

# 주의력결핍 과잉행동장애의 진단 보조도구로 뉴로가이드와 IVA + Plus의 유용성에 관한 예비연구

국립공주병원 정신건강의학과,<sup>1</sup> 국립공주병원 뇌기능연구소<sup>2</sup>

양정인<sup>1</sup> · 김소율<sup>2</sup> · 김영성<sup>2</sup> · 이재원<sup>1,2</sup>

## A Preliminary Evaluation of NeuroGuide and IVA + Plus as Diagnostic Tools for Attention-Deficit Hyperactivity Disorder

Jung-In Yang, MD,<sup>1</sup> So Yul Kim,<sup>2</sup> Young Sung Kim,<sup>2</sup> Jaewon Lee, MD<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Neuropsychiatry Research Laboratory, Gongju National Hospital, Gongju, Korea

**Objectives** This study was designed to investigate the usability of IVA + Plus (Continuous Performance Test) and Neuro-Guide [Quantitative electroencephalography (EEG) normative database] as an auxiliary diagnostic tools for attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD).

**Methods** The scores of IVA + Plus and resting EEG were obtained from 34 elementary school-aged children. Also, the Korean ADHD Rating Scale (K-ARS) and the Diagnostic Interview Schedule for Children version IV (DISC-IV) was done for the parent of them. From the result of the DISC-IV, we divided them into three groups, ADHD Not Otherwise Specified (NOS), and Normal Control (NC). Using NeuroGuide, the z-scores of relative power for delta (1–4 Hz), theta (4–8 Hz), alpha (8–12 Hz), and beta (12–25 Hz) were calculated. Then the correlation and variance analysis were done to investigate the differences between three groups.

**Results** The scores of IVA + Plus were negatively correlated with the K-ARS. IVA + Plus have successfully discriminated the ADHD from NC and NOS. The z-scores of relative power of delta and theta were positively correlated with the K-ARS. The z-scores of relative power of alpha and beta were negatively correlated with the K-ARS.

**Conclusions** The IVA + Plus and NeuroGuide QEEG test are expected to be used as the valuable tools for diagnosing ADHD accurately.

**Key Words** ADHD · QEEG · IVA + Plus · CPT.

Received: September 1, 2011 / Revised: September 9, 2011 / Accepted: September 19, 2011

Address for correspondence: Jaewon Lee, MD

Department of Psychiatry, Gongju National Hospital, 623-21 Gobunti-ro, Gongju 314-200, Korea

Tel: +82-41-850-5889, Fax: +82-41-852-2095, E-mail: sonton21@gmail.com

## 서론

증상 위주의 범주형 진단기준을 사용하는 정신과적 진단체계는 그 정확성에 관하여 지금까지 여러 가지 문제점이 제기되어 왔다.<sup>1,2)</sup> 성별이나 인종 또는 문화적 요소에 따라 진단이 일관되지 못한 문제를 보이기도 하고,<sup>3,4)</sup> 모호성이 높아 신뢰도 및 타당도에 관한 문제가 제기되어 왔던 것이 사실이다.<sup>5-7)</sup>

따라서, 이러한 모호성 해결을 위한 여러 가지 노력들이 있어 왔는데, 그 중 한가지 대책으로 여러 가지 근거중심(evidence-

based) 진단법 및 치료법이 도입되었고, 그 범위가 점차 넓어져 가고 있다고 할 수 있다.<sup>8-11)</sup> 아직은 현 진단체계에 비하여 과학적 근거가 부족하지만, 주목할 만한 변화 중 하나는 기계나 장치를 이용한 신경생리학적 검사나 신경심리학적 검사가 활발히 도입되고 있다는 것인데, 뇌파 및 행동심리 검사도구 또는 수학 및 공학적 분류장치를 도입한 진단법들이 최근 들어 많이 연구되면서 그 다양성 역시 크게 증가하고 있다.<sup>12-14)</sup>

특히, 정신과적 진단 중 주의력결핍 과잉행동장애(attention-deficit hyperactivity disorder, 이하 ADHD)는 지속수행검사

(Continuous Performance Test) 또는 정량 뇌파(Quantitative Electroencephalography, 이하 QEEG) 검사를 통한 신경인지적 평가가 여러모로 유용한 질환 중 하나이다.<sup>15-17)</sup> 국내에서도 오래전부터 정량뇌파 및 지속수행검사 결과와 주의력결핍 과잉행동장애의 관련성에 관한 연구가 있지만<sup>18-20)</sup> 임상가가 이러한 검사를 실제 임상에 적용하는 데에는 표준화된 검사도구의 선택 및 결과의 해석 등 여러 부분에서 어려움이 따르는 것이 사실이다.

따라서, 저자들은 정량뇌파 분석도구인 뉴로가이드(NeuroGuide, Applied Neuroscience, USA, www.appliedneuroscience.com)와 행동검사 중 하나인 IVA + Plus(Integrated Visual and Auditory Plus, BrainTrain, USA, www.braintrain.com) 지속수행검사를 각각 알아보고 주의력결핍 과잉행동장애의 진단과의 관계에 관하여 알아보고자 한다. 주의력결핍 과잉행동장애의 발병에는 유전적 요인과 환경적 요인이 모두 관여되며 내적표현형(endophenotype)을 찾기 위한 연구가 매우 활발하다.<sup>21)</sup> 정량적 뇌파의 이상 및 집중력 및 인지기능검사에서 측정되는 이상들이 주의력결핍 과잉행동장애에서 나타나는 하나의 내적표현형으로 점점 인식되고 있다는 점을 주목할 필요가 있다.<sup>21-24)</sup> 아직은 초기단계로 판단되지만 이를 진단 보조도구로서 활용할 가능성에 대하여 알아보하고자 한다.

## 방 법

### 대상군

2010년 8월 첫째 주 4박 5일간 국립공주병원과 공주시 정신보건센터에서 공동으로 주관한 ‘터치브레인 집중력 증진 캠프’에 참여를 위하여 부모의 동의로 사전검사 신청을 한 37명(여자 10명)의 대전, 충남지역 남녀 초등학교 아동을 대상으로 하였다. 캠프 사전검사 전 보호자 동의서에 양식에 한 항목으로 ‘언어적 의학적 자료에 대하여 신상정보가 노출되지 않는 범위에서 연구목적으로 사용할 수 있습니다’라는 내용이 포함되어 있었으며, 부모가 이를 숙지하고 동의서에 서명한 경우에만 본 연구대상이 되었다. 본 연구는 캠프 후에 조사된 연구이며 연구의 구체적 내용 및 취지와 윤리적 문제에 관하여 본원 임상시험심사위원회의 심의를 통과하였다. 본 연구에서 피험자의 배제기준은 지적 장애를 포함한 기타 정신과적 장애를 동반하는 경우, 치료제를 복용하고 있는 경우였다. 37명 중 뇌파검사가 누락되거나 치료제를 복용하고 있는 경우 및 가족 면담을 통하여 지적 장애로 진단 받았거나 의심되는 경우 3명을 제외하여 모두 34명(여자 10명)의 데이터가 분석에 이용되었다. 이 과정에서 주의력결핍 과잉행동장애로 치료제를 받는 경우는 배제되었으나 정신과 치료기관이 아닌 복지관이나 학원에서

집중력 향상을 위한 행동요법을 참여하는 경우는 배제되지 않았다.

### 검사도구

#### Korean ADHD Rating Scale(이하 K-ARS)

한글판 주의력결핍 과잉행동장애 평정척도를 정량뇌파검사 결과 및 지속수행검사 결과와 비교하고 상관관계를 알아보는 데 사용하고자 얻어졌다. Diagnostic and Statistical Manual for Mental Disorders version IV(이하 DSM-IV)에 기초하여 1991년 Dupaul<sup>25)</sup>에 의하여 개발된 18문항 척도를 한글화하고 2002년에 한국인을 대상으로 신뢰도 및 타당도에 관한 검증이 이루어진 주의력결핍 과잉행동장애 평정척도이다.<sup>26)</sup>

주의력결핍 9문항과 충동성 및 과잉행동 9문항을 각각 아동의 문제 행동의 빈도에 따라서 ‘전혀 그렇지 않다’ 0점, ‘약간 혹은 가끔 그렇다’ 1점, ‘상당히 혹은 자주 그렇다’ 2점, ‘매우 자주 그렇다’ 3점까지 평가한다. 홀수 문항의 총점은 부주의성을 측정하며, 짝수문항의 총점은 과잉활동-충동성을 측정하도록 구성되어 있다. 검사를 시행하는 주체에 따라 부모평가인 경우 19점, 교사평가인 경우 17점을 절단점으로 한다.

#### 한글판 Diagnostic Interview Schedule for Children version IV(이하 DISC-IV)

2000년 The National Institute of Mental Health(이하 NIMH)에 의하여 발표된 DISC-IV를 한글화하여 2007년도에 신뢰도 및 타당도 검증을 마친 한글판 DISC-IV를 주의력결핍 과잉행동장애 진단도구로 사용하였다.<sup>27)28)</sup> 한글판 DISC-IV는 모듈 A(불안장애, 특정공포증, 외상후 스트레스 장애), 모듈 C(기분장애, 주요 우울/기분부전장애), 모듈 E(파괴성 행동장애, 주의력결핍 과잉행동장애)로 구성되며, 모듈 A와 C는 동반장애를 배제하기 위하여, 모듈 E는 주의력결핍 과잉행동장애 진단을 위하여 사용된다. 주의력결핍 척도와 과잉행동 충동성 척도가 각각 6가지 이상인 경우 주의력결핍 우세형과 과잉행동 충동 우세형으로 진단되며 두 척도 모두 6가지 이상인 경우엔 복합형으로 분류되어 3가지 유형의 주의력결핍 과잉행동장애가 진단되며 그 외에도 주의력결핍 또는 과잉행동/충동성 증상이 3가지 이상으로 의심되지만 6가지 항목 미만인 경우 주의력결핍 과잉행동장애 Not Otherwise Specified(이하 NOS)군으로 분류된다.

#### 뉴로가이드(NeuroGuide)

뇌파의 파워스펙트럼(power spectrum) 분석과 정량화된 정상 뇌파의 표준화 데이터베이스를 제공하는 소프트웨어 패키

자인 뉴로가이드는 알려진 몇 가지 정량뇌파 분석도구 중에 사용빈도가 높고 안정적이며 사용이 편한 분석도구로 잘 알려져 있다.<sup>29)</sup> 현재 뉴로가이드 2.6.8버전까지 나와있으며 온라인으로 소프트웨어 패키지를 다운받아 시험판으로 테스트가 가능하다. 뉴로가이드는 2개월에서 82.6세 사이의 625명 정상인의 뇌파를 기반으로 하고 있다. 정상군을 대상으로 눈을 감은 상태와 눈을 뜬 상태의 안정 뇌파를 측정하여 데이터베이스화 하였고, 이를 기반으로 알고자 하는 피검자 뇌파의 절대 파워(absolute power), 상대파워(relative power), 응집력(coherence), 위상(phase) 및 좌우불균형(asymmetry)값이 정상군의 정규 분포에서 어디에 위치하는지를 z-값으로 나타내 주고, 그 결과를 바탕으로 머리모양의 지형학적 그래프(topography)로 시각화해 주는 기능을 가지고 있다. 추가적으로 low resolution electromagnetic tomography(이하 LORETA) 데이터베이스를 제공하고 있어서 이를 사용하여 두뇌의 구체적 영역에 관한 정보도 더불어 조사해 볼 수도 있다는 장점이 있다. 단점으로는 눈을 뜬 상태와 감은 상태의 안정 뇌파에 관한 데이터베이스만을 포함하고 있다는 것이다. 계산을 수행 중이거나 Go-nogo과제와 같은 특정과제 수행 중 뇌파에 관한 것은 포함되지 않았는데, 일부 질환에서는 안정시보다 과제 수행시 뇌파 이상이 두드러진다는 점을 고려할 때 아쉬운 부분이라 할 수 있다.<sup>30)31)</sup> 기본적으로 국내에 소개된 다양한 뇌파장비에서 측정된 뇌파를 읽어들이 수 있도록 많은 뇌파 파일 형식을 지원하고 있으며, 눈깜빡임과 같은 잡음을 쉽게 제거할 수 있도록 자동 눈깜빡임 제거기능 및 쉬운 뇌파 편집기능을 가진 것 역시 장점에 해당하는 부분이라 할 수 있다.

#### IVA + Plus

IVA + Plus 지속수행검사는 주의력결핍 과잉행동장애 진단에 보조도구로 사용하기 위하여 만들어진 행동 검사다.<sup>32-35)</sup> IVA + Plus는 6세부터 96세까지 정상 남녀 1700명 데이터를 기반으로 하고 있으며, 나이별 그룹 수도 총 21그룹으로 매우 촘촘한 나이별 그룹 간격을 가지고 있어서 좀 더 정확한 비교가 가능하도록 하고 있다.<sup>32)</sup> IVA + Plus가 기존 검사와 차별화되는 가장 큰 특징은 혼합된 두 가지 감각자극을 사용하고 있어 피검자가 시각과 청각의 양쪽 감각기에 모두 집중해야 하는 과제라는 점이다. 이와 같이 두 감각기 집중을 해야 하는 과제는 분할 주의력(split attention/cross-modal divided attention)을 피검자에게 요구하기 때문에 기존의 단일 감각자극 주의력(focused attention)과는 여러 가지로 다른 양상을 보인다.<sup>36)</sup> 분할 주의력은 좀 더 많은 인지력 부하를 일으켜 검사시에 작업 기억(Working memory) 부하가 크게 증가하는 것으로 알려져 있다.<sup>37)38)</sup> 특히 기능적 뇌영상을 통하여 조사해본 분할 주의력

에 관한 연구의 결과는 이러한 능력이 주로 뇌의 전전두엽 영역의 기능과 관련성이 크다는 것을 보여준다.<sup>39-41)</sup> 주의력결핍 과잉행동장애에서 전전두엽이 주로 관여되는 조절 및 통제력과 조직화하는 능력 저하가 두드러진다는 점과 기능적 뇌영상 검사상 전전두엽 부위의 이상이 빈번하게 보고된다는 점<sup>42-44)</sup>을 고려할 때, IVA + Plus 검사가 다른 검사에 비하여 좀 더 주의력결핍 과잉행동장애의 기능 이상과 관련이 높은 전전두엽 기능에 초점이 맞춰져 있어 기존 검사보다 유용한 임상적 정보를 줄 수 있을 것이라고 기대해 볼 수 있다. IVA + Plus는 온라인으로 시험판이 제공되며, 결과는 시각과 청각이 별개 점수로 총 12가지 지표 값이 제시된다. 일반적인 지속수행검사와 유사하게 오경보(commission) 오류(예 : 목표하지 않은 글자에 반응하는 것)와 누락(omission) 오류(예 : 목표 글자를 발견하지 못하는 것)에 따라 충동성 과잉행동 척도와 주의력결핍 척도가 계산되며 각각 청각 3가지 지표와 시각 3가지 지표를 포함하고 있다. 결과값은 intelligence quotient(이하 IQ) 검사와 유사하게 지수(quotient)로 계산되고 70점 이상을 정상범위로 판정한다.<sup>32)</sup> 단점은 한국인으로부터 얻어진 자료가 아닌 외국인을 대상으로 한 데이터베이스란 점으로 인종과 문화적인 차이에 영향을 받을 수 있다는 점을 들 수 있다.

#### 자료 수집

선별된 피험자를 대상으로 캠프 사전검사에 포함되어 있었던 4가지 검사 즉, 부모 평가 K-ARS, 한국판 DISC-IV, 뉴로가이드 및 IVA + Plus 결과가 수집되었다. 캠프 사전검사의 진행은 다음과 같이 이루어 졌다. 18문항으로 한국인에게 맞게 표준화된 K-ARS는 부모가 본원을 방문하였을 때 직접 평가되었다. 한국판 DISC-IV는 워크샵을 통하여 평가자 교육을 받았고 수개월간 경험을 통하여 평가자의 자질을 갖춘 1인의 정신보건전문요원이 부모와의 면담을 통해 평가하였다. 20분 정도의 시간이 소요되는 IVA + Plus는 조용한 검사실에서 청각 자극을 위한 헤드폰을 착용하고 검사자가 지켜보는 가운데 실시하였다. 구체적인 설명을 미리 제공하고 간단한 테스트를 거쳐서 검사법에 대하여 충분히 숙지하였는지를 판단한 후 검사가 진행되었다. 뇌파는 국립공주병원 뇌기능연구소에 설치된 128채널 디지털 뇌파장비(128ch SynAmps2 Neuroscan system, Compumedics, Charlotte, NC, USA)로 측정되었다. 19채널의 국제 10-20법에 의한 전극위치(Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T7, C3, Cz, C4, T8, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, O2)가 선택되었고 각 전극은 금도금 컵 전극(Gold cup electrode)를 사용하였으며, 모든 전극의 임피던스를 15 오옴( $\Omega$ ) 이하로 유지시켰다. 약간 어두운 뇌파 측정실 의자에 앉아 눈을 감고 3분간의 안정 뇌파가 피험자로부터 얻어졌다. 위의 4가지 검사는 보호자와 아동이

본원에 첫 방문시 모두 언어졌으며 추후 검사결과가 보호자 및 아동에게 개별로 통보되었다.

**자료 처리**

DISC-IV 결과에 따라 ADHD군, NOS군, NC(정상대조군) 군의 3군으로 분류하였다. K-ARS 점수는 소척도로 나누지 않은 전체 점수를 결과값으로 사용하였다. IVA + Plus 결과는 청각 및 시각으로 세분화된 척도점수를 사용하지 않고 주의력결핍, 과잉행동 충동성 각각을 대표하는 전체적인 지수(quotient) 점수를 분석에 이용하였다. 정량뇌파 분석을 위하여 뉴로가이드 2.6.0버전이 사용되었다. 먼저 뉴로가이드에 눈을 감고 측정 한 안정 뇌파를 읽어 들이고 직접 깨끗한 뇌파를 10초간 눈으로 확인하면서 선택하는 과정을 거쳤다. 이후 자동 눈깜빡임 제거를 시행하였고 선택된 10초 부분과 유사한 부분을 자동 선택하도록 하였으며 이 과정을 통하여 총 3분의 안정 뇌파 중에 적어도 1분 이상의 뇌파가 선택되도록 하였다. 파워 스펙트럼 분석에는 델타(1~4 Hz), 세타(4~8 Hz), 알파(8~12 Hz), 베타(12~25 Hz)의 주파수 영역들을 사용하였다. 잡음제거 과정이 끝나고 각 주파수 영역의 정상 데이터베이스와 비교하여 얻어진 상대파워(relative power)의 z값을 19개의 각 채널 별로 구하여 분석에 이용하였다.

**통 계**

표본수가 적은 점을 감안하여 정규성 및 등분산검정 같은 모수적 통계분석의 적합성을 우선 검정하였고 적합하다 판단 될 경우 모수적 분석을, 부적합할 경우 비모수적 분석을 시행하였다. 통계적인 분석을 위하여 SPSS 통계 패키지 14.0버전이 사용되었다. 상관분석 및 일원배치 분산분석을 통하여 군 간 비

교를 실시하였고 결과의 지형학적 그래프를 얻기 위하여 뇌파 분석 패키지인 EEGLAB(http://scn.ucsd.edu/eeglab, USA) 9.0버전을 사용하였다.

**결 과**

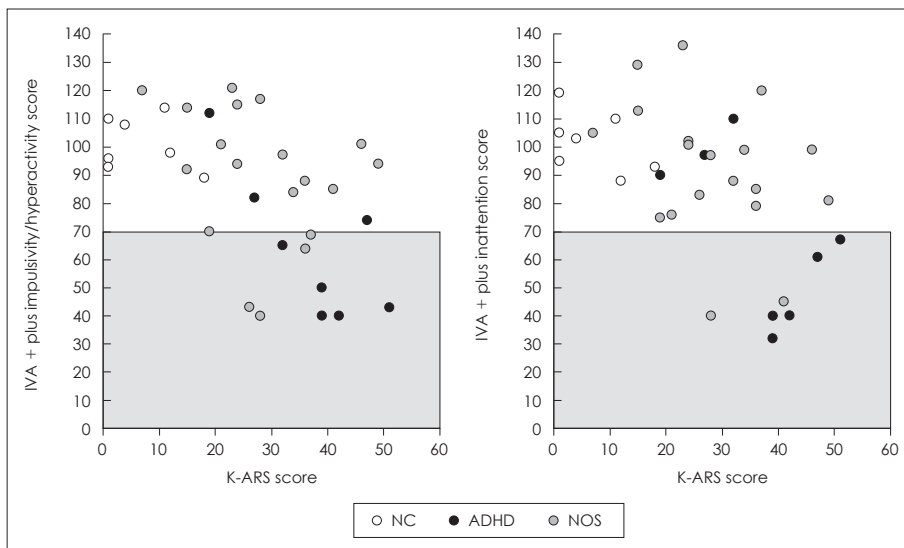
결과적으로 ADHD군은 8명(여자1명), NOS군은 19명(여자 5명), NC군은 7명(여자 4명)이었다.

**대상군의 인구학적 자료**

본 연구를 위하여 선별된 피험자는 남자가 24명이었고 그 만 연령의 평균 ± 표준편차는 8.9 ± 1.6년이었다. 여자는 10명이 고 8.7 ± 1.0년으로 남녀 간의 연령에는 의미 있는 차이가 없었으나(t = 0.40, df = 27.45, p = 0.689) 남자가 2배 이상 그 수가 많았다. 전체 피험자의 K-ARS 점수는 남자가 28.12 ± 13.25 점, 여자가 21.00 ± 16.56점으로 남녀 모두 평균이 20점 이상 으로 높았으나 남녀 간 통계적 유의미한 차이는 없었다(t = 1.33, df = 32, p = 0.194).

**IVA + Plus 관련 결과**

IVA + Plus 결과와 K-ARS 점수 간의 상관관계를 조사하였을 때 충동성 과잉행동 척도(r = -0.55, p = 0.001)와 주의력결핍 척도(r = -0.53, p = 0.001) 모두 부모평가 K-ARS 점수와 매우 높은 음의 상관관계를 보였다(Fig. 1). Fig. 1의 산포그래프를 참고하여 군 별 특징을 보면, NC군은 IVA + Plus 검사 결과 상 충동성 과잉행동 척도와 주의력결핍 척도 모두 70점 이상 정상범위에 분포하고 있고 ADHD군은 세 군 중 가장 IVA + Plus검사 결과가 낮고 70점 이하에 분포하는 경우가 많았다.



**Fig. 1.** The scatter plots of correlation between K-ARS and each impulsivity/hyperactivity and inattention score of IVA + Plus. The red box indicates the score below 70 that the minimum cut off point for normal quotient score. ADHD : attention-deficit hyperactivity disorder, NOS : (ADHD) Not Otherwise Specified, NC : normal control, K-ARS : Korean ADHD Rating Scale, IVA + Plus : the brand name of Integrated Visual and Auditory continuous performance test from the braintrain inc. USA. www.braintrain.com.



NOS군은 NC군과 ADHD군의 사이에 분포하는 모습을 보였다(Fig. 1).

Kolmogorov-Smirnov 정규성 검정 및 Levene 등분산 검정을 실시하였을 때 K-ARS와 IVA + Plus 자료 모두 정규분포성과 등분산 가정을 만족하였다. 이를 토대로 모수적 일원배치 분산분석을 시행하였을 때 K-ARS(F(2, 31) = 17.58, p < 0.001)와 IVA + Plus 충동성 과잉행동 척도(F(2, 31) = 6.06, p = 0.06) 및 주의력결핍 척도(F(2, 31) = 4.56, p = 0.018) 모두 세 군 간의 의미 있는 점수의 차이를 보였다. 등분산이 가정된 상황이라 이에 적합한 Duncan 방식 사후검정을 실시하였고 그에 대한 결과 및 막대그래프를 Fig. 2에 제시하였다. K-ARS는 ADHD군과 NOS군 사이의 의미 있는 차이는 없었고 NC군과 차이가 두드러졌다. 반면 IVA + Plus 결과는 충동성 과잉행동 척도와 주의력결핍 척도 모두 NOS군과 NC군 간 차이는 없었고 ADHD군과의 의미 있는 차이를 보여 세 군의 분리 양상이 다른 모습을 보였다(Fig. 2).

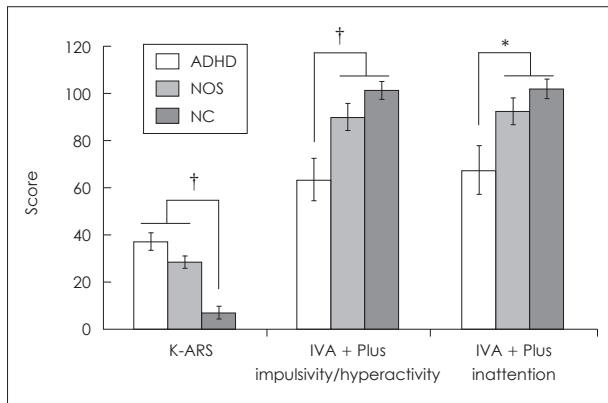
**뉴로가이드(NeuroGuide)**

뉴로가이드 분석을 통하여 얻어진 델타, 세타, 알파, 베타의 상대파워 z값을 이용하여 19개 채널 별로 K-ARS 점수와 피어슨 상관관계 분석을 시행하였다. 결과에 관한 이해를 돕기 위하여 상관분석을 통하여 얻어진 상관관계수 값 r을 이용하여 머리 모양의 지형학적 그래프로 표시한 것을 Fig. 3에 제시하였다. 의미 있는 상관관계를 보인 결과는 베타파의 후두부(O2, r = 0.38, p = 0.028)영역이었으며 의미 있는 양의 상관관계가 관찰되었다(Fig. 3). 그 외의 주파수 영역에서는 의미 있는 상관관계를 관찰할 수 없었으며 경향성만이 파악되었다. 델타파의 상대파

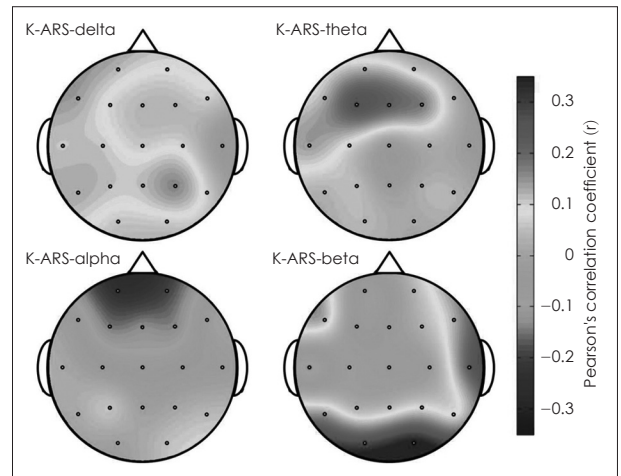
워 z값은 주로 좌측으로 전두 후두 전반에 걸쳐 K-ARS점수와 양의 상관관계 경향성을 보였다. 세타파의 상대파워 z값은 주로 정중 전두 부위의 국한된 영역에서 K-ARS 점수와 양의 상관관계 경향성을 보였다. 알파파의 상대파워 z값은 양측 전전두 부위에서 K-ARS 점수와 음의 상관관계 경향성을 보였다. 베타파의 상대파워 z값은 K-ARS 점수와 정중 전두 부위에서는 음의 상관관계 경향성을 보였다.

**고 찰**

정상 데이터베이스 정량뇌파 분석도구인 뉴로가이드와 지속수행검사 도구인 IVA + Plus를 이용하여 주의력결핍 과잉행동장애 진단과의 상관성을 알아보았다. 결과를 통하여 보면 IVA + Plus는 다른 지속수행검사에서도 관찰되는 것과 유사한 결과를 보여 K-ARS와 두 종류의 충동성 과잉행동 척도 및 주의력결핍 척도 사이에서 모두에서 음의 상관관계를 보였다.<sup>45)</sup> 즉 부모가 평가한 K-ARS에서 과잉행동 및 주의력결핍 증상 점수가 높을수록 IVA + Plus로 검사한 분할 주의력 지속수행검사에서도 오경보 오류 및 누락 오류가 높다는 것을 의미한다. K-ARS와의 차이점은 세 군의 비교에서 두드러지게 나타났는데, 부모 평가 K-ARS 점수가 ADHD군과 NOS군을 구분하기가 어려운 반면 IVA + Plus에서는 비교적 ADHD군과 NOS군 사이의 척도점수 편차가 커 실제 임상에서 두 군의 구별에 유용할 것으로 판단되었다(Fig. 2). 다시 말해 부모가 말한 증상으로는 ADHD군과 NOS군의 차이를 구별하기 어렵지만, IVA + Plus에서는 구분이 가능할 수 있어 질환 수준과 그보다 약한 경계선 주의력결핍 과잉행동 증상을 구분하는데 유용할 수 있다는



**Fig. 2.** The result of comparison between ADHD, NOS, and NC group for the differences in K-ARS and IVA + Plus using ANOVA. The error bar means standard error. \* : the p-value below 0.05, Double asterisk † : the p-value below 0.01. ADHD : attention-deficit hyperactivity disorder, NOS : (ADHD) Not Otherwise Specified, NC : normal control, K-ARS : Korean ADHD Rating Scale, IVA + Plus : the brand name of Integrated Visual and Auditory continuous performance test from the braintrain inc. USA. www.braintrain.com.



**Fig. 3.** The topographic representation of Pearson's correlation coefficient (r) between K-ARS and each the z-score of relative powers, Delta (1-4 Hz), Theta (4-8 Hz), Alpha (8-12 Hz), and Beta (12-25 Hz). ADHD : attention-deficit hyperactivity disorder, K-ARS : Korean ADHD Rating Scale.

의미로 받아들일 수 있다. 따라서 K-ARS의 단점을 IVA + Plus가 보완할 수 있다는 해석도 가능하다. 실제로 주의력결핍 과잉행동 증상이 경계선상에 있는 NOS군에 포함된 역치 하 아동 역시 전체 아동의 9% 정도로 많은 수가 있다고 하고 이들에게서도 주의력결핍 과잉행동장애 아동에서 흔히 나타나는 문제행동 및 정서장애가 나타난다는 연구결과<sup>46,47)</sup>를 보면, NOS군 역시 관심의 대상이며, NOS군과 ADHD군의 구별이 필요하다 점에서 IVA + Plus의 유용성을 생각해 볼 수 있다.

뉴로가이드는 피험자 뇌파의 파워스펙트럼 값이 같은 나이 정상 대조군 데이터베이스 분포에서 어디에 위치하는지를 z값으로 변환하여 보여주는 정량뇌파 분석 프로그램으로 실제 파워가 얼마나 측정되는지가 아닌 실제 파워가 정상인에 비하여 얼마나 차이나는지를 보여주는 검사라 할 수 있다. 임상에서 보다 유용하고 중요한 정보가 실제 파워값이 얼마나 높거나 낮은지가 아니라 얼마나 정상으로부터 벗어나있는지이기 때문에 주의력결핍 과잉행동장애의 파워값을 분석하는 것보다 z값으로 변환된 파워값이 더 의미가 있을 것으로 판단된다. 그래서, K-ARS 결과와의 비교를 통하여 정량뇌파가 얼마나 유용한 임상정보를 주는지 알아보았다. 결과는 K-ARS 점수가 높을수록 상대적 델타, 세타가 정상보다 높아지고 알파와 베타파는 낮아지는 모습을 보였으며 특히 후두부 베타는 K-ARS 점수가 높을수록 의미 있게 증가하는 결과를 얻었다(Fig. 3). 이는 기존의 연구결과와 상당부분 일치하는 부분이다. 일반적으로 주의력결핍 과잉행동장애에서 델타와 세타파의 증가는 흔히 관찰되고 신뢰도가 높은 소견으로 알려져 있다.<sup>48,49)</sup> 또한 알파파와 베타파가 감소되어 있는 뇌파소견 역시 여러 연구를 통하여 이미 알려져 있으며 특히 뇌 피질의 활성도 저하를 나타내는 소견이라는 측면에서 ADHD의 병리와 유사하여 관심을 받고 있다고 할 수 있다.<sup>50-53)</sup> 또한 후두엽에서 관찰된 베타파와 K-ARS의 양의 상관관계는 유사한 기존 연구결과를 찾을 수 없어서 그 해석에 있어 주의를 요하는 부분이다. 베타파가 해당 영역의 활성도 증가와 관련이 있음을 고려해 보면, K-ARS가 높을수록 눈을 감고 안정 뇌파를 측정하였을 때 후두부 시각 영역의 활성도가 증가하는 모습을 보였다는 의미로 해석되지만, 주의력결핍 과잉행동장애에서 뇌파로 드러나는 병리가 세타파 증가를 위주로 주로 전두 부위 활성도 저하로 설명되고 있어 연관된 의미를 파악하기가 어려운 부분이 있다.<sup>54)</sup> 하지만, 후두엽 영역이 시각자극 감각처리에 주된 부분이고 최근 주의력결핍 과잉행동장애에서 감각처리의 이상에 관한 관심이 증가되어 있어, 감각 처리과정 중 이상 현상에 관한 접근이 다른 해석보다 후두부위 베타파 증가를 이해하기 위하여 필요하리라 판단된다.<sup>55)</sup>

저자들은 이번 연구를 통하여 IVA + Plus 지속수행검사가

주의력결핍 과잉행동장애의 진단에 유용한 임상적 정보를 제공한다는 것을 알게 되었다. 특히 행동의 평가만으로 구분하기 어려운 역치 이하 주의력결핍 과잉행동장애 NOS 아동을 질환군과 구별하는데 유용한 도구로 가능성 있음을 알 수 있었다. 또한 뉴로가이드가 주의력결핍 과잉행동장애에서 알려진 델타, 세타, 알파, 베타파의 이상 양상을 집작하게 하는 경향성을 보여주어 임상적 활용에 관한 가능성을 다소 엿볼 수 있었다.<sup>56-59)</sup> 이러한 뇌파 분석 결과에서 보여지는 부족한 통계적 유의성에 대해 몇 가지 고려할 사항이 있다. 우선 세 군 사이의 표본수가 일정하지 못하였고 일부 표본수가 7~8명 정도로 적은 군이 존재하는 것이 그 이유 중 하나일 것이다. 세 군 사이 성별의 비율이 일정하지 못하다는 점과 성장기의 아동은 성인이 될 때까지 뇌파의 변화가 빨라 조금의 나이차이도 뇌파상 큰 차이로 나타날 수 있다는 점<sup>60)</sup> 역시 결과에 영향을 줄 수 있는 요소로 판단된다. 또한 과거 정량뇌파연구에서 주의력결핍 과잉행동장애가 몇 가지 서로 다른 뇌파 특징을 가진 아형으로 분류가 가능하다는 결과가 있는 만큼 이 부분에 관한 고려가 되지 못했다는 점을 고려해야 한다.<sup>52)</sup> 즉 서로 다른 아형을 가진 정량뇌파 아형들이 혼재되어 있어 뇌파적 특징들을 서로 상쇄시켰을 가능성도 있다고 판단된다. 이러한 뇌파적 특성을 고려한 보완 연구가 필요하리라 생각된다.

본 연구의 가장 큰 제한점 중 하나는 지능지수(IQ)에 따라 뇌파의 특성이 달라질 수 있다는 것이 고려되지 못한 점이다.<sup>61)</sup> 지능지수에 관한 변인이 통제되지 못하였다. 또한, 대전 충남 지역의 집중력 향상 캠프 참가자를 대상으로 하였다는 점이다. 지역 문화 특색이 결과에 영향을 주었을 가능성이 있으며, 평상시 산만하고 집중력이 부족해 보이는 아동이 주로 참가 신청 및 사전 검사의 대상이 되었었기 때문에 정상군 역시도 일반적인 포레 아동에 비하여 다소 산만한 경향이 높은 아동일 가능성이 높았다. 병원 치료가 아닌 기타 행동치료를 받았는지의 유무가 고려되지 못했던 점 그리고 검사도구가 모두 정상 한국인의 검사결과를 데이터베이스로 이용한 검사가 아니라는 것도 제한점 중 하나이다. 인종과 문화적 차이에 따라 결과가 달라질 수 있는 부분이다. 하지만 뇌파의 경우 두피의 전도율이 인종마다 다소 다른 것을 제외하고는 인종과 문화간 큰 차이가 없는 것으로 보고하는 결과도 있고 또 일반적으로 뇌파의 인종과 문화적 차이가 질환으로 인한 뇌파이상에 비하여 미미하다고 보고되고 있기도 하다.<sup>62)</sup>

본 연구가 예비연구인 만큼 위와 같은 제한점을 보완한 추가적인 연구가 필요하다. 하지만 본 연구의 목적이었던 주의력결핍 과잉행동장애의 진단 보조도구로서 임상적 유용성에 관해서는 어느 정도 가능성을 엿볼 수 있었다고 생각된다. 향후 이러한 시도가 지속되어 임상가가 좀 더 근거중심의 과학적인 진

단을 내리는데 도움이 되는 여러 도구들이 국내에서도 개발되기를 기대해 본다.

**중심 단어** : 주의력결핍 과잉행동장애 · 정량뇌파 · 이바플러스 · 지속수행검사.

### Conflicts of interest

The authors have no financial conflicts of interest.

### REFERENCES

- 1) **Strauss JS**. A comprehensive approach to psychiatric diagnosis. *Am J Psychiatry* 1975;132:1193-1197.
- 2) **Spitzer RL, Cohen J, Fleiss JL, Endicott J**. Quantification of agreement in psychiatric diagnosis. A new approach. *Arch Gen Psychiatry* 1967; 17:83-87.
- 3) **Neighbors HW, Jackson JS, Campbell L, Williams D**. The influence of racial factors on psychiatric diagnosis: a review and suggestions for research. *Community Ment Health J* 1989;25:301-311.
- 4) **Weiss MG, Raguram R, Channabasavanna SM**. Cultural dimensions of psychiatric diagnosis. A comparison of DSM-III-R and illness explanatory models in south India. *Br J Psychiatry* 1995;166:353-359.
- 5) **Rounsaville BJ, Weissman MM, Kleber H, Wilber C**. Heterogeneity of psychiatric diagnosis in treated opiate addicts. *Arch Gen Psychiatry* 1982;39:161-168.
- 6) **Schmidt HO, Fonda CP**. The reliability of psychiatric diagnosis; a new look. *J Abnorm Psychol* 1956;52:262-267.
- 7) **Grove WM, Andreasen NC, McDonald-Scott P, Keller MB, Shapiro RW**. Reliability studies of psychiatric diagnosis. Theory and practice. *Arch Gen Psychiatry* 1981;38:408-413.
- 8) **Knopman DS, DeKosky ST, Cummings JL, Chui H, Corey-Bloom J, Relkin N, et al**. Practice parameter: diagnosis of dementia (an evidence-based review). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2001;56:1143-1153.
- 9) **Drake RE, Goldman HH, Leff HS, Lehman AF, Dixon L, Mueser KT, et al**. Implementing evidence-based practices in routine mental health service settings. *Psychiatr Serv* 2001;52:179-182.
- 10) **Compton SN, March JS, Brent D, Albano AM 5th, Weersing R, Curry J**. Cognitive-behavioral psychotherapy for anxiety and depressive disorders in children and adolescents: an evidence-based medicine review. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2004;43:930-959.
- 11) **Hoagwood K, Burns BJ, Kiser L, Ringeisen H, Schoenwald SK**. Evidence-based practice in child and adolescent mental health services. *Psychiatr Serv* 2001;52:1179-1189.
- 12) **Shagass C, Roemer RA, Straumanis JJ**. Relationships between psychiatric diagnosis and some quantitative EEG variables. *Arch Gen Psychiatry* 1982;39:1423-1435.
- 13) **John ER, Prichep LS, Fridman J, Easton P**. Neurometrics: computer-assisted differential diagnosis of brain dysfunctions. *Science* 1988; 239:162-169.
- 14) **Advokat C, Martino L, Hill BD, Gouvier W**. Continuous Performance Test (CPT) of college students with ADHD, psychiatric disorders, cognitive deficits, or no diagnosis. *J Atten Disord* 2007;10:253-256.
- 15) **McGee RA, Clark SE, Symons DK**. Does the Conners' Continuous Performance Test aid in ADHD diagnosis? *J Abnorm Child Psychol* 2000;28:415-424.
- 16) **Snyder SM, Quintana H, Sexson SB, Knott P, Haque AF, Reynolds DA**. Blinded, multi-center validation of EEG and rating scales in identifying ADHD within a clinical sample. *Psychiatry Res* 2008;159: 346-358.
- 17) **Arns M, Gunkelman J, Breteler M, Spronk D**. EEG phenotypes predict treatment outcome to stimulants in children with ADHD. *J Integr Neurosci* 2008;7:421-438.
- 18) **Koo BH, Park HB, Lee HJ, Song CJ, Kim JS, Lee KH**. The diagnostic availability of continuous performance test in children with attention deficit hyperactivity disorder. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 1999;38:1432-1446.
- 19) **Kim JH, Noh JS, Joung YS, Hong SD**. A study for diagnostic discrimination of T.O.V.A. and GDS in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Korean J Clin Psychol* 1997;16:355-365.
- 20) **Shin YH, Lee SB, Yun JY, Lee SH, Kang WS, An JU**. A comparative study of intellectual characters, executive function and brain signals between ADHD, maladjustment and normal students. *Emotional Disturbances Learn Disabil* 2010;26:65-84.
- 21) **Castellanos FX, Tannock R**. Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes. *Nat Rev Neurosci* 2002;3:617-628.
- 22) **Loo SK, Smalley SL**. Preliminary report of familial clustering of EEG measures in ADHD. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet* 2008; 147B:107-109.
- 23) **McLoughlin G, Kuntsi J, Brandeis D, Banaschewski T**. Electrophysiological parameters in psychiatric research: ADHD. *Psychiatry* 2005;4:14-18.
- 24) **Doyle AE, Willcutt EG, Seidman LJ, Biederman J, Chouinard VA, Silva J, et al**. Attention-deficit/hyperactivity disorder endophenotypes. *Biol Psychiatry* 2005;57:1324-1335.
- 25) **DuPaul GJ**. Parent and teacher ratings of ADHD symptoms: Psychometric properties in a community-based sample. *J Clin Child Psychol* 1991;20:242-253.
- 26) **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.
- 27) **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 Kor Acad Child Adolesc Psychiatry* 2007;18:138-144.
- 28) **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.
- 29) **Thatcher RW, Biver CJ, North DM**. Z SCORE EEG BIOFEEDBACK: TECHNICAL FOUNDATIONS. Redington Shores, FL: Applied Neurosciences Inc;2004. Available from: <http://www.applienneuroscience.com/>.
- 30) **Kropotov J**. Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy. San Diego, CA: Academic Press;2008.
- 31) **Evans JR, Abarbanel AE**. Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. San Diego, CA: Academic Press;1999.
- 32) **Sandford J, Turner A**. Integrated visual and auditory continuous performance test manual. Richmond, VA: BrainTrain;2002.
- 33) **Tinius TP**. The Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test as a neuropsychological measure. *Arch Clin Neuropsychol* 2003;18:439-454.
- 34) **Corbett BA, Constantine LJ**. Autism and attention deficit hyperactivity disorder: assessing attention and response control with the integrated visual and auditory continuous performance test. *Child Neuropsychol* 2006;12:335-348.
- 35) **Gao T, Yu S, Shi X, Zhao C**. Clinical significance of integrated visual and auditory continuous performance test on attention deficit-hyperactivity disorder diagnosis and its correlation with blood lead, iron & zinc. *Chinese J Child Health Care* 2005;1. Available from: <http://en.cnki.com.cn/>.
- 36) **Treisman AM, Davies A**. Dividing attention to ear and eye. In: Kornblum S, editor. Attention and performance IV. New York: Academic Press;1973. p.101-117.



- 37) **Craik FI, Govoni R, Naveh-Benjamin M, Anderson ND.** The effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory. *J Exp Psychol Gen* 1996;125:159-180.
- 38) **Mousavi SY, Low R, Sweller J.** Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *J Educ Psychol* 1995;87:319-334.
- 39) **Loose R, Kaufmann C, Auer DP, Lange KW.** Human prefrontal and sensory cortical activity during divided attention tasks. *Hum Brain Mapp* 2003;18:249-259.
- 40) **Iidaka T, Anderson ND, Kapur S, Cabeza R, Craik FI.** The effect of divided attention on encoding and retrieval in episodic memory revealed by positron emission tomography. *J Cogn Neurosci* 2000;12:267-280.
- 41) **Nebel K, Wiese H, Stude P, de Greiff A, Diener HC, Keidel M.** On the neural basis of focused and divided attention. *Brain Res Cogn Brain Res* 2005;25:760-776.
- 42) **Bush G, Valera EM, Seidman LJ.** Functional neuroimaging of attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and suggested future directions. *Biol Psychiatry* 2005;57:1273-1284.
- 43) **Carmona S, Vilarroya O, Bielsa A, Trèmols V, Soliva JC, Rovira M, et al.** Global and regional gray matter reductions in ADHD: a voxel-based morphometric study. *Neurosci Lett* 2005;389:88-93.
- 44) **Castellanos FX, Lee PP, Sharp W, Jeffries NO, Greenstein DK, Clasen LS, et al.** Developmental trajectories of brain volume abnormalities in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *JAMA* 2002;288:1740-1748.
- 45) **Collings RD.** Differences between ADHD inattentive and combined types on the CPT. *J Psychopathol Behav Assess* 2003;25:177-189.
- 46) **Cho SC, Kim BN, Kim JW, Rohde LA, Hwang JW, Chung DS, et al.** Full syndrome and subthreshold attention-deficit/hyperactivity disorder in a Korean community sample: comorbidity and temperament findings. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2009;18:447-457.
- 47) **Kim HW, Cho SC, Kim BN, Kim JW, Shin MS, Kim Y.** Perinatal and familial risk factors are associated with full syndrome and subthreshold attention-deficit hyperactivity disorder in a Korean community sample. *Psychiatry Investig* 2009;6:278-285.
- 48) **Williams LM, Simms E, Clark CR, Paul RH, Rowe D, Gordon E.** The test-retest reliability of a standardized neurocognitive and neurophysiological test battery: "neuromarker". *Int J Neurosci* 2005;115:1605-1630.
- 49) **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.
- 50) **Bresnahan SM, Anderson JW, Barry RJ.** Age-related changes in quantitative EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry* 1999;46:1690-1697.
- 51) **Chabot RJ, Serfontein G.** Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biol Psychiatry* 1996;40:951-963.
- 52) **Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M.** EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Neurophysiol* 2001;112:2098-2105.
- 53) **Janzen T, Graap K, Stephanson S, Marshall W, Fitzsimmons G.** Differences in baseline EEG measures for ADD and normally achieving preadolescent males. *Biofeedback Self Regul* 1995;20:65-82.
- 54) **Makeig S, Jung TP.** Tonic, phasic, and transient EEG correlates of auditory awareness in drowsiness. *Brain Res Cogn Brain Res* 1996;4:15-25.
- 55) **Ghanizadeh A.** Sensory processing problems in children with ADHD, a systematic review. *Psychiatry Investig* 2011;8:89-94.
- 56) **Loo SK, Teale PD, Reite ML.** EEG correlates of methylphenidate response among children with ADHD: a preliminary report. *Biol Psychiatry* 1999;45:1657-1660.
- 57) **Loo SK, Hopfer C, Teale PD, Reite ML.** EEG correlates of methylphenidate response in ADHD: association with cognitive and behavioral measures. *J Clin Neurophysiol* 2004;21:457-464.
- 58) **Lubar JF.** Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. *Biofeedback Self Regul* 1991;16:201-225.
- 59) **Mann CA, Lubar JF, Zimmerman AW, Miller CA, Muenchen RA.** Quantitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder: controlled study with clinical implications. *Pediatr Neurol* 1992;8:30-36.
- 60) **Gasser T, Verleger R, Bächer P, Sroka L.** Development of the EEG of school-age children and adolescents. I. Analysis of band power. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988;69:91-99.
- 61) **Thatcher RW, North D, Biver C.** EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power. *Clin Neurophysiol* 2005;116:2129-2141.
- 62) **Matsuura M, Okubo Y, Toru M, Kojima T, He Y, Hou Y, et al.** A cross-national EEG study of children with emotional and behavioral problems: a WHO collaborative study in the Western Pacific Region. *Biol Psychiatry* 1993;34:59-65.