

## 추체로 및 추체외로 운동유발전위의 특성

류재욱<sup>1,3</sup>, 조춘식<sup>2,3</sup>, 이배환<sup>1,3</sup>, 박용구<sup>2,3</sup>, 정상섭<sup>2,3</sup>

연세대학교 의과대학

<sup>1</sup>임상의학연구소, <sup>2</sup>신경외과학교실, <sup>3</sup>뇌연구소

운동유발전위(motor evoked potential:MEP)는 척수 및 운동신경계의 기능에 대한 임상 및 진단, 그리고 척수손상 연구 모형에서와 같은 동물을 이용한 실험적 연구에 많이 이용되고 있다. 그러나 이들 연구들간에는 자극대상, 즉 뇌용적이 작고 추체외로가 상대적으로 잘 발달한 쥐와 같은 설치류에서는 자극방법이나 자극위치에 따라서 MEP의 발생과 형태가 상이하며, 추체로운동유발전위(pyramidal motor evoked potential:PMEP)와 추체외로운동유발전위(extrapyramidal motor evoked potential:EPMEP)가 혼입되어 포착되는 것으로 생각된다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서, 본 연구는 새로운 전극을 사용해서 쥐의 대뇌피질을 자극하여 발생시킨 PMEPE와 망상핵을 자극하여 발생시킨 EPMEP의 특성을 관찰기록하여, PMEPE와 EPMEP의 특성을 비교고찰하였다. 이를 위해 본 연구에서 사용한 새로운 전극은 대뇌피질에 직경이 약 1.4mm인 원판을 접촉시켜서 이를 음전극으로 하고, 원판의 중심부에서 돌출된 0.2mm의 두께와 1.5mm 길이의 절연된 심을 양전극으로 이용할 수 있게 제작되었다. 그리고 PMEPE와 EPMEP는 제 6경수위와 제 9 흉수위에서 기록하였다. 본 연구에서 새로운 자극전극을 이용하여 대뇌피질을 자극함으로써 전류의 전파를 국소화시킨 결과 비교적 일관적인 PMEPE를 포착할 수 있었으며, PMEPE와 EPMEP의 파형이 상이함을 보여주었다.

운동유발전위(motor evoked potential:MEP)는 척수 및 운동신경계의 기능에 대한 임상적 연구 및 실험적 연구에서 많이 이용되고 있다. MEP는 뇌의 운동신경계를 자극하여 발생시키는데, 자극방법과 자극대상에 따라서 그 발생과 전도과정이 상이할 수 있다. 구체적으로, 표면부착전극(surface electrode)으로 대뇌피질 표면이나 혹은 경두개(transcranial)를 양전극자극(anodal stimulation)할 경우 추체로 운동유발전위(pyramidal motor evoked potential:PMEP)나 추체외로 운동유발전위(extrapyramidal motor evoked potential:EPMEP)가 발생할

수 있음이 이전의 연구들에 의해서 밝혀졌다 (Amassian, Stewart, Quirk, & Rosenthal, 1987; Elger, Speckman, Caspers, & Janzen, 1977; Fehlings, Tator, Linden, & Piper, 1987; Geddes, 1987; Gorman, 1966).

EPMEP는 주로 망상체핵(reticular nucleus)에서 발생되며 그외에 전정핵(vestibular nucleus)과 적핵(red nucleus)에서도 일부 발생하는 것으로 보여진다(박용구와 주정화, 1991). 구체적으로, 대뇌피질 표면 혹은 경두개(transcranial) 전기자극으로 포착한 기존 연구들의 MEP는 PMEPE와 EPMEP가 혼입된 것으로 추정되는데, 뇌용적이 작고 추체외로가 추체로보다 상대적으로 더 발달되어 있는 동물, 즉 설치류에서는 주로 EPMEP가 잘 포착되고, 반면에 고양이와 영장류에서는 주로 PMEPE가 잘 기록되는 것으로

이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단과 연세대학교의 박사 후연수과정 연수비지원 및 STEP의 한·중 과학기술자 교류 사업의 지원에 의하여 연구되었음.

생각된다(Adamson, Zappulla, Fraser, Ryder, & Malis, 1989; Fehlings, Tator, Linden, 1989a,b; Fehlings, Tator, Linden, Piper, 1988; Zappulla, Hollis, Ryder, Moore, Adamson, Moustakis, & Malis, 1988).

기존의 여러 실험들은 또한 MEP를 포착하기 위해서 단극자극(monopolar stimulation)이나 양극자극(bipolar stimulation)을 주로 사용해 왔다(Kaneko, Fukamachi, Sasaki, Miyazawa, Yagishita, & Nukui, 1988; Kim, Park, Cheon, & Levy, 1991; Konrad, Tacker, Levy, Reedy, Cook, & Geddes, 1987; Levy, McCaffrey, York, & Tanzer, 1984). 그러나 이러한 자극방법에서 전류전파를 억제하기 위해서 자극 전류를 낮추면 충분한 면적의 운동피질을 효과적으로 자극하지 못한 반면에 피질을 충분히 자극하기 위해서 자극 전류를 높이면 전류전파가 많아져 주로 EPMEP가 포착된 것으로 추정된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 전류 전파를 최소한으로 줄이면서 운동피질을 최대한 많이 자극하여 PMEP를 선택적으로 포착할 수 있는 새로운 자극전극(NE-120, Rhodes Medical Instruments)을 사용하였다. 이 전극은 양쪽 전극이 가까이 위치하여 전류의 전파를 적게 하면서, 한쪽 전극이 운동피질과 접촉되는 면적을 넓게 하여 낮은 전류에서도 많은 축세포를 자극할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이러한 새로운 전극을 사용하여 PMEP의 특성을 관찰하고, 이를 망상체 자극에 의해 유발되는 EPMEP의 파형과 비교해 봄으로써, MEP의 임상적 적용에 도움을 주고자 한다.

## 방 법

Sprague-Dawley 흰쥐(300-350g) 31마리(PMEP 15마리, EPMEP 12마리, 동시기록 4마리)를 entobar(55mg/kg, i.p.)로 전신마취한 후, atropine sulfate를 근육주사하였다. 기관절개로 기관내 삽관하고 수술현미경하에서 좌측 대퇴동맥과 정맥에 삽관하였다. Pancuronium을 정맥주사하여 근육을 충분히 이완시킨 후에 인공호흡기(Model 683, Harvard Apparatus, South Natick, MA, U.S.A.)로 호흡을 일정하게 유지시키면서 호기 CO<sub>2</sub> 농도를 측정

감시(Capnometer, model 2200, Transverse medical monitors, Saline, Michigan, U.S.A.)하였다. 혈관내 삽입된 관을 통하여 동맥 혈압 및 맥박을 측정감시하고, 필요에 따라서 수액제를 간헐적으로 정맥투여하였다. 각각의 실험동물들은 정위술대(Stereotaxic frame, Narishige, Scientific instrument laboratory, Setagayaku, Tokyo, Japan)에 고정시켰으며, 항문체온은 37° - 37.7°C로 유지하였다.

본 실험에서 사용한 새로운 전극은 대뇌피질에 1.4mm 직경의 원판을 접촉시켜 양극전극으로 하고, 원판의 중심부에서는 0.2mm두께와 1.5mm길이의 절연된 심이 돌출되어서 대뇌피질에 삽입시켜 음극 전극으로 이용할 수 있게 제작되었다. 이 자극전극은 전류의 방향이 축세포의 배열방향과 같게 대뇌피질에 삽입하고, 대뇌피질은 원판에 접촉시켜 이를 양극전극으로 하고 원판의 중심부에 돌출한 심의 첨단을 0.5mm 벗겨내어서 음극전극으로 사용하였다. 전극들은 자극절연기(A365D stimulus isolator, A365 high current stimulator isolator, World Precision Instruments, Inc., New Haven, Connecticut, U.S.A.)에 연결시켜서 자극전류의 크기를 결정하였고, 맥파발생기(Pulsemaster A300, World Precision Instruments, Inc., New Haven, Connecticut, U.S.A.)로 단일 정방형 맥파를 약 1-4Hz의 빈도로 0.1ms동안 자극하였다. 대표적 축세포외에 속하는 거대세포망상핵(gigantocellular reticular nucleus)은 단극전극(stainless steel, insect pin #00)을 사용하였다. 이 단극전극은 첨단 0.5mm를 제외하면 에폭시로 절연되었으며, 보조전극(reference electrode)으로는 침전극(stainless steel)을 측두근에 고정시켜 사용하였다. 그외의 자극 상수들은 피질자극시 사용한 자극상수들과 동일했다.

PMEP와 EPMEP의 발생을 감시하기 위해서 척수의 서로 다른 부위에, 즉 제 6경추위(제 6경수위)와 제 8흉추위(제 9흉수위)에 단극(unipolar) 전극(stainless steel, insect pin #00)을 설치하여 기록하였다. 이 기록전극은 첨단부의 0.2mm만을 제외하면 에폭시로 절연되었다. 기록전극은 척추제궁술(laminectomy)로 노출시킨 척수의 정중부에 삽입 고정시키고 활성전극(active electrode)으로 이용하였

고, 보조전극(reference electrode)으로는 침전극(stainless steel)을 척수부근의 근조직에 고정시켜 사용하였다. 이들 기록전극은 경수와 흉수의 장전위(field potential)를 기록하기 위해서 0.2-0.4 mega Ohm의 합성저항을 지녔다.

유발전위는 CED1401을 통해 IBM 586 computer로 수집되어 spike2 프로그램을 이용하여 기록하였다. 포착되는 PMEPE와 EPMEPE는 30-3,000Hz로 여파(filter)하면서 5000-50,000배 증폭하여 100-300회 평균하였다. 뇌자극의 전기용량은 0.1mA-0.5mA부터 시작하여 점차 증가시켜가면서 그 자극용량에 따른 파형의 변화를 분석하였다.

**결 과**

**1) 운동피질자극에 의해 제 6 경수위와 제 9 흉수에서 포착된 PMEPE의 특성**

대뇌피질의 운동피질(motor cortex)을 자극한 총 15마리중 제 6 경수위에서는 8마리, 제 9 흉수위에서는 7마리에서 PMEPE가 포착되었다. 본 연구에서는 상향 방향의 파를 음파(negative wave)로 정의하였고, 하향 방향의 파는 양파(positive wave)로 정의하였다. 그리고 표시된 파형의 시간적 순서에 따라서, N1, N2, 또는 P1, P2등으로 표시하고 구분하였다. MEP의 잠복기(latency)는 자극제시후 각 파형이 유발되기까지의 시간으로 정의하였다. 제 6 경수위에서 포착된 PMEPE는 전체적으로 1-2개 정도의 커다란 음파와 양파로 이루어졌으며, 운동피질의 자극에 의해서 유발되는 첫 번째 파는 일관적으로 커다란 음파였다. 그리고 이러한 음파는 1mA의 자극강도에서 평균적으로 13.62(±1.18)msec의 잠복기를 보여주었다. 제 6 경수위에서 기록된 PMEPE의 파형은 전형적으로 큰 음파와 큰 양파사이작은 음파와 양파가 포착될 때도 있었지만, 일관적으로 포착할 수는 없었다(그림 1). 제 9 흉수위에서 포착된 PMEPE는 잠복기가 경수에서 포착된 PMEPE에 비해 N1(t<sub>13</sub>=5.91, p<.01), P1(t<sub>13</sub>=5.47, p<.01), N2(t<sub>13</sub>=4.64, p<.01), P2(t<sub>12</sub>=5.84, p<.01) 모두 유의미하게 길었다. 그러나 진폭(amplitude)에서는 N1(t<sub>13</sub>=1.54, p>.05), P1(t<sub>13</sub>=1.73, p>.05), N2(t<sub>13</sub>=1.81,

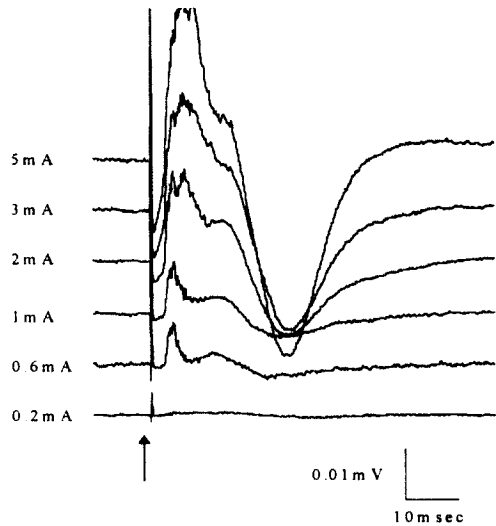


그림 1. 대측 운동피질을 자극하고 제6경수에서 포착한 전형적인 PMEPE.

p>.05), P2(t<sub>12</sub>=1.70, p>.05) 모두 경수위와 흉수위 간에 유의미한 차가 관찰되지 않았다. 제 9 흉수위에서 기록된 PMEPE의 첫 번째 파는 제 6 경수위에서와 마찬가지로 커다란 음파였으며, 1-2개의 파들이 관찰되었다(그림 2). 표 1에는 제 6 경수위와 제 9

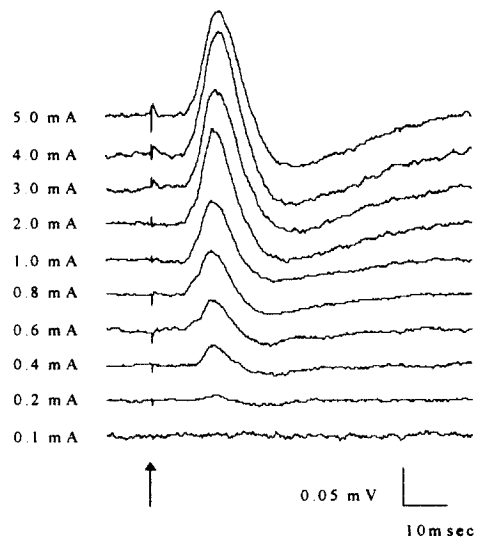


그림 2. 대측 운동피질을 자극하고 제9흉수에서 포착한 전형적인 PMEPE.

표 1. PMEP의 각 음파와 양파의 잠복기 및 진폭

피질 자극										
수준	제 6 경수						제 9 흉수			
성분	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N1	P1	N2	P2
Latency (msec)	13.623 (1.175)	14.690 (1.382)	16.553 (1.310)	20.351 (2.320)	23.470 (2.966)	32.398 (3.430)	19.166 (2.348)	21.920 (3.448)	24.309 (4.534)	36.286 (6.840)
Amplitude ( $\mu V$ )	4.173 (3.976)	3.388 (3.871)	5.149 (4.670)	5.152 (7.158)	3.089 (6.047)	7.871 (9.226)	3.062 (3.541)	2.654 (3.430)	4.427 (6.382)	4.713 (5.856)

흉수위에서 일관적으로 포착된 음파와 양파의 잠복기 및 peak-to-peak amplitude의 평균과 표준편차가 제시되어 있다.

2) 거대세포 망상핵 자극에 의해 제 6 경수위와 제 9 흉수위에서 포착된 EPMEP의 특성

거대세포 망상핵을 단극전극으로 자극한 총 12 마리중 제 6 경수위에서는 4마리, 제 9 흉수위에서는 8마리에서 EPMEP가 포착되었다. 거대세포망상핵의 자극에 의해 유발된 EPMEP는 제 6 경수위에

서는 2-3개의 큰 음파와 1개의 커다란 양파로 이루어진 파형을 보여주었고(그림 3), 제 9 흉수위에서도 2-3개의 커다란 음파와 하나의 큰 양파로 구성된 파형을 보여주었다(그림 4). 표 2에는 제 6 경수위와 제 9 흉수위에서 일관적으로 포착된 음파와 양파의 잠복기 및 peak-to-peak amplitude가 제시되어 있다. 이러한 파형은 앞서 언급한 PMEP의 파형과는 뚜렷히 구분되었다. 제 9 흉수위에서 포착된 EPMEP는 잠복기가 경수에서 포착된 EPMEP에 비해 N1( $t_{10}=0.71, p>.05$ ), P1( $t_{10}=1.63, p>.05$ ), N2( $t_{10}=1.35, p>.05$ ) 등에 있어서 길어지는 경향은 있

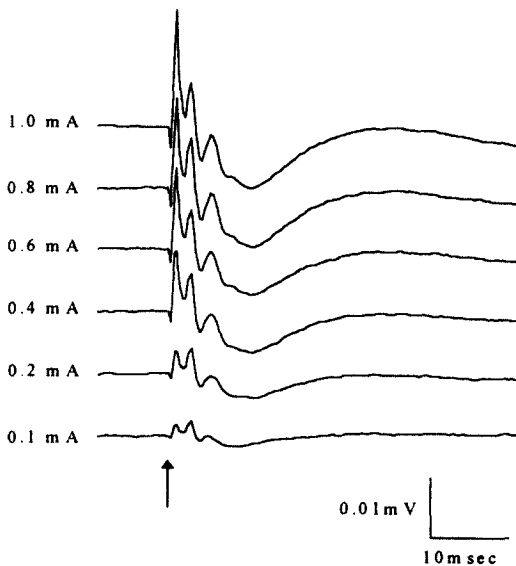


그림 3. 거대세포망상핵을 자극하고 제6경수에서 포착한 전형적인 EPMEP.

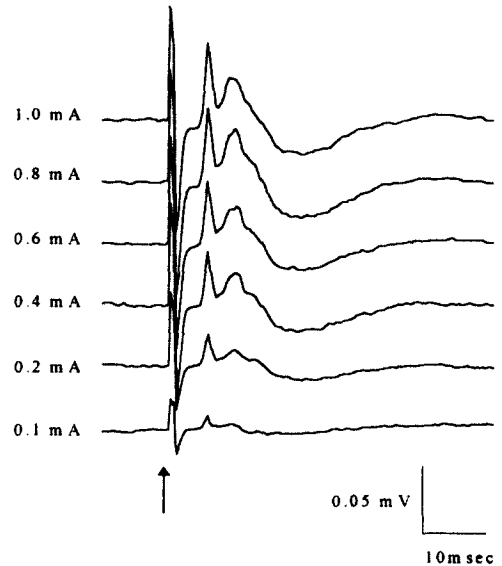


그림 4. 거대세포망상핵을 자극하고 제9경수에서 포착한 전형적인 EPMEP.

표 2. EPMEP의 각 음파와 양파의 잠복기 및 진폭

망상체 자극								
수준	제 6 경수				제 9 흉수			
성분	N1	P1	N2	P2	N1	P1	N2	P2
Latency (msec)	12.020 (1.080)	13.240 (1.457)	16.940 (1.681)	23.500 (1.904)	12.570 (1.348)	15.430 (2.458)	20.830 (5.511)	27.150 (1.143)
Amplitude ( $\mu$ V)	7.695 (4.274)	14.639 (18.927)	12.780 (15.634)	7.092 (4.061)	14.913 (11.671)	11.159 (9.818)	12.739 (12.200)	23.382 (19.680)

있었으나 통계적으로 유의미하지는 않았지만, P2는 유의미하게 증가하였다( $t_9=4.04$ ,  $p<.01$ ). 그러나 진폭(amplitude)에서는 PMEP에서와 마찬가지로 N1( $t_{10}=1.56$ ,  $p>.05$ ), P1( $t_{10}=1.01$ ,  $p>.05$ ), N2( $t_{10}=0.23$ ,  $p>.05$ ), P2( $t_9=0.61$ ,  $p>.05$ ) 모두 경수위와 흉수위 간에 유의미한 차가 관찰되지 않았다.

### 3) 동일 부위의 자극에 대한 서로 다른 척수 수준에서의 동시기록에 의한 PMEP와 EPMEP의 비교

4마리의 동물에서 뇌의 운동피질을 1mA의 자극 강도로 자극하고 경수와 흉수에서 PMEP를 동시에 기록하거나, 망상체거대세포핵을 역시 1mA의 강도로 자극하고 경수와 흉수에서 EPMEP를 기록하였는데 그 결과는 그림 5에 제시되어 있다. 그림에서 번호는 각각 해당하는 동일한 피험동물을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 PMEP와 EPMEP는 동일한 부위를 자극하더라도 서로다른 기록 부위에서는 서로 다른 파형을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

### 논 의

본 연구는 새로운 자극을 이용한 운동피질의 전기자극은 PMEP를 비교적 일관적으로 유발시킴을 보여주었고, 특히 제 6 경수위에서 PMEP가 잘 포착됨을 보여 주었다. 새로운 전극은 기존의 단극전극이나 양극전극과는 달리 전류전파가 국소적인 까닭에 비교적 높은 전류에서도 효과적으로 PMEP

를 유발시킬 수 있는 것으로 생각된다. 그리고 이러한 결과는 박용구, 정상섭, 이규창, 조준, 장진우, 김종환(1996)의 실험 결과와도 일치하는 결과이다. 거대세포망상핵을 단극전극으로 전기자극하여 포착한 EPMEP는 피질자극시 유발된 PMEP보다 1-2개 더 많은 파형을 보여주었다. 그러나 본 연구에서 이러한 결과만을 가지고 PMEP와 EPMEP의 파형이 상이하다는 결론을 내릴 수는 없다. 그 주요한 이유로 본 실험에서 운동피질은 앞서 언급한 새로운 전극을 사용함으로써 전류전파가 적은 국소적 자극이 가능했지만, 거대세포망상핵 자극의 경우 상이한 형태의 단극전극을 사용했다는 데 있다.

Amassian 등(1987)은 고양이와 원숭이의 뇌피질내에 미세전극(intracortical microstimulation)을 삽입하여 자극하고 연수의 추체로에서 유발전위를 기록하였다. 이들의 연구에서 포착된 PMEP는 여러개의 파들로 구성되었는바, Amassian등은 이를 D-파와 I-파로 설명하였다. 구체적으로 D-파는 추체세포가 직접자극되어 유발된 전위이고 I-파는 피질개재뉴론(coretex interneuron)의 자극에 의해 추체세포가 간접적으로 자극되어 나타나는데 이런 이유로 D-파가 I-파보다 먼저 나타난다고 설명하였다. 그러나 본 연구에서 피질자극으로 포착한 PMEP는 Amassian 등(1987)의 연구에서 보여준 PMEP와는 달리 하나의 커다란 음파와 몇몇 작은 음파로 구성되어 있었다. 이러한 결과는 본 실험과 동일한 새로운 전극을 사용하여 PMEP를 포착한 박용구 등(1996)의 결과와 동일한데, 이들에 의하면 초기

복합파는 D-파, 후기의 큰 음파는 여러개의 I-파가 합쳐진 파로 추정되었다.

본 연구에서 단극전극을 사용하여 거대세포망상체를 자극해 포착한 EPMEP는 기존의 박용구 등(박용구, 정상섭, 김종환, 1991a,b)이 포착한 파형과는 다른 파형을 보여주었지만, 이는 기록 부위와 자극방식의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 구체적으로 박용구 등(1991a,b)은 제 3 흉수위와 제 2 요수위에서 EPMEP를 기록한 반면에, 본 연구에서는 제 6 경수위와 제 9 흉수위에서 EPMEP를 기록

하였고, 박용구 등(1991a,b)은 teflon coated wire electrode(7 strand stainless steel wire, diameter 0.001 inch)를 기록전극으로 사용한 반면에, 본 연구에서는 stainless steel insect pin(#00)을 기록전극으로 사용하였다. 본 연구에서 포착한 EPMEP는 피질자극에 의해 유발된 PMEP보다 잠복기가 짧았으며, 제 6 경수위와 제 9 흉수위에서 기록된 PMEP는 1-2개의 커다란 음파로 구성된 반면에 EPMEP는 2-3개의 커다란 음파로 구성되어 PMEP와 EPMEP의 파형형태가 상이하게 포착되었고, 자극강도가 증가

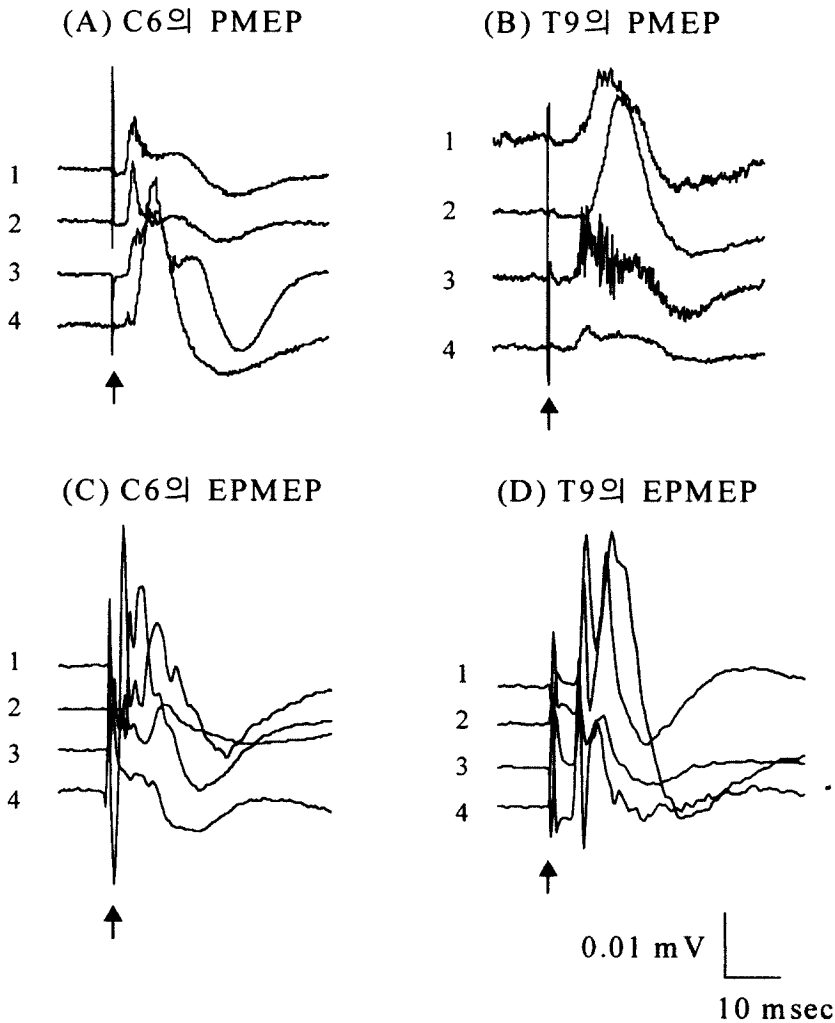


그림 5. 피질 또는 망상핵을 자극하고 경수 및 흉수에서 동시기록한 PMEP와 EPMEP.

함에 따라서 N2의 형태가 명확하게 포착되었다. 망상핵은 중추신경계의 축을 따라서 길쭉한 구조를 이루고 있어 미측의 망상핵부에서 발생된 유발전위는 짧은 잠복기의 파를 형성하고 이보다 문측의 망상핵부에서 발생된 유발전위는 더 긴 잠복기의 파를 형성하는데, 본 연구에서 망상핵 자극강도의 증가에 따라서 N2의 형태가 뚜렷해진 것은 아마도 전류전파가 문측으로 이루어져서 문측의 망상핵부 또한 자극되었기 때문인 것으로 추정된다.

결론적으로, 본 연구에서 새로운 자극전극을 이용하여 대뇌피질을 자극함으로써 전류의 전파를 국소화시킨 결과 비교적 일관적인 PMEP를 포착할 수 있었으며, PMEP와 EPMEP의 파형이 상이함을 보여주었다. 그러나, 본 연구에서는 PMEP와 EPMEP를 포착하는데 상이한 자극전극을 사용한 까닭에 동일한 자극전극을 사용한 추후의 연구가 필요하다. 예를 들어서, 망상체를 concentric bipolar electrode를 사용해 자극함으로써, 피질자극에서처럼, 전류의 전파를 최소로 국소화시켜 EPMEP의 파형 특성을 정확하게 분석할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- 박용구, 정상섭, 김종환(1991a). 흰쥐에서 운동유발전위의 특성 및 발생. *대한신경외과학회지*, 20(9), 737-751.
- 박용구, 정상섭, 김종환(1991b). 흰쥐의 척수에서 운동유발전위의 전도 경로. *대한신경외과학회지*, 20(9), 753-761.
- 박용구, 정상섭, 이규창, 조준, 장진우, 김종환(1996). 흰쥐에서 추체로 운동유발전위의 구별 및 분석방법. *대한신경외과학회지*, 25(5), 911-919.
- 박용구, 주정화(1991). 흰쥐에서 운동유발전위의 발생 및 경로. *고려의대논문집*, 28(3), 759-776.
- Adamson, J., Zappulla, R.A., Fraser, A., Ryder, J., & Malis, L.I.(1989). Effects of selective spinal cord lesions on the spinal motor evoked potential (MEP) in the rat. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 74(6), 469-480.
- Amassian, V.E., Stewart, M., Quirk, G.J., & Rosenthal, J.L.(1987). Physiological basis of motor effects of a transient stimulus to cerebral cortex. *Neurosurgery*, 20, 74-93.
- Elger, C.E., Speckman, E.J., Caspers, H., & Janzen, R.W.(1977). Corticospinal connections in the rat. I. Monosynaptic and polysynaptic responses of cervical motoneurons to epicortical stimulation. *Experimental Brain Research*, 28, 385-404.
- Fehlings, M.G., Tator, C.H., & Linden, R.D.(1989a). The relationships among the severity of spinal cord injury, motor and somatosensory evoked potentials and spinal cord blood flow. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 74, 241-259.
- Fehlings, M.G., Tator, C.H., & Linden, R.D.(1989b). Origin of motor evoked potentials in the rat. *Neurosurgery*, 24, 299-300.
- Fehlings, M.G., Tator, C.H., Linden, R.D., & Piper, I.R.(1987). Motor evoked potentials recorded from normal and spinal cord-injured rats. *Neurosurgery*, 20, 125-130.
- Fehlings, M.G., Tator, C.H., Linden, R.D., & Piper, I.R.(1988). Motor and somatosensory evoked potentials recorded from the rat. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 69, 65-78.
- Geddes, L.A.(1987). Optimal stimulus duration for extracranial cortical stimulation. *Neurosurgery*, 20, 94-99.
- Gorman, A.L.F.(1966). Differential patterns of activation of the pyramidal system elicited by surface anodal and cathodal cortical stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 29, 547-564.
- Kaneko, M., Fukamachi, A., Sasaki, H., Miyazawa, N., Yagishita, T., & Nukui, H.(1988). Intraoperative monitoring of the motor function: Experimental and clinical study. *Acta Neurochirurgica (Supplementum)*, 42, 18-21.
- Kim, J.H., Park, Y.G., Cheon, J.S., & Levy, W.J.(1991). Cerebellar evoked potentials and motor evoked potentials in the spinal cord of rats. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology (Supplement)*, 43, 135-146.
- Konrad, P.E., Tacker, W.A., Levy, W.J., Reedy, D.P., Cook, J.R., & Geddes, L.A.(1987). Motor evoked potentials in the dogs: Effects of global ischemia in spinal cord and peripheral nerve signals. *Neurosurgery*, 20, 117-124.

Levy, W.J., McCaffrey, M, York, D.H, & Tanzer, F.(1984).

Motor evoked potentials from transcranial stimulation of the motor cortex in cats. *Neurosurgery*, 15, 214-227.

Zappulla, R.A., Hollis, P., Ryder, J., Moore, F.M, Adamson, J., Moustakis, W., & Malis, L.I.(1988). Noncortical origins of the spinal motor evoked potential in rats. *Neurosurgery*, 22, 846-852.



## Characteristics of the pyramidal and extrapyramidal motor evoked potentials

Jae-Wook Ryou<sup>1,3</sup>, Chun Zhi Zhao<sup>2,3</sup>, Bae Hwan Lee<sup>1,3</sup>,  
Yong Gou Park<sup>2,3</sup>, Sang Sup Chung<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Medical Research Center, <sup>2</sup>Department of Neurosurgery, <sup>3</sup>Brain Research Institute  
Yonsei University, College of Medicine

Motor evoked potentials (MEPs) have been used widely both experimentally and clinically to study the function of the motor nervous system. However, the origins and the waveforms of MEPs in small animals like rats may be different from those of potentials evoked by intracortical microstimulation in carnivore like cats because of current spread. The patterns and characteristics of MEPs also could be affected by recording techniques and methods of stimulation. In the present study, we used a specially designed electrode to stimulate localized cortical area. The pointed tip of a special stimulating electrode was inserted into the cerebral cortex perpendicular to the cortical surface so that the round area gently contacted with the cortical surface. We investigated the characteristics of pyramidal motor evoked potentials (PMEPs) and extrapyramidal motor evoked potentials (EPMEPs) evoked by the electrical stimulation of the motor cortex and the gigantocellular reticular nucleus. Using this technique, we could constantly obtain the PMEP and EPMEP. The results of the present study showed that the PMEP and the EPMEP were different in their latencies and waveforms.