨다는 것을 연구결과로 발표했다. 연구진은 수학과 관련해 불안함을 느껴본 적이 있는 성인 14명을 대상으로 연구를 진행했다. 연구대상자들에게 수학책을 받을 때 불안정도, 졸업 수학 능력시험에서 느끼는 불안감, 수학적 특정 상황에서 불안 상승 감정 등을 테스트했다. 그리고 실제 수학 문제를 풀 때 뇌가 어떤 활동을 하는지 기능적 자기공명 영상(fMRI)으로 관찰했다. 실험대상자들은 방정식뿐 아니라 세계 퍼즐도 풀었다. 기능적 자기공명 영상 스캔 결과, 수학을 풀어야 한다는 걱정은 육체적 고통과 비슷한 뇌 반응을 불러일으켰다. 수학 문제를 풀어야 한다는 예상만으로도 뇌 섬엽(posterior insula)과 귀 상부에 있는 뇌 심부조직이 활발해졌다. 이 부위는 뇌에서 통증을 담당하는 신경계에 해당한다. 수학에 느끼는 불안감이 더 심해질수록 이 부위의 활동은 더욱 활발해지는 것으로 나타났다 (Fitzgerald, 2012; Kim, 2012).

이러한 연구결과와 관련해서 수학교육 연구자들은 ‘기능적 자기공명 영상뿐만 아니라 정신생리학과 인지신경과학의 도구와 방법인 EEG(electroencephalography), EKG(electrocardiography), GS-R(galvanic skin response) 등은 불안 반응을 관찰하고 측정하는데 얼마나 도움이 될 것인가?’라는 새로운 질문을 받게 된다 (Campbell, 2010).

사실 국내 학술지에 실린 수학불안 평가도구를 살펴보면 연구대상에게 적합하게 재구성한 수학불안 설문지를 사용하는 것이 대부분이며, 수학불안에 대하여 신경과학적으로 접근한 연구는 아직 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 정신생리학과 인지신경과학의 도구와 방법을 활용한 수학불안에 대한 연구의 필요성에 대해 탐색하고 수학불안에 대한 신경과학적 연구의 향후 전망과 과제에 대하여 논의하고자 한다.

II. 수학불안

1. 일반불안

불안은 어느 한 가지로 정의할 수 없는 복잡하고 다차원적인 현상이다. Park과 Gho(2005)의 연구에 제시된 자료를 참고해서 일반불안에 대해서 살펴본다. 'Spielberger는 Cattell과 Scheier(1961)에 의해 처음 제시된 상태불안(anxiety state)과 특성불안(anxiety trait)간의 개념적 구별을 더욱 정교화, 조직화하여 상태특성 불안(State trait anxiety)이론을 제안하였다. 이 이론에 따르면 상태불안은 시간과 상황이 변화함에 따라 불안의 정도가 다양하게 변화하는 일시적인 정서 상태로서, 긴장과 염려와 같은 개인의 주관적인 경험이나 느낌 그리고 자율신경 계통의 활성화 등으로 특징지을 수 있다. 반면에 특성불안은 일반불안(general anxiety)이라고 하며, 개인에게 내재되어 있는 불안을 의미한다. 특성불안은 비교적 안정되고 일관성 있는 성격적 특성으로 Woolfolk, McCune과 Nicolich(1984)는 특성불안을 지니고 있는 사람들은 보다 넓은 범위에서 보다 강하게 불안을 느끼며, 불안을 느끼는 상황에서 손에 땀이 배기도 하며, 심장박동이 빨라지거나, 불길한 예감을 갖는 등의 신체적 정서적 특징을 보인다고 하였다. 이러한 특성불안은 개인의 상태불안정도에 따라서 비교적 예측이 가능하다. 시험불안, 학교불안, 수학불안 등이 모두 이러한 특성불안의 한 종류이다'(Park et al. 2005). 이 가운데서 수학불안은 1950년대 후반 이후부터 관심을 받고 연구되기 시작하였고, 일반불안에 대한 정의와 마찬가지로 수학불안에 대한 정의도 학자들마다 다양하기 때문에 간단히 살펴보도록 한다.

2. 수학불안

학생들의 수학불안에 대한 초기 연구에서는, 수학불안을 수 불안(number anxiety)이라 하여 산술과 수학에 대한 정서적 반응의 출현으로 정의하였다(Jin, 2003).

앞서 언급했듯이 수학불안에 대한 정의는 학자들마다 다양하지만, Park과 Gho(2005)의 연구에 제시된 자료를 근거로 해서 간단히 살펴본다. 'Richardson과 Suinn(1972)은 수학불안을 일상생활과 학습 장면에서 수의 조작과 수학문제 해결을 방해하는 긴장과 불안한 감정이라고 정의하였다. Fennema와 Sherman(1976)은 수학불안을 수학학습과 관련된 불안감, 두려움, 신경증세 및 신체증세라고 하였고, Boodt(1979)는 신체적 위협과는 달리, 수학을 사용하는 상황에 대한 반응에서 경험된 신체적 위협과는 다른 염려의 느낌으로 정의하였다. 중, 고등학생용 수학불안평정척도(Mathematics Anxiety Rating Scale for Adolescents : MARSA)를 만든 Suinn과 Edward(1982)는 수학불안을 수학 문제 풀기를 요구받았을 때 개인에게서 일어나는 당황, 무력감, 정신적 혼란, 마비로 보았다'(Park et al. 2005).

본 연구에서는 수학불안을 Fennema-sherman이 말하는 수학 학습과 관련된 불안감 또는 두려움, 신경 및 신체적 증세로 정의한다.

III. 수학불안을 측정하기 위한 평가도구

수학불안을 측정하기 위해 만들어진 척도는 여러 연구자들에 의해서 많이 개발되어 왔다. 초기에 일반불안으로부터 '수 불안'을 구별하기 위해 'Taylor scale of Manifest Anxiety'가 개발되어졌고, 이 후 Aiken(1970)의 수학태도 척도(AMS), Richardson과 Suinn(1972)의 수학불안평정척도(MARS), Richardson과 Woolfolk(1980)의 수학불안 척도(MAS) 등의 연구가 개발되었다(Jin, 2003).

2005년 이후로 국내 학술지에 실린 수학 불안에 대한 논문 중 수학불안검사를 수행한 12편의 논문을 살펴보면 Suinn(1972)이 개발한 청소년 수학불안 평정척도(The Mathematic Anxiety Scale for

Adolescents: MARS-A)를 우리나라 실정에 알맞게 수정.변안한 Choi(1989)의 수학불안 평가도구를 사용하거나 Fennema와 Schmann(1976)이 제작한 수학불안척도(Mathematic Anxiety Scale: MAS)를 우리나라 실정에 알맞게 수정.변안한 Shin(1987)의 수학불안 평가도구를 사용하였다. 또한 우리나라 고등학생의 실정에 맞게 세 차례 이상의 예비조사, 요인분석, 신뢰도 검사 및 타당도 검사 등을 통하여 만들어진 Heo(1996)의 수학불안 요인 평가도구나 이를 수정한 Lee(2005), Lee(2007)의 수학불안 평가도구를 사용하였다. Kim(2005)의 수학불안 평가도구나 Plake와 Parker(1982)가 제작한 수학불안척도(MAS)를 수정.보완한 Kim(2001)의 수학불안평가도구도 사용되었다.

이상 12편의 논문에서 사용된 수학불안 평가도구의 현황을 정리하면 <Table. 1>과 같다.

위에서 기술된 수학불안 평가도구에서 수학불안을 일으키는 요인으로 제시된 것에는 수학 기초기능의 결여와 누적, 수학의 추상성, 수학의 언어와 구조, 수학 교육 과정, 수학교재의 서술양식, 수학교과 과정 상의 격차, 교사, 교사의 권위, 관계적 이해와 도구적 이해, 시간 압박, 수학에 대한 부정적 진술, 수학에 대한 부정적 경험, 자아 개념 등이 있으며 수학불안 평가는 학습자의 자기평가로 이루어진다. 하지만 모든 연구에서 수학불안 평가도구의 중요성을 언급하고 있으나 수학불안 평가도구의 한계를 밝힌 연구는 거의 없다.

수학불안 평가는 학습자의 자기평가로 이루어지므로 수학불안 평가가 정확하게 이루어지려면 수학불안 평가도구의 신뢰도가 높아야 하는 것 이외에도 학습자의 스스로에 대한 인식이 매우 중요함을 알 수 있다. 신경과학을 수학불안에 도입하는 것은 평가도구의 한계를 보완할 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있다. 수학교육에서 신경과학에 대한 관심이 증가하고 있는 초기 단계가 신경과학을 수학불안 연구에 도입한 사례는 국내뿐만 아니라 국외에서도 드물다. 또한 아직까지는 특정 뇌 영역과 수학불안

<Table. 1> Tools for measuring mathematics anxiety

수학불안 평가 도구	Shi n, I. C. (19 87)	Ch oi, J. S. (19 89)	He o, H. J. (19 96)	Ki m, S. H. (20 01)	Le e, Y. S. (20 05)	Ki m, H. M. (20 05)	Le e, M. L. (20 07)
학술지							
Park, S. C. et al. (2005)	○						
Cho, G. P. (2006)		○					
Lee, S. N. et al. (2007)					○		
Lee, S. G. et al. (2008)	○						
Jeong, J. Y. et al. (2008)			○		○	○	
Won, S. Y. (2009)							○
Kim, Y. O. (2009)				○			
Kim, M. S. (2009)		○					
Yun, R. G. et al. (2010)					○		
Lee, S. N. (2010)					○		
Shim, S. G. et al. (2010)							○
Hong, A. S. (2012)						○	

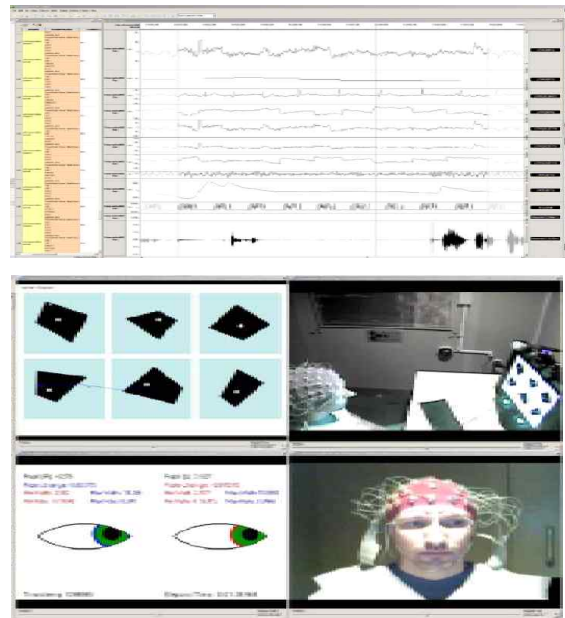
간의 메커니즘이 확실히 밝혀지지는 않았지만 기술이 더욱 정교하게 발전함에 따라 수학불안 평가도구에 대한 한계를 보완해 줄 것으로 판단된다.

IV. 정신생리학과 인지신경과학의 도구

Campbell(2006b)은 정신생리학과 인지신경과학의 도구와 방법을 다음과 같이 나누어 설명하였다.

1. 뇌파검사(electroencephalography)

뇌파검사(EEG)는 교육연구자들이 잘 선택하는 방법이다. 그 이유는 EEG가 최소의 비용이 드는 것 중 하나이며 (활동 중 일어나는) 사고의 역동성을 쫓아가는 데 아주 능숙한 방법이기 때문이다. 뇌파검사 접근의 핵심은 비동기화/동기화(desynchronization/synchronization (ERD/S))와 관련된 개념이다. 사고하는 과정에서 작동하는 뇌는 변동하는 전자기장을 만들어 내는데 이 전자기장은 임의적이기 보다 반복적이고 예측 가능한 방식으로 높은 인지적 기능을 가진 구별된 주파수 범위 안에서 나타난다.



<Fig. 1> Example of eye-tracking (Campbell, 2010)

2. 시선 추적과 시선 응시(eye-tracking and eye-gaze)

간접적인 시선 추적(eye-tracking)은 관찰시 개입이 없어서 아주 믿을 만하고, 아주 활기차며 설정(셋팅)이 쉽다. 따라서 간접적인 시선 추적(eye-tracking)은 컴퓨터 강화 수학 학습 환경(CEMLEs)의 설계와 사용을 고려한 믿을 만한 방법이다. EEG와 관련시켜 분석될 수 있는 정확한 측정방법에는 실시간 추적, 피관찰자의 손(마우스)의 비디오 녹화, 눈동자 움직임(eye movement)이 포함된다. 이때, 눈동자 움직임은 웹사이트의 다양한 측면을 응시할 때 머무르는 시간(연속된 시간과 누적된 시간 모두)을 포함한다.

예를 들어, [Fig. 1]은 시선 추적을 통해 피실험자를 관찰한 것이다.

3. 정신생리학(Psychophysiology)

컴퓨터 강화 수학 학습 환경에서 문제 해결 활동 중에 나타난 자료와 수학 불안의 다양한 징후와 관련된 정신생리학적 자료를 비교하고 결합하는 것은 본질적인 것처럼 여겨진다.

4. 정신측정(Psychometrics)

인지신경과학과 수학교육 연구 모두는 불안이 많은 측면을 가진 구조임을 드러낸다. 수학교육 신경과학 연구는 두 영역의 결론 모두를 취할 수 있는 이점이 있다. 수학교육에서 수학불안에 관한 연구를 통해 불안이 일상 문맥 안에서 계산하는 것과 관련되고, 실행 불안은 수학을 다루는 행동에서 관찰되는 것과 관련되며, 다양한 다른 종류의 불안은 시험, 컴퓨터 사용, 문제해결과 관련되어 있음이 확인되었다. 수학교육 신경과학의 방법은 매우 귀중한 새로운 자원(이러한 복잡한 현상과 개념형성을 방해하는 결과에 작용하는 상관물)을 상세하고 종합적인 연구를 위해 제공해야 한다(Campbell, 2006b).

뇌파검사와 시선 추적은 다음의 세 가지 이유로 교육 연구자들에게 특별한 관심을 받고 있다. 첫째, 다른 도구들에 비해 뇌파검사와 시선 추적은 입수 가능한 범주 안에 그 결과가 놓여 있다. 둘째, 피실험자의 최소 위험으로 비교적 사용하기 쉽고 안전하다. 셋째, 밀리세컨드 범위 안에서 샘플링 비율을 가진 뇌파검사와 시선 추적은 실시간으로 정신 생리학적 역동성을 따라가기 아주 적합하다(Campbell, 2006b).

l, 2006b).

이와 같이 정신생리학과 인지신경과학적 방법의 도입은 수학 교수 학습 과정에서의 정신적 상태를 해석하는 데 사용된 전통적인 심리학·사회학적 모델을 조작하는 새로운 방식을 제공한다. 이것은 교육신경과학으로 정통적인 질적 연구와 양적 연구를 일반적으로는 인지적 모델 안에서, 보다 특별하게는 수학 교육 안에서 논의할 수 있음을 강조한다.

V. 신경과학과 수학교육, 그리고 수학불안

뇌 연구는 19세기부터 본격적으로 시작되었고, 더 나은 마음의 이해, 발전, 학습을 조성하는 정도까지 심리학, 교육의 분야와 관련시켜서 연구되고 있다. 교육학 연구에서 신경과학 연구 또는 신경과학 도구와 방법을 사용하여 교수-학습의 이론에 대한 유효성, 확실성(신뢰도), 타당성, 특정 이론의 가정을 다양한 방법으로 검증하고 개선시키고 있다(Campbell, 2010).

최근 뇌-이미징(brain-imaging)과 시선추적(eye-tracking) 기술의 발전과 함께 교육에서 신경과학의 역할에 대한 높은 관심을 나타낸다(Campbell, 2010). 또한 신경과학과 교육의 관련성을 상당히 증가시키고 있고, 영상화 기술은 교육을 위한 결과의 지각, 인지, 감정적 기능에 대한 통찰력을 제공하면서 작동중인 뇌의 관찰을 가능하게 한다(Kim, 2013). 수학적 개념과 관련된 인지 신경 과학적 연구를 살펴보면, Zago 등은 간단한 연산을 하는 동안에는 좌반구의 두정엽 부위의 활성화를 관찰하였고, 간단한 연산 과정을 처리할 때의 뇌 활성화 패턴을 fMRI로 연구한 Menon 등의 연구에 따르면 잘못된 연산 공식을 처리할 때 활성화 되는 뇌 영역은 좌반구 배외측(dorsolateral) 및 복외측 전전두엽(ventrolateral pr

efrontal) 이다(Kim, 2006). Dehaene 등은 수의 양적 표상은 좌우 두정간구가 맡고 있으나, 암산의 경우 하측 전전두엽이 담당하고 있음을 관찰하였다(Ansari & Karmiloff-Smith, 2002; Kim, 2006).

뇌 영상화 기법의 발달을 통하여 신경과학자들의 연구영역은 학습과 교육장면으로의 응용 가능성까지 확장시키고 있는 추세이고, 실례로 미국에서는 뇌 기반 학습이나 뇌 맞춤 교과과정 개발과 같이 뇌와 학습을 연결하는 새로운 접근이 시도되고 있다(Do et al. 2002).

Campbell(2010)에 따르면, 이러한 새로운 학문 분야의 기본전제처럼 모든 주관적인 감각, 생각, 감정(어떤 인간이 지금까지 할 수 있는 모든 경험)은 체화된 행동으로써 몇 가지 객관적이고, 관찰 가능한 방법으로 일어난다. 모든 체화된 행동은 살아있는 경험의 계속되는 주관적 경험의 중요부분(본질적인 부분)임에도 불구하고, 명백한 행동의 경험적 연구 너머에서, 인지와 학습으로의 더 깊은 통찰은 EEG와 EKG 같은 방법과 더불어 생리적 변화의 해석, 분석, 측정을 보장한다. 예를 들면 몇몇 체화된 행동의 일부는 발성, 표정, 특히 머리와 손발의 움직임과 관련된 근육 조직에서의 다른 변화로써 관찰될 수 있다고 한다. 주관적인 경험의 다른 체화된 측면은 관찰하는 것이 더 어렵고, 더 미묘하다. 체화된 행동의 이러한 측면은 항상 인체 내에서 발생하고 있는 생리적 변화에 대표되고 있다. 불안 같은 감정의 체화된 표현은 특히 피부, 심장, 폐 같은 말초신경 시스템을 통한 뇌와 관련된 몸의 조직의 생리적 변화에서 가장 즉시 분명해진다. 불안의 체화된 표현의 증상은 피부 전도성, 심장 혈관 활동 및 혈떡거림과 얇은 호흡에서 과도호흡까지 망라하는 호흡 곤란 등의 변화를 포함한다. 체화된 감정적 반응에 밀접하게 연결된 것은 지각, 기억, 학습, 창의력, 추론 같은 다양한 인지 기능과 관련된 뇌 행

동에서 변화들이다. 뇌 행동은 감정적이고 인지적인 기능의 다양한 면과 확실하게 관련시킬 수 있는 뇌 상태 변화를 나타낼 수 있는 뇌-이미징 기술의 최근의 발전을 통해 점점 명쾌해지고 있다(Campbell, 2010).

수학 교육 신경과학의 중요한 과제는 이러한 연결성을 조사하고 설정하는 것이고, 수학 교육에서 더 많은 증거에 기반을 둔 연구가 제공되도록 하는 것이다. 시선추적(eye-tracking), 동공반응(pupillary response), 뇌파검사(electroencephalography), 심전도(electrocardiography), 피부반응(skin response), 호흡비율(respiration rates) 등과 같은 생리적 데이터를 가진 수학 교육 연구를 주장하는 것은 수학 교육과 학습의 심리적 측면에 대한 더 깊고 더 나은 이해를 제공할 수 있다(Campbell, 2010).

VI. 결 론

최근 교육적 실체에 연결될 수 있는 인지신경과학의 연구결과들이 확산되고 있고, 뇌 기반 연구라는 새로운 패러다임에 기반을 두고 학습에서의 효과성을 입증할 때 뇌 활동 분석의 정당성이 제기되면서 뇌와 학습의 연관성에 대한 연구를 교육에 적용하고자 하는 노력이 이루어지고 있다(Kim et al. 2011).

이러한 맥락에서 정신생리학과 인지신경과학의 도구와 방법을 활용한 수학불안에 대한 연구의 필요성과 수학불안에 대한 신경과학적 연구의 향후 전망과 과제에 대하여 살펴본다.

첫째, 인지신경과학의 도구를 사용하여 학생들의 수학불안을 측정하는 것은 학생들의 수학 불안요인에 대한 다양한 증거를 제시할 수 있다. 같은 성취도를 가진 학생이라도 그 원인은 동일하지 않고 동일한 행동이 반드시 동일한 신경적 과정을 거치는 것은 아니기 때문에 기존의 연구에서 사용된 수학불안 평가도구는 한계가 있다. 인지신경과학의 도구를 사용하여 학생들의 수학불안을 측정하면 동일

한 현상에 대한 다양한 설명수준에서 증거를 제공할 수 있고, 학생들의 수학불안에 대한 이해가 보다 높아질 가능성이 있으며, 개개인의 수학불안의 요인에 따라 학생들의 수학불안 감소에 다양한 방법으로 접근할 수 있다.

둘째, 인지신경과학의 도구들이 더욱 정교하게 발전함에 따라 수학불안에 대한 보다 나은 해석과 통찰을 제공할 것이다. 수학불안 연구에 신경과학적 방법을 직접적으로 도입한 연구는 아니지만, Kim et al.(2011)에 따르면 현대의 신경과학적 방법들은 학습과 인지의 처리 과정을 관찰하고 측정할 수 있게 해 주었다(Hughes, 2008; Kim et al. 2011). 아직까지는 특정 뇌 영역과 학습장애들 간 일대일 일치를 확립하는 것이 어렵고, 현재까지 수집된 신경 영상의 연구 결과는 신경 영상법을 학습장애의 평가 및 판별에 구체화시킬 수 있는 예비적이고 기본적인 단계에 불과하다. 그러나 비 침습성 신경 영상의 도구들의 출현과 함께 기능적 영상 기술이 연구자들을 실시간으로 학습장애 아동의 뇌를 조사하는 것을 가능하게 함으로써 획기적인 발견들을 선도해왔다(Kim et al. 2011). 마찬가지로 기술이 더욱 정교하게 발전함에 따라 수학불안에 대해서도 보다 나은 해석과 통찰을 제공할 것으로 사료된다.

셋째, 인지신경과학의 도구를 통하여 수학불안에 대해 살펴보는 연구결과들이 축적됨에 따라 학습자의 뇌와 수학불안 간의 메커니즘에 대한 설명이 가능할 것이다. 어떤 신경심리학적 요인들이 효과적으로 수학불안을 감소하고 결과적으로 수학불안 학습자들의 뇌 기능 변화에 어떤 도움을 주는지를 확인함으로써 새로운 프로그램 및 평가 도구의 개발에 적용할 수 있다.

이러한 면에서 신경과학은 수학교육의 전문가들이 적극적으로 관여할 가치가 있는 분야로 판단된다. 그러나 이 분야에 대한 연구가 드물어서 수학불안에 대한 정신생리학과 인지신경과학의 도구와 방법들의 타당성을 검증받지 못하고 있다. 따라서

우리의 과제는 인지신경과학의 도구에 대해 이해하고, 이러한 도구를 활용하는 방안에 대한 연구를 하는 것이다.

또한 난독증 읽기장애의 경우 다른 학습장애유형에 비해 상대적으로 많은 연구결과가 축적되어 조기진단을 위한 준비가 진행되고 있으나(Kim, 2012), 수학불안의 경우는 여전히 더 많은 연구결과와 축적이 필요한 시점에 있다.

교육 신경과학은 이제 막 걸음마 단계이다. 그러나 현재의 뇌 영상 기술과 발전 속도로 미루어 보아 다양한 연구가 가능해지고 유용한 시사점을 찾을 수 있을 것이라고 보고 있다. 이미 인지 기능별 뇌지도가 상당한 수준으로 진척되었으며 단순 기능적 상관을 넘어서 뇌 발달과정과 분산된 뇌 연결회로망을 탐색하는 수준이다. 뿐만 아니라 학습, 기억, 언어, 주의, 및 수학 등의 다양한 영역에서의 개인차 원인을 규명하고 학습장애를 진단하고 치료하는 과정에서 이미 많은 도움을 주고 있다(Kim, 2006). 이처럼 다양한 자극과 경험에 의한 뇌 변화 및 발달 과정이 좀 더 상세하게 밝혀진다면 앞으로 신경과학적으로 접근한 수학불안에 대한 연구도 발전될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- Campbell, S. R. (2006b). Defining mathematics educational neuroscience, in: S. Alatorre, J. L. Cortina, M. Sáiz & A. Méndez(eds), *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for Psychology in Mathematics Education*, Vol.2 (Mérida, Universidad Pedagógica Nacional), pp. 442-449.
- Campbell, S. R. (2010). Embodied minds and dancing brains: New opportunities for research in mathematics education, in: B. Sriraman & L. English (eds), *Theories of Mathematics Education: Seeking new frontiers* (Berlin, Springer), pp. 309-331.
- Cho, G. P. (2006). The effect of mathematics anxiety, mathematics self-conception, and attitudes toward mathematics on mathematics achievement of elementary and middle school students by the content organization of mathematics curriculum. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 6(2), 399-424.
- Do, K. S., Park, C. H., Kim, S. I. (2002). Brief review on brain studies of cognitive functions. *The Korean journal of Experimental and Cognitive and Biological Psychology*, 14, 321-343.
- Fitzgerald, K. (2012). "Math Anxiety : The brain can feel the pain". *Medical News Today*, <http://www.medicalnewstoday.com/articles/252363.php>.
- Hong, A. S. (2012). The effects of children's mathematics disposition anxiety and self-efficacy on mathematics learning achievements. *The Journal of Child Education*, 21(2), 311-323.
- Jeong, J. Y., Kim, S. J. (2008). Journal of the Korean school mathematics society. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 11(2), 315-335.
- Jin, H. Y. (2003). *A study on the research of the mathematical anxiety*. Unpublished master dissertation, Korea University.

- Kim, D. I., Kim, I. N., Lee, K. J., Shin, J. H. (2011). Brain-based education and learning disabilities: Review of neuroimaging studies on effects of reading intervention. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 25(1), 175-200.
- Kim, H. J. (2012). "[Brain common sense]Math anxiety : The brain can feel the pain". *brain media*, <http://kr.brainworld.com/BrainScience/10321>.
- Kim, M. S. (2009). The influence of self efficacy, goal orientation, and perceived teacher goal emphases on math anxiety. *Asian Journal of Education*, 10(2), 103-133.
- Kim, N. H. (2013). *An analysis of the EEG activities of mathematically gifted and average students in open-ended problem solving process*. Unpublished master dissertation, Korea National University of Education.
- Kim, S. H. (2012). Current practices and prospect of educational neuroscience from the review of research on developmental dyscalculia. *The Korea Journal of Learning Disabilities*, 9(2), 71-91.
- Kim, S. I. (2006). Brain-based learning science: What can the brain science tell us about education?. *The Korean Society for Cognitive Science*, 17(4), 375-398.
- Kim, S. I. (2011). Neuroeducational approaches on motivation: Reconceptualization of motivational process. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 87-110.
- Kim, Y. O. (2009). The relationship of mathematics anxiety and achievement in mathematics for college of engineering. *The Mathematical Education*, 48(4), 469-481.
- Lee, S. G., Lee, B. M. (2008). A study on middle school students' confidence and anxiety in mathematics. *Journal of Natural Science*, 6(1).
- Lee, S. N., Lee, S. H., Han, S. S. (2007). Mathematics anxiety by mathematical learning style and the grade in school: Elementary school students. *The Korean Association of Child Studies*, 28(6), 1-16.
- Lee, S. N., Lee, S. H., Han, S. S. (2008). The development of children's coping behavior scale to mathematics anxiety. *The Korean Association of Child Studies*, 29(5), 1-13.
- Lee, S. N. (2010). A study on the coping behavior of mathematics anxiety depending on the grade, sex, mathematics achievement, and mathematics anxiety in elementary school students, *The Korean Association of Human Ecology*, 19(1).
- Park, S. C., Gho, A. S. (2005). A study of attitude and anxiety on mathematics. *The Journal of the Smeieccu*, 26(1), 1-34.
- Shin, J. H., Joo, Y. H., Lee, G. M., Lee, H. J. (2006). Study on the validity of brain-based learning evaluated through research in educational psychology and cognitive

neuroscience. *Asian Journal of Education*, 7(4), 87-109.

Shim, S. G., 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.

Won, S. Y. (2009). The effects of small group cooperative learning on middle school student' mathematics anxiety reduction and mathematics achievement. *Journal of Evaluation on Counseling*, 2(2), 31-46.

Yun, R. G., Jeon, I. H. (2010). The development of a math-friendly activity program for the alleviation of mathematics anxiety. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korean*, 14(3), 583-613.