

두 문자열의 동일성 판단과 뇌파

문성실, 최상섭, 류창수*, 김경옥**, 손진훈

충남대학교 심리학과, *한국전자통신연구원 기초연구부, **교통과학연구원 교통교육실
대전광역시 유성구 궁동220 번지

E-mail : jhsohn@hanbat.chungnam.ac.kr

Decision Task on the Identity of Two Word-Strings and EEG

Sung Sill Moon, Sangsup Choi, Chang Su Ryu, Kyung Ok Kim, Jin-Hun Sohn

Department of Psychology, Chungnam National University
Taejon, Korea

*Basic Research Laboratory, Electronics & Telecommunications Research Institute

** Traffic Science Institute, Department of Traffic Education

요 약

두 문자열의 동일성 판단과 뇌파와의 관계가 탐색되었다. 피험자들은 컴퓨터의 화면에 나타나는 두 문자열의 동일성 여부를 판단하여 반응 키를 누르는 과제를 수행하였으며, 이와 동시에 피험자들의 뇌파가 기록되었다. 긍정 반응과 부정 반응 시의 뇌파를 비교한 결과, 좌측 전두엽 부위의 theta파, slow alpha파, fast alpha파 그리고 우측 전두엽 부위의 theta파 등이 긍부정 반응에 따라서 유의한 차이를 보였다.

서 론

인간의 지각 및 인지 활동은 궁극적으로 뇌의 전기생리학적인 변화이다. 따라서, 인지적인 활동을 전기생리학적인 지표로 측정하는 문제는 많은 연구자들의 관심을 끊임없이 끌어왔다. 그러나 인지 행위의 복잡성과 뇌의 활동을 측정하기 위한 방법론상의 문제 때문에 인지행위와 뇌의 활동 사이의 관계를

연구하기는 매우 어려운 일이다. 이런 어려움을 최소화하는 현실적인 방법의 하나는 가장 단순한 인지행위를 가장 단순한 방법으로 측정하는 것이다. 이런 접근법을 이용하여, 본 연구는 가장 단순한 인지행위의 하나인 두 문자열 모양의 동일성 판단과 뇌전위 (brain potentials)와의 관계를 탐색한다.

오늘날 가장 널리 사용되고 있는 뇌전위 연구방법은 뇌파(electroencephalogram; EEG)와 사건관련전위 (event related potential; ERP) 즉, 유발전위(evoked potential; EP)이다. EEG는 수십초에서 수분 동안 계속되는 복합적인 문제해결과제 수행 중에 기록되는 반면 ERP는 약1초 동안에 지속되는 단순판단과제수행중에 기록된다. EEG는 수십초동안 지속되는 뇌파활동을 기록하므로 복합적인 인지과정(예를들어, 문제 해결)의 연구에 유용할 수 있으나 해당하는 뇌부위의 3차원적 규명(source localization)이 불가능하다. 반면에 ERP는 어떤 자극을

제시한 뒤 약 1초간의 뇌파를 기록하므로 단일 개별적 인지과정(예를들어, 단순 판단)의 연구는 가능하나 복합적 인지과정의 연구에는 사용하기 힘들다. 지난 30여년동안 EEG와 감각(sensation), 주의(attention), 지각(perception), 인지(cognition)활동과의 관계가 활발하게 연구되어왔다. 지각은 감각자료(data)의 능동적 처리과정(의미생성)을 포함한다. 따라서 자극의 탐지 및 주의기울이기가 지각적 통합에 선행한다. 이러한 맥락에서 감각의 처리, 주의, 지각은 기능적으로 연결되어있다. 이러한 과정을 통해 지각적 통합에 의해 지각된 재료들(perceived material)은 인지활동(예를들어, 의사결정, 문제해결, 사고 등)에 사용되며 또한 여러 가지 정서반응(예를들어, 행복, 슬픔, 공포, 경악 등)을 야기하기도 한다.

뇌파는 대뇌피질에 있는 수많은 신경세포의 활동전위의 총화를 기록한 것으로 Caton(1875)이 토끼나 원숭이의 감각기능의 편재화에 관심을 가지고 최초로 노출된 뇌표면에서 전기활동을 기록함으로써 시작되었다. 또한 토끼의 뇌에서 자극이 없는 안정상태의 뇌파활동을 최초로 측정하여 발표하였다. 인간의 뇌에서 최초로 전기현상을 측정 한 사람은 Hans Berger(1929)이며 두 가지의 주요한 뇌파패턴을 밝히고, 상대적으로 증폭이 크고 규칙적인 파를 'alpha파', 증폭이 작고 비규칙적인 뇌파를 'beta파'라 각각 명명하였다(Andreassi, 1995). 단순히 '뇌파'라고 할 때는 대뇌피질에서 기록된 수많은 뉴런군의 총괄적인 활동을 의미한다.

뇌조직에는 100억개 정도의 뉴런이 있으며, 하나의 뉴런은 약 1000개 정도의 다른 뉴런과 연결되어 정보를 주고받는다. 실제 사람의 모든 사고 및 행동은 이들 뉴런의 활동에 의해 일어난다. 뉴런의 흥분과 전도는 뉴런막의 이온통로(Na^+ , K^+ , Ca^{2+})에 의존

하며, 주위의 전도성 매질(뇌막, 두 개골, 두피)로 흘러 머리 표면에도 전류를 형성한다. 따라서 머리표면에 전극을 부착하여 적절히 증폭하면 뇌전위를 측정할 수 있다. 이렇게 발생하는 뇌전위는 보통 수십 μV 정도로 매우 미약하며 주파수 영역은 0.1 Hz에서 40Hz 정도 까지이다.

이러한 뇌파를 측정하는 방법에는 쌍극유도법과 단극유도법의 방법이 있다. 쌍극유도법은 다른 electrode를 한 쌍으로 하여 뇌파를 받아들이는 방법으로서 주변에서 일어나는 전기적인 변화의 작은 양도 민감하게 탐지할 수 있다. 그러므로 단극유도법에 비하여 외접한 전기자극에 대하여 더 엄격하게 집중할 수 있다. 이에 반하여 단극유도법은 원 자료에 충실한 모양의 전기적 반응의 변화를 보여준다. 그리고 특히 넓게 퍼진 부분에서 뇌파를 측정하는데 더 유용하다. 본 실험에서는 이 두가지 측정법을 동원하여 뇌파를 측정하였다. 뇌파는 일반적으로 주파수에 따라 크게 네가지로 구분하고 그 특징은 <표1>에 요약되어 있다.

본 연구는 뇌파를 통하여 자극에 대하여 판단한 공부정에 있어서 뇌파차이가 나는가를 알아보고자 한다. 인간이 고등정신능력을 발휘하는 일은 중추신경계의 뇌 영역에서의 정보처리능력에 좌우된다. 인간의 뇌는 좌우반구가 편재되어있다. 좌반구의 지각적 기능은 순서대로 일어나는 연속적인 자극을 분석하는데 전문화되어있다. 우반구의 지각적 기능은 공간, 기하학적 모양과 형태, 동시에 한꺼번에 제시되는 요소들을 분석하는데 전문화되어 있으며 좌반구는 언어지각에 특히 전문화되어있다(Broca,1861). 오른손잡이들은 보통 좌반구에 언어중추를 가지고 있으며, 왼손잡이들중 약간은 우반구에 언어중추를 가지고 있다. 우반구는 의사소통을 할 수는 없으나 매우 간단한 언어만을 사용하고 발달

표 1. 뇌파의 주파수대역과 그 특성

종류	구분	주파수	특 징
δ 파 (delta wave)		0.2~3.99Hz	<p>젓먹이, 유아의 각성시 및 소아, 성인의 수면시 뇌의 여러 부위에서 나타나며, 병적으로는 뇌종양, 뇌염, 의식장애 등에서 볼 수 있다. 20~200 μV의 진폭을 보이고, θ 파와 함께 서파라 한다.</p>
θ 파 (theta wave)		4~7.99Hz	<p>아동에게 흔히 나타나며, 성인은 경계심이 감소되었을 때 나타난다. 전두엽, 측두엽에서 두드러지게 나타나며, 진폭은 높은 것도, 낮은 것도 있으며, 높은 것은 수백 μV에 미치는 것도 있다. 불유쾌할 때나 졸린 경우에 잘 나타난다. 20~100μV의 진폭을 보인다.</p>
α 파 (alpha wave)		8~12.99Hz	<p>정상 성인의 각성, 안정, 폐안 상태에서 잘 보여지며 20~60 μV의 진폭을 보인다. 후두엽, 두정엽에서 진폭이 큰 활동성파가 우세하다. 10Hz전후가 많다. “안정파”라고도 한다. alpha파를 더 세분화하여 slow alpha(8~9.99Hz), fast alpha(10~12.99Hz)로 구분한다.</p>
β 파 (beta wave)		13~30Hz	<p>정상 성인의 각성시 진폭이 20 μV이하로, 전두엽, 중심엽, 측두엽에 비교적 많이 나타난다. 불안, 긴장, 암산 등의 정신활동 및 개안, 자극 통증 등의 흥분에 의해 α 파가 억제되어 (α-blocking) 진폭이 작은 속파가 증가한다. 입면시 저진폭의 속파가 돌발적으로 나타난다. “활동파”라고도 한다. beta파를 더 세분화하여 slow beta(13~19.99Hz), fast beta(20~30Hz)로 구분한다.</p>

된 공간지각능력을 가지고 있다. 본 연구에서 사용한 공부정에 따른 뇌파는 인지적인 처리를 요구하는 것이므로 양반구상의 차이가 예상된다.

본 연구는 간단한 의사표시로써 공부정에 따른 인간의 인지적 판단을 인간의 생리적 지표인 뇌파를 이용하여 측정할 수 있는가를 밝히고, 인지적 공부정 판단이 뇌편측성에 따라 차이가 있는가를 뇌파를 이용하여 알아보고자 하였다.

방 법

피험자

본 연구를 위한 피험자는 충남대학교에 재학중인 두부외상이나 정신질환의 병력이 없는 오른손잡이를 대상으로 하였다. 7명의 남학생(20-25세)과 7명의 여학생(20-25세)이 참여하였다.

자극재료 및 제시방법

공부정판단을 위한 문제는 경북대학교 사범대학 교육심리학 연구실에서 엮은 성인용 전국표준화 지능진단검사와 중앙적성출판사의 표준화 그림지능검사, CFIT지능검사를 바탕으로 예비검사를 통하여 변형, 추출된 4개의 문항을 사용하였다. 오른쪽과 왼쪽에 제시되는 두 문자열의 모양을 지각하고 동일한가의 여부를 판단하는 문제들이었으며, 각 문제는 예비실험을 통하여 80%이상의 정답률을 보이는 문제들로 구성되었다.

IBM 호환기종 컴퓨터를 사용하여 SVGA 모니터에 자극 문제들을 제시하였다. 모니터의 밝기는 최대한으로 화면은 피험자로부터 약 100cm 떨어지게 하였다.

본실험에 앞서 본 자극재료와 유사한 예비문제를 만들어 먼저 실험참여자들이 예비문제를 통하여 풀이방법을 익히도록 하였다.

각 문제는 실험참여자가 준비가 되었을 때 버튼을 누름으로써 시작되었고 한 문제당 10초의 시간이 주어졌다.

공부정의 반응은 가로 15cm, 세로 25cm의 직육면체로 중앙의 푸른 버튼을 누름으로써 문제가 제시되고 오른쪽버튼을 눌러 긍정반응, 왼쪽 노란 버튼을 눌러 부정반응을 답하도록 하였다.

실험환경 및 뇌파측정도구

실험실은 가로 12m, 세로 6m의 소음 및 외부전파를 차단하는 방음실(소음 35dB이하)이고 외부로부터 들어오는 artifact(잡음, 교류)를 earth 하여 차단시켰다. 방음실 중앙에 피험자가 앉을 안락의자가 있고, 피험자의 오른쪽에 외부의 실험자와 통신할수 있도록 인터폰이 설치되어 있었다. 그림 2는 실험실의 개요도를 보여 준다.

뇌파측정 장치로는 Grass사의 'Neurodata Acquisiton System'(Model 12)과 biopac Systems Inc.에서 제작한 'MP 100 WS'을 사용하였다. 자료 입력 및 분석은 인제대학교 의용공학과에서 개발한 "Labview" 프로그램을 사용하였다. 두피에 부착한 전극은 명상전극(cup electrode)를 사용하였으며, Nihon Koden사의 Elefix EEG paste를 사용하여 전극을 고정시켰다.

전극 부착 위치는 Jasper(1958)에 의해 처음으로 발표된 국제 전극 배치법인 International 10/20 electrode system에 의해 선정되었다. 본실험에서는 동측의 컷볼(A1, A2)을 기준전극으로 하여 F1, F2, O1, O2 지점에서 단극유도법으로 뇌파를 측정하였다. 단극유도법은 활성전극이 위치해 있는 뇌의 전위 변동에 절대치에 가까운 파를 기록할수 있으며, 부위별 전위를 비교하기에 용이한 장점이 있다.

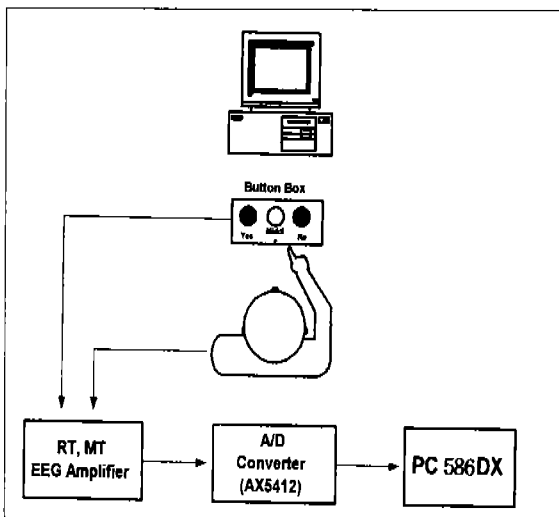
전극을 부착할 두피는 omni prep.를 이용

하여 이물질을 제거한후, 적당량의 전극풀을 두피에 바르고 전극을 전극풀로 채운 뒤 두피에 고정시켰다. 이 위에 거즈를 붙여 부착을 단단히 하고 건조를 방지하였고, 귓볼 전극(ear lobe)은 클립형의 전극으로 역시 전극풀을 채운뒤 귓볼에 끼워 고정하였다.

실험절차

실험 참여자는 전극을 부착하고 실험실로 들어가 약 10분간의 적응시간을 가졌다. 안정상태의 뇌파를 측정하기 위해 피험자는 눈을 감고 가장 편안한 상태를 조성하도록 유도되었다. 안정상태의 뇌파를 1분간 측정한 후 실험 참여자에게 간략한 실험절차를 설명해주었다. 본 실험에 들어가기 전에 예비문제를 풀고 공부정에 답하는 방법을 20분간 연습하였다. 실험 참여자가 실험절차를 이해하고 공부정 버튼누르기에 익숙해지면 본 실험을 실시하였다.

<그림1> 전체 실험실 개요도



분석방법

자료입력과 분석 및 결과 처리를 위해

Acqknowledge, version 3.2와 Labview를 사용하였다. 매 자극제시 후 10초 동안의 뇌파를 분석대상으로 하였다. 뇌파분석은 원자료를 FFT(Fast Fourier Transformation)하고 대역별 구간을 선택하여 적분한 후, 각 주파수 대역이 차지하는 상대적인 power를 구하였다. 각 주파수 대역은 delta파(0.2-3.99Hz), theta파(4-7.99Hz), slow alpha파(8-9.99Hz), fast alpha파(10-12.99Hz), slow beta파(13-19.99Hz), fast beta파(20-30Hz)로 구분하였다. 구해진 상대적인 power는 첫째, 문제유형별 공부정에 따른 뇌파를 분석하였고, 둘째, 좌우반구에 따른 부위별 비교를 실시하였다.

결 과

정답율은 91.07%였으며, 표 2는 관찰된 뇌파의 평균과 표준편차를 보여주고 있다.

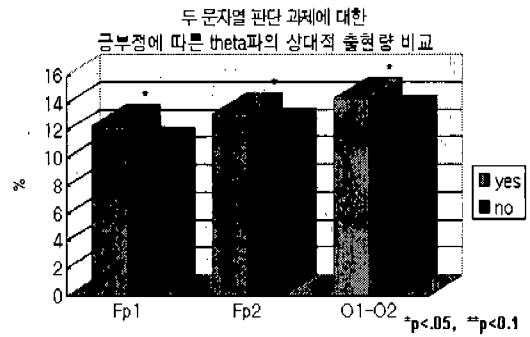
<표 2> 동일성 판단 과제 수행시의 뇌파의 상대적 power의 평균과 표준편차

부 위	파 형	반 응	평 균	표준편차
Fp1	delta파	Yes	19.58	4.70
		No	21.36	3.44
	theta파	Yes	12.35	2.45(*)
		No	10.7	.82 (*)
	slow alpha _{II}	Yes	12.00	1.91 (*)
		No	10.57	.81 (*)
	fast alpha _{II}	Yes	15.02	1.17 (*)
		No	14.27	.80 (*)
	slow beta _{II}	Yes	21.30	3.19
		No	21.77	1.70
	fast beta _{II}	Yes	19.72	3.71
		No	21.30	1.72

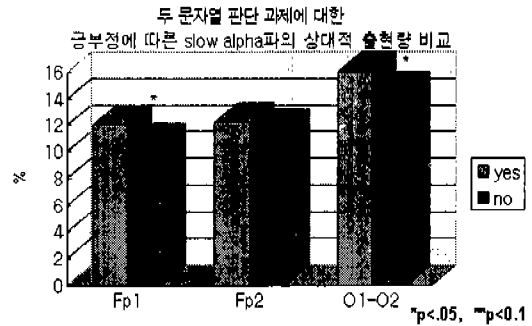
부위	파형	반응	평균	표준편차
Fp2	delta파	Yes	23.35	5.80
		No	22.89	3.94
	theta파	Yes	13.14	2.44 (*)
		No	12.09	1.60 (*)
	slow alpha파	Yes	12.18	2.07
		No	11.67	.91
	fast alpha파	Yes	14.33	1.60
		No	14.85	1.28
slow beta파	Yes	19.57	2.77	
	No	20.44	2.13	
fast beta파	Yes	17.41	3.08	
	No	18.03	2.09	
O1-O2	delta파	Yes	18.25	4.52
		No	18.67	5.19
	theta파	Yes	14.23	3.08 (*)
		No	12.91	2.53 (*)
	slow alpha파	Yes	15.99	2.99 (*)
		No	14.45	1.89 (*)
	fast alpha파	Yes	17.73	1.61
		No	17.17	1.62
	slow beta파	Yes	18.59	3.38
		No	20.12	2.81
fast beta파	Yes	14.81	4.61 (*)	
	No	16.65	3.40 (*)	

* p<.05, ** p<.01

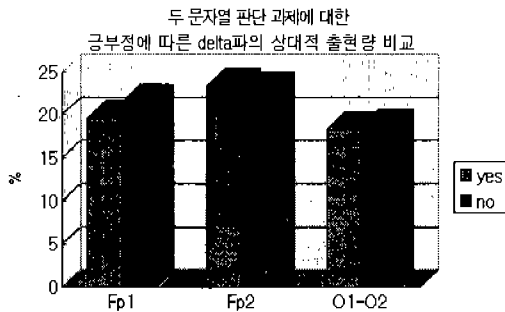
<표2>와 <그림 2, 3, 4, 5, 6, 7>에서 제시되어 있듯이 긍정반응시 부정반응시 보다 좌측 전두엽부위의 theta파(p<.05), slow alpha파(p<.05), fast alpha파(p<.05)에서 많은 양이 관찰되었고, 우측전두엽부위는 <그림3>에서 보듯이 theta파(p<.05)에서만 긍정반응시 상대적 출현량이 더 많았다.



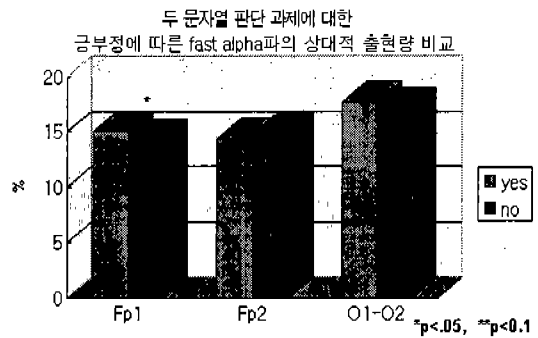
<그림3> 긍부정에 따른 theta파의 상대적 출현량



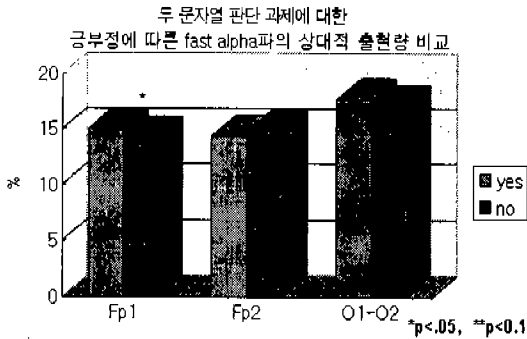
<그림4> 긍부정에 따른 slow alpha파의 상대적 출현량



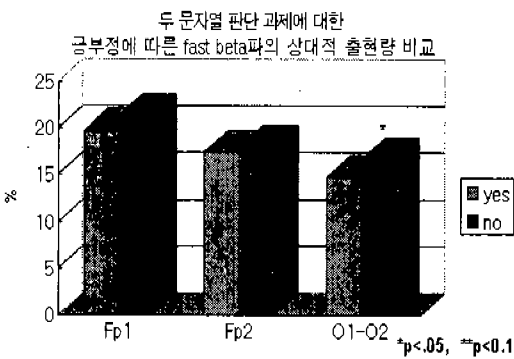
<그림2> 긍부정에 따른 delta 파의 상대적 출현량



<그림5> 긍부정에 따른 fast alpha파의 상대적 출현량



<그림6> 공부정에 따른 slow beta파의 상대적 출현량



<그림7> 공부정에 따른 fast beta파의 상대적 출현량

결론 및 논의

본 연구의 목적은 인지적인 처리를 요구하는 과제를 수행할 때 공부정에 있어서 뇌파 차이가 나는지의 여부를 살펴보기 위한 것이었다. 인지적인 과제는 오른쪽과 왼쪽에 제시되는 두 문자열의 모양을 지각하고 동일한가의 여부를 판단하는 것이었다.

공부정에 따른 뇌파분석의 결과, 공부정에 따른 유의미한 차이가 관찰되었다. 좌우반구

에 따른 부위별 비교를 실시하여 좌측전두엽(Fp1)과 우측전두엽(Fp2)을 비교한 결과, 좌측전두엽부위의 theta파, slow alpha파, fast alpha파에서 유의미한 차이를 보였고, 우전두엽부위에서는 theta파만이 유의미한 차이를 보였다. 이러한 결과는 인간의 뇌는 좌우반구가 편재되어 있다는 선행 연구결과와 양립하는 발견이다. 많은 사람들의 경우, 우반구의 지각적 기능은 공간, 기하학적 모양과 형태, 동시에 한꺼번에 제시되는 요소들을 분석하는데 전문화되어 있으며 좌반구는 언어 지각에 특히 전문화되어 있다(Broca, 1861). 피험자가 언어자극의 하나인 단어를 비교할 때, 좌반구에서 공부정에 따른 유의한 차이가 관찰되는 것은 기존의 연구결과와 일관된 결과이다.

그러나 이런 뇌파의 차이가 구체적으로 무엇을 의미하는 지는 분명하지 않다. 단지, 뇌파 검출 기술과 검출된 뇌파로부터 간단한 의사표시를 식별하는 기술이 만족스러운 신뢰도를 달성할 수 있다면, 뇌파인터페이스를 구현하기 위한 기초 기술로서 실용적 역할을 할 수 있을 것이다. 그 이유는, 컴퓨터를 비롯한 각종 최첨단 정보화 시설들은 점차 발달하여 사용되는 명령어들은 점차 복잡한 명령어들에서 yes, no 식의 간단한 답을 함으로써 작동이 가능하게 되고 있기 때문이다. 따라서 이러한 휴먼-컴퓨터 인터페이스 즉 인간과 컴퓨터 사이를 연결하여 주는 채널로서 뇌파를 이용한 휴먼-컴퓨터 인터페이스가 기존의 접촉식 인터페이스 및 음성을 통한 인터페이스 등을 보조 또는 대체할 수도 있을 것이다. 그러므로 본 실험을 토대로 다른 여러 가지 문제유형들을 이용한 뇌파 연구가 후속 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 손진훈, 김인선 (1995). 불안수준과 뇌파d와의 관계. 한국 생물생리 학회지 (submitted).
- [2] Andreassi, J. L. (1989). *Psychophysiology: human behavior & physiological response*. LEA, Hillsdale.
- [3] Carlson, N. R. (1994). *Physiology of Behavior*. Allyn and Bacon: Boston.
- [4] Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (1990). *Fundamentals of human neuropsychology*. Freeman and Company: New York.
- [5] Wikswo, Jr. J. P., Gevins, A., & Williamson, S. J. (1993). The future of the EEG and MEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 87, 1-9.