

Pubmed로 검색한 주의력결핍-과잉행동장애 환자의 뉴로피드백 효과에 관한 문헌고찰

장석주 · 김장현 · 민상연

동국대학교 한의과대학 소아과교실

Abstract

Effectiveness of Neurofeedback Therapy in Attention Deficit/Hyperactivity Disorders

Chang Seok Joo · Kim Jang Hyun · Min Sang Yeon

Department of Pediatrics, College of Korean Medicine, Dongguk University

Objectives

The purpose of this study is to review the effectiveness of Neurofeedback Therapy in children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorders

Methods

16 randomized controlled trials (RCT) of Neurofeedback Treatment in ADHD from 2009 to 2019 in PubMed were reviewed and analyzed their methods of assessment, treatment, results and adverse effect.

Results

In 16 RCT, the most frequently used diagnostic tool in ADHD was DSM-IV. Most of the studies reported Neurofeedback Treatment isn't superior than placebo or medication group but still effective in ADHD. In 6 out of the 16 studies, there were no adverse effect reported.

Conclusion

Most of the studies have shown neurofeedback treatment was effective in ADHD symptoms. More clinical studies are needed to prove the effectiveness of neurofeedback in ADHD.

Key words: Attention Deficit/Hyperactivity Disorders (ADHD), Neurofeedback, Randomized controlled trials, Pubmed, Literature study

I. Introduction

주의력결핍 과잉행동 장애 (Attention Deficit/Hyperactivity Disorders, ADHD)는 짧은 주의집중의 폭, 과잉활동증, 충동성을 나타내는 질환이다¹⁾. 일반적인 증상들은 5세 이전에 시작되며 상당수가 청소년 및 성인까지 지속된다.

진단율은 진단 방법이나 연구대상의 나이, 지역에 따라 다르게 보고되나 전체 인구의 3-7%로 추정되고, 대부분의 문화권에서 ADHD는 아동에서 약 5%, 성인에서 약 2.5%가 진단되며, 남녀의 비는 2-9:1로, 여아에 비해 남아에서 흔하다²⁻³⁾. 2009년 미국에서 시행한 Multimodal Treatment Study of Children with ADHD (MTA 연구)에 따르면 ADHD의 유병률은 7-9세에서 집단에서 6년 후 43%, 8년 후 30%로 관찰되었다⁴⁾. 국내의 경우 지역에 따라 농촌지역에서는 1.99%, 중소도시에서 2.4%, 서울과 대전에서 7.6%로 다양하게 보고되며, 연령에 따라 초등학생에 약 13%, 중·고등학생에게 7% 내외로 확인되며, 소아 정신과 질환으로 소아 정신과 외래 내원 아동의 30-50%가 진단된다^{2,5)}.

ADHD의 진단을 확정 할 수 있는 검사는 없으나, DSM (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders)-IV-TR, DSM-V를 통해 핵심증상들을 확인하여 추정하는 것이 가장 유의미하다고 보고되고, 부주의형, 과잉행동-충동형을 중심으로, 부주의 우세형, 과잉행동-충동 우세형, 복합형으로 분류된다. DSM-IV-TR, DSM-V은 진단뿐만 아니라 치료효과에 대한 평가지표로도 사용된다^{6,7)}. 연령이 증가하면서 과잉행동 양상이 감소하는 것을 고려하여 최근 개정된 DSM-V에서는 발병연령을 7세 이전에서 12세 이전으로 상향시켰으며, 17세 이상의 성인에서 부주의와 과잉행동/충동성 두 영역 모두에서 5개 이상의 진단기준을 충족하는 것으로 변경되었다³⁾.

2017년에 발표된 체계적 문헌 고찰에 의하면 methylphenidate, amphetamine, atomoxetine 등의 약물 치료가 ADHD의 증상 개선에 효과적인 것으로 밝혀졌으나, 식욕부진, 체중저하, 불면 등과 같은 부작용이 보고되고 있으며 약물의 장기간 사용 시 효과와 안전성에 대한 연구가 부족하다. 이러한 약물 치료의 한계로, 인지행동치료, 부모-교사 교육 치료, 뉴로피드백 등의 비약물 치료가 개발되었으며, 이 중 인지행동치료와 부모-교사 교육 치료의 효과가 검증되었다^{2,8,9)}.

한의학에서 ADHD의 개념은 陽氣 혹은 七情의 항진, 氣와 神明의 불균형, 火의 작용으로 心, 肝, 膽, 脾胃에 병리적으로 영향을 미치는 것으로 볼 수 있으며, 소아의 경우 小兒多動證, 兒童多動證 등으로 불리며, ‘躁動’, ‘健忘’, ‘失總’ 등의 한의학적 범주에 속하며 腎虛肝亢, 心脾不足, 痰熱擾心으로 변증하여 滋腎潛陽, 寧神益智, 養心健脾, 安神定志, 清熱化痰, 開竅安神 등의 치법을 고려한다^{10,11)}. 2007년에 발표된 문헌 고찰에 의하면 실제 임상에서 사용된 변증으로 음허가 가장 많았으며, 한의학적 치료방법으로 한약투여, 침치료, 설파요법, 추나요법 등이 다양하게 이루어졌으며, 양약 대조군 연구들에서 한약 치료군이 양약 치료군과 동등하거나 더 우수한 치료효과를 보고하였다¹²⁾. 그러나 2011년에 발표된 ADHD 환자의 침치료에 관한 체계적 문헌고찰에 의하면 효과에 관한 결론을 내릴 수 없다고 보고하였다¹³⁾.

뉴로피드백은 바이오피드백의 한 종류로 전기뇌파 생체 되먹임 (Electroencephalographic Biofeedback)이라고 불리며 뇌파를 조절하여, ADHD 치료에 효과가 있다고 보고된 비약물 치료방법이다. ADHD의 증상은 비정상적인 뇌파 형태와 관련이 있으며, 건강한 남아가 독서, 계산, 경청을 할 때 우측 전두엽 부위의 β 파가 증가하지만, ADHD 남아의 경우 θ 파가 증가한다고 한다는 연구결과를 통해 ADHD 환아들은 정상 아동에 비해 느린 뇌파 (θ 파: 4-8Hz)의 활동성이 높고 불규칙한 파형을 보이며, 빠른 뇌파 (β 파: 13-20Hz)의 활동성이 낮다는 것을 알 수 있다. 뉴로피드백은 이러한 ADHD 환아들의 비정상적 뇌파 양상인 β 파의 활동을 증가시키고, θ 파의 활동을 감소시키는 역할을 한다¹⁴⁻¹⁶⁾.

이에 저자는 본 연구에서 국외에서 활용되고 있는 뉴로피드백에 대한 연구 현황 및 치료효과를 알아보고자 PubMed 검색을 통하여 Randomized Control Trial (RCT) 연구들을 검색, 조사, 분석하였고, 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. Materials and Methods

논문의 검색은 PubMed를 사용하였다. 검색조건을 Article types에 RCT로 하였고, Publication dates은 10years, Species는 Human, Ages는 Child: birth-18years, Text availability, Languages, Sex, Subjects 등 다른 조건

에는 제한을 두지 않았다. 검색어는 'ADHD', 'Attention Deficit/Hyperactivity Disorders'와 'Neurofeedback'을 사용하여 총 39편의 논문이 검색되었다.

이 가운데 protocol에 관한 논문 4편, 뉴로피드백의 치료효과와 무관한 논문 4편, ADHD와 무관한 논문 1편, 뉴로피드백을 시행한 부위에 따른 효과에 관한 논문 1편, 소아청소년(18세 이하)만 대상으로 하지 않은 논문 2편, 동일한 연구를 분석한 논문 11편을 제외하고 총 16개의 연구를 살펴보았다 (Fig. 1).

모든 논문은 full text를 이용하여 평가하였으며, 각 연구유형 및 연구대상, 진단기준, 치료기간, 유효성 평가방법, 치료결과, 부작용에 대해 조사하였다.

III. Results

1. 연구유형 및 연구대상

선정된 16개¹⁷⁻³²의 연구 모두 parallel-RCT이며, double-blind-placebo/sham RCT가 3개^{24,28,31}, double-blind RCT가 2개^{23,27}, single-blind RCT가 1개²⁹였으며, 대조군으로 약물 치료군이 7개^{17-20,25,26,27}, 인지행동 치료군이 4개^{20,22,30,32}, 근전도피드백 (EMG-feedback)군이 2개^{21,29} 등으로 다양했다. 연구 대상 연령대는 6-16세에서 다양하게 분포되었는데, 6-12세인 경우가 3개^{17,19,28}로 가장 많았다. 연구 대상자수는 14명에서 112명으로 다양했다. 치료기간은 2.5개월에서 11개월까지 있었으나, 3개월 시행한 연구가 3개^{17,18,23}로 가장 많았다. 총 시행횟수는 20-40회로 다양했으나, 30회가 6개^{17,18,24,26,29,31}로 가장 많았다 (Table 1).

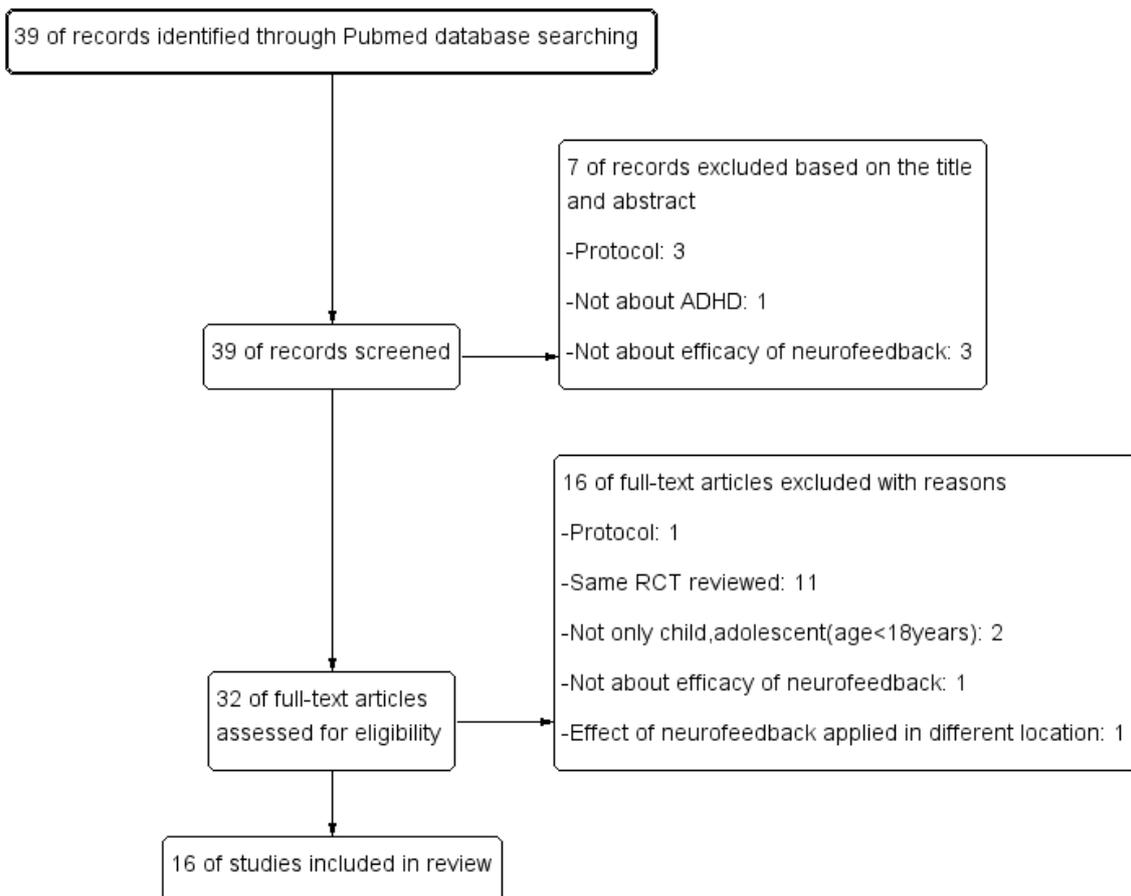


Fig. 1. Flow diagram of searching and article selection

Table 1. Study Design

1 st Author	Study design	Age	Sample size (Male/Female)	Treatment period
Sudnawa KK ¹⁷⁾	Parallel RCT ⁺	6-12 years	40 (36/4) -NF ⁺ group (n=20) -MPH ⁺ group (n=20)	-NF ⁺ group 12 weeks (2-4 sessions/week) / Total: 30sessions -MPH ⁺ group 12 weeks (5 mg->20 mg orally twice/day)
Duric NS ¹⁸⁾	3-way multimodel Parallel RCT ⁺	6-18 years	91 (72/19) -NF ⁺ group (n=30) -NF ⁺ +MPH ⁺ group (n=30) -MPH ⁺ group(n=30)	-NF ⁺ , NF ⁺ +MPH ⁺ group 12 weeks (3 sessions/week) / Total: 30sessions -MPH ⁺ , NF ⁺ +MPH ⁺ group 1 mg/kg/day / Total: 20-60 mg
LEE EJ ¹⁹⁾	Parallel RCT ⁺	6-12 years	36 (27/9) -NF ⁺ +MPH ⁺ group (n=18) -MPH ⁺ group (n=18)	-NF ⁺ +MPH ⁺ group 10 weeks (2 sessions/week) / Total: 20sessions -MPH ⁺ group Not mentioned
Gelade K ²⁰⁾	3-way parallel group RCT ⁺	7-13 years	112 (85/27) -NF ⁺ group (n=39) -MPH ⁺ group (n=36) -PA [‡] group (n=37)	-NF ⁺ group 10 weeks (3 sessions/week) / Total: 19-30 sessions -MPH ⁺ group 10weeks (5-20 mg, orally twice/day) -PA [‡] group 10 weeks (3 sessions/week)
Baumeister S ²¹⁾	Parallel RCT ⁺	9-14 years	16 (12/4) -NF ⁺ group (n=8) -EMG [§] group (n=8)	-NF ⁺ group / Total: 20sessions -EMG [§] group / Total: 20sessions
Steiner NJ ²²⁾	Parallel RCT ⁺	7, 9 years	104 (70/34) -NF ⁺ group (n=34) -CT group (n=34) -Control group (n=36)	-NF ⁺ group 3 sessions/week / Total: 40sessions -CT group 3 sessions/week / Total: 40sessions
Maurizio S ²³⁾	Double-blind parallel RCT ⁺	8.5-13 years	25 (22/3) -NF ⁺ group (n=13) -EMG [§] group (n=12)	-NF ⁺ , EMG [§] group 12weeks (2-3sessions/week) / Total: 36sessions
van Dongen-Boomsma M ²⁴⁾	Double-blind placebo parallel RCT ⁺ *	8-15 years	41 (34/7) -NF ⁺ group (n=22) -placebo group (n=19)	-NF ⁺ , placebo group 15weeks (2sessions/week) / Total: 30sessions
Li L ²⁵⁾	Double-blind parallel RCT ⁺	7-16 years	64 (54/10) -NF ⁺ +MPH ⁺ group (n=32) -MPH ⁺ group (n=32)	-NF ⁺ group 2-5sessions/week / Total: 40sessions -MPH ⁺ group 5-10 mg/day (increased 5 mg per week not more than 60 mg)
Ogrim G ²⁶⁾	Parallel RCT ⁺	7-16 years	29 (18/11) -NF ⁺ group (n=14) -medication group (n=15)	-NF ⁺ group 7-11months (2sessions/week) / Total: 30sessions -Medication group / 10months
Meisel V ²⁷⁾	Parallel RCT ⁺	7-14 years	23 (12/11) -NF ⁺ group (n=12) -MPH ⁺ group (n=11)	-NF ⁺ group / Total: 40sessions -MPH ⁺ group / 1 mg/kg/day
Arnold LE ²⁸⁾	Double-blind sham parallel -RCT ⁺	6-12 years	39 (31/8) -NF ⁺ group (n=26) -sham-NF ⁺ group (n=13)	-NF ⁺ , sham-NF ⁺ group 2-3sessions/week / Total: 40sessions
Bakhshayesh AR ²⁹⁾	Single-blind-parallel RCT ⁺	6-14 years	35 (26/9) -NF ⁺ group (n=18) -EMG [§] group (n=17)	-NF ⁺ , EMG [§] group 10-15weeks / Total: 30sessions
Steiner NJ ³⁰⁾	Parallel RCT ⁺	11-13 years	41 (21/20) -NF ⁺ group -SCF group -Control group (Waiting group)	-NF ⁺ , SCF group 4months / 2sessions/week / Total: 32sessions
Lansbergen MM ³¹⁾	Double-blind placebo-parallel RCT ⁺	8-15 years	14 (13/1) -NF ⁺ group (n=8) -Placebo group (n=6)	-NF ⁺ , Placebo group 4-5months / Total: 30sessions
Gevensleben H ³²⁾	multisite Parallel RCT ⁺	8-12 years	94 (77/17) -NF ⁺ group (n=59) -AST ^{**} group (n=35)	-NF ⁺ , AST ^{**} group 8-11weeks / 2-3sessions/week / Total: 36sessions

RCT⁺: Randomised Control Trial, NF⁺: Neurofeedback, MPH⁺: Methylphenidate, PA[‡]: Physical activity, EMG[§]: electromyogram feedback, CT^{||}: Cognitive training, SCF^{||}: attention training through standard computer format, AST^{**}: Attention skills training

2. 진단기준

연구대상자 선정 시 진단기준으로 DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition)만 사용한 연구가 9개^{19-22,24-26,28,31}, DSM-IV와 ICD-10 (International Classification of Disease-10)을 사용한 연구가 1개¹⁸, DSM-IV와 SNAP (Swanson, Nolan and Pelham Rating Scale-IV)를 사용한 연구가 1개²⁶, DSM-IV와 semi-structured clinical interview를 사용한 연구가 1개³², Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale만 사용한 연구가 1개¹⁷, PACS (Parent Account of Children's Symptoms)와 CTRS (Conners' Teacher Rating Scale Revised)를 사용한 연구가 1개²³, Semi-structured clinical interview for parent만 사용한 연구가 1개²⁷, ICD-10만 사용한 연구가 1개²⁹이다.

연구대상자 포함기준으로 지적능력 (Intelligence Quotient: IQ)가 70이상인 연구가 3개^{17,18,26}, 80이상인 연구가 10개^{19,20,22-25,27-31}이다. 연구대상자 배제기준으로 품행장애, 불안장애, 우울장애가 배제기준인 연구가 2개^{17,23}, 반항장애 및 불안장애를 제외한 정신적 장애가 배제기준인 연구가 3개^{18,19,31}, 품행장애를 제외한 정신적 장애가 배제기준인 연구가 1개²⁷, 다른 정신적 장애가 있는 경우 배제기준인 연구가 3개^{22,25,30}이

다. 신경학적 장애 및 다른 장기의 이상이 배제기준인 연구가 1개³², 신경학적 장애 및 심혈관계 이상이 배제기준인 연구가 4개^{18,19,24,31}, 신경학적 장애가 배제기준인 연구가 3개^{20,23,29}이다 (Table 2).

3. 유효성 평가방법 및 시기

유효성 평가도구는 대부분 부모와 교사 및 시험자가 환자의 증상을 관찰하여 조사하는 설문 방식과 환자의 임무 및 과제수행을 통한 평가이었다.

부모와 교사 및 시험자의 환아에 대한 평가에 사용된 진단 도구로는 반데르빌트 평정척도 (Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale, Barkley's Defiant Children: A Clinician's Manual for Assessment and Parent Training), ADHD 평정척도 (ADHD Rating Scale for parents: ARS), 코너스 평정척도 (Conners Behavior Rating Scale: CRS), 주의력 장애 진단시스템 (ADHD Diagnostic System: ADS), 파탄적 행동장애 평정척도 (Disruptive Behavior Disorders Rating Scale: DBDRS), German diagnostic system for mental disorders (DISYPS-II), 실행기능척도 (Behavior Rating Inventory of Executive Function rating scale: BRIEF), Swanson, Kotkin, Agler, M-Flynn and Pelham scale (SKAMP), Behavioral Observation of

Table 2. Diagnostic Criteria & Include/Exclude

1 st Author	Diagnostic criteria& inclusion	exclusion
Sudnawa KK ¹⁷⁾	-Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale* -Age: 6-12 years	-intellectual disability (IQ ⁺ <70) -conduct disorder -anxiety disorder -depressive disorder
Duric NS ¹⁸⁾	-ICD-10 [†] -DSM-IV criteria for the diagnosis of ADHD [‡] -Age: 6-18 years, IQ ⁺ >70	-involvement in another clinical trial -co-morbid disorders other than anxiety disorder or ODD [§] -neurological and/or cardiovascular condition
LEE EJ ¹⁹⁾	-DSM-IV-TR diagnosis of ADHD	-Treated medicine for different condition -Co-morbid disorders other than anxiety disorder or ODD [§] -Neurological and/or cardiovascular condition -Involvement in another clinical trial -Received NF ⁺⁺ in past -Full-scale IQ ⁺ <80
Gelade K ²⁰⁾	-DSM-IV-TR diagnosis of ADHD	-Neurological disorders - +IQ <80
Baumeister S ²¹⁾	-DSM-IV [‡]	Contraindications for MRI measurements -Left-handedness -Co-morbid disorders other than conduct, reading disorder or ODD [§]
Steiner NJ ²²⁾	-DSM-IV [‡] -Age: 7,9 years -Ability to speak and understand English sufficiently	-Coexisting diagnosis of conduct disorder, autism spectrum, or other serious of mental illness -IQ ⁺ <80

74 Effectiveness of Neurofeedback Therapy in Attention Deficit/Hyperactivity Disorders

1 st Author	Diagnostic criteria& inclusion	exclusion
Maurizio S ²³⁾	-PACS [¶] -CTRS ^{**} -Age: 8.5-13 years -IQ ⁺ ≥ 80 -no known neurological disorder -no severe comorbid conduct, depression or anxiety disorders	
van Dongen-Boomsma M ²⁴⁾	-DSM-IV-TR ^{¶¶} diagnosis of ADHD -full-scale IQ ⁺ ≥ 80 -qEEG ^{††} deviated at least 1.5 SD ^{‡‡} from normative data	-Involved in psychotherapy -Used medication other than ADHD medication -Comorbid disorder other than ODD [§] or any anxiety disorder -Neurological disorder, cardiovascular disease -Participated in another clinical trial simultaneously -Received NF ⁺⁺⁺ in the past -Used alcohol or drugs
Li LI ²⁵⁾	-DSM-IV [‡]	-Age < 7 years -Afflicted by severe mental illness -fast β waves upon EEG examination -IQ ⁺ < 80
Ogrim G ²⁶⁾	-DSM-IV [‡] -Learning disabilities -behavioral and emotional comorbidities	-IQ ⁺ < 70
Meisel V ²⁷⁾	-Semi-structured clinical interview for parents -IQ ⁺ ≥ 80 -Not receiving medicine 2 weeks before starting treatment -Concurring psychotherapy	-Comorbid disorder other than ODD [§]
Arnold LE ²⁸⁾	-DSM-IV [‡] -SNAP ^{§§}	-IQ ⁺ < 80 -Age < 6 years -Comorbid disorder requiring psychoactive medication -Medical disorder requiring medication that had psychoactive effects -Previous NF ⁺⁺⁺ treatment > 5 -Antipsychotic medication within 6 months pre baseline -Fluoxetine/atomoxetine 4-weeks prebaseline, -Stimulant 1-week prebaseline -any other psychotropic medication 2-weeks prebaseline
Bakhshayesh AR ²⁹⁾	-ICD-10 [†] -IQ ⁺ > 80 -No known neurological or gross organic diseases -No hyperkinetic conduct disorders or pervasive developmental disorders	-
Steiner NJ ³⁰⁾	-Diagnosis of ADHD confirmed by their physician -Sufficient English	-Coexisting diagnosis of conduct disorder, pervasive developmental disorder, other serious mental illness
Lansbergen MM ³¹⁾	-DSM-IV-TR ^{¶¶} diagnosis of ADHD -IQ ⁺ > 80 -qEEG ^{††} deviated at least 1.5SD ^{‡‡} from normative database -Room for improvement(average score of more than 1SD ^{‡‡} above the mean on DSM-IV [‡]	-Involved in intensive individual or group psychotherapy during the experiment -Used medication other than psycho-stimulants or atomoxetine -Comorbid disorder other than ODD [§] or anxiety disorder -Neurological disorder and cardiovascular disease -Participated in another clinical trial -Received NF ⁺⁺⁺ in the past -Used alcohol or drugs
Gevensleben H ³²⁾	-DSM-IV [‡] -Semi-structured clinical interview -Diagnostic Checklist for Hyperkinetic Disorders/ADHD -Drug-free and without concurring psychotherapy for at least 6 weeks before starting the training	-Comorbid disorders other than disorder, emotional disorder, tic disorder and dyslexia -gross neurological or other organic disorders

Vandrbilt ADHD Diagnostic Rating Scale[†]: Vandrbilt Attention Deficit Hyperactivity Disorder Diagnostic Rating Scale, IQ⁺: Intelligence quotient, ICD-10[†]: International Classification of Disease, DSM-IV[‡]: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition, ODD[§]: oppositional defiant disorder, DSM-IV-TR^{¶¶}: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition, Text-Revised, PACS[¶]: Parent Account of Children's Symptoms, CTRS^{**}: Conners' Teacher Rating Scale Revised, NF⁺⁺⁺: neurofeedback, qEEG^{††}: quantitative electroencephalogram, SD^{‡‡}: standard deviations, SNAP^{§§}: Swanson, Nolan and Pelham Rating Scale-IV

Students in Schools (BOSS), German standardized DSM-IV questionnaire for ADHD (FBB-HKS), 부모 강점난점 설문지 (Parents' Strengths and Difficulties Questionnaire: SDQ), ADHD 평정척도 IV (ADHD Rating Scale IV), 전반적 임상 인상척도 (Clinical improvement as measured by the Clinical Global Impressions-Improvement scale: CGI-I), DSM-IV parent-teacher questionnaire for ADHD, Rutter Children's Behaviour questionnaire, Achenbach Child Behaviour Checklist, Peer interactions assessment scale, school report card, 총괄기능평가척도 (global assessment of functioning scale: GAF), 적대적 반항성 장애평가척도 (oppositional defiant disorder rating scale based on DSM-IV: ODDRS-IV), academic performance rated by teachers, semi-structured clinical interview for parents, 아동청소년행동평가척도 (child behavior checklist for ages 6-18 for parents: CBCL), Weiss Functional Impairment Rating Scale for parents (WFIRS-P), 스완슨, 놀란, 펠럼 설문지 (Swanson, Nolan and Pelham Rating Scale-IV: SNAP), 전반적 임상 인상척도 (Clinical Global Impression-Improvement Scale: CGI-S), 아동행동진단검사 (Behavior Assessment Scales for Children-2: BASC-2), Homework Problem Checklist (HPC), German Rating Scale for Oppositional Defiant/Conduct Disorders (FBB-SSV), The Home Situations Questionnaire (HSQ), evaluation scale이 이용되었다.

환아의 임무 및 과제수행에 대한 평가도구로 한국 웨슬러 아동지능검사 (Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children-III: K-WISC-III), 귀 별난 작업 (Auditory oddball task), 정지신호과제 (stop-signal task: SST), visual spatial working memory task (VSWM), Test for Attentional Performance for Children (KITAP), 2일 후 집중력 테스트 (D2 Test of Attention), 시각지속검사 (Visual Continuous Performance: VCPT), 웨슬러 개인 성취 검사 제2판 (Wechsler Individual Achievement Tests-2nd Edition), 광범위 성취검사 (Wide-Range Achievement Tests-4th Edition), Timed math test, 웨슬러 약식 지능 검사 (Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence), 7 Brain Resource Center computer-based normed neuropsychological test, 연속수행과제 (continuous performance task), paper-and-pencil attention tests, 시청각지속수행검사 (Intergrated Visual and Auditory Continuous Performance Test: IVA-CPT)이 이용되었다.

환아의 활성화된 뇌 영역을 평가하는 도구로 기능적

자기 공명 영상 (functional magnetic resonance imaging: fMRI)를 이용했으며 뇌파를 확인하기 위해 Encephalofluctuograph Technology (ET), 정량적 뇌파도 (quantitative electroencephalogram: QEEG)가 이용되었다.

평가 시기는 연구에 따라 다양하게 분포하였으나, 처치직전과 처치직후에 평가한 연구가 10개^{17,19-21,23,24,26,29-31}, 처치직전, 처치직후와 6개월 후에 평가한 연구가 2개^{18,22}, 처치직전, 처치중간, 처치직후와 6개월 후에 평가한 연구가 2개^{25,32}, 처치직전, 처치직후, 2개월 후에 평가한 연구가 1개²⁸, 처치직전, 처치직후, 2개월 후, 6개월 후에 평가한 연구가 1개²⁷이다 (Table 3).

4. 치료결과

뉴로피드백과 약물적 치료 효과를 비교한 5개^{17,18,20,26,27}의 연구에서 ADHD 증상 개선에 약물적치료가 뉴로피드백에 비해 더 효과적이라는 연구는 4개^{17,18,20,26}이었고, 주의력결핍개선효과에서 치료직후 뉴로피드백만 시행한 군이 약물치료 군에 비해 2배 이상 유의미한 효과적 차이가 있다고 보고한 연구가 1개¹⁸있었고, 학업적 능력 향상에 뉴로피드백만 시행한 군이 효과적이라는 연구가 1개²⁷ 있었다.

뉴로피드백 및 약물을 병용한 군과 약물만 투여한 군을 비교한 3개^{18,19,25}의 연구에서 치료직후와 6개월 이후 ADHD 증상개선에 두 군의 차이가 없다는 연구 1개¹⁸, 주의력결핍 개선은 병용 치료군이 효과적이었으나, 인지기능향상은 유사하거나 약물 치료군이 우월하다는 연구가 1개¹⁹, 병용 치료군이 ADHD 증상개선과 뇌기능활성에 효과적이라는 연구 1개²⁵가 있었다.

뉴로피드백과 다른 인지치료효과를 비교한 3개^{20,22,30}의 연구에서는 모두 뉴로피드백이 인지치료에 비해 우월하다고 보고하였다.

뉴로피드백과 근전도-바이오피드백의 효과를 비교한 4개^{21,23,29,32}의 연구에서는 뉴로피드백이 ADHD 증상을 완화시키고, 뇌의 충동조절부위를 활성화시킨다는 연구가 1개²¹, 두 군 모두 유사한 행동적 증상개선을 보였으나, 운동조절 및 제어에 근전도-바이오피드백이 더 유효하다는 연구가 1개²³, 일차적인 ADHD 증상 완화에 뉴로피드백이 우월하며, 특히 주의력 결핍과 반응시간 개선에 효과적이라는 연구 1개²⁹, 뉴로피드백이 ADHD 증상 완화에 우월할 뿐 아니라 6개월 후에도 증상개선효과가 일부 유지된다는 연구 1개³²가 보고되었다.

Table 3. Assessment

I st Author	Assessment	Outcome date
Sudnawa KK ¹⁷⁾	-Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale *	Pre-treatment Post-treatment
Duric NS ¹⁸⁾	Parents and teachers report - Barkley's Defiant Children: A Clinician's Manual for Assessment and Parent Training Self-report - Self-Report Questionnaire designed based on the Self-rated Scale of Self-regulating Function and the Piers-Harris Children's Scale of Self-concept	1week before treatment initiation 1week after 3-month treatment period End of the 6-month follow-up period
LEE EJ ¹⁹⁾	-K-WISC- III ⁺ -ARS [†] -CRS [‡] -ADS [§]	Pre-treatment Post-treatment
Gelade K ²⁰⁾	-DBDRS -Auditory oddball task -SST [¶] -VSWM ^{**}	Pre-treatment Post-treatment
Baumeister S ²¹⁾	-DISYPS- II ⁺⁺⁺ -fMRI ^{††}	Pre-treatment Post-treatment
Steiner NJ ²²⁾	-Conners 3-Parent -BRIEF ^{‡‡} -SKAMP ^{§§} -Conners 3-Teacher -BOSS	Pre-treatment Post-treatment 6-month follow-up
Maurizio S ²³⁾	-FBB-HKS ^{¶¶} -CPRS ^{***} -SDQ ⁺⁺⁺⁺ -BRIEF ^{‡‡} -CTRS ⁺⁺⁺ -TAP ^{‡‡‡} -KITAP ^{§§§} -D2 Test of Attention	Pre-treatment Post-treatment
van Dongen-Boomsma M ²⁴⁾	-ADHD Rating Scale IV -CGI-I	Baseline Endpoint
Li LI ²⁵⁾	-DSM-IV ^{¶¶¶} parent-teacher questionnaire for ADHD -Conners' parent-teacher questionnaire -Rutter Children's Behaviour questionnaire -Achenbach Child Behaviour Checklist -Peer interactions assessment scale -School report card -GAF ^{****} -ET ⁺⁺⁺⁺	Baseline After 20sessions After 40sessions 6-month follow-up
Ogrim G ²⁶⁾	-CPRS ^{***} -CTRS ⁺⁺⁺ -BREIF ^{‡‡} -VCPT ⁺⁺⁺ -QEEG ^{‡‡‡}	Pre-treatment Post-treatment
Meisel V ²⁷⁾	-ADHD Rating Scale IV -ODDRS-IV ^{§§§§} -Academic performance rated by teachers -Semi-structured clinical interview for parents -CBCL for parents -WFIRS-P ^{¶¶¶¶} for parents	Pre-treatment Post-treatment 2-month follow up 6-month follow up

1 st Author	Assessment	Outcome date
Arnold LE ²⁸⁾	-DSM-IV ^{¶¶¶} -SNAP ^{*****} -CPRS ^{***} -CTRS ^{†††} -BRIEF ^{‡‡} -CGI-S ⁺⁺⁺⁺⁺ -Wechsler Individual Achievement Tests-2nd Edition -Wide-Range Achievement Tests-4th Edition -Timed math test -Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence -7 Brain Resource Center computer-based normed neuropsychological test -EEG activity	Pre-treatment After 12-treatment After 24-treatment Post-treatment 2-month follow up
Bakhshayesh AR ²⁹⁾	-FBB-HKS ^{¶¶} -Continuous Performance Task -Paper-and-pencil attention tests	Pre-treatment Post-treatment
Steiner NJ ³⁰⁾	-CRS [‡] -BRIEF ^{‡‡} -BASC-2 ^{††††} -IVA-CPT ^{‡‡‡‡‡}	Pre-treatment Post-treatment
Lansbergen MM ³¹⁾	-DSM-IV ^{¶¶¶} -CGI-I ^{¶¶¶¶}	Pre-treatment Post-treatment
Gevensleben H ³²⁾	-FBB-HKS ^{¶¶} -FBB-SSV ^{§§§§§} -HSQ ^{¶¶¶¶¶} -HPC ^{¶¶¶¶¶} -Evaluation Scale	Pre-treatment Intermediate assessment(After 18sessions) Post-treatment 6-months follow up

Vanderbilt ADHD Diagnostic Rating Scale[‡]: Vanderbilt Attention Deficit Hyperactivity Disorder Diagnostic Rating Scale, K-WISC-III⁺: Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children-III, ARS[†]: ADHD Rating Scale for parents, CRS[‡]: Conners Behavior Rating Scale, ADS[§]: ADHD Diagnostic System, DBDRS[¶]: Disruptive Behavior Disorders Rating Scale, SST^{¶¶}: stop-signal task, VSWM^{**}: visual spatial working memory task, DISYPS-II⁺⁺: German diagnostic system for mental disorders, fMRI^{†††}: functional magnetic resonance imaging, BRIEF^{‡‡}: Behavior Rating Inventory of Executive Function rating scale, SKAMP^{§§}: Swanson, Kotkin, Agler, M-Flynn and Pelham scale. BOSS^{¶¶¶}: Behavioural Observation of Students in Schools, FBB-HKS^{¶¶}: German standardized DSM-IV questionnaire for ADHD, CPRS^{***}: Conners' Parents Rating Scale, SDQ⁺⁺⁺⁺: Parents' Strengths and Difficulties Questionnaire, CTRS^{†††}: Conners' Teacher Rating Scale, TAP^{‡‡‡}: Test for Attentional Performance, KITAP^{§§§}: Test for Attentional Performance for Children, CGI-I^{¶¶¶¶}: Clinical improvement as measured by the Clinical Global Impressions-Improvement scale, DSM-IV^{¶¶¶}: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, GAF^{†††}: global assessment of functioning scale, ET⁺⁺⁺⁺: encephalofluorograph technology, VCPT^{††††}: Visual Continuous Performance Test, QEEG^{‡‡‡‡}: quantitative electroencephalogram, ODDRS-IV^{§§§§}: Oppositional defiant disorder rating scale based on DSM-IV, CBCL^{¶¶¶¶¶}: child behavior checklist for ages 6-18, WFIRS-P^{¶¶¶¶}: Weiss Functional Impairment Rating Scale, SNAP^{*****}: Swanson, Nolan and Pelham Rating Scale-IV, CGI-S⁺⁺⁺⁺⁺: Clinical Global Impression-Improvement Scale, BASC-2^{††††}: Behavior Assessment Scales for Children-2, IVA-CPT^{‡‡‡‡‡}: Intergrated Visual and Auditory Continuous Performance Test, FBB-SSV^{§§§§§}: German Rating Scale for Oppositional Defiant/Conduct Disorders, HSQ^{¶¶¶¶¶}: The Home Situations Questionnaire, HPC^{¶¶¶¶¶}: Homework Problem Checklist

뉴로피드백과 placebo의 효과를 비교한 3개^{24,28,31)}의 연구에서는 두 군 모두 ADHD 증상을 완화되었으나, 두 군 사이에 유의미한 효과적 차이는 없다고 보고되었다 (Table 4).

5. 부작용

10개^{18-21,23,26,27,29,30,32)}의 연구에서는 부작용 및 안전성에 대한 언급이 없었다. 부작용 및 안전성을 언급한 6개^{17,22,24,25,28,31)}의 연구에서 모두 뉴로피드백으로 인한 어떤 부작용도 발생하지 않았다고 보고하였다.

Sudnawa KK 등¹⁷⁾의 연구에 따르면 methylphenidate 투약군의 8명 (40%)가 부작용으로 식욕부진, 체중감소, 두통, 복통을 호소하였으며, Li L 등²⁵⁾의 연구에 의하면 병용 치료군에서는 기존의 methylphenidate 투약으로 인해 발생한 부작용을 53%에서 42%까지 감소시켰고 동시에 약물의 용량도 19.6 ± 9.8 mg에서 15.2 ± 8.2 mg으로 감량시켰으나, 대조군 (약물투여군)에서는 부작용이 67%에서 61%로 감소하였고, 약물의 용량은 19.2 ± 7.3 mg으로 유지되었다 (Table 5).

Table 4. Results of Study

1 st Author	Intervention	Control	Results
Sudnawa KK ¹⁷⁾	NF ⁺	MPH ⁺	Parent report NF ⁺ , MPH ⁺ improved all ADHD symptoms No difference between 2 groups Teacher report NF ⁺ improved only inattentive symptoms MPH ⁺ improved all ADHD symptoms MPH ⁺ improved better than NF ⁺
Duric NS ¹⁸⁾	NF ⁺	MPH ⁺ NF ⁺ +MPH ⁺	-1week after 3-month treatment period Parents report 3groups: significant changes in all scales Hyperactivity -> strong change Attention -> weak change NF ⁺ group showed more than double the pre-post change in attention than other 2 groups -End of the 6-month follow-up period Teacher, parents reported stable during the follow-up period NF ⁺ +MPH ⁺ and MPH ⁺ change most No significant change in self report
LEE EJ ¹⁹⁾	NF ⁺ +MPH ⁺	MPH ⁺	Inattention NF ⁺ +MPH ⁺ improved better than MPH ⁺ Cognitive variables NF ⁺ +MPH ⁺ , MPH ⁺ both changed But, MPH ⁺ were superior or similar with NF ⁺ +MPH ⁺
Gelade K ²⁰⁾	NF ⁺	MPH ⁺ PA ⁺	MPH ⁺ , NF ⁺ improved inhibition, impulsivity, attention while PA didn't MPH ⁺ improved better in inhibition, impulsivity, attention than NF ⁺ or PA ⁺ MPH ⁺ showed superior effects over NF ⁺ to improve neurocognitive functioning
Baumeister S ²¹⁾	NF ⁺	EMG [‡]	NF ⁺ reduced ADHD symptoms and increased activation in inhibitory control area.
Steiner NJ ²²⁾	NF ⁺	CT [§] Control	NF ⁺ made greater improvements in ADHD symptoms and sustained better compared to both control and CT [§]
Maurizio S ²³⁾	NF ⁺	EMG-BF	Both group showed similar behavioral improvements Only EMG-BF group showed clear improvement in training regulation performance, specific motor coordination effects.
van Dongen-Boomsma M ²⁴⁾	NF ⁺	placebo	EEG-NF ⁺ was not superior to placebo NF ⁺ in improving ADHD symptoms
Li LI ²⁵⁾	NF ⁺ +MPH ⁺	MPH ⁺	NF ⁺ +MPH ⁺ reduced ADHD symptoms and improved in related behavioral and brain functions
Ogrim G ²⁶⁾	NF*	Medication	Stimulants are effective in ADHD but NF* aren't effective
Meisel V ²⁷⁾	NF ⁺	MPH ⁺	Both group had similar reductions in ADHD functional impairment by parents and in primary ADHD symptoms by parents and teacher Only NF ⁺ had significant improvement in academic performance
Arnold LE ²⁸⁾	NF ⁺	Sham-NF*	NF ⁺ and sham-NF* had large improvement on parent rating in pre-post improvement Two groups had no significant difference in ADHD improvement
Bakhshayesh AR ²⁹⁾	NF ⁺	EMG-BF	Primary ADHD symptoms and inattention improvements in NF ⁺ is higher than EMG-BF NF ⁺ improved attention and reaction times
Steiner NJ ³⁰⁾	NF ⁺	SCF Control	NF ⁺ significantly improved ADHD symptoms NF ⁺ displayed a trend toward lower levels of observed off-task behaviors but not in SCF
Lansbergen MM ³¹⁾	NF ⁺	Placebo	Both groups revealed significant improvements of ADHD symptoms ADHD symptom improvements were similar in both groups
Gevensleben H ³²⁾	NF ⁺	AST ^{**}	Improvements in NF ⁺ were superior to AST ^{**} Behavioral improvements induced by NF ⁺ in children with ADHD maintained 6-month follow up

NF⁺: Neurofeedback, MPH⁺: Methylphenidate, PA⁺: Physical activity, EMG[‡]: electromyogram feedback, CT[§]: Cognitive training, EMG-BF^{||}: electromyographic biofeedback, SCF^{||}: attention training through standard computer format, AST^{**}: attention skills training

Table 5. Side Effects

I st Author	Intervention group side effects	control group side effects
Sudnawa KK ¹⁷⁾	no side effects	8 children (40%) reported -poor appetite, weight loss, headache, stomachache
Duric NS ¹⁸⁾	not mentioned	not mentioned
LEE EJ ¹⁹⁾	not mentioned	not mentioned
Gelade K ²⁰⁾	not mentioned	not mentioned
Baumeister S ²¹⁾	not mentioned	not mentioned
Steiner NJ ²²⁾	no side effects	no side effects
Maurizio S ²³⁾	not mentioned	not mentioned
van Dongen-Boomsma M ²⁴⁾	no side effects	no side effects
Li L ²⁵⁾	After 40sessions: 53% 6month follow-up: 42%	After 40sessions: 67% 6month follow-up: 61%
Ogrim G ²⁶⁾	not mentioned	not mentioned
Meisel V ²⁷⁾	not mentioned	not mentioned
Arnold LE ²⁸⁾	no side effects	no side effects
Bakhshayesh AR ²⁹⁾	not mentioned	not mentioned
Steiner NJ ³⁰⁾	not mentioned	not mentioned
Lansbergen MM ³¹⁾	no side effects	no side effects
Gevensleben H ³²⁾	not mentioned	not mentioned

IV. Discussion

ADHD의 진단은 대부분 DSM-IV 또는 DSM-V에 의거하거나, 이를 기반으로 핵심증상들을 포함한 자체적인 평가도구를 만들어 이용하며, 부주의 우세형, 과잉행동-충동 우세형, 복합형으로 분류된다. 반수 이상이 4세 이전에 나타나는데, 주로 남아에서 많이 보이며, 기능적인 측면에서 보면 뇌의 전두엽 및 선조체의 기능 장애로, 도파민 D4 수용체 유전자의 이상과 관련이 있으며, MRI 또는 SPECT 검사를 통해 정상인과 차이가 있다고 보고된다. ADHD의 대표적 치료 약물인 methylphenidate의 효과를 평가하기 위해서는 최소 2-3주가 필요하며, 대다수 환자의 경우에는 부작용이 가볍고 단기간에 나타나지만, 일부 환자의 경우에는 부작용이 너무 심하게 나타나 다른 성분의 약물로 대체하기도 한다. 연령이 증가함에 따라 과잉행동증은 감소하지만, 학습부진은 청소년까지 지속될 수 있으며, 급한 성격, 인내심 부족, 반사회적 성격 등의 증상은 성인까지 지속될 수 있다. ADHD환자의 50%이상에서 동반 질환이 나타나며, 국내의 경우 외래 방문 ADHD환자의 45-76%에서 진단되고, 동반질환에는 주로 적대적 반항장애 50%, 불안장애 33%, 기분장애 14%가 있다^{2,33)}.

뉴로피드백의 효과는 시행시간, 시행빈도, 총 시행횟수, 접촉부위, 성별 및 연령 등에 따라 그 효과가 상이할 수 있다. Cheong 등³⁴⁾에 따르면 시행시간은 20-30분, 30-40분, 40-50분의 순으로, 시행빈도의 경우 주 3회, 주 2회, 주 5회 순으로 효과적이는데, Arnold 등에 연구²⁸⁾에 따르면 주 2회보다 주 3회 시행 시 더욱 효과적이라는 결과는 위의 연구 결과를 뒷받침하는 근거가 되며 뇌파 훈련이 48시간 안에 지속효과를 보인다는 보고도 일치한다. 따라서 본 연구에서는 주 3회를 시행한 연구는 3개^{18,20,22)}로 다른 연구에 비해 뉴로피드백이 더욱 효과적이라는 결과가 나올 개연성이 클 것으로 판단된다.

총 시행횟수의 경우 40회 초과, 20회 이하, 20회 이하, 20회 초과-30회 이하, 30회 초과-40회 이하 순으로 효과적이라는 연구결과³⁴⁾가 있다. 이는 Janssen 등의 연구³⁵⁾에서 ADHD 증상 중 학습효과 및 집중력 향상을 위한 β 파의 증가는 대개 30회 이상의 뉴로피드백을 시행해야 유의미한 효과가 있다고 보고를 함께 살펴본 때 총 시행횟수 자체의 기준은 일치하지 않으나 장기간의 시행이 효과적이라는 면에서는 동일하다. 본 연구에서는 30회가 6개^{17,18,24,26,29,31)}로 가장 많은 연구에 시행되었으며, 30회 이상 시행한 연구가 7개^{22,23,25,27,28,30,32)}, 30회 이하로 시행한 연구가 3개¹⁹⁻²¹⁾인 점을 고려

할 때, 총 시행횟수가 동일하지 않은 연구들을 통해 뉴로피드백의 효과를 객관적으로 분석하기는 어려우며 추후 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

뇌기능의 경우는 좌측이 우측에 비해 효과적이라고 보고되었으나, 통계적으로 유의하지 않았으며, 뇌파의 경우는 우측이 좌측에 비해 효과크기가 더 크게 나타났으나 좌우 뇌파의 효과성의 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다는 것을 통해 증상에 맞는 위치에 적절하게 부착하여 훈련을 시행하는 것이 중요한 것을 알 수 있다³⁴⁾.

연령의 경우 Cheong 등³⁴⁾에 따르면 성인보다는 청소년에서 효과적이며 두 집단 사이에 효과의 차이 또한 통계적으로 유의미한 반면, 청소년 집단에서는 고등학교, 대학생, 초등학교, 중학교 순으로 각각의 효과가 컸으나, 각 집단 사이에 효과적 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 Byun의 청소년기 연령에서 중학생의 뉴로피드백 효과가 가장 좋다는 보고³⁶⁾와 대비된다.

성별의 경우 Byun 등의 연구³⁷⁾에 따르면 남자의 경우 14세-16세, 여자의 경우 11세-13세에서 가장 효과적이며 성별에 따라 향상되는 요소가 다른 것을 통해 보다 객관적인 효과를 규명하기 위해서는 추후 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 살펴본 모든 RCT 연구¹⁷⁻³²⁾들의 ADHD 치료효과 평가지표에는 부모와 교사의 평가가 모두 포함된다. 맹검에 관련된 언급이 되지 않은 연구 10개^{17-22,26,27,30,32)}와 single-blind-RCT인 1개²⁹⁾의 연구에 비해 double-blind-sham-RCT 3개^{24,28,31)}, double-blind-RCT 2개^{23,25)}가 더 의미 있을 것으로 판단 될 수 있으나, Kerson³⁸⁾에 따르면 다른 연구들과 달리 뉴로피드백에 대한 double-blind-sham-RCT의 경우 몇 가지 한계를 보고함으로써, 맹검과 효과의 편향에 관한 문제는 추후 더 연구되어야 할 것으로 판단된다. Sudnaw 등의 연구¹⁷⁾에서 부모가 교사에 비해 치료 효과의 긍정적 응답률이 높은 것을 통해 평가자에 따른 편향에 의문을 제기할 수 있으나, Minder 등의 연구³⁹⁾에 따르면 맹검이 된 경우, 부모인 경우, 교사인 경우로 나누어 평가했을 때, 부모가 오히려 교사에 비해 더 객관적이라고 보고 하였다.

약물치료는 ADHD에 가장 많이 사용되는 방법으로, 75-80%정도에서 효과가 있으며, 가장 대표적인 약물인 methylphenidate는 미국에서 약물치료 선택 시 90% 이상에서 사용된다³³⁾. 본 논문에서 뉴로피드백과

약물의 효과에 관련된 효과에 관한 7개^{17-20,25-27)}의 연구 중에서 결론이나 고찰에서 부작용에 대한 언급을 하지 않은 논문이 5개^{18-20,26,27)}이나, 모든 논문의 서론에서 약물의 부작용과 효과의 짧은 지속성 등과 같은 한계를 언급하였다. Li 등²⁵⁾에 따르면 뉴로피드백의 병용치료가 약물의 투약 용량을 감소시켜 약물 부작용을 줄이고, 병용치료 종료 후 6개월까지 효과가 지속되는 것을 통해, 기존 약물치료의 한계를 극복할 수 있는 가능성을 보고하였다.

국내의 경우 Kim 등⁴⁰⁾에 의하면 뉴로피드백과 한의학적치료의 병행을 통해 ADHD 환자의 증상을 개선했다는 보고가 있다. 뉴로피드백과 한의학적치료가 병행되지는 않았으나, Ni 등⁴¹⁾에 따르면 ADHD를 치료하기 위해 한의학적 변증과 이론에 따른 한약, 침치료, 추나요법, 태극권, 식이요법 등의 한의학적치료와 기존의 양약치료가 병용되었을 때 더욱 효과적이며, 양약에 비해 안전하고 부작용이 적다고 보고했으며, Yang 등⁴²⁾이 연구한 소아 침치료의 안전성과 효과에 대한 체계적 문헌고찰에 따르면 ADHD에 대한 침치료의 효과는 불분명하나, 심각한 부작용이 발생하지 않아 안전성에 대한 문제는 없다고 보고한 바 있다. 이를 통해 기존 ADHD치료와 뉴로피드백, 한의학적치료의 병용요법에 대한 효과의 추가적인 연구가 기존 치료의 부작용을 경감시키고 한계를 뛰어넘는데 필요할 것으로 판단된다.

V. Conclusion

본 연구는 ADHD의 뉴로피드백에 대한 효과를 2009년에서 2019년까지 PubMed를 통해 논문을 검색하여 찾아낸 16개의 RCT 연구를 연구 유형 및 연구대상, 진단 기준, 유효성 평가, 치료결과, 부작용 및 안정성을 중심으로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연구대상의 연령대는 6-12세인 경우가 3개로 가장 많았으며, 뉴로피드백 시행횟수는 30회가 6개로 가장 많았다.
2. 연구대상자 선정 시 ADHD 진단 기준으로 DSM-IV를 이용한 연구가 12개로 가장 많았으며, 연구포함기준에 지적능력이 80이상인 연구가 10개, 정신적 장애가 있는 경우 배제하는 연구가 9개로

가장 많았다.

3. 유효성 평가는 대부분 부모와 교사가 환자의 증상을 관찰하는 설문 조사 방식과 환자의 임무 과제 수행 능력을 평가하는 방식으로 이루어졌으며, 추가적으로 영상의학적 검사, 뇌파 검사가 있었다.
4. 대부분의 연구에서 뉴로피드백이 약물에 비해 ADHD의 증상개선에 효과적이지는 않으나, 병용 시 더욱 효과적이며, 인지기능향상 및 효과지속에 유의미한 결과가 있었다.
5. 16개의 연구 중 부작용을 언급한 6개의 연구에서 뉴로피드백에 의한 부작용은 없었으며, 오히려 뉴로피드백이 약물치료로 인한 부작용 및 약물용량감소에 기여하는 것으로 보고하였다.
6. 뉴로피드백의 효과는 시행시간, 시행빈도, 총 시행횟수, 접촉부위, 성별 및 연령 등에 따라 효과가 다를 수 있다.
7. 뉴로피드백과 기존의 약물치료의 병용뿐만 아니라, 한의학적 치료와의 병용에 대한 효과를 입증하기 위해 추후 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

1. Kim KB, Kim DG, Kim YH, Kim JH, Min SY, Park EJ, Baek JH, Sung HK, Yu SA, Lee SY, Lee JY, Lee HJ, Chang GT, Jeong MJ, Chai JW, Cheon JH, Han YJ, Han JK. Hanbangsoacheongsonyeonuihak (ha). Seoul: Ui Sung Dang Publishing Co. 2015;2:44-9.
2. Department of Pediatrics, Yonsei University College of Medicine. Severance Manual Of Pediatrics. 4th Ed. Seoul: Yonsei University College Publishing Center. 2013;709-12.
3. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5. 5th ed. Seoul: Hakjisa. 2015;61-68
4. Molina BS, Hinshaw SP, Swanson JM, Arnold LE, Vitiello B, Jensen PS, Epstein JN, Hoza B, Hechtman L, Abikoff HB, Elliott GR, Greenhill LL, Newcorn JH, Wells KC, Wigal T, Gibbons RD, Hur K, Houck PR; MTA Cooperative Group. The MTA at 8 years: prospective follow-up of children treated for combined-type ADHD in a multisite study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2009;48:484-500.
5. Seoul Child Adolescent Mental Health. The report for 2005 epidemiology study: the prevalence of mental disorders of Seoul children and adolescents. Seoul: Seoul Child Adolescent Mental Health; 2006.
6. Wolraich M, Brown L, Brown RT, DuPaul G, Earls M, Feldman HM, Ganiats TG, Kaplanek B, Meyer B, Perrin J, Pierce K, Reiff M, Stein MT, Visser S. ADHD: clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents. *Pediatr.* 2011;128(5):1007.
7. Felt BT, Biermann B, Christner JG, Kochhar P, Harrison RV. Diagnosis and management of ADHD in children. *Am Fam Physician.* 2014;90(7):456-64.
8. van de Loo-Neus GH, Rommelse N, Buitelaar JK. To stop or not to stop? How long should medication treatment of attention-deficit hyperactivity disorder be extended? *Eur Neuropsychopharmacol.* 2011;21:584-99.
9. Ferrán Catalá-López, Brian Hutton, Amparo Núñez-Beltrán, Matthew J. Page, Manuel Ridaio, Diego Macías Saint-Gerons, Miguel A. Catalá, Rafael Tabarés-Seisdedos, David Moher. The pharmacological and non-pharmacological treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents: A systematic review with network meta-analyses of randomised trials. *PLoS ONE.* 2017;12(7):e0180355.
10. Chang GT. Oriental medical approach to Attention-deficit/hyperactivity disorder(ADHD). *J Korean Oriental Pediatr* 2001;15(2):141-165.
11. Park JH, Park JH, Kim JH, Kim TH, Lyu YS, Kang HW. A study on the oriental-medical understanding about inattention, hyperactivity symptom in ADHD(attention Deficit Hyperactivity Disorder) -within don yui bo gam Book-. *J. of Oriental Neuropsychiatry.* 2004; 14(1):9-25.
12. Park HC, Kang MS, Kim LH. A Review of Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Traditional Chinese Medicine. *J. of Oriental Neuropsychiatry.* 2007;18(2): 35-44.
13. Li S, Yu B, Zhou D, He C, Kang L, Wang X, Jiang S, Chen X. Acupuncture for Attention deficit hyper-

- activity disorder (ADHD) in children and adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011;4.
14. Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M. EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Neurophysiol*, 2001; 112(11):2098-2105.
 15. Pakdaman F, Irani F, Tajikzadeh F, Jabalkandi SA. The efficacy of ritalin in ADHD children under neurofeedback training. *Neurol Sci*. 2018;39(12):2071-8.
 16. 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. *Pediatric neurology*, 1992;8(1):30-36.
 17. Sudnawa KK, Chirdkiatgumchai V, Ruangdaraganon N, Khongkhatithum C, Udomsuayakul U, Jirayucharensak S, Israsena P. Effectiveness of neurofeedback versus medication for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatr Int*. 2018;60(9):828-34.
 18. Duric NS, Assmus J, Gundersen D, Duric Golos A, Elgen IB. Multimodal treatment in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a 6-month follow-up. *Nord J Psychiatry*. 2017;71(5): 386-94.
 19. Lee EJ, Jung CH. Additive effects of neurofeedback on the treatment of ADHD: A randomized controlled study. *Asian J Psychiatr*. 2017;25:16-21.
 20. Geladé K, Janssen TW, Bink M, van Mourik R, Maras A, Oosterlaan J. Behavioral Effects of neurofeedback compared to stimulants and physical activity in attention-deficit/hyperactivity disorder: A randomized controlled trial. *J Clin Psychiatry*. 2016;77(10):e1270-7.
 21. Baumeister S, Wolf I, Holz N, Boecker-Schlier R, Adamo N, Holtmann M, Ruf M, Banaschewski T, Hohmann S, Brandeis D. Neurofeedback training effects on inhibitory brain activation in ADHD: A matter of learning? *Neuroscience*. 2018;378:89-99.
 22. Steiner NJ, Frenette EC, Rene KM, Brennan RT, Perrin EC. In-school neurofeedback training for ADHD: sustained improvements from a randomized control trial. *Pediatrics*. 2014;133(3):483-92.
 23. Maurizio S, Liechti MD, Heinrich H, Jäncke L, Steinhausen HC, Walitza S, Brandeis D, Drechsler R. Comparing tomographic EEG neurofeedback and EMG biofeedback in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychol*. 2014;95:31-44.
 24. van Dongen-Boomsma M, Vollebregt MA, Slaats-Willemsse D, Buitelaar JK. A randomized placebo-controlled trial of electroencephalographic (EEG) neurofeedback in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Clin Psychiatry*. 2013;74(8):821-7.
 25. Li L, Yang L, Zhuo CJ, Wang YF. A randomised controlled trial of combined EEG feedback and methylphenidate therapy for the treatment of ADHD. *Swiss Med Wkly*. 2013;143:w13838.
 26. Ogrim G, Hestad KA. Effects of neurofeedback versus stimulant medication in attention-deficit/hyperactivity disorder: a randomized pilot study. *J Child Adolesc Psychopharmacol*. 2013;23(7):448-57.
 27. Meisel V, Servera M, Garcia-Banda G, Cardo E, Moreno I. Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: a randomized controlled trial with six-month follow-up. *Biol Psychol*. 2013;94(1):12-21.
 28. Arnold LE, Lofthouse N, Hersch S, Pan X, Hurt E, Bates B, Kassouf K, Moone S, Grantier C. EEG neurofeedback for ADHD: double-blind sham-controlled randomized pilot feasibility trial. *J Atten Disord*. 2013;17(5): 410-9.
 29. Bakhshayesh AR, Hänsch S, Wyschkon A, Rezai MJ, Esser G. Neurofeedback in ADHD: a single-blind randomized controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2011;20(9):481-91.
 30. Steiner NJ, Sheldrick RC, Gotthelf D, Perrin EC. Computer-based attention training in the schools for children with attention deficit/hyperactivity disorder: a preliminary trial. *Clin Pediatr (Phila)*. 2011;50(7): 615-22.
 31. Lansbergen MM, van Dongen-Boomsma M, Buitelaar JK, Slaats-Willemsse D. ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study. *J Neural Transm (Vienna)*. 2011;118(2):275-84.
 32. Gevensleben H, Holl B, Albrecht B, Schlamp D, Kratz O, Studer P, Rothenberger A, Moll GH, Heinrich H. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2010;19(9):715-24.

33. Hong CE. Textbook of pediatrics, 9th ed. Seoul: Korea Textbook Publishing Co. 2003:852-4.
34. Cheong MJ, Jo HI, Chae EY. Meta analysis on the effects of neuro-feedback training programme. JKAIS [Internet]. 2016;17(12):582-93.
35. Janssen TWP, Bink M, Weeda WD, Geladé K, van Mourik R, Maras A, Oosterlaan J. Learning curves of theta/beta neurofeedback in children with ADHD. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2017;26(5):573-82.
36. Byun YE. The effect of neurofeedback training on age differences groups in adolescence. JKAIS. 2011;12(6): 2561-2566.
37. Byun YE, Park PW. The Effect of neurofeedback training on sex differences groups in adolescence. JKAIS. 2011; 12(3):1171-1177.
38. Kerson C; Collaborative Neurofeedback Group. A proposed multisite double-blind randomized clinical trial of neurofeedback for ADHD: need, rationale, and strategy. *J Atten Disord*. 2013;17(5):420-36.
39. Minder F, Zuberer A, Brandeis D, Drechsler R. Informant-related effects of neurofeedback and cognitive training in children with ADHD including a waiting control phase: a randomized-controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2018;27(8):1055-66.
40. Kim JH, Lee JH, Kang HW, Lyu YS, Kim TH, Oh YL. A case report of typical oriental medical therapy in combination with neurofeedback on ADHD child. *J of Oriental Neuropsychiatry*. 2006;17(3):157-164.
41. Ni X, Zhang-James Y, Han X, Lei S, Sun J, Zhou R. Traditional chinese medicine in the treatment of ADHD: a review. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*. 2014;23(4):853-81.
42. Yang C, Hao Z, Zhang LL, Guo Q. Efficacy and safety of acupuncture in children: an overview of systematic reviews. *Pediatr Res*. 2015;78(2):112-9.