CASE REPORT

pISSN 1226-6396, eISSN 2234-4942
J of Oriental Neuropsychiatry 2024;35(4):493-503
https://doi.org/10.7231/jon.2024.35.4.493

JON Journal of Oriental Neuropsychiatry

# 뇌파생기능자기조절훈련을 시행한 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD) 1례

김연주, 김문선, 고경진*, 정민정†, 유 경‡, 김락형

우석대학교 한의과대학 신경정신과학교실, 원광대학교 한의과대학 한방신경정신과교실*, 우석대학교 한의과대학 소아과학교실†, 밝은언어심리센터‡

# Neurofeedback Treatment Effectiveness in a Patient with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): A Case Study

**Yeon Ju Kim, Moon Sun Kim, Kyeong-Jin Ko*, Minjeong Jeong†, Gyung Yu‡, Lakhyung Kim**

Department of Neuropsychiatry, College of Korean Medicine, Woosuk University, *Department of Neuropsychiatry, College of Korean Medicine, Wonkwang University, †Department of Pediatrics, College of Korean Medicine, Woosuk University, ‡Balgeun Language and Speech Center

**Received:** November 21, 2024
**Revised:** December 16, 2024
**Accepted:** December 18, 2024

**Correspondence to**
Lakhyung Kim
Department of Neuropsychiatry, College of Korean Medicine, Woosuk University, 46 Eoeun-ro, Wansan-gu, Jeonju, Korea.
Tel: +82-63-220-8617
Fax: +82-63-227-6234
E-mail: kimlak@hanmail.net

**Objectives:** This case study aims to report on the effects of neurofeedback training, guided by Quantitative Electroencephalography (QEEG), on a pediatric patient diagnosed with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD).

**Methods:** The patient participated in a total of 30 sessions of neurofeedback training. Assessments related to ADHD, including QEEG, the Comprehensive Attention Test (CAT), the Abbreviated Conners Rating Scale (ACRS), the Korea-ADHD Rating Scale (K-ARS), and the Korea Language-Based Reading Assessment (KOLRA), were conducted both before and after the intervention to evaluate improvements.

**Results:** The findings indicated significant improvements in the patient's overall performance, encompassing cognitive abilities and interpersonal relationships.

**Conclusions:** Neurofeedback training, guided by a preliminary QEEG assessment for individualized treatment, resulted in notable improvements in ADHD symptoms.

**Key Words:** Neurofeedback, Quantitative Electroencephalography (QEEG), Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), Case study

Copyright © 2024 by The Korean Society of Oriental Neuropsychiatry. All rights reserved.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# I. 서론

주의력결핍 과잉행동장애(ADHD)는 주의산만, 과잉행동, 충동성을 주 증상으로 하며, 초기 아동기에 발병하고 만성적 결과를 밟고 학업적, 사회적, 직업적 등의 여러 기능에 장해를 초래하는 아동기의 주요 질병이다[1]. 주의력결핍 과잉행동장애 아동은 실행기능 결함으로 일상 과업을 제시간에 성공적으로 시작하고 완료하는 데 어려움을 겪게 되고, 이로 인해 낮은 자기 효능감, 부정적 자아상 등 2차 문제를 야기할 수 있다[2].

아동기에 ADHD로 진단받았던 환자 중 50%에서 성인기까지 증상이 지속되며 과잉행동과 충동성 증상은 시간이 지나면 약화될 수 있으나 부주의성은 지속되는 경우가 많다[3]. 또한 청소년 및 성인기의 인격 장애, 기분 장애, 약물중독의 발병률을 높이는 주요한 위험요인이 되고 있어 조기 진단 및 치료에 관심이 높아지고 있다[4].

ADHD는 학습, 대인관계, 가정생활, 직업 등 다양한 영역에서 문제를 야기하므로 문제영역에 따라 세심하고 개별화된 치료전략과 통합적인 접근이 필요하다[5]. ADHD의 주요 핵심증상에 대한 약물치료의 효과가 증명되었지만[5], 환자의 30%는 ADHD를 적응증으로 하는 의약품들을 사용해도 적절한 치료효과를 얻지 못하고 있는 실정이다[6]. ADHD의 치료에는 약물치료와 함께 심리사회적 치료방법으로 질환과 치료에 대한 교육, 학업 수행능력의 지원, 부모 양육 교육, 학교와 가정에서의 행동조절, 인지행동 치료, 사회기술 훈련 등이[5] 활용되고 있으며, 뇌파생기능자기조절훈련(뉴로피드백) 또한 비약물적 치료의 한 종류로 임상과 연구에서 지속적인 관심을 받아왔다[7,8].

뉴로피드백은 뇌파를 이용한 바이오피드백으로, 실시간으로 측정된 뇌파 활동에 대한 정보를 시각적, 청각적 피드백으로 제공받으며, 적절한 보상을 통해 반복적으로 학습하여 뇌파를 조절하는 방법을 익히는 훈련이다[7]. 뉴로피드백은 비침습적인 치료 방법으로 환자에게 미칠 수 있는 부작용이 거의 없다는 장점이 있고[8], ADHD를 비롯하여 뇌졸중, 불면, 우울증, 강박장애 같은 질환에 대해서도 치료효과가 보고되고 있다[9].

ADHD에서 가장 흔하게 발견되는 뇌파 패턴은 전두엽 부분에서의 과도한 서파의 활성으로, 정량화 뇌파 분석에서 세타파와 베타파의 비율인 Theta/Beta Ratio (TBR)가 높을수록 ADHD 가능성이 높아지며, 충동성 및 부주의함, 실행기능 저하 등이 두드러지는 것으로 나타났다[9]. Lubar[10]에 의해 ADHD 아동을 대상으로 첫 뉴로피드백 치료가 1976년에 시행되었는데, 과다활동(hyperkinetic) 아동을 대상으로 SMR 뉴로피드백 치료를 시행하였으며, 과다활동 억제에 효과가 있음을 기술하였다.

Lubar의 연구 이후 ADHD의 뉴로피드백 치료는 세타파를 낮추고 SMR 진폭을 증가시키는 훈련, SMR을 높이고 22~30 Hz 베타를 감소시키는 훈련 방법 등이 사용되어왔다[11]. 최근의 연구에서는 ADHD 환자에서 QEEG를 분석하여 개인별 뇌파 패턴에 따라 뉴로피드백을 실시하여 ADHD 증상 감소에 효과적이었다고 보고되었는데[12], 이러한 QEEG 기반 뉴로피드백은 개인별 뇌파 특성을 기반으로 뉴로피드백 개인에 맞는 치료방법을 정한다는 점에서 보다 효과적일 것으로 기대되고 있다.

본 증례에서는 주의력결핍 과잉행동장애로 진단된 소아 환자에게 약 5개월의 기간 동안 30회기의 정량뇌파검사(QEEG) 분석에 따른 뉴로피드백 훈련을 실시하여 얻은 치료 경과를 보고하는 바이다.

# II. 증례

## 1. 연구의 진행

본 연구는 주의력결핍 과잉행동장애로 진단된 소아 환자 1명을 대상으로 한 증례 연구로서 ○○ 한방병원 임상시험 심사위원회(Institutional Review Board, IRB)의 심의면제 승인을 받아 진행되었다(승인번호: WSOH IRB H2408-03).

## 2. 환자 기본 정보

김○○ (여성/만 9세).

## 3. 주소증

한 가지 일을 마무리하지 못하고 외부의 자극에 의해 쉽게 산만해지며, 상황에 맞지 않게 불쑥 행동하고 글을 읽고 쓸 때 빠뜨리는 실수가 많고, 계산에서도 실수를 많이 한다.

## 4. 현병력

아동은 9세 초등학교 3학년 여아로, 아동의 어머니는 아동이 한 가지 일을 끝내지 못하고 중간에 다른 일에 손을

대며, 외부 자극에 쉽게 산만해진다고 하였다. 또한 상황에 맞지 않게 불쑥 행동하는 경향이 있다고 하였으며, 글을 읽거나 쓸 때 실수를 많이 한다고 하였다. 예를 들어, 길을 걷다가 갑자기 춤을 추거나, 가만히 앉아 밥을 먹다가 갑자기 몸을 움직이는 등의 행동을 보이며, 흥미를 가졌다가도 금방 흥미를 잃고 다른 것으로 관심을 돌린다고 하였다. 아동의 어머니는 이러한 증상들에 6세경부터 관심을 가지게 되었다고 한다. 그리고 글을 읽고 쓸 때 문법형태소나 받침 생략, 줄 빠트려 읽기와 전체적인 글의 맥락을 고려하지 않고 쓴다거나 맞춤법 등의 철자오류가 있다고 하였다. 이러한 증상들이 지속되면서 보호자는 ADHD를 의심하게 되었고, 정신건강의학과에서 외래 진료를 받았으며 본원 내원 2주 전 ADHD 진단을 받았고 약물 치료를 권유받았다. 이후 본원 한방신경정신과 외래에 내원하였다.

### 5. 가족관계

아동의 아버지는 회사원으로 아동과 관계는 양호하나 잦은 야근으로 함께 보내는 시간이 부족하다.

아동의 어머니는 집안일과 양육을 담당하고 있으며, 아이와 많은 시간을 보내고 관계가 좋다. 그러나 예민하고 걱정이 많아 아이를 자주 혼내는 편이다.

### 6. 정신과적 개인력

아동은 첫 내원 시 보라색 안경을 착용하고 있었으며, 의복과 위생 상태는 날씨와 상황에 맞게 적절했다. 아동은 질문에 대해 적극적으로 응답하며, 내용적으로도 적절한 반응을 보였다. 언행에서 눈에 띄는 불안정한 행동이나 과도한 반응은 없었으며, 전반적으로 태도는 긍정적이고 안정적인 상태를 보였다.

아동의 어머니는 영유아기에는 발달상 특별한 문제는 없었고, 비교적 순한 성격이었다고 하며, 어린이집 생활을 시도했으나 적응에 어려움을 겪고 복통, 두통 등으로 전문가의 권고에 따라 가정에서 지내다 7세에 어린이집에 갔다고 하였다. 어린이집에서 다른 아이들과의 관계에서 어려움을 겪었고 따돌림을 당했다고 하였다.

초등학교 입학 후에도 배앓이를 자주 했으며, 주요 호소는 대인관계의 어려움이었다. 친구들 사이에서 인기가 부족하고 일부 친구들로부터 지속적인 따돌림을 경험하였으며, 일부 아이들의 공격 대상이 되었다고 하였다. 방학 기간에는 비교적 편안하게 지냈으나 학기 중에는 어려움을 극복하며 학교생활을 이어간다고 하였다. 책을 좋아하기는 하지만 읽기에서 실수가 많다고 하였다.

### 7. 신체 건강 상태

신장 153 cm, 체중 40 kg으로 마른 체형이었고, 음식은 하루 세끼, 1 회 식사량 1공기로 양호하였다. 대변 1회/1~2일, 소변 6~7회/일, 수면 9~10시간/일로 특이사항은 없었다. 맥은 세삭(細數)하였고, 설질홍(舌質紅), 설태박백(舌苔薄白) 하였다.

### 8. 초기 평가 결과

#### 1) 한국 웩슬러 아동 지능 검사(Wechsler Intelligence Scale for Children-IV, K-WISC-IV)

환아의 종합적인 인지능력 평가를 위하여 시행한 K-WISC-IV에서[13] 전체척도(Full Scale Intelligence Quotient, FSIQ)는 111로 평균 상 수준이었다. 언어이해지표(Verbal Comprehension Index, VCI)는 100 (평균 수준), 지각추론지표(Perceptual Reasoning Index, PRI)는 126 (우수 수준), 작업기억지표(Working Memory Index, WMI)는 109 (평균 수준), 처리속도지표(Processing Speed Index, PSI)는 97 (평균 수준)로 나타났다.

#### 2) 종합주의력검사(Comprehensive Attention Test, CAT)

환아의 주의력 평가를 위하여 시행한 CAT (주 해피마인드)에서[14] 단순선택주의력검사(시각)에서 '반응시간 저하', 단순선택주의력검사(청각)에서 '저하', 억제지속주의력검사에서 '보속오류'와 '다중반응', 그리고 간섭선택주의력검사에서 '다중반응'을 보였다.

#### 3) 단축형 코너스 평가척도(Abbreviated Conners Rating Scale, ACRS)

아동의 어머니가 실시한 ACRS에서[15] 총점 23점으로 나타났다.

#### 4) 한국어판 ADHD 평가척도(Korea-ADHD Rating Scale, K-ARS)

아동의 어머니가 실시한 K-ARS에서[16] 총점 38점으로 나타났다. 부주의성 지표와 충동성-과잉행동 지표는 각각 20점, 18점으로 나타났다.

#### 5) 한국 아동 인성 검사(Korean Personality Inventory for Children, KPI-C)

아동의 어머니가 실시한 KPI-C에서[17] T점수는 임상척도 중 신체 발달 척도(Physical Development, PDL), 불안 척도(Anxiety, ANX), 신체화 척도(Somatic Concern, SOM) 그리고 과잉행동 척도(Hyperactivity, HPR)에서 각각 68점, 67점, 69점, 70점으로 유의하게 상승되어 있었다.

#### 6) 한국어 읽기검사(Korea Language-Based Reading Assessment, KOLRA)

KOLRA[18] 결과에서 낱말해독은 '읽기부진(표준점수 86)'으로 나타났으며, 읽기 유창성 능력은 '또래보다 지체(표준점수 89)' 수준으로 확인되었다. 또한 받아쓰기(철자)에서 10~25%ile로 또래보다 약점으로 나타났으나 반면 읽기이해는 '또래수준(표준점수 103)' 수준에 속하였고, 듣기 이해에서도 '또래수준(표준점수 116)'으로 확인되었다.

#### 7) 정량 뇌파 검사(Quantitative Electroencephalography, QEEG)

뇌파 측정에는 21 Channel EEG Neuron-Spectrum4/P (Neurosoft, Ivanovo, Russia)를 이용하였다. 머리에 국제 10~20법(International 10~20 system)에 따라 전극 모자를 씌운 후, 19개의 두피전극과 2개의 귓불 전극에 전극젤을 주입하면서 신호를 확인하였고 각 전극의 impedence가 5 kohm 이하가 되도록 하였다[19,20].

외부 요인을 최대한 통제하고 환자를 10분간 안정을 취하게 한 이후 눈 감은 상태(EC)와 눈 뜬 상태(EO)에서 각각 5분씩 뇌파를 측정하였다. 측정된 뇌파는 뉴로가이드 프로그램(Neuro-Guide 2.9.1, Applied Neuroscience, Inc, USA)을 사용하여 분석하였다. Artifact 제거는 NeuroGuide 프로그램에서 제공하는 Automatic Editing 방법으로 시행하였으며, Z Score Artifact Rejection 영역에서 Eye Movement, Muscle, Drowsiness 항목을 선택하고 Sensitivity는 High로 하였다. 그리고 Z Score EEG Selection 영역에서 Z Score Threshold를 2.0으로 설정하였다. 반분 신뢰도(split-half reliability) 및 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability)는 모든 채널에서 90% 이상이었다. 이를 기반으로 뇌파의 absolute power, relative power, amplitude asymmetry, coherence, phase lag 값을 Z-Score로 나타냈다.

Z-Scored FFT Brain Mapping - Eye Open에서 두정부에서 high Beta absolute power 및 relative power가 높게 나타났으며, 전두부에서 4 Hz, 5 Hz relative power가 두드러지게 높게 나타났다. Eye Closed에서도 두정부 및 후두부에서 Beta 및 high Beta absolute power가 높게 나타났으며, 전두부 및 두정부에서 4 Hz, 5 Hz relative power가 높게 나타났다(Fig. 1).

### 9. 진단 및 한의변증

환아는 평균 이상의 지능을 가지고 있고, 지속적 양상의 부주의와 과잉행동-충동성이 가정, 학교 등 여러 환경에서 나타나고 있으며, 6세경부터 어린이집 생활 때부터 어려움이 지속되고 있어, 임상 양상과 현재의 심각도에 기초하여 주의력결핍 과잉행동장애, 복합형, 중등도로 진단하였다.

주 증상이 세밀한 주의를 기울이지 못하고 외부자극에 의해 쉽게 산만해지며 앉아 있어야 하는 상황에서 가만히 앉아 있지 못한다는 등의 부주의 증상과 과잉행동 충동성 증상을 다양하게 함께 가지고 있으며, 脈細數, 舌質紅 한 것을 고려하여 腎虛肝亢으로 변증하였다[21].

### 10. 치료내용

#### 1) 뉴로피드백의 시행

본원 한방신경정신과 외래 첫 방문 이후 약 5개월 동안 주 1~2회, 총 30회 뉴로피드백 치료를 시행하였다. 뉴로피드백 장치는 ProComp Infiniti System과 BioGraph Infiniti Software (Thought Technology Ltd, Canada)를 사용하였다. 훈련을 위한 측정 전극은 두피의 국제 10~20 전극배치법에 따른 두피의 Fz에 부착하였으며, 오른쪽 귓불(A2)에 Ground 전극, 왼쪽 귓불(A1)에 Reference 전극을 부착하였다.

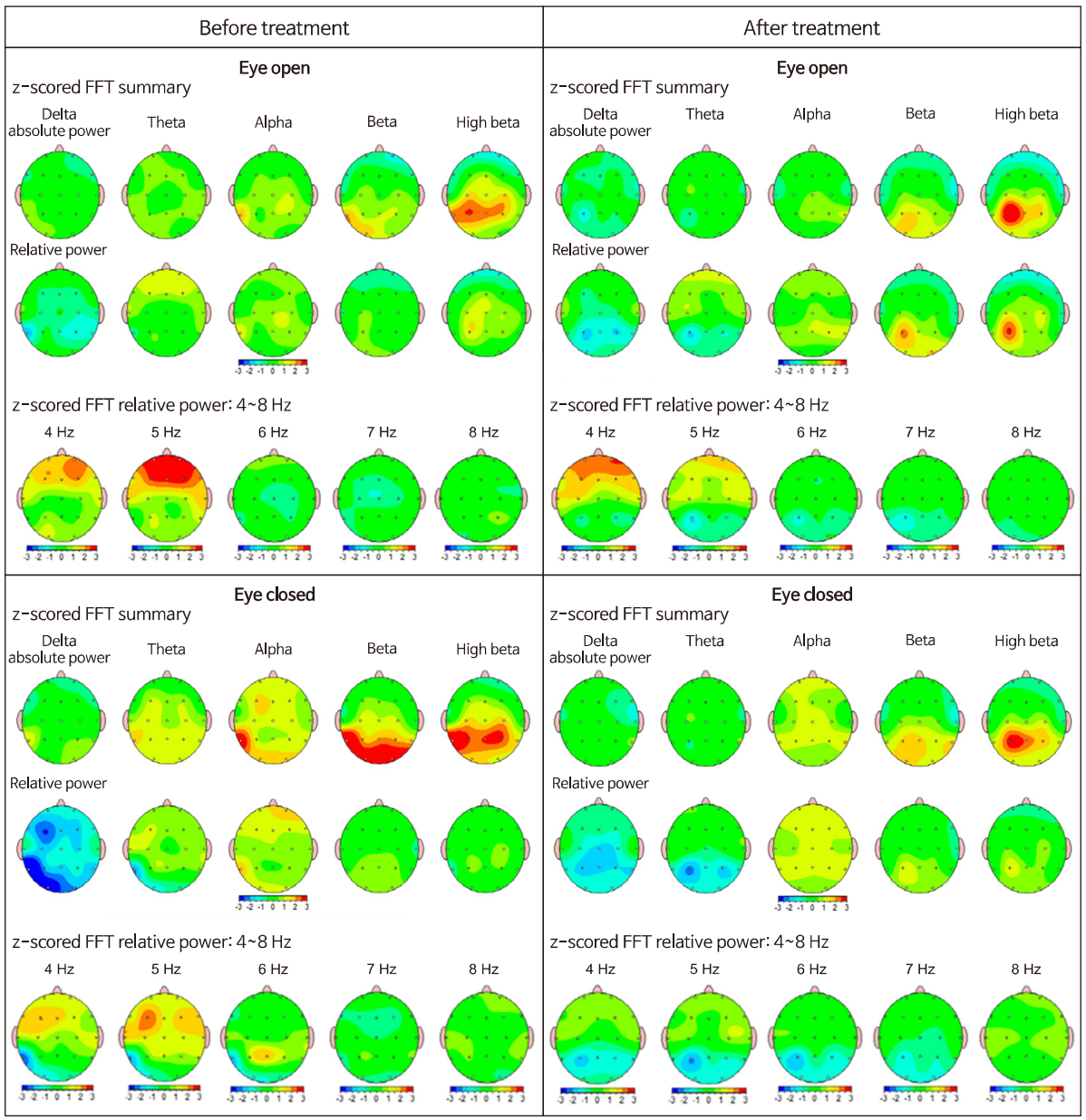



**Fig. 1.** Comparison of Z-scored FFT brain mapping before and after treatment.

치료는 외부의 소음이 차단되는 독립적인 공간에서 시행하였다. Fz (midline frontal)에 측정전극을 부착하고 4~6 Hz (Theta), 25~30 Hz (high Beta)를 낮추고, 15~18 Hz (Beta)는 높이도록 설정하였다. 목표점에 도달하면 특정 그림(Biplane, Bowling, Coaster 등)의 변화와 음악의 재생을 통하여 되먹임 하였다. 그리고 치료자는 환아의 곁에서 일대일로 진행하였으며, 훈련 역치를 조절하고 즉각적인 피드백을 주며, 치료의 과정과 치료 종료 시에 칭찬 보상을 활용하여 훈련 동기를 고취하였다.

1회 치료 시간은 치료 초기 1회 15분으로 진행하였으며, 점차 시간을 늘려 1회당 30분 내외로 실시하였다.

### 2) 기타

본원 한방신경정신과 외래 첫 방문 이후 외부 언어치료센터에서 KOLRA를 실시하고 문해교육을 주 1회 실시하였다.

## 11. 치료 경과

### 1) 치료 경과

(1) 외래 방문 5회차

뉴로피드백을 시행하는 동안 아동은 앉은 자세를 유지하고 화면을 바라보는 치료 상황에 협조적이었다. 아동의 어머니는 아직은 집중력이나 글 읽는 부분에서의 변화는 없다고 하였다.

(2) 외래 방문 10회차

아동의 어머니는 아이가 스트레스받는 상황에서는 집중을 아예 못 했었는데 이전보다는 조금 더 집중하는 힘이 생긴 것 같다고 하였다. 하지만 여전히 길을 걸어가거나 밥을 먹을 때 몸을 흔들고 춤추는 행동을 한다고 하였다. 환아가 뉴로피드백 훈련을 할 때 힘들어하거나 불안해하는 모습은 보이지 않았다. 훈련을 할 때 치료자에게 농담을 하는 등 편안한 모습을 보였다.

(3) 외래 방문 15회차

아동의 어머니는 가족들이 캠핑을 다녀왔는데 아빠와 함께 즐거운 시간을 보냈고 아이가 얼굴이 밝아졌다고 하였다. 캠핑을 갔을 때에 아동이 안정감을 느끼는 모습을 보였다고 하였다. 계산 실수가 줄었고 단어암기가 잘 되는 모습이 보인다고 하였다.

(4) 외래 방문 20회차

아동의 어머니는 캠핑 갔을 당시 가족과 함께 춤추기 경연 대회에 나갔었고 소감을 잘 말하는 모습을 보였다고 하였다. 과제를 할 때 이전보다 조금 더 집중하는 모습을 보인다고 하였다. 뉴로피드백 치료와 문해교육을 진행한 이후 아이의 산만한 행동과 읽기, 계산 등 학습에서 전반적으로 좋아진 것 같다고 하였다.

(5) 외래 방문 25회차

아동의 어머니는 아동이 산만해지고 불쑥 행동하는 것이 줄었다고 하였다. 아동이 글자를 읽을 때 한두 단어씩 빠트리는 경향이 있기는 하지만 예전보다는 정확하게 읽는다고 하였다. 그리고 아이가 글씨를 쓸 때 마구 흘려 쓰거나 띄어쓰기가 전혀 안 되었는데 점점 가지런히 쓰고 띄어쓰기도 잘하게 되었다고 하였다.

(6) 외래 방문 30회차

아동의 어머니는 아동이 낮에는 운동이나 공부를 하고, 밤에는 잠에 일찍 드는 규칙적인 생활을 이어 나가고 있다고 하였으며, 아이가 점차 밝아져 가는 모습을 보이고 친구들과도 조금 더 어울린다고 만족해하였다. 공부나 숙제를 시작하면 그 자리에서 다 끝내는 모습을 보인다고 하였다. 계산 실수는 많이 줄어들었다고 하였으며, 영어 단어를 암기하는 데 걸리는 시간도 줄어들었다고 하였다.

### 2) 치료 전후 검사 결과 비교

(1) 종합주의력검사(CAT)

치료 전 CAT에서 환자는 단순선택주의력검사(시각)에서 '반응시간 저하', 단순선택주의력검사(청각)에서 '저하', 억제지속주의력검사 결과에서 '보속오류'와 '다중반응' 그리고 간섭선택주의력검사에서 '다중반응'을 보였다. 치료 후 CAT에서는 간섭선택주의력검사에서 '반응시간 저하', 작업기억력검사에서 '경계'로 나타났지만 그 외 주의력 검사에서는 '정상'을 보였다. 주의력검사의 치료 전과 후를 비교했을 때 일부 개선된 결과를 확인할 수 있었다(Table 1).

**Table 1.** Comparison of Comprehensive Attention Test (CAT) Results Before and After Treatment

| | Visual selective attention test | | Auditory selective attention test | | Sustained attention test to response task | | Flanker test | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pre-treatment | Post-treatment | Pre-treatment | Post-treatment | Pre-treatment | Post-treatment | Pre-treatment | Post-treatment |
| Omission error | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| Commission error | Normal | Normal | Impaired | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| Response time mean | Impaired | Boderline | Normal | Normal | Boderline | Normal | Boderline | Impaired |
| Response time sd | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| d' | 3.18 | 4.16 | 2.07 | 4.32 | 1.99 | 3.19 | 1.53 | 2.72 |
| Beta | 0.52 | 0.19 | 0.77 | 0.25 | 0.4 | 0.17 | 0.31 | 0.03 |
| Perseverative errors | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Multiple responses | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 1 | 2 | 0 |

(2) 단축형 코너스 평가척도(ACRS)

ACRS의 총점은 치료 시행 전 23점에서 치료 시행 후 7점으로 개선된 결과를 보였다(Fig. 2).

(3) 한국어판 ADHD 평가척도(K-ARS)

K-ARS의 총점은 치료 시행 전 38점에서 치료 시행 후 26점으로 감소하였다. 부주의 지표 및 충동성-과잉행동 지표 역시 치료 시행 전 각각 20점, 18점에서 치료 시행 후 13점, 13점으로 개선된 결과를 나타냈다(Fig. 2).

(4) 한국어 읽기검사(KOLRA)

KOLRA의 표준점수를 치료 시행 전과 치료 후를 비교하였을 때 낱말해독은 치료 전 86에서 치료 후 110으로, 읽기 유창성 능력은 89에서 93으로, 읽기이해는 103에서 110으로, 듣기이해는 116에서 120으로 핵심검사의 모든 영역에서 상승하였다. 또한 읽기지수 2와 읽기·언어지수 2에서 학년지수가 2.0, 2.9에서 각각 4.0, 4.8로 상승하였다. 쓰기에 있어서도 백분위 10~25%ile에서 25%ile 이상으로 상승하여 언어기반 읽기 쓰기 능력이 전반적으로 개선되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 3).

(5) 정량 뇌파 검사(QEEG)

Z-Scored FFT Brain Mapping - Eye Open에서 치료 전 전두부에서 높게 나타났던 4 Hz, 5 Hz relative power가 치료 후 감소하였다. Eye Closed에서 치료 전 후두부에 높게 나타났던 alpha, Beta 및 high Beta power가 치료 후 감소하였고, 높게 나타났던 전두부의 4 Hz, 5 Hz relative power가 치료 후 감소하였다(Fig. 1).

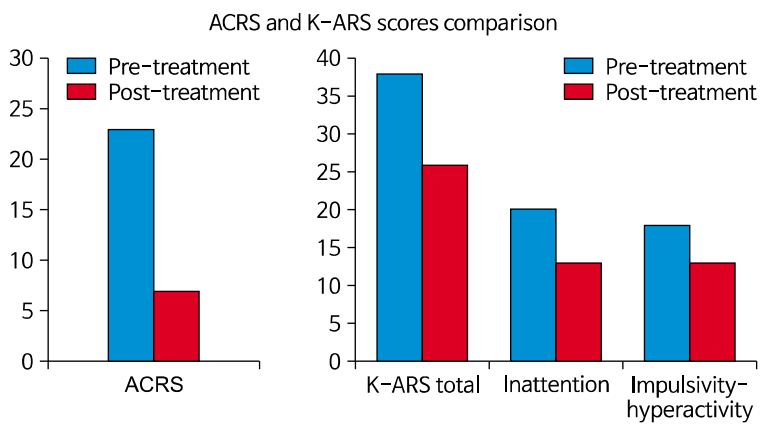



**Fig. 2.** Comparison of Abbreviated Conners Rating Scale (ACRS) and Korean ADHD Rating Scale (K-ARS) scores before and after treatment.

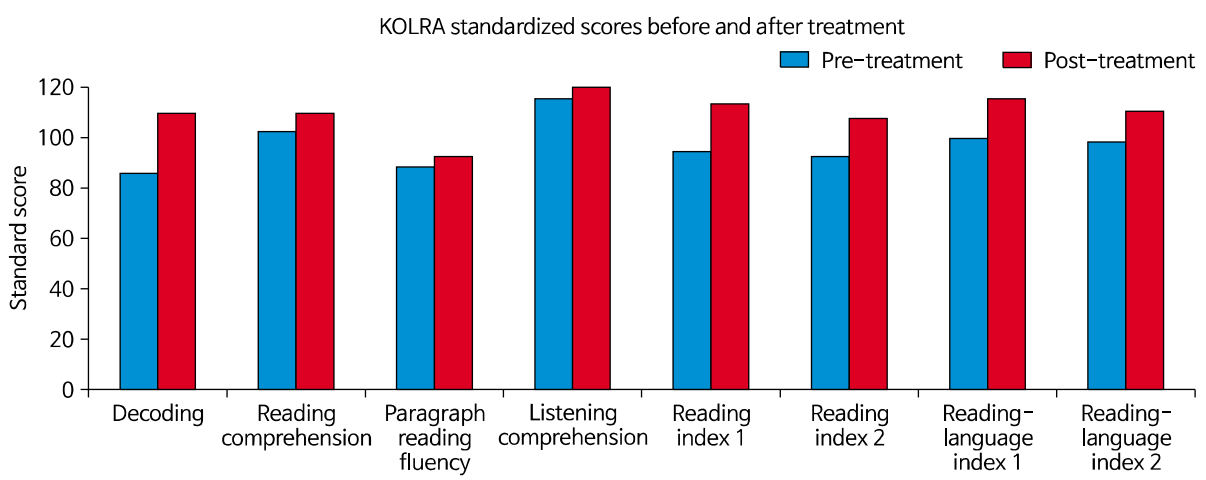



**Fig. 3.** Comparison of Korean Language-Based Reading Assessment (KOLRA) standardized scores before and after treatment.

## III. 고찰

본 증례의 아동은 9세 ADHD 여아로 어머니의 보고에 의하면 6세경부터 주목하게 된 산만하고 가만히 있지 못하고 불쑥 행동하는 것과 같은 여러 가지 ADHD 증상을 가지고 있었으며, 읽기와 쓰기 등 학습에서의 실수와 또래관계의 어려움 등 여러 영역에서의 어려움을 호소하고 있었다. 지능검사에서 전체척도 111로 평균 상 수준이었으며, 전산화신경심리검사인 CAT에서 주의력장애의 특징을 보였고, 어머니가 작성한 행동평정척도 ACRS, K-ARS와 KPI-C에서 주의력결핍, 과잉행동 충동성의 특징을 나타내었다. 다른 정신질환이나 주의집중과 행동문제에 영향을 미칠 요인은 없었으며, 주의력결핍 과잉행동장애 혼합형 중등도로 진단되었다.

ADHD의 진단과 치료에서 활용되는 정량화뇌파(QEEG) 지표는 여러 가지가 활용되는데, 전전두엽, 전두엽 및 감각운동피질에서 과도하게 증가된 세타파, 뇌 전반에 걸쳐 증가된 세타파 및 느려진 알파파, 전두엽 및 중심부에서 과도하게 증가된 알파파, 감각운동피질에서 감소된 SMR파와 동시에 증가된 21 Hz 이상의 하이베타파 등이다[9].

본 증례에서 치료 전 QEEG에서는 Z-Scored FFT Brain Mapping을 살펴보았을 때, Eye Open에서 두정부에서 high Beta absolute power 및 relative power가 높게 나타났으며, 전두부에서 4 Hz, 5 Hz relative power가 두드러지게 높게 나타났다. Eye Closed에서도 두정부 및 후두부에서 Beta 및 high Beta absolute power가 높게 나타났으며, 전두부 및 두정부에서 4 Hz, 5 Hz relative power가 높게 나타났다(Fig. 1). 전체적으로 보았을 때 전두엽에서 세타파 대역 중 4~5 Hz가 증가되어 있었으며, 두정부와 후두부에서 베타 및 하이베타가 증가되어 있어 기존 ADHD의 QEEG 특징과 유사한 모습을 나타내었다.

ADHD의 치료에서는 약물치료 효과에 대한 근거가 가장 강력하게 확립되어 있으며, 메틸페니데이트(methylphenidate) 같은 정신자극제(psychostimulant)와 아토목세틴(atomoxetine), 클로니딘(clonidine) 등의 비정신자극제(nonstimulant)가 널리 사용되고 있다[5]. 하지만 정신자극제 등 약물치료 시 식욕부진, 수면 문제 등 약물 관련 부작용을 호소하는 경우가 있으며[22], 부모들이 약물 치료 자체를 꺼려 치료가 지연되는 등의 문제가 있다[23]. 또한 10~30% 가량의 ADHD 아동은 약물치료에 반응을 하지 않는다고 한다[24,25]. ADHD 치료에 있어서 부족한 치료 효과를 보완, 혹은 약물치료가 불가능한 경우를 대체하기 위해 비약물적 치료에 대한 연구가 지속되고 있으며, 뉴로피드백 치료는 비약물 치료 방법의 하나로 Joel Lubar가 1976년 과잉행동을 보이는 아동들을 대상으로 SMR파 증가 뉴로피드백을 실시하여 유의미한 증상 개선을 보고한 이후로 많은 연구에 의해 치료 효능성이 입증되었다[9].

뉴로피드백은 뇌파 바이오피드백으로 뇌의 전기적 활동은 정신 상태를 반영하며 그 활동은 훈련될 수 있다는 기본 원칙에 근거를 두고 있다[26]. 뉴로피드백의 근간을 이루는 정신-신체의 상호작용은 몸과 마음의 통합을 이루는 한의학적 전인적 접근과도 일맥상통한다고 할 수 있다[27]. 1960년대 등장한 뉴로피드백은 간질, 주의력결핍 과잉행동장애, 자폐스펙트럼장애, 지적장애, 학습장애, 중독장애, 외상후스트레스장애, 우울장애, 불안장애, 불면장애 등에서 연구되고 치료에 사용되고 있으며, 이 중 ADHD에서 가장 많은 임상과 연구가 진행되었다[9,11].

ADHD 치료에서 가장 일반적으로 사용되는 뉴로피드백 프로토콜은 ADHD에서 뇌파는 Cz에서 세타파가 증가하고 세타베타비율(Theta Beta Ratio, TBR)이 높은 특징을 가진다는 것에 기초하여 감각운동피질 중심부(central midline Cz)에 활성 전극을 올려놓고, 세타파 감소 및 SMR파 혹은 베타파의 파워를 증가시키는 파워 훈련이다[9]. 이외에도 SMR을 높이고 22~30 Hz를 감소시키는 훈련 방법, 세타의 감소와 16~21 Hz를 증가시키는 훈련 방법 등이 활용되어 왔다[11,28]. 뇌파 측정과 QEEG 기술의 발전과 함께 표준데이터베이스를 활용하게 되면서 QEEG 분석에 근거한 개인의 뇌파 특성에 따른 뉴로피드백 방법이 제시되었으며, Arns 등[12]의 연구에서 ADHD 환자에서 QEEG를 분석하여 개인별 뇌파 패턴에 따라 뉴로피드백을 실시하여 ADHD 증상 감소에 효과적이었다고 보고되었다[29].

본 ADHD 아동 증례에서는 Michael Thompson과 Lynda Thompson의 세타파와 고베타파 억제, SMR과 베타파의 증진을 중심으로 한 ADHD 치료방법을[30] 응용하고, 아동의 QEEG 분석에서의 특징을 참고하여 전두엽 영역인 Fz에 활성 전극을 부착하고 4~5 Hz의 세타와 25~30 Hz의 하이베타를 낮추고 15~18 Hz의 미드베타를 높이는 뉴로피드백 훈련을 약 5개월의 기간 동안 30회기 실시하였다.

뉴로피드백 훈련은 숙련된 치료자가 환자 상태에 맞는 단계별, 맞춤 역치 설정을 통해 점진적인 학습이 일어나게 하는 것이 중요하며, 동기 향상을 위하여 강화물을 효과적으로 사용하는 것이 필요하다[9]. 본 증례에서도 뉴로피드백 치료는 일대일로 진행되었으며, 치료자는 치료 전 일상에 대한 간단한 이야기를 나누고, 치료 중간과 치료 후에 치료에 대한 느낌을 이야기하도록 하고, 칭찬과 격려를 통해 훈련 동기를 고취하고자 하였다.

뉴로피드백은 조작적 조건형성에 그 이론적 배경을 갖고 있는데[28], 강화율이 80~90% 범위일 때 좋은 성과를 낸다고 알려져 있다[31]. 본 증례의 치료 중에는 피드백을 통한 게임의 진행이 너무 어렵거나 너무 쉽지 않도록 치료자가 역치를 수시로 조절하였으며, 90% 내외의 보상이 이루어지도록 훈련 역치를 조절하였다.

ADHD는 공존질환의 빈도가 매우 높으며, 적대적 반항장애, 품행장애가 40~70%에서 나타나고 틱장애, 불안장애, 우울장애, 학습장애도 공존된다[5]. 많은 아동에서 학습장애 내지 학습부진을 동반하는데, 이는 학업 수행에 큰 영향을 미칠 수 있어 관련 교육적 개입이 필요하다[1].

본 증례의 아동은 ADHD의 특징적 양상과 함께 읽기와 쓰기에서 빠트리기, 계산에서의 실수 등 학습에서의 문제를 보고하여, 한국어읽기검사(KOLRA)를 실시하였다. 검사결과에서 낱말해독이 '읽기부진(표준점수 86)' 수준으로, 읽기 유창성 능력이 '또래보다 지체(표준점수 89)' 수준으로 평가되었고, 받아쓰기(철자)에서 10~25%ile로 또래보다 약점으로 나타났다. 읽기이해는 '또래수준(표준점수 103)' 수준에 속하였고, 듣기 이해에서도 '또래수준(표준점수 116)'으로 확인되었다(Fig. 3). 치료기간 동안 문해교육 전문가로부터 해독과 유창성 등에서의 낮은 결과에 대하여 문해교육을 치료기간 동안 지속적으로 실시하였다.

뉴로피드백 훈련에서 아동은 앉은 자세를 유지하고 화면을 바라보며 협조적으로 임하였으며, 아동의 어머니는 치료 10회기 전후로 집중하는 모습이 좋아진 것 같다고 보고하였다. 치료 15회기를 지나면서 아동의 어머니는 생활에서 아동이 안정감이 늘어난 것을 보고하였고, 쉽게 산만해지고 불쑥 행동하는 등의 증상이 줄었다고 보고하였다.

뉴로피드백 훈련과 함께 치료기간 동안 해독 및 유창성 저하, 빠트리고 읽기 등에 대하여 문해교육 전문가의 문해교육을 진행하였다. 아동의 어머니는 치료 20회기 전후부터 예전보다 정확하게 읽고, 글씨와 띄어쓰기에서 좋아졌다고 보고하였는데, 읽기와 쓰기에서의 향상된 부분은 문해교육의 효과가 직접적 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 또한 아동의 어머니는 주의집중과 과잉행동 증상 및 읽기 쓰기에서의 향상과 함께 아동은 가족과의 관계, 친구들과 어울리는 것에도 좋아졌다고 보고하였다.

치료 전후의 검사 결과 비교에서 전산화 신경심리검사인 CAT에서는 치료 이전과 비교하여 치료 후에 호전된 결과를 나타내었으며(Table 1), 어머니가 작성한 ADHD 증상 평정척도인 ACRS와 K-ARS에서 총점, 부주의 및 충동성-과잉행동 지표 모두에서 개선된 결과를 나타내어(Fig. 2) 뉴로피드백 치료를 통해 ADHD와 관련된 여러 증상들이 개선된 것을 볼 수 있었다. 치료 전후의 KOLRA 결과를 비교했을 때 핵심검사의 모든 항목에서 표준점수가 이전 대비 상승하고 읽기 지수가 상승한 결과를 나타내어 읽기 능력의 향상을 보여주어 주었으며, 쓰기에 있어서도 백분위의 상승을 보여주었는데 치료기간 동안 함께 진행한 문해교육의 효과로 생각해볼 수 있다(Fig. 3).

본 증례에서 뉴로피드백의 치료는 QEEG 결과에 기초하여 Michael Thompson과 Lynda Thompson의 기존 치료 프로토콜[30]을 수정하여 4~6 Hz (Theta), 25~30 Hz (high beta)를 낮추고, 15~18 Hz (Beta)는 높이는 것을 목표로 진행되었는데, 치료 전 두드러지게 나타났던 high Beta와 Theta wave power가 30회기의 뉴로피드백 치료 후 측정에서 감소되었다(Fig. 1). 최근의 뉴로피드백 연구들에서는 ADHD 아동의 증상 개선에 있어서 개인 맞춤형 뉴로피드백 프로토콜을 사용한 경우에서 표준 프로토콜을 사용한 것과 비교해 더 효과적인 결과를 가져올 수 있다는 것이 제시되고 있다[12,32].

본 ADHD 아동 증례에서는 QEEG 분석을 기초로 30회기의 뉴로피드백 훈련을 통해 ADHD 임상증상의 개선을 보여주었으며, 정량화 뇌파에서의 불균형을 개선시키는 결과를 보여주었다. 본 연구는 단일 증례이지만 약물 개입이 없었고, QEEG 결과에 기초하여 훈련 방법을 설정하였으며, 임상증상의 개선을 객관적 검사를 통해 살펴보고, 전후의 QEEG를 비교 개선된 결과를 얻었다는 점에서 의의가 있다.

본 연구는 증례에 대한 것이며, 약 5개월 30회기의 치료 전후의 결과를 살펴본 연구로서 한계를 가지며, 향후 장기적인 치료 효과에 대해 살펴보는 정량화 뇌파분석에 기초한

ADHD의 뉴로피드백 훈련에 대한 추가적인 임상과 연구가 필요하다고 생각된다.

## IV. 결론

주의력결핍 과잉행동장애 9세 여아를 대상으로 30회기의 뇌파생기능자기조절훈련(뉴로피드백)을 시행하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 뉴로피드백 치료 후 종합주의력검사(CAT) 결과 및 코너스 평가척도(ACRS), ADHD 평정척도(K-ARS) 점수가 향상되었고, 부주의 및 과잉행동 충동성 관련 임상증상의 개선을 나타내었다.

2. 뉴로피드백 치료 후 정량화뇌파(QEEG)에서 치료 전에 보였던 전두부의 높은 Theta 및 두정부의 높은 high Beta의 감소가 나타났다.

## REFERENCES


1. Hong, G. Korean Textbook of Child Psychiatry. 3rd rev. ed. Seoul:Hakjisa. 2014:180, 196.
2. Min SG, Kim CH. Modern Psychiatry. 7th rev. ed. Seoul: Ilchokak. 2023:220-224.
3. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical manual of Mental disorders. 5th rev. ed. Seoul: Hakjisa. 2013:64.
4. Lewis M. Child and adolescent psychiatry. 3rd rev. ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2002:646-657.
5. Korean Neuropsychiatric Association. Textbook of Neuropsychiatry. 3rd rev. ed. iMiS Company. 2019:191-194.
6. Lee YJ. Modafinil for the Treatment of Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. Korean J Clin Pharm. 2010;20(1):66-71.
7. Ji Y. Won GH. Kim JW. Neurofeedback : Possibility of Alternative Non-Pharmaceutical Treatment for Children with ADHD. J Korean Soc Biol Ther Psychiatry. 2020; 26(3):195–202. http://dx.doi.org/10.22802/jksbtp.2020.26.3.195
8. Razoki B. Neurofeedback versus psychostimulants in the treatment of children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review. Neuropsychiatr Dis Treat. 2018;14:2905-2913. http://dx.doi.org/10.2147/NDT.S178839
9. Korean NeuroPsychiatric Association, Clinical EEG Quality Management Committee. Clinical Electroencephalography in Neuropsychiatry. Korean Neuropsychiatric Association Press. 2023:321-336.
10. Lubar JF, Shouse MN. EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR). Biofeedback and Self-Regulation. 1976;1:293-306.
11. Choi SW, Cho HH, Hur JW, Kim KS, Cheong SY, Seol JH. Neurofeedback Introduction. Seoul:Sigma Press. 2012: 135, 141-148.
12. Arns M. Drinkenburg W. Leon Kenemans J. The effects of QEEG-informed neurofeedback in ADHD: an open-label pilot study. Applied Psychophysiology Biofeedback. 2012; 37(3):171–180. https://doi.org/10.1007/s10484-012-9191-4
13. Kwak KJ, Oh SW, Kim CT. Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children. 4th rev. ed. Seoul: Hakjisa. 2011:11-13.
14. Yoo HI, Kang SH, Park EH, Jung JS, Kim BN, Son JW, et al. Standardization of the Comprehensive Attention Test for the Korean Children and Adolescents. Journal of the Korean Academy of Child and Adolescent Psychiatry. 2009;20(2):68-75.
15. Oh KJ, Lee H. Assessment of ADHD with Abbreviated Conners Rating Scale. Korean Journal of Clinical Psychology. 1989:8(1):135-142.
16. Kim YS, So YK, Noh JS, Choi NK, Kim SJ, Koh YJ. Normative Data on the Korean ADHD Rating Scales (K-ARS) for Parents and Teacher. Journal of Korean Neuropsychiatric Association. 2003;42(3):352-359.
17. Kim ST, Kim JH, Hwang ST. Development and Standardization of the Korean Personality Inventory for Children. Mental Health Study. 2001;20:198-212.
18. Pae S, Kim M, Yoon H, Jang S. Korean language-based reading assessment (KOLRA). Seoul:Hakjisa. 2022.
19. Kim DW, Kim MS, Kim SP, Park YM, Park JY, Bae KY, et al. Understanding and Application of EEG. 1st rev. ed. Seoul: Hakjisa. 2018:34, 35, 46.
20. Kim DS, Choi JW. Electroencephalogram. 1st rev. ed. Seoul:Koryo Medicine. 129-140.
21. An YY, Jeong MJ, Kim MY, Kim LH. Development of Pattern Identification Questionnaire for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) in Korean Medicine. Journal of Oriental Neuropsychiatry. 2019;30(1):1-11. https://doi.org/10.7231/JON.2019.30.1.001
22. Graham J, Banaschewski T, Buitelaar J, Coghill D, Danckaerts M, Dittmann RW, et al. European guidelines on managing adverse effects of medication for ADHD. Eur Child Adolesc Psychiatry. 2011;20(1):17-37. https://doi.org/10.1007/s00787-010-0140-6.
23. Dosreis S, Zito JM, Safer DJ, Soeken KL, Mitchell Jr JW, Ellwood LC. Parental perceptions and satisfaction with stimulant medication for attention-deficit hyperactivity disorder. J Dev Behav Pediatr. 2003;24(3):155-62. https://doi.org/10.1097/00004703-200306000-00004.
24. Taylor SH, Arnold ND, Biggs L, Colloca CJ, Mierau DR, Symons BP, et al. A review of the literature pertaining to the efficacy, safety, educational requirements, uses and usage of mechanical adjusting devices: Part 1 of 2. J Can

Chiropr Assoc. 2004;48(1):74-108.
25. Biederman J, Spencer T, Wilens T. Evidence-based pharmacotherapy for attention-deficit hyperactivity disorder. Int J Neuropsychopharmacol. 2004;7(1):77-97.
26. The Korean Society of Oriental Neuropsychiatry. Korean Oriental Neuropsychiatry. 3rd rev. ed. Maver. 2018:771.
27. Lee HJ. Park YB, Park YJ, Oh HS. A Review of Neurofeedback Studies. The Journal of the Society of Korean Medicine Diagnostics. 2007;11(2):13-26.
28. Jeon GH. Won HW, Cheong MJ, Jeon BH, Kang HW. Understading Electroencephalography and Neurofeedback. Seoul:Academya. 2021:296-298, 372-375.
29. Krepel N, Egtberts T, Sack AT, Heinrich H, Ryan M, Arns M. A multicenter effectiveness trial of QEEG-informed neurofeedback in ADHD: Replication and treatment prediction. Neuroimage Clin. 2020;28:102399. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102399.
30. Thompson M. The Neurofeedback book. 3rd rev. ed. The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. 660-675.
31. Soutar R. Doing Neurofeedback An Introduction. BrainAll. 2016:187.
32. Himmelmeier L, Werheid K. Neurofeedback Training in Children with ADHD: A Systematic Review of Personalization and Methodological Features Facilitating Training Conditions. Clinical EEG and Neuroscience. SAGE Publications. 2024;55(6):625-635. http://dx.doi.org/10.1177/15500594241279580