

뉴로피드백 훈련 프로그램(생기능자기조절 훈련) 효과에 대한 메타분석 - 국내 연구를 중심으로

정문주, 채은영*, 강형원[†]

한양대학교 교육학과, 숙명여자대학교 아동복지학과*, 원광대학교 한의과대학 한방신경정신과[†]

Meta-Analysis: Effects of Neurofeedback Training Programme in Korea

Moon Joo Cheong, EunYoung Chae*, Hyung Won Kang[†]

Department of Education, Hanyang University, *Department of Child Welfare & Studies, Sookmyung Women's University, [†]Department of Neuropsychiatry, College of Korean Medicine, Wonkwang University

Received: August 25, 2016

Revised: September 12, 2016

Accepted: September 20, 2016

Objectives: This study was undertaken to evaluate the effectiveness of the Neurofeedback training programme (NFT), and systematically search for factors related to the NFT.

Methods: This study applied meta-analysis to thesis and journal articles published in Korea. A total of 42 papers published between 2001 to August in 2015 were evaluated, which were selected through a database search.

Results: Summarizing the evaluation, the quality of results was low. The meta-analysis revealed that the effect size of the neurofeedback programme training was 0.691, over the median. Also, the variables were statistically significant to the neurofeedback programme training effect, and were consistent with the subject characteristics, their disabilities/non disabilities, and level of education. The results were also statistically significant to the neuro-feedback programme training effect according to the research method (training method), the sessions per a week, total sessions, and training time.

Conclusions: The RoBANS result of 42 studies is at a risk of being highly biased. However, statistically, the meta-analysis result of the factors evaluated is significantly high.

Key Words: Neurofeedback Training Programme, NFT, Meta-analysis, Brain Function, ADHD.

Correspondence to

Hyung Won Kang
Department of Neuropsychiatry,
College of Korean Medicine,
Wonkwang University, Iksandae-ro
40, Iksan, Korea.
Tel: +82-31-390-2762
Fax: +82-31-390-2319
E-mail: onp21@hanmail.net

I. 서론

뉴로피드백은 바이오피드백의 일종으로 흔히 뇌파 바이오피드백(EEG biofeedback)이라고도 하며, 인간의 정신상태를 반영하는 뇌파를 컴퓨터 모니터를 통해 관찰하고 가장 이상적인 뇌파상태를 만들어 내는 정신 상태를 스스로의 노력에 의해 유지하도록 학습하는 과정이다¹⁾. 이는 조작적 조건형성(operant conditioning) 이론에 근거하여 특정 뇌파를 강화하거나 억제시켜 뇌 기능의 향상을 도모한다²⁾. 이는 기공요법과 유사한 의료 행위로서 기공 요법이 자기수행, 훈련의 과정에 많은 시간과 의지가 요구되는 반면, 이를 현대 과학적 기기를 운용하여 쉽게 자기 훈련에 도달할 수 있도록 한다고 하여 한의학에서는 ‘생기능자기조절훈련(이하 뉴로피드백)’이라는 의료 행위로 2008년 “한방 의료 행위 전문가 평가 위원회”에서 비급여 항목으로 결정되어 활용하고 있다^{3,4)}.

이러한 뉴로 피드백 훈련은 서구에서 1924년 한스 베르거(Hans Berger)의 최초 뇌파 발견 이후 비약적으로 발전해 갔다. 1971년 뉴로 피드백 훈련으로 간질환자 치료에 성공⁵⁾한 이후로 현재까지 뉴로피드백 훈련을 통하여 뇌기능과 관련된 병리적 증상을 가진 환자와 집단에 대한 효과성이 다양한 분야에서 보고되고 있다⁶⁻¹²⁾. 또한 이러한 뉴로피드백 훈련의 효과는 비침습적 비약물 치료법으로 추적 검사 시 치료 효과의 유지가 다른 치료적 방법에 비해 지속적인 것으로 보고되었다¹³⁻¹⁶⁾. 초기 국내의 뉴로피드백은 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 사용되었다. 이러한 이유는 임상 및 상담, 교육, 학습 분야에서는 뇌파를 사용하거나 뇌파를 이용하여 뇌를 훈련한다는 것은 실제현장에서 체험해 본 이도 적었을 뿐만 아니라, 뇌파측정기라는 훈련도구를 사용한다는 점에서 전문가의 부재, 전문 교육의 부재, 임상에서 효과성을 증명하는 것에 대한 어려움이 존재하여 왔다¹⁷⁾. 더불어 통제 집단을 설정한 실험 연구가 학회지에 처음 발표된 2004년에는 관련 선행 연구가 2편의 학위 논문 뿐이었다^{18,19)}. 그러나 이후 뇌과학 및 뉴로피드백에 관련된 관심이 증가하면서 2010년에는 62편으로 연구물이 증가하였고, 이

후 2015년 현재, RISS, NDSL, KISS 등 검색 데이터베이스에서 ‘뉴로 피드백’, ‘뇌파’와 관련된 논문은 3,400편 이상 검색되고 있다.

기존의 선행연구²⁰⁾에서 뉴로 피드백과 뇌파 훈련에 관하여 국내의 연구동향 분석을 실시하였지만, 임상시험연구에 대한 분석은 제한적이었으며 구체적인 통계적 수치와 평가에 있어서 한계를 보여주었다. 이에 통제집단-실험집단 설계 연구, 실험군, 대조군을 선정하고 뉴로 피드백 훈련을 시행한 논문을 대상으로 하였다. 이에 본 논문에서는 뉴로 피드백 관련 국내 연구들에 대한 연구 특성 분석, 질 평가와 메타분석을 실시하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 문헌선정

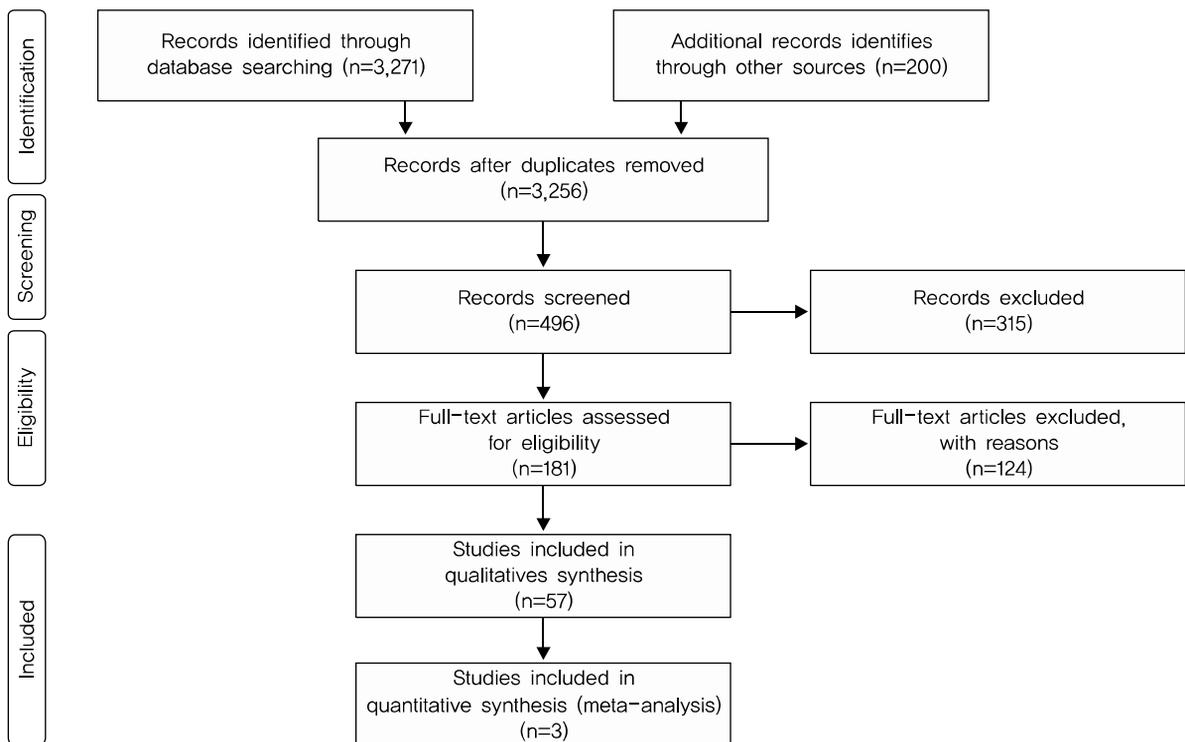
본 연구의 분석 대상은 2001년 1월부터 2015년 8월까지 국내에서 발표된 뉴로 피드백 훈련 프로그램의 효과를 검증한 학술지와 석·박사 논문을 분석 대상으로 선정하였다. 2001년 이후의 논문을 분석 대상으로 선정한 이유는 2001년을 전후로 국내 뇌파 정량에 대한 기준점이 제시되고 관련 논문이 보고되기 시작했기에^{21,22)} 2001년 이후의 논문을 분석 대상으로 선정하였다.

2. 검색 전략

자료 수집을 위해 국회도서관, 과학 기술정보 통합서비스(NDSL), 누리미디어(DB-PIA), 한국 교육 학술 정보원 학술 연구 정보서비스(RISS), 한국 학술정보원(KISS)의 온라인 검색 DB에서 모두 동일한 검색식을 사용하였으며 검색식은 ‘뉴로 피드백’, ‘NFB 훈련 프로그램’, ‘뇌파’, ‘생기능자기조절훈련’, ‘neurofeedback’ 등으로 입력하였다. 자료수집 기간은 2개월이 소요되었으며, 이후에도 설정된 포함 기준에 해당하는 연구들을 모두 찾아낼 수 있도록 최대한 노력하였다. 또한 자료수집 2개월 기간 동안 각 데이터베이스에서 수집기간 동안 찾은 중복 논문들을 재확인 하면서 회색논문을 찾기 위해서 각 대학의 데이터베이스를 검색하였으며, 최근 뉴로피드백 관련 연구가 다수 진행되고 있는 학교들을 위주로 검색의 범위를 on-off로 넓혀서 조사하였다. 논문 선정의 기준은 Shin²³⁾의 메타분석 논문 선정 기준을 수정·보완하였으며 다음과 같다(Table 1). 또한 최종 논문 선정과

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 Adults, youth and child and juvenile's classification and precise age categories
Data statistics	All sorts of figures, such as mean, standard deviation, t, f values, calculating effect size
Dependent variables	Brain Quotient (Self Regulation Quotient, Basic Rhythm Quotient, Attention Quotient, Activity Quotient, Emotion Quotient, Stress Resistance, Brain's left-right balance Quotient) Brain waves (Theta, Alpha, Gamma, SMR, Beta) Associated disorders and illnesses (ADHD, autistic spectrum disorder, Auditory, visual) - Athletic performance abilities / the others (Stress hormone, Attention concentration)
Moderate variables	Experimental period, level of education, session numbers, year, published

**Fig. 1.** Flowchart.

정은 Fig. 1와 같다.

3. 질 평가(Risk of Bias Assessment) 방법

본 연구에서는 두 명 이상의 독립된 연구자가 문헌 선정 및 질 평가를 시행하였다. 그 결과는 Table 2와 같다. 질 평가의 전문가들은 연구방법 중 메타분석을 통한 연구를 실시했으며 임상분야에서 10년 이상의 경험을 가지고 있는 전문의와 open B.C.N. 자격증을 보유한 두 명의 평가자에 의

해 앞서 선정된 최종 42편의 비-무작위 배정연구물들을 논문의 질 평가 도구(Risk of Bias Assessment tool: RoBANS)를 이용하여 평가하였다. 본 논문에서는 처음 분석에 사용될 논문 선정 당시, 통계적 방법에 선정 논문의 기준을 적용했기 때문에 질 평가에는 프로토콜에 관한 부분 평가로 이루어졌다. 질 평가의 일관성을 유지하기 위해 평가자가 1주일 간격을 두고 3번 확인 작업을 실시 평가일치를 위한 의견을 수렴하였다.

Table 2. Risk of Bias Assessment

Bias domain	RoBANS (Risk of bias assesment tool for non-randomized studies)			
	Author's judgment	The number of journal	The number of degree	The total numbers (%)
Selection bias	High	20/26	11/16	31/42 (74%)
	Low	6/26	5/16	11/42 (26%)
	Unclear	0/26	0/16	0
Disturbance variable	High	0/26	0/16	0
	Low	18/26	9/16	27/42 (64%)
	Unclear	8/26	7/16	15/42 (34%)
Performance bias	High	23/26	14/16	37/42 (88%)
	Low	3/26	2/16	5/42 (12%)
	Unclear	0/26	0/16	0
Detection bias	High	23/26	14/16	37/42 (88%)
	Low	3/26	2/16	5/42 (12%)
	Unclear	0/26	0/16	0
Attribution bias	High	4/26	0/16	4/42 (10%)
	Low	22/26	10/16	32/42 (76%)
	Unclear	0/26	6/16	6/42 (14%)
Reporting bias	High	0/26	0/16	0
	Low	26/26	16/16	42 (100%)
	Unclear	0/26	0/16	0

평가의 결과는 다음과 같다(Table 2). RoBANS 평가 결과 전체 논문에서 비틀림 위험이 높았는데, 대상군 선정 시 집단 소속의 미인지와 결과 측정 시 집단의 미인지에서 주로 높은 비틀림(bias)을 나타냈다.

4. 메타분석

1) 코딩

뉴로 피드백 훈련의 효과 분석을 위해 Lubar (1995)²⁴⁾와 Othmer, Pollock와 Miller (2005)²⁵⁾가 제시한 내용 및 뉴로 가이드(Neuro-Guide)²⁶⁾와 Park (2005)²⁷⁾이 보고한 내용을 바탕으로 본 연구에 맞게 코딩 방법과 코딩 표를 개발하였고, 종속변인의 하위 그룹분석(sub-group analysis)을 위해 뉴로 피드백 훈련의 효과를 측정한 종속변수의 유형, 운영 방법을 주요 범주형(Categorical) 변수로 코딩하였다. 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 뉴로 피드백 훈련의 운영 방법(연구 방법)으로서 훈련 프로그램의 주당 처치 횟수, 총 처치 횟수, 뇌파 측정 도구, 훈련시간으로 세분화하여 코딩하였다.

자료를 유목화하고 분류한 이후의 코딩양식은 Cooper, Hedges와 Valentine (2009)²⁸⁾의 코딩기준을 바탕으로 본 연구에 맞게 수정하였다. 마지막으로 메타분석 코딩의 신뢰

성을 확보하기 위해서 메타분석 연구 경험이 있고 상담과 뉴로피드백 관련 B.C.N 자격 보유자인 박사 2명이 함께 교차 코딩을 실시하고 한방신경정신과 전문의가 참여하여 그 결과를 비교·검토하였다.

2) 통계 분석

자료 분석 절차는 첫 번째 연구의 질 평가를 실시하였다. 두 번째 메타분석에 사용된 논문의 출판 편향 오류 검증, 동질성 검증 및 이질성에 대한 분석, 전체 효과 크기 산출, 조절변인에 따른 메타 ANOVA, 과정을 거쳤다. 본 연구에서는 연구 대상의 사례 수에 가중치를 부여하기 위해 교정 효과크기(Hedge's g)를 사용하였다. 이후 개별 연구물을 분석 단위로 전체 효과크기를 구하는 데는 연구들의 효과크기들의 평균값을 사용하였고, 연구들 별로 제시한 개별 효과크기들을 종합하는 데는 역변량 가중 공식을 사용하여 가중 평균을 계산하였다^{29,30)}. 마지막으로 본 연구에서는 기존의 동일한 주제에 대하여 계량적으로 분석하는 방법인 메타분석^{30,31)}을 사용하였고, 효과 크기 및 동질성 검증 등 대부분의 자료 분석을 위해 메타 분석을 위한 통계 프로그램인 CMA (Comprehensive Meta-Analysis) Version 2 프로그램을 이용하였다.

III. 결과

1. 문헌선택

본 연구에서 문헌 선택은 다음과 같은 과정으로 실시되었다. 첫 번째, 온라인 DB검색, 한국 교육 학술 정보원의 상호 대차 서비스, 수집된 논문 3,271편과 오프라인을 통한 각 대학과 국립도서관에서 찾은 200편의 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 스티디논문 58편, 실험논문이 아니거나 양적연구가 아닌 논문 83편, 임상자료, 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, 병행 치료 75편, 뉴로 피드백 검색에 포함되었으나 바이오피드백(생체훈련)만 측정하거나 뇌파만 측정하는 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 124편을 제외하여, 총 42편(학위 논문 26편, 학술지 16편)의 논문을 질 평가를 위한 분석

대상으로 선정하였다. 이후 국내외의 허가받지 않은 표준화된 수치를 제공하지 않는 의료기기로 훈련하고 결과를 제시한 39편을 제외 총 3편을 이용하여 메타분석을 실시하였다.

2. 선정된 연구의 특징

메타분석을 포함 연구의 질 평가를 실시한 연구대상인 논문 42편의 특성을 분석한 결과를 살펴보면 Table 2, 3과 같다. 먼저 연구의 일반적 특성에서 연구유형은 학위논문이 16편으로 전체의 38%, 학술지 논문이 26편으로 전체의 61%였다. 출판연도는 2001년부터 2015년까지 꾸준히 증가하였으며 2008년 급증하기 시작하였으며 학위 논문의 경우 2015년 4편이 발표되었다. 한 번의 훈련시간은 학위 논문의 경우는 40~50분이 6편으로 가장 많았으며 학술지의 경우 30~40분이 15편, 40~50분의 경우는 8편으로 26편 중 과반수 이상을 차지하였다. 또한 학술지의 경우는 50~60분 이상을 실시한 경우는 존재하지 않았다. 훈련은 주당 2~3회가 학술지 경우 21편 학위는 13편으로 대다수를 차지하였으며, 총회기수는 학술지의 경우 30~40회가 10편 학위의 경우 7편으로 가장 많은 편수를 나타내었다. 실험 설계유형은 기준에서 제시한 바와 같이 실험군과 대조군을 선정한 연구였다. 마지막으로 선정된 42편의 연구 중 3편만이 국내외에서 허가받은 의료기기를 사용하였다. 선정된 42편의 논문에 대한 구체적인 특성은 Table 3~5에 제시하였다.

Table 3. The Journal and School Distribution of the Studies Using Meta-analysis

Journal name	The number of studies (%)	University	The number of studies (%)
Journal of the Korea academia-Industrial cooperation Society	12 (46%)	Pusan National university	5 (31%)
Intellectual disability research	2 (7.6%)	University of Buddhism	4 (25%)
Neurological rehabilitation treatment	2 (7.6%)	Venture University	2 (12%)
The others	10 (38%)	Yeungnam University	2 (12%)
		The others	3 (19%)
Total	26 (62%)	Total	16 (38%)

Table 4. The Number of Studies Yearly

Year	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Journal	-	-	-	1	-	2	1	4	4	4	5	3	1	-	1
University	1	-	1	-	-	-	-	-	1	2	3	-	2	2	4
Total	1	0	1	1	0	2	1	4	5	6	8	3	3	2	5

Table 5. General Characteristics of Analyzed Researches

ID	Authors (year)	Published	Dependent variables	Subjects	Treatment	Control	Time (min.)	Session weeks	Total session	Outcome measure
1	Jang (2009)	Published	Brain Quotient	Norm.	30	30	20~30	3	Above 60	Neuro harmony
2	Baik (2008)	Published	Brain Quotient	Norm	15	15	20~30	3	30~40	Neuro harmony
3	Weon (2013)	Published	Brain Quotient	Norm.	5	6	40~50	2	20~30	Neuro harmony
4	Ahn (2011a)	Published	Academic achievement	Norm.	25	25	40~50	2~3	40~50	Neuro harmony
5	Kim (2015)	Published	Affection	Patients	24	24	30~40	3	Under 20	Neuro harmony
6	Baik (2011a)	Published	Brain Quotient	Disabilities	25	14	40~50	2	Above 60	Neuro harmony
7	Song (2006)	Published	Stress	Norm.	18	18	30~40	3	Under 20	Neuro harmony
8	Weon (2008)	Published	Brain Quotient	Norm.	33	29	30~40	3	30~40	Neuro harmony
9	Baik (2011b)	Published	Brain Quotient	Norm.	26	26	30~40	2	Above 60	Neuro harmony
10	Ahn (2011b)	Published	Academic achievement	Norm.	30	30	40~50	1~3	40~50	Neuro harmony
11	Lee (2008)	Published	Brain Quotient	Norm.	17	18	30~40	3	30~40	Neuro harmony
12	Byun (2011)	Published	Brain Quotient	Norm.	15	15	30~40	2~3	20~30	Neuro harmony
13	Ahn (2010)	Published	Brain Quotient	Norm.	26	26	40~50	1~2	30~40	Neuro harmony
14	Baik (2010)	Published	Brain Quotient	Norm.	20	20	30~40	2	Above 60	Neuro harmony
15	Baik (2009)	Published	Brain Quotient	Norm.	24	24	30~40	2	Above 60	Neuro harmony
16	Baik (2007)	Published	Attention	Norm.	25	25	40~50	2~3	30~40	Neuro harmony
17	Lee (2010)	Published	Fatigue	Norm.	17	18	30~40	3	30~40	Neuro harmony
18	Youn (2012)	Published	Brain Quotient	Alzheimer	5	6	30~40	3	Above 60	Neuro harmony
19	Kim (2009)	Published	Brain waves	Intellectual disability	10	10	30~40	3	30~40	Neuro harmony
20	Park (2012)	Published	Exercise performance ability	Intellectual disability	5	5	40~50	3	20~30	Neuro harmony
21	Yu (2008)	Published	Brain waves	Intellectual disability	12	12	30~40	3	30~40	Neuro harmony
22	Jeong (2004)	Published	Exercise performance ability	Norm.	4	4	10~20	2~3	20~30	Neuro harmony
23	Ahn (2009)	Published	Brain function Quotient	Norm.	24	24	40~50	3	Above 60	Neuro harmony
24	Koo (2006)	Published	Brain waves	Norm.	6	6	30~40	5	30~40	Neuro harmony
25	Kim (2010)	Published	Brain waves	Alzheimer	5	5	30~40	5	20~30	Neuro harmony
26	Jung* (2012)	Published	Exercise performance ability	Stroke	14	16	30~40	5	30~40	NeuroCompSystem
27	Seong (2011)	Unpublished	Attention	Norm.	15	15	10~20	3	20~30	Neuro harmony
28	Rhee (2011)	Unpublished	Brain Quotient	Norm.	38	38	40~50	3	30~40	Neuro harmony
29	Yoo* (2009)	Unpublished	ADHD	ADHD	19	19	30~40	2	30~40	NeuroCompSystem
30	Ryoo* (2015)	Unpublished	ADHD	ADHD	8	8	40~50	3	Under 20	Laxtha Inc.QEEG4

Table 5. Continued

ID	Authors (year)	Published	Dependent variables	Subjects	Treatment	Control	Time (min.)	Session weeks	Total session	Outcome measure
31	Yu (2011)	Unpublished	Brain Quotient	Intellectual disability	5	5	40~50	3	20~30	Neuro harmony
32	Han (2014)	Unpublished	Cognition ability	ADHD	10	9	30~40	3	Under 20	Neuro harmony
33	Kim (2014)	Unpublished	Brain Quotient	Norm	30	30	40~50	3	30~40	Neuro harmony
34	Jeon (2015)	Unpublished	Brain waves	Autism	9	9	30~40	3	Under 20	Neuro harmony
35	Seo (2015)	Unpublished	CCTI-2	ADD	9	9	20~30	3	20~30	Neuro harmony
36	Lee (2010)	Unpublished	Digit Span	Intellectual disability	7	7	30~40	3	30~40	Neuro harmony
37	Byun (2010)	Unpublished	Brain Quotient	Norm.	15	15	30~40	2~3	20~30	Neuro harmony
38	Choi (2003)	Unpublished	Cortisol	Norm.	11	11	50~60	5	Above 60	Neuro harmony
39	Youn (2013)	Unpublished	Brain Quotient	Auditory difficulties	30	30	40~50	2	30~40	Neuro harmony
40	Jang (2001)	Unpublished	Exercise performance ability	Norm.	4	4	10~20	4	40~50	Neuro harmony
41	Oh (2013)	Unpublished	Brain Quotient	Norm.	29	29	40~50	2	30~40	Neuro harmony
42	Park (2015)	Unpublished	Aggressive	Norm.	30	30	50~60	1	30~40	Neuro harmony

*Articles using meta-analysis.

Table 6. Validation of Homogeneous & The Effect size and Results of Research Disposition (The Moderated Effect Size)

Model	N	K	ES(g)	SE	±95% CI	Q _B (df)	p	I ²
Random	3	33	.540	.195	.159~.922	12.338	.002	83.790
		K	ES(g)	SE	±95% CI	p	Q _B (df)	p
Time (minutes)	15	23	.865	.122	.627~1.103	.000	8.862 (1)	.003
	30	10	.382	.107	.171~.593	.000		
Sessions per a week	2	10	.545	.145	.260~.829	.000		
	3	13	.865	.122	.627~1.103	.000	11.615 (2)	.003
	5	10	.186	.160	.127~.499	.243		
Total session numbers	30	10	.382	.107	.171~.593	.000	8.862 (1)	.003
	40	23	.865	.122	.627~1.103	.000		

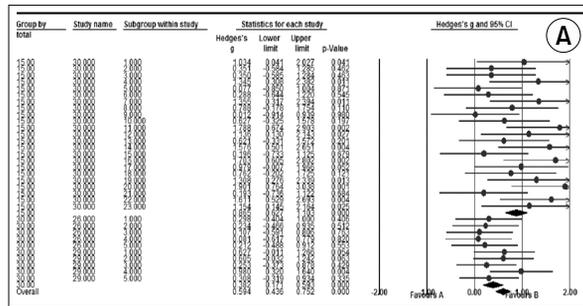
N: the number of the study, K: effect size numbers of each study, I²: Heterogeneous of the effect sizes, ±95% CI: fidence interval, Q_B: The difference verification between groups, ES(g): effect sizes, SE: standard error.

3. 결과 변수별 효과크기 및 이질성

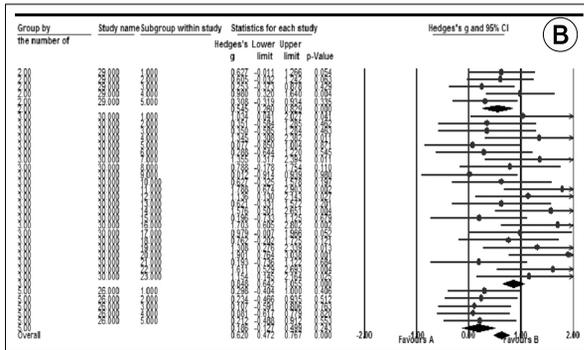
본 메타분석의 대상으로 선정된 3편을 대상으로 효과크기 Hedges'g를 산출한 결과는 Table 6과 같으며, 이를 전체적으로 이해할 수 있도록 forest plot으로 제시하였다(Fig. 2). 먼저 전체 평균 효과크기는 .540으로 중간효과크기였으며 통계적으로 유의하였다. Cohen (1977)³²⁾이 제시한 누적 표준화된 분포인 U₃로 나타내면 비교집단의 평균이 50%일 때 실험집단의 평균은 비교집단의 약 69%에 해당되는 것으로

해석할 수 있다(Fig. 3). 그리고 Rosenthal과 Rubin (1983)³³⁾이 제시한 BESD (Bionomial Effect Size Display)로 나타내면 통제집단 성공률이 38%인 반면 실험집단 성공률은 62%라고 말할 수 있다. 각 연구의 효과크기의 이질성을 보여주는 총 분산에서 연구 간의 분산이 차지하는 비율인 I²는 83.79% (Q=12.338, p<.01)으로 나타나 매우 높은 이질성을 보였다.

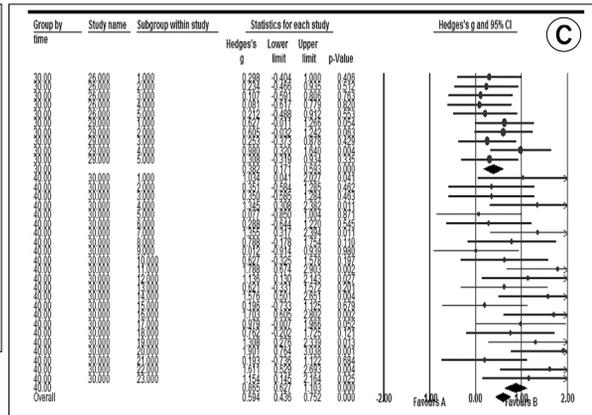
연구방법별 특성에 대한 차이검정 효과크기를 실시한 결과는 다음과 같다. 첫째 회기 당 시간(분)의 각 집단 간 차이



Forest plot of session times (minutes)



Forest plot of the number of sessions per weeks



Forest plot of total session number

Fig. 2. (A) Forest plot of session times (minutes). (B) Forest plot of the number of sessions per weeks. (C) Forest plot of total session number.

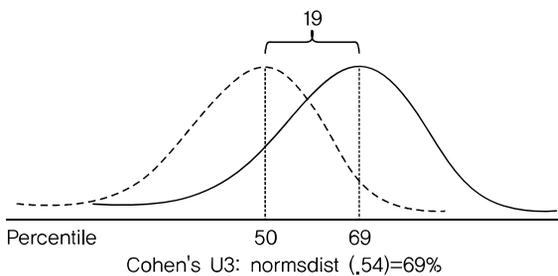


Fig. 3. The table of cumulative frequency distribution of the neurofeedback training's effect size.

($Q_B=8.862, p<.01$)는 통계적으로 유의하고, 각 시간(분)의 평균 효과크기는 15분($ES(g)=.865, p<.01$), 30분($ES(g)=.382, p<.01$)의 순으로 역시 통계적으로 유의하였다. 두 번째, 주당 회기의 각 집단 간 차이($Q_B=11.615, p<.01$) 역시 통계적으로 유의했으며, 각 회기 당 평균 효과크기는 주당 3회기($ES(g)=.865, p<.01$), 2회기($ES(g)=.545, p<.01$)의 순으로 나타났다. 세 번째, 총 회기수의 각 집단 간 차이 ($Q_B=11.615, p<.01$)는 통계적으로 유의했으며, 총 회기 당

평균 효과크기는 40회기($ES(g)=.865, p<.01$), 30회기 ($ES(g)=.382, p<.01$)순으로 나타났으며 각 총 회기는 통계적으로 유의하였다.

IV. 고찰

본 연구에 나타난 연구대상 논문의 특성과 질 평가 그리고 메타분석을 통한 연구 방법적 특성에 대한 주요 결과는 다음과 같다. 첫 번째로 대상 연구의 특성에 대한 분석 결과, 연구 논문의 특성의 경우 특정학교, 특정 학회지에 집중되어 출간되고 있다는 것, 단기간 실험이 주를 이루었다는 것을 알 수 있었다. 이는 실험연구이기 때문에 여러 가지 제약이 존재하기 때문에 접근이 용이하지 않다는 제한점이 있으며, 뉴로피드백 관련 주제는 융 복합적인 주제이나 학문적 용인의 범위가 크지 않다는 것을 의미하는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 편중된 현상은 서구와 비교하면 비교적 짧은 기간 동안 국내의 뉴로피드백 관련하여 학문적, 실용적

기반은 넓어지고 있으나, 주로 의학 종사자 혹은 뇌 과학 분야 종사자에게 편중되어 연구되었기 때문인 것으로 보이며 뉴로 피드백 저변의 한계로 인식되기도 한다³⁴⁾. 또한 대상 군 선정 시 집단 소속의 미인지와 결과 측정 시 집단의 미인지에 주로 높은 비뮴림(bias)을 받게 되는데, 이는 뉴로 피드백 훈련이라는 치료방법(개선방법)이 아직까지도 피험자들에게는 낯설어 실험대상을 모집하는데 한계가 있고, 훈련을 하면서 실시간 스스로 피드백을 하여 자신의 능력을 향상·개선시키는 방법이기 때문에 결과 측정 부분과 집단 소속(실험집단 대 비(非)실험집단)의 인지에 따른 결과는 실험연구에 있어서 피할 수 없는 한계점이다.

두 번째로 질 평가 결과, 분석 대상인 논문 중 석사 논문 9편에 있어 연구의 질과 실험 설계의 문제점이 보고되었음에도 불구하고 연구대상에 포함하여 분석하였다. 이러한 부분은 실제적으로 학위 과정에서 제한점으로 보고되는 부분을 본 연구의 분석에 포함시켜서 보고자 했던 연구자의 의도였으며 이를 통하여 이후 학위 논문의 실험 설계에서 좀 더 전문성이 필요함을 강조하고자 하였다.

세 번째로 메타분석 결과, 전체 의료기기를 통한 뉴로피드백 훈련의 평균효과는 중간크기로 훈련의 효과성은 69%가 보고되었으며, 주당 3회, 한 회기 당 15분 총 40회기에서 가장 큰 효과를 보였다. 이러한 평균 효과크기는 제한적인 결과이지만 2회나 5회기보다는 3회기에서 효과를 보인다는 기존의 연구 결과³⁵⁾와 맥락을 같이한다. 즉 뉴로피드백 훈련의 지속성은 36~48시간을 가지고 있으며 뇌의 피로도도 인하여 훈련 중 휴식시간이 포함되어 실시되어야 하기 때문에 30분 이상의 훈련 실시는 피험자에게 있어서 효과의 감소를 보인다는 연구 결과³⁶⁾와 맥락을 같이하는 것으로 보인다. 또한 본 연구는 국내 자료로만 한정하여 분석을 실시하였기 때문에 국외의 뉴로 피드백 훈련의 효과성과와의 차이를 비교할 수 없다. 이는 연구 수 부족으로 3편만을 메타분석에 사용했던 제한점과 맥락을 같이 하는데 현재 국내의 병원에 뉴로 피드백이나 바이오피드백을 실시할 수 있는 장비와 측정 도구가 존재함에도 불구하고 장비의 복잡성과 더불어 뇌 과학 기반에 대한 이론적 배경이 부족한 것이 현실이다. 또한 국제 공인 자격 전문가가 부족하여 프로컴(Pro-comp), 미사(Mitsar), 넥서스(Nexus) 등의 장비 활용도가 떨어지는 점이 전문의들이 임상군에게 뉴로 피드백 훈련을 실시하여 논문을 출간하는 것에 제약이 되고 있는 이유로

보인다. 본 연구에서는 이러한 국내의 현실 아래 실시되고 있는 뉴로피드백의 현주소와 효과성에 대한 분석이 필요할 것으로 판단하여 국내 논문만을 분석 자료로 한정하였다. 이에 후속연구에서는 국외 자료도 메타 분석 자료에 포함하여 뉴로 피드백 훈련프로그램 효과성에 관련된 변인 군에 대한 국내·외 연구의 효과와 관련군의 비교 분석이 필요할 것으로 보인다. 세 번째 본 연구에서는 국내에서 발간된 학위 논문과 학술지 논문 중 온라인상에서 원문을 구하기 어려운 논문은 분석에서 제외되었다. 만약 제외된 논문의 연구 결과가 포함되었을 경우 전체 효과크기는 다소 차이가 날 수 있으므로 후속 연구에서는 이에 대한 보완이 필요할 것이다.

마지막으로 본 논문의 제언 점으로 2001년 이후부터 2015년 현재까지 약 15년간의 뉴로 피드백 훈련 프로그램의 효과는 부작용이 보고되지 않은 상태이고, 메타분석으로 수치를 분석한 결과 중간 이상의 효과 크기를 나타내고 있다. 분석 대상 군에 따른 이질성과 부족한 편수임에도 불구하고 기본적으로 대부분의 연구 대상에 있어 효과를 나타내고 있으며 3편의 효과크기 역시 차이 검증에서 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 임상군에 기준을 가지고 뉴로피드백 훈련과 치료가 병행된다면 임상적으로 유의미한 결과가 도출될 수 있을 것으로 보인다. 연구 편수와 가중치의 문제를 기술적으로 분석하였음에도 불구하고 메타분석의 대상을 3편만을 선정한 이유는 기본적으로 뉴로피드백이란 용어를 쓰기 위해서는 국내뿐만 아니라 해외에서도 인정을 받을 수 있는 표준화된 수치를 제공하고 신뢰도와 타당도를 확인할 수 있는 의료기기를 사용한 연구물만을 선정하기 위함이었다. 메타분석의 특성상 누적편수는 결과를 도출하는데 있어서 중요함에도 불구하고 3편의 논문을 선정하여 분석을 실시한 것은, 현재 뉴로피드백 훈련과 치료의 흐름으로는 표준화된 결과를 분석하는데 부족함이 있는 현실이라는 것을 제안하고 뇌파와 관련한 연구들에 유의미한 현상에 대한 논의를 제공하기 위함이었다. 이에 연구 방법론적 특성을 보완하며 좀 더 효과적인 결과를 도출해내기 위하여서는 더 많은 연구의 축적이 필요할 것이다. 현재 국내에서 실시되고 있는 뉴로피드백 훈련에 대한 결과는 표준화된 수치가 신뢰할만하게 제시되는 의료기기로 측정된 것보다는 의료기가 아닌 훈련도구의 사용으로 측정된 결과의 보고가 다수를 차지하고 있었다. 미래에는 융 복합 시대이자 인간

의 뇌에 대한 관심과 증대 그리고 뇌 과학 분야와 타 학문과의 접점이 만들어질 것이다. 타 학문과의 원활한 의사소통이 이루어지기 위해서는 상호 신뢰할만한 장비로 측정 및 훈련하는 것이 필수적일 것이다. 즉 앞으로는 다수의 전문 의들에 의해 표준화된 의료기기를 사용하여 훈련과 치료의 기준점을 세울 연구가 지속적으로 다양하게 다수로 진행되어야 할 것으로 보인다. 이제는 뉴로피드백 훈련 프로그램을 실시하거나 도구와 프로그램을 개발하는 연구자들은 기본적으로 국내에 뉴로피드백을 소개하며 도입하는 단계를 넘어서 국내의 특성을 이해하여 대상자들에게 시간 혹은 비용적인 면에 있어서 보다 도움을 제공할 수 있는 방법과 측정 도구를 사용하는 것이 필요하다고 하겠다. 또한 새로운 소프트웨어의 개발, 전문가 교육의 심화, 학문적, 융복합적 연구가 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 뉴로피드백 프로그램 훈련(생기능자기조절훈련)에 대해 체계적으로 탐색하기 위하여 국내에서 발간된 학위논문과 학술지 논문을 대상으로 문헌고찰과 함께 메타 분석을 실시하였다. 연구대상은 데이터베이스 검색을 통해 2001년부터 2015년 8월까지 출판된 논문들 중 two-Group Study 연구만을 최종 42편 선정하여 연구들의 특성을 탐색하였으며 연구들의 질 평가를 실시하였다. 이후 국내·외에서 허가받은 의료기기만을 사용한 연구 3편을 대상으로 평균 효과크기와 차이검증을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 각 연구대상물의 특성은 특정학회지와 특정학과에서 뉴로피드백 치료의 개념보다는 훈련의 개념으로서 실시된 연구가 대다수였다.

2. 통제 집단-실험집단 설계로 진행된 42편의 연구만을 선정하여 연구의 질을 평가해 본 결과 전반적으로 연구의 질이 낮게 보고되었다.

3. 3편의 연구에 대한 메타분석 결과 전체평균 효과크기는 통계적으로 유의한 중간 효과크기를 나타내었다. 중재변인의 결과 한회기당 15분, 주당 3회기, 총 40회기에서 집단 간 효과크기가 유의한 결과를 나타냈다.

본 연구에서 밝혀진 연구 결과를 통하여 뉴로 피드백 훈련 프로그램 대상에 대한 효과적인 개입과 선정에 대한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Thompson M & Thompson L. The neurofeedback book. 2nd ed. Wheat Ridge: The association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2003:857-8.
2. Lim JH, Seong WY. The Review for Studies of Neurofeedback Training. The Korean Society of Oriental Neuropsychiatry. 2014;25(3):271-86.
3. Kang HW, Kim TH, Lyu YS. An introduction on Biofeedback & Application in Oriental Medicine. Journal of Oriental Neuropsychiatry. 2005;16(1):143-57.
4. Lee HJ, Park YB, Park YJ, Oh HS. A Review of Neurofeedback Studies. The Journal of the Korean Institute of Oriental Medical Diagnostics. 2007;11(2):13-26.
5. Sterman MB & Egner T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. Applied psychophysiology and biofeedback. 2006;31(1):21-35.
6. Peniston EG, Kulkosky PJ. Alcoholic personality and alpha-theta brainwave training. Medical psychotherapy. 1990;3:37-55.
7. Peniston EG, Kulkosky PJ. Alpha-theta brainwave neurofeedback for Vietnam veterans with combat-related post-traumatic stress disorder. Medical Psychotherapy. 1991; 4(1):47-60.
8. Moriyama TS, Polanczyk G, Caye A, Banaschewski T, Brandies D, Rohde LA. Evidence-based information on the clinical use of neurofeedback for ADHD. Neurotherapeutics. 2012;9(3):588-98.
9. Hammond DC. Neurofeedback treatment of depression and anxiety. Journal of Adult Development. 2005;12(2): 131-7.
10. Cortoos A, Valck ED, Arns M, Breteler MHM, Cluydts R. 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. 2010;35(2):125-34.
11. Bounias M, Laibow RE, Bonaly A, Stubblebine AN. EEG-neurobiofeedback treatment of patients with brain injury: Part 1: Typological classification of clinical syndromes. Journal of Neurotherapy. 2002;5(4):23-44.
12. Veron DJ. Can Neurofeedback Trainig Enhance Performance? An Evaluation of the Evidence with Implications for Future Research. Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2005;30:347-64.
13. Derubeis RJ, Siegle GJ, Hollon SD. Cognitive therapy versus medication for depression: treatment outcomes and neural mechanisms. Nature Reviews Neuroscience. 2008;9(10):788-96.
14. Hammond DC. Neurofeedback with anxiety and affective disorders. Child and adolescent psychiatric clinics of North America. 2005;14(1):105-23.
15. Peniston EG, Kulkosky PJ. Alcoholic personality and alpha-theta brainwave training. Medical psychotherapy. 1990;3:37-55.

16. Siegle GJ, Ghinassi F, Thase ME. Neurobehavioral therapies in the 21st century: Summary of an emerging field and an extended example. *Cognitive Therapy & Research*. 2007;31(2):235.
17. Choi SW. Past current and future of Neurofeedback. Institute of Brain Education. 2010;6:55-73.
18. Jang CY. Effects of concentration training with brainwave biofeedback on tennis performance. unpublished master's thesis, Seoul:Seoul National University. 2001;65-6.
19. Choi CS. (The) effects of mental training with brain-wave feedback on mental attention, metabolic factors, stress hormone after maximal exercise. unpublished doctoral dissertation, Seoul:Hanyang University. 2003;101-2.
20. Lim JH & Seong WY. The Review for Studies of Neurofeedback Training. The Korean Society of Oriental Neuropsychiatry. 2014;25(3):271-86.
21. Choi SW. Past current and future of Neurofeedback. Institute of Brain Education. 2010;6:55-73.
22. Nam JO. The encounter of Neurofeedback's present and art-therapy. The Institute of Korean Arts Therapy. 2007;53: 1-31.
23. Shin IS, Park EY. Review of the Meta-Analysis Research in Special Education and Related Field. *Korean Journal of Physical, Multiple, & Health Disabilities*. 2011;54(4):157-76.
24. Lubar J. Neurofeedback for the management of attention-deficit/hyperactivity disorders. In:Schwartz, Marks. eds. *Biofeedback: A practitioner's guide*. 2nd ed. New York:Guilford Press. 1995;93-522.
25. Othmer. Implications of network models for neurofeedback. In:Evans JR, ed. *Handbook of neurofeedback: Dynamics and clinical applications*. 1st ed. New York: CRC Press. 2009;25-60.
26. Thatcher RW, Walker RA, Biver CJ, North DN & Curtin R. Quantitative EEG normative databases: Validation and clinical correlation. *Journal of Neurotherapy*. 2003;7(3-4): 87-121.
27. Park PW. *Introduction to Neurofeedback*. 1st ed. Seoul: Korea Institute of Psychiatry. 2005:55-6.
28. Cooper H, Hedges LV, Valentine JC(eds.). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. 2nd ed. New York:Russell Sage Foundation. 2009:631-2.
29. Hedges L, Olkin I. *Statistical models for meta-analysis*. 1st ed. New York: Academic Press. 1985:369-70.
30. Shin IS, Park EY. Review of the Meta-Analysis Research in Special Education and Related Field. *Korean Journal of Physical, Multiple, & Health Disabilities*. 2011;54(4):157-76.
31. Hwang SD. *The Meta-Analysis comprehension, Easy to Know*. 1st ed. Seoul:Hakjijisa. 2014:317-8.
32. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. New York:Academic Press. 1977: 559-60.
33. Rosenthal R, Rubin DB. Statistical analysis: Summarizing evidence versus establishing facts. *Psychological Bulletin*. 1985;97(3):527-9.
34. Choi SW. Past current and future of Neurofeedback. Institute of Brain Education. 2010;6:55-73.
35. Lubar J. Neurofeedback for the management of attention-deficit/hyperactivity disorders. In:Schwartz, Marks. eds. *Biofeedback: A practitioner's guide*. 2nd ed. New York:Guilford Press. 1995;93-522.
36. Thompson L, Thompson M, Reid A. Neurofeedback outcomes in clients with Asperger's syndrome. *Applied psychophysiology and biofeedback*. 2010;35(1):63-81.

