

영재학습향상에 영향을 미치는 뇌파 프로그램 연구

이길재 · 권형규
동성초등학교 · 경성대학교
eduist21@gmail.com · alexhkwon@gmail.com

Research of electroencephalogram(EEG) program which influences on the learning improvement of the gifted

Kiljae Lee, Hyungkyu Kwon
Dongsung Elementary school, Kyungsung University

요 약

뇌파는 대뇌피질에 분포하는 신경세포의 활동을 객관적으로 명확하게 표현해주기 때문에 학습자의 두뇌기능을 과학적으로 평가해준다. 따라서 학습에 의한 직접적인 효과를 알아보기 위해서는 두뇌사고활동을 수행하는 과정에서 학습자의 두뇌기능 상태에 대한 객관적인 검증이 필요하다. 또한 학습자의 학습과정에서의 활성뇌파를 분석해봄으로써 학습에 영향을 미치는 뇌파가 무엇인지를 파악할 수 있다. 본 연구는 학습 및 학습에 영향을 미치는 정서와 관련된 뇌파연구를 고찰함으로써 영재아의 학습효과를 높이기 위한 뇌파 분석 및 조절 프로그램을 개발하는데 시사점을 찾아보고자 한다.

1. 서 론

영재교육을 통하여 영재들의 잠재능력과 재능을 계발시켜 자아실현을 이룰 수 있도록 적절한 학습기회와 서비스를 제공하는 것은 중요하다. 영재교육을 위해서는 영재의 지적, 사회적, 정서적 요구가 일반아와 다르게 [1] 높은 지적사고능력, 학습능력, 문제해결력 및 과제집착력을 가지고 있다. 하지만 영재의 정서적인 취약성(vulnerability)에 대해서는 긍정적인 의견과 부정적인 의견이 혼재하고 있다[2]. 특히, 지적으로 우수한 영재아들이 낮은 학업성적으로 인해 미성취 영재가 되는 원인과 그 대책에 대한 연구는 부족한 실정이다[3]. 미성취 영재의 문제는 학업성취와 관련된 복잡한 변인들에 의해 영향을 받으며[4], 이는 개인적으로나 사회적으로 인적자원의 손실이라 할 수 있다[5].

그동안 영재의 특성에 관한 연구는 주로 지필검사를 통해 이루어져 왔다[6]. 그러나 창의적 문제해결력이나 인지능력이 뇌기능 특성과 밀접한 관련이 있음이 밝혀지면서 뇌기능과 관련된 영재아의 특성연구는 기존의 지필검사를 보완하는 객관적이고 과학적인 방법으로 부각되고 있다[7][8][9]. 또한 최근에는 인간의 정서행동문제가 사회환경적인 요인과 밀접한 관련이 있다는 종래의 정신역동적인 견해에서 벗어나 중추신경계의 이상과의 관련성이 제기되면서 뇌파를 활용하여 정서행동의 기질적 원인에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[10].

인간의 사고 및 행동은 대뇌기능에 의해 조절되며, 대뇌의 기능은 많은 뇌신경들의 활동에 달려 있으며, 이러한 뇌신경들의 활동은 뇌파의 형태로 나타난다. 뇌파는 대뇌피질에 분포하는 신경세포의 활동을 객관적으로 명확하게 표현해주기 때문에 학습자의 두뇌기능을 과학적으로 평가할 수 있다. 뇌파측정을 통한 검사법은 객관적이고 연속적으로 간단하게 대뇌

의 기능을 평가할 수 있으며 또한 인체에 아무런 해를 주지 않으면서 인간의 활동에 대해 실시간의 경과에 따른 두뇌의 기능상태를 추정하기에 적합하다[11].

특히 초기의 뇌파연구가 주로 인지, 행동, 신경생리학분야에서 뇌의 전기적 활동을 밝힐 목적으로 연구가 진행되었다면, 최근에는 뇌파를 주의집중, 반응시간, 행동수정, 정확성, 긴장이완, 결정력 등과 같은 인지기능을 향상시킬 목적으로 활용하기도 한다[12][13][14].

뇌파는 뇌의 활동상태에 따라 다르게 나타나며, 자신의 뇌에 다양한 훈련으로 피드백을 받게 되면 특정파에 대한 조절능력을 갖게 된다[15][16]. 이와 같이 뇌파를 임상학적으로 사용하는 것을 뇌파 자기조절(EEG self-regulation) 또는 신경피드백(neurofeedback)이라고 부른다. 이러한 방법은 ADHD뿐만 아니라 자율신경계와 연관된 증상의 조절에 광범위하게 적용되는 치료방법이며, 의식의 조절범위에 있지 않은 생리적 반응을 조절할 수 있도록 훈련시키는 조작적 조건화를 이용한 학습방법이다[17].

따라서 본 연구는 학습과 정서와 관련된 뇌파연구를 고찰함으로써 앞으로 영재아의 학습효과를 높이기 위한 뇌파분석 및 조절 프로그램을 개발하는데 시사점을 찾아보고자 한다.

2. 뇌파(Electroencephalogram : EEG)

1929년 독일의 정신과 의사 Hans Berger가 인간 뇌의 전기활동 즉 뇌파(electroencephalogram : EEG)를 최초로 보고한 이후, 뇌파는 대뇌피질에 분포하는 신경세포의 활동을 직접적으로 명확하게 표현해주기 때문에 인간의 고등 인지를 담당하는 뇌의 기능에 대한 객관적인 지표로 활용되고 있다[11]. 최근에는 인지신경과학 및 공학의 발달로 말미암아 뇌기능활동에 대한 검사법은 뇌전위 측정에 의한 EEG검사뿐만 아니라 뇌자기장 검출에 의한 MEG(magneto encephalography), Functional MRI(magnetic resonance imaging), PET(positron emission tomography), 전산화

단층촬영(computer tomography)의 영상진단법 등 다양한 방법이 급속히 발전하고 있다. 그럼에도 불구하고 뇌파는 객관적이고 연속적으로 마늘 삽입없이 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사법으로 여전히 중요하게 활용되고 있다.

뇌파는 일반적으로 주파수에 따라 0.5 ~ 4 Hz 대역을 delta(δ)파, 4 ~ 8 Hz 대역을 theta (θ)파, 8 ~ 12 Hz 대역을 alpha(α)파, 그리고 12 Hz 이상인 대역을 beta(β)파로 구분한다. α 파는 정신적으로 안정될 때, 즉 눈을 감고 있거나 조용한 환경에서 잘 나타나며, 눈을 떴을 때나 압산 등의 정신활동을 해서 뇌의 활동 수준이 높아지면 α 파의 억제(blocking) 또는 감쇠(attenuation)현상이 나타난다. α 파가 나오면 주의집중력이 가장 효과적으로 작용하고 종합적인 판단이 가능하므로 α 파의 효과적인 활용은 학습에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(박재근, 2002). β 파는 대뇌피질의 활성화와 관련되어 있으며 정신활동을 수행할 때 β 파의 활성이 강하게 나타난다[18]. θ 파는 아동에게 주로 흔히 나타나고 성인의 경우 경계심이 강소되었을 때 관찰 된다. 뇌파의 안정화에 기여하고 창조력과 학습능력에 공헌하며 뇌의 활동이 α 파와 θ 파 상태일 때 창조성과 텔레파시가 높아지는 것으로 보고되고 있다[19]. δ 파는 나이에 관계없이 숙면 중에 나타나며 간질, 뇌종양, 정신박약 등에 이상이 있을 때 나타난다. 각성시 δ 파의 출현이 있으면 그것만으로도 이상으로 판정할 수 있다[11].

3. 학습과 관련된 뇌파연구

뇌파는 뇌의 기능에 대한 기술적인 연구방법으로[8], 뇌파의 측정은 인체에 아무런 해를 주지 않으면서 두뇌의 기능상태를 추정하기에 적합하다[11]. 따라서 뇌파 측정 및 분석은 영재아에 대한 좀 더 구체적이고 실증적인 정보를 제공해 줄 수 있다.

뇌파와 관련한 최근의 연구 결과들 [7][20][21][22]을 살펴보면 학습자의 문제해결 과정에서 각 영역별 사고기능이 뇌의 어느 부

위에서 중요하게 작용하는지를 알 수 있다. 김용진[23]에 의하면 창의성과 관련된 뇌기능연구를 통해 공간지각력 문제나 과학적 사고력 문제해결활동과 같은 창의적 유형의 사고활동에서는 θ 파가 아주 높은 활성을 보이며, 우뇌에서의 β 파 활성도도 높게 나타났음을 밝히면서 학습자의 창의성은 뇌신경의 θ 파 리듬과 우뇌에서의 β 파 활성 상태와 관계가 있을 가능성을 시사해 준다. 김용진과 장남기[24]는 명상활동을 통하여 좌뇌와 우뇌의 두뇌 기능상태가 고르게 유지되고 명상활동으로 긴장상태의 두뇌를 이완시켜 집중력과 창의력을 증진시킬 수 있는 상태로 전환할 수 있음을 밝히고 있다. 박경희 외[8]는 뇌파검사를 통해 뇌라는 게에서 서로 다른 구성요소가 기능적으로 공동관련되어 있는 것을 나타내는 Functional Clustering(FC)분석을 통해 영재집단과 일반아집단을 구분할 수 있으며 이는 기존의 지필검사의 한계를 극복할 수 있는 가능성을 제시하였다. 창의적 속성에 바탕을 둔 공간지각력과 과학적 사고력 문제해결 활동 중에 좌·우 전두엽에서 측정된 뇌파의 비교분석에 따르면 [25] 우뇌의 θ 파와 β 파의 활성도가 크게 증가하여 이들 파장이 학습자의 창의적 능력과 관련이 있음을 알 수 있다.

학습에 가장 중요한 기초가 되는 것은 주의 집중이다. 주의집중을 유발시키는 적합성이나 용량은 개인마다 다르나 생리적으로 뇌의 활동을 각성 반응로 유도하는 기능을 갖는 알파파의 유발정도가 주의집중과 기억기능에 영향을 미친다[26]. 또한 특정파가 발생할 때 학습이 촉진되며, 자기조절이 가능하다. 여기에서 주의를 집중할 때 발생하는 특정파는 알파파와 베타파이다. 알파파의 유발정도가 베타파로 이행되면서 각성상태가 고조되어 주의집중이 효율적으로 작용하여 학습 및 기억 등 종합적인 판단을 할 수 있으므로 알파파는 학습에 직접, 간접적으로 긍정적인 영향을 미친다. 또한 각성일 때 또는 공부를 할 때 베타파가 발생하는데 베타파발생시 뇌신경들이 많은 에너지를 소모하므로 이 상태가 지속되면 뇌는 혼돈과 초

조에 이르게 되어 대뇌 피질이 정보처리나 반응에 대해 결정 능력에 한계를 나타냄에 따라 주의집중을 할 수 없게 된다. 이런 긴장상태를 완화시키기 위해서는 알파파가 필수적으로 발생되어야 다시 집중적인 베타로 이행한 정신상태로 되돌아 올 수 있게 된다[15][18][20]. 알파파나 세타파와 같은 저파상태에서 집중력이 증진되며 기억력과 학습의 효율성이 높다. 특히 알파파는 집중력과 기억력에 중요한 역할을 한다.

뇌파측정을 적용한 학습행동의 연구는 아직 미흡하며, 학습활동의 유형에 따른 우세 뇌파의 연구와 이에 기초한 학습모형의 개발[20], 지능검사의 문제를 해결하는 사고활동[22] 및 과학적 사고활동[27]에서 θ 파의 활성이 우세하게 나타남을 보고한 정도이다[24].

그동안 여러 연구를 통해 이루어진 학습전략 및 수업이나 실험수업모형이 학업성취도나 창의성 그리고 과학탐구력의 향상을 가져오기는 했지만 실제 이러한 학습이 이루어지는 과정에서 연구 대상 집단의 뇌기능 활성 상태가 어떠한지에 대해 검증된 바가 없다[28]. 따라서 학습에 의한 직접적인 효과를 알아보기 위해서는 두뇌 사고 활동을 수행하는 과정이나 교사에 의한 다양한 교수활동이 이루어질 때 학습자의 두뇌 기능 상태에 대한 객관적인 검증을 위해 뇌파계와 같은 과학적 도구를 활용할 필요가 있다[6]. 물론 뇌파계를 이용하여 측정된 뇌파는 상당한 개인차가 있고 주어진 상황에 따라 다양한 양상을 보이므로[11] 두뇌의 기능 상태에 대한 비교를 위해서는 단순히 좌 우뇌의 뇌파 활성도의 크기를 산술적인 절대량으로 평가하는 것은 바람직하지 않다.

4. 학습에 영향을 미치는 정서(emotion)와 뇌파연구

인간의 사고 및 행동은 대뇌기능에 의해 조절되며, 대뇌의 기능은 많은 뇌신경들의 활동에 달려있으며, 이러한 뇌신경들의 활동은 뇌파의 형태로 나타난다. 뇌파측정을 통한 검사

법은 객관적이고 비침습적이며 연속적으로 간단하게 대뇌의 기능을 평가할 수 있으며 또한 인체에 아무런 해를 주지 않으면서 인간의 활동에 대해 실시간의 경과에 따른 두뇌의 기능 상태를 추정하기에 적합하다[11]. 최근 인간의 정서행동문제가 사회환경적인 요인과 밀접한 관계가 있다는 종래의 정신역동적인 견해에서 벗어나 중추신경계통의 이상과의 관련성이 제기되면서 뇌파를 활용하여 정서행동의 기질적 원인에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 [10]. Jasper, Solomon & Bradley [29]에 의하면 경련성질환없이 행동문제를 나타내는 아동 71명에 대한 뇌파조사 결과 59%에서 뇌파이상을 나타냈다. Secunda & Finley[30]은 143명의 행동문제아동중 51%에서 뇌파이상을, 23%에서 경계선 뇌파소견을, 26%에서 정상뇌파소견을 보인 반면, 정상대조군 76명에서는 15%에서 뇌파이상을, 17%에서 경계선 뇌파소견을 68%에서 정상뇌파소견을 나타내었음을 보고하였다. 명호진[31]은 미국미네소타대학 신경과의 소아 뇌파기록 1159예중 행동이상을 주증상으로 하는 119명 소아의 128뇌파도를 분석해 이중 94 뇌파도에서 비정상적 뇌파소견을 34뇌파도에서 정상적인 뇌파소견을 보인다고 하면서 이들이 보이는 비정상적 뇌파소견으로는 양측 후두부 서파, 측두엽 초점성속파 및 14와 6Hz양성속파 등을 보고하였다. Remond[32]에 의하면 보고장에 따라 차이는 있지만 대체로 정상아동들에서는 5내지 15%에서 그리고 정서행동 문제아동들에서는 50-60%에서 뇌파이상을 보인다고 하며, 정서행동문제아동들에서 보이는 뇌파이상 소견으로는 과도한 서파(slow waves), 속파(spike), 예파(sharp wave), 전반성돌발파(generalized paroxysmal eave) 및 14와 6Hz 양성속파 등을 들 수 있다.

인간은 각성시(waking) 항시 자극들을 경험하며 이를 처리하기 위해 심리생리적인 측면에서 반응하고 있다. 이러한 일련의 과정은 인간이 생존하고 성장하여 가는데 필수적인 것으로 인식하고 있으나 일반적인 부정개념으로 스트레스가 발생하며 특히 신개념 기술의 속출에

따른 사회의 다변화 및 변화의 고속화는 이를 가중화 시킨다. 과도한 스트레스에 의한 부적응은 두통, 피로, 심장질환, 요통, 궤양 등 신체적 증상 및 일시적인 기억상실, 신경과민, 초조, 불안과 같은 정신적 증상을 보이며, 이러한 분야의 연구를 통해 스트레스가 관여 않는 병은 거의 없다[12]. 불안과 스트레스는 α 파 반응에 영향을 준다. 이때 영향을 준다는 것은 α 파의 반응이 증가되거나 감소하는 것을 의미한다. 불안과 뇌파의 관계에 대한 연구[33]에 의하면 불안수준에 따른 α 파의 차이가 있고, 스트레스 유발시 α 파의 변화에도 차이가 있었다. 즉 안정상태에서는 불안이 낮은 사람보다 불안이 높은 사람이 α 파 반응이 낮게 나타났으며 [34], 일시적인 스트레스 상황에서는 불안이 높은 사람이 α 파 반응이 증가되었지만 불안이 낮은 사람은 α 파 반응의 증가가 나타나지 않았다[35].

5. 뇌파조절 프로그램

뇌파는 뇌의 활동상태에 따라 다르게 나타나며 자신의 뇌에 다양한 훈련으로 피드백을 받게 되면 특정파에 대한 조절능력을 갖게 된다. 이 특정한 조절능력 및 파의 특성을 이용하여 기억력, 주의집중, 정서 등과 관계된 인간의 인지처리능력을 높이기 위한 여러 연구가 시도되고 있다.[15][36][37][38][39][40][41][42]

뇌파와 학습에 관련된 논문을 살펴보면, Fairclough, Venables & Tattersall[43]는 세 종류의 인지과제를 연이어 수행하는 동안의 뇌파, 호흡, 심전도, 안구 운동과 같은 신경생리학적 지수를 분석한 결과 높은 수준의 과제를 수행할 때 연습의 효과가 나타났으며, 복잡한 활동시 더욱 집중하기 위해 심박률 감소, 눈감막입 감소, 두정엽의 세타파 증가 등의 현상이 나타났다. Neubauer, Grabner, Freudenthaler, Beckmann & Guthke[44]는 지능과 개인 간 차이에 따른 신경의 효율화를 비교하기 위해 인지검사지를 이용해 사전검사-훈련-사후검사를 실시하고, 검사를 실시하는 동안 뇌파를 측정

한 결과 개인에 따라 훈련의 효과가 달랐으며, 지능이 높을 수록 훈련의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. Teplan, Krakovska, & Tolc[45]는 장기적인 시청각 자극에 따른 뇌파 특성의 변화를 2개월에 걸쳐 25번 측정한 결과 알파파와 세타파가 향상되는 등 정신적 이완능력이 향상되는 것을 뇌파를 통해 알아냈다. 따라서 이러한 결과로 볼 때 개인의 뇌파특성은 학습과 훈련에 의해 변화한다는 사실을 알 수 있다. 이는 다양한 학습전략 및 수업모형을 개발시 학습의 효과를 높이기 위해 뇌파분석 결과를 활용할 수 있음을 알 수 있다.

뇌파를 임상학적으로 사용하는 것을 뇌파 자기조절(EEG self-regulation), 뇌파 바이오피드백(EEG biofeedback), 신경피드백(neurofeedback)이라고 부른다. 이러한 방법은 ADHD뿐만 아니라 자율신경계와 연관된 증상의 조절에 광범위하게 적용되는 치료방법이며, 의식의 조절범위에 있지 않은 생리적 반응을 조절할 수 있도록 훈련시키는 조작적 조건화를 이용한 학습방법이다[46].

감각운동파(sensorimotor rhythm : SMR, 12-15Hz)에서의 바이오피드백은 주로 신체운동 성과 관련된 뇌파조절치료방법으로 Lubar와 Shouse[47]의 연구에 의하면 과다행동의 억제과 지속적인 주의력에 효과가 있었고 학업성적도 향상되는 것으로 밝히고 있다[41]. Tansey와 Bruner[48]은 과잉행동이 수반된 주의력 결핍장애와 발달성 학습장애와 안구운동의 불안정을 보이는 10세 아동에게 SMR 바이오피드백치료와 근전도 훈련을 시킨 결과 근전도의 감소와 함께 자신의 행동에 조절력이 향상되었으며 읽기 및 이해능력도 의미있게 증가되었음을 보고하고 있다.

α 파(8-12Hz) 바이오피드백 치료는 학습장애를 치료하는데 효과적인 것으로 알려져 있다. α 파는 각성시 이완과 연관되는 뇌파로 좌우 대뇌반구사이의 차이를 보인다. Nall 외[49]의 연구에 의하면 α 파 바이오피드백 치료를 받은 실험집단이 비교집단(거짓 α 파 바이오피드백치료 집단, 치료받지 않은 집단)에 비해 의미있는 행

동상의 차이는 보이지 않았지만 성취도평가에서 실험집단이 읽기 이해영역에서 의미있는 성취가 있었음을 밝히고 있다. Gracenin 외[50]는 학습장애아동에게 소리내어 읽기와 읽기 이해 점수를 향상시키기 위해 훈련을 실시한 결과 α 파의 진폭과 기간에서 진전이 있었고, 과다행동과 부적응 행동이 다소 호전되었을 뿐만 아니라 이해능력도 호전되었음을 밝히고 있다.

θ 파/ β 파 바이오피드백 치료는 θ 파의 감소와 β 파의 증가를 치료의 목표로 삼는다. θ (4-8Hz)파는 꿈을 꾸거나 의식이 저하된 상태에서 출현하는 뇌파이고, β (16-20Hz)파는 불안 또는 높은 각성 수준과 연관된 뇌파이다. Lubar[41]는 37명의 ADHD아동의 뇌파 바이오피드백치료와 학습치료를 병행 실시한 결과 학습기능척도에서 더 높은 점수를 보였다고 보고하고 있다.

하지만 뇌파조절치료의 연구들은 실험대상수, 진단방법, 상이한 바이오피드백 방법적용, 동반질환을 가지고 있는 연구 등으로 임상에서 바로 적용하기는 어렵다. 하지만 SMR훈련과 θ 파/ β 파 바이오피드백 훈련은 의미있는 행동상의 변화가 있는 것으로 효과적인 것으로 나타났다[46].

6. 결론

영재는 일반아와는 다른 지적, 정서적, 사회적 요구를 가지며, 이를 반영한 교육적 프로그램을 제공해주어야 한다. 그럼으로써 영재들의 잠재능력과 재능의 계발을 통해 자아실현 및 인적자원개발을 통한 국가·사회의 발전에 기여할 수 있다. 그러나 영재의 인지적 특성에만 초점을 두으로써 영재의 정서적 취약성으로 인한 미성취 영재에 대한 논의가 부족하였다. 정서적인 면 특히 학습에 영향을 많은 영향을 미치는 불안, 우울, 스트레스 등에 대해 적절한 처치에 대한 논의가 필요하다.

인간의 사고 및 행동이 대뇌기능에 의해 조절된다. 대뇌의 기능은 많은 뇌신경들의 활동에 달려있으며, 이러한 뇌신경들의 활동은 뇌

파의 형태로 나타난다고 볼 때 뇌파분석은 인간의 학습과 정서와 관련하여 객관적이고 과학적인 정보를 제공해준다고 하겠다. 특히 뇌파 측정을 통한 검사법은 객관적이고 비침습적이며 연속적으로 대뇌의 기능을 평가할 수 있을 뿐만 아니라 인체에 해를 끼치지 않아서 유용한 도구라고 할 수 있다.

특히 뇌파는 다양한 훈련을 통한 피드백을 통해 특정과에 대한 조절능력을 가진다. 이를 뇌파 자기조절(EEG self-regulation), 뇌파 바이오피드백(EEG biofeedback), 신경피드백(neurofeedback)이라고 한다. 이러한 뇌파조절을 통해 학습과 관련된 정서와 관련된 뇌부위의 특정과에 대한 조절훈련을 통해 의미있는 행동의 변화를 가져올 수 있다.

앞으로 학습효과 향상을 위한 뇌파조절의 활용도를 높이기 위해서는 학습에의 직접적인 효과를 검증하기 위해 교수학습활동이 이루어질 때 학습자의 두뇌기능에 대한 평가 연구와 정서와 관련된 뇌파연구를 바탕으로 특정 뇌파를 활성화시킬 수 있는 뇌파조절 프로그램의 개발이 이루어져야 할 것이다.

7. 참고문헌

- [1] 전경원, "영재교육학", 학문사, 2003.
- [2] 배미란, "5요인 인성 모형에 기초한 과학영재들의 성격 연구", 연세교육연구, 제15권, 제1호, 2002.
- [3] 서우경, "미성취 영재아의 학업성취 관련변인에 대한 메타분석", 숙명여자대학교 대학원 박사학위논문, 2004.
- [4] 이소희, "아동복지론", 양지출판사, 2002.
- [5] Abby, S. A., Learning to parent the gifted child: Development of a model parenting program to prevent underachievement and other related emotional difficulties in gifted children. Unpublished doctoral dissertation, Widener University, 1998.
- [6] 김용진, 김재영, 권치순(2005). 창의적 과학 문제 해결에서 초등학교 과학영재아와 보통아의 뇌파 활성 차이. 한국생물교육학회지, 제33권 제1호 pp.23-32.
- [7] 박경희, "과학창의성 검사도구 개발과 과학영재아의 뇌기능 분석", 한국교원대학교 대학원 박사학위논문, 2004.
- [8] 박경희, 권용주, 김수용, 이길재(2006). 뇌기능의 공동작용에서 나타난 과학영재와 일반학생의 뇌파 특성. 한국과학교육학회지 제26권 제3호. pp.415-424.
- [9] Jin, S. H., Jeong, J., Jeong, D. G., Kim, D. J., & Kim, S. Y.(2002). Nonlinear dynamics of the EEG separated by Independent Component Analysis after sound and light stimulation. Biological Cybern, 86, pp.395-401, 2002.
- [10] 이정균, 장경준, 박성호, 홍강의, "초등학교 아동의 정서행동문제에 대한 생물·정신사회학적 연구(II)-뇌파자동해석장치에 의한 주의력 결핍과잉운동장애 아동과 정서행동문제아동의 뇌파조사-", 소아·청소년정신의학, 제1권, 제1., pp.40-54, 1990.
- [11] 김대식, 최장욱, "뇌파검사학", 고려의학, 2001.
- [12] 심준영, "뇌파 자기조절 훈련에 따른 불안과 뇌전위의 변화" 한국체육학회지, 제43권, 제3호, pp.207-217, 2004.
- [13] 김진구, "뇌파 자기조절바이오피드백을 통한 운동학습과 EEG변화" 한국스포츠심리학회지, 12(1), pp. 1-13, 2001.
- [14] Norris, S. L.& Currier, M., "Performance enhancement training through neurfeedback", In Evance. J. R. &Abarbanel, A.(Eds.), Introduction to Quantitative EEG and neurfeedback (223-240) San Diego : Academic Press, 1999.
- [15] Nak, C. L., Correlates of EEG hemispheric integration. Ph. D. Indiana University, 1992.
- [16] Paula, F. M., Biofeedback, Gale

- Encyclopedia of Alternative Medicine, 2001.
- [17] 손인기, "주의력 결핍 과잉행동 장애의 뇌파 생체피드백 치료", 동국의학, 제10권, 제2호, pp. 292-297, 2003.
- [18] Andreassi, J. H., "Psychophysiology : Human behavior and physiological response", 3rd Edition. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1995.
- [19] 박재근, "과학 학습 활동중의 전방전두엽에서의 뇌파 분석에 의한 두뇌의 기능 평가에 관한 연구", 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2002.
- [20] 김용진, "학습활동의 뇌파분석에 기초한 두뇌순환학습모형의 개발과 과학 학습에의 적용", 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2000.
- [21] 김용진, "과학문제풀이의 사고 과정에서 뇌파 분석에 의한 두뇌 기능 연구", 한국생물교육학회지, 31(4), pp.313-319, 2003.
- [22] 김용진, 김학현, 박재근, 채희경, 강경미, 조선희, 민윤기, 장남기, "문제풀이 활동에서 뇌파측정에 의한 두뇌기능상태의 평가", 한국생물교육학회, 제28권, 제3호, pp. 291-301, 2000.
- [23] 김용진, "학습활동의 뇌파분석에 기초한 두뇌순환학습모형의 개발과 과학학습에의 적용", 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2000
- [24] 김용진, 장남기, "시청각 학습의 반복 수행에 따른 전두부의 뇌파 활성화도 변화", 한국과학교육학회지, 21(3), pp. 516-528, 2001.
- [25] 박재근, "과학 학습 활동중의 전방전두엽에서의 뇌파 분석에 의한 두뇌의 기능 평가에 관한 연구", 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2002.
- [26] 이영희, "알파파 유발 이완 훈련이 뇌성마비 학생의 주의집중과 기억에 미치는 효과", 대구대학교 대학원 박사학위논문, 2003.
- [27] 권용주, "과학적 사고과정의 신경인지학적 해석" 한국생물교육학회 2001년 동계학술대회 심포지움 자료, pp. 8-11, 2001.
- [28] 박재근, "뇌파분석에 기초한 과학 학습 중의 두뇌의 기능 평가에 관한 연구", 한국생물교육학회지, 29(4), pp.365-374. 2001.
- [29] Jasper, H. H., Solomon. P., Bradley, C., "EEG analyses of behavior problem children.", AM J Psychoatry 95. pp641-658, 1938.
- [30] Secunda, L., Finley, K. H., "Electroencephalographic disorders in children presenting behavior disorders",. New Eng J Med 226, pp.850-854, 1942.
- [31] 명호진, "행동이상아의 뇌파", 최신의학, 4, pp. 61-66, 1961.
- [32] Remond, A., "EEG and various psychiatric diseases, in Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology.", 13 Paris, Elsevier Scientific Publishing Company, pp 22-29. 1975.
- [33] 김홍석, 김인선, "불안과 뇌파와의 관계에 관한 연구", 체육과학논총, 제9호, pp.255-267, 1996.
- [34] Silian, O., Sciavon, M., and Tansella, M.. "Anxiety and EEG alpha activity in neurotic patients." Acta. Psychiat. Scand., 52, pp.116-131, 1975.
- [35] Nowak, S. M., and Marzynski, T. J., " Trait anxiety is reflected in EEG alpha response to stress." Electroenceph. Clin. Neurophysil., 52, pp175-191, 1981.
- [36] 박화문, 이영희, "알파파 조절 프로그램을 이용한 뇌성마비 학생의 기억력에 관한 연구", 중복·지체부자유아교육, 37, pp. 39-59, 2001.
- [37] 이강희, 민윤기, 이방형, 민병찬, "뇌파유도 및 모니터링 인터페이스 시스템 개발 및 효과성" 한국감성과학회, 2000 춘계 학술대회 및 국제 감성공학 심포지움자료, 대전, 2000.
- [38] 이수정, "정서 정보에 대한 의식적/비의식적 처리-점화패러다임에서의 정서 우선성효과" 연세대학교 대학원 박사학위논문, 1998.

- [39] Robbins, J.. "Wired for miracles?(neurofeedback therapy)", *Psychology Today*, May 1th. 1998.
- [40] Anna, W., "High performance mind". New York. Tarcher Putnam., 1995.
- [41] Lubar, J. F., "Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders", *Biofeedback Self-Regul* 16(3) 201-225. 1991
- [42] Sheer, D. E., "Electrophysiological correlates of memory consolidation. In A. Unguard. *molecular Mechanisms in Memory and learning*", New York, Plenum Press, 1970.
- [43] Fairclough, S. H., Venables, L., & Tattersall, A., "The influence of task demand and learning on the psychophysiology", 56, pp.171-184, 2005.
- [44] Neubauer, A. C., Grabner, R. H., Freudenthaler, H. H., Beckmann, J. F., & Guthke, J., "Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient." *Acta Psychologica*, 116, 55-74.. 2004.
- [45] Teplan, M., Krakovska, A., & Tolc, S., "EEG responses to long-term audio-visual stimulation." *International journal of Psychophysiology*, 59, pp.81-90, 2006.
- [46] 손인기, "주의력 결핍 과잉행동 장애의 뇌파 생체피드백 치료", *동국의학*, 제10권, 제2호, pp.292-297, 2003.
- [47] Luber, J. F. & Shouse, M. N. Use of biofeedback in the treatment of seizure disorders and hyperactivity. *Adv Child Clin Psychol* 203-265. 1977
- [48] Tansey, M. A., Bruner, R. I., "EMG and EEG biofeedback training in the treatment or a 10-year-old hyperactive boy with a developmental reading disorder", *Biofeedback Self-Regal*, 8(1), pp. 25-37, 1983.
- [49] Nall, A., "Alpha training and the hyperkinetic child-is it effective?", *Academic Ther*, 9(1), pp. 5-19, 1972
- [50] Gracenin, C. T., Cook, J. E., "Alpha biofeedback and LD children." *Academic Ther*, 12, pp. 275-279, 1977