

뉴로 피드백 훈련 프로그램(Neurofeedback Training Programme) 효과에 대한 메타분석

정문주¹, 조한익^{*}, 채은영²

¹한양대학교 교육학과, ²숙명여자대학교 아동복지학과

Meta Analysis on the Effects of Neuro-feedback Training Programme

Moon Joo Cheong¹, Hanik Jo^{*}, Eun Young Chae²

¹Department of Education, Hanyang University

²Department of Child welfare & Studies, Sookmyung women's University

요 약 본 연구는 국내에서 발간된 학위논문과 학술지 논문을 대상으로 뉴로 피드백 프로그램 훈련과 관련된 요인들을 체계적으로 탐색하여 뉴로 피드백 프로그램훈련(Neurofeedback programme training; NFT)의 효과성을 종합하기 위해 메타분석을 실시하였다. 연구대상은 데이터베이스 검색을 통해 2001년부터 2015년까지 출판된 논문들 중 최종 21편을 선정하여 분석하였다. 연구방법 특성으로 연구의 질 평가를 실시한 결과 전체 분석대상 논문의 질에는 제한점이 있었다. 연구 결과로는 첫째, 전체 뉴로 피드백 프로그램의 효과크기는 .683로 중간 이상이었다. 둘째, 조절 변인별 효과 크기를 분석한 결과 연구대상의 임상군의 특성(ADHD, 인지장애, 알츠하이머, 청각장애, 지적장애 등)과 학교 급(초·중·고)에 따라 각 뉴로 피드백 훈련의 효과가 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 셋째, 연구 방법(훈련 방법)적 측면에서는 주당 회기 수, 총 횟수, 그리고 훈련시간에 따라 훈련의 효과가 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 본 연구에서 밝혀진 연구 결과를 통하여 뉴로 피드백 훈련 프로그램 대상에 대한 효과적인 개입과 선정에 대한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

Abstract The purpose of this study is to (evaluate) the effectiveness of neurofeedback training (NFT) and systematically search for the related factors by conducting a meta-analysis of theses and journal articles published in (the Korean language/Korea). This study analyzed 21 articles selected through a database search from 2001 to 2015. The quality evaluation result of the research, as research method characteristic, was low. It was found that, first, the effect size of the neurofeedback program training was .683 above the (median). Second, the effect size as the (moderator) variable played a statistically significant role in moderating the effect of the the subject characteristics, including the presence or not of disabilities and school level (elementary, junior high school, high school), on the effectiveness of the neurofeedback training program. Third, (the effect size) played a statistically significant role in mediating the effect of the research method (training method), number of sessions per week, total number of sessions and training time on the effectiveness of the neurofeedback training program. This study provides (comprehensive) data on the effect of the interventions and selection of the neuro-feedback training program subjects.

Keywords : Brain function, Effect size, Meta-analysis, Neurofeedback, Neurofeedback training programme

1. 서론

지난 20세기의 과학 혁명을 인지 혁명이라고 부를

만큼 인류 문화사에 일어난 가장 큰 사건 중 하나는 인
지주의 틀의 형성이라고 할 수 있다. 이러한 맥락에서
2008년 5월 2일, 뉴욕타임스의 칼럼리스트 David

^{*}Corresponding Author : Hanik Jo(Hanyang Univ.)

Tel: +82-2-2220-1102 email: 1990434@hanyang.ac.kr

Received August 16, 2016

Accepted December 8, 2016

Revised (1st August 26, 2016, 2nd September 5, 2016)

Published December 31, 2016

Brooks는 21세기는 ‘국제화 시대’가 아니라 ‘인지 시대(the Cognitive Age)’라고 명명했다. 이 같은 변화의 흐름은 최근 교육학, 의학, 상담학, 임상 심리학 등의 인간의 성장, 치유, 교육에 관심이 있는 다양한 분야에도 영향을 미치게 되어 기존의 상담, 인지치료, 약물 치료 등의 방법과 더불어 인지 과학, 뇌 과학과 관련된 치료 및 훈련 방법에 융 복합적 관심이 증가하고 있는 것으로 해석할 수 있다[1].

이러한 융복합적 관심은 최근 뇌 기반 훈련의 일종인 뉴로피드백에 대한 초점으로 이동하였다. 뉴로 피드백 훈련은 서구에서 1924년 한스 베르거(Hans Berger)가 최초로 뇌파를 발견한 이후 비약적으로 발전해왔다. 1971년 뉴로 피드백 훈련으로 간질환자 치료에 성공한 이후로[2], 알코올 의존환자[3], 외상 후 스트레스 환자[4], 주의력 결핍 과잉 행동장애[5], 우울증, 불안장애[6], 수면장애[7], 뇌손상 환자의 인지 저하 치료[8]와 정상인의 수행력 증가를 목적으로 한 연구[9] 등 뉴로피드백 훈련을 통하여 과거부터 현재까지 뇌기능과 관련되어 병리적인 여러 증상과 집단에 대한 다양한 분야에 걸쳐 연구의 효과성이 보고되었다. 또한 이러한 뉴로피드백 훈련의 효과성은 비(非)침습적이며, 비(非)약물이고, 추적 검사 시 치료 효과의 유지가 다른 치료적 방법에 비해 지속적인 것으로 보고되었다[3, 10-12]. 국내 뉴로피드백의 초기 활용은 주로 의학 전문의들이 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging: MRI)이나 기능성 자기공명영상(functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)의 진단 기능처럼 정량화뇌파(Quantitative electroencephalogram: QEEG)를 사용하여 단순히 뇌파를 분석하는 용도로 주로 사용하였다. 이러한 이유는 임상 및 상담, 교육, 학습 분야에서 뇌파를 이용하여 뇌를 훈련하는 것은 실제 임상 사례가 적었을 뿐만 아니라 뇌파 측정기라는 훈련 장비를 사용한다는 점에서 전문가 및 전문 교육의 부재, 임상에서 효과성을 증명하는 것에 대한 어려움이 존재하였기 때문이다[13,14].

더불어 학계에서 연구물이 처음 발표된 2004년에는 연구물 편수가 2편이었다. 그러나 이후 뇌 과학 및 뉴로 피드백에 관련된 관심이 증가하면서 2010년에는 연구물이 62편으로 증가하였고, 이후 2015년 현재, RISS, NDSL, KISS 등 검색 데이터베이스에서 ‘뉴로 피드백’, ‘뇌파’와 관련된 논문은 3,400편 이상 검색되고 있다. 이러한 양적증가에도 불구하고 현재 국내의 연구물들은 특

정 학술지, 특정 대학, 학과에 집중되어 있는 현상을 보이고 있다. 이러한 편중된 현상은 서구와 비교하면 비교적 짧은 기간 동안 국내의 뉴로 피드백 관련하여 학문적, 실용적 기반은 넓어지고 있으나, 주로 의학 종사자 혹은 뇌 과학 분야 종사자에게 편중되어 연구되었기 때문인 것으로 보이며 뉴로 피드백 저변의 한계로 인식되기도 한다[15]. 기존의 국내 뉴로 피드백과 뇌파 훈련 연구의 동향은 분석되었지만, 객관적인 자료와 각 연구의 결과 자료를 종합하여 효과들의 상충된 부분들과 각각의 증상에 대한 효과 측정, 대상과 연구(훈련) 방법적인 부분들을 분석하여 특성을 분석한 논문은 없었다. 이에 따라 최근까지의 뉴로 피드백 훈련에 관한 국내의 논문들을 분석하여 임상군과 일반군에 대한 효과 양상과 개선 및 치료에 관한 훈련 방법 등을 전반적으로 탐색해 볼 필요가 있다. 이를 위해 뉴로 피드백 관련 국내 기존 논문들을 기존의 동일한 주제에 대하여 다양한 연구 결과를 체계적이고 계량적으로 분석하는 방법인 메타분석[15,16]을 사용하여 분석하였다. 이를 위하여 설정된 연구문제는 다음과 같다.

- 연구문제 1. 국내에서 시행된 뉴로 피드백 훈련의 전체 효과크기는 얼마인가?
- 연구문제 2. 뉴로 피드백의 조절변인(연구 대상자, 프로그램의 기간에 따른 횟수, 시간, 주당 회기 수)에 따른 효과크기는 얼마인가?

2. 연구방법

2.1 자료 수집 및 선정 기준

본 연구의 분석 대상은 2001년 1월부터 2015년 12월 까지 국내에서 발표된 뉴로 피드백 훈련 프로그램의 효과를 검증한 학술지와 석·박사 논문을 분석대상으로 선정하였다. 자료 수집을 위해 국회도서관, 과학 기술정보 통합서비스(NDSL), 누리미디어(DB-PIA), 한국 교육 학술 정보원 학술연구 정보서비스(RISS), 한국 학술정보원(KISS)의 온라인 검색 DB를 활용하여 분석 대상 논문을 검색하였다. 주제는 ‘뉴로 피드백’, ‘NFB 훈련 프로그램’, ‘뇌파’, 등으로 관련 문헌을 수집하였다. 자료수집 기간은 3주가 소요되었으며, 이후에도 1주일 간 설정된 포함 기준에 해당하는 연구들을 모두 찾아낼 수 있도록 최대한 노력하였다. 마지막으로 논문 선정의 기준은

Table 1. The studies analytical criteria factors and framework

Criteria factor	Standard contents
Research method	Quantitative research method (except for the retrospective studies, retrospective study)
Research design	Two group studies (experiment and control group), done a homogeneous pre-test
Purpose	It is reasonable for research purposes should be revealed & it is not about the machine advertisement.
Subjects	It should be clear to clinical group : Adults, youth and child and juvenile's classification and precise age categories
Data statistics	All sorts of figures, such as mean, standard deviation, <i>t</i> , <i>F</i> values, calculating effect size
Dependent variables	Brain Quotient (self regulation, basic rhythm, attention, activity, emotion quotient, stress resistance, brain's balance quotient), brain waves (theta, alpha, gamma, SMR, beta). Clinical groups associated disorders and illnesses (ADHD, alzheimer's, auditory, visual, et al.)
Moderate variables	Experimental period, school level, session numbers, published year

Shin과 Park(2011)[17]의 메타분석 논문 선정 기준을 수정·보완하여 연구자가 수립한 연구 대상 선정 기준 Table 1에 따라 최종 분석 대상 논문을 결정하였다.

최종 논문 선정과정은 Figure 1과 같다. 첫 번째, 온라인 DB검색, 한국 교육 학술 정보원의 상호대차 서비스, 수집된 논문들의 참고문헌 2차 검색 등의 방법을 이용하여 학위 논문 295편, 학술지 논문 201편 등 총 496편의 논문을 선정하였다. 두 번째, 선정된 496편의 논문 중 원 그룹 스타디 논문 58편, 실험논문이 아니거나 양적연구가 아닌 논문 83편, 후향성 연구(연구를 위하여 실험 군을 모집한 것이 아니라 기존의 임상자료를 사용하고, 실험군만 존재하는 경우) 18편, 경향(동향)성 연구 19편, 학위 논문과 학술지 중복 논문 15편, 병행치료 75편, 뉴로 피드백 검색에 포함되었으나 바이오피드백(생체훈련)만 측정하거나 뇌파만 측정한 논문 54편을 포함하여 총 330편의 논문을 제외한 후, 166편의 논문을 선정하였다. 세 번째, 실험연구이지만 통제집단과 실험집단의 사전 동질성 검증을 하지 않은 논문 41편, 분석에 사용될 수리적 정보인 평균, 표준편차와 같은 기술 통계자료가 없이 단순한 현황 등의 통계자료만 제시하여 효과크기를 계산할 수 없는 논문 51편(학회포스터 발표 8편 포함),

기타 정확한 실험 준거(시간, 대상, 횟수) 등의 정보가 제대로 보고되지 않은 논문 40편을 포함한 총 132편을 제외하여, 총 34편(학위 논문 23편, 학술지 11편)의 논문을 분석대상으로 선정하였다. 이후 임상군인 장애, 환자 등을 대상으로 한 치료 개선의 논문이 아닌 경우 13편을 제외 총 21편(학위논문 9편: 박사논문 3편, 석사논문 6편, 학술지 12편)을 분석대상 논문으로 재선정하였다.

2.2 연구의 질 평가(Risk of Bias Assessment)

모든 실험 연구는 객관적인 결과에 영향을 줄 수 있는 편향 위험(Risk of Bias)이 개입될 가능성이 있다[18]. 이러한 편향 위험(Risk of Bias)은 실험 결과의 추정치를 과대 혹은 과소 추정하게 하기 때문에 체계적인 문헌 고찰 과정에서 필수적으로 수행되어야 한다[19]. 연구에서 질 평가(Risk of Bias Assessment)는 주로 의학과와 보건계에서 실시하지만 뉴로 피드백의 경향성과 발달에 관한 선행 논문을 고찰해본 결과[13,20], 뉴로 피드백은 생(Bio)기능 프로그램으로 뇌파를 조절하고 훈련, 실험하는 분야이기 때문에 실험과 사회과학 경계에 있다고 판단하여, 뇌파 전문가와 임상 전문의들과의 합의 이후 연구의 질 평가를 실시했다. 그 결과는 Table 2와 같다.

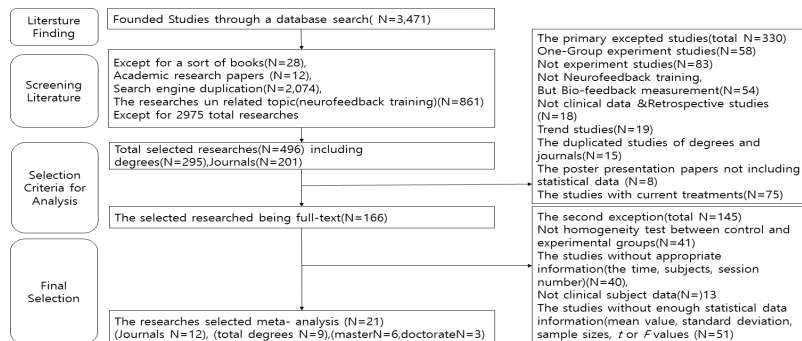


Fig. 1. PRISMA flowchart

Table 2. Risk of Bias Assessment

Bias domain	RoBANS (Risk of Bias Assessment tool for Non-randomized Studies)			
	Author's judgment	the number of journal	the number of degree	total numbers(%)
Selection bias	High	9/12 (75%)	8/9 (89%)	16/21 (76%)
	Low	3/12 (25%)	1/9 (11%)	4/21 (19%)
	Unclear	0/12 (0%)	0/9 (0%)	0/21 (0%)
Disturbance variable	High	0/12 (0%)	0/9 (0%)	0/21 (0%)
	Low	7/12 (58%)	4/9 (44%)	11/21 (52%)
	Unclear	5/12 (41%)	5/9 (55%)	10/21 (47%)
Performance bias - blinding of participants and personnel -	High	9/12 (75%)	7/9 (77%)	16/21 (76%)
	Low	3/12 (25%)	2/9 (22%)	5/21 (24%)
	Unclear	0/12 (0%)	0/9 (0%)	0/21 (0%)
Detection bias - blinding of outcome assessment -	High	10/12 (83%)	7/9 (77%)	17/21 (81%)
	Low	2/12 (16%)	2/9 (22%)	4/21 (19%)
	Unclear	0/12 (0%)	0/9 (0%)	0/21 (0%)
Attribution bias - in complete outcome data -	High	4/12 (33%)	0/9 (0%)	4/21 (19%)
	Low	8/12 (66%)	6/9 (66%)	14/21 (86%)
	Unclear	0/12 (0%)	3/9 (33%)	0/21 (0%)
Reporting bias - selective reporting-	High	0/12 (0%)	0/9 (0%)	0/21 (0%)
	Low	12/12(100%)	9/9 (100%)	21/21(100%)
	Unclear	0/12 (0%)	0/9 (0%)	0/21 (0%)

질 평가의 전문가들은 연구방법 중 메타분석을 통한 연구를 실시했으며 임상분야에서 10년 이상의 경험을 가지고 있는 전문가이자 뉴로피드백 자격증 B.C.N을 취득하고 현장에서 임상을 하면서 연구를 실시하고 있는 두 명의 평가자에 의해, 앞서 선정된 최종 21편의 비-무작위 배정 연구물들을 논문의 질 평가 도구(Risk of Bias Assessment tool: RoBANS)를 이용하여 평가하였다. RoBANS는 코크란(Cochrane)에서 추천하는 방법 중에 하나로써 코호트 연구, 환자 대조군 연구, 전후 연구, 단면 연구에 적용 가능한데[18], 뉴로 피드백의 특성상 대부분 환자 대조군과 전후 설계 연구이기에 메타분석에 포함된 논문 21편의 질 평가를 실시하였다.

RoBANS 평가 결과 전체 논문에서 편향 위험이 높았다. 대상 군 선정 시 집단 소속의 미인지의 경우 전체 21편의 논문 중 16편이 편향 현상이 높게 나타났다. 이는 뉴로피드백 훈련이라는 치료방법(개선행법)이 아직까지도 피험자들에게는 낯설어 실험대상을 모집하는데 한계가 있고, 모집된 실험대상의 동질성을 확보하는데 있어 실험군, 대조군을 분류하여 훈련을 하고 연구물을 완성하는데 기본적으로 한계가 있음을 보여주는 것이다. 또한 훈련을 하면서 실시간 스스로 피드백을 하여 자신의 능력을 향상개선키는 방법이기 때문에 집단 소속(실험집단 대 비(非)실험집단)의 인지에 따른 결과는 실험 연구에 있어서 맹검(blind)의 문제는 피할 수 없는 한계

점이며, 전체 21편의 연구 중 16편이 참여자 맹검(blind)에 높은 편향을 보여주었다.

2.3 자료의 코딩

뉴로피드백 훈련의 효과 분석을 위해 Lubar(1995)[21], Othmer, Pollock와 Miller(2005)[22]가 제시한 내용 및 뉴로가이드(Neuro-Guide)[23]와 Park(2005)[24]이 보고한 내용을 바탕으로 본 연구에 맞게 코딩 방법과 코딩 표를 개발하였고, 종속변인의 하위 그룹분석(sub-group analysis)을 위해 뉴로피드백 훈련의 효과를 측정할 종속변수의 유형, 연구방법을 주요 범주(Categorical)형 변수로 코딩하였다. 이는 다음 Table 3, 4와 같다.

자료를 유목화하고 분류화한 이후의 코딩양식은 Cooper, Hedges와 Valentine(2009)[25]의 코딩기준을 바탕으로 본 연구에 맞게 수정하였다. 마지막으로 메타분석 코딩의 신뢰성을 확보하기 위해서 메타분석 연구 경험이 있고 상담과 뉴로 피드백 관련 자격증이 있는 박사 2명, 메타분석을 전공한 박사 1명이 함께 교차 코딩을 실시하였다. 코딩을 실시하는 과정에서 의견 일치를 보이지 않거나 좀 더 확인이 필요한 논문은 실제적으로 뉴로 피드백 훈련을 실시하고 있는 병원과 연구소에서 일하고 있는 전문가와 임상전문가, 뇌파 치료를 실시하고 있는 전문의의 의견을 수렴하여 코딩의 유목화 문제

Table 3. Brain quotient and meaning in brain function analysis

Brain quotient	The related brain waves	Sub-calculating standard	Meaning
Self-regulation quotient	Eye closed alpha-waves	Alpha frequency, amplitude average rate, years standard rate	Brain's autonomic nervous system control
Basic rhythm quotient	Alpha, SMR, beta-low	The basic states of brain waves	Brain development, aging and stability
Attention quotient	Theta, SMR	The rates of theta, SMR	Brain awakening
Activity quotient	Alpha, beta-Low	Absolute strength, relative strength and personality	Brain activity state
Emotion quotient	Alpha of right and left	Emotional tendency	Emotional balance state
Stress resistance	Delta, beta-high	Stress of mental and physical	Physical and mental stress resistance
Brain's left - right balance quotient	The relating between left and right all waves	Simultaneity symmetries	Balance between left and right of the brain
Brain quotient	All frequency of all brain waves		Brain's synthetic function

Table 4. Kind of brain wave, frequency, & mental states

State	Kind	Frequency(Hz)	Mental states
Slow wave	Delta(δ)	0.5-3	During sleep at all ages, also the waking state in infants
	Theta(θ)	4-7	Being drowsy
	Alpha(α)	8-12	Resting states
Fast wave	SMR	12-15	Calm mental states with increased reflecting before acting
	Beta(β)	Low beta	Activity
	13-30Hz	High beta	Working and stress / associated with epileptic
	Gamma(γ)	30 ↑	Associated with peak performance / called sheer rhythm

를 해결하였다.

3. 결과

2.4 자료 분석 절차

자료 분석 절차는 출판 편향 오류 검증, 동질성 검증 및 이질성에 대한 분석, 전체 효과 크기 산출, 조절변인에 따른 메타 ANOVA, 메타 회귀분석 과정을 거쳤다. 분석 과정중 구체적으로 몇 가지를 제시해 보면 다음과 같다. 첫 번째, 집단 간 효과크기 Cohen's d 는 표본이 작을 경우 효과크기를 과대 추정하는 경향이 있기 때문에 [26] 본 연구에서는 연구 대상의 사례 수에 가중치를 부여하기 위해 교정 효과크기(Hedge's g)를 사용하였다. 두 번째, 중재변인으로서 조절변인의 효과크기를 분석하였다. 마지막으로 본 연구에서는 효과 크기 및 동질성 검증 등 대부분의 자료 분석을 위해 메타 분석을 위한 통계 프로그램인 CMA(Comprehensive Meta-Analysis) Version 2 프로그램을 이용하였다.

3.1 출판편향 분석

최종 선정된 21편의 논문(효과 크기 사례수 =191)에 대한 출판 편향(Publication bias)의 분석을 실시하였다. Figure 2, 3에서 보는 바와 같이 Funnel Plot은 어느 정도 좌우대칭을 이루고 있다. 본 연구에서는 깔때기 그림(Funnel Plot)을 통하여 수집된 논문들의 출판편향(publication bias)을 살펴보고 추정치 가감법(trim & fill)을 활용하여 상호보완적으로 표본의 편향성 여부를 분석하였다. Littel, Corcoran과 Pillai(2008)[27]에 의하면 출간 오류가 없다면 funnel plot은 효과 크기의 분포가 좌우대칭으로 나타난다.

또한 상호보완적인 방법인 Duvall과 Tweedie(2000)[28]의 추정치 가감법(trim & fill)으로 일종의 민감도 분석을 해본 결과 Table 5와 같이 조율된 연구물(trim & fill)의 보정 값($ES_g=.683$)과 관찰 값($ES_g=.683$)이 같게 보고되었다.

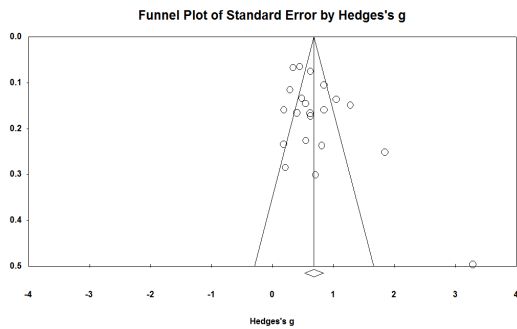


Fig. 2. Publication bias

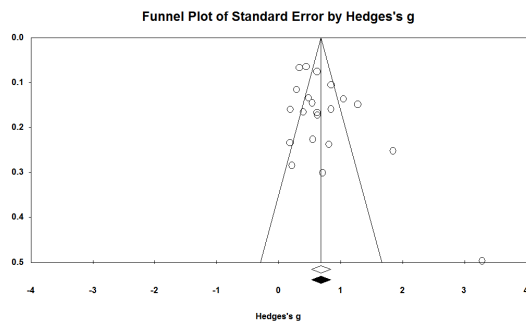


Fig. 3. Trim and fill publication bias

3.2 뉴로 피드백 훈련 프로그램의 동질성 검증 및 전체 효과크기

본 연구에서 선정한 21편의 연구물에서 나온 191개의 효과 크기로부터 계산된 뉴로 피드백 훈련의 전체 효과 크기를 산출 한 결과는 .683로 중간 이상의 효과크기였으며, 자세한 결과는 Table 6에 제시하였다. 유의 수준 .05에서 동질성 검정을 실시한 결과 Q 값은 135.593 ($p < .01$)로 귀무가설이 기각되어 이질적인 것으로 판단하여 랜덤 효과 모형을 적용하였다[16,29]. 총 분산 대비 연구가 비율을 나타내는 I^2 의 값 역시 85.250로 50보다

크므로 상당한 이질성을 가지고 있다. 뿐만 아니라 각 연구들은 각각 다른 연구자들에 의해 각기 다른 방식으로 연구되었기 때문에 모집단 효과크기 추정치가 동일하다고 볼 수 없다. 따라서 본 논문에서는 I^2 의 값으로 인한 이질성 결과와 훈련의 특성상 고정되지 않은 효과크기를 보고하는 바 랜덤 효과 모형을 선택 분석을 실시하였다. 그 결과 뉴로피드백 훈련의 전체 효과크기는 .683이었고 전체 효과크기에 대한 95% 신뢰구간은 .528-.839이었다. 이를 효과 크기의 누적 분포 해석방법인 U_3 지수로 나타내면 74.96%에 해당된다. 효과크기 .683이 의미하는 것은 실험 상황에서 통제집단이 50%의 효과성을 보인 반면에 실험집단의 경우엔 74.96%의 효과성을 보인다는 것을 의미한다. 즉 실험집단이 효과에 대한 성공률 74.96%로 통제집단의 중간 값(통제집단의 경우 50%)을 넘어서고 있다. 따라서 실험집단의 훈련 성공률은 통제집단의 성공률보다 24.96% 높다고 해석할 수 있다 [29-31]. 이를 BESD(Binominal effect Size Display)로 보고할 때 통제집단의 경우 약 .33~.35의 성공률을 보이는데 반해, 실험집단의 경우 약 .64~.66의 성공률을 보인다고 해석한다[16]. 따라서 뉴로 피드백 훈련 집단은 뉴로 피드백 훈련을 하지 않은 집단에 비해 전체 평균 효과크기에서 보다 유의미한 효과를 나타내고 있다.

3.3 종속변인에 따른 전체 효과크기

종속변인인 뇌파, ADHD, 뇌기능 지수, 환자의 운동 수행능력, 인지수행력, 정서상태(불안, 우울, 분노, 스트레스) 등의 하위 요인에 따른 효과크기 분석과 6개 하위 요인의 집단 간 차이 검증을 실시하였다. 그 결과는 Table 7과 같다. 뉴로 피드백 훈련은 ADHD($ES(g)=1.021$), 운동수행능력($ES(g)=.836$), 인지수행력($ES(g)=.730$), 뇌파($ES(g)=.625$), 뇌기능지수($ES(g)=.587$), 정서

Table 5. Result of the trim and fill

	Studies trimmed	ES_g	95%CI	Q
Observed values		.683	.527 - .839	
Adjusted values	0	.683	.527 - .839	135.596

CI: confidence interval, ES: Effect size, Q = Homogeneity statistic

Table 6. Validation of homogeneous & the effect size

Model	N	K	$ES(g)$	$U_3(\%)$	SE	95% CI	$Q(df)$	I^2
Random	21	191	.683	74.96	.080	.528 - .839	135.593(20)	85.250

N =the number of the study, K =sub-factor numbers of each study, U_3 =Cumulative distribution standard, I^2 =Heterogeneous of the effect sizes

Table 7. Effect sizes according to dependent variables

Dependent variables	K	ES(g)	SE	95% CI	p	Q _b (df)
ADHD	24	1.021	.179	.671 - 1.327	.000	7.258(5)
Exercise performance ability	11	.836	.250	.345 - 1.327	.000	
Cognition performance ability	33	.730	.108	.518 - .942	.000	
Brain waves	49	.625	.106	.416 - .833	.000	
Brain function quotient	64	.587	.074	.441 - .733	.000	
Emotional states	10	.525	.120	.289 - .761	.000	

Q_B: The difference verification between groups, ES:: effect sizes, K: the number of effect sizes, SE: standard error, CI: confidence interval

Table 8. The difference verification of moderated effect sizes (right-left brain function and waves)

		K	ES(g)	SE	95% CI	p	Q _b (df)
All variables	Right	45	.627	.105	.421 - .833	.000	.002(1)
	Left	45	.620	.097	.430 - .811	.000	
Brain function	Right	22	.618	.131	.360 - .875	.000	.023(1)
	Left	22	.646	.132	.387 - .904	.000	
Brain waves	Right	23	.652	.175	.308 - .996	.000	.061(1)
	Left	23	.595	.148	.305 - .886	.000	

K=the number of effect sizes, ES(g)=effect sizes, SE=standard error, 95% CI=confidence interval, Q_B=the difference verification between groups

Table 9. The difference verification of moderated effect sizes

		K	ES(g)	SE	95%CI	p	Q _b (df)
AD	Hyperactivity & emotional state	10	.967	.307	.365 - 1.569	.002	.072(1)
HD	Memory and inattentive	12	1.075	.261	.563 - 1.587	.000	

K=the number of effect sizes, ES(g)=effect sizes, SE=standard error, 95% CI=confidence interval, Q_B: The difference verification between groups

상태($ES(g)=.525$)의 순으로 효과가 통계적으로 유의미했다. 그러나 뉴로피드백 훈련 시 각 변인별 효과성과 관련하여 종속변인 집단 간 차이($Q_b=7.258(5)$)는 통계적으로 유의하지 않았다.

3.3.1 뉴로 피드백 훈련에 따른 좌·우(전체, 뇌 기능, 뇌파) 차이 검증

종속변수 뇌기능의 차이에 따른 개별 평균 효과 크기의 좌·우(각 K=45) 차이와 통계적으로 각 요인들 간의 유의미한 차이가 있는지 분석하였으며 그 결과는 Table 8과 같다. 첫째 전체 뇌파와 뇌기능을 포함한 우측 $ES(g)=.627$, 좌측 $ES(g)=.620$ 순으로 통계적으로 유의한 효과 크기를 나타냈으나, 좌·우 집단 간 차이는 유의하지 않았다($Q_b=.002$). 둘째 좌·우 뇌기능의 훈련 효과 크기는 좌측 뇌기능의 경우 $ES(g)=.646$ 로, 우측 뇌기능의 경우 $ES(g)=.618$ 의 순으로 각각 통계적으로 유의하였으나, 좌·우 뇌기능에 뉴로피드백 훈련의 집단 간 효과 크기 차이는 유의하지 않았다($Q_b=.006$). 셋째 뇌파의 경우 우 뇌파는 $ES(g)=.652$, 좌 뇌파는 $ES(g)=.595$ 로 각각의 효과크기는 통계적으로 유의하였으나 뇌파 역시

좌·우 뇌파의 집단 간 차이는 유의하지 않았다($Q_b=.061$). 더불어 개별 뇌기능 전체사례 수 64개에서 좌·우가 측정되는 지수 좌·우 각각 23개의 지표만을 선택하여 분석하였기 때문에 사례수의 차이가 존재한다.

3.3.2 종속변인(ADHD)의 하위요인에 관한 효과크기

다음은 뇌기능과 뇌파 ADHD의 하위 요인간의 효과 크기를 분석하였다. 뇌파와 뇌기능지수 각 학위 요인별의 경우 사례 수 부족의 문제로 좌·우 각 뇌파의 분석과 뇌기능 지수 하위 요인은 제외되었다[16,17]. 이들 결과는 Table 10과 같다. 부주의 및 기억은 $ES(g)=1.075$, 과잉 행동 정서는 $ES(g)=.967$ 의 순으로 각각 큰 효과크기를 나타냈으며, 통계적으로 유의하였다. 그러나 ADHD의 하위요인의 집단 간 차이가 통계적으로 유의하지 않았다($Q_b=.072$). 즉 뉴로피드백 훈련에 있어서 ADHD 하위요인인 부주의 및 기억과 과잉행동정서의 효과크기 차이는 통계적 차이가 유의미하지 않았다.

3.4 조절변인에 따른 효과크기

메타분석에서 조절효과 분석은 하위 집단(subgroups)

Table 10. Results of research disposition (the moderated effect size)

		<i>K</i> (%)	<i>ES</i> (g)	<i>SE</i>	95% <i>CI</i>	<i>p</i>	<i>Q_b</i> (<i>df</i>)
Subjects	Auditory disabilities	18(10%)	.818	.107	.608-.1.028	.000	11.738(4) [*]
	Intellectual disabilities	55(30%)	.717	.130	.462-.972	.000	
	ADHD	59(33%)	.696	.088	.523-.868	.000	
	Brain damage	31(17%)	.487	.085	.321-.654	.000	
	Eating disorder	16(9%)	.449	.077	.299-.599	.000	
Subjects II	Adult	50(26%)	.533	.069	.398-.668	.000	4.669(1) [*]
	Adolescent	138(73%)	.734	.063	.611-.856	.000	
Subjects III	University students	23(17%)	.865	.122	.627-1.103	.000	2.945(3)
	High school students	44(33%)	.887	.028	.558-1.216	.000	
	Junior high students	30(22%)	.646	.008	.472-.820	.000	
	Elementary students	36(27%)	.739	.016	.492-.987	.000	
Time (minutes)	20-30	16(8%)	1.919	.364	1.205-2.632	.000	14.209(2) ^{**}
	30-40	75(39%)	.734	.095	.548-.920	.000	
	40-50	100(52%)	.592	.050	.494-.691	.000	
Session number a week	2	26(15%)	.725	.084	.561-.889	.000	5.742(2)
	3	120(70%)	.781	.073	.637-.925	.000	
	5	24(14%)	.486	.101	.288-.685	.000	
The total number of session	Under 20	37(19%)	.793	.133	.462-.982	.000	13.537(3) ^{**}
	20-30	43(22%)	.722	.092	.612-.974	.000	
	30-40	93(48%)	.540	.060	.423-.658	.000	
	Above 40	18(9%)	1.197	.200	.806-1.588	.000	

Q_b: The difference verification between groups, *ES*: effect sizes, *K*: the number of effect sizes, *SE*: standard error, *CI*: confidence interval ^{**}*p*<.01, ^{*}*p*<.05. Except for the moderating factors which are lack of the number of effect sizes

간의 효과 크기 차이를 보다 직접적으로 검증하며 효과 크기를 설명하는 연구 차원(study-level)의 변수, 즉 조절 변인(moderator variable)을 통해 평균 효과 크기에 주는 영향력을 검증할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 각각의 변인별 차이 검증과 회귀 분석을 실시하여 통계적인 유의미성을 알아보았다.

3.4.1 범주형 변인의 개별 효과 크기와 차이 검증 (메타 ANOVA 조절효과분석)

범주형 변인의 개별 효과크기와 차이검증의 결과는 Table 11과 같다. 각각의 개별 효과크기는 분석 대상 기준 장애유형 집단 간 효과크기 차이($Q_b=11.738(5)$, $p<.05$)는 통계적으로 유의하였으며 청각장애($ES(g)=.818$), 지적장애($ES(g)=.717$), ADHD($ES(g)=.696$), 뇌병변 장애($ES(g)=.487$), 섭식장애($ES(g)=.449$) 순으로 유의미한 효과크기를 나타냈다. 연령에 따른 집단 분류로

청소년($ES(g)=.734$), 성인($ES(g)=.533$)순으로 개별적 효과크기는 통계적으로 유의하였으며 두 집단에 뉴로 피드백 훈련의 효과크기의 차이($Q_b= 4.669(1)$, $p<.05$) 역시 통계적으로 유의하였다. 이후 청소년 집단을 다시 학교 급으로 분류한 후 분석을 실시하였다. 고등학생($ES(g)=.887$), 대학생($ES(g)=.865$), 초등학교($ES(g)=.739$), 중학생($ES(g)=.646$)순으로 각각의 개별 효과크기는 통계적으로 유의하였다. 그러나 뉴로피드백 훈련에 대한 집단 간 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($Q_b=2.943$).

실험시간(분)에 의해서 분류된 집단 간 효과크기 차이($Q_b=14.209$, $p<.01$)는 통계적으로 유의하였으며, 실험 회당 20-30분($ES(g)=1.919$), 30-40분($ES(g)=.734$), 40-50분($ES(g)=.592$)의 순으로 유의하였다. 주당 훈련 횟수 분류에 따른 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($Q_b=5.742$). 그러나 각 개별 효과크기는 주 3회

Table 11. Moderated effect sizes of the publication status

Publication status	<i>K</i> (%)	<i>ES</i> (g)	<i>SE</i>	95% <i>CI</i>	<i>p</i>	<i>Q_b</i> (<i>df</i>)
Published	12(57%)	.685	.082	.525-.845	.000	.033(1)
Unpublished	9(42%)	.668	.053	.563-.772	.000	
Doctoral	3(33%)	.517	.046	.426-.607	.000	13.983(2) ^{**}
Master	6(66%)	.821	.067	.690-.953	.000	

Q_b: The difference verification between groups, *K*: the number of effect sizes, *SE*: standard error, *CI*: confidence interval, *ES*: effect sizes

($ES(g)=.781$), 주 2회($ES(g)=.725$), 주 5회($ES(g)=.486$) 순으로 통계적으로 유의하였다. 총 횟수에 따른 효과크기 차이($Q_b=13.537$, $p<.01$)는 통계적으로 유의하였으며 효과 크기 분석 결과는 40회 초과($ES(g)=1.197$), 20회 이하($ES(g)=.793$), 20회 초과-30회 이하($ES(g)=.722$), 30회 초과-40회 이하($ES(g)=.540$)로 각 개별효과크기는 통계적으로 유의하였다.

3.4.2 출판유형에 따른 효과크기 분석

마지막으로 출판유형에 따른 효과크기를 살펴본 결과 학술지와 학위에 따른 각 개별효과크기 분석 차이가 통계적으로 유의하지 않았다($Q_B=.033$). 그 결과는 Table 11과 같다. 학술지의 효과크기는 $ES(g)=.685$, 학위 논문의 효과크기는 $ES(g)=.668$ 로 학술지의 효과크기가 보다 크게 나타났다. 학위 논문의 경우 박사 논문과 석사 논문의 집단 간 차이가 통계적으로 유의하였으며($Q_B=13.983$, $p<.01$), 석사 논문($ES(g)=.821$), 박사 논문($ES(g)=.517$) 순으로 각 개별 효과크기는 통계적으로 유의하게 나타났다.

4. 결론 및 고찰

본 연구는 뇌파를 이용한 뉴로 피드백 훈련을 임상 및 다양한 분야에 있어서 보다 더 정확한 활용을 제고하기 위하여 기존의 논문들을 종합적으로 정리, 분석하였다. 이에 뉴로 피드백 훈련을 사용하고 메타 분석기준에 맞는 논문을 선정 논문의 질 평가를 먼저 실시하였다. 이후 결과 분석에서 전체 뉴로 피드백 훈련의 효과크기를 분석하였으며 임상 대상군에 따른 특성별 효과크기, 연구 방법 특성별에 따라 세부적으로 분석하였다. 본 연구에 나타난 방법적 특성과 주요 결과를 연구 목적에 비추어 논의해 보면 다음과 같다.

방법적 특성의 일종인 논문의 질 평가분석의 결과, 본 분석에 사용된 논문의 질은 제한점이 많았다. 이는 Lim과 Seong(2014)[20], Lee, Park, Park과 Oh(2007)[31]가 뉴로 피드백 훈련의 동향연구에서 보고했던 연구의 질 평가와 동일하다. 이러한 결과는 뉴로 피드백의 훈련 자체가 피험자 스스로 자신의 상태를 인지하면서 훈련하는 것이기 때문에 실험과정에 있어 맹검(Blind) 처리가 어렵기 때문으로 해석된다. 그러나 그 외의 실험군의 무작

위 설정, 그리고 선정된 실험 군과 통제군의 동질성 확보, 연구 대상자 탈락 시 보고, 실험 집단원들의 인지로 인한 결과 오염에 대한 부분에 있어서 국내의 실험 환경에 구조화된 실험 연구가 부족해 보이며, 특히 석사 학위 논문의 실험군 선정에 있어 편향(bias)이 많이 보고되었다. 결과적으로 이러한 부분들이 뉴로 피드백 연구 전체의 질을 낮춘 것으로 해석된다. 국내의 뉴로 피드백 관련 논문의 질 평가에 대한 결과는 이후 뉴로 피드백 실험 연구에 있어서 실험 환경과 구조화된 실험 연구 방법적인 부분을 좀 더 명확히 해야 할 필요성에 대해 고려하게 한다.

메타분석의 종합적인 결과는 다음과 같다. 첫 번째, 선정된 21편의 연구물의 모집단의 효과 크기 추정치가 동일하지 않아 랜덤 효과 모형으로 전체 효과크기를 분석한 결과 .683으로 중간 이상의 효과크기[32]를 보였다. 두 번째, 뉴로 피드백 프로그램의 훈련과 종속변인인 뇌파, ADHD, 뇌기능 지수, 환자의 운동수행능력, 인지수행력, 정서상태(불안, 우울, 분노, 스트레스)의 효과크기를 분석한 결과 ADHD, 운동수행능력, 인지수행력, 뇌파, 뇌기능지수, 정서상태 순으로 효과크기를 나타냈다. 이러한 결과는 미국의 ADHD 관련 정량 뇌파에 관한 상관관계 메타 분석 결과가 .75의 상관효과크기를 보인 것에 대한 근거를 제시해 주는 것으로 해석할 수 있다[16]. 덧붙여 ADHD 훈련과 뇌파와의 상관성이 높다는 것을 보여주는 결과이다.

세 번째, 뇌기능, 뇌파를 포함 전체 좌·우를 분류하여 뉴로 피드백의 훈련효과크기를 분석하였다. 결과는 전체 좌·우 반구의 효과크기에서 각 개별 효과크기는 통계적으로 유의하였으나, 집단 간 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 뇌기능의 경우는 좌측이 우측에 비해 효과크기가 더 크게 나타났으나 이 차이 역시 통계적으로 유의하지 않았다. 뇌파의 경우는 우측이 좌측에 비해 효과크기가 더 크게 나타났으나 좌우 뇌파의 효과성의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 그럼에도 불구하고 각각의 좌우 뇌기능과 뇌파의 개별 효과크기는 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 뉴로 피드백 훈련의 경우 좌우 뇌반구의 어느 위치에 훈련전극을 붙이느냐에 따라 효과크기가 달라지는 것이 아니라, 개인의 증상에 맞는 위치에 적절하게 훈련을 실행하는 것이 더 중요하다는 사실을 나타낸다고 할 수 있다. 또한 각 피험자에 따른 효과가 개개인마다 다르게 나타나고, 뇌파 훈련

에서 좌우 위치의 선택은 각 피험자의 증상에 따라 설정되는 것이기 때문에 좌우 효과크기 차이의 중요성 보다는 개별적인 효과크기가 유의한지에 대한 해석이 더 중요한 것으로 볼 수 있다. 네 번째, 연구 방법적 특성별로 분석을 실시한 결과 첫째, 임상 대상별 각각의 개별 효과크기는 통계적으로 유의하였으며 청각장애, 지적장애, ADHD, 뇌손상 장애, 섭식 장애 순으로 집단 간 효과크기 차이 역시 유의미하였다. 이러한 결과는 청각장애, 지적장애, ADHD, 뇌병변 장애 등 뇌의 문제가 우세인 장애일 경우, 뇌 기반 문제에 따른 훈련이나 치료는 처음에는 인간의 의지 보다는 뇌가 스스로 훈련을 하는 무의지의 영역이기 때문에 훈련이 지속되면서 스스로 효과성을 인식하고 훈련의 효과가 의지의 영역으로 변화한 후부터는 가속성이 붙어 더 큰 효과크기를 보인다는 Budzynski, Budzynski, Evans와 Abarbanel(2009)[33]의 결과를 지지한다. 하지만 섭식장애의 경우는 뇌기반장애로 인한 문제라기보다는 인지 혹은 행동 장애의 한 유형으로서, 뇌 기반 자극을 통한 효과가 있음에도 불구하고 그만큼 행동의 변화가 수반되지 않으면 기초선 자체가 뇌기반의 장애와는 다른 양상을 보이는 것으로 해석할 수 있다. 둘째, 연령에 따른 집단 분류로 청소년이 성인보다 개별적 효과 크기가 통계적으로 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 Byeon(2011)[34], Byeon과 Park(2011)[35], Butnik(2005)[36]의 연구에서 성인보다 청소년이 컴퓨터를 사용하여 게임이라는 프로그램을 이용하는 뉴로 피드백 훈련에 조금 더 적응이 뛰어나며 단기 회기가 진행되었을 때에도 효과성을 보인다는 결과를 뒷받침하는 근거를 제시한 것으로 해석할 수 있다. 따라서 성인을 대상으로 하는 훈련에서는 훈련에 대한 동기를 유지시키고 성인에게 보다 적합한 소프트웨어를 개발하여 훈련을 실시하는 부분에 관한 논의가 필요할 것으로 보인다.

연구 방법적 특성을 분류하여 분석한 결과에서 실험 시간(분)을 분류한 집단 간 효과크기 차이는 실험 회당 20-30분, 30-40분, 40-50분의 순으로 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 기본적으로 뉴로피드백 훈련 시간(분)이 국내의 뉴로 하모니 프로그램의 설정이 기본 15분에서 30분으로 맞춰져 있기 때문에 이 시간대의 효과성이 가장 많은 가중치가 부여되었으며, 이후 시간에 대한 것은 그만큼의 비용처리의 제약이 있었을 것으로 해석할 수 있다. 또한 30분 이상의 훈련은 현실적으로 장기간의 훈련에 따른 비용과 시간에 따른 피험자 피로도

의 문제를 야기할 수 있을 것으로 보인다.

주당 훈련 횟수 분류에 따른 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 각 개별 효과크기는 주 3회, 주 2회, 주 5회 순으로 통계적으로 유의하였다. 총 횟수에 따른 효과크기 차이는 통계적으로 유의하였으며 효과 크기 분석 결과는 40회 초과, 20회 이하, 20회 초과-30회 이하, 30회 초과-40회 이하로 각 개별 효과 크기는 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 Lubar(1995)[21]에 의하면 뇌파 훈련은 48시간 안에 지속효과를 보이는데 주 3회 훈련은 이러한 결과를 뒷받침하는 근거일 것이다. 따라서 기본적으로 뉴로 피드백을 임상군에게 실시할 때 40회 이상의 장기간의 훈련이 가장 큰 효과가 있으며, 효과성이 나타나는 초기 20회 이후에는 효과성을 저해하는 다른 변인이 있는 것으로 생각해볼 수 있을 것이다. 이는 뉴로피드백 훈련 시 치료자-환자와의 관계, 대화, 훈련에 대한 설명 및 지지를 통해 환자에게 훈련의 동기를 부여하는 과정 또한 훈련 과정에서 필요하다는 Soutar와 Longo(2011)[37]의 임상가로서의 자세를 다시 생각하게 한다. 즉 임상가의 자세와 태도에 따라 훈련의 효과성이 달라질 수 있다는 것을 보여준다고 하겠다. 본 연구에 있어 몇 가지 논의점은 다음과 같다. 첫 번째, 본 연구에서는 국내자료로만 한정하여 메타분석을 실시하였기 때문에 국외의 뉴로 피드백 훈련의 효과성과와의 차이를 비교할 수 없다. 현재 국내의 병원에 뉴로 피드백이나 바이오피드백을 실시할 수 있는 장비와 측정도구가 존재함에도 불구하고 장비의 복잡성과 더불어 뇌 과학 기반에 대한 이론적 배경이 부족한 것이 현실이다. 세 번째 본 연구에서는 국내에서 발간된 학위 논문과 학술지 논문 중 원문을 구하기 어려운 논문은 분석에서 제외되었다. 만약 제외된 논문의 연구결과가 포함되었을 경우 전체 효과 크기는 다소 차이가 날 수 있으므로 후속 연구에서는 이에 대한 보완이 필요할 것이다. 두 번째, 본 논문은 2001년 이후부터 2015년 현재까지 약 15년간의 뉴로 피드백 훈련 프로그램의 효과에 대한 결과치로서 부작용이 보고되지 않은 상태이고, 메타분석으로 수치를 분석한 결과 중간 이상의 효과 크기를 나타내고 있다. 대상군에 따른 이질성이 있음에도 기본적으로 대부분의 연구 대상에 있어 효과를 나타내고 있는데, 특히 장애인이나 환자군에게 보이는 효과 크기는 임상 장면에 시사하는 바가 크다고 하겠다. 따라서 뉴로 피드백 훈련 프로그램을 실시하거나 도구와 프로그램을 개발하는 연구자들

은 기본적으로 국내에 뉴로 피드백을 소개하며 도입하는 단계가 아니라, 훈련의 특성을 이해하여 대상자들에게 실질적 도움을 줄 수 있어야 할 것이다.

References

- [1] H. S. Kim, Y. S. Cho, "The proposal of brain education development for brain science education - based on brain science forum in OECD-CERI -," *Proceeding of Journal of Korean Society of Jungshin Science*, pp. 1-33. 2011.
- [2] M. B. Sterman, T. Egner, "Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy," *Applied psychophysiology and biofeedback*, vol. 31, no. 1, pp. 21-35. 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-006-9002-x>
- [3] E. G. Peniston, P. J. Kulkosky, "Alcoholic personality and alpha-theta brainwave training," *Medical psychotherapy*, vol. 3, pp. 37-55. 1990.
- [4] E. G. Peniston, P. J. Kulkosky, "Alpha-theta brainwave neurofeedback for Vietnam veterans with combat-related post-traumatic stress disorder," *Medical Psychotherapy*, vol. 4, no. 1, pp. 47-60. 1991.
- [5] T. S. Moriyama, G. Polanczyk, A. Caye, T. Banaschewski, D. Brandies, L. A. Rohde, "Evidence-based information on the clinical use of neurofeedback for ADHD," *Neurotherapeutics*, vol. 9, no. 3, pp. 588-598. 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13311-012-0136-7>
- [6] D. C. Hammond, "Neurofeedback treatment of depression and anxiety," *Journal of Adult Development*, vol. 12, no. 2, pp. 131-137. 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10804-005-7029-5>
- [7] A. Cortoos, E. D. Valck, M. Arns, M. H. M. Breteker, R. Cluydts, "An exploratory study on the effects of tele-neurofeedback and tele-biofeedback on objective and subjective sleep in patients with primary insomnia," *Applied psychophysiology and biofeedback*, vol. 35, no. 2, pp. 125-134. 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-009-9116-z>
- [8] M. Bounias, R. E. Laibow, A. Bonaly, A. N. Stubblebine, "EEG-neurobiofeedback treatment of patients with brain injury: Part 1: Typological classification of clinical syndromes," *Journal of Neurotherapy*, vol. 5, no. 4, pp. 23-44. 2002.
DOI: http://dx.doi.org/10.1300/J184v05n04_04
- [9] D. Veron, T. Egner, N. Cooper, T. Compton, C. Neilands, A. Sheri, "The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects for cognitive performance," *International Journal of Psychology*, Vol 47, pp. 75-85. 2005.
- [10] R. J. Derubeis, G. J. Siegle, S. D. Hollon, "Cognitive therapy versus medication for depression: treatment outcomes and neural mechanisms," *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 9, no. 10, pp. 788-796. 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn2345>
- [11] D. C. Hammond, "Neurofeedback with anxiety and affective disorders," *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, vol. 14, no. 1, pp. 105-123. 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chc.2004.07.008>
- [12] G. J. Siegle, F. Ghinassi, M. E. Thase, "Neurobehavioral therapies in the 21st century: Summary of an emerging field and an extended example of cognitive control training for depression," *Cognitive Therapy and Research*, vol. 31, no. 2, pp. 235-262. 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10608-006-9118-6>
- [13] S. W. Choi, "Past current and future of Neurofeedback," *Institute of Brain Education*, vol. 6, pp. 55-73. 2010.
- [14] D. G. Kim, H. B. Park, Y. W. Ahn, "Neurofeedback: Principles and clinical application," *The Korean Journal of Stress Research*, vol. 13, no. 2, pp. 93-98. 2005.
- [15] S. W. Choi, "Symposium: clinical practice of the neurofeedback and biofeedback: The effectiveness of alpha wave neurofeedback in depression," *The Korean Journal of Clinical Psychology*, pp. 102-103. 2007.
- [16] S. D. Hwang, "The meta-analysis comprehension, easy to know," Hakjisa. 2014.
- [17] I. S. Shin, E. Y. Park, "Review of the meta-analysis research in special education and related field," *Korean Journal of Physical, Multiple, & Health Disabilities*, vol. 54, no. 4, pp. 157-176. 2011.
- [18] J. Higgins, S. Green, "Assessing risks of bias in included studies. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions," Cochrane Book Series, pp. 187-235. 2008.
- [19] J. Higgins, C. Ramsay, B. C. Reeves, J. J. Deeks, B. Shea, J. C. Valentine, G. Wells, "Issues relating to study design and risk of bias when including non randomized studies in systematic reviews on the effects of interventions." *Research Synthesis Methods*, vol. 4, no. 1, 12-25. 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jrsm.1056>
- [20] J. H. Lim, W. Y. Seong, "The Review for studies of Neurofeedback Training," *The Korean Society of Oriental Neuropsychiatry*, 25(3), 271-286. 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7231/jon.2014.25.3.271>
- [21] J. Lubar, "Neurofeedback for the management of attention-deficit/hyperactivity disorders. Schwartz, Marks.(Ed), *Biofeedback: A practitioner's guide(2nd)*," pp. 93-522, New York, NY, US: Guilford Press, xx, 908. 1995.
- [22] Othmer, Pollock, & Miller. "The subjective response to neurofeedback. In M. Eerleywine(Eds), *Mind altering drugs: The Science of subjective experience*," pp. 345-365. New York, NY: Oxford University Press. 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195165319.003.0014>
- [23] R. W. Thatcher, R. A. Walker, C. J. Biver, D. N. North, R. Curtin, "Quantitative EEG normative databases: Validation and clinical correlation," *Journal of Neurotherapy*, vol. 7, no. 3-4, pp. 87-121. 2003.
DOI: http://dx.doi.org/10.1300/J184v07n03_05
- [24] P. W. Park, "Introduction to Neurofeedback," Korea Institute of psychiatry. 2005.
- [25] H. Cooper, L. V. Hedges, J. C. Valentine, (Eds.). "The

handbook of research synthesis and meta-analysis," Russell Sage Foundation. 2009.

- [26] L. Hedges, I. Olkin, "Statistical models for meta-analysis," New York: Academic Press. 1985.
- [27] J. H. Littell, J. Corcoran, V. Pillai, "Systematic review sand meta-analysis," New York: Oxford University Press. 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195326543.001.0001>
- [28] S. J. Duval, R. L. Tweedie, "Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis," *Biometrics*, vol. 56, pp. 455-463. 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.0006-341X.2000.00455.x>
- [29] J. P. T. Higgins, S. Green, "The Cochrane Collaboration," *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*, vol. 4, no. 6, 2011.
- [30] P. C. Abrami, P. A. Cohen, S. d'Apollonia, "Implementation problems in meta-analysis," *Review of Educational Research*, vol. 58, no. 2, pp. 151-179. 1988.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3102/00346543058002151>
- [31] R. Rosenthal, D. B. Rubin, "Statistical analysis: summarizing evidence versus establishing facts," *Psychological Bulletin*, vol. 97, no. 3, 527-529. 1985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.97.3.527>
- [32] H. J. Lee, Y. B. Park, Y. J. Park, H. S. Oh, "A review of neurofeedback studies," *The Korea Journal of the Academic diagnosis of Oriental medicine*, vol. 11, no. 2, pp. 13-26. 2007.
- [33] T. H. Budzynski, H. K. Budzynski, J. R. Evans, A. Abarbanel(Eds.), "Introduction to quantitative EEG and neurofeedback: Advanced theory and applications," Academic Press., pp. 11-89. 2009.
- [34] Y. O. Byeon, "The effect of neurofeedback training on age differences groups in adolescence," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 12, no. 6, 2561-2566. 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.6.2561>
- [35] Y. O. Byeon, P. W. Park, "The Effect of neurofeedback training on sex differences groups in adolescence," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 12, no. 3, pp. 1171-1177. 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.6.2561>
- [36] S. M. Butnik, "Neurofeedback in adolescents and adults with attention deficit hyperactivity disorder," *Journal of Clinical Psychology*, vol. 61, no. 5, 621-625. 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jclp.20124>
- [37] R. G. Soutar, R. E. Longo, "Doing neurofeedback: An introduction," *ISNR Research Foundation*, pp. 121-140. 2011.

정 문 주(Moon Joo Cheong)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한양대학교 일반대학원 교육학과(교육학 석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 일반대학원 교육학과 상담심리 전공(박사과정 재학 중)

<관심분야>

뉴로피드백, 상담, 교육 프로그램

조 한 익(Hanik Jo)

[정회원]



- 1990년 2월 : 연세대학교 심리학과 (심리학 석사)
- 1998년 2월 : Michigan State Univ. (철학박사)
- 1998년 3월 ~ 1999년 2월 : Michigan State Univ. 포스트닥터 상담 및 교육심리학과
- 2000년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 사범대학 교육학과 교수

<관심분야>

뉴로피드백, 상담, 아동청소년 상담, 뇌 과학

채 은 영(Eun Young Chae)

[정회원]



- 2001년 8월 : 숙명여자대학교 아동복지학과 아동상담 전공 (가정학 석사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 숙명여자대학교 아동복지학과 아동심리치료 전공 (박사과정 재학 중)

<관심분야>

뉴로피드백, 뇌 과학, 아동청소년 발달 및 상담