



# 뉴로피드백 훈련이 후기청소년의 신체적, 정서심리적 스트레스 반응과 자기조절에 미치는 효과: 비무작위 연구

최문지 · 박완주

경북대학교 간호대학

## The Effects of Neurofeedback Training on Physical, Psychoemotional Stress Response and Self-Regulation for Late Adolescence: A Non-Randomized Trial

Choi, Moon-Ji · Park, Wan-Ju

College of Nursing, Kyungpook National University, Daegu, Korea

**Purpose:** The aim of this study was to analyze the effects of neurofeedback training for reducing stress and enhancing self-regulation in late adolescence to identify the possibility of use for nursing intervention. **Methods:** A nonequivalent control group pre-post quasi-experimental design was used. Participants were 78 late adolescents assigned to the experimental group (n=39) that received the neurofeedback training and the control group (n=39). Data were collected on heart rate variability (HRV) and skin conductance level (SCL) to assess stress-biomarker response. The questionnaire contained 164 items from: Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), Symptom Checklist-90-Revised (SCL-90-R) and Self-regulatory Ability scale. The neurofeedback training was based on the general adaptation syndrome and body-mind medicine. The intervention was conducted in a total of 10 sessions for 30 minutes per session with high-beta, theta and sensory motor rhythm training on scalp at central zero. **Results:** There were significant difference in standard deviation of normal to normal interval ( $p=.036$ ) in HRV and SCL ( $p=.029$ ) of stress-biomarker response between the two groups. Negative affect ( $p=.036$ ) in PANAS and obsessive compulsive ( $p=.023$ ) and depression ( $p<.001$ ) in SCL-90-R were statistically significant. Self-regulation mode ( $p=.004$ ) in self-regulation ability scale showed a significant difference between the two groups. **Conclusion:** The results indicated that the neurofeedback training is effective in stress-biomarkers, psychoemotional stress response and self-regulation. Therefore, neurofeedback training using neuroscientific approach based on brain-mind-body model can be used as an effective nursing intervention for late adolescents in clinics and communities for effective stress responses.

**Key words:** Neurofeedback; Stress, Physiological; Stress, Psychological; Self-control; Adolescent

주요어: 뉴로피드백; 스트레스, 생리적인; 스트레스, 정신적인; 자기통제; 청소년

\* 이 논문은 제 1저자 최문지의 석사 학위논문의 일부를 발췌한 것임.

\* This manuscript is based on a part of the first author's master's thesis from Kyungpook National University.

\* 본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업에 의해 수행되었음(NRF-2015R1A1A01059205).

\* This study was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of education and Technology (No. NRF-2015R1A1A01059205) for cultivating human resources.

Address reprint requests to : Park, Wan-Ju

College of Nursing, Kyungpook National University, 680 Gukchaebosang-ro, Jung-gu, Daegu 41944, Korea

Tel: +82-53-420-4977 Fax: +82-53-421-2758 E-mail: wanjupark@knu.ac.kr

Received: July 5, 2017 Revised: April 9, 2018 Accepted: April 10, 2018

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NoDerivs License. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>)

If the original work is properly cited and retained without any modification or reproduction, it can be used and re-distributed in any format and medium.

## 서론

### 1. 연구의 필요성

청소년기는 아동기에서 성인기로 이행하는 과도기이며, 미성숙한 시기이다. 생물학적 뇌 발달 관점에서는 시냅스가 형성되는 초기청소년기와 시냅스의 선택적 성장이나 제거로 뇌신경망이 불안정한 후기청소년기로 구분하였다[1,2]. 후기청소년기는 환경적인 변화가 많아 안정적이지 못하며 스트레스에 대한 생물학적 민감성도 매우 높은 시기이다[3]. 2016년 통계청 자료에 따르면 후기청소년의 46.2%가 진로, 학교, 가정생활 전반에서 스트레스를 인지하고 있었다[4]. 스트레스원에 대한 부적절한 대처 및 반응은 정신건강을 위협하며 일탈행동, 사회적 문제를 유발하므로[3,5], 이를 위한 중재가 필요하다.

스트레스는 시상하부-뇌하수체-부신 축과 자율신경계 항진에 작용하여 항상성 불균형과 신체적, 정서심리적 스트레스 반응을 야기한다[3,5,6]. 인간은 스트레스원에 반응하는 내부 환경을 안정 상태로 유지하기 위해서 신체적 스트레스 반응인 심박변이도, 피부전도 반응[3]과 정서심리적 스트레스 반응인 적대감, 피로움, 우울, 불안 등을 자기조절한다[5,6]. 그러나 인간은 지속적으로 스트레스원에 노출되면 자기조절 기제를 작동시키지 못하며, 이는 체내의 영구적인 손상을 야기한다. 자기조절은 심신건강분야와 심리신경면역학 분야에서 핵심되는 견해이다[6]. 자기조절은 전두엽 피질의 사고, 감정, 충동, 생리적 반응을 담당하는 피질하부와 자율신경계를 잘 통제할 때 성공적으로 이루어진다. 그러므로 스트레스에 대한 뇌 항상성 자기조절 능력을 강화할 필요가 있다.

뉴로피드백 훈련은 뇌파를 이용한 바이오피드백 훈련으로 스트레스에 대한 뇌의 항상성 조절능력을 강화시키는 중재방법이다[7]. 뉴로피드백 훈련은 Skinner의 조작적 조건화와 Pavlov의 고전적 조건화를 바탕으로 반복적 보상에 의한 뇌의 생리적 변화를 유도한다. 대상자의 뇌파를 실시간으로 파악하고, 특정 뇌파가 목표수준에 도달하면 시각·청각 피드백을 제공하여 대상자 스스로 자기조절 전략을 학습하는 원리이다[8]. 뉴로피드백 훈련이 간질환자 치료에 효과적으로 증명된 후부터 우울증과 불안장애[9], 강박증[10], 스트레스[11,12] 등과 같이 다양한 병리적 질환에서 중재효과를 보이고 있다.

비침습적이고 비약물적 중재인 뉴로피드백 훈련의 반복 학습은 스트레스 상황에서의 발생하는 비정상적 뇌파를 교정하여 스트레스 반응을 안정화시킬 수 있다[7]. 뉴로피드백 훈련은 게임 형식으로 되어 있어 흥미를 유발하고, 설치와 휴대가 간편하여 장소에 구애받지 않고 효율적으로 대상자를 훈련시킬 수 있는 중재이다[8]. 특히 뉴로피드백 훈련은 유아부터 노인까지 다양한 연령대의 대상에게 적용되며, 뉴로피드백 훈련 연구에 대한 메타분석 결과 전연령대에서 중간 이상의 효과크기가 나타났으며, 성인보다 청소년 대상에서 더 큰 효

과가 있음을 고려할 때[7], 후기청소년의 스트레스 반응과 자기조절을 위한 전략으로 뉴로피드백 훈련을 적용하는 것은 효과적일 것이다. 그러나 지금까지 스트레스 반응에 대한 간호중재는 주로 심리요법, 운동요법, 정신사회적 중재가 대부분이었으며[3], 신체적 반응을 객관화하여 측정하고, 반응의 작용기전인 뇌 기반의 간호중재는 거의 이루어지지 않았다.

이에 본 연구에서는 선행연구를 바탕으로 Brain-Mind-Body 기반의 뉴로피드백 훈련을 개발하여 후기청소년의 신체적, 정서심리적 스트레스 반응과 자기조절에 대한 효과를 확인하였다. 나아가 본 연구를 통해 지역사회와 임상실무 현장에서 활용할 수 있는 효과적인 스트레스 중재전략에 대한 학문적 근거를 마련하고자 한다.

### 2. 연구의 개념적 기틀

본 연구는 후기청소년의 신체적, 정서심리적 스트레스 반응과 자기조절을 향상시키기 위하여 Selye의 일반적응증후군(General Adaptation Syndrome [GAS]) 모델[13]과 심신의학(Body-Mind Medicine) 모델[14]에서 자기조절 개념을 융합하여 개념적 기틀을 구축하였다.

일반적응증후군 모델에서 유기체는 스트레스원에 대해 뇌신경학적 변화를 통하여 항상성을 조절한다[3,13]. 일반적응증후군 모델의 첫 단계인 경고반응(alarm reaction)에서 스트레스에 대한 최초의 투쟁-도피 반응으로 교감신경계가 활성화되어 심박변이도와 피부전도도에 변화가 발생한다. 그 후 정상수준으로 되돌아가기 위해 조직의 방어를 활성화하는 내적 반응의 두 번째 단계인 저항단계(resistance stage)로 넘어가며, 지속적인 스트레스로 항상성을 회복하지 못할 경우 조직의 방어를 중단하는 신체화장에 및 정신질환이 일어나는 소진단계(exhaustion stage)로 진행된다[3,13]. 심신의학 모델은 인간의 마음과 신체를 통합된 하나로 간주하여 스스로 치유할 수 있다는 자기치유를 강조한다[6,14]. 심신의학에서 생각과 마음의 자기조절은 생물학적 원리의 기능으로, 정신생리학적 변화에서부터 심리신경면역, 심신이완훈련, 바이오피드백, 인지행동치료 영역까지 연결되어 있는 생리적 항상성(homeostasis) 유지를 위한 자동방어 반응의 자기조절 기제이다.

본 연구에서는 일반적응증후군 모델과 심신의학 모델에서 나타나는 신체적, 정서심리적 스트레스 반응에 대한 자기조절능력을 향상하기 위해 High beta파와 Theta파의 억제, Sensory Motor Rhythm (SMR)파를 강화하는 뉴로피드백 훈련을 시도한다. 신체적 스트레스 반응에 대해서는 일반적응증후군 모델을 적용하였으며, 경고반응 단계에서 신체적 반응이 나타났을 때 뉴로피드백 훈련을 제공하여 조절능력을 향상시킨다면 조직의 방어를 활성화하는 저항단계를 유지시키고 질환이 나타나는 소진단계로 진행되지 않을 것이다. 정서심

리적 스트레스 반응에 대해서는 심신의학모델을 적용하였다. 뉴로피드백 훈련이 뇌에 영향을 준다면 뇌 기능, 정서, 심리의 복합체인 마음 그리고 신체의 연결체계(Brain-Mind-Body)에 의해 마음과 신체 건강이 증진될 것이다. 뇌는 경험과 학습에 의해 스스로 신경망을 발달시키는 가소성(plasticity)과 신경세포 생성(neurogenesis)이라는 특성[8]을 가지므로 뉴로피드백 훈련은 스트레스 반응에 대한 자기조절(self-regulation) 강화가 가능하다.

따라서 본 연구에서는 일반적응증후군 모델과 심신의학 모델을 기반으로 스트레스에 대한 신체적 반응인 심박동변이와 피부전도 수준, 정서심리적 반응인 정적·부적 정서, 정신증상의 안정화, 자기조절인 자기조절양식과 의지적 억제양식에 뉴로피드백 훈련이 미치는 효과를 확인하기 위해 실시되었다(Figure 1A).

3. 연구 목적 및 가설

본 연구의 목적은 후기청소년을 대상으로 뇌과학적 접근의 뉴로피드백 훈련을 적용한 후 신체·정서·정신심리적 스트레스 반응과 자기조절에 대한 효과를 검증하기 위함이다. 연구목적을 달성하기 위한 구체적인 가설은 다음과 같다.

가설 1. 뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조

군보다 신체적 스트레스 반응인 심박변이도가 높아질 것이다.

가설 2. 뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 신체적 스트레스 반응인 피부전도 수준이 낮아질 것이다.

가설 3. 뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 정서적 스트레스 반응이 낮아질 것이다.

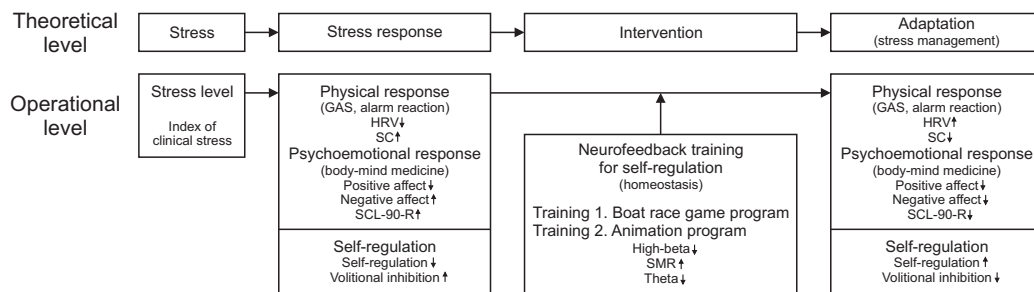
가설 4. 뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 정신심리적 스트레스 반응이 낮아질 것이다.

가설 5. 뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 자기조절 능력이 높아질 것이다.

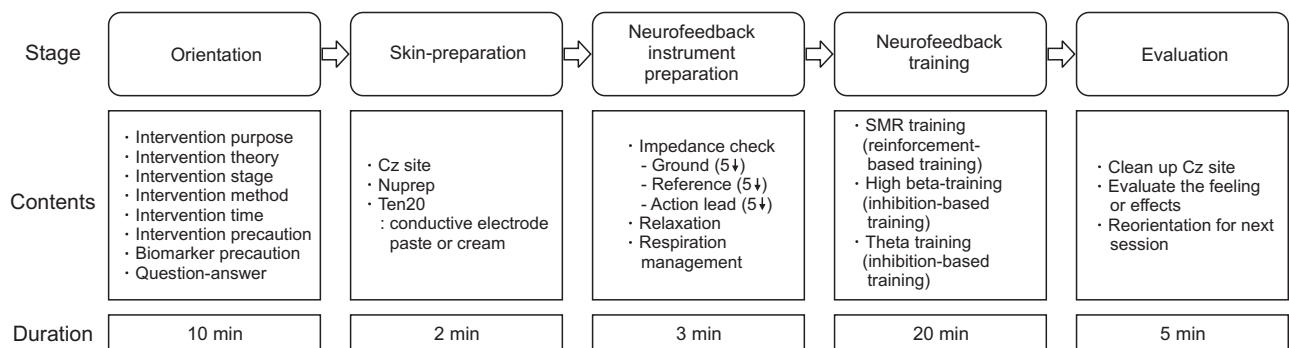
연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 뉴로피드백 훈련이 후기청소년의 신체적, 정서심리적 스트레스 반응과 자기조절에 미치는 효과를 파악하기 위한 비동등성 대조군 사전 사후 실험설계(nonequivalent control-group pre-test-posttest design)의 유사실험연구이다.



1A



1B

Cz=Central zone; GAS=General adaptation syndrome; HRV=Heart rate variability; min=minimum; SC=Skin conductance; SCL-90-R=Symptom checklist-90-revised; SMR=Sensory motor rhythm

Figure 1. (A) Conceptual framework of this study. (B) Process contents of neurofeedback training.

## 2. 연구대상

본 연구의 대상자는 D시, K시, Y시 세 개의 지역 내의 학교에 재학 중인 후기청소년으로 본 연구 취지와 목적을 이해하고 참여에 동의한 자이다. 대상자 제외기준으로는 뇌파에 영향을 미치는 항경련제 및 진정제, 자극제와 같은 향정신 약물을 복용하는 자, 뇌손상이나 사고의 손상이 있는 자, 시각적 감각 손실이 있는 자, 심혈관질환 및 정신질환 문제로 진단을 받은 자, 또는 현재 스트레스 관리 훈련을 받고 있거나 수면장애가 있는 자로 하였다. 대상자 수는 G\*power 3.1.6를 사용하여 양측검정, 유의수준  $\alpha=.05$ , 효과크기 0.68, 검정력 .80으로 independent t-test를 실시할 때 필요한 최소 표본 크기를 산출하였다. 효과크기는 Cheong 등[7]의 뉴로피드백 훈련의 효과에 대한 메타분석의 결과를 근거로 설정하였다. 그 결과 한 군당 필요한 최소 표본 수는 35명이었으며 실험처치 동안의 중도 탈락률을 15.0% 이내로 고려하여 실험군 41명, 대조군 41명으로 최소 총 82명이 되도록 편의표집하였다.

모집공고를 통해 참여를 원하는 86명 중에서 수면문제를 호소하는 2명, 스트레스로 인해 상담을 받고 있는 1명이 대상자 제외기준에 해당되어 제외되었다. 또한 실험처치 전 심리적 변화로 연구 참여를 거절한 1명이 제외되어 최종 실험군 41명, 대조군 41명으로 할당되었다. 본 연구에서 시행하는 뉴로피드백 훈련은 개별적인 접근방식으로 중도 탈락자가 발생하지 않았으나 설문조사에서 누락된 항목이 있어 실험군과 대조군에서 각각 2명씩 제외하여 최종적으로 실험군 39명, 대조군 39명으로 총 78명이 연구에 참여하였다(Figure 2).

## 3. 연구의 윤리적 고려

본 연구는 윤리적 과학적 타당성을 검증받고 참여자의 인권을 보장하기 위하여 연구자가 속해 있는 대학교 생명윤리심의위원회 승인(IRB No. KNU 2016-0116)을 받은 후 진행하였다. 연구의 대상자에게 연구의 목적과 방법에 대해 충분한 설명 후 자발적으로 참여에 동의한 학생을 대상으로 진행하였으며 수집된 자료는 연구 목적 이외에는 사용하지 않을 것을 설명하였다. 또한 뉴로피드백 훈련이 비침습적인 중재로 안전한 방법이며 자율적으로 참여 및 중단이 가능함을 알렸다. 미성년자인 경우 미성년자와 부모 혹은 법정대리인에게, 만 19세 이상인 경우 본인에게 서면과 구두로 동의서를 받은 후 시행하였으며 연구에 참여한 모든 대상자에게 소정의 선물을 제공하였다. 연구가 종결된 이후에 대조군이 원할 경우 실험군에게 제공한 동일한 실험처치를 제공하였다. 효과적인 훈련을 구성하기 위해 연구팀은 바이오피드백 국제자격증협회(Biofeedback Certification International Alliance [BCIA])의 미국기관으로부터 멘토링, 국제 전문가교육 및 컨퍼런스 과정을 거쳐 지식과 기술을 습득하였다. 연구책임자인 간호학 교수는 BCIA로부터 국제인증 대학의 전문건강관리 영역에서 학위와 교육코스 과정을 인정받았으며, 국제 전문자격증을 취득한 전문가로 부터 자격증을 받기 위한 기본 교육, 감독과 멘토링 61시간을 받았고, 뉴로피드백 훈련 110회기 시행 후 이에 대한 케이스 컨퍼런스 발표 및 토의 10시간, 필기시험 과정을 거쳐 국제 전문자격증(Certificate #: E5869)을 취득한 후 본 연구를 진행하였다.

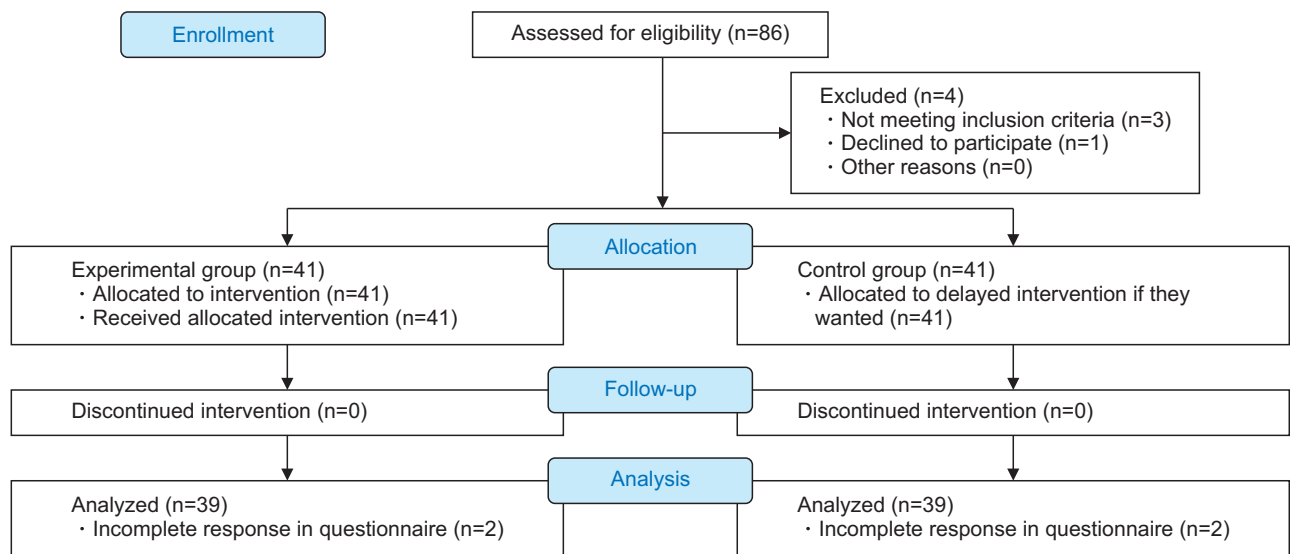


Figure 2. Research flow diagram.



#### 4. 연구도구

본 연구에서 사용된 모든 도구는 도구 사용에 대한 승인을 받거나 구매 후 사용하였다.

##### 1) 스트레스 수준

대상자의 스트레스 수준을 측정하기 위해 Abell [15]이 개발한 스트레스 척도(Index of Clinical Stress)를 Oh와 Kim [16]이 수정 보완한 척도를 사용하였다. 이 도구는 총 24문항의 7점 척도이며, 1점 '전혀 아니다'에서 7점 '항상 그렇다'로 응답하도록 하여 점수가 높을수록 스트레스 강도가 높음을 의미한다. 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 Oh와 Kim [16]의 연구에서 .90이었으며, 본 연구에서는 .82이었다.

##### 2) 신체적 스트레스 반응

###### (1) 심박변이도

심박변이도(Heart Rate Variability [HRV])는 심장 박동 간의 변동을 말하며, 자율신경계의 활성도를 이용하여 스트레스 정도를 파악한다. 본 연구에서는 심박변이도를 측정하기 위해 EKG sensor (SA9306M, Thought Technology Ltd., Saint-Petersburg, Russia)를 사용하여 오른쪽 전완 안쪽에 노란색 전극을, 왼쪽 전완 안쪽에 검은색과 파란색 전극을 부착하여 심박표준편차(Standard Deviation of Normal to Normal Interval [SDNN])를 측정하였다[3,8]. SDNN의 감소는 스트레스에 대한 대처 능력의 상실을 뜻하며 스트레스 정도가 높음을 의미한다[8].

###### (2) 피부전도 수준

피부전도 수준은 교감신경계 활동의 지표로 피부와 연결된 뉴런의 전기적 변화를 기록한 것이다. 본 연구에서는 피부전도 수준(Skin Conductance Level [SCL])을 측정하기 위해 Skin Conductance Flex/Pro Sensor (SA9309M, Thought Technology Ltd., Saint-Petersburg, Russia)를 사용하였다. 검지와 약지의 2번째 손가락 마디에 전극을 부착하여 전기적 전위 차이를 기록하였으며, 정상 수치는 0.2-2 micro-simens(uS)이다. 피부전도 수준이 높을수록 스트레스 정도가 높음을 의미한다[3,17].

##### 3) 정서심리적 스트레스 반응

###### (1) 정서적 스트레스 반응

정서적 스트레스 반응을 측정하기 위해 Watson 등[18]이 개발한 The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) 도구를 Lee 등[19]이 번안하고 타당도를 검증한 척도를 사용하였다. 이 도구는

총 20문항의 5점 척도로 정적정서 10문항, 부정적정서 10문항으로 구성되어 있으며, 현재 혹은 지난 7일 동안의 기분 정도를 응답하도록 되어 있다. 각 문항에 대하여 1점 '전혀 그렇지 않다'에서 5점 '매우 많이 그렇다'로 응답하도록 하여 점수가 높을수록 정서의 정도가 높음을 의미한다. 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 Lee 등[19]의 연구에서 정적정서 .84, 부정적정서 .87, 본 연구에서는 정적정서 .83, 부정적정서 .82 이었다.

###### (2) 정신심리적 스트레스 반응

정신심리적 스트레스 반응은 스트레스 작용을 통해 나타날 수 있는 증상을 말하며, 본 연구에서는 Derogatis와 Cleary [20]가 개발하고 Kim 등[21]이 번안한 정신건강증상체크리스트(Symptom Checklist-90-Revised [SCL-90-R])를 사용하여 측정하였다. 본 도구는 지역사회 및 외래에서 개인의 전반적인 정신건강 수준을 측정하기 위해 사용되고 있으며 신체화증후군, 강박증, 대인민감성, 우울증, 불안, 적대감, 공포불안, 편집증, 정신증과 같이 9가지 정신증상 차원을 측정할 수 있다. 이 도구는 총 90문항의 5점 척도로 지난 7일 동안 경험한 정신증상의 정도를 0점 '전혀 없다'에서 4점 '아주 심하다'로 응답하도록 구성되었다. T점수로 환산하여 60점 미만은 정상, 60점~70점은 정신증상의 경향성을 보임, 70점 이상은 비정상 을 의미한다. 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 Kim 등[21]의 연구에서 신체화증후군 .84, 강박증 .77, 대인민감성 .81, 우울증 .86, 불안 .85, 적대감 .78, 공포불안 .73, 편집증 .77, 정신증 .83이었다. 본 연구에서는 신체화 증후군 .84, 강박증 .86, 대인민감성 .88, 우울증 .82, 불안 .83, 적대감 .71, 공포불안 .72, 편집증 .75, 정신증 .73 이었다.

##### 4) 자기 조절 능력

스트레스 반응에 대한 수의적 자기조절을 측정하기 위해 Kuhl과 Fuhrmann [22]이 개발한 의지구성 목록(Volitional Components Inventory [VCI])을 Yoon [23]이 번안, 수정한 자기조절 능력척도를 사용하였다. 이 도구는 자기조절양식 10문항, 의지적 억제양식 11문항으로 총 21문항의 4점 척도이며, 각 문항에 대하여 1점 '전혀 아니다'에서 4점 '매우 그렇다'로 응답하도록 구성되어 있다. 하위영역인 자기조절양식은 목표수행을 촉진하기 위해 개인의 의지로 동기, 정서, 심리조절, 자기이완 등을 활용하는 것이며, 의지적 억제양식은 주의 및 정서혼란, 공포 등 과잉자기통제를 활용하여 목표수행을 위해 자기를 소외시키는 비효율적 자기조절능력을 의미한다. 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 Yoon [23]의 연구에서 자기조절양식은 .76, 의지적 억제양식은 .75였으며, 본 연구에서 자기조절양식은 .86, 의지적 억제양식은 .72 이었다.

### 5. 자료수집방법

본 연구 대상자는 청소년 기본법 제 3조 1항에 의거하여 8~24세의 청소년을 기준으로 하였으며 청소년기에서 뇌신경학적 변화가 많아 불안정한 후기청소년(14~24세)을 대상으로 편의표집하였다. 자료 수집 기간은 2016년 10월 24일부터 2016년 11월 30일까지로 D시, K시, Y시 3지역에서 이루어졌다. 중간고사와 기말고사 기간을 고려하여 실험군, 대조군의 자료는 3지역에서 모두 동일한 시점에 수집되었다. 학교는 학교장, 보건교사, 상담교사, 학과장에게, 지역정신건강복지센터의 경우 센터가 지역학교로 모집공고문을 게시하여 지원한 학교의 학교장, 보건교사에게 연구에 대해 설명한 후 동의서를 받았다.

자료수집의 일관성을 유지하기 위하여 실험군과 대조군의 사전과 사후 동일한 설문지가 동일한 기간을 두고 수거되었다. 실험처치의 확산을 방지하기 위하여 실험군과 대조군을 다른 학교에서 모집하였으며 연구참여에 대한 정보를 알리지 않았다. 또한 외생변수를 통제하기 위하여 본 프로그램에 참여하는 동안 타 중재에 참여하지 않도록 하였으며, 장소는 매 중재마다 동일하게 진행하였다. 생체지표 값의 신뢰성을 높이기 위하여 Review/Report 과정을 통해 대상자 모두의 심박변이도와 피부전도수준에서 artifact를 제거하였고 중재 시간과 장소를 동일하게 하여 환경 변화를 줄였다.

신체적 스트레스반응을 측정하기 위해 소음과 과도한 전파 흐름이 없는 조용한 환경을 조성하고, 실내온도가 24~26°C의 일정한 장소에서 생체지표인 심박변이도와 피부전도 수준을 측정하였다. 생체지표를 측정하는 동안 금속물질을 제거하도록 하였다. 심박변이도는 10분 동안, 피부전도 수준은 5분 동안 비침습적으로 측정하였으며, 피부 감염을 예방하고 정확한 값을 측정하기 위하여 전극을 부착하기 전에 피부를 소독한 후 생체지표를 측정하였다.

### 6. 연구진행절차

본 연구진행절차는 7단계로 구성되며 구체적인 내용은 다음과 같다.

#### 1) 1단계: 연구자 준비

연구팀은 BCIA의 국제자격 과정을 통해 뇌파 바이오피드백 방법, 디지털 기술전략 및 적용기술을 습득하고 연구팀의 뉴로피드백 훈련 방법의 역량을 강화하였다.

#### 2) 2단계: 뉴로피드백 훈련 구성

뉴로피드백 훈련을 구성하기 위하여 2015년 8월부터 2016년 10월 30일까지 중재방법을 구성하고, 적용가능성을 확인하는 과정을 거쳤다. 문헌[8,24]의 이론적 근거를 기반으로 High-beta파, Theta파,

Sensory motor rhythm (SMR)파를 선택하였다. Beta파는 두뇌가 깨어있는 상태에서 발산하는 피질각성 지표이며 Beta파의 한 종류인 High-beta파가 과잉될 때는 스트레스 상황에서 신체, 정서, 심리적 문제를 야기한다. Theta파는 주의를 내적으로 흐려지거나 졸음이 올 때 발생하며 High-beta파를 감소시킬 때 반등으로 향상되는 파이다. SMR파는 각성 시 이완 상태를 나타내며 SMR 파 상승 시 스트레스가 감소한다[8,24]. 이를 근거로 High Beta, Theta파 억제훈련(Inhibition based training)과 SMR과 강화훈련(Reinforce based training)을 선택하였다. 뉴로피드백 훈련 메타분석 논문에서 1주일에 3회, 1회기에 20~30분의 효과크기가 가장 컸으므로[7] 이를 근거로 각 회기별 시간, 주 별 회기 수를 선택하였다. 또한 스트레스와 관련이 있는 정서적, 행동적, 정신적 증상에 효과를 보기 위해서는 적어도 10회기 이상을 하도록 권고하는 선행연구[24]를 근거로 하여 본 연구에서는 총 10회기로 설정하였다. 뉴로피드백 훈련 시 전극부착부위는 뇌의 전반적인 훈련에 효과적이며 이상신호를 최소화할 수 있는 central zero (Cz) 지점을[25] 선택하였다. 뉴로피드백 훈련은 생리적 지표인 뇌파의 바이오피드백 훈련으로, 본 연구의 객관성을 위해 실험처치 전 오리엔테이션 단계를 설정하여 뉴로피드백 훈련의 목적, 이론적 근거, 진행단계, 방법과 주의사항을 제공하였다. 실험처치 단계와 구체적 내용은 이론적 근거[8,24,25]를 기반으로 1단계 시행 전 피부준비, 2단계 뉴로피드백 훈련 기기준비, 3단계 뉴로피드백 훈련 실행, 4단계 훈련 후 효과 평가로 구성하였으며, 각 단계의 구체적 내용은 Figure 1B와 같다. 또한 선행연구[3,8]를 기반으로 사전·사후 생체지표 측정 프로토콜 및 주의사항과 스트레스 반응과 자기조절을 측정할 도구의 개념, 신뢰도, 타당도 등을 고려하여 본 연구의 개념적 기틀을 구성하였다.

또한 뉴로피드백 훈련의 적용가능성을 확인하기 위하여 BCIA 국제 전문가 2인(간호학 교수 Certificate #: E5869, 간호학 박사과정 Certificate #: E6122)에게 타당성을 검증하였다. 검증과정에서 본 연구의 목표를 구체화하기 위해 High-beta의 적용범위를 18~40 Hz에서 21~36 Hz로 축소시켰다. 또한 Impedance의 정확한 측정을 위해 뉴로피드백 훈련 당일 린스를 하지 않고 샴푸만 하도록 주의사항을 추가하였다.

#### 3) 3단계 : 예비조사

본 연구의 생체지표 측정 절차와 시간, 설문지 이해도 및 중재 소요시간과 과정에서 발생할 수 있는 상황들을 확인하기 위하여 후기청소년 3명을 대상으로 예비조사를 실시하였다. 본 예비조사를 통해 연구의 적용가능성을 확인하였으며, 실험처치를 진행하고 설문지를 작성하는데 시간을 추가하는 것이 필요하여 사전조사와 사후조사 및 실험처치의 진행시간을 조정하였다.

#### 4) 4단계: 오리엔테이션

연구를 원활하게 진행하기 위하여 실험처치를 시작하기 1주일 전에 개별적으로 오리엔테이션을 실시하였다. 연구자가 직접 실험군, 대조군 모두에게 스트레스 신체적 반응인 심박변이도, 피부전도수준 측정방법에 대해 설명하였으며 측정하는 동안 갑자기 움직이거나 이야기하지 않도록 주의사항을 설명하였다. 또한 연구자는 실험군에게 직접 약 10분정도 뉴로피드백 훈련의 목적, 이론적 근거, 진행 단계, 방법과 주의사항에 대해 설명하였다. 실험군에게 측정 3일 전부터 뇌에 영향을 미칠 수 있는 카페인이나 담배, 술 등의 섭취를 제한하고 수면을 충분히 취하며, 훈련 당일에는 린스를 사용하지 않도록 교육하였다. 뉴로피드백 훈련을 하는 동안에는 갑자기 움직이거나 이야기하지 않도록 주의사항에 대해 교육하였다. 또한 대상자에게 스스로 배우는 자기조절 활동이 중요함을 설명하고 화면을 볼 때는 이완된 상태를 유지하도록 [24] 교육하였다. 이를 통해 대상자와 라포를 형성하고 뉴로피드백 훈련에 대한 부정적인 느낌을 줄이고 적극적인 태도와 동기를 가지도록 격려했다.

#### 5) 5단계: 사전 조사

본 연구자가 직접 실험군과 대조군에게 사전 생체지표를 측정하였으며 대상자 모두에게 선물을 제공하였다. 실험군과 대조군 모두 방과 후에 일정한 장소에서 스트레스 수준, 신체적 스트레스 반응, 정서심리적 스트레스 반응, 자기조절의 설문지를 작성하였다.

#### 6) 6단계: 실험처치 (뉴로피드백 훈련)

뉴로피드백 훈련은 방과 후 오후시간에 1회기에 30분씩, 주 3회로 총 10회기를 제공하였다. 뉴로피드백 훈련 모드는 High Beta, Theta 파 억제훈련과 SMR파 강화훈련으로 구성되었다. 중재 장소는 소음 및 전파를 최소화시킬 수 있는 학교 및 대학 연구실이었다. 뉴로피드백 훈련 중재는 총 4단계로 나누어 시행 전 피부준비, 뉴로피드백 훈련 기기준비, 뉴로피드백 훈련 실행, 훈련 후 효과 평가로 구성되었으며, 단계별로 구체적인 내용은 다음과 같다.

##### (1) 중재 1단계: 시행 전 피부준비(Skin-preparation)

각 회기 마다 1단계는 약 2분 동안 제공되었는데, 전극을 부착할 부위를 확인하고 두피 센서를 준비하여 부착하였다 [8,25]. 전극을 부착할 부위를 쉽게 확인하기 위하여 머리카락을 작은 묶음으로 정리하고 전극을 부착할 부위를 표시하였다. 국제 전극 배치법(10-20 International system)에 따라 전극부착부위는 Cz로 설정하였다. Cz는 정중시상부와 뇌교량이 있는 부위로 1차 운동영역과 1차 체성감각영역의 중앙 지점이다. Cz 위치는 외후두 용기정점(Inion)과 비근점(Nasion)까지 뇌의 반구간열에 따라 일직선으로 측정하여 그 길이의

50.0% 지점을 표시한 후 양쪽 하악절흔(mandibular notch)을 전두엽과 두정엽을 나누는 공간인 뇌의 중심구를 따라 일직선으로 측정하여 그 길이의 50.0% 지점을 표시하여 두 선이 교차하는 지점으로 설정하였다. Cz를 확인 후, 피부 소독 젤(Nu-prep)을 Cz 부위를 중심으로 1 cm<sup>2</sup> 원의 크기로 도포하여 두피의 접착 부위에 이물질 제거하였다. Cz의 전극 부착 전 electroencephalogram (EEG) 신호를 방해할 수 있는 두피와 양쪽 귀의 각질과 이물질을 제거하였으며, 양쪽 귓볼에도 이와 같은 방법을 시행하였다. 그 후 접착 글루(Ten 20, Weaver and Company, Aurora, USA)를 활용하여 Ground, Reference, Action lead를 부착하였다.

##### (2) 중재 2단계: 뉴로피드백 훈련 기기준비(Neurofeedback instrument preparation)

각 회기마다 2단계는 약 3분 동안 제공되었으며, 저항으로 인한 극의 전력 흐름(Impedance)을 점검하며, 훈련 동안 발생할 수 있는 긴장을 감소시키기 위해 호흡조절과 같은 이완요법을 교육하였다 [8,25]. 이 단계를 통해 훈련 동안 뇌파 측정에 최적의 상태를 유지하며 artifact 발생을 줄일 수 있었다. Ground, Reference, Action lead의 센서 부착을 확인 후 Impedance를 점검하여 훈련 동안 발생할 수 있는 긴장을 감소시키기 위해 호흡조절과 같은 이완요법을 교육하였다. Ground, Reference, Action Lead의 Impedance 값은 5 이하로 유지되어 훈련 동안 발생할 수 있는 오류를 줄였다.

##### (3) 중재 3단계: 뉴로피드백 훈련 실행 (Neurofeedback training)

각 회기마다 3단계는 약 20분씩 제공되었으며 프로컴2 인피니티(Procomp2 infinity, Thought Technology Ltd., Saint-Petersburg, Russia) 기기를 사용하여 Training-Boat race game (Channel set: P2 EEG Suite 1 EEG, Select an Encoder Communication Protocol: Legacy) 10분, Training-Animation (Channel set: P2 EEG Suite 1 EEG, Select an Encoder Communication Protocol: Legacy) 10분 시행하였다. Training-Boat race game은 시각적 피드백을 제공받는 자기조절 훈련으로, 대상자는 모니터를 통해 출발점에 위치한 각기 다른 색깔의 배 3척 중 High Beta파를 뜻하는 노란색 배와 Theta파를 의미하는 빨간 배가 멈춘 상태에서 SMR파를 의미하는 초록 배가 오른쪽 도착점에 도착하도록 훈련받았다. Training-Animation은 개안 상태에서 시각적 피드백을 제공받는 훈련으로 Theta파, High Beta파를 억제 이하, SMR파를 억제 이상 상태로 설정하였다. 그 후 실험군에게 정지되어 있는 그림이 연속적으로 움직이도록 훈련하는 게임을 제공하였다. 본 훈련은 대상자에게 개인적으로 제공되었으며, 개인 뇌파 항상성 수준에 따라 실시간으로 시, 청각적인 피드백을 제공하여 자기조절 능력을 향상시키므로 1:1 개

별적 중재로 활용되었다. 대상자는 뉴로피드백 훈련을 하는 동안 개인 상태로 모니터를 보면서 몸의 긴장상태를 완화시키고 안정화된 호흡과 자세를 유지한 채 주의집중을 하려고 노력하였다. 이러한 과정의 반복 강화는 스트레스의 반응에 대한 조절을 스스로 학습하도록 하여 통합적 자기조절 능력을 향상시켰다.

(4) 중재 4단계: 훈련 후 효과 평가(Evaluation)

각 회기 마다 4단계는 약 5분 동안 제공되었으며, 접지 부위인 Ground, Reference, Action lead를 떼어내고, 두피 및 양쪽 귀에 남

아있는 접착 제품(Ten 20, Weaver and Company, Aurora, United States of America)을 제거하였다. 매 회기가 끝난 후 훈련에 대한 느낌, 훈련을 하면서 개선해야 하겠다고 느낀 부분, 훈련 후 변화된 점 등에 대해 이야기 하는 시간을 통해 자기를 평가할 수 있도록 도왔으며, 훈련 동안 보인 대상자의 모습을 간단히 정리하여 피드백을 제공해 주었다.

7) 7단계: 사후조사

실험군의 뉴로피드백 훈련 중재가 끝난 후에 본 연구자는 사전조

**Table 1.** Homogeneity of General Characteristics and Study Variables between Experimental and Control Groups (N=78)

Characteristics/Variables	Categories/Scales	Subgroup	Exp. (n=39)	Cont. (n=39)	$\chi^2/t/Z$	$p$
			n (%) / M±SD	n (%) / M±SD		
Gender	Female		30 (76.9)	27 (69.2)	0.59	.444
	Male		9 (23.1)	12 (30.8)		
Age (yr)	14~19		14 (37.5)	15 (36.5)	0.22	.637
	20~24		25 (62.5)	24 (63.5)		
Religion	Yes		6 (15.4)	9 (23.1)	0.74	.389
	No		33 (84.6)	30 (76.9)		
Economic status	Good		33 (84.6)	30 (76.9)	0.74	.389
	Bad		6 (15.4)	9 (23.1)		
Substance addiction	Yes		12 (30.8)	11 (28.2)	0.06	.804
	No		27 (69.2)	28 (71.8)		
Behavioral addiction	Yes		18 (46.2)	13 (33.3)	1.34	.247
	No		21 (53.8)	26 (66.7)		
Living	Dormitory		11 (28.2)	9 (23.1)	0.31	.587
	With family		25 (64.1)	27 (69.2)		
	Alone		3 (7.7)	3 (7.7)		
Stress level	Index of clinical stress		2.77±0.82	2.59±0.86	0.96	.339
Physical stress response	HRV	SDNN	80.32±35.29	92.26±54.50	-0.57 <sup>†</sup>	.572
	SC	SCL	1.49±1.23	1.01±0.81	-1.82 <sup>†</sup>	.068
Emotional stress response	PANAS	Positive	2.45±0.58	2.58±0.66	-0.98	.332
		Negative	2.09±0.71	2.03±0.66	0.40	.694
Psychiatric stress response	SCL-90-R	SOM	50.92±7.74	50.17±7.17	0.44	.662
		O-C	61.37±6.59	60.94±7.23	0.27	.788
		I-S	56.22±7.09	55.80±7.50	0.25	.804
		DEP	60.05±7.29	57.08±8.81	1.62	.111
		ANX	48.10±5.07	47.42±5.21	0.58	.566
		HOS	44.59±6.88	44.07±4.97	0.39	.701
		PHOB	41.06±3.44	40.85±3.60	0.26	.795
		PAR	42.99±5.16	45.33±5.47	-1.94	.056
Self regulation	Self-regulatory ability	Self-regulation mode	2.90±0.78	3.01±0.58	-0.68	.496
		Volitional inhibition mode	3.10±0.57	2.82±0.65	1.80	.077

ANX=Anxiety; Cont.=Control group; DEP=Depression; Exp.=Experimental group; HOS=Hostility; HRV=Heart rate variability; I-S=Interpersonal sensitivity; M±SD=Mean±Standard deviation; O-C=Obsessive compulsive; PANAS=The positive and negative affect schedule; PAR=Paranoid Ideation; PHOB=Phobic anxiety; PSY=Psychoticism; SC=Skin conductance; SCL=Skin conductance level; SCL-90-R=Symptom checklist-90-revised; SDNN=Standard Deviation of Normal to Normal Interval; SOM=Somatization.

<sup>†</sup>Value of z by Mann-Whitney test.



사와 동일한 장소에서 동일한 방법으로 생체지표를 측정하고 설문조사를 실시하였다. 대조군의 사후조사는 실험군과 같은 기간을 두고 동일한 장소에서 동일한 방법으로 시행되었다.

8) 8단계 : 대조군 처치

자료수집이 종결된 이후에 뉴로피드백 훈련을 원하는 대조군에게 실험군에게 시행하였던 실험처치 프로그램 2가지를 제공하였으며, 추후 실험군을 모집할 때 미리 정보를 제공하기로 하였다. 중재 장소는 실험군과 동일한 학교 및 대학 연구실이었으며, 실험처치 시간은 방과 후 오후시간으로 1회기에 30분, 총 1~2회기를 실시하였다.

7. 자료 분석 방법

수집된 자료는 SPSS WIN 24.0 프로그램을 이용하여 통계 처리하였으며 변수의 정규성 확인은 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하였다. 심박변이도(실험군:  $Z=0.25, p<.001$ ; 대조군:  $Z=0.19, p=.003$ )와 피부전도수준(실험군:  $Z=0.19, p=.002$ ; 대조군:  $Z=0.15, p=.025$ )을 제외하고 나머지 결과변수( $Z=0.07\sim 0.15, p=.104\sim .200$ )는 정규분포 하였다. 사전 동질성 여부는 Independent t-test와  $\chi^2$  및 정규분포하지 않은 변수에 대해서는 Mann-Whitney U 검정을 이용하였다. 도구의 신뢰도는 Cronbach's  $\alpha$ 를 산출하여 파

Table 2. Comparisons of Study Variables between Experimental and Control Groups (N=78)

Variable	Scale	Subgroup	Group <sup>1</sup>	Pre-test	Post-test	Difference	t/Z	p
				M±SD	M±SD	M±SD		
Physical stress response	HRV	SDNN	Exp.	80.32±35.29	105.66±78.87	25.34±66.23	-2.09 <sup>††</sup>	.036
			Cont.	92.26±54.50	83.37±58.84	-8.89±72.77		
	SC	SCL	Exp.	1.49±1.23	1.09±0.67	-0.40±1.10	-2.18 <sup>††</sup>	.029
			Cont.	1.01±0.81	1.12±0.71	0.11±0.69		
Emotional stress response	PANAS	Positive	Exp.	2.45±0.58	2.51±0.65	0.06±0.55	1.55	.126
			Cont.	2.58±0.66	2.50±0.59	-0.08±0.48		
		Negative	Exp.	2.09±0.71	1.66±0.73	-0.43±0.61	-2.15	.036
			Cont.	2.03±0.66	1.91±0.74	-0.12±0.65		
Psychiatric stress response	SCL-90	SOM	Exp.	50.92±7.74	50.64±7.50	-0.28±6.77	0.93	.355
			Cont.	50.17±7.17	49.81±6.83	-0.36±7.24		
		O-C	Exp.	61.37±6.59	58.17±7.50	-3.20±8.01	-2.35	.023
			Cont.	60.94±7.23	62.39±6.02	1.45±6.18		
		I-S	Exp.	56.22±7.09	57.40±8.46	1.18±8.70	1.62	.111
			Cont.	55.80±7.50	52.89±6.73	-2.91±7.20		
		DEP	Exp.	60.05±7.29	56.21±7.76	-3.84±7.89	-3.99	<.001
			Cont.	57.08±8.81	60.07±8.97	2.99±9.68		
		ANX	Exp.	48.10±5.07	46.51±4.19	-1.59±6.34	-0.86	.393
			Cont.	47.42±5.21	47.44±4.93	0.02±6.08		
		HOS	Exp.	44.59±6.88	43.54±3.81	-1.05±5.66	-0.17	.868
			Cont.	44.07±4.97	43.68±3.90	-0.39±4.47		
PHOB	Exp.	41.06±3.44	41.50±2.25	0.44±3.51	-0.16	.870		
	Cont.	40.85±3.60	42.44±3.75	1.59±3.81				
PAR	Exp.	42.99±5.16	44.19±5.71	1.20±4.79	1.41	.164		
	Cont.	45.33±5.47	44.66±4.37	-0.67±5.42				
PSY	Exp.	44.95±5.05	44.51±4.40	-0.44±6.45	-0.44	.661		
	Cont.	44.45±4.47	44.42±5.01	-0.03±6.51				
Self-regulation	Self-regulatory ability scale	Self-regulation mode	Exp.	2.90±0.78	3.50±0.81	0.60±0.72	3.05	.004
			Cont.	3.01±0.58	3.04±0.60	0.03±0.44		
		Volitional inhibition mode	Exp.	3.10±0.57	2.97±0.88	-0.13±1.04	-1.25	.218
			Cont.	2.82±0.65	3.00±0.79	0.18±1.12		

ANX=Anxiety; Cont.=Control group; DEP=Depression; Exp.=Experimental group; HOS=Hostility; HRV=Heart rate variability; I-S=Interpersonal sensitivity; M±SD=Mean±Standard deviation; O-C=Obsessive compulsive; PANAS=The positive and negative affect schedule; PAR=Paranoid Ideation; PHOB=Phobic anxiety; PSY=Psychoticism; SC=Skin conductance; SCL=Skin conductance level; SCL-90-R=Symptom checklist-90-revised; SD=Standard deviation; SDNN=Standard Deviation of Normal to Normal Interval; SOM=Somatization.

<sup>1</sup>39 people in each of the experimental and control groups; <sup>††</sup>Value of z by Mann-Whitney test.

악하였다. 본 연구의 가설 검정은 Independent sample t-test와 Mann-Whitney U 검정을 이용하여 분석하였다.

## 연구 결과

### 1. 일반적 특성 및 변수에 대한 동질성 검정

대상자의 성별, 연령, 종교, 경제상태, 주관적으로 평가한 행위문제 및 물질문제와 주거의 특성은 모두 실험군과 대조군이 동질한 것으로 나타났다. 또한 실험군과 대조군의 스트레스 정도, 신체적 스트레스 반응인 생체지표 중 심박변이도의 심박표준편차(SDNN)와 피부전도 수준(SCL)이 동질한 것으로 나타났다. 정서적 스트레스 반응인 정적정서, 부적정서와 정신심리적 스트레스 반응인 정신증상 체크리스트의 9가지 하위영역은 유의한 차이를 보이지 않아 두 군이 동질한 것으로 나타났다(Table 1).

### 2. 뉴로피드백 훈련 효과 검증

1) 가설 1 ‘뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 신체적 스트레스 반응인 심박변이도 수준이 높아질 것이다.’는 지지되었다.

심박변이도의 SDNN은 실험군이 사전 80.32ms에서 사후 105.66ms로 25.34ms 증가하였으나 대조군은 92.26ms에서 83.37ms로 8.89ms 감소하였다. 실험 전후 SDNN의 변화량은 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다( $Z=-2.09, p=.036$ ) (Table 2).

2) 가설 2 ‘뉴로피드백 훈련에 참여한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 신체적 스트레스 반응인 피부전도 수준이 낮아질 것이다.’는 지지되었다.

피부전도 수준은 실험군이 사전 1.49uS에서 사후 1.09uS로 0.40uS 감소하였으나 대조군은 1.01uS에서 1.12uS로 0.11uS 증가하였다. 실험 전 후 피부전도수준의 변화량은 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다( $Z=-2.18, p=.029$ ) (Table 2).

3) 가설 3 ‘뉴로피드백 훈련에 참가한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 정서적 스트레스 반응이 낮아질 것이다.’는 부분적으로 지지되었다.

정적정서 점수는 실험군이 사전 2.45점에서 사후 2.51점으로 0.06점 증가하였고 대조군은 2.58점에서 2.50점으로 0.08점 감소하였으나 실험 전 후 변화량은 두 집단 간에 유의한 차이가 없었다. 한편 실험군의 부적정서 점수는 사전 2.09점에서 1.66점으로 0.43점 감소하였으며, 대조군은 2.03점에서 1.91점으로 0.12점 감소하였다. 실험 후 부적정서 점수가 감소한 정도는 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다( $t=-2.15, p=.036$ ) (Table 2).

4) 가설 4 ‘뉴로피드백 훈련 중재에 참가한 실험군은 참여하지 않

은 대조군보다 정신심리적 스트레스 반응이 낮아질 것이다.’는 부분적으로 지지되었다.

강박증(Obsessive compulsive [O-C]) 점수는 실험군이 사전 61.37점에서 사후 58.17점으로 3.20점 감소하였으나 대조군은 60.94점에서 62.39점으로 1.45점 증가하여 실험 전 후 강박증 점수의 변화량은 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다( $t=-2.35, p=.023$ ). 우울증(Depression [DEP]) 점수는 실험군이 사전 60.05점에서 사후 56.21점으로 3.84점 감소하였으나 대조군은 57.08점에서 60.07점으로 2.99점 증가하여 실험 전 후 우울증 점수의 변화량은 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다( $t=-3.99, p<.001$ ) (Table 2).

5) 가설 5 ‘뉴로피드백 훈련 중재에 참가한 실험군은 참여하지 않은 대조군보다 자기조절 능력이 높아질 것이다.’는 부분적으로 지지되었다.

자기조절 양식 점수는 실험군이 사전 2.90점에서 3.50점으로 0.60점 증가하였으며, 대조군은 3.01점에서 3.04점으로 0.03점 증가하여 실험군이 대조군보다 증가정도가 유의하게 컸다( $t=3.05, p=.004$ ). 의지적 억제 양식은 실험군이 사전 3.10점에서 사후 2.97점으로 0.13점으로 감소하였고, 대조군은 2.82점에서 3.00점으로 0.18점 증가하였으나 의지적 억제 양식 점수의 변화량은 두 집단 간에 유의한 차이가 없었다(Table 2).

## 논 의

본 연구는 후기청소년을 대상으로 뉴로피드백 훈련이 스트레스의 신체·정서·정신심리적 반응에 대한 자기조절에 미치는 효과를 알아보고 뇌과학 기반의 간호중재를 개발하기 위한 기초자료를 마련하고자 시도되었다.

뉴로피드백 훈련이 후기 청소년의 신체적 스트레스 반응인 심박변이도에 미치는 효과를 검정한 결과, 심박표준편차(SDNN) 증가에 효과가 있는 것으로 나타났다. SDNN의 범위는 나이에 따라 차이가 있으나 대체로 50 ms 미만은 고위험군, 50~100 ms는 위험군, 100 ms 이상이면 정상군을 뜻한다[26]. 본 연구에서 뉴로피드백 훈련 후 실험군의 SDNN은 사전 80.32 ms에서 사후 105.66 ms로 증가하였는데, 이러한 결과는 18~25세의 건강한 남미인의 SDNN이 106.62 ms였던 연구[26]와 비슷한 수준이었다. 본 연구의 대상자는 정신생리사회 문제의 진단을 받지 않은 후기청소년이었으나, 두 군 모두 사전 SDNN의 수치가 위험군 수준이었다. 이는 한국 청소년의 전반적인 생활 스트레스 인지율이 높다는 통계청의 자료[4]에서와 같이 학업이나 대학입시, 취업 등으로 경험하는 스트레스 수준이 높은 우리나라의 사회적 상황을 반영한 것으로 생각된다.

또한 뉴로피드백을 제공한 선행연구에서는 훈련 회기가 진행될수

록 SDNN은 증가하였으며[27], 뉴로피드백과 바이오피드백 병합 훈련, 바이오피드백 훈련 차이를 연구한 선행연구에서는 병합 훈련이 제공된 대상자의 Root mean square of the successive differences (RMSSD)가 유의하게 증가한 것으로 나타났다[28]. RMSSD는 심박 변이도를 평가하는 지표로, 심장에 대한 부교감 신경 활성도를 나타내는 것으로 이완상태에서 높게 나타나며 스트레스 상태에서 낮게 나타난다[8]. 이는 뉴로피드백 훈련이 자율신경계 활성으로 나타나는 심장의 동방결절 조절에 긍정적 영향을 미치기 때문으로 생각된다. 따라서 뉴로피드백 훈련은 스트레스를 호소하는 후기청소년의 신체적 스트레스 반응에 대한 자기조절을 향상시키는 중재로 활용하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 또한 신체적 스트레스 반응과 관련된 자율신경계를 효율적으로 조절하기 위해서는 뉴로피드백 훈련을 기반으로 한 병합 중재가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 뉴로피드백 훈련은 신체적 스트레스 반응인 피부전도 수준 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 스트레스에 의해 교감신경계가 활성화되면 아드레날린성 섬유로 구성된 에크린샘(ecrine gland)이 자극되기 때문에 피부전도 수준은 교감신경계 활동의 지표라고 할 수 있다[3]. 그러므로 뉴로피드백 훈련은 스트레스로 발생하는 교감신경계 활성을 감소시켜 신체적 스트레스 반응을 완화하는 중재로 적용하는 것이 가능하다고 생각한다. 그러나 간호대학생을 대상으로 호흡, 근전도 바이오피드백 훈련을 제공한 선행연구에서는 피부전도 수준이 감소하지 않았다[17]. 이는 호흡, 근전도 바이오피드백이 신체적 이완을 기반으로 한 중재이나, 뉴로피드백 훈련은 뇌신경학적 기전을 기반으로한 중재이기 때문에 결과에 차이가 있었던 것으로 추정된다.

본 연구에서 뉴로피드백 훈련은 부적정서 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 직장인을 대상으로 뉴로피드백 훈련을 제공한 선행연구[11]에서 부적정서가 감소하였다는 결과와 유사하였다. 또한 뉴로피드백 훈련을 20회기 제공한 선행연구에서 정적정서와 부적정서 상태의 균형을 나타내는 정서 뇌파지수에 뉴로피드백 훈련이 효과적인 것으로 나타났다[12]. 이는 정서조절과 관련이 있는 High-beta를 억제하는 뉴로피드백 훈련이 부적정서를 감소시키는 것으로 생각된다. 따라서 뉴로피드백 훈련은 긴장과 충동적인 성향을 가진 후기청소년의 부적정서를 감소시키고 정서적 안정을 도모하는데 기여할 수 있는 중재라고 생각한다.

본 연구에서 뉴로피드백 훈련은 강박증과 우울증 감소에 효과적인 것으로 나타났다. 이는 뉴로피드백 훈련이 강박증 환자의 행동을 감소시키고[10], 우울증 환자의 임상적 우울증상을 변화시켰다고 한 선행연구[9]의 결과와 유사하였다. 따라서 뉴로피드백 훈련이 정신증상과 관련된 신경전달물질 손상을 차단하고 신경가소성을 발달시키는 데 효과적인 것으로 생각된다. 강박증은 불안장애의 한 종류로

보통 청소년기에 발병하는 정신질환 중 하나이며, 성인 강박증 환자의 30.0%에서 50.0% 정도가 청소년기에 발생하는 것으로 나타났다[29]. 또한 후기청소년의 우울증은 흔히 불안, 약물사용, 행동장애, 식사장애를 수반하며, 이러한 문제가 동반되면 자살 가능성이 더 높다[29]. 후기청소년기의 정신건강은 학교와 가정, 사회적으로 매우 중요한 요인으로 후기청소년을 대상으로 한 정신건강관리와 우선적으로 필요하다. 따라서 뉴로피드백 훈련을 후기청소년의 다양한 정신건강 문제에 적용하는 근거기반 실무 연구가 확대되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 뉴로피드백 훈련은 개인의 의지로 정서, 동기, 심리 상태를 통제하는 자기조절 양식에 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구 실험군의 자기조절 양식의 점수는 평균 2.90점으로 청소년을 대상으로 한 선행연구[23]의 2.36점보다 높았다. 또한 직접적인 비교는 어려우나, 뉴로피드백 훈련 후 대학생의 심리, 태도를 통제하는 자기조절뇌파지수가 유의하게 증가한 선행연구 결과[14]와 뉴로피드백 훈련 후 초등학교생의 동기, 인지, 행동조절 능력이 유의하게 증가한 선행연구 결과[30]는 본 연구결과와 유사하였다. 이와 같이 뉴로피드백 훈련은 후기청소년이 스스로 정서, 동기, 심리 상태를 통제하도록 도우므로 스트레스 반응을 조절하는데 적절한 방법으로 추정된다.

그러나 본 연구의 결과를 일반화하는데 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 후기청소년의 지속적인 스트레스 관리를 위해 10회기 이상의 훈련을 제공한 후 효과를 평가해 볼 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 실험군과 대조군을 무작위 할당하지 않아 이를 보완한 추후 연구가 필요하다. 셋째, 뉴로피드백 훈련을 제공하기 위해서, 연구자는 전문 교육과정을 이수하고 국제자격증을 획득하는 과정이 필요하다. 넷째, 뉴로피드백 훈련을 제공받는 대상자의 훈련 호응이 훈련에 영향을 미칠 수 있으므로 이는 뉴로피드백 중재 활용도에 제한점으로 작용될 수 있다. 하지만 대상자에게 질 높은 간호를 제공하기 위해서는 전문가의 학문적 이해, 기기 사용의 노하우 등의 역량강화는 필수적이다. 그러므로 뇌과학적 접근의 중재에 대한 교육과정 편성과 독자적 간호중재적용을 지지하는 제도적 근거가 마련된다면 뉴로피드백 훈련은 전문적, 독자적 간호중재로 활용할 가능성이 높아질 것이다.

뉴로피드백 훈련은 비침습적, 비약물적 개별 중재[8]로 훈련에 필요한 기기들의 이동이 가능하므로 실행접근성이 높고, 병원과 지역 사회에서 건강증진을 위한 중재로 적용가능하다. 뉴로피드백 훈련은 유아부터 노인까지 다양한 연령대의 대상에게 적용하는 것이 가능하다[7]. 또한 개인의 향상성 수준을 고려[8]한 1:1 대상자 중심의 개별적 간호중재로 활용가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구는 뇌 과학적 근거에 기반한 새로운 중재를 개발하여 후기

청소년의 스트레스 반응 효과를 검증하였다는 점에서 간호학적 의의가 크다. 스트레스 반응에 대한 효과를 파악하기 위해 자기보고식 검사에만 의존하지 않고 생체지표인 심박변이도와 피부전도 수준을 활용하였으며 과학적이고 객관적인 평가를 제시하였다. 본 연구에서는 Brain-Mind-Body 기반의 뉴로피드백 훈련이 후기청소년의 신체·정서·정신심리적 스트레스 반응을 관리하는 간호중재로서 효과성을 확인하였다. 그러므로 뉴로피드백 훈련은 학교나 지역사회 및 임상간호현장에서 청소년의 스트레스 반응 관리를 위한 뇌과학 기반의 자기조절 간호중재로 활용 될 수 있으리라 생각된다.

### 결론

본 연구는 뇌 과학적 접근의 뉴로피드백 훈련이 후기청소년의 신체적·정서심리적 스트레스 반응을 감소시키는 자기조절 향상에 미치는 효과를 알아보고자 일반적응증후군(GAS) 모델과 심신의학모델(Mind-Body Medicine)을 활용하였다. 뉴로피드백 훈련은 발달 단계 과정에 있는 후기청소년의 심박변이도인 SDNN, 피부전도수준, 부적정서, 강박증, 우울증 관리, 자기조절양식에 긍정적인 효과가 있었다. 본 연구의 의의는 뉴로피드백 훈련이 후기 청소년의 스트레스 관리에 효과적이며 스트레스의 생리적 요소와 정서심리적 요소를 모두 고려한 모델을 적용하였다는 점과 Brain-Mind-Body 기반의 스트레스 완화를 위한 중재로 뉴로피드백 훈련의 적용 가능성을 발견하였다는 점이다. 따라서 뉴로피드백 훈련을 효율적으로 활용하기 위해 다양한 연령과 스트레스 관련 변수, 뉴로피드백 훈련 기반의 병합 중재에 대한 추후 연구가 필요하며, 이러한 노력은 임상 및 지역사회 청소년의 스트레스 관리에 기여할 것으로 기대한다.

### CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

### REFERENCES

- Walker EF, Walder DJ, Reynolds F. Developmental changes in cortisol secretion in normal and at-risk youth. *Development and Psychopathology*. 2001;13(3):721-732.
- Hall GS. *Adolescence*. New York: Appleton and Company; 1904. p. 81.
- Rice VH. *Handbook of stress, coping, and health: Implications for nursing research, theory, and practice*. 2nd ed. Los Angeles (CA): Sage; 2012. p. 1-588.
- Statistics Korea. *Health insurance review & assessment service* [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; c2017 [cited 2017 Apr 18]. Available from: <http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action>
- Korean Journal of Stress Research. *Understanding about stress science*. Seoul: Shinkwang; 1997. p. 486.
- Chang HK. Theoretical issues in mind-body medicine. *Korean Association of Mediatlional Healing*. 2010;1(1):1-16.
- Cheong MJ, Jo HI, Chae EY. Meta analysis on the effects of neuro-feedback training programme. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2016;17(12):582-593. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.12.582>
- Thompson M, Thompson L. *The neurofeedback book: an introduction to basic concepts in applied psychophysiology*. 2nd ed. Wheat Ridge (CO): Association for Applied Psychophysiology & Biofeedback; 2015. p. 857.
- Koberda JL, Koberda P, Moses A, Winslow J, Bienkiewicz A, Koberda L. Z-score LORETA neurofeedback as a potential therapy in depression and anxiety. *NeuroConnections*. 2014; Spring:52-55.
- Hammond DC. QEEG-Guided neurofeedback in the treatment of obsessive compulsive disorder. *Journal of Neurotherapy*. 2003;7(2):25-52. [http://doi.org/10.1300/j184v07n02\\_03](http://doi.org/10.1300/j184v07n02_03)
- Lee KH. A Study on how Neurofeedback system reduces stress level of employee [master's thesis]. [Seoul]: Hanyang University; 2016. p. 1-68.
- Kum MH, Kang YM, Kim HK, Jung HS, Han MY. Study on brain function enhancement and the effects of stress reduction through neuro-feedback training on nursing students of Busan. *The Korean Journal of Health Service Management*. 2012; 6(2):111-119. <http://doi.org/10.12811/kshsm.2012.6.2.111>
- Selye H. Forty years of stress research: Principal remaining problems and misconceptions. *Canadian Medical Association Journal*. 1976;115(8):53-56.
- Barrows KA, Jacobs BP. *Mind-body medicine. An introduction and review of the literature*. *Medical Clinics of North America*. 2002;86(1):11-31. [https://doi.org/10.1016/S0025-7125\(03\)00069-5](https://doi.org/10.1016/S0025-7125(03)00069-5)
- Abell N. The Index of Clinical Stress: A brief measure of subjective stress for practice and research. *Social Work Research and Abstracts*. 1991;27(2):12-15. <http://doi.org/10.1093/swra/27.2.12>
- Oh SD, Kim SJ. The effects of modeumbok-play group music therapy program on the stress and self-esteem of university student. *The Journal of the Research and Information Service*. 2013;13:81-90.
- Kwon RH. The effects of biofeedback training on stress and academic resilience of the nursing students [master's thesis]. [Seoul]: Seoul National University; 2012. p. 1-71.
- Watson D, Clark LA, Tellegen A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1988;



- 54(6):1063-1070.  
<http://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
19. Lee HH, Kim EJ, Lee MK. A validation study of Korea positive and negative affect schedule: The PANAS scales. *Korean Journal of Clinical Psychology*. 2003;22(4): 935-946.
20. Derogatis LR, Cleary PA. Confirmation of the dimensional structure of the scl-90: A study in construct validation. *Journal of Clinical Psychology*. 1977;33(4):981-989.  
[http://doi.org/10.1002/1097-4679\(197710\)33:4<981::aid-jclp2270330412>3.0.co;2-0](http://doi.org/10.1002/1097-4679(197710)33:4<981::aid-jclp2270330412>3.0.co;2-0)
21. Kim KI, Kim JH, Won HT. Korean manual of symptom checklist-90-revision. Seoul: Jung Ang Juk Sung Publisher; 1984. p. 10.
22. Kuhl J, Fuhrmann A. Decomposing self-regulation and self-control: The volitional components inventory. In: Heckhausen J, Dweck CS, editors. *Motivation and Self-Regulation Across the Life Span*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 1998. p. 48.  
<http://doi.org/10.1017/cbo9780511527869.003>
23. Yoon YS. Self-regulation related variable of adolescent [dissertation]. [Seoul]: Sookmyung University; 2007. p. 98.
24. Demos JN. *Getting started with neurofeedback*. New York: W. W. Norton & Company; 2005. p. 1-280.
25. Collura TF. *Technical foundations of neurofeedback*. New York: Routledge. 2014. p. 266.
26. Corrales MM, Torres BDLC, Esquivel AG, Salazar MAG, Orellana JN. Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population. *Health*. 2012; 4(7):377-385. <http://doi.org/10.4236/health.2012.47060>
27. Friedrich EVC, Courellis H, Tonnesen AL, Gevirtz R, Pineda JA. Is heart rate variability a predictor for neurofeedback effects? In: Müller-Putz G, Bauernfeind G, Brunner C, Steyrl D, Wriessnegger S, Scherer R, editors. *Proceedings of the 6th international brain-computer interface conference; 2014 Sep 16-19; Graz: Graz University of Technology Publishing House; c2014*. p. 88-91.
28. Goodman MS, Castro N, Sloan M, Sharma R, Widdowson M, Herrera E, et al. A neurovisceral approach to autism: Targeting self-regulation and core symptoms using neurofeedback and biofeedback. *NeuroRegulation*. 2018;5(1):9-29.  
<https://doi.org/10.15540/nr.5.1.9>
29. Ahn DH. Mental disorders in adolescents. *Journal of Korean Medical Association*. 2009;52(8):745-757.  
<https://doi.org/10.5124/jkma.2009.52.8.745>
30. Ahn SK. A study on the effect prefrontal lobe neurofeedback training on the primary student about selfregulation ability. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2010;11(11):4161-4166.  
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.11.4161>