

뇌피질 전기자극하에서 여러가지 마취제에 의한 복합근육 운동 유발전위 양상

- 증례 보고 -

연세대학교 의과대학 마취과학교실

강 상 화 · 민 경 태 · 신 양 식

- Abstract -

Electromyographic Responses Evoked by Electrocutaneous Stimulations under Various Anesthetics

- A case report -

Sang Hwa Kang, M.D., Kyeong Tae Min, M.D. and Yang-Sik Shin, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Motor evoked potentials(MEP) have been recently introduced as intraoperative monitoring of descending motor pathways.

Transcranial electrical or magnetic MEP have been using clinically, but there are still some limitations of using in operating room. Furthermore, according to anesthetic regimens, MEP responses vary significantly.

The authors observed the effects of the various anesthetics (thiopental, fentanyl, ketamine, nitrous oxide and isoflurane) on electrocutaneous MEP in a patient who had been previously undertaken electrocorticographic grid insertion operation for seizure monitoring. Electromyographic responses were recorded from contralateral arm flexor and extensor using needle type electrode.

Most anesthetics except ketamine decreased the amplitude of MEPs reversibly and there were differences in electromyographic responses according to measuring compound muscles. (**Korean J Anesthesiol 1996; 30: 88~92**)

Key Words: Monitoring: motor evoked potential; electrocutaneous stimulation; electromyographic responses. Anesthetics, volatile: isoflurane. Anesthetics, gas: nitrous oxide. Anesthetics, intravenous: ketamine; thiopental; fentanyl

유발전위 반응은 수술실에서 신경계의 기능을 감시하는 방법 중 하나로, 신체로부터의 전기적 정보를 재빨리 분석함으로써 신경계 질환의 진단 및 술 중 감시에 큰 도움이 되고 있다¹⁾. 특히 운동유발전

위 반응은 체성감각유발전위 반응으로는 간과될 수 있는 운동 신경 전달과정에서의 이상여부를 감시하게 된다.

그러나, 일반적으로 유발전위 반응은 체온, 혈압, 동맥혈 가스 분압 등의 생리적 요소, 자극 및 측정 전극의 위치, 환자에게 투여되는 약물 등 여러가지 외부적 요인에 의해서 영향을 받게 되며²⁾ 특히 운

논문접수일 : 1995년 10월 13일
심사완료일 : 1995년 1월 17일

동유발전위의 수술중 적용은 마취제나³⁾ 근육이완제⁴⁾ 등의 사용에 따라 반응이 민감하게 영향을 받고 반응양상도 매우 다양하므로 수술중 감시장치로서의 역할은 그 한계성을 지니고 있는 실정이다.

본 예에서는 대뇌 두정엽 종양으로 인한 경련을 막기위해 종양제거술을 시행받기로 예정된 성인 환자에서 정확한 경련 유발부위를 감시하기 위하여 일차적으로 전신마취하에 대뇌피질에 전극삽입술 (electrocorticogram grid insertion)을 시행하고 수술후 종양 절제술 직전 기 삽입된 대뇌피질 전극을 이용하여 전기적 자극하에서 여러가지 정맥 마취제와 흡입 마취제가 반대측 상하지 근육에서의 근전도 양상을 변화시키는 것을 경험하였기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

환자는 신장 154 cm, 체중 59 kg의 19세 여자로 내원 하루전부터 시작된 국소성 경련발작과 몽롱한 의식상태, 좌측상지 근력약화를 주소로 응급실을 통해 입원하였다. 과거력상 3년전, 좌측 안면부와 좌

측 상하지의 불수의적인 운동을 경험한 적이 있으며, 2년전 유사한 경련발작으로 본원에 내원하여 컴퓨터 단층촬영 결과, 우측 두정엽 육아종성 병변, 경련성 질환으로 진단받은 바 있다. 응급실 도착 당시 활력 징후는 혈압 120/70 mmHg, 맥박수 분당 88회, 호흡수 분당 24회, 체온 섭씨 37도 였다. 의식상태는 몽롱하였으며, 좌측상지 근력약화와 감각이상 을 보였다.

입원 이틀째, 환자의 의식상태는 명료해졌으며 phenytoin, carbamazepin으로 경련을 조절하기 시작하였고, 입원 13일째 전신흡입마취하에 개두술을 시행하여 64 channel의 경련 감시 전극을 삽입하였으며, 술후 14일째 종양을 제거하기 위한 2차 수술이 계획되었다.

수술실 도착 한시간 전에 마취전 투약으로 glycopyrrolate 0.2 mg을 근주하였고, 수술실 도착 후 환자의 혈압은 105/60 mmHg, 맥박수는 분당 65회, 호흡수는 분당 20회였으며 심전도, 혈압, 맥박, 맥박형 산소포화도를 감시하였다. 이미 거지된 뇌피질 전도 전극은 극간격이 0.5 cm이었으며 주로 우측 대뇌피질의 운동영역인 중심구 전후에 위치되었으며 전기

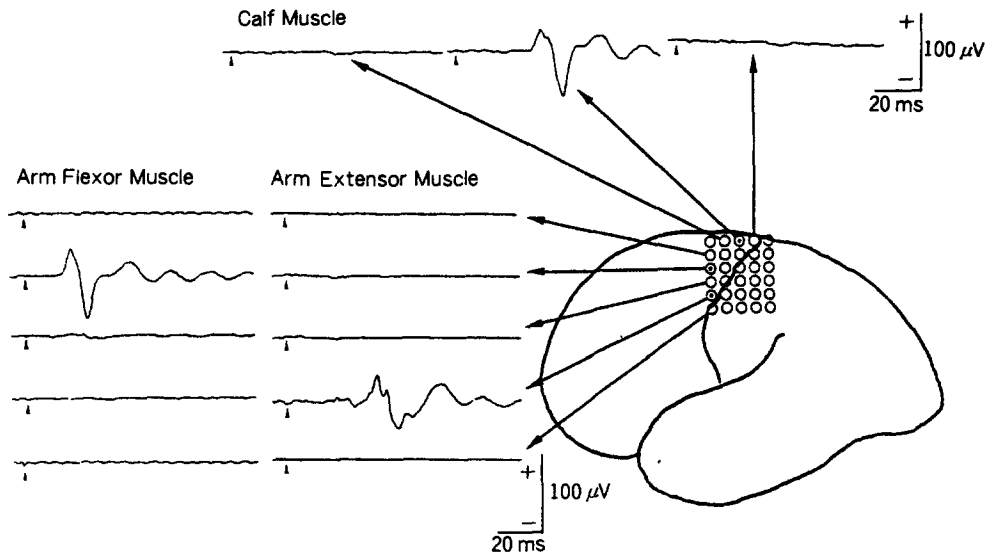


Fig. 1. Electromyographic responses evoked by electrocortical stimulations using electrocorticogram grid electrodes. Single rectangular stimulus of 15 mA current, 200 μsec was applied to various motor cortex area and corresponding EMG potential was noted at contralateral arm extensor, flexor and calf muscles. Arrows indicate electrical stimulus.

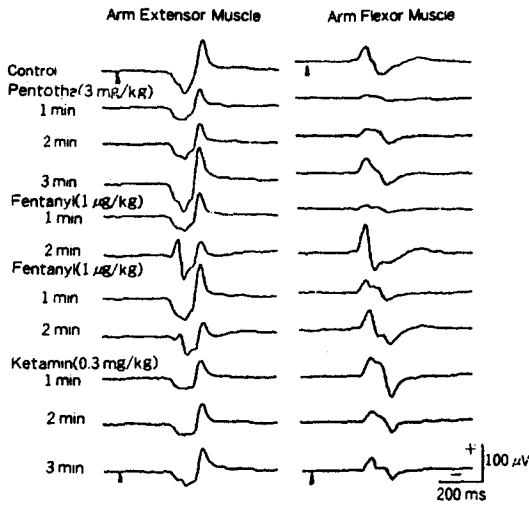


Fig. 2. The effects of various intravenous anesthetics on electromyographic responses in arm extensor and flexor muscles evoked by electrocortical stimuli of 17 mA, 100 µsec. Thiopental sodium and fentanyl suppress the amplitude of EMG more and faster than ketamine.

자극기의 하나인 Nicolet CA 1000(Memphis, TN, U.S.A.)를 이용하여 15 mA, 200 µsec의 단순 장방향 자극을 가하였으며 운동유발전위 반응은 반대측 상지 굴곡근과 신전근 및 장딴지근에서 탐침형 뇌파 전극을 이용하여 자극 전극에 반응하는 근전도 양상을 확인하였으며 근전도 반응은 5~3000 Hz의 영역에서 filtering하였다(Fig. 1). 이후 각각 100 µsec, 17 mA와 200 µsec, 17 mA의 단순 장방향 자극을 가하였으며 자극 간격은 초당 3회로 하여 각 정맥 마취제와 N₂O 및 isoflurane 투여시 상지의 굴곡근과 신전근에서의 근전도 반응에 미치는 영향을 비교하였다(Fig. 2, 3). 정맥마취제 투여 중에는 산소를 투여하지 않았으며 여러가지 약물의 주입간격은 MEP의 잠복기와 진폭이 대조치로 회복이 된 후 투여하였다.

Thiopental sodium 3 mg/kg을 정주 후, 상지 굴곡근에서 1분 후의 근전도 반응은 진폭이 급격히 감소하여 거의 평평해진 후 점차 회복하여 3분 후에는 거의 대조치의 진폭으로 회복하는데 반해 신전근에서는 진폭의 감소가 적었다. Thiopental 주입 후 상지의 굴곡근, 신전근에서의 근전도 양상이 대조치

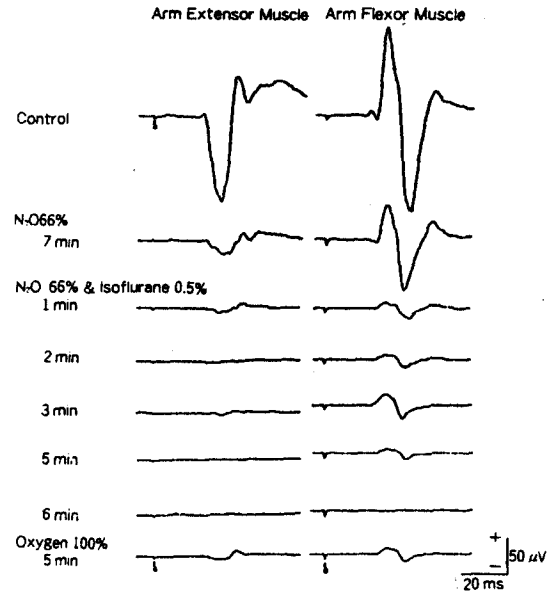


Fig. 3. The effects of nitrous oxide with or without isoflurane on electromyographic responses in arm extensor and flexor muscles evoked by electrocortical stimuli of 17 mA, 200 µsec.

로 회복이 된 것을 확인하고, fentanyl을 1 µg/kg 정주 하였다. 상지의 굴곡근은 1분 후 진폭이 급격히 감소한 반면, 신전근에서는 진폭의 감소 정도가 훨씬 적었다. 그러나 ketamine 0.3 mg/kg 정주후 굴곡근의 진폭의 감소는 3분 후까지 서서히 감소되었고, 신전근에서는 진폭의 감소가 나타나지 않았다(Fig. 2). 굴곡근과 신전근에서의 근전도 양상이 거의 대조치로 회복됨을 확인한 후 마스크를 통해 66% N₂O를 산소와 함께 흡입하였다. 7분 후 근전도 반응은 상지 신전근과 굴곡근에서 진폭이 각각 대조치의 20%, 45%로 감소하였으며, 추가로 0.5% isoflurane을 흡입시키고 1분 후 상지 신전근에서는 근전도 반응이 거의 나타나지 않았으며 6분 후에는 굴곡근에서도 근전도상 반응이 나타나지 않았다. N₂O와 isoflurane의 흡입을 중단하고 5분 후 상지 굴곡근과 신전근에서 근전도의 진폭은 각각 대조치의 7% 정도 회복을 보이기 시작하였다(Fig. 3).

여러 약제에 대한 운동유발전위의 변화 양상을 관찰한 후, 환자를 기관내 삽관하여 O₂, N₂O, isoflurane으로 흡입마취하에 삽입되어 있던 전극을 제거

하고 뇌종양의 아전적출술을 시행하였다. 술후 환자의 정신상태는 명료했으며, 경련발작도 없었다. 좌측상지에 정도의 근력약화가 있었으나, 점차 호전되어 2차 수술후 7일째 정상으로 돌아왔으며, 14일째 패유되어 퇴원하였다.

고 찰

유발전위 반응이란 신경전달 경로를 이용하여 외부에서 일정한 시간 간격으로 반복자극시 얻어지는 신경조직의 전기생리학적 반응으로 자극을 유발시키는 신경 조직과 그에 상응하는 반응에 따라 체성 감각유발전위(Somatosensory Evoked Potential: SSEP), 운동유발전위(Motor Evoked Potential: MEP), 뇌간청 유발전위(Brainstem auditory Evoked Potential: BAEP), 시유발전위(Visual Evoked Potential: VEP) 등이 이용된다. 그러나 수술중 감시 방법으로서의 역할은 신경전달 경로 부위의 수술적 조작 외에도 마취제, 동맥혈 가스 분압 변화, 체온 감소, 저산소혈증 등 유발전위반응을 변화시킬 수 있는 요인들이 존재하므로²⁾ 사용에 제한이 있고 적절한 해석이 필요하다.

운동유발전위의 자극은 두개를 통하거나 척수에 직접 전기적^{5,6)} 또는 자기적 자극⁷⁾에 의한 방법이라도 도입되었으나 전기적 자극은 두피에 동통을 유발시키므로 의식이 있는 환자들은 잘 견디기 힘들고, 경련을 유발시킬 수 있다는 단점이 있고, 자기적 자극은 자기 코일(magnetic coil)의 부착을 정확하게 하기 어렵기 때문에 자극이 정확하게 전달되지 않을 수 있고 금속장치를 신체내에 부착하고 있는 환자에서는 적용되기 어렵지만 의식있는 환자에서도 동통 유발하지 않고 적용하여 대조값을 얻을 수 있는 장점이 있다.

운동유발전위의 임상 적용은 자극의 방법이나 위치에 따라서 전기적 또는 자기적 자극을 가할 수 있고 전극 부착 위치에 따라서도 대뇌피질 자극을 위해 두피를 자극하거나 또는 직접 대뇌피질을 자극할 수 있고 또는 척수에서도 자극이 가능하다. 이런 자극 위치에 따라 두피에 자극시는 최대 750V의 자극을 하기도 하나 대뇌피질의 경우 수십~수백 μ V의 자극을 가한다. 반응 전극은 하행 운동 신경계의 말초 신경에서 직접 전기생리적 활동전위(action potential)를 측정하는 것이 가장 정확할 수 있겠으나

임상 적용에는 어려움이 있고, 쉽게 적용할 수 있는 방법으로는 본 예에서와 같이 근육에서의 복합 활동전위를 측정하는 것이다.

수술중 운동유발전위는 술중 하행 운동 경로의 감시장치로 주로 척추 수술시에 사용되고 있으나 아직 그 역할에 대해서는 다소 논란이 있으며 더구나 여러가지 근육이완제를 포함한 마취제에 대한 반응이 너무나 예민하고 유발반응을 복합근육군의 수축으로 관찰할 때는 자극 및 반응 부위의 조건에 따라 다양한 반응으로 나타날 수 있다. 그러나, 척추 수술이나 복부 대동맥류 수술 등에서 이상 소견이 나타나지 않았음에도 불구하고 간혹 수술 후 운동신경장애가 초래될 수 있고, 운동신경이 관계하는 전각(anterior horn) 부위에서는 후각(posterior horn)에서보다 척수동맥(spinal artery)의 관류압에 더 민감하게 반응하기 때문에 운동유발전위를 감시하여 흔히 수술이 시행되고 있는 추세이다.

Zentner등⁸⁾은 fentanyl, thiopental 등은 운동유발전위 반응에 크게 영향을 미치지 않으나 nitrous oxide는 신경이완 마취시와 같은 정도의 진폭 감소를 보인다고 하였다. 한편 Yang등⁹⁾은 ketamine과 fentanyl 정맥마취는 운동유발전위 감시하의 술후 운동 상태를 평가하는데 유용하였으며, ketamine에 의한 운동유발전위의 진폭과 잠복기의 변화는 심하지 않았다고 하였다. 이런 결과는 본 예에서는 이전에 투여된 약물의 잔류 효과나 여러 약물들의 상호 복합적인 작용을 완전히 배제할 수는 없었지만 다른 정맥마취제보다도 ketamine에 의한 운동유발전위의 변화는 적음을 관찰할 수 있었는데 ketamine은 중추신경계의 아편양제제 수용체¹⁰⁾와 muscarinic cholinergic 수용체¹¹⁾에 작용하며, 뇌파에 미치는 영향은 시상과 대뇌 변연계에서는 항진되나 피질에서는 항진되지 않으며¹²⁾, 감각유발전위의 피질 진폭은 항진되나¹³⁾ 청각 및 시각 유발전위는 저하시킨다¹⁴⁾고 한다. 그러나 본 예에서 ketamine은 운동유발전위가 적으나 마 저하된 것은 Ca이온과 결합하여 Ca이온의 이동을 방해하는 작용¹⁵⁾에 의한 것으로 생각할 수 있었다.

Haghighi등¹⁶⁾은 쥐의 실험에서 운동피질을 노출시켜 직접 10~50V의 자극을 가하여 운동유발전위를 관찰하였는데, isoflurane은 0.5~1.5%의 농도에 비해

하여 가역적으로 운동유발전위의 진폭(amplitude)과 기간(duration)을 감소시키고 잠복기(latency)를 연장시킨다고 하였다. Calancie등³⁾은 대뇌두개골을 통한 전기적 자극(transcranial electrical MEP)의 수술적 적용시 isoflurane 0.5% 이하의 농도에서도 진폭의 감소를 초래시키며 부분적인 근육이완제의 사용은 영향이 적으므로 적절한 마취제의 선택이 매우 중요하다고 강조하면서 nitrous oxide와 아편양 제제의 사용을 추천하였다. Nitrous oxide 66%는 경두개적 전기적⁸⁾ 뿐 아니라 자기적 자극¹⁷⁾에서 운동유발전위의 진폭을 감소시키고 잠복기간을 연장시킨다고 하였다. 본 예에서는 자극의 방법은 달랐지만 nitrous oxide 66% 흡입으로 근전도 반응은 20~45%의 진폭의 감소를 보였고, 0.5% isoflurane을 추가하는 근전도 반응이 전혀 나타나지 않았다. 이런 현상은 운동유발전위는 흡입마취제에 매우 민감하게 저하됨을 알 수 있었다.

1987년 미국 뇌과학회¹⁸⁾에서 아직 수술중 운동유발전위의 임상적용에 대한 지침을 제시하지 못한 상태이지만 본예에서는 일반적으로 임상에서 사용하는 경두개적 자극(transcranial stimulation)이 아닌 이미 삽입된 뇌피질 전도 전극을 통하여 대뇌피질을 직접 자극해 운동유발전위를 관찰하고 또, 여러 마취제의 영향 하에서 운동유발전위의 변화 양상을 관찰하였기에 이를 보고하는 바이다.

참 고 문 헌

1. 오용석. 수술중 뇌와 척수 기능의 감시. 대한마취과학회지 1991; 24: 233-8.
2. 김국기. Significance of evoked potential. 대한마취과학회지 1989; 22: 169-73.
3. Calancie B, Klose KJ, Baier S, Green BA. Isoflurane-induced attenuation of motor evoked potentials caused by electrical motor cortex stimulation during surgery. J Neurosurgery 1991; 74: 897-904.
4. Sloan TB, Erian R. Effect of vecuronium-induced neuromuscular blockade on cortical motor evoked potentials. Anesthesiology 1993; 78: 966-73.
5. Merton PA, Hill DK, Morton HB, Marsden CD. Scope of a technique for electrical stimulation of human brain, spinal cord and muscle. Lancet 1982; 2: 597-600.
6. Levy WJ, York DH, McCaffrey M, Tanzer F. Motor

- evoked potentials from transcranial stimulation of the motor cortex in humans. Neurosurgery 1984; 15: 287-302.
7. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. Lancet 1985; 1: 1106-7.
8. Zentner J, Kiss I, Ebner A. Influence of anesthetic-nitrous oxide in particular- on electromyographic response evoked by transcranial electrical stimulation of the cortex. Neurosurgery 1989; 24: 253-6.
9. Yang LH, Lin SM, Lee WY, Liu CC. Intraoperative transcranial electrical motor evoked potential monitoring during spinal surgery under intravenous ketamine or etomidate anesthesia. Acta Neurochirurgica 1994; 127: 191-8.
10. Yamamura T, Harada K, Okamura A, Kemmotsu O. Is the site of ketamine anesthesia the N-methyl-D-aspartate receptor? Anesthesiology 1990; 72: 704-10.
11. Toro-Matos A, Rendon-Platas AM, Avila-Valdez E, Villarrel-Guzman RA. Physostigmine antagonizes ketamine. Anesth Analg 1980; 59: 764-7.
12. Ferrer-Alado T, Brechner VL, Diamond A, Cozen H, Crandall P. Ketamine-induced electroconvulsive phenomena in the human limbic and thalamic regions. Anesthesiology 1973; 38: 333-44.
13. Schubert A, Cicine MG, Lineberry PJ. The effect of ketamine on human somatosensory evoked potentials and its modification by nitrous oxide. Anesthesiology 1990; 72: 33-9.
14. Stoeting RK. Pharmacology & physiology in anesthetic practice. 2nd ed. Philadelphia, JP Lippincott Co. 1991, pp137.
15. Johnston RR, Miller RD, Way WL. The interaction of ketamine with d-tubocurarine, pancuronium, and succinylcholine in man. Anesth Analg 1974; 53: 496-501.
16. Haghghi SS, Green KD, Oro JJ, Drake RK, Kracke GR. Depressive effect of isoflurane anesthesia on motor evoked potentials. Neurosurgery 1990; 26: 993-7.
17. Edmonds Jr HL, Paloheimo MPJ, Backman MH, Johnson JR, Holt RT, Shield CB. Transcranial magnetic motor evoked potentials(tcMMEP) for functional monitoring of motor pathways during scoliosis surgery. Spine 1989; 14: 683-6.
18. Tyner FS. American electroencephalographic society guidelines for intraoperative monitoring of sensory evoked potentials. J Clin Neurophysiol 1987; 4: 397-416.