

뉴로피드백 훈련이 Attention-Deficit Hyperactivity Disorder 아동의 실행기능에 미치는 영향

윤 석 민 · 곽 영 숙

제주대학교 의학전문대학원 정신건강의학교실

The Treatment Effect of Neurofeedback Training on Executive Function in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder

Seok Min Yun, M.D. and Young Sook Kwack, M.D., Ph.D.

Department of Psychiatry, Jeju National University School of Medicine, Jeju, Korea

Objectives : Children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) have been shown to display more inhibitory deficits and executive function deficits. This study investigated the treatment effects of neurofeedback (NF) training on executive function by comparing the results of neuropsychological tests of the trained children at pre- and post-training.

Methods : Fifteen children with ADHD, aged 6 to 14 years, participated in the study. The NF treatment consisted of slow cortical potential (SCP) training and these sessions took place once a week. The ADHD children performed 20 sessions of NF training within 6 months. Pre-training and post-training assessments encompassed Continuous Performance Test (CPT), Stroop Test, Children's Color Trails Test I&II (CCTT) and Wisconsin Card Sorting Test (WCST).

Results : Patients receiving NF training showed significant improvement in visual commission error and standard deviation of auditory response time on CPT ; and total errors on WCST. But there was no significant improvement in the Stroop test and CCTT.

Conclusion : SCP training using NF improves the self-regulatory capacities and impulsivity in ADHD patient, especially impulsivity in visual stimulation tasks. This study showed evidence of clinical efficacy of NF on executive function in ADHD.

KEY WORDS : ADHD · Neurofeedback · Executive Function.

서 론

주의력결핍 과잉행동장애(attention-deficit hyperactivity disorder, ADHD)는 학령기에 3-5%의 유병률을 보이는 신경발달장애로 간주되고 있다.¹⁾ ADHD의 주요 증상으로는 부주의, 주의산만, 과잉행동, 과도한 충동성 등의 모습을 보이며 이런 손상이 두 가지 이상의 상황에서 지속될 때 진단할

수 있다.¹⁾ 이런 증상들은 행동장애, 불안장애, 학습장애와 같은 공존 질환을 동반하며,²⁾ 특히 실행 기능에 영향을 주어 성취부족, 훈련의 문제, 사회기술의 결여, 학교 중퇴, 물질남용문제, 직업적 문제, 불안정한 결혼생활 등을 초래할 수 있다.³⁾ 지금까지 이에 대한 가장 효과적인 치료는 약물치료라고 알려져 있으며, methylphenidate와 amphetamine으로 대표되는 stimulant 제제³⁾와 noradrenergic reuptake inhibitor의 기전을 가지는 atomoxetine이 이에 속한다.⁴⁾ 하지만 약물치료의 탁월한 효과에도 불구하고 몇 가지 단점을 가지는데, 부작용에 의한 문제와 함께 약물에 반응하지 않는 비율이 10-25%에 달한다는 사실이다.^{5,6)} 게다가 미국의 경우 입증된 약물치료의 효과에도 불구하고 약에 대한 부정적인 인식으로 부모가 약물치료를 거부하는 경우가 많아 적절히 치료되지 않는 문제점이 제기되고 있다.⁷⁾

이를 보완하기 위해 최근에는 약물치료만이 아닌 다방면의 치료를 추천하는 경향이 있는데, 약물치료에 인지행동치료를

Date received : January 19, 2015

Date of revision : March 16, 2015

Date accepted : March 18, 2015

Address for correspondence : Young Sook Kwack, M.D., Ph.D., Department of Psychiatry, Jeju National University School of Medicine, 15 Aran 13-gil, Jeju 690-767, Korea

Tel : +82.64-717-1525, Fax : +82.64-717-1849

E-mail : yskcopy@jeju.ac.kr

이 논문은 2012년도 제주대학교 발전기금 연강병원학술연구기금의 지원에 의해서 연구되었으며, Eunethydis 2nd International ADHD Congress(23-25 May 2012, Barcelona, Spain)에서 포스터로 발표되었음.

병행했을 때 효과가 좋았다는 결과⁵⁾가 있으며, 가족 교육을 함께 시행했을 때 효과적이었다는 결과를 보고하고 있다.⁸⁾ 또한 적극적인 행동요법과 약물치료를 병행했을 때 68%에서 증상의 호전을 보인다는 연구 결과는 이런 병합치료가 효과가 있음을 입증해 준다.⁹⁾ 하지만 여기서 중요한 점은 70%에 달하는 효과이기도 하지만, 약물치료와 행동치료에도 반응하지 않는 30%가 아직도 존재한다는 사실이다. 이런 약물 치료 및 다른 치료들의 한계는 기존의 치료에 반응하지 않는 아동들을 위한 보완적인 치료의 필요성을 제기한다.

최근 이런 보완적인 치료 중 뉴로피드백(neurofeedback, NF)이 가장 기대가 되는 치료기법으로 떠오르고 있다.¹⁰⁾ NF는 전기뇌파 생체피드백(electroencephalographic biofeedback)이라고 불리며, 일반적으로 신경치료로서 고안되었는데 최근에는 이것이 정신과 영역에 적용되며 뇌파를 조절하는 훈련으로 확장되었다. 생체피드백 치료(biofeedback)는 이미 심혈관계 질환 등에 효과적으로 쓰이고 있는데, biofeedback과 NF 모두 고전적 조건화 반응을 기초로 하며, 실시간 비디오크나 오디오를 통해 자신의 몸을 모니터링 하고, 자신의 몸이나 뇌의 기능을 조절할 수 있게 하는 방법으로서 임상에 적용되고 있다.

NF가 ADHD 치료에 적용된 연구들을 알아본 결과, 부정적인 결과가 나왔던 일부 연구도 존재하나^{11,12)} 증상의 호전 등의 긍정적인 결과들이 발표되고 있다.¹³⁻¹⁵⁾

Arns 등¹⁶⁾은 ADHD치료에 대한 NF의 효과에 대해 15개의 연구에 참여한 718명의 아동을 대상으로 메타분석을 시행하였다. 연구결과에서는 각각의 증상에 대한 effect size(ES ; Cohen's d)를 언급하였는데 부주의에 대해서는 0.81, 충동성에 대해서는 0.69, 과잉행동에 대해서는 0.39의 ES를 나타내었고, NF의 프로토콜 간에는 유의미한 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 NF가 ADHD 증상 중 부주의, 충동성에 대해 호전이 있음을 입증해 주는 연구이다. 이와 더불어 NF의 장기 치료효과에 대한 연구도 시행된 적이 있는데, Strehl 등¹⁷⁾은 NF의 방법 중 slow cortical potential(SCP)을 이용하였을 때 ADHD 증상의 호전이 6개월 이후에도 유지된다는 결과를 내놓았다.

이후에도 NF의 효과에 대한 연구는 진행 중인데, 최근에는 약물실험에서의 위약군에 해당하는 Sham NF를 대조군으로 하는 연구를 통해 NF의 효과를 입증하는 연구들이 발표되고 있다. 한 연구에 의하면 20명의 NF 치료군과 20명의 Sham NF를 시행한 대조군 사이의 비교를 하였을 때 ADHD의 증상의 정도를 나타내는 Conners' Teacher Rating Scale과 실행기능을 가늠할 수 있는 Continuous Performance Test(CPT)에서 NF 시행군이 더 나은 결과를 보였다는 연구결과

를 발표하였다.¹⁸⁾ 이밖에도 NF가 ADHD의 증상을 호전시킨다는 연구들이 NF의 효과를 입증해 주고 있다.^{15,19)}

한편, 국내 연구에서도 NF가 ADHD 치료에 도움을 준다는 연구가 최근에 발표되었다. Kim 등¹⁸⁾은 ADHD 아동 12명을 대상으로 한 개방표지연구에서 30회기 동안의 SCP를 통해 ADHD Rating Scale 점수의 의미 있는 감소 및 주의력에 대한 측정 검사인 주의력장애 진단 시스템(ADHD Diagnostic System, ADS)에서 오경보 오류(commission error)가 감소했다는 결과를 통해 NF가 ADHD에 미치는 영향을 언급하였다. 하지만 ADHD 아동에서 중요한 실행기능의 손상에 대해 NF가 어떤 효과를 보이는지에 대한 국내 연구가 부족한 바 본 연구를 진행하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 NF가 ADHD의 증상 감소 및 주의력에 영향을 주는지에 대한 여부를 확인할 것이고, ADHD에서 많은 문제를 야기하는 실행기능의 문제에 대해서 NF가 어떤 영향을 주는지 알아볼 것이다.

방 법

1. 대 상

2009년 3월부터 2012년 12월까지 제주대학교병원 소아 정신과 외래를 방문하여 소아 청소년 정신과 전문의에 의해 Kiddie-Schedule for Affective Disorder and Schizophrenia for School Aged Children-Present and Lifetime Version으로 면담이 시행되고, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition, text revision의 진단기준에 근거하여 ADHD로 진단받은 아동을 대상으로 연구가 진행되었다. 진단 이후, 부모의 동의하에 약물치료 혹은 NF 치료를 시행 받을 18명의 아동을 대상으로 연구를 시행하였다. 참여한 아동들은 Korean-the Wechsler Intelligence Scale for Children III(K-WISC-III)의 점수가 85 이상으로 평균이상인 아이들을 참여시켰으며, 연구에서 제외된 기준으로는 K-WISC-III상 85 미만인 경우, NF 치료기간 동안 약물변경이 있었던 아동은 제외하였다. 결과적으로 3명의 아동이 NF 치료 중 약물변경이 있어 제외하여 최종 총 15명을 대상으로 연구를 진행하였다.

2. 방 법

NF 시행 전과 시행 후에 주의 집중력과 실행기능에 관련된 검사를 진행하였다. 시행한 검사도구로는 주의력장애 진단시스템(ADS), Stroop Test, Children's Color Trails Test I&II(CCTT), Wisconsin Card Sorting Test(WCST)를 시행하여, 대상 아동의 NF 전후의 4종류 신경심리검사를 실시하였고

변화에 대해 분석하였다. 본 연구는 제주대학교 병원 임상연구 윤리 위원회의 승인을 받아 진행되었다.

3. 측정 도구

1) 주의력장애 진단 시스템(ADHD Diagnostic System, ADS)

주의력에 대한 평가를 위해 사용되는 컴퓨터화된 연속수행검사(CPT)로 주의집중 및 충동조절 능력을 정량적으로 측정할 수 있는 도구이며, Shin 등²⁰⁾에 의해 한국어판의 개발 및 표준화가 이루어졌다. 검사를 통하여 부주의 증상을 측정하는 누락횟수(omission error), 인지 및 행동적 충동성을 측정하는 오정보 횟수(commission error), 과제처리 속도를 측정하는 반응시간 평균(mean reaction time), 주의집중의 일관성을 측정하는 반응시간 표준편차(standard deviation of reaction time) 등의 4가지 지표가 산출된다.

2) 스트룹 검사(Stroop Test)

억제 과정의 효율성을 평가하기 위해서 시행하는 검사로서 실행기능을 평가하기 위한 검사이다. Shin 등²⁰⁾이 한국판 아동용 스트룹 색상-단어 검사를 표준화한 것으로, 단어 읽기(단어 점수), 색상 명명하기(색상 점수), 읽기 반응 억제하고 색상 이름 말하기(색상단어) 순으로 진행된다.

3) 아동 색 선로 검사(Children's Color Trails Test I&II, CCTT)

Koo와 Shin²¹⁾이 문화 및 언어의 영향을 최소화하기 위해 Trail Making Test를 수정 및 보완하여 표준화한 한국판 아동 색 선로 검사(CCTT)를 사용하였다. 이 검사는 CCTT-I과 CCTT-II로 구성되어 있는데, CCTT-I은 단순히 숫자를 순서대로 이어나가는 과제이며, CCTT-II는 숫자를 순서대로 연결하는 동시에 색깔도 변갈아 가면서 연결해야 하는 과제이다. CCTT-I은 정신운동속도와 순차적 처리능력을 측정하며, CCTT-II는 앞의 두 가지뿐 아니라 인지적 융통성 및 지속적 분할 주의력과 관련이 있다.

4) 위스콘신 카드 분류 검사(Wisconsin Card Sorting Test, WCST)

위스콘신 카드 분류 검사는 실행능력을 평가하는 대표적인 검사이다.²²⁾ 이 검사는 다른 색깔과 개수의 기하학적 도형들이 그려진 일련의 카드를 제시한 후, 피드백(right, wrong)을 통하여 검사자만이 아는 범주 규칙(색, 모양, 수)에 따라 카드를 분류하도록 하는 검사로서, 오류를 가능한 적게 범주규칙을 파악하는 것이 요구된다. WCST는 전체 16가지 항목으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 이들 값 중 총 오류 수(total er-

rors), 보속 반응 수(perseverative responses), 보속 오류 수(perseverative errors), 비 보속 오류 수(nonperseverative errors), 완성 범주 수(categories completed), 정확 반응 수(correct response)를 분석하였다. WCST의 채점지표는 Heaton 등²³⁾의 체계를 이용하였다.

4. NF 프로그램

본 연구에서는 NF 프로그램으로 SCP를 실시하였고 그 내용은 다음과 같다.

1) SCP 측정은 전극을 아동의 머리 정중앙(Cz)에 부착하여 측정을 하게 되며 양쪽 유양 돌기(mastoid process) 부위의 전위가 참고 전위(reference electrode)가 된다.

2) 이를 통해서 유발된 피드백 신호가 모니터에 나오는 뇌파의 움직임에 따라 나비나 우주선으로 나타나게 되고 아동이 이를 갖고 컴퓨터 게임을 하듯이 훈련이 시작된다.

3) SCP 전위를 음의 방향으로 조정하면 나비나 우주선이 위로 올라가게 되는데 이를 음성 과제(negative task)라고 명명한다. 반대로, SCP 전위를 양의 방향으로 조정하면 나비나 우주선이 아래로 내려가며 이를 양성 과제(positive task)라고 명명하였다.

4) 각 과제를 시행할 때마다 총 SCP 전위가 기본 전위(baseline)와 비교(sub-traction), 합산(integration)되어, 아동이 과제를 성공하였는지를 판별하게 된다. 성공 유무에 따라 모니터에 성공했을 때는 해 모양의 얼굴이 활짝 웃는 아이콘이 나타나며, 실패한 경우에는 울상을 짓는 얼굴로 피드백을 받게 된다.

5) 각 아동에게 노출되는 자극은 1번 시도(trial)라고 하며, 8초의 자극으로 구성되어 있다. 39회 시도가 1회 시행(run)을 구성하게 되며, 4회의 진행이 치료 1회기(session)에 해당된다.

6) 아동은 5개월간 주 1회씩 SCP 훈련을 시행하여 총 20회기를 시행하였다.

7) 본 연구의 훈련은 THERA PRAX(NeuroConn GmbH, Ilmenau, Germany)라는 NF 훈련기기를 사용하였다.

5. 통계분석

연구에 참여한 아동들의 나이, K-WISC-III로 측정된 지능, 부모들에 의해 측정된 ADHD Rating Scale의 점수의 평균을 산출하였으며, 성별에 따른 차이를 분석했다. NF 시행 전후의 ADS, Stroop Test, CCTT, 그리고 WCST 평균 점수의 변화에 대해서 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon Signed Rank Test)을 시행하였다. 통계 프로그램은 Window용 Statistical Package for the Social Sciences 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였고 유의 수준은 $p < .05$ 로 하였다.

결 과

1. 연구 대상군의 인구학적 특성

총 15명의 아동을 대상으로 실행한 연구에서 연구 대상군의 나이는 최소 만 6세에서 만 14세까지로, 평균 나이는 10.40세였으며, 성별은 남아가 12명, 여아가 3명으로 남아가 많은 비율을 차지했으나 성별 간의 결과에는 유의미한 차이는 없었다. K-WISC-III 기준의 지능검사상, 동작성 지능은 평균 91.33(±17.43), 언어성 지능은 평균 101.46(±12.72)이었으며, 총 지능은 평균 95.66(±14.32)으로 측정되었다. ARS의 경우는 총점의 평균이 24점으로 측정되었다. 2명의 아동을 제외한 13명의 아동이 약물복용 중이었으며, 약물도 ADHD 치료제 이외의 사용은 없었다. NF 시행기간에는 용량의 변화 없이 유지하였고 다른 약물의 추가도 제한하였다. 약물의 용량의 범위는 methylphenidate 10-50mg(평균 35mg), atomoxetine은 18-40mg(평균 28mg)이었다.

2. NF 전후에 주의력장애 진단 시스템(ADS)의 변화

NF 전후에 ADS를 시행하였다. 그 결과 NF 시행 전에 비해 시행 후, 시각검사에서의 오경보 횟수가 유의미하게 감소

하였고, 청각검사에서의 평균 반응시간 편차(standard deviation of response time)가 유의미하게 감소하였다. 이외의 다른 영역에서의 의미 있는 변화는 나타나지 않았다(Table 1).

3. 스트룹 검사 Stroop Test와 아동 색 선로 검사 CCTT의 변화

본 연구에서 시행한 NF 전후 시행한 스트룹 검사와 아동 색 선로 검사에서는 각 항목에서 유의미한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

4. 뉴로피드백 전후에 위스콘신 카드 분류 검사(WCST)

대표적으로 실행기능을 알아볼 수 있는 WCST를 NF 시행 전후에 실시하였다. 그 결과, 항목 중 총 오류 횟수(total errors)가 유의미하게 감소된 소견을 보였다. 나머지 항목들에서는 통계학적으로 유의미한 변화는 없었다(Table 3).

고 찰

본 연구에서는 ADHD 진단을 받은 아동을 대상으로 NF를 실행했을 때의 효과에 대해서 알아보았다. 하지만 ADHD 진단을 받았지만, 아동 간의 증상의 정도의 차이가 있어 임상적으로 약물치료를 병행해야 하는 경우가 많아 약물 치료

Table 1. Comparison of variables between pre- and post-neurofeedback for the ADHD diagnostic system (ADS)

Variable	Pre-test, M (SD)	Post-test, M (SD)	Z-value
Visual ADS			
Omission error	98.93 (65.74)	64.53 (26.45)	-1.533
Commission error	80.33 (22.20)	54.46 (15.99)	-2.826*
Response time	47.80 (14.61)	55.73 (13.99)	-1.421
SD of response time	85.33 (47.23)	62.66 (19.88)	-1.875
Auditory ADS			
Omission error	67.66 (34.40)	57.26 (24.01)	-.937
Commission error	56.00 (17.05)	48.73 (10.84)	-1.085
Response time	50.66 (20.30)	50.06 (24.43)	-.114
SD of response time	66.60 (35.97)	42.33 (18.06)	-2.009*

* : p<.05. ADHD : attention-deficit hyperactivity disorder, M : mean, SD : standard deviation

Table 2. Comparison of variables between pre- and post-neurofeedback for the Stroop Test and CCTT

Variable	Pre-test, M (SD)	Post-test, M (SD)	Z-value
Stroop Test			
Stroop Word (-)	42.57 (12.72)	47.60 (9.94)	-1.428
Stroop Color (-)	44.00 (7.88)	48.86 (11.58)	-1.784
Stroop Color-Word (-)	36.14 (11.06)	41.06 (11.58)	-1.535
Interference score	37.28 (9.74)	41.13 (11.36)	-.710
CCTT			
Completion time CCTT-I	31.78 (10.45)	37.73 (14.29)	-1.468
Completion time CCTT-II	38.92 (9.64)	40.93 (13.52)	-.903
Difference interference index	46.57 (11.00)	49.06 (10.88)	-.311

CCTT : Children's Color Trails Test, M : mean, SD : standard deviation

Table 3. Comparison of variables between pre- and post-neurofeedback for the Wisconsin Card Sorting Test

Variable	Pre-test, M (SD)	Post-test, M (SD)	Z-value
Categories completed	4.21 (2.39)	5.00 (2.00)	-1.450
Correct response	67.57 (23.72)	70.86 (17.99)	-.667
Total errors	43.78 (27.26)	32.13 (27.99)	-1.978*
Perseverative errors	27.14 (25.26)	18.20 (22.58)	-1.820
Non-perseverative errors	16.28 (9.59)	13.80 (11.63)	-1.163

* : $p < .05$. M : mean, SD : standard deviation

를 시작한 아동에 대해서는 NF 기간에 약물을 변경하지 않은 경우들을 연구에 참여시켜 NF의 효과를 보도록 하였다.

우선 NF를 시행한 후 ADS의 시각검사에서의 오 정보 횟수가 유의미하게 감소하였고, 청각검사에의 평균 반응시간 편차도 유의미하게 감소하였다. 이 결과는 시각과 청각의 주의, 집중력의 향상을 의미하는데, 이는 Kim 등¹⁸⁾의 국내연구에서 시각검사의 오 정보 횟수가 줄었다고 하는 결과와 일치한다. Kim 등¹⁸⁾의 연구에서는 12명의 아동을 대상으로 NF를 주2회씩 총 30회 실시하여 본 연구에 비해 횟수는 많았으나 실시 기간은 짧았다는 차이에도 불구하고 동일한 결과를 보인 점이 의미가 있다. 이것은 Rockstroh 등²⁴⁾이 ADHD 아동들이 SCP를 조절할 수 있음을 발견하였고, 이것이 주의집중력 향상에 도움이 되었다는 연구와도 일치해 NF 중 SCP 훈련의 장점이 나타난 결과로 볼 수 있다. 하지만 이런 주의집중력의 향상이 비단 SCP 훈련만이 아닌 beta/theta protocol을 이용한 NF에서도 나타났다는 연구도 있어 훈련방법의 차이로 효과를 구분 짓기에는 아직까지 어려움이 있다.¹⁹⁾ 이런 사실에도 불구하고 ADHD 아동의 학업 및 사회생활에 있어서 많은 영향을 주는 주의, 집중력의 문제에 효과적이라는 결과는 추후 임상적으로 활용할 수 있는 근거를 제시한다.

주의집중력에서는 유의미한 변화를 보인 반면, 함께 시행한 스트룹 검사와 CCTT에서는 NF 전후 유의미한 변화가 없었다. 스트룹 검사와 CCTT는 선택적 주의, 인지적 유연성 및 처리속도를 측정하여 실행능력을 평가하는 도구로 뇌손상, 치매나 다른 신경 퇴행성 질환, ADHD, 조현병, 우울증 같은 정신질환에서는 주의에 대한 간섭 효과가 더 증가하는 것으로 알려져 있다.²⁵⁾ 본 연구의 대상인 아동들이 모두 ADHD라는 점은 이 검사의 수행점수가 낮은 원인 중 가장 큰 이유라고 생각되며, CCTT도 같은 맥락으로 생각할 수 있다. 이전의 연구에서는 SCP 훈련의 인지적 수행에서 유의미한 차이가 있었다는 보고¹⁰⁾가 있었지만 본 연구에서는 유의미한 결과가 없어 추후 연구가 필요할 것으로 보인다.

하지만 본 연구의 결과에서 스트룹 검사와 CCTT에서는 유의미한 차이가 없었던 반면, 실행능과 인지의 유연성 등을 포함한 전두엽기능을 알아보기 위한 WCST에서 총 오류 횟수가 의미 있게 감소된 결과를 보였다. 같은 실행능력을 알

아보는 신경 심리 검사이지만 결과에 있어 차이를 보인 이유를 생각해보자면, 현재 연구에서 비교하기에는 다소 무리가 있기는 하지만 훈련법에 따른 차이를 고려해 볼 수 있겠다. 이전에 많이 연구되었던 beta/theta protocol은 뇌파의 tone을 activation시키는 것에 초점을 맞춘 방법²⁶⁾인 반면에 SCP 훈련은 phase의 activation에 초점을 맞춘 것이라는 점이다.²⁷⁾ 전체적인 CNS의 저활성화된 상태를 활성화시켜 주의 집중 능력에 초점을 맞춘 beta/theta protocol 방법보다, 정신적, 인지적 에너지를 잘 조절할 수 있도록 하며, 인지적 융통성을 발휘하여 집중과 이완을 필요시에 발휘하는 것에 집중되어 있는 SCP protocol이 다른 검사보다 인지적 융통성, 추상적 사고를 요하는 WCST에서 의미 있는 변화를 야기하지 않았는지 추측해 볼 수 있다. 또한 ADHD 아동의 성향 특성상, 혼자 과업을 마치는 방식인 스트룹 검사와 CCTT보다 검사자와의 상호작용이 있는 WCST에서 조금 더 나은 결과를 보여주었을 것이라고 추측해 볼 수 있겠으나 일반화하기에는 무리가 따를 수 있다.

본 연구의 강점은 실행기능에 WCST를 더하여 NF 훈련이 ADHD 아동의 주의집중력 및 행동문제에만 영향을 주는 것이 아니라, ADHD의 핵심이라고 할 수 있는 전두엽의 실행기능에 미치는 영향에 대해 더욱 자세히 알아보았다는 점이다. 이 검사를 통해 NF 훈련이 실행기능의 증진을 가져다 줄 수 있다는 결과를 도출하여 향후 연구 및 치료에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

또한 국내를 비롯하여 SCP 훈련에 의한 ADHD 아동의 치료에 대한 연구가 부족한 실정에 약물치료에 더하여 아이들에게 도움을 줄 수 있는 치료의 근거를 마련했다는 점에서 의미가 있다.

이와 더불어 본 연구의 제한점은 대조군을 설정하여 실험군과 비교하지 못하였다는 점이며, 비교적 적은 수의 아동이 실험에 참여하였다는 점을 들 수 있다. 현재 임상 현장에서 ADHD를 진단한 후 약물치료를 제외한 NF만으로 일차 치료를 진행하는 것은 아직까지 어려운 것이 사실이다. 그리고 한 명의 아동을 NF로 치료하는 기간이 5개월 정도 소요되기 때문에 그 기간이 길어 아무 치료도 시행하지 않고 대기자 대조군(wait list control)으로 두고 약물치료를 하지 않거나

약물 치료를 시작한 아동에서 용량 변경을 하지 않는 것이 사실상 어렵다. 실제로 본 연구에서도 처음 연구를 계획했을 당시에는 대기자 대조군을 설정하였으나 대기 기간 동안 약물치료를 시작하거나 변경한 경우가 대부분이어서 연구에 참여시키지 못하였으며, 실험 군에서도 약물을 변경한 아동들이 많아 제외된 사례들이 많았다. 이에 본 연구에서는 대부분 약물 치료를 시작한 아동들을 대상으로 했지만 약물의 간섭을 최소화하기 위해 약물치료를 시작하지 않았거나, 약물 변경이 없는 아동을 대상으로만 하여 제한점을 극복하려 노력했다. 향후, 같은 약물치료 군이지만 NF 치료가 아닌 다른 치료 도구를 같은 기간 동안 시행하였을 때의 치료결과를 비교하는 active control group을 설정하여 연구를 진행하는 것이 유익할 것으로 생각된다. 이외에도 본 연구에 쓰인 측정 도구들이 실행기능을 평가하는 유효한 검사도구이기는 하지만 연구마다 다른 결과를 나타내는 경우도 많아 ADHD의 실행기능을 평가하는 신뢰할 만한 도구의 사용이 필요하다고 여겨진다. 또한 앞서 언급하였듯이 ADHD와의 공존질환이 많은 것에 비해 그것에 대한 고려가 부족한 것도 본 연구의 한계로 생각되어 이후에는 이에 대한 통제 및 관련성을 연구해야 할 것으로 보인다.

이런 제한점에 덧붙여 향후 연구의 과제를 제시하자면 NF 훈련의 방법에 따른 연구가 필요할 것으로 보인다. Beta/theta protocol과 SCP 훈련을 비교한 연구가 존재하기는 하지만 임상적으로 이 치료를 적용하기 위해서 지속적인 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 NF의 SCP 훈련을 통하여 신경심리 지표 중의 하나인 ADS에서 호전되는 경향이 있음을 관찰할 수 있었으며, 실행기능을 포함한 전두엽 기능을 확인할 수 있는 WCST에서 유의미한 호전이 있음을 확인했다. 이런 결과를 종합해 볼 때 NF의 SCP 훈련이 ADHD 치료 방법 중의 하나로 고려될 수 있다. 이와 더불어, 본 연구의 제한점을 보완하여 앞으로도 후속 연구가 이루어져야 할 것으로 보이며, 대조군 설정을 통한 대규모 연구를 통해 연구의 임상적 근거를 확보하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

중심 단어: ADHD · 뉴로피드백 · 실행기능.

References

1) **American Psychiatric Association.** Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV. 4th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association;1994.

2) **Spetic L, Arnold LE.** Ethical issues in child psychopharmacology research and practice: emphasis on preschoolers. *Psychopharmacology (Berl)* 2007;191:15-26.

3) **Arnold LE.** Contemporary diagnosis and management of attention-deficit/hyperactivity disorder. 3rd ed. Newtown: Handbooks in Health Care;2004.

4) **Michelson D, Allen AJ, Busner J, Casat C, Dunn D, Kratochvil C, et al.** Once-daily atomoxetine treatment for children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder: a randomized, placebo-controlled study. *Am J Psychiatry*. 2002;159:1896-1901.

5) **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;48:74-108.

6) **Banaschewski T, Brandeis D, Heinrich H, Albrecht B, Brunner E, Rothenberger A.** Questioning inhibitory control as the specific deficit of ADHD--evidence from brain electrical activity. *J Neural Transm* 2004;111:841-864.

7) **Centers for Disease Control and Prevention.** Mental health in the United States. Prevalence of diagnosis and medication treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder--United States, 2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2005;54:842-847.

8) **Barkley RA, Fischer M, Smallish L, Fletcher K.** The persistence of attention-deficit/hyperactivity disorder into young adulthood as a function of reporting source and definition of disorder. *J Abnorm Psychol* 2002;111:279-289.

9) **The MTA Cooperative Group.** A 14-month randomized clinical trial of treatment strategies for attention-deficit/hyperactivity disorder. Multimodal Treatment Study of Children with ADHD. *Arch Gen Psychiatry* 1999;56:1073-1086.

10) **Heinrich H, Gevensleben H, Freisleder FJ, Moll GH, Rothenberger A.** Training of slow cortical potentials in attention-deficit/hyperactivity disorder: evidence for positive behavioral and neurophysiological effects. *Biol Psychiatry* 2004;55:772-775.

11) **Lansbergen MM, van Dongen-Boomsma M, Buitelaar JK, Slaats-Willemse D.** ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study. *J Neural Transm* 2011; 118:275-284.

12) **Skokauskas N, McNicholas F, Masaud T, Frodl T.** Complementary medicine for children and young people who have attention deficit hyperactivity disorder. *Curr Opin Psychiatry* 2011;24:291-300.

13) **Monastra VJ.** Electroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: rationale and empirical foundation. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am* 2005; 14:55-82, vi.

14) **Leins U, Hinterberger T, Kaller S, Schober F, Weber C, Strehl U.** [Neurofeedback for children with ADHD: a comparison of SCP- and theta/beta-protocols]. *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr* 2006; 55:384-407.

15) **Lofthouse N, Arnold LE, Hurt E.** Current status of neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Curr Psychiatry Rep* 2012; 14:536-542.

16) **Arns M, de Ridder S, Strehl U, Breteler M, Coenen A.** Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEG Neurosci* 2009;40:180-189.

17) **Strehl U, Leins U, Goth G, Klinger C, Hinterberger T, Birbaumer N.** Self-regulation of slow cortical potentials: a new treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics* 2006; 118:e1530-e1540.

18) **Kim HL, Kim JW, Hong SB, Cho JH, Kim BN, Shin MS, et al.** Effects of neurofeedback in children with attention deficit hyperactivity disorder : a preliminary study. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2012;51:326-334.

19) **Gevensleben H, Holl B, Albrecht B, Schlamp D, Kratz O, Studer P, et al.** Distinct EEG effects related to neurofeedback training in chil-

- dren with ADHD: a randomized controlled trial. *Int J Psychophysiol* 2009;74:149-157.
- 20) **Shin MS, Cho S, Chun SY, Hong KEM.** A study of the development and standardization of ADHD diagnostic system. *J Korean Acad Child Adolesc Psychiatry* 2000;11:91-99.
 - 21) **Koo HJ, Shin MS.** A standardization study of Children's Color Trails Test (CCTT). *J Korean Acad Child Adolesc Psychiatry* 2008;19: 28-37.
 - 22) **Lezak MD, Howieson DB, Loring DW.** *Neuropsychological assessment.* New York: Oxford University Press;2004.
 - 23) **Heaton RK, Chelune GJ, Talley JL, Kay GG, Curtiss G.** *Wisconsin card sorting test manual.* Odessa: Psychological Assessment Resources, Inc.;1993.
 - 24) **Rockstroh B, Elbert T, Lutzenberger W, Birbaumer N.** *Brain and behavior in child psychiatry Biofeedback: evaluation and therapy in children with attentional dysfunctions.* Berlin: Springer;1990.
 - 25) **Lansbergen MM, Kenemans JL, van Engeland H.** Stroop interference and attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and meta-analysis. *Neuropsychology* 2007;21:251-262.
 - 26) **Egner T, Zech TF, Gruzelier JH.** The effects of neurofeedback training on the spectral topography of the electroencephalogram. *Clin Neurophysiol* 2004;115:2452-2460.
 - 27) **Kleemeyer M.** *Self-regulation of slow cortical potentials in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a tomographic analysis over the course of a neurofeedback training.* Bremen: University of Bremen;2010.