

P300과 MMN(mismatch negativity)의 지형학적 상관연구

동남보건대학 임상병리과¹, 가톨릭대학교 성모자애병원 전기생리학 검사실²

김 대 식¹ · 김 영 배²

A Topographically Correlational Study of P300 and MMN (mismatch negativity) in Healthy Subjects

Dae-Sik Kim¹ and Young-Bae Kim²

Department of Clinical Laboratory Science, Dongnam health college, Suwon 440-714, Korea.¹

Electrophysiology Laboratory, Our Lady of Mercy Hospital, Catholic University, Incheon 403-016, Korea²

P300 is widely used as a neurophysiological indicator of cognitive processing, which is known as reflecting controlled processing. MMN (mismatch negativity), early response prior to P300, is known as reflecting an early stage of information processing and having involuntary attention and automatic awakening or sensory memory. This study for normal people shows that electric potential of P300 and MMN are in close correlation ($r=-0.673$, $p<0.05$). That is, it is observed that the higher negative value electric potential of MMN measured at cerebral forehead-center has, the higher value electric potential of P300 measured at cerebral center-vertex has. This fact implies that working memory for temporary storage and operation of stimuli, and involuntary attention which constitute automatic information processing, an early stage of information processing, play a crucial role in efficient information processing. On the other hand, considering that MMN of cerebral forehead-center and P300 of cerebral center-vertex are in close correlation, it is necessary to pursue further study of cerebral parts which generate P300 and MMN in information processing.

Key Words : P300, MMN

I. 서 론

신경생리 측정방법 중의 하나인 사건관련전위(event-related potentials: 이하 ERPs)는 인지 과정 동안의 대뇌활동을 평가하는데 널리 이용되고 있다. 자극을 제시한 후 200 msec, 즉 0.2초 이후에 나타나는 뇌의 전기활동을 의

미하는 사건관련전위는 양성전위(positive potentials)와 음성전위(negative potentials)를 나타내는 여러 개의 정점(peak) 혹은 요인(component)들로 구성되어 있으며, 정점은 극성(polarity)과 잠재시간(latency)에 따라 이름이 붙여진다. 이 중에서도 양성전위를 가지면서 300 msec 전후에 나타나는 정점인 P300이 인지과정 및 정보처리 과정과 관련되어 있어 가장 많이 연구가 진행되어 왔다(Humphery와 Kramer, 1994).

P300은 특정한 정보를 포함하고 있는 자극을 제시한 후 이 자극의 제시와 관련하여 일정 시간동안에 나타나

교신저자 : 김대식, (우) 440-714 경기도 수원시 장안구 정자동 937번지 동남보건대학 임상병리과
Tel : 031-249-6415
E-mail : kdaesik@dongnam.ac.kr

는 뇌의 전기활동을 말하며 인지기능의 신경생리 표지자로 널리 사용되고 있으며, 생성 부위는 현재로서는 전두엽, 편도, 아래 두정엽과 연결되는 해마와 해마사이 부위 등과 같은 뇌 부위로 알려져 있다. P300은 주로 신경심리학 차원에서 연구되어온 인지기능을 정신생리학으로 정량화하여 분석할 수 있는 객관적인 검사방법으로서 Sutton 등(1965)에 의해 보고된 이래 많은 연구들이 보고되어 왔다.

P300전위 이전에 관찰되는 초기반응인 부적격 짝맞춤기 음성과 (mismatch negativity: 이하 MMN)도 정보처리 과정의 초기단계를 반영하며 불수의적 주의력이나 자동적 각성수준 혹은 감각기억의 기능을 갖고 있다고 알려져 있다(Harmony 등, 2000).

P300은 주로 양자극 방안(oddball paradigm)을 사용하여 측정되며, Donchin(1981)은 양자극 방안(oddball paradigm)을 사용하여 P300을 측정된 연구에서 표준자극보다 목표자극에서 의미 있게 큰 전위 값의 P300을 관찰하였고, P300이 반드시 자극제시 300 msec 전후에서 나타나는 것이 아니라 자극 및 피험자의 특성에 따라 300~600 msec 어느 시점에서든 관찰된다는 것이다. 그리고 P300의 전위 값은 뇌의 후방 부위에서 전방 부위로 갈수록, 즉 Pz에서 Fz 방향으로 갈수록 점차 감소한다는 비교적 일관성 있는 결과를 보고하였다.

Donchin과 Coles(1988)는 P300의 잠재시간은 자극이 처리되는 데에 걸리는 시간을 의미하고, 통제정보처리(controlled processing)와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 이러한 주장은 사고장애를 가지고 있는 정신분열병환자나 인지장애를 가지고 있는 치매환자를 대상으로 한 연구들에 의해 지지를 받고 있는데, 이러한 환자들에서는 P300의 전위 값이 감소하거나 잠재시간이 지연되며 심지어는 P300이 관찰되지 않을 수도 있다(Pfefferbaum 등, 1984; St. Clair 등, 1985).

정보처리 과정의 신경생리 기전에 대한 연구가 너무 P300에만 치중되어 있으며 P300 이전에 관찰되는 정점들 역시 정보처리 과정의 초기 단계들을 반영한다는 주장이 있다. 이들 중 대표적인 것이 자극제시 후 100~200 msec 사이에서 관찰되는 음성전위인 MMN이다(Näätänen 등, 1978). MMN은 전두-중심(fronto-central) 부위에서 특징적으로 나타나며 자동적 각성기전(autonomic alerting me-

chanism) 혹은 불수의적 주의과정(involuntary attention processing)을 반영하는 것으로 알려져 있다(Harmony 등, 2000).

MMN이 단순히 감각등록 과정을 반영하는 것이 아니라 인지 정보처리 과정의 한 단계를 반영한다는 주장은 oddball paradigm을 사용하여 MMN을 측정된 연구들에 의해 지지를 받고 있는데, 예를 들면 자극간의 제시간격을 매우 짧게 하여 피험자가 목표자극과 표준자극에 주의를 기울이지 않게 할 경우, MMN의 잠재시간이 매우 길어진다고 한다(Novak 등, 1992). MMN이 정보처리 과정의 초기단계를 반영한다면 MMN의 전위 값과 잠재시간이 P300의 전위 값과 잠재시간에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 실제 정신분열병환자들이 정상인들에 비해 P300 뿐만 아니라 MMN의 전위 값도 감소하며, 잠재시간도 지연된다는 것을 보고한 연구들이 있다(Javitt 등, 1995, 1996).

이에 본 연구에서는 oddball paradigm을 사용하여 정상인들에서 P300과 MMN의 전위 값 및 잠재시간이 어떻게 관련되어 있으며 이에 근거하여 정보처리 과정에서 MMN이 어떤 기능과 역할을 하고 있는지를 알아보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

인천 소재의 모 대학병원에 근무하는 직원 20명(남자: 10명, 여자: 10명)을 대상으로 하였다. 이들의 연령 범위는 20~33세 이었으며, 평균 연령은 26.3±4.5세 이었다. 피험자는 본 연구에 자발적으로 참여의사를 나타낸 사람으로 이전에 정신생리학 검사에 참여한 경험이 없으며 신경장애나 정신과 질환을 앓은 적이 없었다. 교육정도는 고졸이상의 학력으로 제한하였으며 오른손잡이만을 포함시켰다.

2. ERPs 실험 전 준비

사건관련전위(ERPs)는 전산화 뇌기능 검사기기(Neuroscan ESI 128)로 검사하여 분석하였다. 두피에 부착된 전

극은 국제 10~20 체계에 따라 32개로 구성된 cap을 사용하였으며 각 전극에는 주사기를 사용하여 전극풀(Quick-Gel)을 주입하였다. 전극저항은 5 k Ω 이하가 되도록 하였다. 기준전극은 콧등(tip of nose)에 부착하였고 측두엽의 유양돌기(M1, M2) 전극은 활성전극에 포함시켰으며, 접지전극은 미간(glabella)이나 비근(nasion)중 선택 요망에 부착하였다. 눈의 깜박임과 눈동자의 움직임 등을 제거하기 위하여 Semlitsch 등(1986)의 방법에 의해 안전도(electrooculogram: EOG) 전극(The vertical EOG was recorded from the left eye by supra-and infraorbital electrodes. The horizontal EOG was recorded from electrodes on the outer canthi of both eyes)을 부착하였다.

1) P300의 자극 및 측정방법

자극은 oddball paradigm 방안으로 earphone을 통하여 양쪽 귀에 입체적으로 주었다. 총 자극제시 200번 중에서 표준자극(standard stimuli)은 1000 Hz(75 dB)의 저음을 빈번하게 주고, 표적자극(target stimuli)은 2000 Hz(75 dB)의 고음을 무작위로 간헐적으로 주었으며, 200개의 자극 중 표준자극 음은 160번(제시확률: 80%), 목표자극 음은 40번(제시확률: 20%) 제시되었다. 자극제시 시간은 200 msec 이었고 자극간의 간격은 2 sec 이었다. 반응형태는 반응상자(pad)를 사용하여 표적 음이 제시될 때마다 손가락으로 반응상자의 단추를 누르도록 하였다.

실험하는 동안 뇌파를 0.05(high-pass)~30 Hz (low-pass)의 대역역통과와 60 Hz의 notch filter를 사용하여 연속 측정하였고, 실험이 끝난 다음 연속적으로 측정된 신호들을 자극제시 100 msec 전부터 자극제시 후 900 msec까지의 epoch으로 나누었다. 모든 전극에서 측정된 뇌파가 $\pm 100 \mu V$ 를 넘을 경우 이들을 잡파로 간주하여 최종 분석에 포함시키지 않고 제거하였다. 목표자극 신호들은 전체 평균하였으며, 평균화한 신호들을 24 dB/octave 상승하강곡선(roll-off slope)을 가진 0.05~10 Hz의 대역역통과로 디지털 여과(digital filtering)하였다.

2) MMN의 자극 및 측정방법

자극은 oddball paradigm 방안으로 이어폰을 통하여 양쪽 귀에 입체적으로 주었다. 총 자극제시 300개 중에서 표준자극(T1)은 probe 0.700, 10H75D, 75 dB의 조건이었

으며, 두 종류의 변이음(deviants)자극 중 한 변이음(T2)은 probe 0.150, 20H75D, 75 dB, 또 다른 변이음(T3)은 probe 0.150, 40H95D, 95 dB의 조건들이었다. 표준자극은 빈번하게 주었으며, 변이음 자극들은 무작위로 간헐적으로 주었다. 총 300개의 자극 중 표준자극(standard) 음은 210번(제시확률: 70%), 변이음(T2)은 45번(제시확률: 15%), 변이음(T3)은 45번(제시확률: 15%)제시되었다.

실험을 하는 동안 자극 음에 신경 쓰지 않도록 본인이 선택한 잡지나 신문을 보게 하였다. 또한 실험하는 동안에 뇌파를 0.05~30 Hz의 대역역통과로 연속 측정하였고, 실험이 끝난 다음 연속적으로 측정된 신호들을 자극제시 50 msec 전부터 자극제시 후 450 msec까지의 epoch으로 나누었다. 모든 전극에서 측정된 뇌파가 $\pm 100 \mu V$ 를 넘을 경우 이들을 잡파로 간주하여 최종 분석에 포함시키지 않고 제거하였다. 평균화한 신호들을 24 dB/octave 상승하강곡선(roll-off slope)을 가진 0.05~10 Hz의 대역역통과로 디지털 여과(digital filtering)하였다.

III. 결 과

1. P300과 MMN의 전체 평균(grand average)

P300은 목표자극 전체 신호들을 전체 평균하여 이 중에서 3개의 정중선 전극(Fz, Cz, Pz) 을 선택적으로 측정하였으며, MMN은 표준자극(T1)과 변이음(T3)자극에 따른 뇌파를 각각 분석한 후 변이음(T3)자극 뇌파에서 표준자극(T1)의 뇌파를 뺀 값을 MMN으로 정하였다(Hirayasu 등, 1998). 정중선 전극(Fz, Cz, Pz)의 세 부위를 선택적으로 측정 분석하였다.

P300은 Pz 부위에서 가장 큰 양성전위 값을 보인 반면 MMN은 Fz 부위에서 가장 큰 음성전위 값이 관찰되었다(Fig. 1, 2). 즉 P300은 중심-두정(centro-parietal) 부위에서, MMN은 전두-중심(fronto-central) 부위에서 분명하게 관찰되었다.

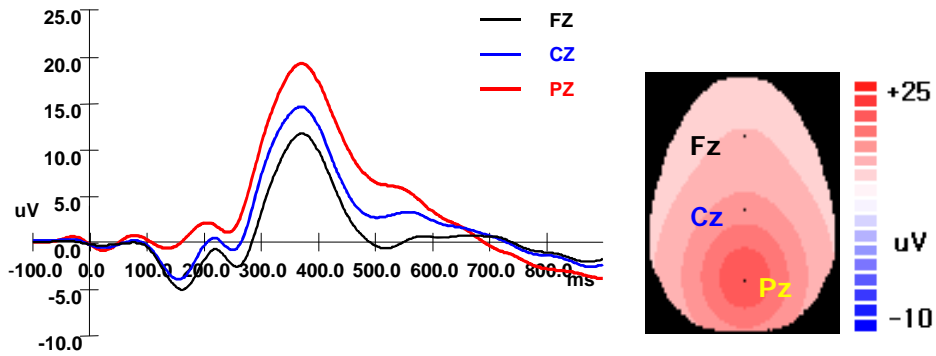


Fig. 1. Left: Grand averaged P300 potentials at Fz (black line), Cz (blue line), Pz (red line). Right: Color-coded two-dimensional topography of P300 peak amplitude at the electrode position Pz.

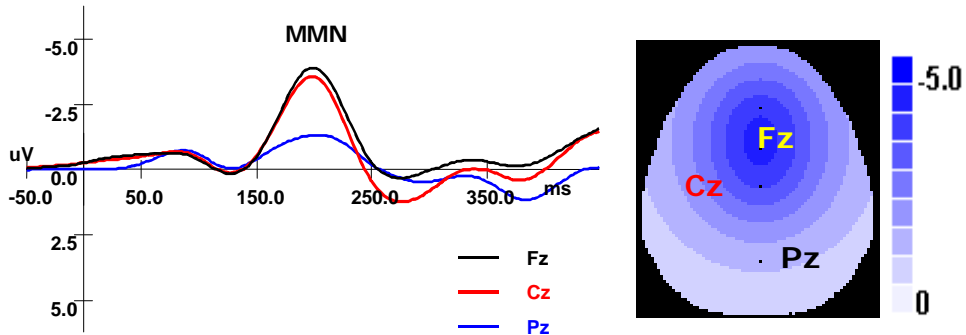


Fig. 2. Grand averaged MMN potentials (left) at Fz (black line), Cz (red line), Pz (blue line) and color-coded 2D topography of MMN peak at the electrode position Fz in right.

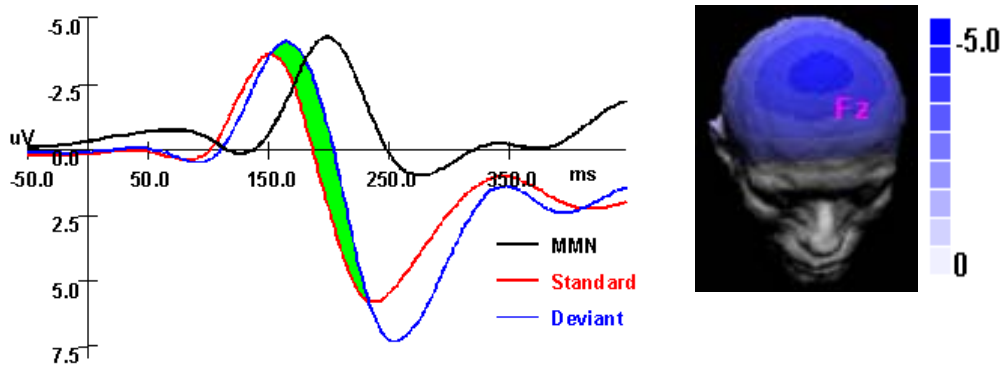


Fig. 3. Left: Green color area (MMN) is difference between responses to deviants (blue color) and to standards (red color), Right: Color-coded 3D topography of mismatch negativity peak amplitude at the electrode position Fz.

Table 1. Mean amplitude and latency of P300/MMN at Fz, Cz, Pz

n=20

	Fz		Cz		Pz	
	P300	MMN	P300	MMN	P300	MMN
Latency*(ms)	381.7±28.4	199.6±24.3	384.2±34.1	197.8±23.2	377.8±30.9	196.0±29.6
Amplitude*(μV)	13.4±8.7	-4.7±2.3	16.1±8.9	-3.6±3.5	20.5±7.9	-2.8±1.8

* Data were expressed as mean±SD

MMN의 전위 값은 표준자극과 변이음자극 전위 값보다 높은 반면에 잠재시간이 지연 되었다(Fig. 3). Fig. 3에서 녹색부분이 MMN이다.

2. P300과 MMN의 전위 값과 잠재시간의 변량분석

P300과 MMN의 전위 값 및 잠재시간을 two-way ANOVA, within-subject design, repeated measure로 분석하였다. 전위 값의 경우 전극 부위($F_{2,20}=7.392, p<0.05$)와 정점 ($F_{1,10}=102.594, p<0.000$)에서 유의한 차이가 있었고 전극 부위와 정점사이의 상호작용($F_{2,20}=5.645, p<0.01$)도 관찰 되었다. P300에서는 Cz과 Pz에서 측정된 전위 값이 Fz보다 더 큰 양성전위 값을 보였으며 P300의 가장 큰 양성전위 값의 부위는 Pz($20.5\pm 7.9 \mu V$)전극이었다. MMN의 경우에는 Fz, Cz에서 측정된 전위 값이 Pz보다 더욱 음성전위 값을 보였다.

잠재시간에서는 정점에서만 유의한 차이가 있었다 ($F_{1,10}=107.251, p<0.000$). Fz, Cz, Pz 부위에서 측정된 P300과 MMN의 평균 전위 값과 잠재시간은 Table 1과 같다.

3. P300과 MMN의 전위 값과 잠재시간의 상관

P300과 MMN의 전위 값 사이의 상관은 Pearson correlation을 사용하여 분석하였다. Cz에서 측정된 P300의 전위 값과 Fz에서 측정된 MMN의 전위 값 사이에 의미 있는 음의 상관이 있었으며($r=-0.673, p<0.05$), Cz에서 측정된 P300의 전위 값과 Fz에서의 MMN 전위 값 사이에도 유의한 음의 상관이 관찰되었다($r=-0.641, p<0.05$). 이는 MMN의 경우에는 전위 값이 중심-전두 부위에서 가

Table 2. Correlation with amplitude between P300 and MMN at Fz, Cz, Pz

	MMN			
	Fz	Cz	Pz	
P300	Fz	-0.53	-0.317	-0.263
	Cz	-0.673*	-0.442	-0.256
	Pz	-0.0539	-0.641*	-0.397

* Correlation is significant at the 0.05 level ($p<0.05$)

장 큰 음성전위를 나타내는 반면 P300의 전위 값은 중심-두정 부위에서 가장 큰 양성전위를 갖기 때문일 것이다 (Table 2, Fig. 4).

잠재시간에서는 Fz에서 측정된 MMN의 잠재시간과 Pz의 P300 잠재시간 사이에서만 유의한 상관이 있었다 ($r=-0.673, p<0.05$)(Table 2, Fig. 4-1).

IV. 고 찰

사건관련전위(ERPs)는 다른 정신생리 측정방법인 fMRI나 PET 등과는 달리 자극을 제시함과 동시에 자극의 대뇌 처리과정을 살펴볼 수 있다는 점, 즉 시간 해상도(temporal resolution)가 우수하다는 장점 때문에 정보처리와 관련하여 초래되는 대뇌활동을 조사하는데 매우 적합한 측정기법이다(MaCarley 등, 1991). 사건관련전위를 구성하는 각 성분의 정점들은 정보처리 과정의 각 단계를 반영하며 특유의 심리기능을 갖고 있다. 따라서 사건관련전위를 사용하여 인지기능의 생리기전을 이해하기 위해서는 하나 혹은 두개의 정점에만 초점을 맞추기보다

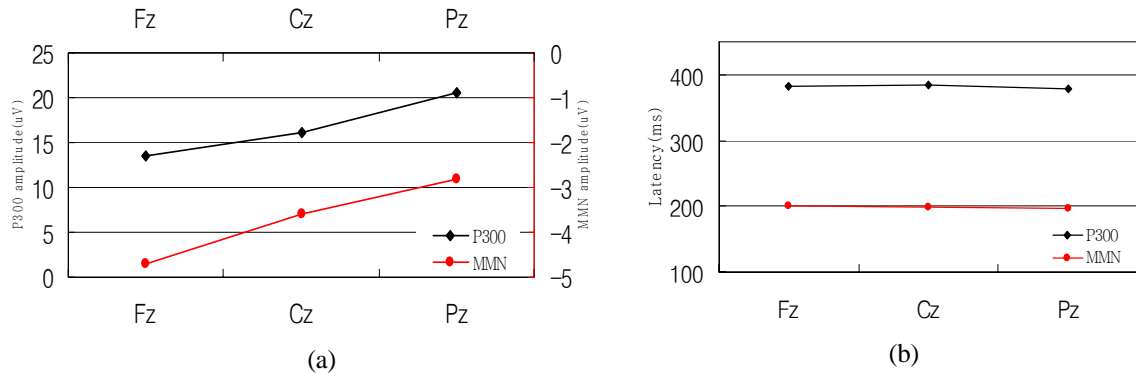


Fig. 4. (a) P300 and MMN amplitude, (b) Antero-posterior latency effect at 3 scalp locations (Fz, Cz, Pz). effect 3 scalp locations (Fz, Cz, Pz).

는 일련의 정점(ERPs)들을 연속적으로 비교 분석하는 것이 훨씬 더 바람직하다. 사건관련전위의 후기 인지요인 (late cognitive component)에는 P300, N400, P600, P800 이 있으며, 초기 요소(early components)에는 N100, N200, MMN 등이 있다.

특히 P300은 인지기능의 신경생리 표지자로 널리 사용되고 있으며, 이는 정보처리 과정에서 통제 정보처리 (controlled processing)를 반영하고(Sutton 등, 1965), 불안감 해소(Sutton 1965), 선택 주의력(Squires 등, 1975), 자극 탐지(Hillyard 등, 1971), 기억 스캐닝(Donchin와 Cohles, 1988) 등과 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

P300에서 전위의 잠재시간은 자극이 처리되는데 걸리는 시간을 의미하며, 자극제시 확률이 낮을수록 더 큰 전위 값이 발생한다. P300은 주로 oddball paradigm을 사용하여 측정할 수 있으며 이 방법에서는 두개의 자극이 주어지는데, 한 자극은 자주 제시되는 반면에 다른 자극은 드물게 제시된다. 제시확률이 높은 자극을 표준자극 (standard stimuli)이라고 부르고 제시확률이 낮은 자극을 표적자극(target stimuli)이라고 부른다. 피험자의 과제는 목표자극이 제시될 때 마다 버튼을 눌러 반응하게 한다.

MMN은 P300 전위 이전에 관찰되는 초기 단계 반응과로 자동적 각성기전(autonomic alerting mechanism), 불수의적 주의과정(involuntary attention processing)을 반영하고, 자극 간 제시시간격을 매우 짧게 하면 MMN의 잠재시간이 길어지기 때문에 P300의 전위 값과 잠재시간에 영향이 있다고 알려져 있다(Harmony 등, 2000). MMN은 반

복적으로 제시되는 덜 빈번한 음에 대하여 과제 독립적으로 발생된다. 주로 oddball paradigm 과제에서 피험자가 주의 집중을 하지 않은 수동적인 상태에서 얻어진 뇌파를 목표자극과 표준자극으로 분리하여 각각 epoch에 따라 변형한 후 목표자극에서 표준자극을 뺀 값이 MMN이며, 자극 후 150~250 msec에서 얻어지는 음성전위 (negative potentials)를 MMN으로 간주하고 연구에 따라 100 msec 이전에 관찰된다는 보고도 있다(Harmony 등, 2000).

Oken(1989)은 oddball paradigm을 사용하여 P300을 측정한 연구에서 표준자극에서보다는 목표자극에서 의미 있게 큰 진폭의 P300이 나타난다는 것과 특히 정중선 (midline)을 따라 뇌의 전방(Fz) 부위, 중앙(Cz) 부위 및 후방(Pz) 부위에서 P300이 두드러지게 나타나는 것을 관찰하였다. 그리고 P300의 진폭의 방향이 Fz에서 Pz 방향으로 갈수록 증가한다는 것을 보고 하였다. 또한 P300은 자극제시 300 msec 전후에 반드시 나타나는 것이 아니라 피험자의 상태(예: 주의력의 저하나 인지 장애가 있을 경우)나 자극의 복잡성, 과제의 난이도 등에 따라 자극제시 후 250 msec와 600 msec 사이의 어느 시점에서도 나타날 수 있다는 것을 밝혀냈다.

Näätänen 등(1978)은 청각자극을 사용한 oddball paradigm에서 음의 고저(pitch), 강도, 위치 및 지속시간 등과 같은 다양한 변인을 표준자극과 다르게 조작한 이탈음을 사용함으로써 MMN을 유발시킬 수 있으며, MMN의 잠재시간은 표준자극과 이탈자극 사이의 시차

크기에 반비례하고 그 진폭은 정비례한다 하였고, MMN의 진폭은 이탈자극에 앞서 제시되는 표준자극의 수가 많아짐에 따라 증가하고 자극간의 간격이 길어짐에 따라 감소하며 MMN은 전두-중심(fronto-central)에서 가장 크게 나타난다고 하였다(Sams 등, 1983).

본 연구에서도 목표자극 전체 신호들을 전체 평균하여 이 중에서 3개의 정중선 전극(Fz, Cz, Pz)을 선택적으로 측정하여 분석한 결과 P300은 Pz 부위에서 가장 큰 양성 전위 값을 보인 반면 MMN은 Fz 부위에서 가장 큰 음성 전위 값이 관찰되었다(Fig. 1, 2). P300은 중심-두정(centro-parietal) 부위에서 그리고 MMN은 전두-중심(fronto-central)에서 분명하게 관찰되었으며, MMN의 전위 값은 표준자극과 변이음자극 전위 값보다 높은 반면에 잠재시간이 지연되었다(Fig. 3).

P300과 MMN의 전위 값과 잠재시간의 변량분석에서는 P300에서는 Cz과 Pz에서 측정한 전위 값이 Fz보다 더 큰 양성전위 값을 보였으며 P300의 가장 큰 양성전위 값의 부위는 Pz($20.5 \pm 7.9 \mu V$)전극이었으며, MMN의 경우에는 Fz, Cz에서 측정한 전위 값이 Pz보다 더 음성전위 값을 보였다. 잠재시간에서는 정점에서만 유의한 차이가 있었다($F_{1,10}=107,251, p<0.000$).

본 연구조사에서는 사건관련전위의 정점들 중에서 초기에 나타나는 MMN과 비교적 후기에 나타나는 양성정점인 P300이 어떻게 관련되어 있는가를 조사하였다. 그 결과 P300과 MMN이 유의한 상관을 갖고 있는 것으로 나타났다($r=-0.673, p<0.05$).

평균적으로 자극제시 약 200 msec에서 나타나는 음성 정점인 MMN의 기능에 관해서는 다양한 의견들이 있다. 즉 MMN이 자동적 각성기전 혹은 불수의적 주의력을 반영한다고 주장하는 반면(Harmony 등, 2000, Novak 등, 1992) 청각자극의 경우 MMN의 생성지가 일차 혹은 이차 청각영역이라는 결과에 근거하여(Scherg 등, 1989) MMN이 자극의 물리적 속성을 일시적으로 저장, 조작하는 작동기억에 근거한다는 주장도 있다(Javitt 등, 1995). Baddeley(1986)은 작동기억이 학습, 이해, 문체해결력 등과 같은 인지기능이 효율적으로 일어나는 데에 반드시 필요하고 만약 작동기억이 손상되면 인지기능의 장애가 초래된다고 주장하였다. 최근 정신분열병환자에서 작동기억의 장애뿐만 아니라 MMN의 전위 값이 감소되어

있는 것이 관찰되면서 이 주장은 많은 주목을 받고 있다(Ford 등, 1994).

P300은 정보처리 과정을 반영하고 P300이 나타나는 시간인 잠재시간은 정보처리에 걸린 시간을 의미한다(Donchin, 1981). 따라서 인지기능의 장애를 갖고 있는 정신분열병이나 치매환자들에서는 P300의 전위 값이 감소되고 잠재시간이 길어지며(St. Clair 등, 1985, Pfefferbaum 등, 1984), 정신분열병환자들에서 P300의 전위 값이 감소되는 것이 작동기억 혹은 주의력의 장애 때문에 초래된다는 주장이 있다(Ford, 1999). 정신분열병환자들에서 P300의 전위 값 뿐 만아니라 MMN의 전위 값도 감소하는 사실로 보아 P300과 MMN이 서로 연관되어 있으며, 효율적인 정보처리가 일어나기 위해서는 작동기억 역시 정상적으로 기능해야 한다.

본 연구에서는 정상인들을 대상으로 P300과 MMN의 전위 값이 매우 높은 상관을 보였다($r=-0.673, p<0.05$). 즉 뇌의 전두-중심 부위에서 측정한 MMN의 전위 값이 음성 전위를 나타낼수록 중심-두정 부위에서 측정한 P300의 전위 값도 커지는 것이 관찰되었다. 이 사실은 효율적인 정보처리가 일어나기 위해서는 정보처리의 초기 단계인 자동정보 처리, 즉 자극을 일시적으로 저장하고 조작하는 작동기억이나 불수의적인 주의력의 유지 등이 중요하게 작용한다는 것을 시사한다. 또한 인지기능의 장애가 정보처리 과정의 초기 단계인 주의력이나 작동기억의 장애에 의해 초래될 수도 있다는 것을 의미한다. 한편 MMN의 전두-중심 부위와 P300의 중심-두정 부위가 각각 서로 상관관계가 높다는 것은 정보처리 과정에서 P300과 MMN의 생성 부위와 관련하여 앞으로 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 동남보건대학 연구비 지원으로 이루어졌음을 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Baddeley A. Working memory. Clarendon Press: Oxford, 1986.
2. Donchin E. Surprise ... surprise? *Psychophysiology* 18:493-515, 1981.
3. Donchin E, Coles MGH. Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behav Brain Sci* 11:357-374, 1988.
4. Ford JM, White P, Lim KO, Pfefferbaum. Schizophrenics have fewer and smaller P300s; a single-trial analysis. *Biol Psychiatry* 35:96-103, 1994.
5. Ford JM. Schizophrenia: The broken P300 and beyond. *Psychophysiology* 36:667-682, 1999.
6. Harmony T, Bernal J, Fernandez T, Silva-Pereyra J, Fernandez-Bouzas A, Marosi E, Rodriguez M, Reyes A. Primary task demands modulate P3a amplitude. *Cognitive Brain Res* 9:53-60, 2000.
7. Hillyard SA, Squires KC, Bauer JW, Lindsay PH. Evoked potential correlates of auditory signal detection. *Science* 172:1357-1360, 1971.
8. Humphrey DG, Kramer AF. Toward a psychophysiological assessment of dynamic change in mental workload. *Hum Factors* 36:3-26, 1994.
9. Javitt DC, Donohue P, Grochowski S, Ritter W. Impaired mismatch negativity generation reflects widespread dysfunction of working memory in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry* 52:550-558, 1995.
10. Javitt DC, Steinschneider M, Schroeder CE, Arezzo JC. Role of cortical N-methyl-d-aspartate receptors in auditory sensory memory and mismatch negativity generation: implication for schizophrenia. *Proc Natl Acad Sci* 93:11962-11967, 1996.
11. MaCarley RW, Faux SF, Shenton ME, Nestor PG, Adams J. Event-related potentials in schizophrenia: their biological and clinical correlates and a new model of schizophrenic pathophysiology. *Schizophr Res* 4:209-231, 1991.
12. Näätänen R, Gaillard AWK, Mantysalo S. Early selective attention effect on evoked potential re-interpreted. *Acta Psychol* 42:313-329, 1978.
13. Novak G, Ritter W, Vaughan HG. The chronometry of attention-modulated processing and automatic mismatch detection. *Psychophysiology* 29:412-430, 1992.
14. Oken BS. Endogenous event related potentials. In K. H. Chiappa(Ed). *Evoked potentials in Clinical Medicine*. p563-592, Raven Press, NY, 1989.
15. Pfefferbaum A, Wenegrat BG, Ford JM, Roth WT, Kopell BS. Clinical application of the P3 component of event-related potentials. II dementia, depression and schizophrenia. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 59:104-124, 1984.
16. Sams M, Alho K, Näätänen R. Sequential effects in the ERP in discriminating two stimuli. *Biol Psychol* 17:41-58, 1983.
17. Scherg M, Vajsar J, Picton TW. A source analysis of the late human auditory evoked potentials. *J Cogn Neurosci* 1:336-355, 1989.
18. Semlitsch HV, Anderer P, Schuster P, Presslich O. A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts applied to the P300 ERP. *Psychophysiology* 23:695-703, 1986.
19. Squires NK, Squires K, Hillyard SA. Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable stimuli in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 38:387-410, 1975.
20. St. Clair DM, Blackwood DHR, Christie JE. P3 and other long latency auditory evoked potentials in presenile dementia Alzheimer type and alcoholic Korsakoff syndrome. *Br J Psychiatry* 147:702-706, 1985.
21. Sutton S, Braren M, Zubin J, John ER. Evoked potential correlates of stimulus uncertainty. *Science* 150:1187-1188, 1965.