

청소년기 성별에 따른 뉴로피드백 훈련의 효과 연구

변윤언^{1*}, 박병운²

¹경기대학교 청소년학과, ²서울불교대학원대학교 뇌과학전공

The Effect of Neurofeedback Training on Sex differences groups in Adolescence

Youn-Eon Byun^{1*} and Pyong-Woon Park²

¹Dept. of Youth Science, Kyonggi University

²Dept. of Neuroscience, Seoul University of Buddhism

요 약 이 연구는 뉴로피드백 훈련이 청소년기 성별에 따라 그 효과가 어떻게 나타나는지를 검증할 목적으로 이루어졌다. 이 연구를 위해 경기도 용인시에 거주하는 초·중·고등학교 45명의 청소년에게 뉴로피드백 훈련을 실시하였다. 2009년 11월부터 2010년 3월까지 총 20~25회의 훈련을 받도록 하였으며 주 2~3회씩, 회당 20분~50분씩 훈련을 제한하여 실시하였다. 데이터는 SPSS 12.0으로 통계처리 하였으며, 연구목적에 맞게 t-test로 성별의 효과 차이를 확인하였다. 연구결과, 뉴로피드백 훈련의 효과가 성별에 따라 시기적으로 차이가 있음을 확인할 수 있었으며 뇌기능지수의 내용별로 차이가 있음을 확인하였다. 정서지수는 주로 여자청소년에만 나타났고, 항스트레스지수는 주로 남자청소년에게 나타났다. 이러한 결과는 전전두엽 훈련인 뉴로피드백 훈련의 효과가 청소년기 남자와 여자의 대뇌피질의 기능적인 변화를 그대로 반영하고 있는 것이었다.

Abstract The purpose of this study was to verify the effect of neurofeedback training on adolescence groups that are different in sex. The experiment was carried out with 45 students who living in Yong-in of Kyonggi Province. From November 2009 to March 2010, each were under training about 20-25 times, 2-3 times a week, during 20 to 50 minutes, was conducted by limiting training. Statistical data collected were processed with the SPSS 12.0. For the purposes of t-test showed that differences in the effects of sex. The result, The effects of neurofeedback training, according to the sex differences were confirmed. only boys showed stress resistance quotient, only girls showed emotional quotient. they also have differences in some part of cerebral cortex that are responsible for stress and emotion. As a result, neurofeedback training affects the prefrontal lobe.

Key Words : Neurofeedback Training, Different in sex, Stress resistance quotient, Emotional quotient

1. 서론

1.1 연구의 필요성 및 목적

뇌와 관련한 수많은 연구와 저술들이 발표되고 있고 그러한 정보를 접하는 사람들은 그 신비함에 놀라움을 감출 수가 없다. 현재까지 보고된 인간의 '뇌'에 대한 지식은 빙산의 일각에 불과할 뿐이지만, 인류에게 블랙박스 와 같았던 '뇌(brain)'에 대한 호기심은 다양한 의과학기술의 발달에 힘입어 오늘날 인간을 이해하기 위한 핵심

코드가 되어가고 있다.

뇌 영상기술의 발달, 신경과학의 새로운 발견들이 인간이 질적으로 건강하게 살아갈 수 있는 비밀을 알고 있는 것처럼 하나 둘 문제를 해결해 주었다. 알츠하이머와 같은 치매질환이 뇌의 어떤 부위에서 어떤 모습으로 사람들을 괴롭히는지에 대해서도 차츰 알게 되면서 '뇌'의 재발견에 대한 흥분이 더해졌다. 더구나 뇌가 고정된 불변의 조직이 아니라 어떤 경험들에 의해 배선(hard wired)되고 유연하게 변화하는 가소성(plasticity)이 있다는 사실이 알려지면서 연구자들은 질병의 치료뿐만 아니라

*교신저자 : 변윤언(shinejx@hanmail.net)

접수일 10년 11월 17일

수정일 11년 02월 22일

게재확정일 11년 03월 10일

인지심리 및 청소년 교육 분야 등 다양한 분야에서 적용점을 찾기 위해 노력하게 되었다[1].

청소년기 뇌기능의 변화는 그들이 겪는 큰 의미에서의 문화적인 경험과 유전적인 바탕이 결합되어 나타난다. 개인의 유전적인 바탕에 어울리는 경험을 시기적절하게 제공하게 될 때 교육은 매우 성공적일 것이다. 이러한 맥락에서 청소년기의 뇌기능에 직접적인 영향을 줄 수 있는 뉴로피드백(Neurofeedback) 훈련의 제공 역시 매우 의미 있는 교육적 경험이 될 수 있을 것이다.

이 연구는 각 학교급별 여자 청소년과 남자청소년들의 뇌기능분석을 통해 성차(性差)에 따른 비교를 시도한다. 데 그 목적이 있다. 기존의 뇌파연구에서는 인종이나 성(性)에 따른 차이를 설명할 수 없었지만 노년기에 이르면 뇌파를 통해 성차(性差)를 설명할 수 있다고 보고한 바가 있다[2]. 그러나 최근 뇌의 기능과 발달에 있어서 남자와 여자 간에 분명한 차이가 있음이 밝혀지면서 뇌파 연구에서도 다각적인 연구가 필요하게 되었다. 따라서, 이 연구에서는 뇌의 기능적인 변화와 발달이 급격하게 이루어지는 청소년기를 초·중·고의 각 학교급별로 나누어 연령의 추이를 고려하고, 이에 따라 구체적으로 여자 청소년과 남자청소년의 성별에 따른 뉴로피드백 훈련의 효과가 어떻게 다르게 나타나는지 알아보고자 한다.

1.2 이론적 배경 및 선행연구 검토

Othmer(1999)는 신경과학자 Llinas의 연구를 인용하면서 뉴로피드백 훈련을 받을 때 시상(thalamus)과 피질(cortex)로 형성된 고리의 한 끝을 훈련하기 때문에 피질 상에 일어난 변화는 뇌 깊숙이 있는 시상에 투영된다고 하였다. 따라서 이렇게 뉴로피드백 기술을 통해 피질의 리듬을 바꾸게 되면 시상의 리듬도 바뀌며 이렇게 피질의 리듬이 느리게 되면 전체 뇌의 시스템도 상호작용에 따라 느리게 되고 뇌의 아래 부분도 느리게 된다[3]. 뉴로피드백 훈련은 뇌의 네트워크를 형성하는 주요한 통로까지 새롭게 만들어 줄 수 있는 효과가 있으며 약한 부분들이 강화되거나 정상화되는 효과가 있다고 보고되고 있다[4]. 이는 과제수행에 집중할 수 있는 뇌 상태를 스스로 만들고 유지할 수 있는 힘이 생기기 때문에 청소년들이 본격적인 학습을 하기 이전에 뉴로피드백 기술을 이용한 뇌 훈련을 받게 된다면 훨씬 더 효율적인 학습을 위한 두뇌의 준비가 가능할 것이다.

성인이 되면 남녀 모두 뇌의 모든 영역에서 성숙기에 도달하기 때문에 새로운 자료를 학습하거나 과제를 수행할 때 남녀 간에 차이가 크지 않지만 학습의 과정에 있는 아동기, 청소년기의 경우에는 상황이 다르다. 뇌의 기능에 성차가 존재한다는 연구들은 일반적으로 청소년기의

여자가 남자보다 1~2년 정도 빨리 성숙한다고 한다. 이것은 여자청소년이 남자청소년보다 수초화가 빨리 진행된다는 것을 의미한다. Blum(1998)은 12세 소녀의 경우 전두엽쪽의 피질이나 측두엽 위쪽의 피질이 빨리 발달하는 반면, 소년의 경우 공간이나 시각과정, 목표적중 등과 연관된 감각운동피질, 후두엽쪽의 피질이 더 빨리 발달한다는 사실을 밝혀내었다. 14세 소녀의 뇌에서는 감정과 관련된 뇌 활동이 편도에서 대뇌피질로 이동하지만, 14세 소년의 뇌에서는 그러한 활동이 여전히 편도에서 이루어진다[5].

Wang(2007)은 심리적 스트레스에 대한 신경반응을 성별에 따라 연구한 결과 성별차이가 스트레스의 취약점을 보여주는 중요한 생물학적 인자임을 확인하였다. 스트레스에 반응하는 대뇌혈류(rCBF)의 변화를 fMRI로 촬영한 결과, 남자의 경우 오른쪽전두엽피질(right prefrontal cortex; RPF)과 왼쪽안와전두피질(left orbitofrontal cortex; LOF)에서 스트레스에 대응하는 지속적인 혈류의 변화가 관찰되었다. 이에 비해 여자는 변연계(limbic system)에서 스트레스에 대응하는 변화를 보여주었다. 뿐만 아니라 남자의 비대칭 전두엽활동이 코티졸(cortisol) 활성화와 상관이 높은 반면, 여자의 변연계 활동은 코티졸 활성화와 상관이 낮게 나타났다[6].

McRae(2008)은 성별에 따라 감정조절에 사용하는 인지적 평가 기능에 어떤 차이가 있는지 fMRI를 촬영한 결과 감정의 반응에 차이를 발견하였다. 부정적인 감정에 대한 인지적인 재평가라는 측면에서는 남자와 여자 모두 공통점이 있었지만, 남자의 경우 그러한 감정조절이 있는 동안 편도체에서 크게 감소하였고 전두엽 활동과 관련된 통제는 덜 하였다. 여자의 경우 감정의 보상과 관련한 배쪽의 선조체(ventral striatal)가 인지조절을 하는 경우 남자보다 더 크게 활동하였다. 이러한 결과는 남자가 인지조절을 할 때 노력을 덜 사용한다는 점, 여자가 부정적인 감정을 처리할 때 훨씬 큰 범위에서 조절하여 긍정적인 것으로 사용한다는 점을 보여주는 것이었다[7].

청소년들은 연령대에 따라 각기 다른 뇌의 변화를 겪게 되지만 분명히 개인차는 존재한다. 그동안 사람들은 그러한 개인차가 유전적인 바탕에서 비롯된다고 생각해왔지만 교육적 개입을 통해 그것을 줄일 수 있다고 생각해 왔다. 그러한 생각은 남자와 여자의 차이가 교육을 통해서 평등해질 수 있다고 믿게 되었고 교육에 적용되었다. 그러나, 청소년기의 새로운 발견은 뇌과학 발전과 함께 남자와 여자의 생애적 차이를 좀더 구체화하게 되었다. 따라서, 이는 단순히 사회적인 의미를 넘어 교육내용을 부분적으로 보완해야 할 필요를 느끼게 될지 모른다.

2. 연구방법

2.1 연구설계

뉴로피드백 훈련의 성별에 따른 효과성을 검증하기 위해 표 1과 같이 실험설계를 하였다. 뉴로피드백훈련을 실시하기 전에 뇌기능분석프로그램(BQ Test)으로 훈련 전 뇌기능을 측정하고 남자와 여자청소년 모두 동일하게 20~25회의 훈련을 실시한 후 다시 뇌기능을 측정하였다. 이렇게 수집한 전체 데이터를 SPSS 12.0 프로그램에 맞게 변환한 후 차이검증을 위해 t-test로 통계처리 하였다.

[표 1] 연구를 위한 실험설계

	훈련전 측정	훈련횟수	훈련후 측정
남자실험군	T ₁	20 ~ 25회	T ₂
여자실험군			

2.2 연구대상 및 실험절차

이 실험은 경기도 용인시에 거주하는 초·중고의 남녀 청소년 각 15명씩을 대상으로 이루어졌다[표 2].

[표 2] 실험대상

	성별	초등학교	중학교	고등학교
실험군 (N=45)	남자	7	6	5
	여자	8	9	10
	계	15	15	15

초등학교, 중학교의 경우 훈련에 참여하기를 희망하는 학생을 대상으로 부모님과 전화 및 면담으로 상담하고 동의를 얻은 후 자기주도학습실에서 훈련을 실시하였으며, 고등학교의 경우 경기도교육청에 협조를 구하여 용인시에 있는 S고등학교 컴퓨터실에서 훈련희망자를 대상으로 실험하였다. 실험은 2009년 11월부터 2010년 3월까지 주 2~3회씩, 회당 20분~50분동안 제한적으로 이루어졌다. 그리고, 훈련에 참여한 학생들에게 사전 뇌기능측정 결과에 나타난 훈련 프로토콜을 개별 상담을 통해 알려진 후 뇌훈련에 임하게 하였다.

2.3 연구도구

뉴로피드백 훈련의 효과를 측정하기 위해 사용한 프로그램은 (재)한국정신과학연구소에 개발된 뇌기능분석프로그램인 BQ-Test이며 뇌파측정 및 뉴로피드백 훈련은 (주)브레인테크의 2채널시스템 프로그램인 뉴로하모니M을 사용하였다. 뇌파측정도구로서 뉴로하모니M은 미국

Grass Neurodata Amplifier System과 비교하였을 때 좌우 알파파, 베타파, 세타파 값에 대한 상관계수가 .916($P < .001$)으로서 신뢰도와 타당도를 검증받았다[8]. 뉴로피드백 훈련도구로서 뉴로하모니M은 이동식 기기로서 피검자의 뇌파정보를 피검자가 숙지하고 피검자 개인에게 필요한 뇌파 훈련 프로토콜을 컴퓨터 프로그램에 입력하여 스스로 뇌파를 조절하도록 돕는 최첨단 뇌과학 기술이다.

2.4 뇌기능지수 평가의 의미

이 연구에서는 뇌기능분석(BQT)의 주요지수인 8개 모두를 분석하여 각 학교급별 남자와 여자의 차이를 다각적으로 분석하고자 하였다. 지수의 의미는 다음과 같다.

기초율동지수(BRQ : Basic Rhythm Quotient)는 뇌의 안정성을 나타내는 지수로서 뇌 발달정도, 노화정도, 안정도를 판단할 수 있다. 자기조절 지수(SRQ : Self-Regulation Quotient)는 뇌의 각성시에 나타나는 휴식, 주의력, 집중력의 세 가지 상태를 자율조절하는 능력을 평가하는 것이다. 주의지수 (ATQ : Attention Quotient)는 θ 파와 SMR의 비율과 연령에 따라 뇌의 각성 정도를 판단한 것이다. 이 지수가 높으면 질병이나 스트레스에 대한 저항력, 면역능력이 높다는 것을 의미한다. 활성지수(ACQ : Activation Quotient)는 뇌의 활성정도를 나타내는 지수로서 정신적 활동과 사고능력 및 행동성향을 판단할 수 있다.

정서지수(EQ : Emotional Quotient)는 α 중심으로 정서적 안정, 불안정 상태를 살펴볼 수 있다. 항스트레스지수(SQ: Stress Resistance Quotient)는 내외적 환경 요인으로 인한 육체적, 정신적 피로도를 나타내는 지수로서 θ 파와 β 파의 상호연관성에 의해 산출된다. 이것은 스트레스에 대한 저항지수를 뜻하는 것으로 높을수록 좋다. 좌우뇌균형지수(CQ: Correlation Quotient)는 좌뇌와 우뇌의 균형을 보는 지수이다. 균형이 깨지면 육체적 불균형뿐만 아니라 언어장애, 정서장애, 활성장애 등 불균형으로 인한 다양한 문제점들이 나타난다. 뇌지수(BQ: Brain Quotient)는 앞에서 설명한 모든 지수들을 기반으로 뇌의 기능을 종합 평가하는 지수이다. 뇌지수는 IQ와 비례관계를 가질 수 있으며 정신적 육체적인 건강상태와도 밀접한 관계를 가진다.

3. 연구결과

3.1 실험집단 간 동질성 검증

이 연구에 참여한 초·중·고의 모든 학교급별 남자 18명과 여자 27명의 집단 간 독립표본 *t*검증을 실시한 결과 표 3과 같은 집단 간 동질성을 확인할 수 있었다.

[표 3] 남자와 여자의 실험 집단의 동질성 검증 결과

	성별	N	M±SD	t	p	
기 초 율 동 지수	좌	남	18 75.49±10.99	-0.656	0.515	
	우	남	18 72.44±9.70			
	자 기 조 절 지수	좌	남	18 69.18±12.04	-1.064	0.293
		우	남	18 76.38±10.34		
주의지수	좌	남	18 48.66±13.91	0.772	0.444	
	우	남	18 49.52±14.54			
	활성지수	좌	남	18 56.39±12.91	0.639	0.527
		우	남	18 57.57±12.01		
정서지수	좌	남	18 80.13±4.98	0.452	0.653	
	우	남	18 79.42±5.21			
항 스트 레 스 지 수	좌	남	18 69.46±9.56	0.467	0.643	
	우	남	18 68.46±8.67			
	좌우뇌 균형지수	좌	남	18 78.06±8.20	1.282	0.207
		우	남	18 73.06±15.10		
뇌지수	좌	남	18 65.94±6.72	0.444	0.659	
	우	남	18 64.97±7.47			

P(≤.05)

3.2 초등학교 남자와 여자 차이검증

표 4의 결과에서 나타난 바와 같이, 남자의 경우 자기 조절지수에서만, 여자의 경우 주의지수 좌우, 활성지수 좌우, 항스트레스지수 우, 그리고 뇌지수에서 의미있는 훈련효과를 보여주었다.

신뢰도 *P*(≤.05)에서, 기초율동지수 경우 남녀집단 모 구 유의미한 결과가 나타나지 않았다. 자기조절지수의 경 우 남자실험군에서만 *t*= -2.485, *P*=.047*로서 효과가 나타 났다. 여자실험군에서는 평균의 변화는 있었으나 신뢰 구간에서의 유의미한 변화로 이어지지는 못했다.

주의지수의 경우 남자실험군에서 유의미한 변화는 없 었고 여자실험군에서 좌우 *t*값이 -2.877, -3.144, *P*=.024*, .016*으로 좌우 모두에서 유의미한 결과를 보여 주었다. 활성지수 경우에도 남자실험군은 유의미한 결과가 나타 나지 않았으며 여자실험군에서는 좌우 *t*값 -2.410, -3.199, *P*=.047*, .015*로 활성지수 좌우 모두에서 유의미한 결과 를 보여 주었다.

정서지수의 경우 남자실험군은 유의미한 결과가 나타

나지 않았으나 여자실험군에서는 *t*값 -3.130, *P*=.017*로 유의미한 결과를 보여 주었다. 항스트레스지수의 경우 남 자실험군에서는 유의미한 결과가 나타나지 않았으나 여 자실험군에서는 좌우 *t*값이 -2.195, -2.427, *P*=.064, .046*으로 우측에서만 유의미한 결과를 보여 주었다.

좌우뇌균형지수의 경우 남녀실험군 모두 유의미한 결 과가 나타나지 않았다. 뇌지수의 경우에는 남자실험군은 유의미한 결과가 나타나지 않았으나 여자실험군에서는 *t* 값이 -5.336, *P*=.001*로 나타나 신뢰도 *P*(≤.001) 수준에 서까지 효과가 유의미하게 확인되었다.

[표 4] 초등학교 남자와 여자의 차이 검증 결과

변수	남				여			
	훈련 전	훈련 후	<i>t</i>	<i>P</i>	훈련 전	훈련 후	<i>t</i>	<i>P</i>
	M±SD	M±SD			M±SD	M±SD		
기 초 율 동 지 수	81.03± 9.65	75.37± 9.48	1.718	0.137	79.54± 13.76	73.80± 10.81	1.316	0.230
	75.91± 12.13	74.48± 10.23			71.40± 12.94	79.35± 11.81		
자 기 조 절 지 수	64.85± 11.39	81.49± 9.17	-2.48 5	0.047 *	76.57± 11.09	81.54± 9.59	-0.78 6	0.457
	54.54± 8.09	58.57± 11.04			-1.17 7	0.284		
주의 지 수	57.73± 6.13	62.52± 7.83	-1.32 9	0.232	49.45± 6.65	61.90± 9.17	-3.14 4	0.016 *
	60.30± 5.34	62.07± 7.35			-0.84 7	0.430		
활성 지 수	63.26± 6.21	65.04± 6.15	-0.82 9	0.439	60.30± 7.88	68.52± 9.24	-3.19 9	0.015 *
	83.12± 3.48	83.30± 3.46			-0.11 3	0.914		
항스 트레 스 지 수	73.38± 12.10	75.80± 9.66	-0.65 4	0.537	66.78± 15.50	78.73± 6.71	-2.19 5	0.064
	74.47± 7.44	77.47± 8.62			-0.73 6	0.489		
좌우 뇌 균 형	77.79± 10.72	73.47± 4.34	0.892	0.407	71.41± 14.10	71.00± 10.23	0.074	0.943
	69.67± 3.87	71.78± 4.10			-1.07 0	0.326		

P(≤.05)

3.3 중학교 남자와 여자 차이검증

표 5의 결과에서 남자의 경우 주의지수 좌우, 항스트 레스지수 좌우, 뇌지수에서 훈련의 효과를 보여주었고 여 자의 경우 주의지수 좌, 활성지수 좌우, 뇌지수에서 유의 미한 결과를 보여주었다.

기초율동지수의 경우 남녀실험군에서 유의미한 결과 가 나타나지 않았고 평균값에서의 소폭 상승만이 확인되 었다. 자기조절지수의 경우에서도 동일하였다.

주의지수의 경우 남자실험군 좌우 *t*값이 -5.271,

-4.442, $P=.003^*$, $.007^*$ 로서 유의미한 결과가 나타났다. 여자실험군에서는 좌우 t 값이 -2.745, -1.791, $P=.025^*$, $P=.111$ 로 좌측에서만 유의미한 결과를 보여 주었다. 활성지수의 경우 남자실험군은 유의미한 결과를 보여주지 못했고 여자실험군에서 좌우 t 값이 -3.467, -2.324, $P=.008^*$, $.049^*$ 로 나타나 유의미한 결과를 보여 주었다.

정서지수의 경우 남녀실험군 모두에서 유의미한 결과를 보여 주지 못했으며 항스트레스지수의 경우 남자실험군 좌우 t 값은 -6.077, -4.660, $P=.002^*$, $.006^*$ 으로서 매우 유의미한 결과가 나타났다. 그러나 여자실험군에서는 평균의 상승은 있었으나 유의미한 결과는 아니었다.

좌우뇌균형지수에서는 두 집단 모두 유의미한 결과를 보여 주지 못했다. 뇌지수의 경우 남자실험군 t 값-2.607, $P=.048^*$ 로서 유의미한 결과가 나타났으며 여자실험군에서도 t 값 -3.042, $P=.016^*$ 으로 유의미한 변화를 확인하였다.

[표 5] 중학교 남자와 여자의 차이 검증 결과

변수	남				여				
	훈련 전 M±SD	훈련 후 M±SD	t	P	훈련 전 M±SD	훈련 후 M±SD	t	P	
기초 운동 지수	좌	78.34± 9.33	69.59±6 .79	1.75 8	0.13 9	76.50± 11.03	77.04± 8.58	-0.22 1	0.83 1
	우	72.62± 5.34	73.62±9 .28	-0.26 1	0.80 5	81.63± 8.27	82.39± 3.82	-0.30 5	0.76 8
자기 조절 지수	72.10± 14.84	86.70±1 3.99	-2.05 2	0.09 5	69.46± 21.87	83.45± 16.45	-1.88 0	0.09 7	
주의 지수	좌	53.07±1 3.17	64.43±1 3.79	-5.27 1	0.00 3*	50.97± 14.13	61.14± 8.78	-2.74 5	0.02 5*
	우	53.45±1 4.52	63.31±1 2.66	-4.44 2	0.00 7*	54.30± 14.38	62.00± 9.53	-1.79 1	0.11 1
활성 지수	좌	60.71±1 4.56	66.72±6 .60	-1.46 0	0.20 4	56.04± 9.33	62.40± 10.61	-3.46 7	0.00 8*
	우	61.54±1 0.58	65.61±6 .26	-1.34 8	0.23 5	56.84± 11.06	62.37± 10.60	-2.31 4	0.04 9*
정서 지수	81.45±4 .19	83.15±3 .55	-1.25 4	0.26 5	82.16± 5.28	84.51± 2.65	-1.91 3	0.09 2	
항스 트레 스지 수	좌	66.89±8 .69	80.91±5 .82	-6.07 7	0.00 2*	71.35± 11.82	77.99± 10.33	-1.21 6	0.25 9
	우	66.00±8 .65	79.35±5 .72	-4.66 0	0.00 6*	73.29± 11.98	78.27± 10.83	-0.91 0	0.39 0
좌우 뇌 균형	78.32±6 .75	76.86±1 1.06	0.25 1	0.81 2	76.01± 12.77	75.05± 7.53	0.20 8	0.84 1	
뇌지 수	67.68±7 .29	73.66±4 .41	-2.60 7	0.04 8*	68.05± 6.67	73.33± 5.12	-3.04 2	0.01 6*	

$P(<.05)$

3.4 고등학교 남자와 여자 차이검증

표 6의 결과에 나타난 바와 같이 남자실험군은 활성지수 우, 항스트레스지수 좌우에서 의미있는 변화를 보고하였고 여자실험군은 주의지수 좌우, 정서지수, 뇌지수에서 의미있는 변화를 보여주었다.

기초운동지수에서 남녀 모두 훈련의 효과를 의미있게 보여주지 못했다. 자기조절지수의 경우에도 여자실험군에서 평균의 소폭 상승이 있었으나 남녀집단 모두 $P(<.05)$ 신뢰수준에서 유의미한 변화를 보여주지 못했다.

주의지수의 경우 남자실험군은 평균에서만 소폭의 상승이 있었으나 여자실험군에서는 좌우 t 값이 -3.196, -3.387, $P=.011^*$, $.008^*$ 로서 좌우에서 모두 유의미한 결과를 보여 주었다. 활성지수의 경우 남자실험군의 좌우 t 값은 -1.482, -3.102, $P=.212$, $.036^*$ 으로서 우측에서만 유의미한 결과가 나타났다. 여자실험군에서는 좌우 t 값이 -2.203, -0.960, $P=.055$, $.362$ 로 나타나 좌측에서만 유의미한 비율에 가까운 결과를 보여 주었다.

정서지수의 경우 남자실험군 t 값은 -0.726, $P=.508$ 이었고 여자실험군은 t 값이 -2.372, $P=.042^*$ 로 나타나 여자실험군에게서만 유의미한 결과를 보여 주었다. 항스트레스지수의 경우 남자실험군 좌우 t 값은 -3.799, -3.418, $P=.019^*$, $.027^*$ 로서 좌우 모두에서 유의미한 결과를 보여 주었다. 여자실험군은 좌우 t 값이 -1.031, -1.211, $P=.329$, $.257$ 로 유의미한 결과를 보여 주지 못했다.

좌우뇌균형지수의 경우 남녀실험군 모두 훈련의 유의미한 변화를 보여주지 못했으며 뇌지수의 경우에는 여자실험군에서만 t 값이 -2.754, $P=.022^*$ 로 유의미한 변화를 보여주었다.

[표 6] 고등학교 남자와 여자 차이 검증 결과

변수	남				여				
	훈련 전 M±SD	훈련 후 M±SD	t	P	훈련 전 M±SD	훈련 후 M±SD	t	P	
기초 운동 지수	좌	64.32±6 .57	68.95±1 1.40	-0.77 5	0.48 2	76.97± 5.46	74.84± 9.11	0.591 9	
	우	67.36±9 .47	64.70±1 1.31	0.365 3	0.73 3	75.64± 8.20	78.61± 5.43	-1.26 6	0.23 7
자기 조절 지수	71.72±9 .59	71.90±2 1.92	-0.01 6	0.98 8	76.22± 16.24	80.31± 24.43	-0.50 2	0.62 7	
주의 지수	좌	35.15±1 3.76	38.16±1 8.12	-1.06 1	0.34 9	34.20± 20.07	47.02± 18.46	-3.19 6	0.01 1*
	우	33.30±1 0.44	35.63±1 6.58	-0.62 7	0.56 5	33.92± 18.39	43.92± 14.82	-3.38 7	0.00 8*
활성 지수	좌	45.73±1 4.29	48.95±1 3.92	-1.48 2	0.21 2	45.37± 20.01	54.29± 12.45	-2.20 3	0.05 5
	우	44.84±1 1.50	48.00±1 1.72	-3.10 2	0.03 6*	45.91± 16.44	49.67± 7.43	-0.96 0	0.36 2

정서 지수	74.34±2 .27	75.56±4 .14	-0.72 6	0.50 8	76.37± 5.33	79.24± 5.44	-2.37 2	0.04 2*
항스 트레 스지 수	좌 67.05±5 .52	74.34±6 .40	-3.79 9	0.01 9*	65.55± 10.49	69.36± 12.70	-1.03 1	0.32 9
좌우 뇌 균형	우 63.00±5 .77	70.12±3 .24	-3.41 8	0.02 7*	65.30± 12.62	69.82± 11.41	-1.21 1	0.25 7
좌우 뇌 균형	78.13±7 .48	79.61±9 .09	-0.36 6	0.73 3	71.73± 18.60	75.55± 10.62	-0.63 3	0.54 2
뇌 지수	58.63±2 .65	61.45±6 .11	-1.22 1	0.28 9	60.65± 9.09	65.69± 7.52	-2.75 4	0.02 2*

P(≤.05)

4. 논의 및 결론

이 연구는 약 3개월간, 20회~25회라는 뇌기능변화의 임계점을 제한적인 조건으로 가정하고 실험한 것이므로 이 연구에서 보고하는 모든 결과가 뉴로피드백 훈련의 절대적인 효과라고 말하기는 어려울 것이다. 임상적으로 뉴로피드백 훈련을 1년이상 장기적으로 수행한 경우 유아 및 청소년들에게 훨씬 더 근본적인 뇌변화가 있음을 보고하는 연구가 발표되고 있기 때문이다.

뉴로피드백 훈련이 성별에 따라 어떤 양상으로 효과를 보여주고 있는지 이 연구의 결과를 종합하면 표 7과 같다. 실험결과를 지수의 개수로 분석해 보았을 때 남자청소년은 중학교, 고등학교, 초등학교 순으로 여자실험군에서는 초등학교, 중학교, 고등학교 순이었다. 이러한 결과를 바탕으로 성별 뉴로피드백의 효과를 다음과 같이 논의할 수 있다.

[표 7] 성별에 따른 뉴로피드백 훈련 효과 검증 종합

변수	초등학교		중학교		고등학교	
	남	여	남	여	남	여
	P	P	P	P	P	P
기초운동지수	좌 우					
자기조절지수		0.047				
주의지수	좌	0.024	0.003	0.025		0.011
	우	0.016	0.007			0.008
활성지수	좌	0.047		0.008		
	우	0.015		0.049	0.036	
정서지수		0.017				0.042
항스트레스지수	좌		0.002		0.019	
	우	0.046	0.006		0.027	
좌우뇌균형						
뇌지수		0.001	0.048	0.016		0.022

P(≤.05)

첫째, 뉴로피드백 훈련의 효과가 성별에 따라 시기적으로 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 실험결과, 11세~13세에 해당하는 초등학교 여자실험군에서 가장 많은 지수의 향상이 있었으며 남자의 경우 14세~16세에 해당하는 중학교에서 가장 많은 지수의 향상이 있었다. 이것은 이론적 배경 및 선행연구에서 검토한 청소년기의 여자가 남자보다 1~2년정도 수초화를 경험하고 빨리 성숙한다는 Blum(1998)의 논의를 확인하는 것이었다. 따라서, 뉴로피드백 훈련도 남자와 여자의 연령에 따라 그 도움을 주는 시기가 다를 수 있음을 보여주었다.

둘째, 뉴로피드백 훈련의 성별에 따른 효과가 지수의 내용별로 차이가 있음을 확인하였다. 여자청소년에게 두드러지게 나타난 효과는 주의지수, 활성지수, 정서지수, 뇌지수였으며 이 중에서 정서지수는 여자청소년에게만 나타난 효과로 분석되었다. 남자청소년에게 두드러지게 나타난 효과는 항스트레스지수, 자기조절지수였으며 이 중에서 항스트레스지수는 남자청소년에게만 나타난 효과로 분석되었다.

여자청소년에게만 나타난 정서지수의 경우 여자청소년의 감정과 관련된 뇌활동이 편도체에서 대뇌피질로 이동하며 감정조절 인지전략에 있어서 남자보다 여자가 전전두엽 활성화가 더 나타난다고 보고한 McRae(2008)의 연구를 확인한 것이었다. 뉴로피드백이 전전두엽 훈련임을 비추어 볼 때 여자가 대뇌피질의 전두엽에서 감정과 공감을 처리하는 것과 관련하여 정서지수 향상에 반영된 것으로 생각된다.

남자청소년에게만 나타난 항스트레스지수의 변화는 Wang(2007)의 연구에서와 같이, 스트레스의 경우 남자는 우측 전전두엽의 활성화와 관련이 깊고 여자의 경우 변연계와 관계가 깊다고 본 것과 매우 관련이 있는 것으로 보인다. 뉴로피드백 훈련이 전전두엽 발달에 효과적인 도구임을 감안하였을 때 뉴로피드백 전전두엽의 훈련이 남자청소년들의 항스트레스지수의 향상에 반영된 것으로 볼 수 있다.

청소년기를 하나의 생애주기로 이해하려고 한다면 그 속에 있는 역동적인 변화를 구체적으로 읽어내기 어려울 것이다. 또한 남자와 여자를 동일한 청소년으로 이해하려고 한다면 청소년을 사실적으로 돕기 어려울 것이다. 다양한 분야의 성인교사들이 만나는 청소년들 대부분은 대뇌피질의 변화를 겪는 인류이다. 사회적으로 가르치고 조력하는 모든 교육행위들은 뇌과학의 관점에서 보면 청소년기의 전전두엽의 발달을 이끄는 것이라고 볼 수 있다. 그런 의미에서 청소년들의 전전두엽 발달을 도와주는 뉴로피드백 훈련 역시 과학의 시대에 의미있는 교육실천이 될 수 있을 것이라고 생각한다.

참고문헌

- [1] Doidge, N. "The Brain That Changes Itself", Sterling Lord Lireistic, inc., New York, 2007.
- [2] 김대식, 최장욱. "뇌파검사학". 서울: 고려의학, 2001.
- [3] Othmer, S., Othmer, S. F. & Kaiser, D. "EEG Biofeedback: An Emerging model for Its global efficacy", in Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback 11. James, R. Evans comp. and ed. Academic Press, New York, 1999.
- [4] Robbins, J. "A Symphony in the Brain: The Evolution of the New Brain Wave Biofeedback", New York: Grove Press, 2008.
- [5] Blum, D. "Sex on the Brain: The Biological Differences between Men and Women", New York: Penguin, 1998.
- [6] Wang, J. J., Korczykowski, M., Rao, H., Fan, Y., Pluta, J., Gur, R. C., McEwen, B. S., Detre, J. A. "Gender difference in neural response to psychological stress", SCAN 2, pp. 227-239, 2007.
- [7] McRae, K., Ochsner, K. N., Mauss, I. B., Gabrieli, J. J. D., Gross, J. J. "Gender Differences in Emotion Regulation: An fMRI Study of Cognitive Reappraisal", Group Processes & Intergroup Relations, 11(2), pp. 143-162, 2008.
- [8] 김용진, "학습활동의 뇌파분석에 기초한 두뇌순환학습모형의 개발과 과학학습의 적용", 서울대학교 박사 학위논문. 2000.

박 병 운(Pyong-Woon Park)

[정회원]



- 1981년 8월 : 연세대학교 물리학과
- 1985년 8월 : 미국 인디애나대학교 (물리학 석사)
- 1990년 9월 : 미국 인디애나대학교 (물리학 박사)
- 1991년 1월 ~ 1994년 9월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1994년 9월 ~ 1996년 9월 : 한국정신과학연구소 책임연구원
- 1996년 9월 ~ 현재 : (재)한국정신과학연구소 소장
- 1998년 9월 ~ 현재 : 브레인테크(주) 대표이사
- 2004년 8월 ~ 2008년 2월 : 서울벤처정보대학원대학교 뇌과학전공 겸임교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 서울불교대학원대학교 뇌과학전공 주임교수

<관심분야>

뇌과학, 신경과학, 뉴로피드백

변 윤 언(Youn-Eon Byun)

[정회원]



- 2004년 8월 : 경기대학교 교육학 석사
- 2009년 2월 : 경기대학교 청소년학박사
- 2010년 8월 : 서울불교대학원 대학교 뇌과학박사
- 2008년 10월 ~ 2010년 8월 : 경기대학교 사회과학연구소 상임연구원
- 2009년 11월 ~ 현재 : (사)한국양생회 이사
- 2011년 ~ 현재 : 경기대학교, 남서울대학교 강사

<관심분야>

한국어머니의 자녀교육, 뇌과학의 교육적 실천, 청소년뇌교육, 청소년문화