

# Nöroşirürji Ameliyatlarında İntraoperatif Nörofizyolojik Monitörizasyonun Yeri ve Önemi

Ahmet Murat Müslüman<sup>1</sup>, Burak Özdemir<sup>1</sup>, Kadir Altaş<sup>1</sup>, Muyassar Mirkhasilova<sup>1</sup>, Songül Meltem Can<sup>1</sup>, Mustafa Kılıç<sup>1</sup>, Adem Yılmaz<sup>1</sup>

## ÖZET:

Nöroşirürji ameliyatlarında intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyonun yeri ve önemi

Sinir sistemi ya da çevre yapıların cerrahi girişimlerinde uygulanacak her türlü manipülasyon ve rezeksiyon girişimlerinin nöral dokuya zarar verme riski yüksektir. Mevcut intraoperatif görüntüleme araçları ancak anatomik durum hakkında bilgi vermektedir. Bu araçların nöral dokunun fonksiyonu hakkında bilgi verememesi hem hekimlerin hem de hastaların beklentilerini karşılayamamaktadır ve postoperatif dönemlerde ek nörolojik hasarlar görülebilmektedir. Nörofizyolojik işlevselliği eş zamanlı değerlendirmesi açısından intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon (İONM) kullanımı önem arz etmektedir. Diğer cerrahi branşlarda da kullanılmaktadır. Bu derlememizde İONM kullanımının nöroşirürjideki önemi ve avantajlarından bahsedeceğiz.

**Anahtar kelimeler:** Duyusal yollar, motor yollar, nörofizyoloji, nöromonitörizasyon, uyarılmış potansiyeller

## ABSTRACT:

The value of intraoperative neurophysiological monitoring in neurosurgery operations

Any manipulation or resection procedures during surgery of neural system or its surrounding structures carries a high risk of causing damage to the neural tissue. Existing intraoperative imaging tools provide only information about anatomic situation. Because of this insufficiency, both physicians and patients are displeased with additional neural deficits. Using intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) that evaluate neurological function simultaneously is very important. It is also used in other surgical operations. In our article, we report importance and advantages of IONM in neurosurgical operations.

**Keywords:** Sensory pathways, motor pathways, neurophysiology, noromonitoring, evoked potentials

Ş.E.E.A.H. Tıp Bülteni 2017;51(1):1-7



Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul - Türkiye

Yazışma Adresi / Address reprint requests to:  
Burak Özdemir,  
Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul - Türkiye

Telefon / Phone: +90-212-373-5000

E-posta / E-mail:  
drburakozdemir37@gmail.com

Geliş tarihi / Date of receipt:  
2 Şubat 2017 / February 2, 2017

Kabul tarihi / Date of acceptance:  
8 Şubat 2017 / February 8, 2017

## GİRİŞ

Elektrofizyolojik incelemelerin tanı aracı olarak kullanılmaya başlamasından sonra ameliyat sırasında hastanın nöral fonksiyonlarının monitörize edilmesi gündeme gelmiştir. Penfield (1) 1930' lu yıllarda somatosensoriyal sistemi monitörleme üzerine çalışmıştır. 1950'li yıllarda da direkt sitümülasyon uygulanarak epileptik odakların belirlenebileceğini bildirmiştir. 1960'ların sonunda İONM kullanımı vestibüler schwannom cerrahisinde fasyal sinir moni-

törizasyonu ile başlamış, 1980'lerde çoğu merkezde kullanımı yaygınlaşmıştır (2). Omurga ve omurilik cerrahisinde intraoperatif monitörizasyon "uyandırma testi" ile başlamıştır. Vazuella ve Stagnara (3) 1973 yılında bu test ile ameliyatta hastanın uyandırılıp muayenesi yapılarak omurilik işlevselliği hakkında bilgi edinilebileceğini bildirmişlerdir. Ancak uyandırma testi nöral dokunun sadece son durumunu göstermektedir, bir nöral hasarın ameliyatın hangi aşamasında olduğu hakkında bilgi verememektedir. Örneğin omurga cerrahisinde vida yerleştirme ya da

deformiteli omurga manüplasyonu sırasında nörolojik defisit gelişmiş olabilir. Bu dezavantajlardan dolayı cerrahlar başka bir yöntem arayışına girmişlerdir. Omurga cerrahisinde İONM'un kullanımı 1970'lerde skolyoz cerrahisinde somatosensoriyal uyandırılmış potansiyellerin (SEP) kaydedilmesiyle olmuştur. SEP ile periferik sinirden başlayarak kordun dorsal ve lateral kısımlarına yol alan duyu yolları izlenebilmekte, ancak motor işlevsellik değerlendirilememektedir. Ayrıca SEP verilerinde herhangi bir nörolojik hasarlanma durumunda 4-30 dakikalık bir gecikme olabileceği bildirilmiş ve bu eksikliklerden dolayı motor yolların da izlenmesi gerektiği ortaya konulmuştur (4). Motor uyandırılmış potansiyeller (MEP) omuriliğin ventral kısmında yer alan motor yollar hakkında bilgi vermektedir. MEP ve SEP bir uyarı ile elde edilen verileri göstermektedir, omuriliğin sürekli olarak gözlenebilmesi için sürekli EMG (free-run EMG) yöntemi de bu incelemelere eklenmiştir. Her üç modaliteyle birlikte duyarlılık ve özgüllük %90-100 düzeylerine çıkarılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 1990'lı yıllarda nörofizyoloji eğitimi, sertifikalandırma ve yeterlilik diploması ile geliştirilen bir eğitim programına dahil edilmiştir. Cerrah, anesteziist, nörofizyolog tarafından yapılan İONM %96-100 düzeylerine varan özgüllüğe sahiptir. Ancak uygulamada da yanlış negatiflik ve yanlış pozitiflik gibi hatalar görülebilmektedir. Çok merkezli ve retrospektif çalışmalarda yanlış negatiflik %0.067 bulunmuştur. Yanlış pozitiflik daha yüksek oranlarda bulunmakla birlikte, yanlış negatiflik sonucu kalıcı hasar gelişebilmektedir. İONM kullanılmadan yapılan omurga cerrahisinde nörolojik hasar oranı %0.6-1 düzeyinde bildirilmiş ve bu oranın yanlış negatifliğin neredeyse 10 katı kadar olduğu görülmüştür. ABD'de nörolojik kalıcı hasar gelişen hastaların bakım masrafları 64000-102000 dolar/yıl olarak saptanmıştır (5). Ülkemizde de paraplejik veya tetraplejik bir hastanın yol açacağı sosyal ve ekonomik yıkımının boyutları İONM uygulamasının maliyetinden kat kat daha fazladır.

### **Somatosensoriyal Uyandırılmış Potansiyeller (SEP)**

Çevresel uyarılar nedeni ile serebral korteksten elde edilen potansiyeller duysal uyandırılmış (evo-

ked) potansiyeller olarak adlandırılır. Vizuel uyandırılmış potansiyeller (VEP) ve beyin sapı uyandırılmış potansiyeller (BAEP) de duysal uyandırılmış potansiyeller grubu içindedir. Periferik sinirler ve dermatom reseptörleri uyarılırsa elde edilen potansiyeller SEP adını alır. SEP ile sadece posterior kolon fonksiyonları sonuçları elde edilir (6,7). Dorsal kolon hasarı ile dokunma, vibrasyon, bilinç dışı propriyosepsiyon ve pozisyon duyuları etkilenir. Medulla spinalisin üst servikal bölge duysal alan veya beyin sapı somatosensoriyal yollarının monitöriizasyonunda el bileğinde median sinir veya ulnar sinir tercih edilir. Median sinir C6-8 ve T1, ulnar sinir C8, T1 dorsal köklerinden kaynaklanır. C8 altında spinal cerrahide ise alt ekstremitte SEP monitöriizasyonu için ayak bileğinde posterior tibial spinal sinir, diz düzeyinden de peroneal sinirin uyarımı yapılır (Resim-1). Kayıt için servikal vertebra ve saçlı deri kullanılır. Kafa saçlı derisine yerleştirilen elektrotlar uyarılan kol veya bacak sinirinin karşı tarafına uyan kranyal topografiye yerleştirilir (8).

### **Motor Uyandırılmış Potansiyeller (MEP)**

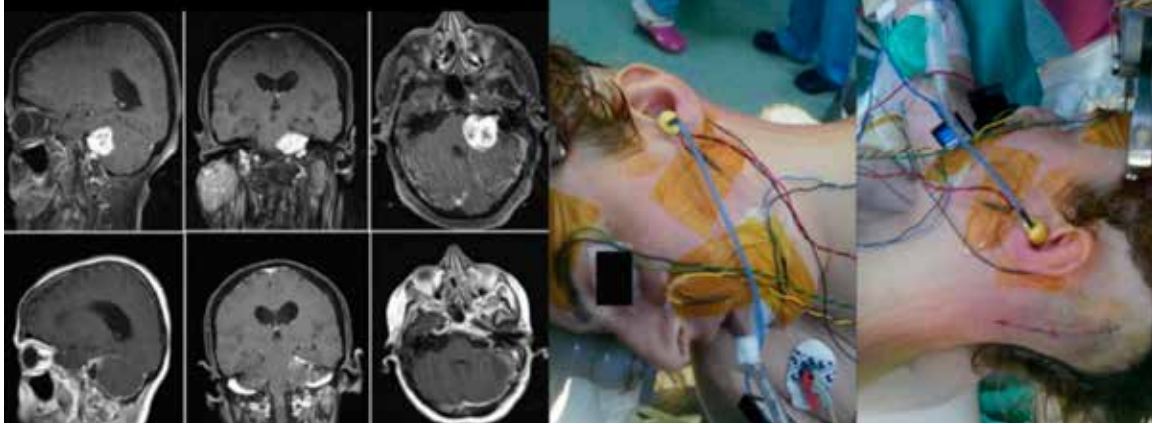
MEP kullanımı anterior kolonu ilgilendiren izole kortikospinal yolak hasarlarını ve iskemilerini tespit edebildiğinden, motor yolların yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünü korumada etkilidir (7). MEP distal spinal korddan ya da ilgili kas gruplarından motor potansiyellerin kaydedilmesidir. Hızlı uyarıya cevap alınabildiği için cerraha hızlı geri bildirim verir ve büyük ölçüde kolaylık sağlar. Özellikle servikal ve torakal girişimlerde büyük kolaylık sağlamaktadır (7). MEP için genellikle üst ekstremitede abductor policis brevis, alt ekstremitede ise tibialis anterior ve abductor hallucis kasları kullanılır (Resim-1).

### **Beyin Sapı Uyandırılmış Potansiyelleri (BAEP)**

Serebellopontin köşe ve posterior fossa cerrahileri dışında, kraniyoservikal bileşke bölgesi ve C1-C2 cerrahilerinde de BAEP oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Beyin sapı uyandırılmış potansiyelleri tek bir akustik uyarı ile oluşan yedi potansiyelden oluşur. Verteks saçlı derisine ve incelenen kulak arkasında kemiğe veya kulak memesine birer elektrot yerleştirilir.



**Resim-1:** Servikal spondilolitik miyelopati olgumuzda preoperatif dönemde İONM için SEP ve MEP kayıtları için elektrotların takılmış görüntüsü



**Resim-2:** 33 yaşında kadın hasta sol kulakta işitme azlığı ile başvuruyor ve vestibüler schwannoma ön tanısıyla ameliyat hazırlıkları yapılırken peroperatif dönemde BAEP ve fasyal sinir monitörizasyonu uygulandı. Tümör rezeksiyonu total olarak yapıldı.

rilir (Resim-2). Tek taraflı kulakta oluşturulan klik sesi ile uyarı verilir. İlk yanıt akustik sinir dalgası, ikinci dorsal koklear nükleus, üçüncü superior oliva, dördüncü lateral lemniskus ve beşinci inferior kollikulustan geçen ipsilateral işitsel aktivasyon dalgalarını temsil eder. Altıncı rostral mesensefalon veya kaudal talamus ya da talamokortikal projeksiyonu yedinci dalga işitme korteksini göstermektedir (9). Beyin sapı, kraniyoservikal bileşke ve üst servikal bölge cerrahilerinde alt kraniyal sinir İONM ve BAEP yapılabilir.

### **Vizüel Uyandırılmış Potansiyeller (VEP)**

VEP optik sinir veya traktus optikus içeren pitüiter tümörler, kavernoöz sinüs tümörleri ve bölgenin

anevrizmaları gibi operasyonlar sırasında kullanılabilir. Göze flaş uyarı verilerle oksipital görme alanından uyarılar alınmaya çalışılır, ancak diğer İONM uygulamalarına göre yapılması daha zordur ve daha az kullanılmaktadır. Anestezi dolayısıyla sadece flaş uyarılarla uyarı sağlanmakta ve bu da VEP kaydı için her zaman yeterli olmamaktadır (10).

### **Prob ile Lokal Uyarı ve Selektif Kas Yanıtlarının Ölçümü**

Periferde veya kafa içerisinde bir nöral dokunun yerini, tipini bilmek ve korunmasını istiyorsak prob ile zayıf akım şiddetleri kullanılarak lokal uyarılar verip kayıt etmek de mümkündür. Böylece motor korteks haritalanması, kraniyal sinirlerin ayırt edil-

mesi ya da spinal yapıların korunması sağlanabilir. Uyarı tipi (monopolar, bipolar, anodal, katodal), şiddeti ve süresi değiştirilerek yakınlık ve dokunun tanınabilmesi mümkündür.

### NÖROŞİRÜRJİDE İNTRAOPERATİF NÖROMONİTÖRİZASYONUN SPESİFİK OLARAK KULLANILDIĞI OPERASYONLAR

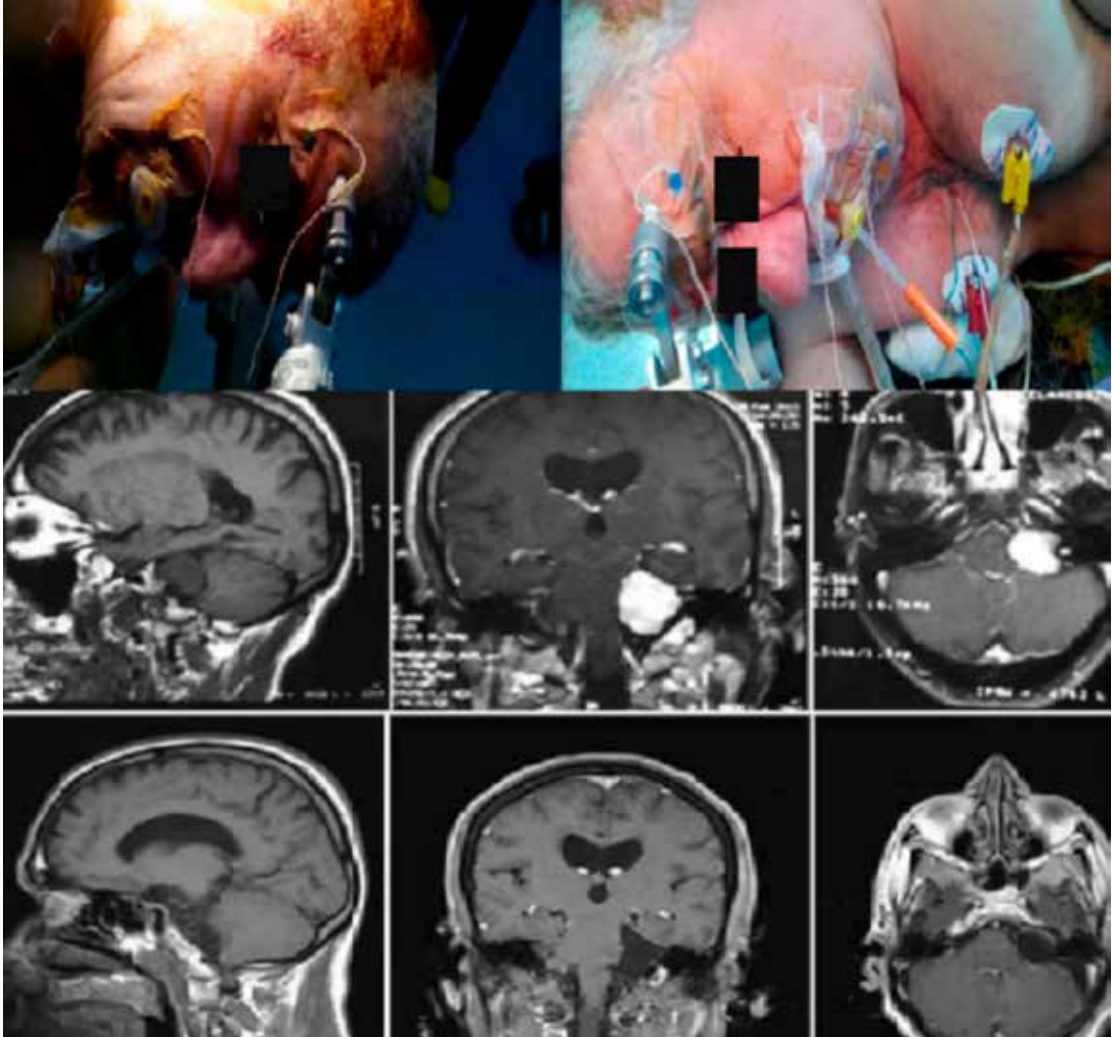
#### İntrakraniyal Anevrizmalar

Anevrizmaların cerrahi tedavisinde iskemi riski her zaman bulunmaktadır. Bu riski azaltmak için İONM kullanılabilir. Posterior sirkülasyon anevriz-

malarında BAEP ve SEP eş zamanlı kaydedilebilir ve beyin sapındaki belirli yollar ve duysal korteks hakkında bilgi sağlanabilir. Anterior dolaşım anevrizmalarında median ve tibial sinir uyarımı ile SEP'lerin kaydedilmesi gereklidir. İşlem sırasında kan akımındaki bozulmalar sonucu orta çıkan iskemi bulguları bize orta hat ve lateral duysal kortikal fonksiyonlar hakkında bilgi verebilir. İşlem sırasında bihemisferik EEG kaydı da yapılabilir (11).

#### Mikrovasküler Dekompresyon Teknikleri

Nörovasküler kompresyon (5,7,8,9,10,11. kranial sinirlerin etkilendiği) sendromlarında cerrahi



**Resim-3:** 64 yaşında erkek hastada saptanan köşe tümörü ve İONM için uygulanmış olan fasyal sinir EMG elektrotlarının görünümü. Postoperatif dönemde hastanın işitme ve fasyal sinir fonksiyonları normal olup, tümör total eksize edilmiştir.

tedavilerde rutin olarak BAEP ve ilgili kranyal sinir EMG'si ile kayıtlar yapılabilmektedir (Resim-2). Sekizinci kranyal sinir, serebellopontin bölge cerrahilerinde diğer kranyal sinirlere oranla manipülasyondan daha fazla etkilenen hassas bir sinirdir. BAEP'in işitme fonksiyonlarını göstermesi nedeni ile işitme fonksiyonlarını korumada etkinliği kanıtlanmıştır.

### Vestibüler Schwannoma

Vestibüler Schwannoma cerrahi olgularında tümöre komşulukları nedeni ile koklear sinir ve fasyal sinir hasarları görülme ihtimali yüksektir. Özellikle her iki kranyal sinirin de manipülasyonlardan kolay etkilenmesi cerrahi işlemi zorlaştırmaktadır. Tümör dokusu nedeni ile özellikle fasyal sinir gizlenebilir ve lokalizasyonunu bulmada zorlanılabilmektedir. Başarısız bir serebellopontin köşe tümörü cerrahisi sonrası hastalarda işitme azlığı ve periferik fasyal paralizisi görülebilir. Özellikle fasyal sinir paralizisi olan hastanın yaşam kalitesi oldukça azalmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu bölge cerrahilerinde günümüzde BAEP ve fasyal sinir EMG'si peroperatif olarak kullanılmalıdır (Resim-3). İONM olmaksızın yapılan cerrahide ortaya çıkacak morbidite malpraktis olarak değerlendirilebilir. Kendi kliniğimizde bu tarz olgularda mutlaka İONM uygulamaktayız.

### Trigeminal Nevralji

Vasküler kompresyon en sık olarak süperior serebellar arter tarafından ponsa yakın kök giriş bölümünde gerçekleşir. Dekompresyon cerrahisi sırasında 5. kranyal sinir lokalizasyonu ve fonksiyonu için BAEP ve masseter kası üzerinden subdermal elektrotlar kullanılarak trigeminal sinir EMG'si yapılmaktadır.

### Hemifasyal Spazm

Fasyal sinirin kök giriş bölgesinde sıklıkla posterior inferior serebellar arter tarafından baskıya uğraması ile olur. Fasyal sinir EMG'si 7. sinirin aksiyon potansiyellerini dalları boyunca göstermesi açısından faydalıdır. Başarılı bir tedavi, fasyal sinir basısı-

nın düzeltilmesine ve lateral yayılımının engellenmesine bağlı olabilmektedir. Bu sonuçlar, intraoperatif fasyal sinir EMG'si yapılarak zigomatik dalın uyarılması ile orbikularis okuli kasında normal uyarılmış potansiyellerin ve indirekt olarak mentalis kasında anormal deşarjların varlığı gösterilerek doğrulanmıştır (12) (Resim-2, 3). Diğer uygulamalardan farklı olarak anormal deşarjların varlığı burada dekompresyon yeterliliğini de göstermektedir.

### Pedikül Vidaların Stimülasyonu

Kemiğin impedansı yüksek olduğundan yakınındaki siniri uyarmak için yüksek uyarı gerekmektedir. Kemik kırığına yol açmış bir pedikül vidası; vidanın hafif stimülasyonu ile sinir kökü uyarılır ilgili kayıtlar elde edilir. Stimülasyon nöroşirürjiyenin elinde bulunan elektrot ile yapılır (8). 6 mA ve altındaki stimülasyonla proveke oluyor ise enstrümantasyon ya yanlıştır ya da bir kemik perforasyonu vardır (13).



**Resim-4:** Kliniğimizde kauda equina sendromu nedeni ile İONM rutin olarak kullanılmaktadır. Olgumuzda uygulanacak olan insizyon hattı, SEP, MEP ve özellikle de anal sfinkter için MEP elektrotları görülmektedir.



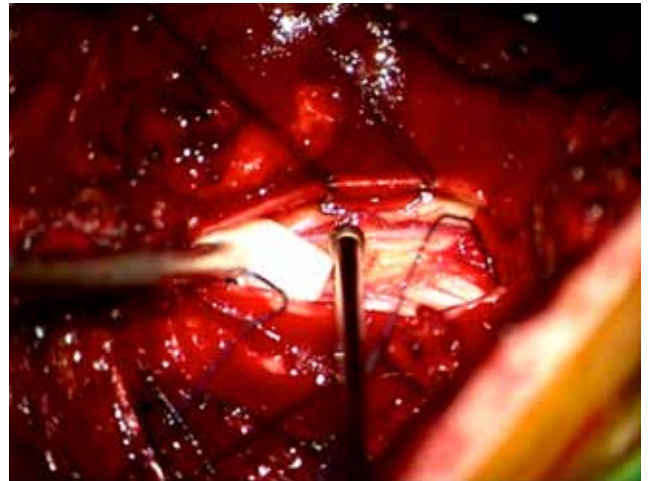
**Resim-5:** İntamedüller yerleşimli omurilik tümörü olgusunda üst ve alt ekstremite SEP ve MEP kayıtları için elektrotların yerleşimi.

### Kauda Ekuina Lezyonları

Kauda ekuina lezyonlarında cerrahi işlemde nöral dokuların EMG ile takip edilmesi ve stimülasyonunun yapılması nöral dokuyu tanımda şarttır. SEP ve MEP birlikte kullanılmalıdır (Resim-4). Cerrahin elindeki prob ile nöral doku tanımlanması stimülasyonla sağlanabilir. Gergin omurilik cerrahisinde pudental SEP, bul-bokavernöz refleks monitörijasyonu ve MEP için anal sfinkter kasının da tercih edilmesi önerilmektedir (15) (Resim-4). Böylece hastanın ürogenital ve sfinkter fonksiyonları hakkında intraoperatif bilgi sahibi olunabilir.

### İntamedüller Omurilik Tümörleri

Rezeksiyondaki ana amaç nöral dokuya zarar vermeden tümörün tamamını ya da tama yakınını çıkar-



**Resim-6:** İntamedüller omurilik tümürlü aynı olguda peroperatif kullanılan direkt sinir uyarımı sağlayan monopolar probun uyarı alınırken görünümü.

maktır. Bu cerrahide en sık hasarlanma miyelotomi sırasında olmaktadır. SEP tek başına dorsal miyelotomi sırasında hasarı gösterse bile, tümör ameliyatlarında tek başına SEP kullanılması yeterli değildir, SEP ve MEP birlikte kullanılarak bu cerrahi işlem yapılmalıdır (Resim-5, 6). Sala ve ark. (14) intramedüller tümör cerrahilerinde İONM yapılan vakalarda morbiditenin, monitörizasyon yapılmayan vakalara göre daha az olduğunu ve nörolojik hasarı göstermede İONM'un katkı sağladığını bildirmişlerdir.

### Spinal Deformite Cerrahisi

İskemi, kompresyon ya da traksiyona bağlı nörolojik hasarlar İONM ile erken dönemde fark edilebilmekte ve işlem durdurularak durum geriye çevrilebilmektedir. Bu cerrahilerde SEP ve MEP'in birlikte kullanımı önerilmektedir. Traksiyon ve manipülasyonlar sırasında monitör takip edilmelidir ve bir hasardan şüpheleniyor ise geri çevrilerek hasar engellenebilir.

### KAYNAKLAR

1. Penfield W, Steelman H. The Treatment of Focal Epilepsy by Cortical Excision. *Ann Surg* 1947; 126: 740-61. [CrossRef]
2. Hilger J. Facial Nerve Stimulator. *Trans Am Acad Ophth Otolaryngol* 1964; 68: 74-6.
3. Vauzella C, Stagnara P, Jouvinroux P. Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res* 1973; 93: 173-8. [CrossRef]
4. McLain RF, Saavedra FM. Intraoperative nonparalytic monitoring. In: Benzel EC (ed). *Spine Surgery: Techniques, Complication Avoidance, and Management*. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders; 2012. Chapter 179. p. 1701-3.
5. Lu Y, Qureshi SA. Cost Effectiveness Studies in Spine Surgeries: A Narrative Review. *Spine J* 2014; 14: 2748-62. [CrossRef]
6. Ertekin C. Somatosensory spinal ve Serebral Evoked Potansiyeller. In Ertekin C (ed) *Santral ve Periferik EMG Anatomi-Fizyoloji-Klinik*. İzmir Meta Basım 2006. p.710-1.
7. Greenberg M. Electrodiagnostics. In Greenberg M. (ed) *Handbook of Neurosurgery*. Sixth Edition. New York: Thieme Publishers 2006. p.145-8.
8. Aydınlar E. İntraoperatif Omurilik Monitörlenmesi. In Zileli M, Özer F (ed), *Omurga ve Omurilik Cerrahisi*. Üçüncü Baskı, Cilt 1, İzmir: İntertıp yayınevi, 2014. p.413-9.
9. Waxman S. Somatosensory Systems S. In Waxman (ed), *Clinical Neuroanatomy*. 27<sup>th</sup> edition. China: Mc Geaw-Hill Education 2013. p.277-83.
10. Moller A. Anatomy and Physiology of Motor Systems. In Moller A (ed). *Intraoperative Neurophysiological Monitoring*. 2nd edition, Humana Press Inc: New Jersey 2006. p.157-9.
11. Lopez JR, Chang SD, Steinberg GK. The use of electrophysiological monitoring in the intraoperative management of intracranial aneurysms *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1999; 66: 189-96.
12. Moller AR, Janetta PJ. Monitoring facial EMG during microvascular decompression operations for hemifacial spasm. *J Neurosurg* 1987; 66: 681-5. [CrossRef]
13. Maguire J, Wallace S, Madiga R, Leppanen R, Draper V. Evaluation of intrapedicular screw position using intraoperative evoked electromyography. *Spine* 1995; 20: 1068-74. [CrossRef]
14. Sala F, Palandri G, Basso E, Lanteri P, Deletis V, Faccioli F, et al. Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors: a historical control study. *Neurosurgery* 2006; 58: 1129-43; discussion 1129-43. [CrossRef]
15. Kothbauer KF, Novak K. Intraoperative monitoring for tethered cord surgery: an update. *Neurosurg Focus* 15; 2004; 16: E8.

### SONUÇ

İONM uygulaması, yüksek duyarlılık oranları ile güvenli bir cerrahi girişim olanağı sağlamaktadır. Giderek yaygınlaşan, gerek tıbbi gerekse hukuksal nedenlerden ötürü ileride kullanımı mutlak hale gelecek olan İONM işlemi için bilinçli ve eğitilmiş elemanlara ihtiyaç vardır. Ülkemizde de nörolojik hasarlı hastaların yıllık ekonomik ve sosyal giderleri hesaplandığında, İONM uygulamasının maliyetinin bunun karşısında küçük bir boyutta olduğu aşikardır. Periferik sinir, omurilik ve omurga cerrahileri ile kranyal cerrahilerde özellikle kullanılması, hastanın ve hekimin postoperatif dönemde yüzünü güldürmede yardımcı olacaktır. Unutulmaması gereken nokta ise, ameliyat bir cerrah tarafından yapılacaktır, yeterli bilgi, birikim deneyim olmadan cihaza güvenilerek yapılacak olan cerrahi işlem daha üzücü sonuçlar doğurabilir.