정신신체의학 14(1) : 8-17(2006)

□종 설□

Neurofeedback의 이해와 임상적용

박 형 배* · 성 형 모**†

The Introduction and Clinical Applications of Nuerofeedback

Hyung-Bae Park, M.D., Ph.D.,* Hyung-Mo Sung, M.D., Ph.D.**†

국문초록

뉴로피드백(neurofeedback)은 EEG biofeedback, neurotherapy 등의 이름으로 불리기도 하는 새로운 치료법으로, 뇌파를 이용하고 뇌(brain) 자체와 뇌 기능(brain function)을 대상으로 한다는 점에서는 일반적인 바이오피드백(biofeedback)과는 차이가 있다. 따라서 바이오피드백의 한 형태로 출발을 하였지만, 현재는 독자적이고 전문화된 방식의 새로운 치료법으로 자리 메김을 하고 있다.

뉴로피드백에 대한 이해를 도우기 위해 뉴로피드백의 역사와 이론적 배경을 우선 알아본 후, 실제 임상에서 어떻게 사용되고 있는 지를 알아보고자 한다. 뉴로피드백은 임상분야에서 간질(epilepsy)의 치료에 처음으로 도입된 이후 그 효과가 입증되었으며, 주의력결핍과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD), 불안 및 우울장애, 수면장애, 물질의존 등의 많은 정신과 질환에 효과적으로 사용되고 있다. 정신과 질환이외에도 두통, 만성통증, 만성피로증후군 등 많은 다양한 영역에 걸쳐 적용되고 있다. 최근에는 질환들뿐 만이 아니라, 스포츠와 예술 활동에서의 수행능력(peak performance)의 향상, 인지기능의 향상 등의 분야로 활용범위가 확대되고 있어 뉴로피드백의 효용성과 그 가능성에 대한 기대가 더욱 높아지고 있다.

중심 단어 : 뉴로피드백 · 바이오피드백 · 간질 · 주의력결핍과잉행동장애 · 수행능력향상.

서 론

뉴로피드백(neurofeedback)은 바이오피드백(biofeedback)의 한 형태로 뇌파 바이오피드백(EEG biofeedback), 뉴로바이오피드백(neurobiofeedback) 혹은 Neurotherapy 등으로 불리고 있다. 바이오피드백의 경우 정신과적인 영역에는 오래전부터 도입이 되어 행동치료의 한 형태로 주로 이완요법으로 분류되어지고 있으며, 불안이나 우울과 같은 증상을 호소하는 다양한 정신과적 질환과 편두통, 긴장성 두통, 고혈압 등의 정신 신체질환의 치료에도 응용이 되어지고 있다.[1)]

바이오피드백의 경우 일반적으로 맥박수, 혈압, 피부긴장도, 체온 등을 이용하여 자율신경계의 반응을 조절하는 치료법으로, 이 중 뇌파 모드(mode)만을 이용하여 바이오피드백 기전에 적용을 시킨 것이 뉴로피드백이며, 따라서 뉴로피드백은 다양한 모드(mode)의 바이오피드백 중 한 형태로 이해할 수 있다. 즉, 뉴로피드백은 뇌파를 이용하는 바이오피드백이라고도 할 수 있으며, 뇌파를 이용한 조작적 조건화(EEG operant conditioning)에서 그 기원을 찾을 수 있다.[2)] 최근 컴퓨터와 의료기술의 발달과 더불어 뇌파를 뇌의 시간과 공간의 좌표에 따라 분석할 수 있게 되었고, 특정 부위의 특정 뇌파를 선택하여 바이오피드백을 시행하는 것이 가능하여졌다. 이렇게 특정 뇌파를 이용하는 바이오피드백기법을 뉴로피드백이라고 할 수 있을 것이다.[3)] 하지만, 뉴로피드백의 특성상 일반적인 바이오피드백과는 달리 신체증상이 아니라 뇌 자체를 일차적인 대상으로 하고 있고, 독

*마인드메디 클리닉
Mind-Medi Clinic, Seoul, Korea
**포천중문의대부속 구미 차병원 정신과학교실
Department of Psychiatry, Gumi Cha Hospital, Pochon Cha University, Gumi, Korea
†*Corresponding author*

자적인 치료법의 한 형태로 발전하고 있다. 뉴로피드백은 뇌의 생리적 기능의 특징적인 기전을 이용하여 치료적인 접근을 하기 때문에 기존의 바이오피드백과는 치료 접근 방식에 있어서 다소 차이가 날 수 있다. 뇌기능과 관련된 다양한 영역에서 직·간접적인 도움이 확인되면서 현재 여러 다양한 증상과 질환에 대해 이용되고 있으며, 그 응용범위는 점차 확대되어지고 체계화되고 있고, 과학과 컴퓨터의 발달은 뉴로피드백을 더욱 더 발전시킬 것이라 기대해 본다.

역사적 배경

1. Neurofeedback의 역사

1929년도에 Berger가 최초로 인간의 뇌파를 기록한 이후 1934년에는 Adrian과 Matthews가 깜박이는 빛(flicker)을 이용하여 10Hz와 25Hz의 뇌파를 발생시킬 수 있다는 사실을 발견하였다. 즉, 사람의 뇌파를 특정한 방법을 사용해서 인위적으로 조절이 가능하다는 사실을 알게 된 것이다. 이러한 사실들을 향후 뉴로피드백의 개발에 기초가 되었고, 실제로 뉴로피드백 전문가들이 시청각적 자극을 뉴로피드백에 도입하여 이용을 하고 있는 것이다.

1960년대 중반부터 미국 시카고대학의 Joe Kamiya 박사가 소리를 이용하여 뇌파 중 알파파(alpha wave)를 증가시킬 수 있고 알파파는 사람을 이완시킨다는 사실을 발견하게 된다. 비슷한 시기에 구소련의 과학자인 Neal Miller의 자율신경계의 반응에 대해 조작적 조건화(operant conditioning)에 대한 동물실험을 발표하였는데, 이런 연구들을 계기로 이 방면에 대한 많은 연구들이 진행되었으며, 1969년에 최초로 100명이 넘는 과학자들이 모임을 가지게 되었다. 이때부터 '바이오피드백(biofeedback)'이라는 명칭이 공식적인 명칭으로써 최초로 사용되기 시작하였다. 이 당시의 바이오피드백은 주로 뇌파(EEG), 근전도(EMG), 체온(temperature)을 이용하는 것이었으며, 이후로 바이오피드백은 정신과 영역에서 뿐만 아니라 다양한 신체 증상이나 질환에서 이용되고 있으며, 하나의 치료법으로 인정을 받고 있다. 뉴로피드백의 경우 이런 바이오피드백의 한 형태로 특별히 뇌파를 이용하는 것이며, 바이오피드백과는 그 연장선상에 있는 것으로 이해할 수 있다. 이 기법이 개발된 초창기에는 그 적용이 제한적이었으나 과학과 컴퓨터의 발달과 함께 계속 발전을 하고 진화해왔다고 할 수 있다.[4]

또한, 1970년대와 1980년대를 거치면서 컴퓨터의 발달은 기존의 아날로그식 측정을 해오던 뇌파를 디지털화하여 뇌파의 양적인 측정이 가능해지면서 QEEG(Quantified EEG)라는 개념이 생겼고, 1892년에는 Duffy에 의해 BEAM(brain electrical activity mapping)이라는 뇌파의 지도화(mapping)기술이 개발되면서 현재의 뉴로피드백인 QEEG feedback system이 발전하게 되었다. 임상적인 이용의 면에서는 1990년에 Peniston과 Kulkosky가 20명의 남자 알콜의존 환자들을 대상으로 뉴로피드백을 이용하여 치료함으로써 최초로 알파(alpha)-세타(theta) 프로토콜을 발표한 후로,[5] 현재까지 간질(Epilepsy), 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD), 뇌경색(cerebral infarction) 등 여러 분야에 걸쳐 다양하게 응용되어지고 있고, 연구들이 계속해서 발표가 되고 있는 실정이다.

2. Sensorimotor rhythm의 발견과 뉴로피드백의 임상 도입

1967년에 Roth 등은 고양이를 이용한 학습된 억제(learned suppression)에 관한 연구를 진행하는 동안 고양이의 감각운동피질(sensorimotor cortex)영역에서 발생하는 독특한 뇌파를 확인하였다. 이 뇌파는 이전에 알려져 있던 수면방추(sleep spindle)와는 다른 양상을 보이는 12~14Hz의 주파수를 보이는 뇌파였는데, 이를 'sensorimotor rhythm(SMR)'이라고 명명하였다.[6] 또한, Sterman 등은 먹이를 이용한 보상을 통해 SMR을 발생시킬 수 있다는 사실도 확인하였다.[7]

비슷한 시기에 미국의 NASA에서 로켓연료로 사용을 하던 monomethyl hydrazine이라는 물질에 노출된 우주비행사들이 경련 증상을 일으키자, Sterman 교수에게 이 연료의 용량-반응관계의 연구를 의뢰하였는데, 실험을 통해 Sterman은 SMR을 이용해 훈련을 받은 고양이가 그렇지 않은 고양이들보다 경련의 역치가 더 높아져있다는 사실을 발견하게 되었고, 이후 인간에게 적용한 연구들에서 SMR 피드백훈련이 경련의 발생을 의미있게 낮춘다는 사실이 확인되었으며, 이후 최초로 뉴로피드백이 경련성 질환에 대해 임상적으로 이용되기 시작하였다.[8,9]

이런 뉴로피드백의 정확한 기전에 대해서는 아직 알려져 있지 않지만, SMR훈련이 시상(thalamus)의 복기저핵(ventrobasal nuclei)에서의 전기적 방출을 tonic discharge에서 systematic, rhythmic discharge로 변화시킴으로서 GABA를 통해 체성감각 정보 처리과정(somatosensory information process)을 억제하고, 근육의 긴장도를 낮추는 것으로 밝혀졌다.[10] 최근 fMRI를 이용한 연구들에서는 SMR이 기저핵(basal ganglia)의 선조체(striatum)에서의 대사활동의 증가와 관련이 있고,[9] ADHD 아동을 대상으로 한 SMR훈련 및 fMRI 연구에서도 우측 전두대상피질(right anterior cingulate cortex), 좌측 미상핵(left caudate nucleus), 좌측 흑질(left substantia nigra) 등의 부위가 활성화 되는 것으로 보고되는 등 이 부분에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.[11]

Neurofeedback의 이론적 배경

1. 뇌파와 뉴로피드백

앞서 언급한 것처럼 뉴로피드백은 특정 뇌파를 대상으로 행해지는 바이오피드백으로 이해할 수 있다. 특정 뇌파를 조작적 조건화를 통해 증가시키거나 억제시켜서 원하는 효과를 얻고자하는 것이 뉴로피드백의 가장 기본이 되는 원리이자 목적이기도 하다. 따라서 뉴로피드백의 임상적 이용을 이해하기 위해서는 각각의 특정 뇌파와 그 뇌파가 나타날 때의 뇌의 상태나 증상에 대한 이해가 있어야 할 것이다.

각각의 뇌파에 대해 간단히 언급하자면 다음과 같다. 이들 중 알파파와 베타파, 세타파가 뉴로피드백의 대상으로 주로 사용되어진다.

1) 알파파(Alpha wave)

이는 8~11(혹은 12)Hz의 뇌파를 말하는 것으로 안정된 상태에서 나타나는 뇌파이다. 눈을 감고 고요한 상태에서 흔히 나타난다고 알려져 있으며, 이완된 상태와 관련이 있다고 한다. Kamiya의 연구에서도 불안이 낮은 사람들에서 알파파가 더 많이 나타났으며, Watson 등의 연구에서도 알파파가 증가하면 불안이 감소하는 것으로 나타났고, 이외에도 알파파는 기억이나 뇌에서의 정보처리속도 등에 관여하는 것으로 알려져 있다.[12] 또한 알파파는 백일몽이나 환상과 같은 시각화의 과정에서 나타나며, 편안한 자기 수용적 상태에서 나타난다고 하며, 명상의 상태에서 흔히 관찰되는 뇌파이기도 하다. 정신의학적 관점에서 알파파는 무의식과 의식을 연결하는 역할을 함으로써 꿈이나 명상을 통해 어떤 경험을 하더라도 알파파가 없으면 기억을 할 수 없다고 한다.[3]

알파파를 좀 더 세분하여 보면, 10~12Hz의 알파파(upper alpha wave)는 장기기억(long-term semantic memory)에 있어서의 감각정보처리(sensory process)와 관련이 있으며, 8~10Hz의 알파파(lower alpha wave)는 집중력(attention)과 관련이 있는 것으로 알려져 있다.[13]

2) 베타파(Beta wave)

베타파는 12Hz 이상의 뇌파를 이야기하며, 흔히 12~35Hz사이의 뇌파를 말한다. 이를 좀더 세분하면 SMR(12~15Hz), mid-beta(15~18Hz), high-beta(20Hz 이상)로 구분하며, 각각의 뇌파는 뇌기능의 서로 다른 상태를 반영하고 있다. Mid beta파의 경우 정상적인 논리적 사고와 문제의 해결, 외적 주의력에 관여하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 20Hz가 넘어가는 high beta파는 긴장과 불안을 동반하게 되고, 오히려 뇌기능이 흐트러뜨린다. 35Hz이상의 빠른 뇌파를 감마파(gamma wave)라고 하는데, 대개 뇌손상과 같은 경우에 나타나는 병적인 뇌파이지만, 고도의 수행능력과도 관련성이 제시되고 있다.[3]

베타파의 주파수범위에 들어가지만 조금 특수한 형태로 SMR이 있으며, 이는 12~15Hz(혹은 10~14Hz)의 주파수로 눈을 뜨고 몸을 편안하게 한 상태에서 외적인 자극에 주의를 집중하는 것과 관련이 깊고, 이 SMR을 증가시키는 피드백훈련을 통해 주의집중력과 감각의 민감도, 기억력, 언어 인지능력 등을 증가시킬 수 있다고 한다.[13,14] 좌측 뇌의 경우 mid beta파의 영역인 15~18Hz에서 가장 정상적인 두뇌활동을 할 수 있는 반면, 우측 뇌의 경우에는 이 보다는 조금 느린 12~15Hz의 SMR파가 발생할 때 가장 정상적인 활동을 할 수 있다.

3) 세타파(Theta wave)

4~7Hz의 뇌파를 말하며, 수면 상태에서 가장 흔히 볼 수 있는 뇌파이다. 또한 꿈을 꾸고있는 동안이나 명상하는 동안 나타나기도 하며, 통찰력이 커지고 의식과 무의식 사이에 존재한다고 표현되기도 한다.[3] 작동기억(working memory)의 등록(encoding)과 검색(retrieval)에 관여하고 있는 것으로 보고되고 있으며,[13] 앞으로 설명하게 될 peak performance에도 중요한 것으로 알려지고 있다.[15]

4) 델타파(Delta wave)

0.5~3Hz의 뇌파를 말하며, 흔히 깊은 수면상태에서 나타나는 뇌파로, 각성상태에서 나타나는 경우에는 비정상적인 것으로 간주하게 된다. 즉, 두부손상 환자에서처럼 각성상태에서의 델타파는 뇌의 정보처리속도를 늦추어 의식의 활동을 방해한다.[3]

2. 뉴로피드백 사용의 대표적 방법들

앞서 언급한 대로 특정 뇌파를 활성화하거나 혹은 억제하는 훈련을 통해 임상적 효과를 얻고자하는 목적 하에 뉴로피드백에서는 흔히 두 가지 대표적인 방법을 사용한다. 훈련을 통해 증가시키고자 하는 뇌파, 혹은 훈련의 목적이 되는 뇌파에 따라 하나는 Beta/SMR훈련이고, 다른 하나는 alpha-theta훈련이 그것이다. 어떤 훈련을 할 것인가에 대한 결정은 증상이나 질환에 따라 달라지는데, 치료자는 훈련 시작 전에 어느 훈련법을 할 것인지를 선택해야 하며, 목적에 따라 강화하고자 하는 뇌파영역, 즉 보상이 주어지는 뇌파영역(reward band)과 억제영역(inhibit band)을 결정하여야 한다.

일반적인 뇌파(EEG) 측정시와 달리 뉴로피드백에서는 흔히 3개의 전극을 사용하게 되는데, 단극성 훈련(unipolar training)시에는 2개는 양측 귓불에 부착을 하여 각각 reference와 ground로 사용을 하고, 하나는 원하는 목적부위

Table 1. Possible therapeutic & clinical applications of neurofeedback

Addiction	Epilepsy
Anxiety and affective disorders	Learning disabilities
ADHD[1]	Migraine
Attachment disorder	OCD[3]
Autism	Premenstrual syndrome
Chronic pain	Post-traumatic stress disorder
Chronic fatigue syndrome	Sleep disorder
Conduct disorder, ODD[2]	Stroke
Depression and mood disorders	Tourette's disorder
Eating disorder	Traumatic brain injury

Others – Hypertension, tinnitus, incontinence, irritable bowel syndrome
– Peak performance, obesity etc.

1 : Attention deficit hyperactivity disorder, 2 : Oppositional defiant disorder, 3 : Obsessive compulsive disorder

에 붙이게 된다. 이때 전극을 붙이는 위치는 일반적인 EEG 측정시와 같은 international 10-20 system을 따르게 된다. 특수한 경우에 양극성 훈련(bipolar training)을 목적에 따라 사용하게 되는데 이때는 전극하나를 한쪽 귓불에 붙이고, 다른 2개의 전극을 치료목적에 따라 원하는 위치에 붙이게 된다.

뉴로피드백을 통해 Beta/SMR파를 조절하고자 하는 Beta/SMR훈련의 경우가 가장 흔히 적용되는 방법인데, 미리 훈련을 하는 동안 원하는 영역의 뇌파와 억제되어야하는 뇌파의 영역을 미리 설정하고 피훈련자가 훈련을 하는 동안 발생되는 뇌파의 양에 따라 시각적 보상(visual reward)이 주어지게 되는 것이 특징이다. Alpha-theta훈련과는 달리 눈을 뜨고 컴퓨터 모니터를 보면서 진행이 되며, 흔히 주의력결핍장애, 학습장애, 야뇨증, 불안, 우울, 충동성 조절, 간질억제, 뇌경색 및 두부손상에 따른 인지기능저하 등의 치료에 이용되는 방법이다. 증상이나 사용 목적에 따라 좌측반구(left hemisphere)에 대한 Beta training이나 우측반구(right hemisphere)에 대한 SMR training을 사용하며, 경우에 따라서는 두 방법을 동시에 사용하기도 한다.[3]

Alpha-theta 훈련법은 눈을 감은 채로 훈련이 진행이 되는데, 소리(sound)를 통해 보상(reward)이 주어지며, theta파의 활성을 증가시키는 목적을 가진다. 하지만, 훈련 중 alpha파에서 theta파로 전환되는 cross-over의 발생이 더욱 중요하다고 한다. 공황장애의 치료, 각종 물질중독, 외상후 스트레스장애, 만성피로증후군, 해리장애, 강박증 등의 치료에 이용되며, 최근 운동이나 예술 활동과 관련된 peak performance의 향상에도 그 가능성이 언급되고 있다.[3,13] 한 가지 흥미로운 사실은 theta파가 활성화되기 시작하는 cross-over를 지나고 theta파가 활성도가 증가되면 평온함, 깊은 평화로움, 깊은 이완, 맑은 사고와 더욱 향상된 집중력을 가져오게 되며, guided imagery 등을 제공함으로써 인간의 깊은 무의식에서 기인된 각종 증상에 도움을 줄 수 있다고 한다.[3]

Neurofeedback의 임상적용

바이오피드백 치료법과는 달리 뉴로피드백은 뇌(brain) 자체를 치료의 대상으로 하며, 뇌기능의 변화를 목적으로 하고 있다. 따라서 뉴로피드백의 임상적 이용은 뇌기능과 관련된 것으로 알려져 있는 많은 질환에 대해 다양하게 응용이 되어지고 있으며, 다양한 시도가 이루어지고 있다. 임상적으로 적용이 되고 있는 거의 대부분의 질환에 대해 뉴로피드백이 가지는 정확한 치료기전에 대해서는 알려져 있지 않은 상태이다. 하지만, 치료에 대한 많은 연구결과들이 발표되고 자료가 축적되어져가고 있으며, 치료방법으로서의 타당도도 인정을 받고 있다. SMR, alpha-theta protocol에 대한 타당성을 조사해본 연구에서는 이런 뉴로피드백훈련이 집중력, 기억력, 음악적 수행능력을 향상시키는 것으로 보고되기도 했다.[16] 대부분의 연구들이 아직은 체계적이고 잘 짜인 연구들이 부족하고, 소규모 연구들이기 때문에 앞으로 더 많은 연구와 경험의 축적이 필요할 것이라는 것을 전제하면서, 여기에서는 비교적 연구가 많이 진행되어져 있고, 효과가 있는 것으로 연구결과가 발표되고 있는 질환들을 중심으로 임상적 적용에 대해 살펴보고자 한다. 아래에 소개되고 있는 질환들 이외에도 증상이나 질환, 목적에 따라 다양한 임상적 적용이 가능할 것이다(Table 1).

1. Epilepsy

동물실험을 통해 SMR 피드백훈련이 간질의 발생을 낮춘다는 사실이 확인된 후 임상적으로 가장 먼저 도입된 영역이고, 현재도 간질에 대해서는 거의 대부분의 연구에서 SMR 훈련법을 사용하고 있다.[7,9] 간질환자들을 대상으로 한 초기연구들을 보면 대개 평균 80%정도의 치료효과를 보고하고 있으며, 이후로도 비슷한 정도의 연구결과들이 제시되고 있다.[9] 간질환자 24명을 대상으로 실시된 이중-맹검(double-blind) 연구를 보면, 61%의 환자에서 의미있는 간질발생빈도의 감소가 있는 것으로 보고되었으며,[17] 뉴로피드백이 간질의 치료에 도입이 된 이후 최근까지 많은 임상결과와 연구결과들이 보고되고 있다.[18,19] 또, Sterman은 자신이 발표한 연구들의 환자들을 분석한 결과 174명의 간질환자 중 뉴로피드백으로 치료한 환자의 82%에서 50%이상의 간질발생빈도가 감소한 것으로 나타났으며, 이들 중 5%는 1년까지 경련이 발생되지 않은 것으로 보고하기도 하였다.[20] 최근에는 근거중심의 치료를 강조하는 미국소아

청소년정신의학회(American academy of child and adolescent psychiatry ; AACAP)에서도 SMR 뉴로피드백이 간질치료에 있어서 'clinical guideline'으로서의 기준을 만족시키는 것으로 간주하고 있다고 한다.[9]

아직까지 SMR 뉴로피드백이 간질의 발생을 줄이는 기전은 명확히 밝혀져 있지 않다. 일부의 연구에서 시상핵(thalamic nuclei)에 작용하여 GABA를 통해 억제하는 방식과 시상-피질 진동(thalamocortical oscillation)을 안정화시키는 기전 등의 가능성이 제시되고 있다.[9]

이처럼 다른 많은 연구들에서 뉴로피드백 훈련이 발작을 일으키는 뇌파를 비활성화시켜 경련을 조절하는 방법으로, 경련의 발생을 막거나 치료약물을 줄일 수 있는 것으로 보고되어 간질치료에 있어 긍정적인 효과가 있음은 분명하지만, 뉴로피드백 훈련과 간질뇌파의 관계를 설명해주는 엄격한 기준의 대조군 연구는 없다는 한계는 있다. 하지만, 이런 한계점에도 불구하고 뉴로피드백의 효과에 대한 입증은 계속되고 있는 것 같다.

2. Attention deficit hyperactivity disorder(ADHD)

주의력결핍과잉행동장애(ADHD)는 소아청소년 정신의학에 있어 가장 흔히 볼 수 있는 질환이며, 뉴로피드백을 적용한 임상 연구가 가장 활발히 진행되어온 분야들 중 하나이다. ADHD 아동은 전기생리학적(electrophysiology)으로 일반 아동과는 다른 양상을 보이게 되는데 Mann 등의 연구에 의하면 주의력을 요하는 과제를 수행하는 동안 정상아동은 전두엽, 특히 우측 전두엽으로 beta파의 증가를 보이나 ADHD 아동의 경우 이런 beta파의 증가없이 오히려 전두엽 뇌파의 주파수가 theta파 수준까지 느려지는 것으로 확인되었다.[21]

뉴로피드백이 ADHD의 증상을 호전시키는 기전에 대해서는 명확히 알려져 있지 않다. 최근 각종 의료 및 과학기술이 발달하면서 이 방면에 대한 연구들이 시작되고 있는데, fMRI를 이용한 한 연구에서 뉴로피드백을 시행한 경우와 그렇지 않은 경우 명확한 차이가 있는 것으로 드러났는데, 뉴로피드백을 사용한 군에서 우측 전대상피질(right anterior cingulate cortex), 좌측 미상핵(left caudate nucleus), 좌측 흑질(substantia nigra) 등의 특정 부위가 활성화 되는 것으로 나타나 이러한 부위가 치료와 관련된 과정에 중요하게 작용할 가능성이 있을 것으로 제시되고 있다.[11]

ADHD 아동을 대상으로 뉴로피드백을 적용한 한 연구에서는 80%의 ADHD 아동에서 지능검사와 증상 척도 등에서 유의한 향상이 있음을 보고한 연구들을 포함하여 긍정적인 결과를 보고하고 있는 연구들이 많이 있으며,[22] 최근에는 청소년과 성인 ADHD의 치료에도 뉴로피드백이 약물과 비슷한 정도의 효과가 있는 것으로 보고되기도 하였다.[23] ADHD 치료제인 메칠페니데이트(methylphenidate)와 비교한 연구들에서도 TOVA(test of variables of attention)와 다른 증상 척도들에서 뉴로피드백이 약물과 비슷하거나 오히려 더 우수한 효과가 있는 것으로 보고되기도 하였다.[24,25] 하지만, 여전히 전문가들 사이에는 이견이 많이 존재하는 것도 사실이며 뉴로피드백과 약물치료의 효과를 직접 비교하기위해서는 장기적이고, 잘 짜여진 더 많은 연구가 필요할 것이다.[22,26] 한 가지 분명한 것은 뉴로피드백이 ADHD의 치료에 효과적이며, 특히 약물치료에 효과가 약하거나 없는 경우, 부작용과 순응도가 문제가 되는 경우 뉴로피드백이 효과적인 치료법이 될 수 있다는 것이다.[27,28]

3. Stroke, Brain injury

뇌졸중 환자에 대해 뉴로피드백을 적용하는 근거는 뇌졸중 환자에서의 대뇌혈류감소와 theta파의 증가가 서로 관련이 있다는 것이며, 이는 Hughes와 John의 연구에서도 확인이 되었다.[29] 뇌졸중 발생 후의 후유증에 대한 뉴로피드백의 효과에 대해서는 아직 일부 임상사례들이 보고되고 있는 정도이나, 치료효과에 대해서는 긍정적인 결과를 보여주고 있다.[30,31]

뇌손상 환자들을 대상으로 한 연구들은 아직 체계적이고 대규모의 연구가 진행되지는 않았다. 두부외상에 의한 뇌손상의 경우 뇌의 기질적인 손상과 함께 뇌파의 변화 [예를 들어 35Hz 이상의 감마파(gamma band)]를 가져오게 되며, 이러한 변화는 뇌손상 환자에게서 나타나는 다양한 학습능력이나 인지기능의 저하와 관련이 있다고 한다.[32] 이런 내용을 근거로 활성(activation) 혹은 저활성(underactivation)된 뇌의 기능을 회복시키기 위해 뉴로피드백이 적용되어지고 있는데, 실제로 많은 연구들에서 뉴로피드백을 외상성 뇌손상(traumatic barin injury, TBI) 환자들을 대상으로 적용한 결과 TBI 환자 중 60%에서 인지의 유연성(cognitive flexibility)과 실행기능(executive function), 다양한 영역에 있어서의 인지기능이 향상됨을 보고하였고,[33-35] 뇌손상 후의 운동기능의 향상에도 효과가 있다는 연구결과도 있다.[36] 이는 뇌졸중(stroke)이나 뇌손상 환자의 재활에 다양하게 적용할 수 있고 환자들을 도울 수 있을 것이라는 점을 시사해준다.

4. Mood and affective disorders

불안이나 우울증, 성격에 미치는 뉴로피드백의 효과에 대해서도 제한적이기는 하지만 일부 임상 사례보고와 연구들이 있으며, 대부분 alpha-theta 훈련법을 사용하고 있는 것 같다. 알콜의존 환자들을 대상으로 한 Peniston과 Kulkosky의 연구에서 alpha-theta 훈련을 받은 후 성격이 온순해지고, 감정적으로 안정을 찾고, 이완되고 만족스러워하는

성격으로 변하는 것이 관찰되었다.[5]

우울증 환자에 대해 뉴로피드백을 적용하게 된 것은 전두엽에서의 뇌파가 비대칭적이라는 사실과 특히 좌측 전두엽에서 베타파의 낮은 활성(hypoactivity)이 우울증과 관련이 있다는 사실에서 출발하였다.[29] 이후 일부 연구들이 보고되었는데, 아직 다수의 환자를 대상으로 한 연구는 없으나, 우울증 환자들에서 증상의 호전을 보였던 증례의 보고도 있고,[37] Raymond 등은 12명의 의과대학교 2학년 학생을 대상으로 한 연구를 통해 alpha-theta 훈련을 통해 성격과 기분의 변화가 있음을 보여주었다.[38]

일반적인 바이오피드백 치료가 불안장애의 증상완화에 도움이 된다는 사실이 예전부터 알려져 있는 사실이지만,[39] 뉴로피드백의 경우 훨씬 더 뇌에 대해 직접적인 접근이 가능함으로 인해 불안을 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 알려지고 있으며, 특히 alpha-theta 훈련을 통해 효과적으로 불안을 감소시킬 수 있다고 한다. Moor는 alpha-theta 훈련법이 불안장애의 치료에 효과적으로 적용시킬 수 있을 것임을 보고하였고,[40] 실제로 Hammond 등은 외상후 스트레스 장애와 강박장애와 같은 불안장애에 사용하여 효과가 있음을 보고하였다.[41] 특히, 외상후 스트레스 장애와 관련해서는 베트남전 참전 군인들을 대상으로 적용을 하여 효과를 보았다는 보고가 다수 있다.[42,43]

5. Other psychiatric disorders

기분 및 불안장애 외에도 제한적이기는 하지만 다양한 정신과적 질환에 대해 시도가 되고 있다. Peniston[5]의 연구이후 알콜의존 및 음주조절에 대해 효과가 보고되고 있는데, 성인을 대상으로 한 연구들에서도 음주조절 및 우울증상의 호전을 보였다고 하였고,[44,45] 청소년에서의 물질남용에도 효과가 있을 것으로 예상되고 있다.[46] 또, 수면장애의 경우에는 이전에 바이오피드백이 일부 효과가 있는 것으로 입증되었지만, SMR 및 Theta 훈련법도 수면장애 효과가 있다고 한다.[47] 이외에도 정식으로 학술지에 보고되지는 않았지만, 섭식장애의 치료에 대한 사례보고도 있었다.

앞에서 설명한 ADHD 이외에 다른 소아청소년정신의학 분야의 질환들에 대한 연구는 아직 체계적인 결과를 보여주고 있지는 않지만, 제한적이나마 몇몇 분야에서 효과가 있는 것으로 보고된다. ADHD와도 많은 연관성을 가지고 있는 학습장애(learning disability)에 특히 효과가 좋은 것으로 보고되고 있는데, Lubar 등은 학습장애를 가진 아동과 정상 아동들 사이에 EEG상의 차이가 있는 것을 발견하였고,[48] 이후 이를 바탕으로 뉴로피드백을 학습장애의 치료에 도입하였으며 긍정적인 효과가 기대된다.[49] 자폐장애(autistic disorder)에 적용한 연구도 있는데, 24명의 자폐장애 환아를 대상으로 뉴로피드백을 적용한 결과 증상의 정도나 나이에 상관없이 26%의 아동에서 자폐증상이 완화되는 것을 보고하기도 하였다.[50] 소아청소년에게 적용되어 효과가 있다고 보고된 다른 재미있는 사례들은 뚜렛장애(Tourette's disorder)와 품행장애(conduct disorder)와 같은 공격적인 행동문제도 있으며,[51,52] 이외에도 아직 실험적인 단계이기는 하지만 애착장애(attachment disorder)에도 적용을 시도하고 있는 것 같다.

이런 다양한 연구들을 통해 뉴로피드백이 더 많은 정신과적 질환에 효과적으로 적용해 볼 수 있을 것이라고 예상이 되며, 현재 국내에서도 ADHD와 학습장애를 중심으로 공황장애나 강박증과 같은 불안장애, 우울장애에 대해 적용이 시도되고 있고, 효과도 있는 것으로 알려지고 있으나 아쉽게도 아직 연구결과가 논문의 형태로 발표되지는 않고 있다.

6. Psychosomatic illness, medical illness

많은 신체증상들이 정신과적인 치료를 통해 증상의 완화와 치료에 도움을 받을 수 있는 것으로 되어있으며, 이들 중 일부는 정신신체장애 혹은 정신신체증상으로 분류되기도 한다. 제한적이기는 하지만 그 중 대표적인 몇몇 질환에 대해서 뉴로피드백의 적용가능성 및 효과에 대해 기대를 불러일으키는 연구들이 있다.

고혈압의 경우 바이오피드백을 이용하여 혈압의 조절에 도움을 받을 수 있다는 사실은 오래전부터 알려져 있으며, 아직은 소수이기는 하지만 뉴로피드백 훈련을 통해서도 고혈압 환자에서 수축기 및 이완기 혈압이 감소한다는 사례를 보고한 연구를 찾아볼 수 있다.[53] 이외에도 일부이기는 하지만 편두통(migraine), 이명(tinnitus) 등에 대한 효과를 보고한 연구들이 있어, 이런 방면들에 대한 다양하고 넓은 적용의 가능성을 시사하기도 한다.[54,55] 뿐만 아니라 만성 통증(chronic pain)의 경우에도 적용가능성에 대해서 논의가 이루어지고 있는 것 같다.

정신과를 포함해서 다양한 의학분야에서 관심을 가지는 질환으로 만성피로증후군과 월경전 증후군(premenstrual syndrome)을 들 수 있을 것이다. Billiot 등은 만성피로증후군 환자들의 증상과 뇌파의 변화가 연관성이 있다는 사실을 발견하였으며,[56] 소수의 환자들을 대상으로 한 연구이기는 하지만 뉴로피드백을 만성피로증후군 환자들에게 적용하여 효과적인 증상의 개선을 보고한 연구들이 있다.[57,58] 월경전 증후군은 이전의 연구들을 통해 월경전 기간 동안 과도한 delta wave가 나타나며, 이것과 대뇌의 관류저하와 관련이 있는 것으로 나타나 월경전 증후군에 대한 하나의 치료법으로의 뉴로피드백의 가능성이 제시되기도 하였다.[59]

7. Peak performance

질환은 아니지만 최근 몇 년 동안 뉴로피드백의 새로운 가능성을 제시하며 많은 연구가 이루어지고 있는 분야가 운동이나 예술 활동에서의 수행능력을 향상시키고, 정상인에서의 인지기능을 향상시키는 것에 관한 연구들이며, alpha-theta 훈련을 이용하는 대표적인 예라고 할 수도 있을 것이다. Gruzelier 등은 음악과 댄스를 전문으로 하는 대학생들을 대상으로 alpha-theta 훈련을 실시한 후 music performance와 dance performance가 각각 향상되는 것으로 보고하였으며,[60,61] 그 기전은 정확히 밝혀지지 않았지만 어떤 예술 활동을 수행하기 전에 가지게 되는 인지적 불안(cognitive anxiety)이 뉴로피드백 훈련을 통해 감소하는 것과 관련이 있을 것으로 제안하기도 하였다.[62] TOVA, 연속수행검사(continuous performance test ; CPT)와 같은 신경인지검사 도구들을 이용한 연구들에서도 정상인에게 뉴로피드백 훈련을 시킴으로써 집중력이나 작동기억(working memory) 등 다양한 인지기능 영역에서의 향상이 있는 것으로 보고되었다.[13,63]

이처럼 peak performance와 관련하여 뉴로피드백이 효과가 있는 것으로 많은 연구들에서 보고를 하고 있지만, 아직 그 기전이나 이유는 명확히 밝혀져 있지 않은 상태이며 그간의 연구들이 연구방법적인 면에서의 제한점과 연구대상수가 아직은 제한적이라는 한계를 가지고 있는 것 또한 사실이다.[64] 하지만 이용가능성과 연구 가치는 충분히 가지고 있어서 향후 잘 계획되고 많은 대상수를 가지는 연구들이 진행된다면 효용성이나 기전 등에 대해 더 많은 것을 알 수 있을 것이라 기대해본다.

결 론

뉴로피드백이 국내에 소개된 지도 이제 몇 년이 되지 않고, 따라서 이 치료에 대한 이해도 아직은 많이 부족한 상태이다. 뉴로피드백은 우리가 일반적으로 잘 알고 있는 바이오피드백과 전혀 다른 치료법이 아니라, 뇌파만을 이용하는 바이오피드백의 한 형태이다. 뇌파를 이용하는 바이오피드백으로 출발하여, 컴퓨터기술 및 의학기술의 발달과 함께 발전을 하여왔고, 앞으로도 이런 과학 및 의학의 발전과 함께 더 진화하고 발전할 것으로 예상되어 진다.

뉴로피드백이 실제 임상에 적극적으로 사용된 지는 얼마 되지 않았다. 미국 및 서구 여러 나라에서는 이미 수십 년 전부터 사용되어지면서 많은 연구결과들이 쌓여왔다. 최근 근거중심의학과 근거중심의 치료가 강조되어지고 있는 상황에서 뉴로피드백도 과학적 근거가 없는 치료법으로 간주하는 사람들이 있지만, 이 또한 뉴로피드백에 대한 이해의 부족에서 온 것이라고 할 수 있을 것이다. 앞에서 제시한 연구결과들에서 알 수 있듯이 뉴로피드백의 효과에 대한 많은 과학적 근거들이 제시되고 있으며, 일부는 근거중심적인 치료로 간주되고 있기도 하다. 이런 면에서 치료도구로서의 뉴로피드백이 가지는 가능성은 아주 많을 것이며, 질환이 아닌 정상인에서의 peak performance 향상과 같은 뇌기능의 향상 등 다양한 영역에서의 인간능력의 향상까지도 기대해본다면 그 적용의 범위는 아주 넓을 것으로 예상해본다. 바이오피드백의 한 형태로 출발했지만, 작용기전이나 방식 등이 기존의 바이오피드백과는 많이 다르며, 따라서 이들과는 다른 뉴로피드백 나름의 독자적인 적용과 발전이 가능할 것으로 보인다. 한 가지 재미있는 사실은 뉴로피드백과 관련된 어떤 부작용도 현재까지 보고된 것은 없어서 아주 안전하게 사용할 수 있을 것이라는 점은 다른 치료법들에 비해서는 장점이 될 수도 있을 것 같다.

지금까지 과학적인 입증을 거치면서 사용되어온 약물치료와 같은 전통적인 치료방법과도 대립되는 것이 아니라 상호보완적으로, 상승적으로 사용이 가능할 것으로 기대하면서 앞으로 국내에서도 더 많은 연구와 임상 경험이 축적되어 뉴로피드백의 사용에 있어 더 많은 발전이 있을 것이라 예측해본다.

REFERENCES

(1) **Sadock BJ, Sadock VA.** Comprehensive textbook of psychiatry. 8th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins;2004. p.2110-2113.

(2) **Sterman MB.** Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: Implications for selfregulation. Biofeedback and Self Regulation 1996;21:3-13.

(3) **김동구, 박형배, 안영우.** Neurofeedback: 원리와 임상응용. 스트레스연구 2005;13(2):93-98.

(4) **Evans JR, Abarbanel A.** Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. San Diego, Academic press;1999. p.66-79.

(5) **Peniston EG, Kulkosky PJ.** Alcoholic personality and Alpha-theta brainwave training. Med Psychother 1990; 3:37-55.

(6) **Roth SR, Sterman MB, Clemente CC.** Comparison of EEG correlates of reinforcement, internal inhibition, and sleep. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 1967;23:509-520.

(7) **Sterman MB, Wyrwicka W, Roth SR.** Electrophysiological correlates and neural substrates of alimentary behavior in the cat. Ann of the New York Academy of Sciences 1969;157:723-739.

(8) **Sterman MB, Friar L.** Suppression of seizures in an epileptic following sensorymotor EEG feedback training. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 1972;33:89-95.

(9) **Sterman MB, Egner T.** Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. Applied PsyChophysiology and Biofeedback 2006:31(1):21-38.

(10) **Howe RC, Sterman MB.** Somatosensory system evoked poten-

tials during waking behavior and sleep in the cat. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 1973;34:681-695.

(11) **Bearuregard M, Levesque J.** Functional magnetic resonance imaging investigation of the effects of neurofeedback training on the neural bases of selective attention and response inhibition in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. Appl Psychophysiol Biofeedback 2006;31(1):21-35.

(12) **Evans JR, Abarbanel A.** Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. San Diego, Academic press; 1999. p.225-234.

(13) **Veron D, Egner T, Cooper N, Compton T, Neilands C, Sheri A, Gruzelier J.** The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects fo cognitive performance. Int J Psychol 2003;47:75-85.

(14) **Barnea A, Rassis A, Zaidel E.** Effect of neurofeedback on hemispheric word recognition. Brain Cognition 2005; 59:314-321.

(15) **Egner T, Gruzelier JH.** Ecological validity of neurofeedback: modulation of slow wave EEG enhances musical performance. Neuro Report 2003;14:1221-1224.

(16) **Gruzelier J, Egner T.** Critical validation studies of neurofeedback. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am 2005;14(1):83-104.

(17) **Lantz D, Sterman MB.** Neuropsychological assessment of subjects with uncontrolled epilepsy: effects of EEG biofeedback training. Epilepsia 1988;29(2):163-171.

(18) **Walker JE, Kozlowski GP.** Neurofeedback treatment of epilepsy. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am 2005:14(1):163-176.

(19) **Monderer RS, Harrison DM, Hauta SR.** Review neurofeedback and epilepsy. Epilepsy Behavior 2002;3:214-218.

(20) **Sterman MB.** Basic concepts and clinical findings in the treatment of seizure disorders with EEG operant conditioning. Clinical Electroencephalography 2000;31(1): 45-55.

(21) **Mann CA, Lubar JF, Zimmerman AW, Miller CA, Muenchen RA.** Quantitative analysis of EEG in boys with attention deficit hyperactivity disorder: controlled study with clinical implications. Pediatric Neurology 1992;8:30-36.

(22) **Fox DJ, Tharp DJ, Fox LC.** Neurofeedback: an alter-native and efficacious treatment for attention deficit hy-peractivity disorder. Appl Psychophysiol Biofeedback 2005;30(4):365-373.

(23) **Butnik SM.** Neurofeedback in adolescents and adults with attention deficit hyperactivity disorder. J Clin Psychol 2005;61: 621-625.

(24) **Monstra VJ, Monstra DM, George S.** The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting syle on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. Appl Psychophysiol Biofeedback 2002; 27:231-249.

(25) **Fuch D, Mock D, Morgan PL, Young CL.** Responsi-veness-to-intervention: definition, evidence, and implications for the learning disabilities construct. Learning Disabilities Research & Practice 2003;18:157-172.

(26) **Rossiter T.** The effectiveness of neurofeedback and stimulant drugs in treating AD/HD: Part I. review fo methodological issues. Appl Psychophysiol Biofeedback 2004;29(2):95-112.

(27) **Rossieter TR, LaVaque TJ.** A comparison of EEG biofeedback and psychostimulants in treating attention deficit/hyperactivity disorders. J Neurother 1995;1:48-59.

(28) **Fuch T, Birbaumer N, Lutzenberger W, Gruzelier JH, Kaiser J.** Neurofeedback treatment for attentiondeficit/hyperactivity disorder in children: a comparison with methylphenidate. Appl Psychophysiol Biofeedback 2003;28(1):1-12.

(29) **Hughes JR, John ER.** Conventional and quantitative electroencephalography in psychiatry. J Neuropsychiatry Clin Neurosci 1999;11:190-208.

(30) **Rozelle GR, Budzynski TH.** Neurotherapy for stroke rehabilitation: a single case study. Biofeedback Self Regul 1995;20(3): 211-228.

(31) **Bearden TS, Cassisi JE, Pineda M.** Neurofeedback training for a patient with thalamic and cortical infarctions. Appl Psychophysiol Biofeedback 2003;28(3):241-253.

(32) **Thontom KE, Carmody DP.** Electroencephalogram biofeedback for reading disability and traumatic brain injury. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am 2005;14:137-162.

(33) **Byers AP.** Neurofeedback therapy for a mild head injury. J Neurother 1995;1:22-37.

(34) **Laibow RE, Stubblebine AN, Sandground H, Bounas M.** EEG-neurobiofeedback treatment of patients with brain injury: part 2. Changes in EEG Parameters Versus Rehabilitation 2001; 5(4):45-71.

(35) **Keller I.** Neurofeedback therapy of attention deficit in patient with traumatic brain injury. J Neurother 2001;5(1/2):19-32.

(36) **Wing K.** Effect of neurofeedback on motor recovery of a patient with brain injury: a case study and its implications for stroke rehabilitation.

(37) **Baehr E, Rosenfeld JP, Baehr R.** The clinical use of an alpha asymmetry protocol in the neurofeedback treatment of mood disorders: follow-up study one to five years post therapy. Journal of Neurotherapy 2001;4(4):11-18.

(38) **Raymond J, Varney C, Parkinson LA, Gruzelier JH.** The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood. Cognitive Brain Research 2005;23:287-292.

(39) **Rice KM, Blanchard EB.** Biofeedback in the treatment of anxiety disorders. Clinical Psychology Review 1982;2(4):557-577.

(40) **Moore NC.** A review of EEG biofeedback treatment of anxiety disorders. Clin Electroencephalogr 2000;31(1):1-6.

(41) **Hammond DC.** Neurofeedback with anxiety and affec-tive disorders. Chil Adoles Psychiatr Clin N Am 2005;14(1):105-123.

(42) **Peniston EG, Kulkosky PJ.** Alpha-theta brainwave neurofeedback therapy for Vietnam veterans with combat-related post-traumatic stress disorder. Medical Psychotherapy 1991;4:47-60.

(43) **Peniston EG, Marrinan DA, Deming WA, Kulkosky PJ.** EEG alpha-theta brainwave synchronization in Vietnam theater veterans with combat-related post-traumatic stress disorder and alcohol abuse. Advances in Medical Psychotherapy 1993;6:37-50.

(44) **Kelley MJ.** Three year outcome of alpha/theta neurofeedback training in the treatment of problem drinking among Dine' (Navajo) people. J Neurother;1997. p.24-60.

(45) **Saxby E, Peniston EG.** Alpha-theta brainwave neurofeedback training: an effective treatment for male and female alcoholics with depressive symptom.

(46) **Trudeau DL.** Applicapability of brain wave biofeedback to substance use disorder in adolescents. Chil Adolesc Psyhiatr Clin N Am 2005;14(1):125-136.

(47) **Hauri PJ, Percy L, Hellekson C, Hartmann E, Russ D.** The treatment of psychophysiologic insomnia with biofeedback: a replication study. Biofeedback Self-Regulation 1982;7(2):223-235.

(48) **Lubar JF, Bianchini KJ, Calhoun WH, Lambert EW, Brody ZH, Shabsin HS.** Spectral analysis of EEG differences between children with and without learning disabilities. J Learn Disabil 1985;18:403-408.

(49) **Linden M, Habib T, Radojevic V.** A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. Biofeedback Self-Regulation 1996;21:35-49.

(50) **Jarusiewicz B.** Efficacy of neurofeedback for children in the autistic spectrum: a pilot study. J Neurother 2002;6(4):39-49.

(51) **Tansey MA.** A simple and a complex tic (Gilles de la Tourette's syndrome): their response to EEG sensorimotor rhythm biofeedback training. Int J Psychophysiol 1986;4(2):91-97.

(52) **Quirk DA.** Composite biofeedback conditioning and dangerous offenders: III. J Neurother 1995;1(2):44-54.

(53) **Norris SL, Lee CT, Burshteyn D, Aravena JC.** The effect of performance enhancement training on hypertension, human attention, stress and brain wave patterns; a case study. J Neurother 2000;4(3):29-42.

(54) **Kropp P, Siniatchkin M, Gerber WD.** On the pathophysiology of migraine-links for "emprically based treatment" with neurofeedback. Appl Psychophysiol Biofeedback 2002;27(3):203-213.

(55) **Weiler EW, Brill K, Tachiki KH, Schneider D.** Neurofeedback and quantitative electroencephalography. Int Tinnitus J 2002;8(2):87-93.

(56) **Billiott KM, Budzynski TH, Andrasik F.** EEG patterns and chronic fatigue syndrome. J Neurother 1997;2(2). Available from URL:http://www.snr-int.org/journalnt/jnt(2-2)4.html.

(57) **James LC, Folen RA.** EEG biofeedback as a treatment for chronic fatigue syndrome: a controlled case report. Behav Med 1996;22(2):77-81.

(58) **Hammond DC.** Treatment of chronic fatigue with neurofeedback and self-hypnosis. Neurorehabilitation 2001; 16(4):295-300.

(59) **Noton D.** PMS, EEG and photic stimulation. J Neurother 1997; 2(2). Available from URL:http://www.snrjnt.org/journalnt/jnt(2-2)2.html.

(60) **Egner T, Gruzelier JH.** Ecological validity of neurofeedback: modulation of slow-wave EEG enhances musical performance. Neuroreport 2003;14(9):1221-1224.

(61) **Raymond J, Sajid I, Parkinson LA, Gruzelier JH.** Biofeedback and dance performance: a preliminary investigation. Appl Psychophysiol Biofeedback 2005;30(1):65-73.

(62) **Egner T, Gruzelier JH.** The temporal dynamics of electroencephalographic responses to alpha/theta neurofeedback training in healthy subjects. J Neurother 2004;8(1):43-58.

(63) **Hanslmayr S, Sauseng P, Doppelmyr M, Schabus M, Kimesch W.** Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects. Appl Psychophysiol Biofeedback 2005;30(1):1-10.

(64) **Vernon DJ.** Can neurofeedback training enhance performance? an evaluation of the evidence with implications for future research. Appl Psychophysiol Biofeedback 2005;30(4):347-364.

The Introduction and Clinical Applications of Neurofeedback

Hyung-Bae Park, M.D., Ph.D., Hyung-Mo Sung, M.D., Ph.D.

Mind-Medi Clinic, Seoul, Korea

Neurofeedback, also known as EEG biofeedback or neurotherapy, is a new therapy differentiated from biofeedback in that brain waves are monitored to study brain itself as well as its functions. Needless to say, it has originated from biofeedback, however it has established itself as an independent and specialized therapy in the field of neurotherapy.

In order to have a better understanding of neurofeedback we are going to have a look into its historical and theoretical background first and then we will explain how it can be used clinically. Neurofeedback was clinically introduced for epilepsy for the first time and its effect was proved. Since then it has been used successfully for a number of psychiatric disorders, such as attention deficit hyperactivity disorder(ADHD), anxiety, anxiety and mood disorder, sleep disorder, substance dependency, etc. Furthermore, it has been used for non-psychiatric or psychosomatic symptoms, such as headache, chronic pains, chronic fatigue symptoms, etc. Recently, it has been also used for non-medical areas, such as improvement of peak performance for sports and art activities, enhancement of cognitive function, etc, making the neurofeedback a very promising field for its potential and effectiveness.

KEY WORDS : Neurofeedback · Biofeedback epilepsy · ADHD · Peak performance.