

Neuroscience approach to ADHD related factors in children and adolescents

Jisun Yang*
Daejeon Gajang Elementary School

<ABSTRACT>

The purpose of this study was to investigate the neuropsychological aspects of cognitive, emotional and behavioral problems in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Although many studies on genetic, environmental, and social causes of ADHD have been made, we sought to clarify the mechanism of ADHD development based on more scientific knowledge. The neuroanatomical factors for ADHD are as follows: Children with ADHD have a reduced volume of structural abnormality or volume and white matter in the prefrontal cortex, basal ganglia, corpus callosum, and caudate compared with normal children. And neurobiologically, ADHD children and adolescents showed less activity of frontal lobe than normal children in both task memory task and exercise suppression task. In addition, dopamine, a neurotransmitter closely related to the basal ganglia and the prefrontal cortex, was overloaded with dopamine receptors in ADHD children and adolescents, indicating that the amount of dopamine actually acting on the brain was small.

An analysis of neuroanatomical and neurophysiological factors for ADHD should provide a good understanding of the individual characteristics of ADHD children. It is hoped that children with ADHD will have a good foundation for brain-based education through strengthening brain plasticity and neural networks in the field of education.

Key words : Attention deficit hyperactivity disorder, brain science, prefrontal, dopamine, working memory, behavioral inhibition

Introduction

오늘날 우리는 엄청난 속도의 사회 문화적 발달과 수많은 변화를 겪어 오면서 각종 사회문제가 대두되고 있다. 또한 학교현장에서도 여러 가지 부작용이

초래되고 있어 정신건강에 대한 관심이 점차 커지고 있다. 학교현장에서는 학교정신보건사업을 통한 소아 청소년들의 정신건강을 지속적인 모니터링 하고 있다. 그 중 주의력결핍과잉장애(ADHD)가 주목을 받는 이유 중 하나가 높은 발병률에 있다고 할 수 있다.

* Corresponding Author : Jisun Yang, tbgl@naver.com

Received June 14, 2018; Reviewed June 21, 2018 Accepted September 13, 2018; Published September 30, 2018
© 2018. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

American Psychiatric Association(2002)에 의하면 학령기 아동의 3~7%정도를 차지하고, 우리나라 아동의 경우 보고자와 연구의 방법 및 대상 지역에 따라 1.99%에서 7.6%의 유병률을 보이고 있다(.Kim, Jae Yoon & Andong, Hyun Shin. 1999; Cho, Soo Chul & Shin Yoon Oh: 1994). 주의력결핍과잉행동장애(ADHD)는 학습 장애, 불안 장애, 우울증 및 다른 기분 장애, 품행 장애등 다른 정신과적 장애와 동반되는 경우가 많고(Spencer, 1999), 낮은 학업 성취도와 사회적 관계 형성에서도 어려움을 경험할 가능성이 높다고 한다.(Barkley, 1990)

ADHD 아동과 청소년들은 학교 생활 전반에서 과제에 집중을 하지 못하고, 참을성이 적고, 충동적인 경향이 있으며 학급의 규칙을 잘 따르지 못한다. 그리고 화난 감정을 잘 조절하지 못하여 친구와 자주 다투는 경향으로도 나타난다.(Lee Jung Eun & Kim Chun Kyung, 2002). 또한, Jensen 등(2001)에 따르면 적절한 시기에 치료나 교육적 중재가 이루어지지 않을 경우 주의력결핍과잉행동을 가진 아동들은 정서-행동장애나 충동장애, 학습장애와 같은 장애들을 동시에 가질 수도 있다고 하였다.

현재 ADHD의 개념은 미국정신의학회(American Psychiatric Association, 2000)의 DSM-IV-TR에서 제시한 기준을 근거로 진단을 하고 있다. 또한 Hudziak 등(1998)에서는 주의력 결핍, 과잉행동 그리고 충동성을 기초로 해서 세 가지의 하위 유형으로 구분하여 '주의력결핍 우세형'과 '과잉행동충동성 우세형' 그리고 두가지가 결합된 '복합형'으로 분류하였다.(Bauermeister, 1995). Jung Myoung Sook 등(2004)에 의하면 주의력결핍 우세형의 경우 한가지 활동에서 다른 활동으로 빠르게 진행하며 주의가 쉽게 분산되며 다른 사람의 말을 주의 깊게 듣지 못한다. 그리고 한 가지 일을 꾸준히 하지 못하고 백일몽에 빠진다거나 물건을 수시로 잃어버린다. 과잉행동 학생의 경우는 일반 학생들의 동작과는 다르게 과도하게 힘이 넘치며, 위험성이 있고, 조화가 되지 않는 행동요소들이 보이고 공공장소에서 자신의 행동을 조절하는데 있어서 어려움을 토로한다.(Jung Myoung Sook, Son Young Sook & Chung Hyun hee, 2004). 충동성이 있는 학생의 경우는 목적을 생각하지 않고 행동을 하고, 행동의 억제 능력이 결여되어

있어 참거나 억제하는 능력이 부족하다. 그리고 어떤 과제가 주어졌을 때 상대적으로 빠른 답변을 하지만 오답을 나타내는 경우가 많다(Jung Myoung Sook, Son Young Sook & Chung Hyunhee, 2004).

이러한 ADHD 아동과 청소년의 경우 외부 정보나 감각을 받아들이는 감각통로에서는 별다른 이상이 없는 반면에, 받아들인 정보와 감각을 처리하는 뇌기능이 현저히 떨어져 집행기능의 실행에 결함이 있음을 강조하였다(Barkley, 1998).

이러한 새로운 연구에도 불구하고, 어떠한 특정 요인들이 감각정보를 처리하는 과정에서 문제를 유발시키는지에 대해서는 아직 정확히 밝혀지지는 않았다. 하지만 최근에 여러 신경학적인 연구에서 ADHD의 요인에 대한 다양한 견해를 종합해보면 주로 유전적 요인에 의해 발생하고 그 외 환경적 요인이나 사회적 요인이 영향을 미친다고 하였다.(Eun So hee & Eun byeo lin 2008). 특히 ADHD가 보이는 증상들이 인지기능을 집행하는 기능에 결함을 보이며, 집행기능은 두뇌의 전두엽 부분이 관장하기 때문에 Matters(1980)는 ADHD가 전전두영역(Prefrontal arear)을 연결하는 경로의 결함으로 발생한다고 하였다. 이후 신경과학적 접근을 통한 연구가 많이 이루어 졌으며 최근에는 MRI, fMRI, PET, EEG등과 같은 방법을 통해 인간의 두뇌 활동을 직접 관찰을 가능하게 되면서 ADHD에 대한 연구가 활발히 이루어 졌다. 따라서 교육현장에서 교사가 ADHD아동들의 문제점과 특성들을 인지 과학적으로 이해하는데 중요한 근간을 제시해 줄 수 있다. 또한 Slavin(2002)의 주장처럼 교육현장에서 객관적인 자료를 다양하게 수집하고 과학적인 분석을 통한 합리적인 접근의 필요성이 대두되고 있다. 신경교육학적 접근들은 첨단 장비들을 사용하여 객관적이고 합리적인 접근이 가능하도록 하였고 교육방법의 개발이나 학습과학에 대한 가능성을 보여주고 있다.

본 연구에서는 ADHD와 직접적으로 관련이 있는 뇌의 조직과 기능을 이해하고 더 나아가 ADHD의 발생 원인과 ADHD에서 나타나는 인지적 조절능력의 문제와 정서-행동적 충동성과 과잉행동의 문제를 최근의 뇌과학적 지식을 바탕으로 접근하여 객관적이고 합리적으로 분석을 하고자 한다.

Brain scientific approach of ADHD

아동과 청소년의 ADHD 증상들은 신경해부학적, 신경생리학적 문제가 기저를 이룬다. ADHD증상들은 Barkely(1998)의 설명에 의하면 정서, 동기, 각성과 관련된 자기조절과 작업기억의 내용을 적절한 행동 반응으로 연결하고 새로운 반응으로 재결합 할 수 있는 능력인 뇌의 실행 기능 영역이 손상을 입었기 때문이라고 한다. 행동 조절을 담당하는 뇌 부위를 살펴보면 전전두엽피질, 시상, 대뇌 기저핵, 뇌량과 연관이 있다고 제시하고 있다(Matters, 1980; Giedd, 2006). 또한, 신경생리학적으로 살펴보면 신경전달물질 중에서는 각성을 조절에 관여하는 노르에피네프린이 관련이 있다고 하였고(Marroccol, 1998), 도파민 또한 ADHD에 매우 큰 영향을 주는 것으로 나타났다(Roman, 2002). 도파민 활동이 원활하지 않을 경우 분석과 판단 그리고 감정조절 같은 사고기능에 문제가 생겨 장소와 상황에 맞지 않는 행동과 말을 하게 된다(Seo Yu Heung, 1994). 이러한 뇌 부위들과 신경전달물질은 인간의 고차원적인 사고 기능을 담당하고 활동하는 곳이며, 각각의 부위들이 서로 긴밀히 네트워크를 형성하며 작동하는 곳이기 때문에 ADHD증상들이 신경경로의 손상이 중요한 원인이 될 수 있음을 알 수 있다.

Materials and Methods

이 연구에서는 ADHD관련 뇌과학 문헌들을 주로 수집하였다. 주로 사용한 검색 사이트는 'Google Scholar'와 '한국교원대학교도서관 검색'사이트이고, 문헌 검색을 위해 사용한 키워드는 '주의력결핍과잉 행동장애', '뇌과학', '뇌활성', 'ADHD 원인' '교육'등을 적절히 조합하여 검색하였고 ADHD관련 서적들을 참고하였다.

검색한 논문은 실제 분석에 앞서 ADHD아동들에게 많이 연구되었던 작업기억 능력과제, 억제능력, 조절 능력 과제 등을 fMRI, MRI, EEG, PET등의 뇌과학 연구방법을 통해 실제 두뇌를 측정한 문헌들을 주로 선정하였다. 그리고 ADHD에 대한 연구를 크게 신경

해부학적 연구와 신경생물학적 기능연구로 구분해 보았다. 본 연구에서는 ADHD아동과 청소년에서 나타나는 해부학적 특징에 관한 연구들을 먼저 살펴 본 후 신경심리학적 검사를 적용해 ADHD아동과 일반아동 사이에 기능적 영상을 비교 분석한 연구들을 살펴 보았다.

또한 본 연구에서 아동과 청소년의 ADHD 증상에 대한 신경과학적 요인에 대해 알아보고자 분석한 주요 문헌이 아래의 <Table 1>에 제시되어 있다.

<Table 1> Literatures to review on neurological mechanism of ADHD

Author (Year)	Title
Sasha et al (2007)	Abnormal cerebral cortex structure in children with ADHD
Hynd et al (1991)	Corpus callosum morphology in attention deficit-hyper-activity disorder: Morphometric analysis of MRI.
Giedd et al (2001)	Brain imagingo of attention deficit/hyperacrivity disodor
Rubia et al (1999)	Hypofrontality in attention deficit hyperactivity disirdor during higher-order motor control: A study with funtional MRI.
Emst et al (1999)	High midbrain [18F]DOPA accumulation in children with attention deficit hyperactivity disorder.
Yong Ki Lee & Sung Min Ahn (2014)	Analysis of Working Memory for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) Children using fMRI
Clarke et al (2001)	Age and sex effects in the EEG:Differences in two subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder.

Results and Discussions

Neuroanatomical study of ADHD

Sasha 등(2007)은 21명의 ADHD 아동과 35명의 정상아동 대조군을 대상으로 대뇌피질의 부피와 대뇌피질의 두께, 대뇌피질의 주름을 MRI영상을 통하여 비교 분석하였다. 이 연구 결과 ADHD 아동들은 일반아동들에 비해 좌우반구 모두에서 대뇌피질의 부피가 전체적으로 8%이상 감소하였고 대뇌피질의 주름도 유의하게 감소하였다. 그러나 피질의 두께에서는 유의한 차이가 나오지 않았다. 대뇌 피질 주름의 감소는 ADHD와 관련된 중요한 형태학적 특징임을 시사한다. 이것은 ADHD의 신경 발달 메커니즘을 확인하는데 도움이 될 수 있다.

Hynd 등(1991)은 ADHD아동 7명과 10명의 일반아동의 뇌구조에서 어떤 변이가 있는지를 알아보기 위해 MRI영상을 분석 하였다. 그 결과 ADHD를 가진 아이들이 일반 아동에 비해 뇌량(Corpus callosum)부분이 작다는 결과가 나왔고 이런 미묘한 차이는 ADHD 행동 발현의 밑바탕이 될 수 있음을 시사하였다. 뇌량은 3억개 이상의 신경섬유다발로 구성된 두꺼운 신경망으로 대뇌에서 오는 모든 자극과 정보들이 뇌량을 통해 서로 빠르게 교환됨으로서 인간의 행동이 단일화 된 의식을 갖고 행동을 할 수 있게 된다(Ornstein, 1984). 이러한 뇌량의 기능에 입각하여 ADHD 발생기전을 살펴보면 ADHD 아동청소년들이 나타내는 충동적 행동들은 부실한 정보교환으로 초래될 수 있다. 감정적 판단과 행동이 인지적 합리적 사고통제를 받지 못할 경우 ADHD 아동들은 보다 감정적이고 충동적인 행동을 나타낼 가능성이 있다고 할 수 있다.(Lee Jung Hyun, 2005)

Giedd 등(2001)은 MRI를 측정한 결과 ADHD 아동과 청소년에서 일반아동에 비해 우측 전전두피질, 우측 앞쪽 백질, 우측 미상핵, 뇌량 앞쪽 부분 부피가 작은 것을 발견하였고, Castellanos 등(2003)의 쌍생아 연구에서는 ADHD를 가지고 있는 일란성 쌍둥이의 경우에는 다른 일란성 쌍둥이에 비해 미상핵(caudate)이 작다고 하였고 치료를 받지 않았을 때에는 연령이 증가함에 따라 미상핵의 부피와 백질(white matter)의 부피가 감소된다는 결과를 제시하였다.

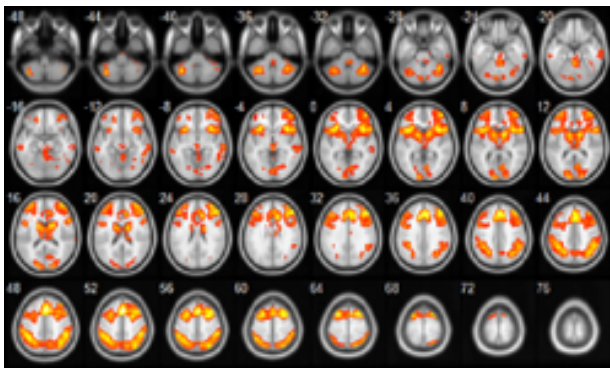
Neurobiological studies of ADHD

Rubia 등(1999)은 ADHD를 가진 7명의 사춘기 소년을 대상으로 계획된 운동 반응의 억제를 요구하는 정지 작업과 모터 타이밍 작업을 할 때의 두뇌 활성화를 MRI를 통해 연구하였다. 연구 결과 일반적으로 ADHD가 있어 지나친 행동을 하는 청소년은 운동반응 억제작업과 모터 타이밍 작업시 모두 오른쪽 전두엽 피질과 우측 앞쪽 전두엽 피질에서 반응이 더 적게 나타났다. 결론적으로 ADHD는 고차원 모터 제어를 담당하는 전두엽 시스템의 비활성화와 관련이 있다고 할 수 있다. 전두엽피질은 주의력과 충동 조절, 각성유지, 및 목표 지향적 활동의 기능을 담당하고, 특히 전전두엽은 선택적 주의력에 중요한 곳이다. 그리고 선조체, 특히 미상핵의 이상도 중요하다. 특히 선조체의 이상은 도파민계의 낮은 활성화와 관련하여 과다활동이나 충동성을 유발할 수 있다. 선조체는 전두엽으로부터 억제성 조절을 받는 곳으로 두 영역의 기능이상은 서로 밀접한 관계를 가지고 있다(Jung Joon Chung, 2008)

Ernst 등(1999)은 정상 아동 10명과 ADHD 아동 10명을 대상으로 추적자 F18 fluorodopa(DOPA)를 사용하여 PET촬영을 하고 ADHD 아동에서 시냅스전 도파민성 기능의 완전성을 조사하였다. 분석 결과 우측 중뇌에서 DOPA의 축적이 정상 아동보다 ADHD 아동에서 48%가 더 높았다. 즉, ADHD아동에게서 F18 fluorodopa의 흡수는 비정상적으로 증가되어 있어 도파민 기능 장애가 있음을 밝혀주었다. ADHD 아동의 경우 도파민의 자가 흡수량이 많으면 실제 대뇌에 작용하는 도파민의 양이 적어지게 되고 도파민 활동이 원활히 이루어지지 않게 되면 인지 정서적 감정조절이나 고차원적인 사고기능에 문제가 생기게 된다고 하였다.(Seo Yu Heung, 1994)

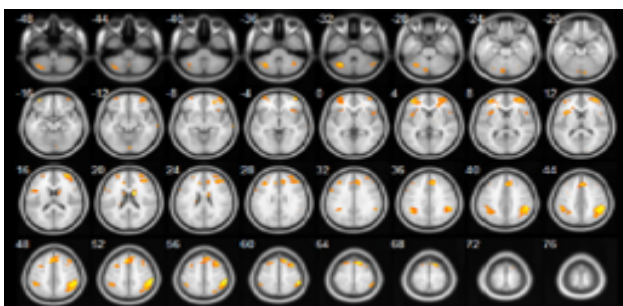
Yong Ki Lee 등(2014)의 연구에서는 초등학생 ADHD 학생 10명과 일반 학생 16명을 대상으로 웨슬러 아동용 지능검사 중에서 작업기억 과제를 제시하고 fMRI를 실시하여 두 그룹간의 비교 분석을 하였다. 그 결과 정상군 10명과 ADHD 학생 6명을 비교 분석하였더니 양쪽 중앙 전두 피질, 중앙 및 하측안와 전두 피질, 오른쪽 상측 전두엽, 하측 전두 삼각이랑(Inferior frontal triangularis), 중앙 및 하측

전두엽개(Middle and Inferior frontal operculum), 양쪽 상측과 하측 두정엽, 왼쪽 해마피질(Parahippocampal cortex), 오른쪽 시상, 양쪽 방추상회(Fusiform gyrus) 등에서 ADHD 학생들이 일반 학생들 보다 더 낮은 활성화 정도를 보였다. 아래 [Figure 1], [Figure 2]는 ADHD학생과 일반 학생 간의 작업기억 과제 수행 시 뇌활성도를 비교한 것이다. ADHD아동들이 정상아동들에 비해 전체적인 활성화도가 낮은 것을 볼수 있고, 특히 전두피질부분과 두정피질 부분이 정상아동들은 대칭적으로 강하게 나타나는 반면 ADHD아동의 경우 비대칭적인 활성을 보임을 알 수 있다.



[Figure 1] Brain activity of normal group students during task memory task(Yong Ki Lee et al, 2014)

VS



[Figure 2] Brain activity of ADHD students during task memory task(Yong Ki Lee et al, 2014)

Clarke 등(2001)은 각각 40명의 소년과 소녀를 대상으로 정상인그룹과 복합형ADHD, 주의력결핍우세형ADHD 간의 연령별, 성별간 EEG를 측정하여 총파

워, 상대알파, 세타/알파 및 세타/베타 비율 대한 추정치 비교 분석하였다. 그 결과 세 그룹 모두에서 구별되었는데 ADHD 환자와 대조군 간의 성별차는 남성이 여성보다 세타/알파 및 세타/베타 비율이 높았고 남성에서는 더 빨랐다. 연령이 증가함에 따라 주의력결핍우세형 ADHD 그룹의 뇌파는 정상 그룹에서 발견된 변화와 비슷한 비율로 변화하였다. 그리고 복합형 ADHD는 주의력결핍우세형 ADHD 그룹보다 더 큰 속도로 변화하는 것으로 밝혀졌으며 두 ADHD 그룹의 파워 수준은 나이와는 비슷하게 나타났다. 이는 주의력결핍우세형 ADHD에서 보이는 과잉행동이나 충동적 요소는 나이가 들수록 성숙됨을 알수 있고 복합형ADHD에서는 전두엽의 집행기능의 결함과 더 관련이 있음을 시사한다.

Conclusions

본 연구의 목적은 ADHD를 가진 아동과 청소년에게서 나타나는 인지적 자기조절 문제, 정서-행동적 충동성과 과잉행동 문제를 보다 뇌과학적인 측면에서 원인을 찾아보고자 하였다. ADHD의 많은 부분이 유전적 기전에 의해 발생한다고 알려져 있으나 정확한 유전적인 기전에 대해서는 아직까지 확실히 밝혀져 있지는 않다. 여러 염색체의 부분이 ADHD 발생에 감수성을 가진 유전자로 예측되고는 있지만 현재까지는 발병에 결정적으로 기여하는 유전자는 밝혀지지 않고 있어 다유전자성 요인에 의해 야기될 것으로 생각하고 있다(Acosta, 2004). 현재까지의 연구결과를 종합해 보면 ADHD는 원인이 정확히 밝혀지지 않은 유전적 증상이지만 뇌의 부적합한 행동을 제어하는 역할을 하는 전두엽이나 기저핵과의 연결 통로에 생기는 기능적 장애라고 생각되어지며 이 부분에서 신호를 전달하는 신경 전달 물질인 도파민의 불균형이 있는 것으로 받아들여지고 있다. 본 연구에서는 ADHD아동과 청소년에서 일반아동과 달리 뇌의 구조나 기능에서 어떤 차이가 생기는지를 신경해부학적 측면과 신경생물학적인 측면에서 살펴보고 이를 통해 ADHD아동과 청소년에 대한 객관적인 지표를 제시하고자 하였다.

첫째, 주의력결핍과잉행동장애 아동과 청소년들은

전전두엽(Prefrontal cortex), 기저핵(Basal ganglia), 뇌량(Corpus callosum), 미상핵(caudate)에서 구조의 이상이나 부피와 백질(white matter)의 부피가 감소함을 보고하였다. 또한 Wolosin 등 (2009)은 ADHD아동의 좌우반구 모든 두뇌피질 부피가 전체적으로 작고 피질의 주름도 적다고 하였으며 특히 우반구의 두뇌피질의 주름이 적은 것이 우반구의 전두엽기능의 결함을 초래하여 결과적으로 ADHD의 증상을 갖게 한다고 하였다. 즉, 우측 전전두피질의 크기가 작은 것은 억제능력의 낮은 것과 높은 상관성이 있다고 할 수 있다(Lee, Myoung Ju, 2006).

둘째, Rubia 등(1999)에서 ADHD아동과 청소년들은 운동반응 억제작업과 모터 타이밍 작업 과제 수행시 모두 오른쪽 전두엽 피질과 우측 앞쪽 전두엽 피질에서 뇌의 활성화 반응이 더 적게 나타났다. 전두엽은 자기조절, 연속적 사고, 계획을 세우는 등 고등 사고 기능을 하고, 특히 전전두엽부위는 인간의 행동 조절에 핵심이 되는 충동성과 반응성의 억제를 담당하는 곳이다. 많은 연구들에서 ADHD아동의 경우 일반아동보다 전전두엽의 활동성이 매우 떨어진다는 결과를 공통적으로 보고하고 있다. ADHD아동과 청소년에서 나타나는 정서-행동적 측면에서 장소나 상황에 맞지 않는 부적절한 행동과 감정의 표출은 대뇌 기저핵의 감정중추에서 행동과 감정을 제대로 통제할 수 없기 때문이다. 즉, 적절한 감정이 전달되어도 전전두엽에서 최종적으로 잘못된 판단처리를 하면 적합한 행동을 하지 못할 가능성이 높아진다.

그리고 ADHD와 관련이 깊은 신경전달 물질인 도파민은 주로 기저핵과 전전두엽과 상호 밀접한 관계를 맺고 있으며, 기능적으로도 서로 상호작용하는 것으로 보고되고 있다. 도파민 활동이 원활하지 않을 경우 분석과 판단, 감정의 조절 같은 고차원적인 사고기능이 제대로 작동하지 않아 장소와 상황에 맞지 않는 행동을 하게 된다. 즉, ADHD 아동과 청소년의 경우 분비된 도파민이 도파민 자가 수용체에 의해 다시 흡수되는 양이 지나치게 많아서 실제 대뇌에 작용하는 도파민의 양이 적기 때문에 문제가 생기게 된다.

급변하는 사회에서 날이 갈수록 ADHD 아동과 청소년들의 유병율은 높아지고 있으며 학교현장에서는

여러 가지 갈등을 초래하고 있다. 실제 국내에서는 ADHD와 관련된 뇌과학 기술을 이용한 연구가 행정적, 재정적 지원 문제로 활발하게 이루어 지고 있지 않다. 이에 본 연구를 통해서 ADHD의 뇌과학적 발생기전에 대한 과학적이고 객관적인 연구지표를 통해 ADHD아동과 청소년들의 행동과 정서를 폭 넓게 이해하고자 하였다. 더 나아가 ADHD아동과 청소년들에 대한 이해를 바탕으로 교육적 중재방안으로서 학교현장에서의 개선점을 모색해 정서적, 환경적으로 효율적이고 합리적인 교육중재방안을 마련 할 수 있는 기틀을 마련했으면 하는 바램이다.

References

- Acosta MT, Arcos-Burgos M, Muenke M (2004). Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): complex phenotype, simple genotype? Review | Published: 01 January
- American Psychiatric Association (2002). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Text Revision. 4th ed. Washington, DC. Author.
- American Psychiatric Association (1994). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th ed. Washington, DC, American Psychiatric Association.
- Barkley RA. (1998). Handbook of Attention deficit hyperactivity disorder(2nd. ed.) New York: Guilford press.
- Barkley RA. Attention deficit hyperactivity disorder. New York: Guilford press (1990).
- Bauermeister JJ , Héctor R. Bird , Glorisa Canino , Maritza Rubio-Stipec , Milagros Bravo & Margarita Alegría (1995). Dimensions of attention deficit hyperactivity disorder: Findings from teacher and parent reports in a community sample Original Articles Pages 264-271.
- Castellanos, F. X., Sharp, W. S., Gottesman, R. F., Greenstein, D. K., Giedd, J. N., & Rapoport, J. C. (2003). Anatomic brain abnormalities in monozygotic twins discordant for attention deficit

- hyperactivity disorder. American Journal of Psychiatry, 160, 1693-1696.
- Cho, Soo Chul, Shin Yoon Oh (1994). A Study on the Prevalence of Disruptive Behavior Disorder. Pediatric Adolescent Psychiatry ;5: 141-149.
- Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2001). Age and sex effects in the EEG:Differences in two subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder. Clinical Neurophysiology, 112, 815-826.
- Ernst M, Zametkin AJ, Matochik JA, Pascualvaca D, Jons PH, & Cohen RM. (1999). High midbrain [18F]DOPA accumulation in children with attention deficit hyperactivity disorder. Am J Psychiatry. Aug;156(8):1209-15.
- Eun So hee & Eun byeo lin (2008). Attention deficit hyperactivity disorder Department of Pediatrics, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea.
- Giedd, J. N. ,Shaw, P. Wallace, G. Gogtay, N., &Lenroot, R. (2006). Anatomic brain imaging studies of normal and abnormal brain development in children and adolescence. In D. Cicchetti & D. Cohen (Eds). Development psychopathology(Vol. 2 pp. 127-196). Hoboken, NJ: Wiley.
- Giedd, J.N., Blumenthal, J., Molloy, E., &Castellanos, F. (2001). x. Brain imaging of attention deficit/hyperactivity disorder. Annals of the New York Academy of Science, 931, 33-49.
- Hynd, G. W., Semrud-Clikeman M., Lorys, A. R., Novey, E. S., Eliopoulos, D., &Lytine, H. (1991). Corpus callosum morphology in attention deficit-hyper-activity disorder: Morphometric analysis of MRI. Journal of Learning Disabilities Research Review, 6(1), 59-67.
- Hudziak J. J , Heath AC , Madden PF , Reich W , Bucholz KK , Slutske W , Bierut LJ , Neuman RJ & Todd RD (1998). Latent Class and Factor Analysis of DSM-IV ADHD: A Twin Study of Female Adolescents Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, Vol.37, No.8, pp.848-857.
- Jensen, P. S., Hinshaw, S. P., Kraemer, H. C., Lenora, N., Newcorn, J. H., Abikoff, H. B., et al. (2001). ADHD comorbidity findings from the MTA Study: Comparing comorbid subgroups. Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 40(2), 147-158.
- Jung Myoung Sook, Son Young Sook, Chung Hyunhee (2004). Childhood behavior disorder 5th edition, Sigma Press, Seoul, pp. 291-295
- Jung Joon Chung & Myung Chul Lee (2008). Nuclear Medicine 3rd Edition, Korea Medicine, Seoul, p.453.
- Kim, Jae Yoon, Andong, Hyun Shin (1999). Epidemiological Study of Attention Deficit - Hyperactivity Disorder and Learning Disability in Rural Areas. Neuropsychiatry ; 38: 784-793.
- Lee, Myoung Ju & Hong Chang Hee (2006). Cognitive tempo and carelessness of subtypes of attention deficit hyperactivity disorder. Korean Psychological Association: Development, 19 (1), 89-103.
- Lee, Jung Hyun Neurodevelopmental Neuroimaging, Child-Adolescent Psychiatry, 16 (1), 26-32 (2005)
- Lee Jung Eun & Kim Chun Kyung (2002). The Effects of Social Skills Improvement Program on Social Skills and ADHD Symptoms of ADHD Children. Emotional and Learning Disability Studies; 18 (2), 207-223.
- Mattes J.A. (1980). The role of frontal lobe dysfunction in childhood hyperkinesis, Comprehensive psychiatry, Vol.21, No.5, pp.358-369.
- Marrocco, R. T., & Davison, M. C. (1998). Neurochemistry of attention. In R. Parasuraman(Ed), The attention brain(pp35-50). Cambridge MA: MIT Press.
- Seo Yu Heung (1994). Know your brain and write your brain. DongA Ilbo.
- Ornstein, R. & Thompson, R. F. (1984). Amazing Brain. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Roman, T., Szobot, C., Martins, S., Biederman, J., Rohde, L., & Huts, M. H. (2002). Depamine

transporter gene response to methylphenidate in attention-deficit hyperactivity disorder. Pharmacogenetics, 12, 497-499.

Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S. C.R., Simmons, A., et al. (1999). Hypofrontality in attention deficit hyperactivity disorder during higher-order motor control: A study with functional MRI. American Journal of Psychiatry, 156, 891-896

Sasha M., Wolosin Marin E., Richardson Joseph G. & Hennessey Martha B. (2007). Denckla Abnormal cerebral cortex structure in children with ADHD Research Article.

Slavin R.E. (2002). Evidence-Based Education Policies: Transforming Educational Practice and Research Research Article.

Spencer T, Biedermann J, Wilens T. (1999). Attention-deficit/hyperactivity disorder and comorbidity. Pediatr Clin North Am 46:915-927.

Yong Ki Lee & Sung Min Ahn (2014). Analysis of Working Memory for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) Children using fMRI Journal of the Korea Contents Association.