

## 한국어판 DISC-IV에 따른 주의력결핍 과잉행동장애 진단에서의 정량 뇌파 소견

국립공주병원 정신건강의학과,<sup>1</sup> 중앙대학교 일반대학원,<sup>2</sup> 중앙대학교병원 정신건강의학과,<sup>3</sup> 삼성서울병원 정신건강의학과,<sup>4</sup> 강남을지병원 정신건강의학과<sup>5</sup>

김준원<sup>1,2</sup> · 김현진<sup>1</sup> · 한덕현<sup>3</sup> · 이영식<sup>3</sup> · 민경준<sup>3</sup> · 이건설<sup>4</sup> · 이재원<sup>5</sup>

### Quantitative Electroencephalography Findings in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder According to Korean DISC-IV

Jun Won Kim, MD<sup>1,2</sup>, Hyun Jin Kim, MD<sup>1</sup>, Doug Hyun Han, MD, PhD<sup>3</sup>,  
Young Sik Lee, MD, PhD<sup>3</sup>, Kyung Joon Min, MD, PhD<sup>3</sup>,  
Kounseok Lee, MD<sup>4</sup> and Jaewon Lee, MD<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychiatry, Gongju National Hospital, Gongju, Korea

<sup>2</sup>Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Department of Psychiatry, College of Medicine, Chung-Ang University, Seoul, Korea

<sup>4</sup>Department of Psychiatry, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

<sup>5</sup>Department of Psychiatry, Gangnam Eulji Hospital, Eulji University, Seoul, Korea

**Objectives** This study was designed to investigate the clinical availability of quantitative electroencephalography (QEEG) as an auxiliary diagnostic tool in attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD).

**Methods** A total 95 participants completed examinations, which included Korean ADHD Rating Scale (K-ARS), Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV-Korean Version (DISC-IV), and QEEG. From the result of the DISC-IV, we divided them into three groups, ADHD, ADHD NOS (not otherwise specified), and Normal control. The QEEG was analyzed by the ranges of Hz : delta (1-4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-12 Hz), beta (12-25 Hz), and high beta (25-30 Hz).

**Results** ADHD NOS group showed significantly decreased delta activity (NOS<normal,  $p=0.003$ ) and increased theta activity (NOS>normal,  $p=0.044$ ) compared with normal control. ADHD group showed increased high beta activity (ADHD>NOS,  $p=0.043$ ) compared with NOS group. The z-scores of relative power of theta were negatively correlated with the K-ARS at O1, O2 electrodes of ADHD group. On the other hand, the z-scores of relative power of high beta were negatively correlated with the K-ARS at F7, F8 electrodes of ADHD NOS group.

**Conclusion** We confirmed QEEG abnormalities in ADHD patients, especially the difference between ADHD NOS and Normal control. Therefore, we expect to use QEEG as the valuable tool to diagnose ADHD accurately.

J Korean Neuropsychiatr Assoc 2013;52:143-149

**KEY WORDS** ADHD · QEEG · DISC-IV · K-ARS.

Received March 5, 2013  
Revised March 13, 2013  
Accepted April 25, 2013

**Address for correspondence**

Jaewon Lee, MD  
Department of Psychiatry,  
Samsung Medical Center,  
Sungkyunkwan University  
School of Medicine, 81 Irwon-ro,  
Gangnam-gu, Seoul 137-710, Korea  
Tel +82-2-3438-1121  
Fax +82-2-3438-1001  
E-mail f\_affection@korea.kr

## 서론

주의력결핍 과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder, 이하 ADHD)는 소아 청소년기에 가장 유병률이 높은 질환으로 알려져 있다. 학교를 다니는 아이들 중 3~5%에 달하며, 정신건강의학과 진료를 받는 아이들 중 50% 이상이 이 질환의 진단 기준을 충족한다고 보고하고 있다.<sup>1)</sup> 소아 청소년 시기에 ADHD를 진단받은 경우 학습과 사회성, 성격 형성 등에 큰 영향을 미치며, 이는 성인으로까지 이어

진다는 점에서 그 중요성을 인정받고 있다.<sup>2)</sup> ADHD의 신경생리학적 원인으로는 주의력을 유지(attention controlling)하고, 행동을 억제(behavioral inhibition)하는 능력을 담당하는 전두엽과 피질하 영역의 경로 이상을 보고하고 있고 이를 입증하기 위한 진단도구들이 개발되고 있다.<sup>3)</sup> 그러나 아직까지 소아 청소년기에 주의력결핍, 과잉행동, 충동성, 공격성, 학습부진 등을 증상으로 나타내는 질환들을 명확하게 구분할 수 있는 진단도구나 검사는 없는 상황이다.

현재 국내에서 ADHD 진단에 사용할 수 있는 것은 구조

화된 면담인 한국어판 Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV(이하 DISC-IV)와 ADHD 관련 척도들이 있고, 지속수행검사(Continuous Performance Test)를 통해 수치 화할 수 있다. 하지만 범주형 진단기준을 사용하는 정신과적 진단체계 상 그 정확성에 대한 논란은 항상 있어왔다.<sup>4)</sup> 세계적으로 널리 받아들여지는 것으로는 2000년 American Academy of Pediatrics에서 발표한 가이드라인이 있으며, 이는 Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 4<sup>th</sup> edition(이하 DSM-IV)의 진단기준을 사용한 것이다.<sup>5)</sup> 또한 진단의 정확성을 위해 보조기구의 도움을 받을 수 있다고 하였는데, 2004년에 발표한 가이드라인에 따르면 정량 뇌파(Quantitative Electroencephalography, 이하 QEEG)가 ADHD의 진단 및 이해, 치료에 도움을 줄 것이라고 제안하였다.<sup>6)</sup>

최근 들어 정량화 할 수 있는 도구나 기계를 이용하는 근거중심(evidence-based)의 진단법 및 치료법이 기대를 받고 있는데, 그 중에서도 뇌의 전기생리적인 활동으로부터 자료를 얻어 뇌기능의 생물학적 표지자 역할을 할 수 있는 정량 뇌파 기법은 다른 진단 도구에 비해 여러 가지 장점을 가진다. 우선 피험자에게 방사능 노출 등의 침습적인 방법이 아니며, 우수한 시간 해상도를 가지고, 저렴한 검사 비용으로 인해 환자에게 접근성이 뛰어난 장점을 가진다.<sup>7)</sup> 하지만 이런 장점에도 불구하고 임상에서 ADHD를 진단하기 위한 QEEG의 사용시 아직 어려운 부분이 남아있다. ADHD의 정량 뇌파 특성으로 잘 알려진 세타파의 증가와 베타파의 감소가 다른 질환에서도 나타날 수 있다는 점이다.<sup>8)</sup> 실제 세타파의 증가는 간질, 치매, 알코올 의존, 조현병 등에서도 관찰되는 소견이며, 이것의 의미는 발달상의 지연(developmental delay) 이외에 전체 혹은 국소적인 손상을 의미하기도 한다.<sup>9)</sup> 하지만 이런 한계점에도 불구하고 ADHD는 정량 뇌파 검사상 보고되는 결과가 다른 질환에 비해 일관된 편이며, 뇌파를 기반으로 한 뉴로피드백 치료에도 효과적인 것으로 알려져 있어, 임상에서의 진단시 유용한 도구로 점차 인정받고 있다.<sup>10)</sup>

최근 정량 뇌파 기술과 분석 기술의 발전으로 정신과적 장애를 비롯한 뇌기능 연구에 그 활용도가 높아지고 있지만, 기존 연구의 숫자는 많지 않으며 결과 또한 일관성이 부족하다.<sup>11)</sup> 또한 객관적인 기준이 정해지지 않아 결과의 해석에 어려운 부분이 있었다. 그러므로 본 연구는 한국어판 DISC-IV에 따라 ADHD군과 ADHD Not Otherwise Specified(이하 NOS)군을 진단하고 정상군과의 정량 뇌파적 특성을 비교하고자 한다. 이를 통해, ADHD 환자와 정상인, 그리고 두 집단의 경계선상인 ADHD NOS 환자의 정량 뇌파적 기준을 정하고, ADHD의 신경생리적 병리현상을 이해하고자 한다.

## 방 법

### 대 상

2010년부터 2012년까지 국립공주병원과 공주시 정신보건센터에서 공동으로 주관한 1주일간의 '티치브레인 집중력 증진 캠프'에 참여를 원하고 사전검사를 수행한 초등학교 학생을 대상으로 하였다. 사전검사 전에 검사자료가 의학적 연구 목적으로 사용될 수 있음을 보호자에게 설명하였고 이에 대한 서면 동의를 받았으며, 연구의 목적과 내용, 윤리적 문제에 대하여 국립공주병원 임상연구 윤리위원회의 승인을 받았다.

본 연구의 배제기준은 지적 장애와 자폐성 장애를 포함한 기타 정신과적 장애를 동반한 경우였으며, 약물치료를 받고 있는 경우도 연구대상에서 제외하였다. 위 기준에 의하여 총 95명이 모집되었다. 사전검사 중 DISC-IV의 결과에 따라 ADHD군과 NOS군을 선정하였는데, NOS군은 DSM-IV 상 ADHD의 진단기준은 충족시키고 DISC-IV의 주의력결핍 또는 과잉행동/충동성 척도에서 3가지 이상 해당되지만 6가지에는 미달되는 경우로 정하였다. 정상 대조군으로는 캠프에 참여를 원하였지만 사전검사서에서 ADHD로 진단할 수 없었고, Axis I 상 다른 진단의 과거력이 없는 아이를 대상으로 하였다.

### 도 구

한국어판 Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV(DISC-IV)

아동 청소년을 대상으로 한 역학연구에 사용될 수 있도록 개발된 구조화 된 진단도구이다. 1979년 DSM-III에 기반한 DISC-I이 개발된 이후 현재는 DSM-IV 진단기준을 바탕으로 한 DISC-IV를 전세계적으로 널리 사용하고 있다. 2000년 National Institute of Mental Health에서 개정된 것을 2007년 한국어로 번안하였고 신뢰도 및 타당도 검증을 마친 한국어판 DISC-IV를 본 연구에서 사용하였다.<sup>12)</sup> 정신과적 진단은 불안장애, 기분장애, 조현병, 파괴성 행동장애, 알코올 물질남용, 기타 장애의 6가지 모듈로 구성되어 있다.

Korean ADHD Rating Scale(이하 K-ARS)

DSM-IV를 기초로 하여 1991년 DuPaul<sup>13)</sup>에 의해 개발되었다. 총 18문항으로 구성되어 9문항은 주의력에 대한 내용이고 나머지 9문항은 충동성과 과잉행동에 대한 내용이다. 각각의 문항은 아동의 문제 행동 빈도에 따라서 '전혀 그렇지 않다' 0점, '약간 혹은 가끔 그렇다' 1점, '상당히 혹은 자주

그렇다' 2점, '매우 자주 그렇다' 3점까지 평정될 수 있다. 홀수 문항의 총점은 주의력결핍을 측정하고, 짝수 문항의 총점은 과잉행동/충동성을 측정하도록 구성되어 있다. 한국어로 번역된 부모용 척도는 신뢰도와 타당도가 유용한 것으로 보고 되고 있다.<sup>14)</sup>

#### 뉴로가이드(NeuroGuide)

정량 뇌파의 분석도구로 뉴로가이드(NeuroGuide, Applied Neuroscience, Inc., St. Petersburg, FL, USA, www.appliedneuroscience.com)를 본 연구에 사용하였고,<sup>15)</sup> 이는 측정된 뇌파와 비교 분석할 수 있는 표준화 데이터베이스를 제공하는 소프트웨어 패키지이다. 데이터베이스는 출생 2개월부터 82세까지의 625명 정상인의 폐안 뇌파(eyes closed)와 개안 뇌파(eyes open) 자료를 포함하고 있고, 이를 통해 피험자 뇌파의 절대파워(absolute power), 상대파워(relative power), 응집력(coherence), 위상(phase), 좌우불균형(asymmetry) 값을 정상군의 정규분포 중 어디에 속하는지 z-값으로 나타내준다. 그러므로 뉴로가이드에서 제공하는 z-값은 평균값이 0이고 분산이 1인 표준정규분포를 취하게 되며 데이터베이스 내 나이와 성별을 일치시킨 자료들과의 비교 결과를 나타낸다. 이 도구는 뇌파의 원자료(raw data) 분석뿐 아니라 이를 통한 지형학적 이미지(topographical image)를 제공할 수 있다는 장점을 가진다.

#### 뇌파 기록과 분석

뇌파는 국립공주병원 뇌기능연구소에 설치된 128채널 디지털 뇌파장비(128ch SynAmps2 Neuroscan system, Compumedics, Charlotte, NS, USA)로 측정되었다. 국제 1020법(International 1020 system)에 맞추어 19개의 채널을 부착하였고 모든 전극은 귀를 기준 전극(reference electrode)으로 하였다. 각 전극은 금도금 컵 전극(gold cup electrode)을 사용하였고, 임피던스는 15Ω 이하로 유지시켰다. 참가자들은 조용한 방, 편안한 의자에 기대어 앉은 상태에서 검사를 진행하였다. 눈을 감고 각성상태를 유지하면서 총 3분간의 안정 뇌파를 측정하였다. 얻어진 뇌파는 숙련된 연구원이 잡파가

없는 뇌파를 직접 눈으로 확인하며 10초간을 선택하였다. 이후 뉴로가이드를 통해 자동 눈깜박임 제거를 시행하였고 선택된 10초 부분과 유사한 부분을 자동 선택하도록 하였으며, 이를 통해 전체 안정뇌파 중 적어도 60초 이상의 뇌파가 선택되도록 하였다. 정량적 분석을 위하여 프리에 변환(Fast Fourier Transformation)을 통해 디지털화하고 여러 대역대의 파워 스펙트럼(power spectrum) 값을 구하였다. 뇌파 분석을 위해 델타(1~4 Hz), 세타(4~8 Hz), 알파(8~12 Hz), 베타(12~25 Hz), 높은 베타파(25~30 Hz)의 주파수 영역을 사용하였다. 이들 주파수 영역의 정상 데이터베이스와 비교하여 얻어진 상대파워(relative power)의 z-값을 19개의 채널별로 구하여 분석에 이용하였다.

#### 통계방법

세 군 모두 정규성 및 등분산 검정에서 모수적 통계분석이 가능함을 확인하였다. 모든 통계분석은 Predictive Analytics Software ver. 18.0 for Windows(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였으며, 유의수준은 0.05로 양측검증을 시행하였다. 자료의 특성에 따라 연속형 변수는 평균(±표준편차), 범주형 변수는 n(%)로 표시하였다. 대상군의 성별 분포는 chi-square test를 사용하였고, 세 군 간 연령, K-ARS, 그리고 뇌파의 상대파워 비교에서는 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 사용하였으며, 사후검정으로는 Scheffe test를 시행하였다. ADHD의 임상증상 정도와 정량 뇌파와의 관련성을 알아보기 위하여 19개 채널의 각 주파수 영역에 따른 상대파워 z-값과 K-ARS 점수 간의 Pearson 상관관계 분석을 시행하였다.

## 결 과

#### 연구대상자의 특성

ADHD군은 43명(여자 11명), NOS군은 38명(여자 12명), 정상군은 14명(여자 2명)이었다. 그 중 남자는 75명(74%)이고, 여자는 25명(26%)으로 남자가 2배 이상 많았지만 세 군간 유의한 차이를 보이지는 않았다( $F=2.370$ ,  $p=0.306$ ). 세 군의

**Table 1.** Demographic characteristics of subjects (n=95)

	ADHD (n=43)	NOS (n=38)	Normal (n=14)	$\chi^2/F$	p value
Age (year)	10.02±1.035	10.24±1.195	10.36±1.447	0.578	0.563
Sex				2.370	0.306
Male	32	26	12		
Female	11	12	2		
K-ARS	32.35±11.759	25.21±10.632	14.07±7.918	15.702	<0.001a**

Post hoc test : a : ADHD, NOS>Normal. \* :  $p<0.05$ , \*\* :  $p<0.01$  by analysis of variance. ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, NOS : Not otherwise specified, K-ARS : Korean ADHD Rating Scale

**Table 2.** Comparisons of five different band frequency among three groups

	ADHD (n=43)	NOS (n=38)	Normal (n=14)	F	p value
Delta	0.198±0.809	-0.371±0.885	0.474±0.881	6.947	0.002a**
Theta	-0.198±0.656	0.089±0.769	-0.471±0.647	3.682	0.029b*
Alpha	0.216±0.837	0.612±1.150	-0.038±1.040	2.724	0.071
Beta	-0.178±0.625	-0.161±0.690	-0.217±0.842	0.035	0.966
High beta	0.587±0.638	0.198±0.745	0.287±0.667	3.402	0.038c*

Post hoc test : a : Normal>NOS, b : NOS>Normal, c : ADHD>NOS. \* : p<0.05, \*\* : p<0.01 by analysis of variance. ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, NOS : Not otherwise specified

평균연령은 10.02±1.035, 10.24±1.195, 10.36±1.447세로 역시 유의한 차이를 보이지 않았다(F=0.578, p=0.563). K-ARS 점수의 비교에서는 세 군 간 유의한 차이를 보였으며, 사후검정 결과 ADHD군과 NOS군 모두 정상군보다 유의하게 높은(F=15.702, p<0.001) 것으로 나타났다(표 1).

### 정량 뇌파의 비교

세 군 간 정량 뇌파의 비교에서는 뉴로가이드 분석으로 얻어진 상태파워 z-값을 이용하였다. 우선 델타파의 경우 세 군 간 유의미한 차이가 있었고, 사후검정 결과 정상군의 평균값이 NOS군보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다(0.474±0.881 vs. -0.371±0.885, normal>NOS, F=6.947, p=0.002). 세타파의 경우 역시 세 군 간 유의미한 차이가 있었고, 사후검정 결과 NOS군이 정상군보다 높은 것으로 나타났다(-0.471±0.647 vs. 0.089±0.769, normal<NOS, F=3.682, p=0.029).

알파파와 베타파의 경우는 세 군 간 유의미한 차이를 보이지 않았지만, 베타파를 낮은 베타파(12~25 Hz)와 높은 베타파(25~30 Hz)로 나눈 경우에는 높은 베타파에서 유의미한 차이가 있었다(0.587±0.638 vs. 0.198±0.745, ADHD>NOS, F=3.402, p=0.038)(표 2).

### 정량 뇌파와 K-ARS의 상관분석

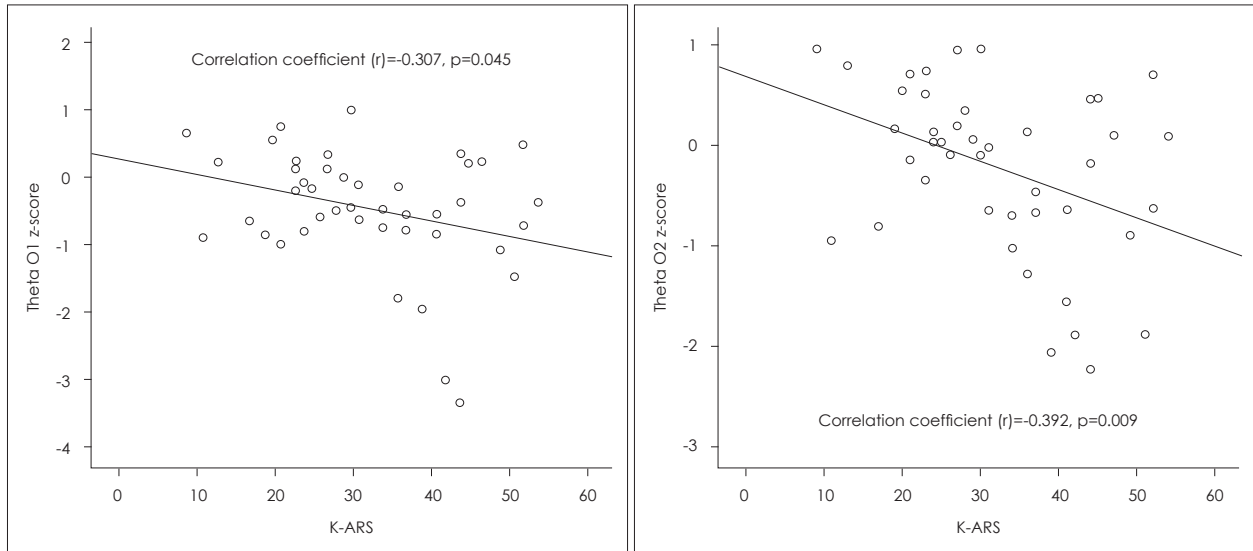
19개 채널의 주파수 영역별 상태파워 z-값으로 K-ARS와의 상관분석을 시행한 결과, ADHD군에서는 세타파의 후두부 O1 전극(r=-0.307, p=0.045)과 O2 전극(r=-0.392, p=0.009)이 유의미한 음의 상관관계를 보였다(그림 1). NOS군에서는 높은 베타파의 양측 전두부인 F7 전극(r=-0.440, p=0.006)과 F8 전극(r=-0.401, p=0.013)에서 유의미한 음의 상관관계를 보였다(그림 2). 그 외 채널과 주파수에서는 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다. 정상군의 경우는 K-ARS의 평균점수(14.07±7.918)가 절단점인 19점을 넘지 않으므로 임상적으로 의미가 없을 것으로 판단하여 상관분석을 시행하지 않았다.

## 고 찰

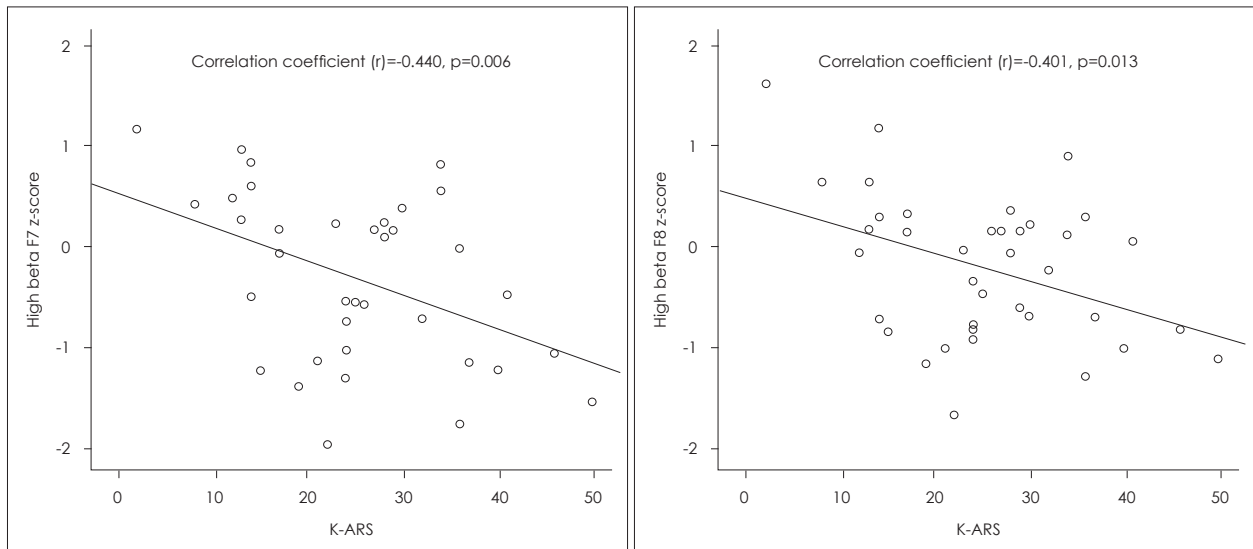
본 연구는 구조화된 면담도구인 DISC-IV를 통해 ADHD를 진단하고, 그 결과에 따라 정량 뇌파의 특성을 알아보고자 하였다. 결과를 살펴보면 우선 대상자들의 인구학적 특성은 연령과 성별에서 차이를 보이지 않았다. 이는 뇌파가 연령과 성별에 의해 영향을 많이 받는다는 특성을 고려할 때<sup>16,17)</sup> 본 연구의 장점으로 생각된다. 남녀 성비는 3 : 1 정도로 나타났고 이는 이전 연구들에서 보고한 비율과 비슷한 수준이었다.<sup>1)</sup> 부모평가 K-ARS 점수의 비교를 살펴보면, 이 척도는 정상군과 환자군을 구분하는 데는 유용할 수 있지만, ADHD와 ADHD NOS를 구분하는 것은 어려운 것으로 나타났다. ADHD의 진단 기준은 기본적으로 증상(symptom)과 그로 인한 장애(impairment) 두 가지 차원으로 생각해볼 수 있는데, 그 중 ADHD에 있어 대표적인 장애로는 저조한 학업성과 학교에서의 부적응, 자퇴 등을 생각할 수 있다.<sup>18)</sup> 그러므로 이런 차원에 대한 고려가 필요한데 K-ARS의 경우 증상의 표현과 빈도에만 적합한 검사인 반면 DISC-IV는 특정 증상의 빈도뿐 아니라 기능에서의 장애 여부도 평가해주는 것으로 알려져 있다.<sup>19)</sup> 그러므로 본 연구에서도 이런 개념과 목적의 차이로 인해 K-ARS와 DISC-IV가 차이를 나타내는 것으로 생각된다.

ADHD NOS 환자의 경우 임상증상의 정도가 ADHD 환자보다 덜한 경향이 있어 주된 관심의 대상이 되지 못했다. 하지만 최근 연구에 따르면 ADHD NOS에 해당되는 경우가 ADHD로 진단되는 경우보다 많은 것으로 보고되었고,<sup>20)</sup> 이와 연관되어 사회적 곤란과 기능적 장애를 겪게 되며, 결국에는 ADHD로 발전하게 된다고 보고한다.<sup>21)</sup> 그러므로 ADHD 뿐 아니라 ADHD NOS 환자를 정상과 구분하는 것이 중요한데, 본 연구의 정량 뇌파 결과를 살펴보면 낮은 주파수인 델타와 세타파를 통해 두 군을 구분할 수 있는 것으로 나타났다. 델타파의 경우 정상군이 NOS군보다 유의미하게 높았으며, 세타파의 경우 NOS군이 정상군보다 유의미하게 높았다. 이는 기존의 연구결과와 일치하는 소견이다. ADHD에 관한 정량 뇌파 연구들은 대체적으로 낮은 주파수의 활성을 보고





**Fig. 1.** The result of Pearson's correlation analysis between K-ARS and each z-score of relative power in ADHD group. ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, K-ARS : Korean ADHD Rating Scale.



**Fig. 2.** The result of Pearson's correlation analysis between K-ARS and each z-score of relative power in ADHD NOS group. ADHD : Attention-deficit hyperactivity disorder, NOS : Not otherwise specified, K-ARS : Korean ADHD Rating Scale.

하고 있고, 그 중에서도 세타파의 활성이 두드러진다고 한다.<sup>22)</sup> 이런 특성은 안정 상태 또는 인지적인 활동 여부에 상관없이 일정하게 나타나는 것으로 알려져 있다.<sup>23)</sup> 기존의 많은 연구에서 활성화된 세타파에 반하여 알파와 베타파의 경우는 감소하는 경향을 보였다고 하는데,<sup>24)</sup> 본 연구에서도 세 군 간 알파와 베타파의 차이점을 발견하지 못했다. 추가적으로 높은 베타파에서 ADHD군이 NOS군보다 높은 것으로 나타났는데, 이는 증상의 측면을 고려해야 할 것 같다. 본 연구에서는 부주의형과 과잉행동-충동성형을 구분하지 않았지만 NOS군보다는 ADHD군에서 행동적인 문제가 더욱 많았을 것으로 예측되며, 이로 인해 높은 베타파가 더 활성화

된 것으로 생각된다. ADHD에서 과도한 베타파의 활성화는 분노 발작(temper tantrum)과 감정기복 등을 의미하며, 기존의 Clarke 등<sup>25)</sup>도 과도한 베타파 활성이 전두엽의 자기 조절 혹은 억제 능력과 관련된다고 보고하였다.

이런 정량 뇌파적 특성의 신경생리학적 원인을 살펴보면, 우선 세타파의 경우, 뇌의 중격부-해마 회로(septal-hippocampal circuit)에서 문제가 생길 때 회로가 과도하게 활성화되고 이는 결국 세타파의 증가로 나타난다.<sup>26)</sup> 이런 과활성은 도파민 조절체계의 탈억제(disinhibition)로 인해 발생하며, 결국 중변연 도파민 시스템(mesolimbic dopaminergic system)의 기능이상도 ADHD의 행동 문제를 야기시킨다고 설

명한다.<sup>27)</sup> 한편 알파파의 경우는 시상-피질 회로(thalamo-cortical loop)의 이상 발생시 활성화되는 것으로 알려져 있다.<sup>28)</sup> 이 회로는 감각 신호의 입력과 차단을 조절하는 역할을 하고 있어 ADHD의 과잉활동 증상의 주요 원인으로 지목되고 있다. 이 시스템에 불균형이 생기면 알파파가 감소하거나 증가하며, 그 중 알파파의 증가는 시상(thalamus)의 과도한 활성을 반영한다고 한다.<sup>29)</sup> 그러므로 본 연구에서의 정량 뇌파 소견은 기존에 알려진 ADHD 병리를 잘 설명하며, 추가적으로 정신자극제 약물 사용의 이유와 증상의 호전 여부에도 유용한 정보를 줄 수 있다.

진단에 따라 K-ARS 점수와 각 주파수, 채널 간의 상관분석을 살펴보면, 일단 NOS군에서는 높은 베타파가 전두엽의 F7과 F8 전극에서 음의 상관관계를 보였다. 이는 증상이 심해질수록 전두 부위에서 높은 베타파의 활성이 감소한다는 결과인데, NOS군의 경우 높은 베타파의 과도한 활성화로 증상이 발생하는 것이 아니라 적절한 활성이 결핍되면서 증상이 심해지는 것으로 생각된다. 다시 말해 증상이 심한 쪽으로 분류되는 아이들은 행동과 감정적인 문제가 아닌 주로 주의력, 집중력에 대한 어려움이 있을 것으로 추측할 수 있다. 베타파의 과도한 활성화는 불안, 스트레스, 과도한 경계 성향 등을 야기시키지만, 적절한 활성은 활력, 사회성을 고양시켜 주며, 지적 기능까지 향상시키는 것으로 밝혀져 이런 추측을 뒷받침한다.<sup>30)</sup> 하지만 군 내의 증상 특성을 확인하지 않았고, 불안 등에 대한 자료를 얻지 못하였으므로 본 연구의 결과를 일반화하기에는 어려움이 있다. 한편 ADHD군에서는 증상이 심해질수록 후두 부위에서 세타파의 활성이 감소하는 것으로 나타났다. 기존의 연구에서는 대부분 전두엽의 세타파 증가, 후두엽의 베타파 감소를 보고하였으며, 각각 성숙의 지연(maturation delay), 각성의 감소(hypoarousal)를 의미하는 것으로 밝혀졌고, 이는 본 연구의 결과와 상반되므로 해석에 어려움이 있다. 세타파는 피질의 성숙 지연(cortical slowing)을 의미하므로 ADHD 증상이 심해질수록 지연의 정도가 감소하는 것으로 생각할 수 있지만 이는 후두 부위에만 국한된 결과로 생각된다. 후두엽은 시각자극을 처리하는 주된 부분이고 최근 ADHD에서 이런 시각자극 처리과정의 이상에 대한 연구가 증가하고 있으므로, 결과의 이해를 위해서는 감각처리 과정에 대한 접근이 추가적으로 필요할 것 같다.<sup>31)</sup>

본 연구는 몇 가지 제한점을 가진다. 첫째, 피험자의 지능 지수(IQ)를 고려하지 못했다는 점이다. 뇌파는 개인의 지능 지수에 따라 크게 달라질 수 있다고 알려져 있으므로 이에 대한 변인을 통제해야 했다.<sup>32)</sup> 둘째, 기존의 ADHD에 대한 정량 뇌파 연구 결과를 살펴보면 DSM-IV에 따른 아형이

아닌 뇌파 특징으로 아형을 분류했지만, 본 연구에서는 이에 대하여 고려하지 못했다.<sup>24)</sup> 아형 중에는 베타파 활성이 증가하고, 알파파 활성이 감소하여 기존의 세타파 활성과는 상반된 유형이 10% 정도 있는 것으로 밝혀졌다.<sup>25)</sup> 셋째, 세 군 사이에 표본수가 일정하지 못했다는 점이다. 특히 정상군(14명)의 숫자가 부족하였고, 캠프에 참가신청을 한 아이를 대상으로 하였으므로 일반 아이들보다 다소 산만한 경향이 있었을 것으로 생각된다. 마지막으로 뇌파에 영향을 미칠 수 있는 공존 질환과 자폐성향, 우울, 불안 같은 기타 정신과적 상태에 대한 정보를 수집하지 못했다는 점을 생각해 볼 수 있다.<sup>33)</sup>

비록 위와 같은 제한점은 있지만, 본 연구는 주의력결핍 과잉행동장애의 아형에 따라 참고할 수 있는 정량 뇌파의 특성을 알아보았고, 이는 진단에 유용한 정보를 제공해 줄 것으로 생각된다. 특히 임상적으로 구분하기 어려운 정상군과 ADHD NOS군의 진단에 있어서 도움을 줄 것이다. 정량 뇌파는 ADHD의 진단부터 증상변화, 약물에 대한 반응 등에 다양한 정보를 제공해 줄 수 있다. 또한 비침습적이고 짧은 시간과 적은 비용이 든다는 점에서 소아 청소년기 질환인 ADHD에 적합한 검사 방법으로 생각된다. 향후 추가적인 연구를 통해 ADHD의 병태 생리에 대한 정보가 축적된다면 더욱 많은 경우에 활용될 수 있을 것이다.

## 결론

주의력결핍 과잉행동장애를 임상에서 진단할 때 정상과의 경계선 상으로 구분이 어려운 경우가 있다. 흔히 달리 분류되지 않는 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD NOS)로 진단될 수 있는데, 이런 경우 정량 뇌파 검사가 구분에 도움을 줄 수 있다. 정량 뇌파 중 델타파는 정상군이 ADHD NOS군보다 유의하게 높았고, 세타파는 ADHD NOS군이 정상군보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한 높은 베타파에서 ADHD군이 ADHD NOS군보다 유의하게 높은 것으로 나타나 세 군을 구분하는 데 유용한 정보를 제공한다. 하지만 주파수와 전극의 위치, 증상의 정도에 대한 상관분석에서는 기존과 다른 결과를 보고하여 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

**중심 단어 :** 주의력결핍 과잉행동장애 · 정량 뇌파 · 한국어판 DISC-IV.

## Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

## REFERENCES

- 1) Cantwell DP. Attention deficit disorder: a review of the past 10 years. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1996;35:978-987.
- 2) Hansen C, Weiss D, Last CG. ADHD boys in young adulthood: psychosocial adjustment. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1999; 38:165-171.
- 3) Swanson JM, Castellanos FX. Biological bases of ADHD--Neuroanatomy, genetics, and pathophysiology. Kingston, USA: Civic Research Institute;2002.
- 4) Strauss JS. A comprehensive approach to psychiatric diagnosis. *Am J Psychiatry* 1975;132:1193-1197.
- 5) Clinical practice guideline: diagnosis and evaluation of the child with attention-deficit/hyperactivity disorder. American Academy of Pediatrics. *Pediatrics* 2000;105:1158-1170.
- 6) Reiff MI, Tippins S. ADHD: a complete and authoritative guide. Elk Grove, IL: American Academy of Pediatrics;2004.
- 7) Kuperman S, Gaffney GR, Hamdan-Allen G, Preston DF, Venkatesh L. Neuroimaging in child and adolescent psychiatry. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1990;29:159-172.
- 8) Coutin-Churchman P, Afiez Y, Uzcátegui M, Alvarez L, Vergara F, Mendez L, et al. Quantitative spectral analysis of EEG in psychiatry revisited: drawing signs out of numbers in a clinical setting. *Clin Neurophysiol* 2003;114:2294-2306.
- 9) Hughes JR, DeLeo AJ, Melyn MA. The Electroencephalogram in Attention Deficit-Hyperactivity Disorder: Emphasis on Epileptiform Discharges. *Epilepsy Behav* 2000;1:271-277.
- 10) Arns M, de Ridder S, Strehl U, Breteler M, Coenen A. Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEG Neurosci* 2009; 40:180-189.
- 11) Kim BN, Shin SU, Kwon JS, Shin MS, Cho SC, Hong KE. QEEG Findings in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2000;39:208-218.
- 12) Cho SC, Kim BN, Kim JW, Kim HW, Choi HJ, Jung SW, et al. The Reliability and Validity of Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV-Korean Version (DISC-IV). *J Korean Acad Child Adolesc Psychiatry* 2007;18:138-144.
- 13) DuPaul GJ. Parent and teacher ratings of ADHD symptoms: psychometric properties in a community-based sample. *J Clin Child Psychol* 1991;20:245-253.
- 14) So YK, Noh JS, Kim YS, Ko SG, Koh YJ. The reliability and validity of Korean parent and teacher ADHD rating scale. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2002;41:283-289.
- 15) Thatcher RW, Walker RA, Biver CJ, North DN, Curtin R. Quantitative EEG normative databases: validation and clinical correlation. *J Neurother* 2003;7:87-121.
- 16) Widagdo MM, Pierson JM, Helme RD. Age-related changes in qEEG during cognitive tasks. *Int J Neurosci* 1998;95:63-75.
- 17) Manuševa N, Novotni A, Bajraktarov S, Zafirova-Ivanovska B. Some QEEG parameters and gender differences in schizophrenia patients. *Psychiatr Danub* 2012;24:51-56.
- 18) Barkley RA, Cunningham CE, Gordon M, Faraone SV, Lewandowski L, Murphy KR. ADHD symptoms vs. impairment: revisited. The ADHD Report: Special Issue-Focus on Assessment 2006;14:1-9.
- 19) Shaffer D, Fisher P, Lucas CP, Dulcan MK, Schwab-Stone ME. NIMH Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV (NIMH DISC-IV): description, differences from previous versions, and reliability of some common diagnoses. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2000;39:28-38.
- 20) Lewinsohn PM, Shankman SA, Gau JM, Klein DN. The prevalence and co-morbidity of subthreshold psychiatric conditions. *Psychol Med* 2004;34:613-622.
- 21) Scahill L, Schwab-Stone M, Merikangas KR, Leckman JF, Zhang H, Kasl S. Psychosocial and clinical correlates of ADHD in a community sample of school-age children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1999;38:976-984.
- 22) Barry RJ, Clarke AR, Johnstone SJ. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clin Neurophysiol* 2003;114:171-183.
- 23) DeFrance JF, Smith S, Schweitzer FC, Ginsberg L, Sands S. Topographical analyses of attention disorders of childhood. *Int J Neurosci* 1996;87:41-61.
- 24) Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M. EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Neurophysiol* 2001;112:2098-2105.
- 25) Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M. Excess beta activity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: an atypical electrophysiological group. *Psychiatry Res* 2001;103:205-218.
- 26) Anchel H, Lindsley DB. Differentiation of two reticulo-hypothalamic systems regulating hippocampal activity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1972;32:209-226.
- 27) Russell V, de Villiers A, Sagvolden T, Lamm M, Taljaard J. Altered dopaminergic function in the prefrontal cortex, nucleus accumbens and caudate-putamen of an animal model of attention-deficit hyperactivity disorder--the spontaneously hypertensive rat. *Brain Res* 1995;676:343-351.
- 28) Lopes da Silva FH. The generation of electric and magnetic signals of the brain by local networks. In: Greger R, Windhorst U, editors. *Comprehensive Human Physiology*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag;1996. p.509-531.
- 29) Saint-Cyr JA, Taylor AE, Nicholson K. Behavior and the basal ganglia. *Adv Neurol* 1995;65:1-28.
- 30) Othmer S, Othmer SF, Marks CS. EEG biofeedback training for attention deficit disorder, specific learning disabilities, and associated conduct problems. New York: Oxford University Press;1991
- 31) Shi T, Li X, Song J, Zhao N, Sun C, Xia W, et al. EEG characteristics and visual cognitive function of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Brain Dev* 2012;34:806-811.
- 32) Thatcher RW, North D, Biver C. EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power. *Clin Neurophysiol* 2005;116:2129-2141.
- 33) Clarke AR, Barry RJ, Irving AM, McCarthy R, Selikowitz M. Children with attention-deficit/hyperactivity disorder and autistic features: EEG evidence for comorbid disorders. *Psychiatry Res* 2011; 185:225-231.