

## Intra-operative Neurological Monitoring and Anesthesia

Sang-Ku Park<sup>1</sup>, Sung-Hyuk Lim<sup>1</sup>, Chan-Woo Park<sup>1</sup>, Jin-Woo Park<sup>1</sup>,  
Dong-Jun Kim<sup>1</sup>, Ji-Hyuk Kang<sup>2</sup>, Hyo-Geun Jee<sup>3</sup>, and Gi-Bong Kim<sup>1</sup>

*Department of Neurology Laboratory, Samsung Medical Center, Seoul, Korea<sup>1</sup>,*

*Department of Biomedical Laboratory Science College of Health, Kyungwoon University<sup>2</sup>,*

*Department of Clinical Laboratory Science, Dongnam Health University<sup>3</sup>.*

The purpose of intra-operative neurological monitoring (INM) is to minimize surgically induced nerve damage, sensory nerves and motor neurons without affecting the operations to proceed during surgery such as evoked potentials (EP), electromyography (EMG), electroencephalography (EEG), transcranial doppler (TCD), etc. During the course of checking a patient's condition, surveillance of ambulatory patients is a very different thing to check if the test is done under general anesthesia. INM can be possible or impossible depending on the type of drugs used and their concentrations because the monitoring is performed under anesthesia. Therefore, it is emphasized on the necessity of reviewing anesthesia which influences on INM.

**Key Words:** Intra-operative Neurological Monitoring, Evoked Potentials, anesthesia

### 서론

#### 1. 마취란

사전적 의미는 약물을 사용하여 생물체의 전신 또는 국소(局所)의 감각을 일시적으로 마비 시켜 수술할 때 통증을 인위적으로 없애는 것으로, 본래는 '감각을 없게 한다'는 뜻이었으나, 오늘날은 '수술에 관한 환자 관리'라는 의미를 지니고 있다. 희랍어의 an(negative)과 aisthesis(sensation)에 근거를 두어 영어로 Anesthesia라 한다.

마취의 구성 요소는 의식(consciousness)의 차단, 감각

(sensory)의 차단, 운동(motor)의 차단, 반사(reflex)의 차단 등이다. 다시 말해서 최면과 진통으로 요약할 수 있고, 깊은 최면상태 만으로는 심한 자극에 대한 반응을 막을 수 없고, 다량의 진통제 단독으로 무의식을 보장할 수 없다. 그러므로 마취는 동시에 두 가지를 모두 만족시켜야만 한다(백, 2007). 환자의 생명에 영향을 주지 않고 통증 없이 수술을 할 수 있는 상태를 유지하도록 하는 것이 마취이며, 마취약을 주사하는 것만이 아니고, 수술 전부터 시작하여 수술 후 회복실에서 환자가 마취로부터 완전하게 깨어날 때까지의 상태를 안전하게 유지하기 위한 모든 조치가 포함된다.

#### 2. 마취 역사

아주 오랜 옛날 고대 아시리아인들은 포경수술(circumcision)을 위하여 질식(strangulation)을 시키기도 하였고, 나무방망이로 뇌진탕을 시켜 마취를 하기도 하였다. 수술하는 동안 통증을 없애거나 경감시켜주기 위해 주로 주문과 마술적 동작으로 최면에 빠져들게 한다든지, 만드라고라(mandradora)같은 식물의 추출물을 시술부위에 바르기도 하고,

Corresponding author: Sang-Ku Park, M.T. Department of Neurology Laboratory, Samsung Medical Center, 50 Ilwon-dong Gangnam-ku, Seoul 135-710, Korea  
Tel: +82-02-3410-2737 Fax: +82-02-3410-2759  
E-mail: sk39.park@samsung.com

Received : 7 November 2012

Return for modification : 5 December 2012

Accepted : 12 December 2012

의식을 잃어버릴 정도로 술을 마시게도 하였다. 이러한 원시적인 시대에서 혈액이 폐쇄된 통로를 통하여 끊임없이 순환한다는 William Harvey의 이론과 증명은 생리학과 의학 분야에서 17세기의 가장 빛나는 업적이며, 1846년 William Thomas Green Morton이 대중 앞에서 ether 마취시범을 성공적으로 한 시점이 마취 역사에 크나큰 전환점이라 생각한다. 1932년 Helmut Weese(1897~1954)는 정제인 헥소바르비탈(hexobarbital)을 정주하여 마취를 신속하게 유도하는 데에 성공하였다. 이 약물은 약효가 신속하고 작용시간이 짧아 바라던 첫 번째 정맥마취제로 인정하였으나 흥분작용이 강한 결점이 발견되어 오늘날에는 거의 사용하지 않고 있다. 티오펜도바르비탈(thiopental sodium)은 흥분작용이 없고, 약효가 빠르며 작용시간이 짧아 마취에 이용하기에 이상적인 수면제라고 할 수 있으며 1934년 John Lundy와 Waters 의해 처음 마취에 사용된 후 오늘날까지 사용하고 있다(박, 2009; 백, 2007).

### 3. 마취와 신경계 추적감시

신경계 추적감시(Intraoperative Neurological Monitoring, INM)란 수술로 인한 신경손상을 최소화하고, 감각신경과 운동신경에 영향을 주지 않으면서 수술이 진행되도록 수술하는 동안 유발전위, 근전도, 뇌파, 뇌혈류 등의 검사를 진행하면서 환자의 상태를 감시하는 것이다. 즉, 국소적 또는 전반적 뇌의 혈류공급 및 산소화를 반영하는 신경계의 대사 상태 평가를 하거나 특정 해부학적 요소의 전반적 또는 집중적 기능을 반영하는 신경계의 기능상태에 대한 평가를 하는 것이다. 외래에서 환자를 검사하는 경우와 매우 다른 점은 전신마취 하에 이루어지는 검사이므로 수술 중 마취과에서 사용하는 약물의 종류와 그 농도에 따라 검사가 가능하기도 하고, 불가능 하기도 하므로 검사에 영향을 크게 미치는 마취에 대해 고찰해 볼 필요성이 증가되고 있다.

1994년부터 2012년 10월까지 6900건 이상의 신경계 추적감시 검사를 진행하면서 많은 문제점과 힘든 점들이 있었지만, 수술장 검사에서 가장 큰 영향을 주는 것은 역시 마취문제였다. 2007년부터 운동신경 유발전위 검사(Motor evoked potentials, MEP)를 수술장에서 시작하면서 흡입마취로 진행되어서는 운동신경 유발전위 검사가 원활하게 진행되지

않는다는 점을 명확하게 알게 되었고, 반드시 정맥마취로 진행이 되어야만 MEP 파형 측정이 안정적으로 잘 된다는 것을 알게 되었다. 이러한 이유는 흡입마취의 경우 주 마취제가 마취가스로서 호흡을 통하여 체내로 전달이 되기 때문에 대뇌겉질(cerebral cortex)에 영향을 많이 주게 되므로 대뇌 운동중추의 흥분을 억제하여 운동신경 유발전위 검사가 원활하게 측정이 안되기 때문이다. 반면에 정맥마취는 주 마취제인 Propofol이라는 약물이 흡입마취제 보다 대뇌 피질에 훨씬 적은 영향을 주기 때문에 운동중추의 흥분이 원활하게 되어서 운동신경 유발전위 검사가 원활하게 측정될 수 있다. 본 논문에서는 여러 종류의 수술 마다 각기 다르게 진행되는 마취제의 종류를 소개하고, 신경계 추적감시에 영향을 주는 마취제의 종류와 그에 따른 적절한 농도를 제시하여 원활한 신경계 추적감시에 도움을 주고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 검사장비와 마취장비

수술장에서 사용하는 신경계 추적감시(INM) 검사장비는 Xltek Protektor32 (Natus Medical Incorporated DBA Excel-Tech Ltd, XLTEK, Canada)를 사용하였고, 마취과에서 사용하는 마취 장비로 흡입마취장비는 전신마취기(anaesthesia machine), 환기기(ventilator), 제거체계(scavenging system)로 구성되어 있는 GE/Datex-Ohmeda Aestiva/5 (Hoja de Ventas en Español)장치를 사용하였다. 전신마취기는 고압의 마취가스를 적정 농도로 전환시키는 장치이고, 환기기는 이러한 마취 가스를 환자에게 안전하게 투여하는 기구이며, 제거체계는 마취기에서 배출된 마취가스가 수술실의 공기를 오염시킬 수 있으므로 배출된 마취가스를 관을 통하여 외부로 제거하도록 하는 장치이다(민, 2005).

정맥마취장비는 지속정주 조절주입기(syringe pump)로 Injectomat<sup>®</sup> Agilia Syringe Pump (Fresenius Vial S.A., Le Grande Chemin, Brezins, France)장비와 목표농도 조절 주입기(Target Controlled Infusor, TCI)장비인 Orchestea (Orchestea<sup>™</sup>, Fresenius Vial, France)를 사용 하였다(Fig. 1, 2).



Fig. 1. syringe pump (Injectomat<sup>®</sup> Agilia Syringe Pump).

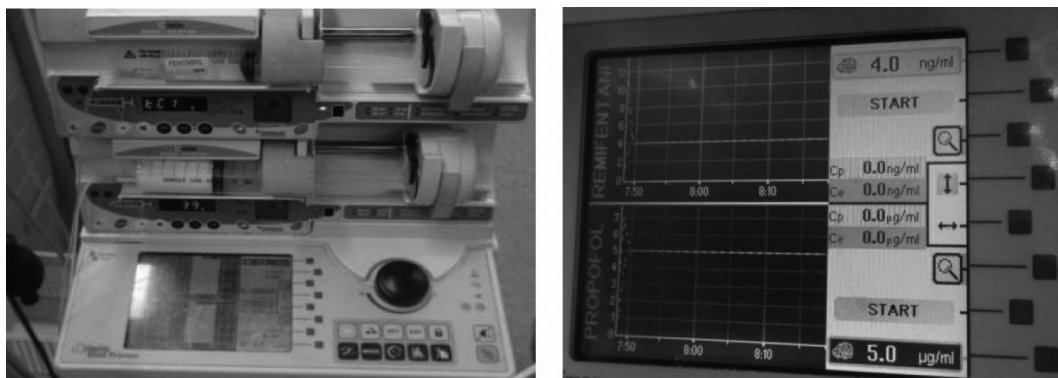


Fig. 2. Target centered infusion pump (Orchestea<sup>™</sup>).

## 2. 마취의 종류

마취는 크게 전신마취(general anesthesia)와 부위마취(regional anesthesia)로 분류된다. 전신마취는 다시 약제의 투여경로에 따라 흡입마취(Inhalation anesthesia)와 정맥마취(Intra venous anesthesia)로 나누어 지는데 산소와 마취가스를 혼합하여 호흡기를 통해서 폐로 투여하는 경우를 흡입마취라 하고 정맥 내로 약물을 주사하여 의식을 소실시키는 경우를 정맥마취라고 한다. 흡입마취제는 통증조절 역할도 하지만 정맥마취제는 통증조절을 못하므로 마취제와 동시에 진통제(아편 유사제)와 근이완제(Neuromuscular blocking agents)를 같이 사용하여 혹시라도 수술 중 환자가 의식이 깨어나더라도 움직여서 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있도록 하고 있다.

부위마취는 척추마취와 경막외마취로 크게 구별되며 거미막하강 또는 경막외강내로 국소 마취제를 투여하여 척수에서는 나오는 신경을 차단함으로써 그 신경이 지배하는 부

위를 마취 시키는 것이다. 일반적으로 말하는 국소마취(local anesthesia)는 국소마취제를 피부 밑에 주사하여 그 부위의 신경을 일시적으로 차단하는 마취방법으로서 주로 외과 의사에 의해서 시행되고 있다.

## 3. 마취의 약제

임상에서 주로 사용되는 정맥마취제인 Propofol (Diprivan, Pofol)은 지질용해도가 높고 배설 반감기가 짧으며 작용발현 및 각성이 빠르고, 오심과 구토가 다른 마취 유도제보다 적어 마취 효과가 우수하여 전신마취의 유도나 마취유지 및 국소마취 환자나 중환자의 진정을 목적으로 많이 사용되고 있다(조 등, 2006).

흡입마취제는 enflurane, isoflurane, sevoflurane, desflurane 등이 있으며, 각각의 특수한 기화기에 넣어 사용하도록 제작되어 있다. 보조적인 흡입마취제로서 아산화질소(nitrous oxide, N<sub>2</sub>O)가 있는데 환자의 호흡기를 통해 주 마

취제와 함께 투여하며 마취기의 유량계를 이용하여 조절 한다. 아산화질소는 마취를 보다 안정적으로 하는 역할을 한다.

근 이완제는 신경근접합부위(neuromuscular junction)를 지속적으로 탈분극 시키는 탈분극성 근 이완제와 신경근접합부위의 전달을 억제하여 작용하는 비 탈분극성 근 이완제가 있다. 탈 분극성 근 이완제로는 succinylcholine이 있으며, 비 탈분극성 근 이완제로는 Rocuronium, Vecuronium 등이 있다. 이와 같은 약물은 근 이완작용시간이 짧으면서, 지속시간이 길지 않는 특징 때문에 주로 사용되고 있다. 환자의 근육을 강직 되지 않고 유연하게 하므로 기관 내 삽관을 용이하게 하고 수술하려는 부위를 원활하게 열 수 있어서 수술 시야를 좋게 한다.

마약성 진통제로 사용하는 Remifentanil은 Propofol 단독으로 사용할 때 기관 내 삽관과 같은 자극에 대하여 심혈관계 반응을 억제하지 못하므로 아편 유사제인 Remifentanil을 함께 사용하여 심혈관계 변화를 최소화하고 부작용을 줄이는 역할을 한다(한 등, 2008; 심 등, 2008).

#### 4. 전신 마취

전신마취의 통상적인 방법을 살펴보면 환자는 병실에서 마취 전 처치를 하고, 수술실로 도착 하여 수술대로 이동한다. 마취과에서 환자감시장치(EKG, 혈압, SPO<sub>2</sub> 등)를 부착하고 마취 유도를 한다. 수면제 정맥주사로 의식을 소실시키고 산소 및 흡입마취 또는 정맥마취제와 근 이완제를 투여하며 완전히 의식이 소실된 것을 확인하면 기관 내 삽관을 하여 수술 중 자발 호흡이 불가능한 상태를 흡입마취 장비를 통해 원활하게 숨을 쉴 수 있도록 한다. 마취유도가 잘 되면 주 마취제를 투여하고 환자의 기본적인 항상성 유지를 위한 마취유지 및 감시가 이루어진다. 수술이 종료되면 마취제 투여를 중지하여 환자의 자발 호흡회복, 의식회복, 반사능력 회복이 원활하게 되도록 하여 환자가 수술로 인한 손상이 빠르게 회복 되도록 한다.

전신마취 하에서 진행되는 신경계 추적 감시(Intra-operative Neurological Monitoring, INM)는 주 마취제의 농도와 보조적인 약물에 따라 매우 민감한 반응을 보이므로 마취과의 협조가 매우 중요하다. 마취는 항상 마취유도를 위한 단

계와 마취유지를 위한 단계로 구분되며, 이때 사용되는 약물 및 농도는 조금 다르나 INM에 미치는 영향은 매우 다르므로 자세히 살펴볼 필요가 있다.

신경계 추적감시(INM)는 정맥마취로 진행을 해야만 검사가 되는 경우가 있고, 그렇지 않고 흡입 마취로 진행을 해도 상관없는 검사가 있다. 마취과의 입장에서는 흡입마취로 수술을 진행하면 정맥마취로 진행할 때보다 마취의 심도를 측정하기 용이하고, 수술 전 준비사항도 훨씬 수월하여, 수술 중에도 환자에게 손이 덜 간다. 그러므로 마취과에서는 흡입마취로 진행되어도 될 수술이 신경계 추적감시 때문에 정맥마취로 마취가 진행되는 것이 불편한 일일 수 있다.

전신마취에서 흡입마취로 진행을 하여도 INM을 할 수 있는 수술은 미세혈관 감압술 (Micro-Vascular Decompression, MVD), 소뇌교각교 종양제거 수술(Cerebello-Pontine Angle Tumor Remove, CPA) 등과 같이 Spontaneous EMG (수동적으로 수술 중에 발생하는 자극에 의해 발생한 근육의 반응을 기록하는 방법으로 해당 신경이 수술 중에 손상당하거나 자극 당하면 EMG가 반응하는 원리)를 보는 검사와 Trigger EMG(전기자극을 통하여 발생하는 EMG로 해당 신경을 찾는 원리)를 보는 검사가 위주인 수술이며, 근 이완제의 사용이 매우 자제되어야 근전도(Electromyography, EMG) 파형이 잘 관찰된다. 또한 뇌간청각유발검사(Brainstem Auditory Evoked Potentials, BAEPs)는 마취의 영향을 거의 받지 않아서 흡입마취, 정맥마취 상관없이 잘 관찰된다. EMG를 관찰할 경우 흡입마취 주 마취제의 종류나 농도는 신경계 추적감시 검사에 크게 영향을 미치지 않는다(한, 2008).

전신마취에서 정맥마취로 진행을 해야만 INM을 할 수 있는 수술은 척수종양(Spinal Cord-Tumor), 척추측만증(Scoliosis)과 같은 척추 수술과 운동영역에 위치하고 있는 뇌종양(Fronto-temporal Tumor)과 뇌동맥류(Cerebral aneurysm), 대동맥류(Aorta aneurysm)등 혈관 수술에서 운동중추의 기능을 평가하는 MEP (Motor Evoked Potentials, 운동유발전위: 대뇌 의 전반적인 흥분을 유도하여 흥분한 상태가 운동 신경로를 거쳐서 말초 근육의 움직임 관찰하여 운동 신경의 이상유무를 관찰하는 원리)를 이용하므로 근 이완제의 사용이 매우 자제되어야 하고, 반드시 정맥마취



로 진행하여야만 파형이 잘 측정된다. 그리고 시신경기능을 평가하는 시각 유발전위(Visual Evoked Potentials, VEPs)도 정맥마취에서 파형 형성이 잘 측정된다. 또한 MEP를 관찰할 경우 정맥마취 주 마취제의 농도 영향을 신경계 추적감시 검사는 많이 받으므로 마취의 농도가 너무 깊게 유지되지 않도록 주의해야 한다.

### 5. 환자 감시

수술 중 마취과에서는 지속적으로 환자의 상태를 다양하게 측정을 한다. 우선 심전도를 측정하는데, 주로 3개의 limb lead를 사용 하며 이때 볼 수 있는 3개의 lead 중 부정맥을 가장 잘 확인할 수 있는 lead II를 주로 관찰한다. 환자가 외부적인 수술에 의한 영향을 인식하면 통증을 느끼므로 혈압이 상승하거나 다른 원인에 의해 혈압의 변화가 발생하는지 여부를 관찰하는 것도 매우 중요하다. 손가락이나 컷볼에 부착하여 마취 중 산소 포화도가 95% 이상 유지가 되는지의 여부를 보는 맥박 산소포화도 계측을 하며, 전신마취 하에는 본인의 의사와는 상관없이 방광에는 소변이 계속 모이게 되므로 방광의 과잉 팽창을 막고, 수혈요법 시 적정성의 기준을 얻기 위해 요 배설량 측정을 하며, 비인두, 식도, 직장 등에 체온계를 꽂아서 체온의 변화도 감시한다. 이러한 환자의 상태가 안정적으로 유지되기 위해서는 마취가 안정적으로 유지되는 것이 우선이다. 마취가 안정적으로 유지되려면 마취의 심도를 정확히 측정하여야 하고, 이렇게 측정 된 마취의 심도를 그대로 유지할 수 있어야 안정된 마취라 할 수 있다(대한마취과학회, 2010). 그리고 수술 중 마취가 잘 유지되는지를 판단하는 것 또한 매우 중요하다. 수술 중 환자가 각성 상태가 되지 않아야만 하고 마취제를 환자 개개인에게 알맞게 투여하여 적절한 마취상태를 유지함으로써 마취제의 낭비를 막고 수술 후 신속히 각성을 시키기 위해서는 마취의 심도를 측정하는 것이 필요하다. 마취 심도는 각성이 일어나기 전의 얇은 마취상태를 수치 등으로 표시할 수 있고, 마취제 변화를 잘 반영해야 하며, 여러 종류의 다른 자극(특히 수술자극)에도 예민해야 하고, 실시간 결과를 반영할 수 있어야 한다. 수술 장에서의 일반적인 마취 기준보다 INM을 하는 수술은 신경계 감시가 원활하게 되기 위해서 마취기준이 다른 수술 보다 조금 더 얇고, 수술

이 진행되는 동안 얇은 상태를 지속적으로 유지하여야 하기 때문에 마취상태의 측정이 더욱 중요하다. 마취심도를 측정하기 위한 지표는 다음과 같다.

#### 1) Bispectral Index (BIS)

Bispectral Index(BIS)는 뇌파(electroencephalogram, EEG)를 분석하여 환자의 의식 정도를 직접 측정하는 뇌기능감시기로서, 마취제에 의한 최면효과를 객관적인 수치로 실시간으로 제공한다. Bispectral analysis에 환자의 임상자료를 입력하고 진정수준의 정도를 점수화하여 진정상태를 평가하는 것이다. 이 BIS monitor(BIS; Aspect Medical Systems, Inc, Newton, Mass, USA)는 마취과 영역에서 마취의 최면상태를 평가하는 지표로 널리 이용되고 있는데, 뇌에서 마취제와 진정제의 최면효과를 측정하는 뇌파 지표로서 통계학적으로 의식 및 무의식에 관련이 있다고 여겨지는 뇌파의 빈도(frequency), 진폭(amplitude) 및 간섭성(coherence)의 측정을 통해 뇌파의 신호를 0에서 100까지의 수치로 변환해서 보여준다. 의식수준을 예측하기 위한 BIS index의 해석으로 100은 완전 각성상태, 80~60은 가벼운 진정상태, 60~40은 일반적인 전신마취상태, 40이하의 깊은 마취 상태, 그리고 0은 뇌의 활성도가 전혀 없는 상태를 반영한다. BIS index 40이하로 유지를 하면 주 마취의 심도가 매우 깊은 상태로 MEP, SEP 파형이 작게 관찰될 수 있으므로, 신경계 추적감시검사를 하는 경우에는 50~60정도로 유지하는 것을 추천한다(Fig. 3, 4). (백, 2007; 조 등, 2006).



Fig. 3. Bispectral Index (BIS) monitor.

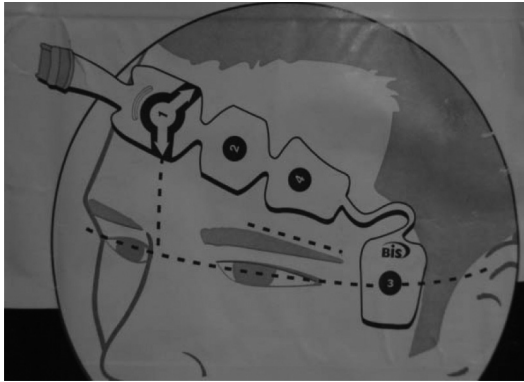


Fig. 4. Bispectral Index (BIS) electrode.



Fig. 5. Ulnar nerve stimulation.

2) 사연속 자극(Train of Four stimulations, TOF)

사연속 자극은 2Hz 로 4회 자극을 주어서 4번째 연속을 첫 번째 연속에 비교함으로써 단순 연속에서처럼 꼭 대조 연속 없이도  $T_4/T_1$  비율로 근 이완의 상태를 평가할 수 있다. 말초신경의 자극방법으로서 팔목에서 자신경(ulnar nerve)에 자극을 주어서 새끼벌림근(abductor digiti minimi)과 손가락 굴절근의 수축을 관찰하거나, 안면신경(facial nerve) 또는 뒤정강신경(posterior tibial nerve)에 자극을 주어서 근 수축 정도를 측정하여 신경근 기능을 감시할 수 있다(Fig. 5, 6, 7). 측정기구는 자동으로 측정되는 neuromuscular transmission module(M-NMT Module, Datex-Ohmeda Inc, Helsinki, Finland)과 수동으로 측정해야 하는 Transcutaneous nerve stimulation(EZStim™ II, Life-Tech, Inc, USA)을 사용하였다(Fig. 8, 9). 이것은 “fade” 현상의 일종으로 같은 세기의 자극을 연속하여 주면 첫 번째 자극에 비하여 다음 자극에 반응하는 능력이 처음보다는 감소하게 되는 현상을 이용 하는 것이다. 즉, 마취의 심도가 깊어서 환자의 근 이완 정도가 심하면 4회의 연속 자극을 주어도 아무런 반응을 감지할 수 없고, 근 이완 정도가 약하면 4회의 연속 자극에 모두 반응 하는 것을 관찰할 수 있다. 신경계 추적 감시에서는 수술의 종류에 따라 유지해야 하는 마취의 심도가 조금씩 다르다. 그리고 자동으로 측정되는 4연속 자극기로 환자의 상태를 측정 하는 것은 마취과 입장에서는 편리 하고 매우 규칙적으로 검사가 가능하다.  $T_4/T_1$  비율은 수치로 표현되므로 마취의 상태를 큰 변화 없이 유지하는 것으로 사용하는 데는 좋으나, 정확하게 환자의 마취 심도를 측정하는

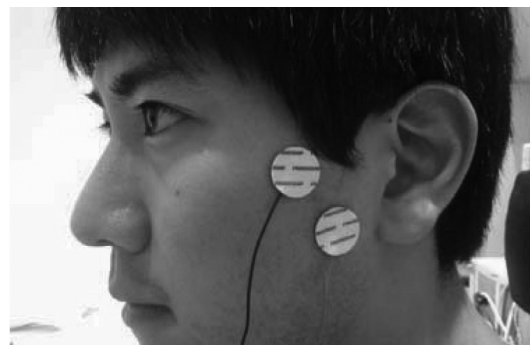


Fig. 6. Facial nerve stimulation.

데는 정확도가 떨어진다. 즉, 환자마다 마취의 심도에 따라 반응 하는 정도의 크기가 다른데 수치상으로 만 평가를 하는 것에 문제가 있다는 것이다. 그러므로 신경계 추적 감시 검사를 하는 경우에는 불편하더라도 마취과에서는 수작업으로 4연속 자극검사를 진행하여 근 이완의 상태를 정확하게 측정 해야 할 필요가 있다. 신경계 추적감시 장비에서 4연속 자극검사를 직접 진행하여 마취과에서는 측정이 불가능한 자극마다의 진폭을 측정 하여 계산하는 것이 가장 정확한 방법이다. 좀더 자세히 살펴보면 4연속 자극의 반응이 약한 반응과 강한 반응 두 가지로 측정 된다. 10명 이상의 환자를 대상으로 마취과 간호사와 전공의를 대상으로 수동으로 TOF를 측정 한 결과와 신경계 추적 감시장비에서의 진폭 측정 결과를 비교평가 하여 보았고, 500 $\mu$ V 이상의 진폭이 측정되어야 약한 반응, 1mV 이상의 진폭이 측정되어야 강한 반응 이라는 결론을 얻었다. 신경계 추적 감시에서는 약한 반응이 아니라 강한 반응으로 측정이 되는 것이 중요하다. 이유는 약한 반응으로 4연속 자극 모두에 반응이



Fig. 7. Posterior tibial nerve stimulation.

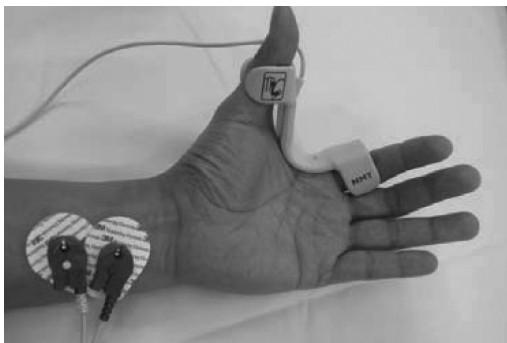


Fig. 8. Transcutaneous nerve stimulation (EZStim™II).



Fig. 9. Neuromuscular transmission module (M-NMT Module®).



Fig. 10. TOF count = 4, but T1/Tc about 75%.

있는 마취의 상태(TOF 4/4)보다 4연속 자극에 한 번 또는 두 번의 강한 반응이 있을 때(TOF 2/4)에 신경계 추적감시 검사가 매우 원활하게 측정이 되기 때문이다. 신경계 추적감시 검사를 할 경우 4연속 자극  $T_4/T_1$  비율로는 40~60% 정도를 유지하는 것을 추천한다. 만약에 4연속 자극검사에서 TOF 0/4(4번 자극에 아무런 반응 없는 상태) 또는  $T_4/T_1$  비율이 0%인 경우에는 수술 중 신경에 영향을 주는 행위를 하더라도 신경계 추적감시 검사로서 감지를 못하게 되는 경우가 있으므로 주의 해야 한다(Fig. 10).

## 6. 마취와 INM

환자에게 정맥 내 약물을 주입하는 주입기(infusion pump)는 1세대가 약물의 방울 수를 계산하여 주입하는 dropper, 2세대는 주사기를 장착시키고 시간 당, 체중당 주입용량을 계산하여 주입하는 syringe pump 이며, 3세대인 현재는 syringe pump에 프로그램이 내장된 컴퓨터 칩을 부착하여 환자의 가상 혈중농도를 계산하고 이를 조절하여 약

물을 주입하는 이른바 목표농도 조절 주입기 (Target Controlled Infusor, TCI)를 사용 한다. TCI의 기본원리는 환자의 성별, 나이, 신장, 체중을 입력하고 목표 혈중농도를 설정하면 약물주입속도가 약동적 표준(Pharmacokinetic model)에 의해 혈중 농도를 예측하여 자동으로 약물 주입속도를 조절하는 것이다. TCI System은 정맥마취에서 문제시되었던 정확한 목표농도 조절을 위한 획기적인 시스템이며, 현재 'Diprifusor'와 'Orchestra'라는 장비가 있다(Fig. 1, 2). (조 등, 2006; Ho YK, 1998).

## 결 과

수술장에서 집도의에 의해 경막이 열리고 뇌종양 수술이 진행되기 시작하는 시점에도 환자를 마취 시켰을 때의 마취 심도에서 조금도 약해지지 않고 그대로 유지가 되는 경우가 가끔 있다. 환자를 마취시킬 때 다량의 약물이 투여되지



Fig. 11. Inhalation agents (Desflurane, Sevoflurane, Isoflurane).



Fig. 12. Inhalation agents measure.

만 시간이 경과하면서 서서히 마취의 심도는 약해진다. 하지만 매우 많은 양의 약물이 투여된다면 마취의 심도가 깊어지고 시간도 길어진다. 신경계 추적감시를 하기 위해서는 본격적인 수술이 진행되기 전에 마취의 심도가 약해져야 기준파형을 측정할 수 있다. 그러므로 마취과에서는 환자가 마취되고 본 수술이 진행되기까지의 시간을 감안하여 마취 시에 투여될 약제의 양을 조절하여야 한다. 하지만 마취과에서 각 수술마다 마취약제의 영향을 세밀하게 예상하고 감안하여 약물의 양을 조절한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러므로 신경계 추적 감시를 원활히 시행하기 위해 마취과에서 사용하는 다양한 마취약물들에 따른 작용시간의 차이와 흡입마취, 정맥마취, 아편 유사제, 근 이완제에 대하여 자세히 알아보고, 수술 중 신경계 추적감시 검사를

할 때 가장 적합한 마취제의 약물에 따른 농도를 다음과 같이 제시하고자 한다.

### 1. 흡입마취

흡입마취로 진행되는 경우 마취유도의 순서는 한 순간에 의식을 소실 시키는 Pentothal 이라는 약물을 혈관 내로 주입하고, Rocuronium 이라는 근 이완제를 투여한다. 그러면 환자는 의식과 근 긴장도가 없어져서 스스로 숨조차 쉴 수 없는 상태가 된다. 이러한 상태에서 빠르게 Intubation(기도 삽관)을 하여서 환자가 숨을 쉴 수 있도록 한다. 이때 들어간 약물은 일회정주(bolus injection)로 매우 많은 양이 투여되었기 때문에 약물이 체내에서 분해가 되려면 장시간의 시간이 소요되어야 한다. 소요시간이 길면 길수록 신경계 추



적 감시 검사하기에는 불리하다. 마취유도가 끝나고 수술이 시작되면 마취과에서는 기도에서 측정되는 압력을 잘 관찰 하면서 MAC (minimum alveolar concentration, 최소폐포농도) 측정치가 0.8~1.0으로 유지 되도록 해당하는 흡입 주 마취제의 투여량을 조절한다. 통상 주 마취제로 사용되는 흡입 마취제로 Desflurane은 6~8, Sevoflurane은 2, Isoflurane은 1.2 정도의 마취제 통에 있는 눈금을 유지하면 MAC이 1.0 정도 유지가 된다. MAC 수치가 높아지면 흡입 마취제의 농도가 높다는 것이고, 마취의 심도가 깊다는 것이고, 마취심도가 높으면 신경계 추적감시 검사가 원활하지 못하게 되므로 1.0 이하로 유지해야 만 한다(Fig. 11, 12).

마취유지 시에 투여 되었던 Rocuronium이라는 근 이완제의 효능이 서서히 약해지면 흡입마취제와 동시에 근 이완제가 투여 되는데, 통상 Vecuronium이라는 약물을 사용하여 수술 중 근 이완을 조절한다. 신경근 차단 유지는 TOF(train of four, 사연속 자극)를 측정하는데 환자의 말초 신경을 전기 자극하여 그에 해당하는 근육의 움직임으로 근 이완의 정도를 측정한다. 신경계 추적감시가 원활하려면 TOF 자극 네 번 중 두 번 이상의 반응이 있어야 한다 (TOF 2/4).

**2. 정맥마취**

정맥마취로 진행되는 경우 마취 유도(Induction)의 순서는 주 마취제인 Propofol이라는 약물을 혈관 내로 지속적 정주(contineous injection)로 주입하고, Rocuronium 이라는

근 이완제를 투여한다. 환자의 의식이 소실되면 기도 삽관(Intubation)을 한다. 가끔 의식소실 이 잘 되지 않는 환자의 경우에는 midazolam이라는 약물을 일회정주(bolus injection)로 추가로 투여하여 의식소실의 상태를 만든다. 정맥마취 상태에서는 흡입마취와는 달리 마취의 심도를 측정할 방법이 없다. 그래서 BIS(Bispectral Index)라는 장치를 통해 뇌파의 진폭을 관찰하여 보조적으로 환자의 마취 심도를 측정 한다. 본격적인 수술 중의 근 이완제의 투여 및 TOF(Train of Four)의 측정은 흡입마취 에서 유지하는 것과 같은 방식으로 진행되어야 한다.

**3. 흡입마취와 정맥마취의 비교**

실제로 흡입마취로 마취를 하였을 때 운동신경 유발전위 검사의 측정이 원활하지 않아서 정맥마취로 바뀌서 진행을 한 경우가 있다. 마취과에서 흡입마취에서 정맥마취로 마취를 바꾸는 것은 매우 보기 드문 일이며, 정맥마취 전용 기구들을 설치해야 하는 번거로움과 체중에 따른 정맥마취제 용량을 계산하여 투여해야 하는 복잡한 일을 해야 하고, 특히 환자의 안전에 문제가 발생하지 않도록 주의하면서 진행을 하였다. 흡입마취 때의 파형의 크기 보다 정맥마취 때의 파형의 크기가 양쪽팔은 평균  $2.07 \pm 2.1\mu V$ 에서  $117.36 \pm 45.46\mu V$  로, 양쪽다리는 평균  $5.68 \pm 3.06\mu V$  에서  $123.69 \pm 27.22\mu V$  로 크게 관찰된 것으로 보아 흡입마취 보다 정맥마취로 진행하였을 때 운동신경 유발전위 검사가 훨씬 잘 관찰 되는 것을 알 수 있었다(Fig. 13, 14, Table 1).

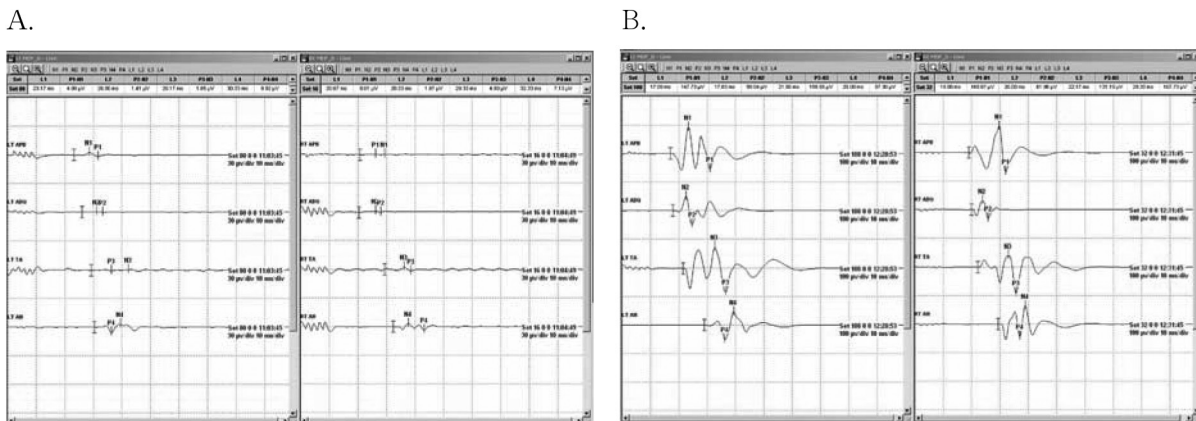


Fig. 13. MEP waves in Inhalation anesthesia (A) and Intra venous anesthesia (B)

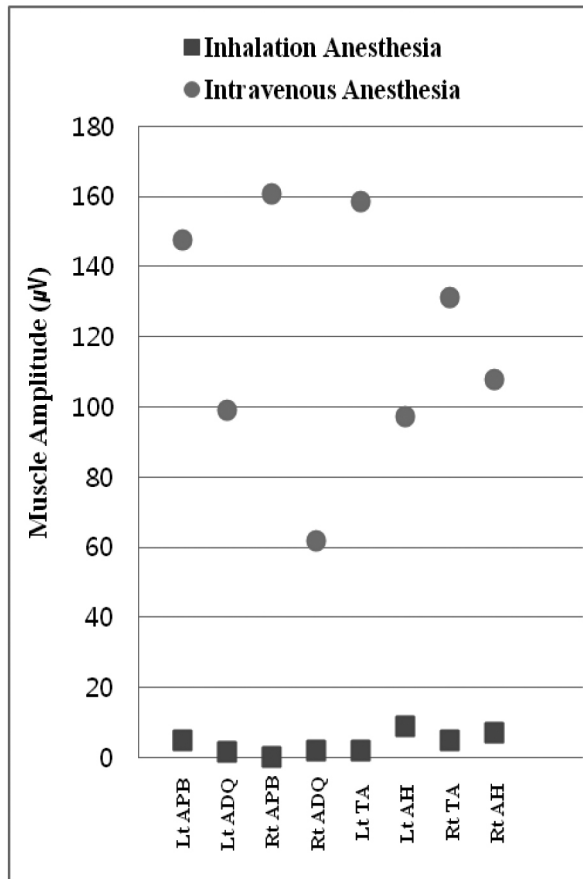


Fig. 14. Difference between the MEP amplitudes of the inhalation and intravenous anesthesia groups.

#### 4. 아편 유사제

전신마취의 과정 중 후두경 조작과 기관내 삽관은 반사적

으로 교감신경계를 자극하여 빈맥과 고혈압 등의 혈역학적 변동을 유발 시킨다(Russell WJ 등, 1981). 이는 고혈압이나 심장 질환 등이 있는 환자에서는 심근의 산소 소모량을 증가시키고 산소 공급량을 감소시켜 심허혈, 부정맥 등을 일으킬 수 있으며 고혈압에 의한 뇌출혈의 위험성을 증가시킬 수 있다(Crawford DC 등, 1987). 이러한 문제점으로 인하여 후두경 조작과 기관내 삽관으로 인한 혈역학적 반응을 완화시키는 방법들에 대한 많은 연구가 현재까지 진행되어 왔고, Remifentanil(진통제, 아편 유사제)을 이용하여 이러한 문제점을 보완하고 있다. Remifentanil은 작용 개시가 신속하여 정주 후 60~90 초에 최대 효과에 도달한다. 이러한 특성 때문에 Remifentanil은 지속적 정주에 적합한 약물이며, 체중에 근거한 지속적 정주(traditional weight adjusted infusion) 보다는 목표농도 조절 주입(target controlled infusion, TCI)이 혈류역학적 안정성 유지에 효과적이라 알려져 있다 (Chung KS 등, 1992; Glass PS 등, 1993; De Castro V 등, 2003; Ho YK, 1998).

#### 5. 근 이완제

마취 중 근 이완제를 사용하면 여러 가지 장점이 있다. 기관내 삽관을 쉽고 안전하게 할 수 있으며, 수술 후에도 기관내 삽관으로 인한 불편감이 줄어든다. 수술 시야를 좋게 해주며, 마취 심도를 비교적 낮게 유지할 수 있기 때문에 마취제 용량을 줄일 수 있다. 단, 마취 중 사용되는 흡입마취제,

Table 1. Assessment of the MEP amplitudes of the inhalation and intravenous anesthesia groups

	Inhalation anesthesia			Intravenous anesthesia		
	Muscles	Amplitude (µV)	Mean ± SD (µV)	Muscles	Amplitude (µV)	Mean ± SD (µV)
Lt upper	APB	4.99	2.07 ± 2.1	APB	147.73	117.36 ± 45.46
	ADQ	1.41		ADQ	99.04	
Rt upper	APB	0.01	5.68 ± 3.06	APB	160.67	123.69 ± 27.22
	ADQ	1.87		ADQ	61.98	
Lt lower	TA	1.85	5.68 ± 3.06	TA	158.55	123.69 ± 27.22
	AH	8.92		AH	97.3	
Rt lower	TA	4.8	5.68 ± 3.06	TA	131.19	123.69 ± 27.22
	AH	7.13		AH	107.73	

Abbreviation : APB (abductor pollicis brevis), ADQ (abductor digiti quinti), TA (tibialis anterior), AH (abductor hallucis)

정맥마취제, 심혈관계 약제, 항생제 등이 근 이완제의 작용을 강화시킬 수 있다는 점도 고려해야 한다. 이러한 점들 때문에 같은 양을 투여해도 사람에 따라 근 이완 정도가 달라질 수 있으며, 근 이완의 정도를 예측하는 것은 거의 불가능하다. 그러므로 근 이완제의 투여량으로 판단하지 말고, 항상 TOF반응으로 근 이완상태를 판단해야 한다.

### 6. 마취의 두 가지 조건 및 마취농도

마취 유도(Induction, Intubation Dose (mg/kg))를 할 때와 마취유지(Maintenance Dosing by Infusion,  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ )를 할 때의 약물 농도가 각기 다르기 때문에 마취의 조건을 크게 두 가지로 구분하여 살펴 보자. 마취 유도를 할 때에는 환자의 체중에 비례하여 약물을 mg단위로 투여하며, 마취유지를 할 때에는 분당 계산하여 지속적으로  $\mu\text{g}$  단위로 투여를 한다. 특히 주 마취제의 경우 목표농도 조절 주입기(Target Controlled Infusion, TCI)장비는 목표 혈중 농도를 설정하여 놓으면 장비에서 체중과 비례하여 목표 혈중 농도에 맞게 자동으로 약물을 투여하도록 되어 있다 (Ho YK, 1998).

#### 1) 흡입마취의 마취유도와 마취유지

신경계 추적감시의 입장에서 원활한 마취의 투여량 조건을 정리해 보자면 흡입마취에서는 마취유도 시 Pentothal은 500mg 을 saline 20cc 에 섞어서 사용하도록 되어있다. 즉, 1cc 당 25mg 을 섞어서 사용하는 셈이다. 환자의 체중에 따라 kg 당 5mg을 사용한다. 예를 들어 50kg의 환자는 250mg 을 사용하고, 이는 10cc에 해당한다. Rocuronium은 kg당 0.6mg을 준다, 환자가 50kg이면 30mg을 줘야 하지만 보통 50mg을 준다. 가끔 Vecuronium 으로 마취유도를 하는 경우도 있는데 이때에는 kg당 0.1~0.12mg을 준다. 수술이 시작되고 본 수술의 마취유지 시에는 주 마취제로 사용하는 흡입마취제의 MAC 농도가 1.0 이하로 유지하고, 신경계차단제로 사용하는 Vecuronium 은 0.5~0.8 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  정도로 유지 한다.

#### 2) 정맥마취의 마취유도와 마취유지

정맥마취에서는 마취유도 시 주 마취제인 propofol 을 kg

당 1.5~2.5mg 지속적 정주 투여한다. 즉, 환자가 60kg 이면 120mg 으로 마취유도 한다. 이때 Lidocain이라는 국소 마취제를 미리 주어서 propofol이 들어갈 때 발생하는 통증을 예방한다. 본 수술의 마취유지 시에는 보통 2.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 목표 농도를 TCI기기에 설정 한다. 환자체중에 따라 조금씩 다르지만 50~200 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  정도 용량의 propofol이 사용된다. 아편유사제인 Remifentanyl은 마취유도 시 kg당 0.2~0.3mg을 주고, 본 수술의 마취유지 시에는 보통 0.05~0.15 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  정도 용량이 사용된다. 마취유지 시 투여되는 용량의 폭이 큰 이유는 환자의 혈압에 따라 투여되는 양이 달라지기 때문이다.

신경근 차단제(근 이완제)는 두 가지 약물이 사용 되는데, 약물의 역할은 같으나 지속 시간 및 투여량이 조금 다르다. Vecuronium이란 약물은 kg당 0.1~0.12mg을 준다. 환자의 체중이 50kg이면 6mg을 준다. Rocuronium이란 약물은 kg당 0.6mg을 준다. 환자의 체중이 50kg이면 30mg을 준다. 하지만 보통 50mg을 투여 한다. 그 이유는 Rocuronium 이란 약물은 체내 투입과 동시에 작용하는 시간이 불과 3분 정도 안에 효과가 바로 발생하며, 약물의 지속시간이 짧아서 적정 투여량 보다 조금 많이 투여 하여도 30분 이내에 회복이 가능하므로 좀더 투여를 한다. 이러한 두 가지 신경계 차단제의 효과의 지속시간에 차이가 있어서 마취유도를 할 때에는 Rocuronium 을 사용하면 빠르게 마취를 진행할 수 있고, 지속시간도 짧아서 신경계 추적감시 기준검사를 하기에 매우 용이하다. 하지만 본 수술이 진행되는 동안에는 약물의 지속시간이 좀 더 길고 환자의 안정적인 유지에 도움이 되는 Vecuronium을 사용하는 것을 추천한다.

마취유도 시 Bolus dose로 주는 근 이완제의 투여 량은 Rocuronium은 1cc 당 10mg을 Mix 하고, Vecuronium은 1cc 당 1~1.2mg을 Mix 하여 주사한다. 그러므로 마취유도 시 50kg의 환자를 Rocuronium을 Bolus dose로 주는 마취를 한다고 하면 5cc 정도, Vecuronium을 Bolus dose로 주는 마취를 한다고 하여도 5~7.2cc 정도의 양이 환자에게 투여 되는 것이다. 마취유지 시에는 Vecuronium 0.5~0.8 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 의 속도로 유지 하는 것을 추천한다.

### 7. 마취와 INM

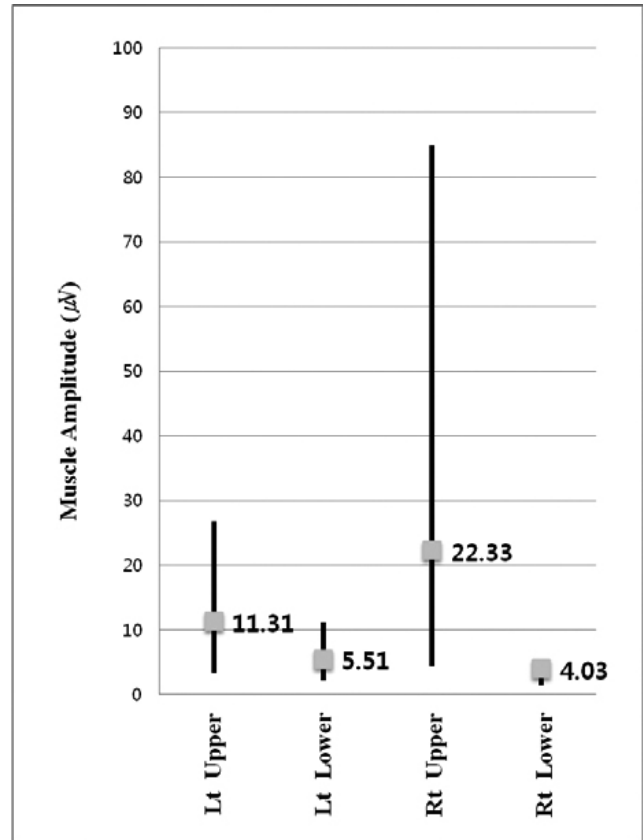
2012년 7월부터 9월까지 대뇌 동맥류(cerebral aneurysm) 환자 12명을 대상으로 수술장에서 이루어진 마취를 분석해 보았다. 다량의 마취제가 투여된 시점인 마취직후의 MEP파형을 측정하고, 원활하게 MEP파형이 측정되기까지의 시간적 분석과 근 이완제의 투여량 그리고 TOF와의 관계를 살펴보았다. 환자는 여자가 11명, 남자가 1명이었고, 평균연령은  $60.42 \pm 6.78$ , 체중은  $62.98 \pm 11.6$ 이었다. 마취에 사용되는 주 마취제인 Propofol의 용량은 환자의 체중에 비례하여 투여하였고( $4.67 \pm 0.49$ /Kg), 근 이완제는 Rocuronium이란 약제가 투여된 경우가 6명, Vecuronium이란 약제가 투여된 경우가 6명이었다. 마취가 된 이후에 서서히 마취의 농도가 약해져서 TOF가 2/4 정도가 측정된 시간은  $54.55 \pm 13.87$ , 마취의 심도가 어느 정도 약해져서 원활하게 MEP측정이 되어서 Base data를 측정할 시간은  $53.75 \pm 12.08$ 로 마취의 농도가 약해져서 TOF 2/4정도가 측정된 시점과 MEP측정이 잘 된 시점이 거의 일치함을 알 수 있었다(Table 2).

마취 직후의 MEP 파형의 크기는 왼쪽 팔은 평균  $11.31 \pm 10.29 \mu V$ , 왼쪽 다리는 평균  $5.51 \pm 4.48 \mu V$ , 오른쪽 팔은 평균  $22.33 \pm 33.88 \mu V$ , 오른쪽 다리는 평균  $4.03 \pm 2.64 \mu V$ 로 매우 작은 파형으로 관찰이 되었다. 마취가 어느 정도 약해져서 TOF 2/4정도의 상태에서 Base data를 측정했을 때 왼쪽 팔은 평균  $976.63 \pm 752.25 \mu V$ , 왼쪽 다리는 평균  $283.95 \pm 246.25 \mu V$ , 오른쪽 팔은 평균  $887.14 \pm 775.3 \mu V$ ,

**Table 2.** Demographic data

Characteristics	Value
(mean $\pm$ SD or numbers)	
Sex (Female/Male)	11/1
Age (years)	$60.42 \pm 6.78$
Weight (kg)	$62.98 \pm 11.6$
Rocuronium (n=6)	$46.67 \pm 5.16$
Vecuronium (n=6)	$11.67 \pm 2.34$
Propofol	$4.67 \pm 0.49$
TOF 2/4 time	$54.55 \pm 13.87$
Base data time	$53.75 \pm 12.08$

Muscle relaxant : Rocuronium or Vecuronium,  
Intravenous anesthetic agent : Propofol



**Fig. 15.** MEP amplitudes in Induction state.

**Table 3.** MEP amplitudes compared between the Induction state and TOF 2/4 state in Intravenous anesthesia

	Induction state		TOF 2/4 state	
	Muscles	Mean $\pm$ SD ( $\mu V$ )	Muscles	Mean $\pm$ SD ( $\mu V$ )
Lt upper	APB	$11.31 \pm 10.29$	APB	$976.63 \pm 752.25$
	ADQ		ADQ	
Rt upper	APB	$22.33 \pm 33.88$	APB	$887.14 \pm 775.30$
	ADQ		ADQ	
Lt lower	TA	$5.51 \pm 4.48$	TA	$283.95 \pm 246.25$
	AH		AH	
Rt lower	TA	$4.03 \pm 2.64$	TA	$385.83 \pm 540.70$
	AH		AH	

Between the comparison between the left upper extremity, right upper extremity, left lower extremity and right lower extremity.



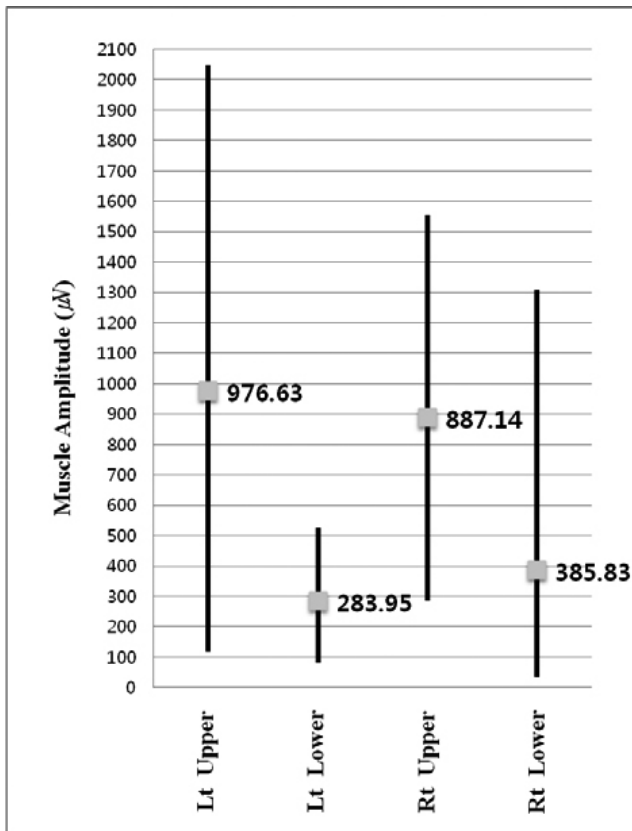


Fig. 16. MEP amplitudes in TOF 2/4 state.

오른쪽 다리는 평균  $385.83 \pm 540.7\mu V$  로 크게 관찰되었다. 결과적으로 마취직후에 매우 많은 용량의 마취제가 투여되어서 마취농도가 높은 상태에서는 TOF 측정도 되지 않고 MEP 파형도 아주 작게 관찰되었고, TOF 2/4정도로 마취의 심도가 낮은 상태에서는 마취심도가 높은 상태보다 양쪽 팔의 진폭이 평균 380배, 양쪽 다리의 진폭은 평균 330배 크게 관찰되었다(Fig. 15, 16, Table 3).

### 고 찰

근 이완제의 사용으로 인하여 운동신경 유발전위(MEP)와 직접신경자극검사(direct nerve stimulation, DNS) 및 자유근진도(Free-running EMG) 검사가 원활하지 않는 경우가 종종 있다. 그래서 효과적인 근 이완제 사용에 대한 연구가 마취과에서 활발히 진행되고 있다. 최근에는 근 이완제

로 cisatracurium 이라는 약물이 작용시간이 매우 빠르고, 유지시간은 짧아서 신경계 모니터링에 적합하다고 판단 되어 사용되고 있고, 마취 유도 시에는 0.2mg /kg, 마취유지 시에는 1~2 $\mu g$ /kg/min으로 사용 하고 있다. 미국과 유럽에서는 최근 들어 정맥마취에서 아편유사제의 농도를 기존의 두 배 이상의 고농도로 유지하면서 근 이완제를 사용하지 않고 마취 유지를 하여서 신경계 추적감시가 원활하도록 하는 경우도 있다. 현재 삼성서울병원의 마취과에서도 이와 같은 방법을 시도하고 있고, 보다 원활한 신경계 추적감시가 되도록 적극 협조하고 있다.

환자가 수술장으로 들어와서 마취유도가 된 이후부터 마취유지 단계로 전환되는 시점이 빠르면 빠를수록 신경계 추적감시 검사에서 기준파형을 설정하는데 원활하고, 기준파형의 측정이 본 수술이 시작되기 전에 측정이 되어야만 안전한 수술이 되도록 도움을 줄 수 있다. 그러므로 마취유도 시 마취용량(bolus dose)을 최소치로 하여 투여한다면 원활한 신경계 추적감시 검사가 될 수 것이다. 기준파형 측정 이후 마취유지를 할 때에는 환자마다 개인적인 약물작용에 대한 차이가 있으므로 신경계 추적감시 검사에 영향을 주지 않도록 마취과와 신경과 담당자가 잦은 의사소통을 하여 마취유지농도를 설정해야 한다.

마취과의 입장에서는 기존에 하던 마취보다 심도가 훨씬 얕기 때문에 환자가 언제 깨어날지 모르는 두려움을 않고 마취를 유지해야 하므로 매우 불안할 수밖에 없다. 수술 중에 환자의 의식이 깨어나게 되면 수술 부위로 인한 극심한 통증을 순간적으로 매우 크게 느끼게 되고, 자발호흡을 하려 하지만 기도 삽관이 되어있어서 원활하게 호흡을 할 수 없고, 수술을 원활하게 하기 위해 환자의 몸을 환자 침대 위에 잘 고정하였으므로 원하는 대로 움직일 수가 없어서 환자는 매우 괴로울 수밖에 없다. 이러한 상태에서 환자는 고통을 이겨내기 위해 몸부림 치게 되고 이로 인하여 환자의 혈압이 최고치로 오르게 되고, 심 박동수는 매우 빠르게 바뀐다. 자칫 수술로 인하여 연약한 부위가 외부에 노출이 되어있는 상태라면 혈압의 급상승으로 뇌혈관이 파열될 수도 있고, 수술대 위에서 몸부림치는 것 때문에 환자가 상처를 입을 수도 있는 매우 위험한 상황에 처하게 된다. 그러므로 마취과에서는 절대로 이러한 상황을 만들지 않기 위해 최선

을 다해서 노력을 한다. 즉, 마취과의 입장에서 본다면 신경계 추적감시를 하는 환자의 마취 심도는 일반적인 수술에서의 매우 안정적인 마취유지상태와 환자가 깨어나기 직전의 중간적인 상태를 유지한다고 보면 된다. 그러므로 이러한 신경계 추적감시를 처음 접하는 병원에서는 마취과의 협조가 원활하지 않은 경우를 종종 보게 된다.

환자가 깨어있는 상태에서 마취는 시작되고, 이러한 각성상태를 순식간에 무의식상태로 바꾸기 위해 다량의 마취제들이 환자에 주입 된다. 다량의 마취제가 환자에 주입되었기 때문에 이러한 마취제의 영향이 어느 정도 분해되기까지 시간이 소요되고 이러한 상황에서는 신경계 추적감시 검사는 원활하게 측정 되지 않는다. 환자가 마취가 되고 안정적으로 환자의 상태가 유지되면, 본격적으로 수술이 진행 된다. 병소부위를 제거하기 용이하게 가장 안전한 방식으로 절개를 하고 접근을 하게 되는데 이러한 과정이 모두 끝나고 본 수술이 진행되기 전에 신경계 추적감시 검사의 기준파형(base data)을 측정해야 한다. 마취유도 이후에는 환자의 생체 신호(vital sign) 변화 상태에 따라 적정량의 주 마취제만 사용할 뿐 어떠한 약물도 투여하지 않고 마취심도가 서서히 약해지도록 기다린다. 이렇게 기다리는 동안 신경계 추적 감시검사를 계속하여서 기준 파형이라고 할 수 있을 정도의 파형이 측정 되기 시작하면, 마취과에서는 바로 이러한 시점의 마취상태로 유지하려고 노력을 한다. 신경계 추적 감시검사는 환자의 상태를 정확 하게 검사하여 기록하고, 이러한 기록을 기준으로 수술 중 파형과 비교하여 변화를 관찰하는 것이다. 기준파형과 비교하여 수술 중 파형이 다르다면 수술로 인하여 파형의 변화가 초래된 것이므로 집도의에게 바로 알리어 신경 계에 영향을 주고 있음을 빨리 알리는 것이 신경계 추적감시의 역할이다.

본격적으로 수술이 진행되기 전에 기준파형을 측정해야만 하는 이유를 설명하였는데, 기준 파형을 측정할 때에는 마취심도가 어느 정도 알게 유지가 되고 이러한 상태가 본 수술에서도 지속적으로 변화 없이 유지가 될 수 있는 상태에서 기준파형 검사를 해야 한다. 만약에 기준 파형을 측정하였는데 이때의 마취 심도보다 나중에 더 알게 유지가 된다면 기준 파형 보다 더 크고 잘 형성되므로 기준 파형을 다시 측정해야 하는 번거로움이 있다. 반대로 기준파형을 측

정 할 때 보다 마취의 심도가 나중에 더 깊어지게 되면 수술로 인한 파형의 감소가 아님에도 불구하고 수술 중 파형은 약하게 측정이 되어서 수술로 인한 파형의 영향인지 아닌지 혼돈을 초래할 수 있다. 그러므로 다량의 마취제가 한번에 다량 투여 되는 마취유도 이후 이러한 마취제의 효능이 모두 사라지는 시점을 빨리 감지하는 것이 중요하다. 왜냐하면 이러한 시점부터 마취과에서 항상성 있게 마취 유지를 하기 위해 지속적인 약제를 투여하기 때문이고, 이러한 상태가 수술 중 꾸준히 유지되면, 신경계 추적 감시 검사 파형의 변화 없이 안정적으로 측정이 되므로 이러한 시점에 반드시 기준파형 측정을 하여야 정확한 신경계 추적감시가 될 수 있다.

신경계 추적감시를 하는 수술의 경우 마취과에서는 가능한 신경계 검사에 영향을 덜 미치는 마취제를 선택하고 일정한 수준의 마취를 지속적으로 유지해야 하며 정맥 내 약제를 투여하는 경우 일회주주(bolus injection) 대신 정맥 점적투여(infusion)로 해야 한다.

본 논문에서는 원활한 신경계 추적감시 검사가 되기 위한 흡입마취와 정맥마취 각각에 사용되는 약물의 종류와 그에 따른 약물의 지속시간과 적절한 투여량에 대해 자세히 평가하였다. 이 글에서 언급한 내용들이 수술장에서 신경계 추적감시 검사업무를 하는 분과 원활하게 마취를 유지해 주어야 하는 분께 도움이 되었으면 하는 바람이다.

## 참 고 문 헌

1. Chung KS, Sinatra RS, Halevy JD, Paige D, Silverman DG. A comparison of fentanyl, esmolol and their combination for blunting the haemodynamic responses during rapid sequence induction. *Can J Anaesth*. 1992; 39:774-9.
2. Crawford DC, Fell D, Achola JK, Smith G. Effects of alfentanil on the pressor and catecholamine responses to tracheal intubation. *Br J Anaesth*. 1987; 59:709-12.
3. De Castro V, Godet G, Mencia G, Raux M, Coriat P. Target controlled infusion for remifentanyl in vascular patients improves hemodynamic and decreases remifentanyl requirement. *Anaesth Analg*. 2003; 96:33-8.
4. Glass PS, Hardman D, Kamiyama Y, Quill TJ, Marton D, Donn KH, et al. Preliminary pharmacokinetics and pharmacodynam-

- ics of an ultra short acting opioid, Remifentanil (GI87084B). *Anaesth Analg.* 1993, 77:1031-40.
5. Ho YK, Target controlled infusion. *Intrav Anaesth.* 1998, 2(2):180-8.
  6. Russel WJ, Morris RG, Frewin DB, Drew SE. Changes in plasma catecholamine concentration during endotracheal intubation. *Br J Anaesth.* 1981, 53:837-9.
  7. 대한마취과학회. 마취과학 I. Anesthesia and Pain Management. Second Edition. *ELSEVIER.* 2010
  8. 민경태. 뇌, 척수 감시장치. 대한마취과학회 학술대회 연수강의, 연세대. 2005
  9. 박주열. 마취과학. 2판. 대한마취과학회 편저. 2009
  10. 백승완. 마취심도의 측정. 대한마취과학회지. 2007, 52:253-261.
  11. 심민성, 김주덕, 최형규, 유수봉, 김경한, 김세환, 장태호. 전정맥 마취 시 기관 내 삽관에 의한 심혈관계 반응을 최소화 하기 위한 Remifentanil과 Propofol TCI의 적정 용량. 대한마취과학회지. 2008, 54:389-94.
  12. 조인배, 김상영, 김동욱, 최영규, 김건식. Propofol을 사용한 전신마취 시 비만이 각성에 미치는 영향. 대한마취과학회지. 2006, 50:379-384.
  13. 한성희. 수술기의 신경학적 감시. 대한마취과학회지. 2008, 54:1-11.
  14. 한종인, 이희승. 전정맥마취 유도 시 기관내 삽관에 적당한 Remifentanil과 Propofol의 효과적 농도 조합. 대한마취과학회지. 2008, 54:37-42.