



# Merkezi Sinir Sistemi Kitle Cerrahisi Ameliyatlarında İntraoperatif Nörofizyolojik İnceleme: Dört Yıllık Tek Hastane Tecrübesi

## *Intraoperative Neurophysiologic Examination in Central Nervous System Tumor Surgery: Four-year Single-institution Experience*

F. Gökçem Yıldız<sup>1,2</sup>, F. İrsel Tezer<sup>2</sup>, Melike Mut<sup>3</sup>, Kubilay Varlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi Nörolojik Bilimler ve Psikiyatri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup>Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

### Öz

**Amaç:** İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon (İONM), beyin cerrahisi operasyonlarında nörolojik kaybı en aza indirmek için günümüzde oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Amacımız, merkezimizde kullanılan standart İONM tekniklerini tanımlamak ve çoklu modalite yaklaşımına sahip kendi klinik tecrübemizi tartışmaktır.

**Gereç ve Yöntem:** Tüm beyin cerrahisi operasyonları için danışılan ve en az bir modaliteli İONM (beyin sapı uyarılmış potansiyel, motor uyarılmış potansiyel, somatosensoryel uyarılmış potansiyel ve/veya elektromiyografi) yapılan erişkin hastalar geriye dönük olarak gözden geçirildi.

**Bulgular:** 2012-2016 yılları arasında merkezi sinir sistemi kitle cerrahisi olan 28 hastaya İONM uygulandı. İONM cerrahinin nörolojik morbiditesini en aza indirmektedir ve fonksiyonel nöral dokuların tanınması ve ayrımını sağlamaktadır.

**Sonuç:** Çoklu modaliteli İONM karmaşık merkezi sinir sistemi cerrahisinde sonucun en iyi şekilde olmasını sağlayan değerli bir araçtır.

**Anahtar Kelimeler:** Merkezi sinir sistemi kitle cerrahisi, intraoperatif nörofizyolojik izleme, somatosensoryel uyarılmış potansiyel, beyin sapı uyarılmış potansiyel, motor uyarılmış potansiyel

### Abstract

**Objective:** Intraoperative neurophysiologic monitoring (IONM) is widely used nowadays to minimize neurologic morbidity in neurosurgical operations. Our goal was to describe the standard IONM techniques used in our center and to discuss our own clinical experience with a multimodality approach.

**Materials and Methods:** All consecutive adult patients consulted for neurosurgical operations who underwent at least one modality of IONM (brainstem-evoked potential, motor-evoked potential, somatosensory-evoked potential, and/or electromyography) were retrospectively reviewed.

**Results:** Twenty-eight patients who underwent central nervous system tumor surgery between 2012 and 2016 received IONM. IONM minimizes the neurologic morbidity of surgery and allows identification and differentiation of functional neural tissues.

**Conclusion:** Multimodal IONM is a valuable tool for optimization of outcomes in complex central nervous system surgery.

**Keywords:** Central nervous system tumor surgery, intraoperative monitoring, somatosensory-evoked potential, brainstem-evoked potential, motor-evoked potential

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Dr. F. Gökçem Yıldız, Hacettepe Üniversitesi Nörolojik Bilimler ve Psikiyatri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 532 760 91 08 E-posta: gokcemyildiz@hotmail.com ORCID ID: orcid.org/0000-0002-8051-1868

**Geliş Tarihi/Received:** 08.06.2016 **Kabul Tarihi/Accepted:** 09.05.2017

©Telif Hakkı 2017 Türk Nöroloji Derneği

Türk Nöroloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

## Giriş

İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon (İONM) kitle cerrahilerinde morbiditeyi en aza indirmek amacıyla kullanılmaktadır. Kortikal, spinal, köşe tümörü olan hastalarda anatomik duyarlılığı nedeniyle yol gösterici, çok modaliteli elektrofizyolojik tekniklerin operasyon esnasında kullanımı gündeme gelmiştir (1,2,3,4). İntraoperatif somatosensoriyel uyarılmış potansiyel (SEP), motor uyarılmış potansiyel (MEP), beyin sapı uyarılmış potansiyel (BAEP), görsel uyarılmış potansiyel, direk dalga (D dalgası) tayini ve devamlı serbest kas elektromiyografisi (EMG) çoklu modalitelerin en sık kullanılanlarıdır.

Bu çalışmada, 4 yıl boyunca tecrübe ettiğimiz, operasyon esnasında nörofizyolojik izleme uygulanan kitle cerrahisi operasyonlarını göz önünde bulundurarak bu uygulamanın kullanımının morbiditeye olan katkısını tartışmayı planladık.

## Gereç ve Yöntem

### Hastalar

Şubat 2012-Şubat 2016 tarihleri arasında İONM talebi yapılmış tüm kitle cerrahisi hastalarının klinik, nörolojik muayene, nörogörüntüleme incelemelerinin kayıtları ve takip bilgileri her hasta için retrospektif olarak değerlendirildi. Hastaların kitle lezyon lokalizasyonları başlıca beyin yerleşimli tümörler ve spinal yerleşimli tümörler olarak iki bölgeye ayrıldı.

### İntraoperatif Nörofizyolojik Monitörizasyon

Her hastanın İONM izlemeleri 16 kanallı Viasys Nicolet Endeavor cihazı eşliğinde oluşturulan takip protokolleri ile incelendi. Her hastanın kitle yerleşimine göre, İONM için çoklu modalitelerin kullanılması tercih edildi. Ameliyat esnasında gelişen tüm elektrofizyolojik değişiklikler ve olaylar kaydedildi. Tüm monitörizasyon yapılacak hastalar için genel anestezi madde olarak toplam intravenöz anestezi remifentanil/propofol kullanıldı. Nöromusküler blokaj yapan ilaçlar indüksiyon dışında anestezi olarak kullanılmadı. İntraoperatif kan basıncı takibi her on dakikada bir kayıtlanarak 90 mmHg basınç altındaki değerler kaydedildi.

### İntraoperatif Motor Uyarılmış Potansiyel Takibi

MEP kayıtları her hasta için belirlenen hedef kas içerisine yerleştirilen ikili subdermal iğne elektrotlar kullanılarak yapıldı. Stimülasyon için transkraniyal elektriksel stimülasyon en düşük eşik değeri elde edilmesi açısından uluslararası 10-20 sistemine göre transkraniyal C1, C2, C3 ve C4 bölgeleri/ pozisyonları tercih edildi. Stimülasyon için skalp altına yerleştirilen tirbuşon şeklindeki monopolar elektrotlar kullanıldı. Her MEP yanıtının averajlama olmadan interstimulus intervali 4 msn olacak ve 5 uyarım olacak şekilde tren uyarım kullanarak takibi sağlandı. Filtre aralıkları 30-500 Hz, süpürme zamanı 100 msn, amplitüd 200 mikroV olarak ayarlandı. MEP yanıtlarının amplitüd negatif ve pozitif tepe değerleri işaretlenerek takip edildi. Volüm konduksiyon testi yapıldı. Her kas için MEP uyarım eşik şiddeti tespit edildi. Hastayı sarsmayacak şekilde, eşik şiddetinin 1,5-2 misli uyarım şiddeti ameliyat boyunca uygulandı ve bu uyarım şiddeti tüm ameliyat boyunca değiştirilmedi.

### İntraoperatif Somatosensoriyel Uyarılmış Potansiyel Takibi

İntraoperatif SEP uygulaması üst ekstremitelerde medyan sinir, alt ekstremitelerde posterior tibial sinir uyarılarak izlendi. Periferik sinir stimülasyonu, ikili iğne elektrotlar kullanılarak 0,5 msn uyarı süresi kullanılarak elde edildi. SEP kayıtları skalp üzerine yerleştirilen tirbuşon elektrotlarla üst ekstremitelere için C3'-Fz, C4'-Fz; alt ekstremitelere için Cz'-Fz bölgelerinin kullanımı ile gerçekleştirildi. Elde edilen kayıtlar averajlama sistemi kullanılarak takip edildi. Filtre aralıkları 30/500-1000 Hz olarak ayarlandı.

Daha önce yayınlanmış olan çalışmalarda kritik kriter olarak kullanılan SEP amplitüdünde %50 oranında düşme, latansta %10 oranında uzama, kas MEP'in total kaybı ya da uyarı eşığının iki katına çıkması bu çalışmada da kullanıldı (5,6,7,8).

### Serbest Kas Elektromiyografi Kaydı Takibi

Devamlı serbest kas EMG kaydı kas içine yerleştirilen ikili iğne elektrotlar kullanılarak yapılmıştır. Hassasiyet 50 mikrovolt/D, filtreler 3 Hz-1 kHz olarak belirlenmiştir. Operasyon esnasında gerekli olgularda periferik sinir monopolar uyarıcı kullanılarak uyarıma verilen cevapların takibi yapılmıştır.

### İntraoperatif Beyin Sapı Uyarılmış Potansiyel Takibi

BAEP değerleri her iki kulak uyarımı ve kaydı ile gerçekleştirilmiştir. Kayıtlar bir kulağa gürültü, diğer kulağa 103 dB şiddetinde, 17,5/11,1 Hz frekansında uyarım verilerek kaydedilmiştir. Kayıt kanalları tragus önüne konulan deri altı monopolar elektrotlar (A1 ve A2) kullanılarak, Cz-A1 ve Cz-A2 olarak belirlenmiştir. Filtre aralıkları 5/3000 Hz olarak, süpürme süresi 10 msn, amplitüd 1 mikroV/D olarak ayarlanmıştır.

### İntraoperatif faz dönüşümlü Somatosensoriyel Uyarılmış Potansiyel (Phase reversal) uygulaması

Faz dönüşümlü SEP kayıtlamaları, korteks yüzeyine yerleştirilen 6 veya 8'li monopolar strip elektrotlar kullanılarak ve cerrah tarafından ameliyat planı yapılan santral sulkus olduğu tahmin edilen bölge üzerine dik gelecek şekilde yerleştirilerek yapılmıştır. Medyan sinir uyarılarak her bir yüzeysel elektrot üzerinde oluşan SEP yanıtları incelenmiştir. İşlem bittikten sonra, kayıt elektrodunun yeri cerrah tarafından değiştirilerek işlem tekrar edilmiştir. Bu şekilde elde edilen kortikal N20 dalgasındaki faz dönüşümü takip edilerek santral sulkus lokalizasyonu yapılmıştır.

## Bulgular

### Klinik ve Radyolojik Değerlendirme

2012-2016 yılları arasında toplam 28 kitle operasyonu monitörizasyonu yapılmıştır. Hastaların yaş aralığı 28-73 yıl olup; 11'i erkek (%39,2), 17'si kadındı (%61,8). Tümör yerleşimi 11 olguda spinal (%39,2), 8 olguda pontoserebellar köşe (%28,5), 9 olguda kortikal ve subkortikal kraniyal (%32,1) yerleşimliydi. Hastaların demografik özellikleri ve tümör yerleşimleri Tablo 1'de yer almaktadır. Hastaların 7'sinin preoperatif nörolojik muayeneleri normal sınırlardaydı (%25). Yirmi bir hastanın ise preoperatif pozitif nörolojik muayene bulguları bulunmaktaydı (%75).

### İntraoperatif Monitörizasyon Değerlendirmesi

Operasyon çeşidine göre kullanılan İONM modaliteleri Tablo 1'de sunulmuştur. Nörofizyolojik değişiklik 5 hastada

Tablo 1. Hastaların demografik bilgileri, tümör yerleşimleri ve kullanılan demografik bilgiler

Hasta numarası	Yaş	Cinsiyet	Kitle yerleşimi	Kullanılan modaliteler
1	35	K	Sol frontoparietal	SEP, s EMG, kortikografi
2	43	E	Sol silviyan	MEP, SEP, s EMG
3	73	E	Sol temporal	SEP, s EMG, faz dönüşümlü SEP
4	38	K	Sol frontal	SEP, s EMG, faz dönüşümlü SEP, kortikografi
5	38	E	Sağ frontotemporal kitle	MEP, SEP, s EMG
6	41	K	Sol silviyan kitle	MEP, SEP, s EMG
7	28	K	Sol kaudat nukleus	MEP, SEP, s EMG
8	36	E	Sol frontoparietal	MEP, SEP, s EMG
9	56	K	Sağ temporal	MEP, SEP, s EMG
10	47	K	Sağ pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
11	34	K	Sağ pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
12	52	K	Sol pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
13	56	K	Sağ pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
14	30	E	Sağ pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
15	37	E	Sol pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
16	42	E	Sağ pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
17	33	E	Sol pontoserebellar	MEP, SEP, s EMG, BAEP
18	62	K	Servikal 7-Torakal 1	MEP, SEP, s EMG
19	38	E	Servikal 4-5	MEP, SEP, s EMG
20	54	K	Torakal 5-6	MEP, SEP, s EMG
21	39	K	Torakal 4-6	MEP, SEP, s EMG
22	23	K	Servikal 3-4	MEP, SEP, s EMG
23	48	K	Torakal 10-11	MEP, SEP, s EMG
24	36	E	Servikal 4-5	MEP, SEP, s EMG
25	53	E	Lomber 1-2	MEP, SEP, s EMG
26	46	K	Torakal 2-3	MEP, SEP, s EMG
27	62	K	Torakal 9-10	MEP, SEP, s EMG
28	51	K	Servikal 3-4	MEP, SEP, s EMG

MEP: Motor uyarılmış potansiyel, SEP: Somatosensoryel uyarılmış potansiyel, s EMG: Devamlı serbest kas elektromiyografisi, BAEP: Beyin sapı uyarılmış potansiyel, K: Kadın, E: Erkek

Tablo 2. Nörofizyolojik değişiklik gözlenen hastalar

Hasta numarası	Yaş	Cinsiyet	Kitle yerleşimi	Operasyon esnasında gözlenen nörofizyolojik değişiklik	Ameliyat sonrası 1 gün nörolojik kayıp
2	43	E	Sol silviyan kitle	SEP amplitütlerinde azalma (Rezeksiyon esnasında)	Yok
5	38	E	Sağ frontotemporal kitle	MEP, SEP amplitütlerinde azalma geçici (Hipotansiyon)	Yok
10	47	K	Sağ PS köşe tm	MEP kaybı geçici (Hipotansiyon)	Yok
14	30	E	Sağ PS köşe tm	SEP amplitüt düşüklüğü, MEP amplitüt düşüklüğü	Sağ periferik fasiyal paralizi
15	37	E	Sol PS köşe tm	BAEP latansında uzama geçici	Yok

SEP: Somatosensoryel uyarılmış potansiyel, MEP: Motor uyarılmış potansiyel, BAEP: Beyin sapı uyarılmış potansiyel

(%17,8) gözlenmiştir (Hasta no: 2, 5, 10, 14, 15) (Tablo 2). Bu değişikliklerden 1'i (%3,5) devamlılık göstermiştir (Hasta no: 14). Bu hastada operasyonda tümör rezeksiyonu esnasında cerrahi bölgede kanama gerçekleşerek bu kanama esnasında MEP amplitüdünde progresif olarak operasyonun 3. saatinde düşüş gözlenmeye başlandı. Serbest EMG panelinde fasiyal kaslarda irritasyona bağlı anlık değişiklikler izlendi. SEP potansiyelinin amplitüdünde azalma gözlemlendi. Kritik sınıra gelindiğinde cerrahi ekip uyarıldı, ancak rezeksiyon zorluğu ve kanamanın devam etmesi nedeniyle operasyona devam edildi. Aynı hastaya BAEP takibi de yapıldı, ancak operasyon öncesi dönemde işitme kaybının olması nedeniyle BAEP potansiyelleri kayıtlınamadı. Rağmen hastanın takibi MEP, SEP ve serbest EMG ile sağlandı. Diğer 4 hastada (%14,2) saptanan intraoperatif değişikliklerin ise geçici olduğu gözlemlenmiş ve hipotansiyon parametrelerinin düzeltilmesini takiben düzelmiştir. Bir hastada tümör rezeksiyonu esnasında vazokonstriksiyon gelişimi ile SEP potansiyellerinin kaybı aynı esnada olup, rezeksiyon bitimi sonrasında düzelmiştir.

### Fonksiyonel ve Takip Değerlendirme

Hastaların postoperatif nörolojik durumları 1. günde ve 15. günde değerlendirilmiştir. Postoperatif 1. günde hastalardan 24'ünde (%85,7) herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Dört hastada ise (%14,2) (Hasta no: 5, 13, 14, 17) operasyon sonrasında yeni nörolojik defisit gelişmiştir. Bu hastalardan 1'i frontotemporal tümöre, 3'ü pontoserebellar köşe tümörüne sahip olup, kalıcı defisit 15. günün sonunda sadece birinde gözlenmiştir. Frontotemporal kitleye sahip olan hasta, ameliyat sonrası dönemde septik şok nedeniyle beyin cerrahisi devamlı bakım ünitesinde izlenmiştir. Nörolojik defisit gözlenen hastaların intraoperatif değerlendirilmeleri Tablo 3'te yer almaktadır.

### Tartışma

Ülkemizde ve dünyada giderek artan kullanımı olan İONM cerrahi morbiditeyi en aza indirmek için kullanılmaktadır. Kritik anatomik lokalizasyonlarda yerleşen tümörlerin rezeksiyonu esnasında cerrahi girişimlere duyarlılığı nedeniyle önemi artmış, kullanımı sıklıkla gündeme gelmiştir. Merkezimizde İONM istemi yapılan 28 beyin cerrahi olgusuna tümör cerrahisi esnasında İONM uygulanmıştır. İONM değişik modaliteleri olgu ve tümör lokalizasyonuna göre değişiklik göstermekte olup multimodal takip yöntemi tercih edilmiştir.

İONM esnasında kullanılan MEP monitörizasyonunun spesifitesi SEP monitörizasyonuna göre daha yüksek iken,

multimodal olarak ikili kullanım halinde spesifite %100'lere kadar ulaşmaktadır (8,9,10,11,12,13,14,15).

İONM'nin dalga formunu etkileyen kan basıncı, sıcaklık, parsiyel alveolar karbondioksit basıncı bu yöntemin bilinen kısıtlamaları içinde yer almaktadır (16).

İONM sırasında nörofizyolojik değişikliklerin daha çok tümör rezeksiyonu esnasında geliştiği bilinmektedir (3,17,18). Ancak İONM uygulaması, rezeksiyondan önce de nörofizyolojik değişiklik görülebilmesi nedeniyle operasyonun başından sonuna kadar önerilmektedir.

Verilerin tek merkezde, küçük bir hasta grubunda ve retrospektif olarak gözlenmiş olması çalışmanın sınırlamalarındandır. Çok merkezli, daha büyük hasta gruplarını içeren çalışmalar gelecekteki hedefler arasında olmalıdır. Ayrıca serimizde 10 spinal kord tümörü cerrahisi takibi yapılmasına rağmen D dalgası takibi yapılmamış olması çalışmanın sınırlamalarından bir diğeridir. D dalgasının özellikle servikal ve torakal yerleşimli tümör rezeksiyonu sırasında takibinin önemi geçmişteki çalışmalarda vurgulanmıştır. Literatürde, tümör çıkarımı esnasında kas MEP'lerinin kaybına rağmen D dalgasının devamlılığını sağlaması ya da %50'den fazla amplitüd kaybının olmaması durumunda, ameliyata bağlı olarak gelişebilecek motor defisit geçici olacağı ve bu nedenle cerrahinin devam edebileceği vurgulanmıştır (3). Yine ülkemizden Ilgaz Aydınlar ve ark. (19) tarafından yapılan bir çalışmada MEP kaybolmasına karşın, D dalgası amplitüdünde sadece %30 oranında düşme gelişmesi ile spinal kitle operasyonuna devam edilme kararı alınmış ve hastanın sonuçta defisitsiz taburculuğu sağlanabilmiştir. Çalışmamızda yanlış pozitif ya da yanlış negatif bir sonuç bulunmamaktadır. Yanlış pozitif sonuçlar ekonomik yük ile zararlı ve gereksiz tedavilere neden olabilmektedir (20,21). Yanlış negatif sonuçlar ise literatürde sık bildirilmemiştir.

Pontoserebellar köşe tümörlerinde kitle büyüklüğü ile rezeksiyon esnasında işitme kaybı gelişimi arasında ilişki olduğu bilinmektedir (22). Serimizde 14 numaralı hastanın operasyon öncesi ve sonrası işitme kaybı mevcuttu. Operasyon sonrası periferik fasiyal paralizi şeklinde nörolojik defisiti olan hastanın 8. sinir hasarı ile ilgili net yorum yapılamamıştır. Defisit gelişiminin kitle operasyonu esnasında gelişen kanama komplikasyonu ile ilgili olabileceği düşünülmüştür.

Çalışmamızdaki sonuçlara bakarak merkezi sinir sistemi tüm kitle cerrahisi uygulamaları esnasında SEP ve MEP ile yapılan multimodal monitörizasyonun, cerrahiye bağlı gelişebilecek paraparezi, parapleji ve kuadripleji gibi nörolojik komplikasyonları öngörebildiğini ve cerrahlar için daha güven verici ameliyat yapabileme fırsatı sağladığını düşünmekteyiz.

Tablo 3. Operasyon sonu nörolojik muayene kötüleşmesi izlenen hastalar

Hasta numarası	Yaş	Cinsiyet	Kitle yerleşimi	Kullanılan modaliteler	Postop 1 gün nörolojik kayıp	Postop 15. gün nörolojik kayıp
5	38	E	Sağ frontotemporal kitle	MEP, SEP, BAEP, s EMG	Bilinç kapalı, kuadriplejik (septik şok)	Normal
13	56	K	Sağ PS köşe tm	MEP, SEP, BAEP, s EMG	Hafif sağ periferik fasiyal paralizi	Normal
14	30	E	Sağ PS köşe tm	MEP, SEP, BAEP, s EMG	Ağır sağ periferik fasiyal paralizi	Sağ periferik fasiyal paralizi
17	33	E	Sol PS köşe tm	MEP, SEP, BAEP, s EMG	Hafif sol periferik fasiyal paralizi	Normal

MEP: Motor uyarılmış potansiyel, SEP: Somatosensoryel uyarılmış potansiyel, BAEP: Beyin sapı uyarılmış potansiyel, s EMG: Devamlı serbest kas elektromiyografisi



## Sonuç

İONM cerrahi teknik, anestezi uygulamar ve görüntülemelerin yanında, kritik özellikteki anatomik yapılara yaklaşımlarda uygulanması gereken bir yöntemdir. Bu monitörizasyon tekniklerinin gerektiğinde çoklu olarak bir arada kullanılması ve cerrahi morbiditenin en alt düzeye indirilmesi sağlanmalıdır.

## Etik

**Etik Kurul Onayı:** Çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir. Makale, deneysel veya yeni protokollerin kullanımını hakkında rapor vermemiştir. Analiz edilen tüm veriler rutin tanı ve tedavinin bir parçası olarak toplanmıştır.

**Hasta Onayı:** Retrospektif çalışma olduğu için hasta onayı gerekmemektedir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

## Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: F.İ.T., M.M., F.G.Y., K.V., Konsept: F.G.Y., K.V., Dizayn: F.G.Y., K.V., Veri Toplama veya İşleme: F.G.Y., K.V., Analiz veya Yorumlama: F.G.Y., K.V., Literatür Arama: F.G.Y., K.V., Yazan: F.G.Y.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

## Kaynaklar

- Deletis V, Sala F. Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: a review focus on the corticospinal tracts. *Clin Neurophysiol* 2008;119:248-264.
- Nuwer MR. Overview and history. In: Daube JR, Mauguière F, Nuwer MR (eds). *Handbook of clinical neurophysiology, intraoperative monitoring of neural function* New York, NY: Elsevier, 2008:2-6.
- Sala F, Palandri G, Basso E, Lanteri P, Deletis V, Faccioli F, Bricolo A. Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors: a historical control study. *Neurosurgery* 2006;58:1129-1143.
- Sala F, Dvorak J, Faccioli F. Cost effectiveness of multimodal intraoperative monitoring during spine surgery. *Eur Spine J* 2007;16:229-231.
- Deletis V. Intraoperative monitoring of the functional integrity of the motor pathways, in Devinsky O, Beric A, Dogali M (eds). *Electrical and Magnetic stimulation of the Brain and spinal cord*. New York: Raven Press, 1993:201-214.
- Kothbauer K, Deletis V, Epstein FJ. Intraoperative spinal cord monitoring for intramedullary surgery: an essential adjunct. *Pediatr Neurosurg* 1997;26:247-254.
- Sala F, Lanteri P, Bricolo A. Motor evoked potential monitoring for spinal cord and brain stem surgery. *Adv Tech Stand Neurosurg* 2004;29:133-169.
- Kelleher MO, Tan G, Sarjeant R, Fehlings MG. Predictive value of intraoperative neurophysiological monitoring during cervical spine surgery: a prospective analysis of 1055 consecutive patients. *J Neurosurg Spine* 2008;8:215-221.
- Eager M, Shimer A, Jahangiri FR, Shen F, Arlet V. Intraoperative neurophysiological monitoring (IONM): lessons learned from 32 case events in 2069 spine cases. *Am J Electroneurodiagn Technol* 2009;51:247-263.
- Hilibrand AS, Schwartz DM, Sethuraman V, Vaccaro AR, Albert TJ. Comparison of transcranial electric motor and somatosensory evoked potential monitoring during cervical spine surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:1248-1253.
- Khan MH, Smith PN, Balzer JR, Crammond D, Welch WC, Gerszten P, Scabassi RJ, Kang JD, Donaldson WF. Intraoperative somatosensory evoked potential monitoring during cervical spine corpectomy surgery: experience with 508 cases. *Spine* 2006;31:105-113.
- Quraishi NA, Lewis SJ, Kelleher MO, Sarjeant R, Rampersaud YR, Fehlings MG. Intraoperative multimodality monitoring in adult spinal deformity: analysis of a prospective series of one hundred two cases with independent evaluation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:1504-1512.
- Matsuyama Y, Sakai Y, Katayama Y, Imagama S, Ito Z, Wakao N, Sato K, Kamiya M, Yukawa Y, Kanemura T, Yanase M, Ishiguro N. Surgical results of intramedullary spinal cord tumor with spinal cord monitoring to guide extent of resection. *J Neurosurg Spine* 2009;10:404-413.
- Kobayashi S, Matsuyama Y, Shinomiya K, Kawabata S, Ando M, Kanchiku T, Saito T, Takahashi M, Ito Z, Muramoto A, Fujiwara Y, Kida K, Yamada K, Wada K, Yamamoto N, Satomi K, Tani T. A new alarm point of transcranial electrical stimulation motor evoked potentials for intraoperative spinal cord monitoring: a prospective multicenter study from the Spinal Cord Monitoring Working Group of the Japanese Society for Spine Surgery and Related Research. *J Neurosurg Spine* 2014;20:102-107.
- Quiñones-Hinojosa A, Lyon R, Zada G, Lamborn KR, Gupta N, Parsa AT, McDermott MW, Weinstein PR. Changes in intracranial motor evoked potentials during intramedullary spinal cord tumor resection correlate with postoperative motor function. *Neurosurgery* 2005;56:982-993.
- Ziewacz JE, Berven SH, Mummaneni VP, Tu TH, Akinbo OC, Lyon R, Mummaneni PV. The design, development, and implementation of a checklist for intraoperative neuromonitoring changes. *Neurosurg Focus* 2012;33:E11.
- Garcés-Ambrossi GL, McGirt MJ, Mehta VA, Sciubba DM, Witham TE, Bydon A, Wolinsky JP, Jallo GI, Gokaslan ZL. Factors associated with progression-free survival and long-term neurological outcome after resection of intramedullary spinal cord tumors: analysis of 101 consecutive cases. *J Neurosurg Spine* 2009;11:591-599.
- Jenkinson MD, Simpson C, Nicholas RS, Miles J, Findlay GF, Pigott TJ. Outcome predictors and complications in the management of intradural spinal tumours. *Eur Spine J* 2006;15:203-210.
- Ilgaz Aydınlar E, Yalınay Dikmen P, Silav G, Berkman MZ, Elmacı İ, Özgen S. Intraoperative Neurophysiological Monitoring to Prevent New Neurological Deficits in Spinal Tumor Cases. *Turk J Neurol* 2014;20:47-50.
- Langeloo DD, Lelivelt A, Louis Journee H, Slappendel R, de Kleuver M. Transcranial electrical motor-evoked potential monitoring during surgery for spinal deformity: a study of 145 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28:1043-1050.
- Skinner SA, Holdefer RN. Intraoperative neuromonitoring alerts that reverse with intervention: treatment paradox and what to do about it. *J Clin Neurophysiol* 2014;31:118-126.
- Wiet RJ, Mamikoglu B, Odom L, Hoistad DL. Long-term results of the first 500 cases of acoustic neuroma surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;124:645-651.