

뇌졸중 환자의 작업치료 중재 결과를 측정하기 위해 사용된 뇌전도(Electroencephalography)에 대한 문헌 고찰

곽호성*, 박지혁**

*우송대학교 작업치료학과

**연세대학교 보건과학대학 작업치료학과

국문초록

목적: 본 연구의 목적은 뇌손상 환자의 신경학적 변화 측정도구인 뇌전도의 측정도구 및 방법, 평가와 분석방법을 알아봄으로써 임상영역에서 뇌전도 측정 시 기초자료를 제시하는 것에 있다.

연구방법: 전자 데이터 베이스인 Pubmed, Science Direct를 사용하였으며, 주요검색 용어로 ‘Electroencephalography’, ‘stroke’, ‘intervention OR training’을 사용하였다.

결과: 뇌전도는 두뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-computer interface)를 이용하여 재활의 효과를 뇌의 활성화 상태 변화로 측정할 수 있는 도구로 기능적 뇌 재조직화 매커니즘을 확인할 수 있는 것으로 나타났다. 뇌전도 측정도구의 경우 다양한 채널, 전극의 형태 및 전극 부착 부위로 구성되어 있으며, 결과해석에 사용되는 주파수 또한 다양하게 나타났다.

결론: 뇌전도는 중재에 대한 효과성을 신경학적으로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 효율적인 작업치료를 위한 중재전략을 마련하는데 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

주제어: 고찰, 뇌전도, 뇌졸중, 대뇌피질 연결성

I. 서론

뇌졸중 환자는 뇌의 손상 부위에 따라 뇌의 신경 간 상호작용에 영향을 미치게 된다(Dijkhuizen, Zaharchuk, & Otte, 2014). 뇌의 신경 간 상호작용에 관한 연구는 동물실험 뿐만 아니라 인간을 대상으로 연구가 진행되어 뇌의 손상 부위에 따라 뇌의 기능적 연결성(functional connectivity) 및 연결성의 효율(effective connectivity)이 다양하게 나타난다(van Meer et al., 2010; Alstott, Breakspear, Hagmann, Cammoun, & Sporns, 2009). 이러한 뇌의 신경 간 상호작용의 변화로 인해 뇌졸중 환자의 약 66%는 신체기능의 장애를 가지게 되며 75%는 일상생활활동에서 장애를 가지게 된다(Sturm et al., 2002).

OTPF-3에 따르면 작업치료는 다양한 삶의 역할에 필요한 활동들에 참여할 수 있는 능력을 향상시켜는데 초점을 맞추어야 한다고 주장한다(AOTA, 2014). 뇌졸중 환자의 작업치료 증재는 다양한 방법으로 적용되고 있으며, 작업치료 증재 중 참여에 초점을 맞춘 뇌졸중 재활에는 개선(remediation), 보조 기술(compensatory techniques) 및 예방적 증재(preventative intervention)가 시행되고 있다(Richards et al., 2005). Richards 등(2005)에 따르면 작업치료사가 작업치료시간의 절반을 목적 있는 활동에 초점을 맞추어 신체 구조, 기능 손상 및 수행 기술을 향상시키는데 사용한다고 보고하였다. 이러한 증재 방법은 뇌졸중 환자의 선택적인 활동에 필요한 기능적인 움직임 증가 시키는 방법임을 알 수 있다(Dewey, Sherry, & Collier, 2007). 기능적인 움직임을 증가시키기 위해서는 운동조절(motor control) 훈련이 필요하며 이를 위해서는 신경근을 촉진하고 비정상적인 움직임을 억제시켜 정상적인 움직임을 훈련시켜야 한다(Schaechter, 2004).

뇌졸중 환자의 기능 회복을 측정하기 위해 다양한 측정도구가 사용되고 있으며, 작업치료 분야에

서 증재에 대한 결과를 측정하는 것은 대상자에게 증재가 어떠한 영향이 있었는지, 적절한 증재였는지에 대해 알 수 있다(Rogers & Holm, 1994). 뇌졸중 후 기능 회복은 학습에 의한 손상 부위 주변 대뇌 피질의 활성화 및 재 조직화됨에 따라 나타나며(Carmichael, 2006), 이러한 뇌의 변화를 뇌가소성(brain plasticity)라고 한다(Hallett, 2001).

뇌가소성으로 인해 자연적으로 일어나는 뇌의 회복을 이해하기 위한 기초적인 연구 도구로 뇌지도 기술(brain-mapping technologies)과 네트워크 기반 접근법(network based approach)이 있다. 뇌지도 기술은 재활치료 증재 효과로 나타난 뇌의 변화 측정이 가능한 평가 도구로 사용되고 있으며(Schaechter, 2004), 네트워크 기반 접근법(network based approach)은 뇌졸중 환자의 행동학적 손상(behavioural deficit)과 비기능적인 신경 활동사이의 관계를 이해하기 위해 사용되고 있다(Grefkes & Fink, 2011).

네트워크 기반 접근에는 기능적 자기 공명 영상(Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI), 뇌전도(electroencephalography: EEG) 사용하여 측정할 수 있다. 기능적 자기 공명 영상을 사용한 연구에서 대뇌피질의 운동 영역 사이의 연결성을 측정한 결과 운동 손상이 높은 환자일수록 피질 운동영역 사이의 연결성이 줄어드는 것을 확인하였다(Grefkes et al., 2008; Carter et al., 2010). 또한 영구적인 운동 손상을 입은 환자는 움직임 수행 시 동측손상 피질 운동영역 사이의 연결성이 상당히 줄어들었다고 보고하였다(Sharma, Baron, & Rowe, 2009). 최근에는 조밀한 배열(dense array)의 뇌전도를 사용하여 뇌의 연결성을 연구하고 있으며, 뇌전도를 사용하여 측정할 경우 적은 비용과 안정성이 높으며 쉽게 측정할 수 있다(Jennifer et al., 2015).

뇌졸중 환자를 대상으로 적용되는 작업치료는 참여를 증진하기 위해 다양한 치료 접근법이 사용되고 있다. 참여 증진을 위해서는 목적 있는 활동에 맞

추어 증재를 적용해야 하며 활동에 필요한 기능적인 움직임을 증가시켜야한다. 다양한 증재방법에 대한 효과성을 확인하기 위해 임상에서 사용되고 있는 평가들은 상지 기능, 일상생활 활동 등 기능적인 회복 및 활동수행에 치중되어 있는 실정이다. 그러나 증재에 대한 치료효과를 확인하기 위해서는 뇌의 신경학적 변화를 측정하여 뇌의 기능회복 변화에 대해 입증하여야 한다. 현재 국내에서는 뇌전도를 이용한 뇌의 신경학적 변화에 대한 연구는 전무한 실정이며, 또한 뇌전도에 대한 정보도 매우 부족하다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 뇌의 신경학적 변화를 측정할 수 있는 뇌전도에 대한 측정방법들에 대한 정보를 제시하고자 한다.

II. 본 론

1. 뇌전도(electroencephalography: EEG)

뇌전도(electroencephalography)는 뇌 구조에서 발생하는 전기적 활동을 분석하는 의학적 영상 기술이다. 뇌 구조에서 전기적인 활동을 측정하기 위해서는 두피표면에서 금속 전극 및 전도성 매체를 사용하여 수집하는데 이를 뇌파(electroencephalogram)라 정의한다(Niedermeyer & Lopes da Silva, 2012). 전극(electrode)과 신경층(neuronal layers) 사이의 흐르는 전류는 피부, 두개골 및 몇몇 다른 층들을 통과해야 되기 때문에 많은 양의 활동적인 뉴런이 필요하다. 뇌전도의 경우에는 적은 양의 전기 신호를 감지한 후 증폭시켜 컴퓨터 메모리에 저장시키거나 종이에 표시할 수 있어 신경학 및 임상 신경생리학 분야에서 매우 유용한 도구로 사용되고 있다(Tyner & Knott, 1983).

2. 뇌전도의 측정도구

뇌의 연결성을 측정하는 뇌전도 측정도구에는 다양한 형태의 도구가 사용되고 있다. 일반적으로 64 채널 이상 연결하여 측정할 수 있는 도구들을 사용하고 있으며, 멀티 채널의 사용하는 뇌전도의 경우, 전극이 캡 표면에 설치된 것을 선호한다(Figure 1). 뇌전도를 기록하는 전극의 경우에는 결과 해석을 필요한 고품질의 데이터를 획득하는데 매우 중요한 역할을 한다. 뇌전도를 측정하는 전극은 매우 다양한 형태가 있으며 기본적으로 다음과 같은 유형의 전극이 있다.

- 1) 일회용 전극과 재사용이 가능한 디스크 전극(금, 은, 스테인리스 강 또는 주석)
- 2) 헤드밴드(headbands)와 전극 캡(electrode caps)
- 3) 염분-기반 전극(saline-based electrodes)와 바늘 전극(needle electrodes)



Figure 1. EEG cap

3. 전극(electrode) 부착 부위

뇌전도를 측정하기 위해 사용되는 두피 전극(electrode)의 위치는 일반적으로 10-20 시스템(10-20 system)을 사용하고 있다(Figure 2). 10-20 시스템은 1958년 뇌전도 및 임상신경생리학 국제학회에서 전극 부착부위의 표준화로 채택되었으며(Jasper, 1958), 이 시스템은 두피에 물리적인 배치

와 전극의 위치를 표준화하였으며 머리는 뇌의 모든 부위를 포함시키기 위해 현저하게 나타나는 두 개골의 랜드마크인 코뿌리점(nasion), 귓바퀴앞 포인트(preauricular points), 뒤통수점(inion)으로부터 비례하는 거리로 나뉜다. 전극을 부착하는 포인트는 귀와 코 사이의 비례하는 거리를 퍼센트를 사용하여 10-20로 표시한다. 전극의 부착위치는 뇌와 인접 부위에 부착하며 엽(lobe)을 구분하기 위해 F(전두엽), C(중심), T(측두엽), P(두정엽), O(후두엽)의 문자를 사용한다. 숫자의 경우에는 짝수는 오른쪽 반구를 의미하며 홀수는 왼쪽 반구를 의미한다(Teplan, 2002).

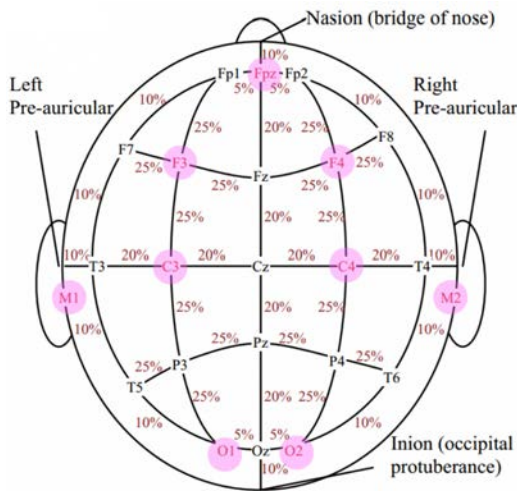


Figure 2. Labels for points according to 10-20 electrode placement system

4. 거울신경세포(mirror neuron)와 뇌전도

현재 뇌 지도화 기술은 뇌전도를 사용하여 거울 신경세포 시스템을 측정할 수 있다. 신경세포의 활성도는 8-13Hz의 주파수로 μ 리듬에 의해 측정되며, 대뇌 피질의 뇌 활동 패턴을 식별할 수 있다(Pineda, Allison, & Vankov, 2000). μ 리듬은 수의적인 움직임(voluntary movement)에 관여하는 추체로성 신경세포의 전기적 활성도를 나타내며, 행동을 실행하거나 관찰할 때 줄어들게 된다

(Muthukumaraswamy, Johnson, & McNair, 2004; Oberman et al., 2005). 이러한 μ 리듬이 억제되는 현상을 사건 관련 비동기화(event-related desynchronization)라 하며, 이러한 현상은 움직임을 상상만 해도 뇌전도에 나타나게 된다. 이는 거울신경세포(mirror neuron)로 인해 발생하는 것으로 알려져 있다(Arnstein, Cui, Keysers, Maurits, & Gazzola, 2011). 거울 신경세포는 동작 관찰훈련 후 운동 과제를 수행할 시에 활성화되며, 운동 동작의 모방과 학습의 기능을 수행한다(Ertelt et al., 2007; Buccino, Binkofski, & Riggio, 2004). Kuk, Kim, Oh와 Hwang(2016)의 연구에 의하면 동작훈련 관찰(AOT; Action Observation Therapy) 후 같은 운동과제를 수행한 그룹과 일반 사진을 관찰 후 운동과제를 수행한 그룹을 비교한 결과 실험군과 대조군의 유의미한 차이가 나타났다. 또한 실험군에서 뇌 지도 시스템의 두드러진 변화가 나타났다(Kuk et al., 2016). 이는 동작관찰훈련이 운동 동작을 모방하는데 도움을 주며, 반복적인 동작을 연습할 수 있다는 것을 알 수 있다(Buccino, Solodkin, & Small, 2006). 또한 관찰된 운동 동작의 모방은 실제 운동 동작 수행 시 필요한 인지적 노력을 상대적으로 줄여들게 되며, 이를 통해 움직임과 관련된 대뇌피질 영역의 신경 네트워크에서 이루어지는 시냅스 전송(synaptic transmission)의 효율성을 높여 손상된 운동기능의 기능적인 회복이 나타남을 알 수 있다(Cowles et al., 2013). 따라서 뇌졸중 환자에게 나타나는 운동기능의 손상을 위한 증재로 거울신경세포를 이용한 동작관찰훈련이 운동기능의 회복에 효과가 있음을 알 수 있다.

5. 대뇌피질 연결성(cortical connectivity)과 뇌전도

뇌졸중으로 인해 발생한 행동적 결손 (behavioural deficit)과 비기능적인 신경 간 활동 (dysfunctional neural activity) 사이의 관련성이 이

해하기 위해서는 네트워크 기반의 접근법이 필요하다(Grefkes & Fink, 2011). 네트워크 기반의 접근법은 기능성 자기 공명 영상(fMRI)를 사용한 연구를 통해 운동 손상이 클수록 대뇌피질의 운동 영역에서의 연결성이 감소된다고 보고되었다(Grefkes et al., 2008; Carter et al., 2010). 이는 대뇌피질의 운동 시스템의 핵심 영역 사이에 감소된 기능적 연결성(functional connectivity)은 뇌졸중으로 인해 손상된 뇌의 감각운동처리 기능의 효율성이 줄어든다는 것을 알 수 있다(de Vico Fallani et al., 2009).

최근 뇌전도 레코딩(EEG recording) 기술이 발전된 고밀도 뇌전도 시스템(high-density EEG systems)이 개발되어 데이터의 품질 향상 및 준비시간이 단축되었다(Kleffner-Canucci, Luu, Naleway, & Tucker, 2012). 고밀도 뇌전도 시스템은 복잡한 의료 환경에서 높은 접근성, 저비용 및 높은 안전성으로 최근 연구에서 많이 사용되고 있으며, 특히 운동 기능과 관련된 베타 주파수(beta wave: β (20-30Hz))간의 연결성을 측정하는 연구에서 활발히 이루어지고 있다(Roopun et al., 2006; Deeny, Hauffer, Saffer, & Hatfield, 2009).

대뇌피질 간의 기능적인 연결성(functional connectivity)은 동물을 대상으로 한 연구에서 대뇌피질 영역 사이의 연결성의 감소와 운동 기능의 손상은 유의미한 상관관계가 나타났으며, 대뇌피질 운동 영역사이의 기능적인 연결성의 향상은 운동기능 회복에도 영향을 미치는 것으로 보고하였다(van Meer et al., 2010). Jennifer 등(2015)의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 4주간, 주 5회, 2시간 세션으로 가정 기반 재활(home-based rehabilitation) 중재를 적용하였으며, 중재 프로그램은 상지회복을 중점으로 한 가상 현실 컴퓨터게임을 적용한 작업치료와 물리치료를 제공하였다. 뇌전도(resting-state EEG)는 치료기간 동안의 운동 상태 변화를 측정하기 위해 사용되었으며, 베타 밴드(beta band)의 동측손상 일차 운동 피질(ipsilesional primary motor cortex)의 일관성

(coherence)을 측정하여 대뇌피질의 운동영역의 생체지표(biomarker)와 운동 손상의 신경 표지자(neural marker)를 확인하였다. 또한 동측손상 일차 운동피질과 전 운동피질(premotor cortex)간의 연결성의 향상과 운동 기능 회복은 높은 상관관계가 나타났다(Jennifer et al., 2015). 이를 통해 동측손상 일차 운동피질의 일관성은 운동기능의 회복을 측정하는데 중요한 생체지표이며, 대뇌피질의 기능적인 연결성은 운동기능회복과 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있다. 따라서 뇌전도는 중재 전·후 대뇌피질의 신경학적 변화를 측정할 수 있는 유용한 임상적 평가도구임을 알 수 있다. 또한 작업치료 중재에 대한 효과를 측정할 때 일반적으로 사용되는 작업치료 기능 평가와 뇌전도를 사용하여 대뇌피질의 신경학적 변화를 측정한다면 중재효과에 대한 인과관계를 좀 더 명확히 제시할 수 있을 것으로 생각되어진다.

III. 결론

본 고찰은 뇌졸중 환자의 중재효과를 측정하기 위해 사용되는 뇌전도의 정의, 측정도구, 전극의 부착 부위, 거울신경세포와 뇌전도, 대뇌피질의 연결성과 뇌전도에 대해 알아보았다. 뇌졸중은 뇌세포의 손상으로 인해 인지적, 신체적 기능 결함을 나타내며, 이를 회복시키기 위해 다양한 치료 접근법들이 작업치료영역에서 적용되고 있다. 이러한 중재들의 치료효과는 기능적인 회복 뿐만 아니라 대뇌피질 운동영역의 활성화에 영향을 미치는 것으로 입증되었다. 그러나 작업치료 중재효과를 운동결함 회복으로 측정하는 평가도구는 기능적인 회복에 초점이 맞추어져 있으며, 신경학적 변화에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 뇌전도는 의료 및 연구분야에서 광범위하게 사용되는 전기 광학 영상 도구로 신경의 흥분에 의해 형성된 많은 양의 전기 쌍극자의 전기로 인한 전위의 변화를 측정한다. 이러한 전

위의 변화를 통해 대뇌피질의 신경학적 변화를 측정할 수 있어 중재효과에 대한 인과관계를 좀 더 명확하게 입증할 수 있다. 현재 국내 작업치료 임상에서는 작업치료의 효과를 기능적인 회복에 초점을 맞추어 측정하고 있으나 국외의 경우 손상측 뇌영역에서 변화를 측정하여 중재의 효과를 입증하고 있다. 손상된 뇌영역의 신경학적 변화를 측정하는 것은 작업치료의 효과에 대한 인과관계를 확립할 수 있는 방법이라 생각된다. 뇌전도는 기능적 자기 공명 영상 등과 같은 측정도구의 비해 쉽게 적용할 수 있으며, 비침습적으로 안전에 대한 문제가 없고 비용이 저렴하며 결과 또한 신속하게 알 수 있는 장점이 있다. 따라서 뇌졸중 환자의 회복을 측정하는 도구로 사용된다면 작업치료 영역에서 기능적인 회복 뿐만 아니라 뇌전도를 이용한 대뇌피질의 신경학적 변화에 대한 평가를 실시함으로써 뇌졸중 환자의 재활에 사용되고 있는 다양한 중재방법들의 효과를 입증할 수 있을 것으로 생각된다.

References

- Alstott, J., Breakspear, M., Hagmann, P., Cammoun, L., & Sporns, O. (2009). Modeling the impact of lesions in the human brain. *PLoS Computational Biology*, 5(6), e1000408. doi:10.1371/journal.pcbi.1000408
- American Occupational Therapy Association. (2014). Occupational therapy practice framework: Domain and process (3rd ed.). *American Journal of Occupational Therapy*, 68, S1-S48. doi:10.5014/ajot.2014.682006
- Arnstein, D., Cui, F., Keyzers, C., Maurits, N. M., & Gazzola, V. (2011). μ -suppression during action observation and execution correlates with BOLD in dorsal premotor, inferior parietal, and SI cortices. *Journal of Neuroscience*, 31(40), 14243-14249. doi:10.1523/JNEUROSCI.0963-11.2011
- Buccino, G., Binkofski, F., & Riggio, L. (2004). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language*, 89(2), 370-376.
- Buccino, G., Solodkin, A., & Small, S. L. (2006). Functions of the mirror neuron system: Implications for neurorehabilitation. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 19(1), 55-63.
- Carmichael, S. T. (2006). Cellular and molecular mechanisms of neural repair after stroke: Making waves. *Annals of Neurology*, 59(5), 735-742.
- Carter, A. R., Astafiev, S. V., Lang, C. E., Connor, L. T., Rengachary, J., Strube, M. J., ... Corbetta, M. (2010). Resting interhemispheric functional magnetic resonance imaging connectivity predicts performance after stroke. *Annals of Neurology*, 67(3), 365-375. doi:10.1002/ana.21905
- Cowles, T., Clark, A., Mares, K., Peryer, G., Stuck, R., & Pomeroy, V. (2013). Observation-to-imitate plus practice could add little to physical therapy benefits within 31 days of stroke: Translational randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(2), 173-182. doi:10.1177/1545968312452470
- Deeny, S. P., Haufler, A. J., Saffer, M., & Hatfield, B. D. (2009). Electroencephalographic coherence during visuomotor performance: A comparison of cortico-cortical communication in experts and novices. *Journal of Motor Behavior*, 41, 106-116. doi:10.3200/JMBR.41.2.106-116
- de Vico Fallani, F., Astolfi, L., Cincotti, F., Mattia, D., la Rocca, D., Moksuti, E., ... Nagy, Z. (2009). Evaluation of the brain network organization from EEG signals: A preliminary evidence in stroke patient. *Anatomical Record*, 292, 2023-2031.
- Dewey, H. M., Sherry, L. J., & Collier, J. M. (2007). Stroke rehabilitation 2007: What should it be?. *International Journal of Stroke*, 2(3), 191-200. doi:10.1111/j.1747-4949.2007.00146.x
- Dijkhuizen, R. M., Zaharchuk, G., & Otte, W. M. (2014). Assessment and modulation of resting-state neural networks after stroke. *Current Opinion in Neurology*, 27(6), 637-643. doi:10.1097/WCO.0000000000000150
- Ertelt, D., Small, S., Solodkin, A., Dettmers, C., McNamara, A., Binkofski, F., & Buccino, G. (2007). Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *NeuroImage*, 36 Suppl 2:T, 164-173.
- Grefkes, C., & Fink, G. R. (2011). Reorganization of cerebral networks after stroke: new insights from neuroimaging with connectivity approaches. *Brain*, 134,

- 1264–1276. doi:10.1093/brain/awr033
- Grefkes, C., Nowak, D. A., Eickhoff, S. B., Dafotakis, M., Kust, J., Karbe, H., & Fink, G. R. (2008). Cortical connectivity after subcortical stroke assessed with functional magnetic resonance imaging. *Annals of Neurology*, 63, 236–246.
- Hallett, M. (2001). Plasticity of the human motor cortex and recovery from stroke. *Brain Research Reviews*, 36, 169–174.
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371–375.
- Jennifer, W., Erin, B. Q., Lucy, D., Alison, M., Nikhita, K., Robert, J. Z., ... Steven, C. C. (2015). Connectivity measures are robust biomarkers of cortical function and plasticity after stroke. *Brain*, 138, 2359–2369. doi: 10.1093/brain/awv156
- Kleffner-Canucci, K., Luu, P., Naleway, J., & Tucker, D. M. (2012). A novel hydrogel electrolyte extender for rapid application of EEG sensors and extended recordings. *Journal of Neuroscience Methods*, 206(1), 83–87.
- Kuk, E. J., Kim, J. M., Oh, D. W., & Hwang, H. J. (2016). Effects of action observation therapy on hand dexterity and EEG-based cortical activation patterns in patients with post-stroke hemiparesis. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 23(5), 318–325, DOI:10.1080/10749357.2016.1157972
- Muthukumaraswamy, S. D., Johnson, B. W., & McNair, N. A. (2004). Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Cognitive Brain Research*, 19(2), 195–201.
- Niedermeyer, E., & Lopes da Silva, F. (2012). *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications and related fields*, 5th edition, Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Oberman, L. M., Hubbard, E. M., McCleery, J. P., Altschuler, E. L., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2005). EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 190–198.
- Pineda, J. A., Allison, B. Z., & Vankov, A. (2000). The effects of self-movement, observation, and imagination on mu rhythms and readiness potentials (RP's): Toward a brain-computer interface (BCI). *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(2), 219–222.
- Richards, L. G., Latham, N. K., Jette, D. U., Rosenberg, L., Smout, R. J., & DeJong, G. (2005). Characterizing occupational therapy practice in stroke rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(12), 51–60.
- Rogers, J. C., & Holm, M. B. (1994). Accepting the challenge of outcome research: Examining the effectiveness of occupational therapy practice. *American Journal of Occupational Therapy*, 48(10), 871–876. doi:10.5014/ajot.48.10.871
- Roopun, A. K., Middleton, S. J., Cunningham, M. O., LeBeau, F. E. N., Bibbig, A., Whittington, M. A., & Traub, R. D. (2006). A beta2-frequency (20–30 Hz) oscillation in nonsynaptic networks of somatosensory cortex. *Official Scientific Journal of the National Academy of Sciences*, 103(42), 15646–15650. doi:10.1073/pnas.0607443103
- Schaechter, J. D. (2004). Motor rehabilitation and brain plasticity after hemiparetic stroke. *Progress in Neurobiology*, 73(1), 61–72.
- Sharma, N., Baron, J. C., & Rowe, J. B. (2009). Motor imagery after stroke: Relating outcome to motor network connectivity. *Annals of Neurology*, 66(5), 604–616. doi:10.1002/ana.21810
- Sturm, J. W., Dewey, H. M., Donnan, G. A., Macdonell, R. A., McNeil, J. J., & Thrift, A. G. (2002). Handicap after stroke: How does it relate to disability, perception of recovery, and stroke subtype?: the north North East Melbourne Stroke Incidence Study(NEMESIS). *Stroke*, 33(3), 762–768.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2(2), 1–11.
- Tyner, F. S. & Knott, J. R. (1983). *Fundamentals of EEG technology*, Volume 1: Basic concepts and methods, Raven press, New York.
- van Meer, M. P., van der Marel, K., Wang, K., Otte, W. M., El Bouazati, S., Roeling, T. A., ... Dijkhuizen, R. M. (2010). Recovery of sensorimotor function after experimental stroke correlates with restoration of resting-state interhemispheric functional connectivity. *Journal of Neuroscience*, 30(11) 3964–3972. doi:10.1523/JNEUROSCI.5709-09.2010

Abstract

Electroencephalography for Occupational Therapy for Stroke Patients: A Literature Review

Kwak, Ho-Soung*, M.S., O.T., Park, Ji-Hyuk**, Ph.D., O.T.

*Dept. of Occupational Therapy, College of Health and Welfare, Woosong University

**Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Objective : The aim of this research was to provide EEG (electroencephalogram) basic data in clinical areas through identifying measurement tools, measurement methods, and evaluation and analysis method of the EEG which is a neurological change measurement of patients with brain injury.

Methods : Previous studies were found in an electronic database (e.g., PubMed, Science Direct). The keyword search terms were 'Electroencephalography', 'stroke', 'intervention OR training'.

Results : Utilitizing brain-computer interface, the EEG, which is a tool for measuring the effects of rehabilitation through changes of brain activation state. Also, it could identify functional brain reorganization mechanism. Whenever a research utilized the EEG, which is composed of various channels, different types of electrode, and varied electrode locations.

Conclusions : Through this review, we found that Electroencephalography is possible to neurologically verify the effectiveness of intervention and formulate an intervention strategy for efficient occupational therapy.

Key Words : Cortical connectivity, EEG, Literature review, Stroke