

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ CERRAHİSİ ESNASINDA
İNTRAOPERATİF SİNİR SİSTEMİ GÖRÜNTÜLEME
MODALİTELERİNİN ETKİN KULLANIMI

Dr. Ezgi Tuna ERDOĞAN

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Sacit KARAMÜRSEL
İSTANBUL
2012

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ CERRAHİSİ ESNASINDA
İNTRAOPERATİF SİNİR SİSTEMİ GÖRÜNTÜLEME
MODALİTELERİNİN ETKİN KULLANIMI

Dr. Ezgi Tuna ERDOĞAN

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Sacit KARAMÜRSEL
İSTANBUL
2012

TEŞEKKÜR

Benim Fizyoloji alanında çalışmaya karar vermemde en büyük etken olan ve hikayenin en başından bugüne kadar her konuda destek olup bana güvenen, gerek yaptığımız çalışmalar gerekse eğitimimde yol gösterip kendi ayaklarımın üstünde durmamı sağlayan, bilimsel bakışımın temelini oluşturan çok sevdiğim, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum hocam Prof. Dr. Sacit KARAMÜRSEL'e,

Tezim süresince bana yardım eden ve tıp fakültesi öğrenciliğimden bu yana her zaman kapısını çalabildiğim Prof. Dr. Talat KIRIŞ'a ve İstanbul Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı ameliyathanesindeki tüm çalışanlara,

Öğrendiğim her şey için başta Prof. Dr. Tamer Demiralp olmak üzere Fizyoloji Anabilim Dalı'ndaki tüm hocalarıma,

Bir diğer ailem olan arkadaşlarım İlker, Gökçer, Mehmet E., Yasemin, İtir, Bora, Mehmet A., Atilla, Ece, İlke, Vuslat, Sibel ve Şule'ye,

Birlikte çalıştığım ve çalışacağım için ne kadar şanslı olduğumu bildiğim, şimdiye kadar kendisinden öğrendiklerim ve bundan sonra öğreneceklerim için Adnan Kurt'a,

Beni dinleyen dostlarım Basri ve Çiğdem'e,

Her zaman yanımda olan canım aileme,

Ve eşime,

Teşekkür ederim.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje no: 5069

İÇİNDEKİLER

I. ÖZET.....	1
II. SUMMARY.....	2
III. GİRİŞ.....	3
IV. GENEL BİLGİLER.....	5
A. İNTRAOPERATİF NÖROMONİTORİZASYONUN GENEL PRENSİPLERİ ..	5
B. OMURİLİK MONİTORİZASYONU	7
1. Omurilik Cerrahisi ve Monitorizasyon	7
2. Monitorizasyon Yöntemleri.....	9
a. Duysal Uyarılmış Potansiyeller	9
b. Transkraniyal Elektriksel Stimulasyon-Motor Uyarılmış Potansiyeller	11
C. BEYİN SAPI VE KAFA ÇİFTLERİNİN MONİTORİZASYONU	14
1. Beyin Sapi Cerrahisi ve Monitorizasyon.....	14
2. Monitorizasyon Yöntemleri.....	16
a. Elektromiyografi (Sürekli ve Uyarılmış EMG).....	16
b. Fasiyal Sinir Monitorizasyonu	18
c. Trigeminal Sinir Monitorizasyonu	21
d. Diğer Kafa Çiftlerinin Monitorizasyonu.....	21
e. Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyelleri	22
V. UYGULANAN MONİTORİZASYON YÖNTEMLERİ.....	25
A . BAEP MONİTORİZASYONU	25
B . KAFA ÇİFTLERİ MONİTORİZASYONU	25
C . SEP MONİTORİZASYONU.....	26
D . TES-MEP MONİTORİZASYONU	26
VI. HASTALAR VE MONİTORİZASYON.....	27
A. SEREBELLOPONTİN KÖŞE KİTLE OPERASYONU	27
1. Birinci Vaka	28
2. İkinci Vaka.....	29
3. Üçüncü Vaka.....	31
B. OMURİLİKTE KİTLE OPERASYONU	33
1. Birinci Vaka	33

2. İkinci Vaka.....	34
3. Üçüncü Vaka.....	37
4. Dördüncü Vaka	38
C. SERVİKAL SPONDİLOZ OPERASYONU	40
1. Birinci Vaka	40
2. İkinci Vaka.....	42
D. ARTERİOVENÖZ MALFORMASYON OPERASYONU	43
1. Birinci Vaka	43
2. İkinci Vaka.....	43
E. GERGİN KORD OPERASYONU	45
1. Birinci Vaka	45
2. İkinci Vaka.....	47
F. TİP I CHIARI MALFORMASYONU OPERASYONU	48
G. SYRINGOMYELİ OPERASYONU.....	50
VII. TARTIŞMA	52
VIII.SONUÇ VE ÖNERİLER	57
IX. KAYNAKLAR.....	58
X. ÖZGEÇMİŞ.....	70

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.....	27
Resim 2.....	28
Resim 3.....	28
Resim 4.....	29
Resim 5.....	30
Resim 6.....	30
Resim 7.....	31
Resim 8.....	32
Resim 9.....	32
Resim 10.....	33
Resim 11.....	34
Resim 12.....	34
Resim 13.....	35
Resim 14.....	35
Resim 15.....	36
Resim 16.....	36
Resim 17.....	37
Resim 18.....	37
Resim 19.....	38
Resim 20.....	39
Resim 21.....	39
Resim 22.....	40
Resim 23.....	41
Resim 24.....	41
Resim 25.....	42
Resim 26.....	42
Resim 27.....	43
Resim 28.....	44
Resim 29.....	44
Resim 30.....	45
Resim 31.....	46
Resim 32.....	46
Resim 33.....	47

Resim 34..... 47
Resim 35..... 48
Resim 36..... 49
Resim 37..... 49
Resim 38..... 50
Resim 39..... 51
Resim 40..... 51

I. ÖZET

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ CERRAHİSİ ESNASINDA İNTRAOPERATİF SİNİR SİSTEMİ GÖRÜNTÜLEME MODALİTELERİNİN ETKİN KULLANIMI

Amaç: Çalışmamızın amacı fakültemiz Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı'nda sinir sisteminin risk altında olduğu, farklı cerrahi operasyonlarda bilinen monitorizasyon yöntemlerini ameliyatın gerektirdiği şekilde multimodal olarak kullanmaktır. Bu yöntemlerin kullanımının devamlılığını sağlamak için cerrahi ekip ve anestezi ekibi ile birlikte gerekli teknik beceri ve klinik tecrübeyi edinmektir.

Hastalar ve Yöntemler: Beyin ve Sinir Cerrahisi ameliyathanesinde operasyona alınan 15 hastada multimodal monitorizasyon gerçekleştirdik. Üç serebellopontin köşede kitle, dört omurilikte kitle, iki servikal spondiloz, iki arteriyovenöz malformasyon, iki gergin kord, bir Chiari malformasyonu, bir syringomyeli olmak üzere toplam yedi farklı operasyonda duysal uyarılmış potansiyeller (SEP), transkraniyal elektriksel uyarım-motor uyarılmış potansiyeller (TES-MEP), beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleri (BAEP) ve kafa çiftlerinin sürekli ve uyarılmış elektromiyografi (EMG) ile monitorizasyonu yöntemlerinden gerek görülenler kullanılarak monitorizasyon gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Bir hastada beyin sapına yakın çalışılan köşe tümörü operasyonundan sonra yoğun bakımda 3 gün içinde spontan düzelen geçici hemiparezi ve lateral bakış kusuru gelişti. Aynı hastada yutma gücü gelişti ve nazogastrik sonda ile beslenmeye başlandı. Bir hastada operasyon esnasında MEP yanıtları kaybolmakla birlikte ameliyat sonrası nörolojik bir sekel gelişmedi. Diğer 13 hastada ameliyat esnasında monitorizasyonda kritik bir değişiklik gözlenmedi ve operasyon sonrası yeni nörolojik sekel gelişmedi.

Sonuç: Beyin ve Sinir Cerrahisi birimizde birçok yeni monitorizasyon tekniğini cerrah ve anestezi ekibi ile koordinasyonu sağlayarak başarıyla gerçekleştirdik. Özellikle yüksek riskli operasyonlarda birden fazla monitorizasyon modalitesini bir arada kullanma tecrübelerini edindik. Operasyon esnasında ve sonrasında elde ettiğimiz sonuçlar monitorizasyonun, cerraha operasyonu nöral hasar oluşturmadan tamamlaması için avantajlar sağladığını desteklemektedir.

II. SUMMARY

EFFECTIVE USE OF MULTIMODAL INTRAOPERATIVE NEUROMONITORING IN NEUROSURGERY

Objective: This study aims to use appropriate neuromonitoring modalities in operations with high neural injury risks, in the Neurosurgery Department of Istanbul Faculty of Medicine; and also purposes to enhance our clinical experience and technical skills on neuromonitoring together with surgery and anesthesia crews.

Patients and Methods: We performed multimodal neuromonitoring in 15 patients in operation room of Neurosurgery Department. The operations were on seven different pathologies including three cerebellopontin angle tumor, four spinal cord tumor, two cervical spondylosis, two arteriovenous malformation, two tethered cord, one Chiari malformation and one syringomyelia operation. Somatosensory evoked potentials (SEP), transcranial electrical stimulation-motor evoked potentials (TES-MEP), brainstem auditory evoked potentials (BAEP) and continuous-triggered electromyography (EMG) monitoring of cranial nerves were used to monitoring.

Results: In one cerebellopontin angle tumor patient, transient hemiparesis and lateral gaze defect were found postoperatively but recovered in three days in intensive care unit. Dysphagia was developed in the same patient and he was fed through a nasogastric catheter. In one patient MEP responses disappeared during surgery and did not recover later. That patient did not develop any postoperative neurological deficit. We did not face any critical changes in monitoring and any new neurological deficit in other 13 patients.

Conclusions: Different monitoring techniques were performed successfully in coordination with surgery and anesthesia crews. We acquired the experience of multimodal neuromonitoring techniques especially in high risk neurosurgeries. Our data obtained during surgery and postoperative outcomes suggest that intraoperative monitoring provides benefits to the surgeon for minimal neural injury.

III. GİRİŞ

Beyin ve medulla spinalisin risk altında olduğu ameliyatlarda intraoperatif sinir sistemi görüntüleme yöntemlerinin bir arada kullanımı ameliyat sonrası hasar riskini önemli ölçüde düşürmektedir. Yapılan çalışmalarda bu yöntemlerin olası hasarı önlemede özgüllük ve seçiciliğinin yüksek olduğu bulunmuştur. IONM (İntraoperatif Nöromonitorizasyon) 'nin amacı 1) Hasar durumunda cerrahın bilgilendirilerek, henüz hasar geri dönüşümlü iken neden olan etkeni ortadan kaldırmasına ve hasara karşı önlem almasına olanak vermek, 2) Daha fazla hasara neden olmadan minimal hasarla ameliyatı tamamlamasını sağlamaktır (97). IONM den optimal faydayı sağlayabilmek için cerrah anestezi ekibi ve monitorizasyon ekibinin ortak çalışması çok önemlidir (97).

Ameliyat esnasında sinir sistemi takip yöntemleri yaklaşık 40 senedir kullanılmaktadır. İntraoperatif sinir sistemi görüntüleme teknikleri beyin ve sinir sisteminde hasar riski oluşturan ameliyatlarda esnasında bu riski minimuma düşürmek amacıyla kullanılan birbirinden farklı mekanizmalarla çalışan birden çok yöntemi kapsar. Bunlar; duysal uyarılmış potansiyeller (SEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP), sürekli ve uyarılmış elektromiyografi (c-t EMG), beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyelleri (BAEP) ve görsel uyarılmış potansiyellerdir (VEP). Duysal uyarılmış potansiyeller çıkan duysal yollara, motor uyarılmış potansiyeller inen motor yollara, elektromiyografi takibi, beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyelleri ve görsel uyarılmış potansiyeller periferik sinirlere özgü görüntüleme yöntemleridir. İlk İONM 1898 yılında yüz sinirine yakın cerrahi operasyonlarda yüz kaslarının hareketinin gözle izlenmesidir (53). 1960 ve 1970'lerde sinir iletim çalışmaları (50) ve uyarılmış potansiyeller (2, 12, 25, 90, 108) intraoperatif kullanıma adapte edilmiştir. İlk intraoperatif elektriksel sinyal kaydı ise 1966 yılında talamotomi ameliyatında uyanık hastada kaydedilen duysal uyarılmış potansiyeldir (58). Daha sonra hemen ardından 1967 yılında karotis ameliyatı esnasında anestezi altındaki hastadan beyin elektriksel aktivitesini gösteren elektroensefalogram (EEG) kaydı alınmıştır (37). SEP 1970 lerde kullanıma girmiştir ve anestezi altında insandan intraoperatif kayıt alma 1975'de SEP kayıtları ile devam etmiştir (74). MEP 1980'de Merton ve Morton'un kafa yüzeyinden yüksek elektrik akımı vererek kontralateral kaslarda kasılmayı göstermesi ile gelişmeye başlamıştır (75). Harner ve arkadaşları 1986'da sürekli EMG kaydını intraoperatif olarak kullanmışlardır (31).

Beyin sapına yakın çalışılan ameliyatlarda çalışılan bölgede bulunan kafa sinirlerinin hem çekirdekleri hem de sinir lifinin kendisi için risk oluşmakta ve kalıcı hasar gelişebilmektedir. Bu sebeple kafa çiftleri ve beyin sapının risk altında olduğu ameliyatlarda beyin sapına yönelik monitorizasyon yapılmakta ve istenen kraniyal sinirler (fasiyal, trigeminal, glossofaringeal, vagus, aksesuar, hipoglossal sinir) sürekli EMG ile işitme siniri ise işitsel uyarılmış potansiyeller ile ameliyat süresince takip edilebilmektedir. Cerrah istediğinde uyarı veren bir prob ile dokuları doğrudan elektrik uyarısı ile uyararak sinir dokusunu diğer dokulardan ayırıp koruyabilmektedir. Yapılan çalışmaların sonuçları monitorizasyon kullanımının kraniyal sinir hasar riskini düşürdüğünü göstermektedir (33, 35, 106).

Bu geçmişe bakarak İONM'nun birçok alanda kullanılmakla birlikte özellikle beyin ve sinir cerrahisinde ameliyat sonrası nörolojik sekel riskini düşürme açısından çok önem arz ettiğini söyleyebiliriz. Bu sebepten dolayı dünyada birçok cerrahi prosedürde rutin olarak kullanıma girmiştir. Ülkemize baktığımızda bu alanda yok denecek kadar az sayıda çalışma bulunmaktadır ve rutin kullanıma giremediği görülmektedir. Bunun sebeplerine burada değinilmeyecek olmakla birlikte, bu çalışma yürütülürken monitorizasyonun bir ekip çalışması olması, tecrübe gerektirmesi ve rutin kullanılabilmesi için ekibin bu konuda eğitimli yeterli sayıda çalışanı olması gibi gerekliliklerin nedenler olarak sayılabileceği düşünülmüştür.

İstanbul Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı'nda yapılan bu çalışmada temelde, ülkemizde eksikliği hissedilen bütün intraoperatif monitorizasyon modalitelerinin kullanıma girmesinin sağlanması, gerekli teknik ve klinik alt yapının oturtulması amaçlanmıştır. Bu amaçla ülkemizde yapılan önceki çalışmalardaki eksiklikler de göz önüne alınarak, yüksek riskli Beyin ve Sinir Cerrahisi hastalarında o ameliyat prosedürünün gerektirdiği farklı kombinasyonlarda nöromonitorizasyon yöntemleri ile uluslararası standartlara uygun olarak ameliyat süresince hasta takibi yapılması planlanmıştır.

IV. GENEL BİLGİLER

Wilder Penfield (1891-1976), Edwin Boldrey ile Brain dergisinde yayınladığı makalesinde serebral kortekste motor ve duysal sistemlerin organizasyonu ile ilgili intraoperatif elektriksel uyarım kullanarak yaptığı çalışmadan bahsetmiştir (101). Ancak Penfield'dan sonra uzun bir süre intraoperatif sinir sistemi araştırmaları ile ilgili olarak bir gelişme olmamıştır. 1950'ler ve 1960'larda klinik nörofizyoloji 3 alt gruba ayrılmıştır: elektromiyografi (EMG), elektroensefalografi (EEG) ve uyarılmış potansiyel (UP) çalışmaları . Bu gelişmeden sonra, bu elektrofizyolojik yöntemlerin intraoperatif olarak kullanılması için ameliyathane kapıları yavaş yavaş açılmaya başlamıştır.

A. İNTRAOPERATİF NÖROMONİTORİZASYONUN GENEL PRENSİPLERİ

İntraoperatif nöromonitorizasyon terimi beyin, omurilik ve periferik sinir hasarına yol açabilecek durumları saptamak için kullanılan tüm teknikleri kapsar. Sadece beyin cerrahisi ameliyatlarında değil, ortopedi, kulak burun boğaz, vasküler cerrahi, genel cerrahi ameliyatlarında da sinir hasar riski bulunduğundan kullanılmaktadır. İdeal bir intraoperatif nöromonitorizasyon hasara karşı cerrahı, hasarı düzeltebileceği veya azaltabileceği kadar erken uyarmalı, yanlış pozitifliği düşük olmalı, yanlış negatifliği ise olmamalıdır. Monitorizasyon uygulanıyor olması cerrahi prosedürü değiştirmemeli, kolay yorumlanabilir olmalı, kolay uygulanabilir ve uygun maliyetli olmalıdır (70).

Amaçlar temel olarak:

- 1) Geri dönüşümlü bir hasar söz konusu olduğunda, hasar geri dönüşümsüz hale gelmeden belirleyebilmek ve önlem alınmasını sağlayabilmek,
- 2) Ameliyat esnasında hastanın nörolojik durumu ile ilgili bilgi vererek uygulanan cerrahi prosedürü geliştirmektir.

İntraoperatif monitorizasyon, cerrahın hasara yol açabilecek en küçük manipülasyonunu ayarlamasını sağlayarak daha hassas bir teknik kullanabilmesine izin verir. Ayrıca ameliyat bölgesinde yer alan kritik nöral yapılar önceden belirlenerek hasar görmesi engellenebilir. Örneğin; bir köşe tümörü rezeksiyonunda yüz sinirinin liflerinin buldukları yerler belirlenerek korunabilir veya motor korteks belirlenerek tümör çıkarılırken hasardan korunabilir.

Ameliyathane ortamında anestezi altındaki hastaya birtakım testler uygulamak daha kolay olabilmış gibi görünse de durum hiç de öyle değildir. Monitorizasyonda kullanılan bazı modalitelerin yanıtları üzerine anestezinin baskılayıcı bir etkisi vardır. Ayrıca ameliyathanede elektriksel gürültü yaratacak başka birçok cihaz bulunmaktadır (örneğin elektrokoter). Hasta ameliyathaneye geldikten sonra monitorizasyon elektrotlarının takılması için monitorizasyon ekibinin çok kısıtlı bir süresi vardır. Kayıtlar ameliyat süresince alınır. Bu süre içinde ise monitorizasyon sinyalini etkileyebilecek dikkat edilmesi gereken birçok değişken durum bulunmaktadır. Kandaki anestezi madde seviyesi, kan basıncı, vücut ısısı, ilaçlar, elektrolitler ve kan kaybı gibi. Ameliyathanede monitorizasyon, hastadan alınan başlangıç kayıtlarına göre kıyaslanarak yeni hasar olup olmamasına dayanır. İntraoperatif monitorizasyonu “başlangıç öncesi”, “başlangıç” ve “monitorizasyon” (izlem) diye üç aşamaya ayırabiliriz (77). Başlangıç öncesi dönem hastanın ameliyathaneye alınmasından ameliyatta risk altındaki dokunun açılmasına kadar geçen süredir. Bu süreçte anestezi uygulanır, hastaya monitorizasyon için elektrotlar yerleştirilir ve ameliyat için gerekli pozisyon verilir. Bu süreçte hasta açısından nöral hasar riski bulunmamaktadır. Sadece bazı ameliyatlarda hastanın ameliyat masasında alması gereken pozisyon itibari ile nöral hasar gelişebilmektedir. Başlangıç öncesi dönemde kayıt alınmaya başlanır. Sinyal kalitesine bakılarak gerekli sistem kontrolleri yapılır. Hasta steril ameliyat örtüleri ile örtüldükten sonra elektrotlar ile ilgili bir değişiklik ya da düzeltme yapılamaz. Bu dönemde kısa sürede temiz kayıt alabilmek monitorizasyonun ilerleyen aşamaları için çok önemlidir. Sinyal çok değişkendir, çünkü bazı yanıtları etkileyebilen indüksiyon anesteziikleri vücuttan atılır ve anestezi zamanla belirli bir dengeye ulaşır.

Başlangıç dönemi ise sistemik değişkenler belli bir dengeye geldikten sonra ama riskli cerrahi işlem henüz başlamadan önceki dönemdir. Bu esnada alınan kayıtlar ameliyatın kalan süresince referans olarak kullanılacaktır. Bu dönemdeki yanıtlar iyi ise ameliyat süresince cerrahi uyarmak için belli kriterler kullanılabilir. Ancak sinyal kalitesi kötü ise uyarı kriterleri daha düşük standartlarda belirlenebilir (yanıt var/yanıt yok gibi) veya monitorizasyonun uygulanamayacağına karar verilebilir. Monitorizasyon devam ederse alınan yeni kayıtlar sürekli olarak başlangıç kayıt ile kıyaslanarak değerlendirilir.

B. OMURİLİK MONİTORİZASYONU

1. Omurilik Cerrahisi ve Monitorizasyon

Omurilik cerrahilerinde nörolojik komplikasyon, uzamış ameliyat süresinden, fazla kan kaybindan, kombine anterior-posterior yaklaşımlardan kaynaklanabilmektedir. Konjenital kifoz veya skolyoz , intramedullar omurilik tümörleri , gergin kord , Chiari malformasyonu, syringomyeli ve split kord malformasyonu gibi durumlarda cerrahi risk yüksektir. Vasküler hasar sonucu kanlanma yetersizliği de bir diğer risk faktörüdür. Hipotansiyon veya mekanik hasar sonucu bozulan otagülasyon sonrasında omurilik perfüzyonu bozulup iskemiye neden olabilir.

Beyin ve sinir sistemi cerrahisinde iyatrojenik nörolojik hasar, çok sık görülmesine de gerçekleşmesinden çok korkulan katastrofik bir komplikasyondur. İntraoperatif nöromonitorizasyonun önemi ve yıllar içinde teknik ve yöntemsel olarak gelişmesinin en baş nedeni, postoperatif morbiditeyi azaltmaktır. Omurilik yakınındaki cerrahilerde birçok yapı hasar riski altındadır. Bunlar omurilik, sinir kökleri, lumbar pleksus ve bunların komşuluğundaki damarsal yapılardır. İngiliz Skolyoz Araştırma Topluluğu'nun 1987'de 9426 ameliyat verisine göre omurilik hasar insidansı % 0.48 ve kauda ekina veya sinir kökü hasarı insidansı % 0.49 bulunmuştur.

Günümüzde birçok elektrofizyolojik yöntem monitorizasyon için kullanılmaktadır. Her birinin belli yararları, kısıtlamaları ve duyarlılık/ özgüllükleri bulunmaktadır. En sık kullanılan modaliteler SEP (duysal uyarılmış potansiyeller), MEP (motor uyarılmış potansiyeller), devamlı ve uyarılmış EMG (elektromiyografi)'dir.

İntraoperatif monitorizasyon bundan 40 yıl öncesine dayanmaktadır. İntraoperatif olarak nörolojik hasarı anlamak için kullanılan ilk yöntem Stagnara wake-up testidir (131). Bu test 1973'de tanımlanmıştır. Hastanın anestezi derinliği düşürülerek kendisinden istenen komutu-kol veya bacağı hareket ettirmek gibi- yerine getirip getiremediğine bakılır. Bu yöntem primer motor korteks, anterior motor yol, sinir kökleri ve periferik sinirlerin fonksiyonları ile ilgili bilgi verir. Direkt olarak duysal sistemle ilgili bilgi vermez. Wake-up testi sürekli yapılamaz. Hava embolisi, kendi kendini ekstübe etme, sonradan testi hatırlama, kontaminasyon, pozisyonunu değiştirmeye bağlı nöral kompresyon veya sinir kök hasarı bu testin komplikasyonlarından bazılarıdır. Günümüzde wake-up testinin yerini intraoperatif monitorizasyon teknikleri almıştır. Ancak hala, uyarılmış potansiyellerdeki yanıtlarda bir

bozulma olduğunda cerrahın emin olmak için kullanabileceği bir alternatiftir. İlk uygulanan duysal uyarılmış potansiyel kayıtlarından bu yana intraoperatif nöromonitorizasyon çok farklı ve uzun yollar katetmiştir. Uyarılmış potansiyellerin klinikte intraoperatif ilk kullanımı 1970'lerde Nash ve grubunun intraoperatif SEP uygulamasıyla başlamıştır (89, 90).

Intraoperatif nöromonitorizasyonun ilk yıllarında duysal uyarılmış potansiyel (SEP) tek başına yıllarca kullanılmıştır. Duysal uyarılmış potansiyel periferik sinir uyarımına karşı alınan kortikal yanıtlardır ve omurilik monitorizasyonunda en sık kullanılan yöntemdir (15, 93). İlk kullanıldığı yıllarda SEP monitorizasyonunun birbirlerine olan yakınlıklarından dolayı hem duysal hem de motor yol hasarı için yeterli olduğu düşünülmüştür. Ancak daha sonra SEP uygulamalarının bazı dezavantajları görülmüştür. SEP, inhalasyon anesteziğine karşı çok duyarlıdır. Hastada ameliyat öncesi ciddi omurilik hasarı söz konusu ise SEP elde edilmesi güçleşmektedir. Ayrıca ameliyat esnasında SEP datasını yenilemek belli bir süre almaktadır. Çünkü birkaç yüz uyarının ortalamasının alınması gerekmektedir. Nuwer ve arkadaşlarının yaptığı çok merkezli araştırmada skolyoz cerrahisi esnasında uygulanan SEP monitorizasyonu sonuçlarına göre (51,263 spinal ameliyat) klinik nörolojik hasara karşı SEP duyarlılığı % 92, yeni oluşan nörolojik hasara karşı özgüllüğü ise % 98,9 bulunmuştur (93). Özellikle distraksiyon ve rotasyonla omuriliğin uğradığı diffüz hasar durumunda SEP'in çok duyarlı olduğu doğrudur. Ancak selektif anterior kord hasarında SEP'de bir değişiklik görülmemekte, yanlış negatif sonuçlar çıkabilmektedir (6, 19, 141). Kortikospinal yol ve dorsal kolon vasküler ve anatomik olarak birbirinden farklı yollardır. Dorsal kolon daha çok posterior spinal arterlerden beslenirken, lateral ve anterior kortikospinal yollar anterior spinal arterden beslenirler. Bu nedenle sadece anterolateral kolonu ilgilendiren hasarlarda (vasküler yetersizlik gibi) SEP'de hiçbir değişiklik gözlenmeyebilir. Yanlış negatif ve yanlış pozitif SEP sonuçlarıyla ilgili birçok çalışma yayınlanmıştır (28, 39, 60, 65, 78). Tek başına kullanıldığında bu kadar çok yanlış negatif sonuç çıkmasının sebebi SEP'in arka kordona duyarlı olmasıdır. Bu da bizi en önemli dezavantajına götürür; SEP motor yol hasarına karşı duyarlı değildir. Bu konu ilk olarak Lesser ve arkadaşları tarafından rapor edilmiş ardından, Pelosi ve arkadaşları, Minahan ve arkadaşları ve Jones ve arkadaşları tarafından tekrar gösterilmiştir (45, 60, 78, 99). Omurilik monitorizasyonu için yeni metodlar araştırılırken, Owen ve arkadaşları nörojenik motor uyarılmış potansiyeller ile ilgili makalelerini yayınlamışlardır (95). Bu yöntemde omurilik direkt uyarılırken periferik sinirlerden zamana kilitli olarak yanıt alınmaktaydı. Dolayısıyla yazar bu yöntem ile motor yolları ameliyat esnasında kontrol edebileceğini söylüyordu. Ancak sonrasında yapılan çalışmalarda ameliyat

sonrası paraplejik olan hastalarda nörojenik motor uyarılmış potansiyellerin (nMEP) korunduğu gösterilmiştir (130). Minahan ve Deletis'in çalışmaları ile nMEP tekniğinin motor yol monitorizasyonu için uygun olmadığı gösterilmiştir (17, 78). Bu sonuçlar nörojenik motor uyarılmış potansiyellerin arka kordonda antidromik uyarıma bağlı olduğunu düşündürmüş, motor yollar için (özellikle lateral kolon) kullanılmayacağı görülmüştür.

Omurilikte motor yolların monitorizasyonu için çok daha spesifik yöntemler araştırılmaya devam edilmiştir. İntraoperatif motor uyarılmış potansiyel eldesi için Boyd ve arkadaşları, tek bir transkraniyal elektriksel uyarım ile motor korteksi uyarıp, omurilikten D dalgasını (direkt omurilikten alınan yanıt) kaydettikleri yöntemi tanımlamışlardır (7). Bundan 7-8 yıl sonra Taniguchi ve arkadaşları tek bir elektriksel uyarım yerine kısa süreli art arda gelen uyarıları direkt olarak açık motor kortekse uygulayarak, Pechstein ve arkadaşları ise transkraniyal olarak aynı uyarı tekniğini kullanarak ekstremitelerden motor uyarılmış potansiyel kaydı almışlardır (TES-MEP) (98, 127). Günümüzde transkraniyal elektriksel uyarım motor yolları monitorize etmek amacıyla en sık kullanılan yöntemdir.

Literatürde intraoperatif TES-MEP kullanımının olumlu sonuçları ile ilgili birçok yayın bulunmaktadır (10, 22, 46, 55, 57, 65, 86, 100, 112, 125). TES-MEP'in SEP'e göre çok sayıda avantajı bulunmaktadır. Bunlar; yanlış negatif sonuç bulunmaması, SEP'e göre daha hızlı yanıt alınması, birçok kastan yanıt alınabilmesidir. Tüm bunlar TES-MEP'i farklı cerrahi seviyelerde (servikal-lumbar) ve farklı hasta kategorilerinde (nörolojik sekeli bulunan hastalar) kolay kullanılabilir yapmaktadır (56). Nörolojik hasar bakımından SEP kriterleri iyi tanımlanmış olmasına karşın, TES-MEP ile ilgili olarak henüz tam olarak üstünde birleşilmiş bir ortak kriter bulunmamaktadır (56).

2. Monitorizasyon Yöntemleri

a. Duysal Uyarılmış Potansiyeller

(Somatosensory Evoked Potentials-SEP)

SEP, intraoperatif monitorizasyon teknikleri arasında en iyi tanımlanmış olanıdır. SEP ile ilgili beyin cerrahisi, omurilik cerrahisi, ortopedik cerrahi, kardiyovasküler cerrahi, girişimsel nöroradyoloji gibi alanlarda geniş literatür bulunmaktadır.

Teknik: SEP'in temel ilkesi periferik siniri uyarmak ve uyarılmış elektriksel aktivite yanıtını merkezi sinir sisteminden kaydetmektir. Bu yanıt somatoduysal yolların çekirdeklerinden, korteksten ve aksonlardan kaynaklanmaktadır (80). Anatomik olarak serebral korteks, miks periferik sinir ve omuriliğin dorsal kolonu kontrol edilmiş olur.

Uyarı: Yanıt, periferik sinirin elektriksel olarak bipolar uyarımı ile elde edilir (73). Üst ekstremité için median sinir (el bilek iç yüzü), alt ekstremité için posterior tibial sinir (iç malleolün arkası) tercih edilir (96). Bu sinirlerden alınan SEP kayıtlarının hem daha kolay elde edildiği hem de daha stabil oldukları görülmüştür (72). Steril subkutan iğne elektrotlar veya yüzeysel elektrotlar, birbirlerinden 2 cm kadar uzak, katod proksimalde, anod distalde olacak şekilde (çıkan aksiyon potansiyelinin anod tarafından bloklanmaması için) ekstremitéye yerleştirilir. Toprak elektrot uyarı bölgelerine yakın bir yere yerleştirilir. Tek bir toprak elektrot yeterlidir.

Uyarı Parametreleri: Maksimum SEP yanıtını elde etmek için gerekli uyarı şiddeti anestezi altındaki hastada uyanık insana göre biraz daha yüksektir. Median sinir için 20-25 mA, posterior tibial sinir için ise 25-30 mA genellikle yeterli olur. Ancak eğer hastada ameliyat öncesi sinir hasarı varsa o zaman bu değerlerden daha yüksek şiddette uyarı kullanmak gerekebilir. Ancak gereksiz yüksek şiddette uyarı vermek, hastada kas kasılması ve dolayısıyla harekete neden olacaktır. Bu da ameliyat güvenliği açısından risk oluşturur. Elektrotlardan verilen elektriksel uyarının süresi 200 ile 500 µs arasında değişebilir. SEP yanıtı elde etmek zor ise maksimum değer olan 500 µs'ye çıkılabilir.

SEP yanıtının görülebilmesi için en az 200-500 arası yanıtın ortalaması gerekir. Çünkü SEP yanıtı, genliği çok düşük bir uyarılmış potansiyeldir. Bu nedenle uyarı hızla tekrarlanmalıdır ki ortalama hızla yenilenebilsin. Uyarı frekansı 1-10 Hz arasında değişebilir ancak rutin bir SEP kaydında 5 Hz tavsiye edilmektedir (73). Ancak şebeke elektrik gürültüsü 50 Hz olduğundan artefakt oluşmaması için 5.3 Hz gibi kusurlu değerler kullanılır. SEP kaydı bütün ekstremitelerden aynı anda alınabilir. Bunun için uyarı her ekstremitede hızla sırasıyla gezer ve böylelikle tüm datayı yenilemek daha kısa zaman alır.

Kayıt: SEP kaydı için kafa derisine steril subdermal iğne elektrotlar yerleştirilir. Üst ekstremité kaydı için Uluslararası 10-20 sistemine göre C3-C4 diye ifade edilen noktaların 2-3 cm arkalarına, alt ekstremité kaydı için Cz noktasının 2-3 cm arkasına elektrotlar yerleştirilir. Bu yeni noktalara Cz', C3', C4' denir. Referans elektrot Fpz noktasına yerleştirilir. İmpedanslar 5-10 kΩ'un altında tutulur. Kaydedilen sinyal için 10-3000 Hz arası bant geçiren filtre kullanılır. Ameliyathane ortamında yüksek frekanslı artefakt olabileceğinden filtre biraz daha agresif kullanılabilir, üst kesen 3000'den, 500 Hz'lere kadar düşürülebilir. 50 Hz şebeke için notch filtre kullanılmaz çünkü SEP sinyali bu frekansta çok güçlüdür ve sinyalden de kesilmiş olur, sonuç etkilenir. Uyarı sonrası analiz penceresinin 50-100 ms olması yeterlidir. Eğer ortam artefaktsız ve sinyal temizse 100-150 uyarının

ortalaması analiz için yeterli olur (128). Duruma göre, değerlendirilebilir bir potansiyel ortalama da belirginleştiği zaman ortalama alma prosedürü elle durdurulabilir.

Değerlendirme: SEP yanıtında değerlendirmede en sık kullanılan komponentler erken kortikal komponentler olan, üst ekstremité için N20, alt ekstremité için ise P40'dır. Bu yanıtlar uyarının karşı tarafındaki parietal bölgeye yerleştirilen elektrotlardan alınır. N20, uyarıdan 20 ms sonra tepe yapan sinyaldeki negatif yönde sapma, P40 ise uyarıdan yaklaşık 40 ms sonra tepe yapan, sinyaldeki pozitif yönde sapmadır. SEP'de geç komponentler değerlendirilmez. Bunlar sekonder asosiyasyon kortekslerine aittir. Anesteziden çok etkilenirler ve bu dalgalar çok araştırılmamıştır. Değerlendirilen parametreler bu tepe noktalarının genlik ve latans değerleridir. Yanıtın şekli değerlendirilmez. Latans, uyarandan, yanıtın tepe yaptığı noktaya kadar geçen süre alınarak değerlendirilir. Genlikler ise başlangıçtan tepe noktasına olacak şekilde değerlendirilir.

En sık kullanılan SEP kriterleri; genlikte % 50 düşme ve daha zayıf bir kriter olmasına rağmen hala kullanılan latansta % 10 uzamadır. Bu durumlar anormal kabul edilir (93, 15, 138). Bu kriterler nörolojik hasar uyarısı veren kriterlerdir. En ideal şartlarda dahi SEP'in bir değişikliği göstermesi 5 dakika gerektirmektedir (114). SEP latansında % 7 ile % 14 arasında uzama, genliğinde ise % 45 ile % 50 arasında bir düşüş olması durumunda postoperatif nörolojik sekel görülmemiştir (54, 64, 137). Bir nörolojik hasara karşı genlik değişikliğinin biraz daha duyarlı olduğu görülmüştür (59).

b. Transkraniyal Elektriksel Stimulasyon-Motor Uyarılmış Potansiyeller

(Transcranial Electrical Stimulation-Motor Evoked Potentials TES-MEP)

Motor fonksiyonların korunması sinir sistemi cerrahilerinde en önem verilen konudur. Aynı zamanda tümör cerrahilerinde en radikal cerrahi rezeksiyonu yapabilmek postoperatif hayat kalitesi açısından da önemlidir. Günümüzde ameliyat öncesi ve esnasında uygulanan fonksiyonel görüntüleme yöntemleri ile cerrah için anatomik yapıları belirlemede büyük kolaylık sağlansa da, intraoperatif sürekli fonksiyonel değerlendirme için kullanılamamaktadır. Omurilik MEP monitorizasyonu, yapılan birçok çalışma bulunması nedeniyle teknik ve klinik anlamda kuralları yerleşmiş omurga ile ilgili ve aortik cerrahi prosedürlerinde rutin kullanılan bir yöntemdir.

Merton ve Morton, kafa yüzeyine uygulanan yüksek voltaj akımın beyine ulaştığını ve motor korteks ile kortikospinal yolu aktive edebildiğini göstermişlerdir (76). Transkraniyal manyetik motor korteks uyarımı ve yanıtların omurilikten ve kastan kaydedilmesi

kullanılmaya başlandıktan sonra bu tekniklerin intraoperatif kullanımı için özellikle de omurilik ameliyatlarında çalışmalar başlamıştır (4, 7, 9, 23, 47, 62, 139, 140). Kortikospinal yolu intraoperatif takip edebilmek için iki metod geliştirilmiştir. Bunlar tekli uyarım ve çoklu uyarımdır. Tekli uyarım, tek bir elektriksel uyarımın transkraniyal olarak verilmesi ve omurilikten doğrudan yanıtın (D dalgası) elde edilmesidir. Bu tekniğin ayrıntılarına bu çalışmada değinilmeyecektir.

Çoklu uyarım tekniği, 5 ile 7 arasında elektriksel uyarımın art arda transkraniyal olarak uygulanması ve ekstremitelerde kaslarındaki elektrotlardan motor uyarılmış potansiyellerin (veya compound muscle action potentials CMAP da denir) kaydedilmesidir. 1993 yılına kadar intraoperatif miyogenik MEP yanıtlarını kaydetmek genel anestezi uygulamasından dolayı mümkün değildi. 1993 yılında Taniguchi ve arkadaşları genel anestezi altında hem direkt kortikal hem de transkraniyal uygulanabilecek farklı bir uyarım paradigması geliştirdiler (127). Anestezinin alfa motor nöronlar üzerindeki baskılayıcı etkisini, eksitator postsinaptik potansiyellerin zamansal toplanması ile yenebileceğini görmüştür. Kastan motor aktivite ancak bu güçlendirme etkisi ile kaydedilebilmiştir. Çoklu uyarım tekniği bu şekilde gelişmeye başlamıştır.

Teknik: Monopolar kortikal uyarım en etkin kortikal uyarım tekniğidir (3,11). Anodal uyarımda akım apikal dendritlerden girer ve kortikospinal yolun proksimal Ranvier düğümlerinde depolarizasyona yol açar (3). Katodal uyarı ise tersine hiperpolarizasyona yol açar ve uyarılmayı baskılar. Ancak pratikte katodal uyarımın da yüksek şiddette uygulanırsa motor aktivasyona yol açtığı, tıpkı uyarıcı bir elektrot gibi davrandığı görülür. Kafatası uygulanan elektrik akımına karşı yüksek dirençli bir bariyer gibi davranır. Zayıf elektriksel uyarımın korteks ve subkortekse kadar, orta şiddette elektriksel uyarımın internal kapsüle kadar, yüksek şiddette elektriksel uyarımın ise beyinsapı foramen magnuma kadar ulaştığı kabul edilmektedir. Selektif uyarı ancak düşük elektriksel uyarım ile korteks seviyesinde mümkündür. MEP yanıtları oluşumu ve kastan bu yanıtı elde edebilmemiz motor korteksin uyarılabilirliğine, kortikospinal yol aksonlarının iletimine, alfa motornöron havuzunun uyarılabilirliğine, omuriliği destekleyici sistemlere ve motor sinirlerin, motor son plağın ve kasların sağlamlığına bağlıdır.

Uyarı: Kafa yüzeyinde elektrot yerleşimi uluslararası 10-20 sistemine göre yapılır. Transkraniyal uyarı için tirbuşon elektrotlar kullanılır. Bu elektrotlar hem daha sağlam yerleşir hem de düşük impedanslıdır. Alternatif olarak iğne elektrotlar kullanılabilir ancak

kap elektrotlar tavsiye edilmez. Hem kullanımı zor, yerinden kolayca çıkabilir hem de zaman kaybettirir. Tek istisna henüz fontaneli kapanmamış küçük çocuklardır.

Standart elektrot montajı üst ekstremitte için, C3/C4, alt ekstremitte için ise C1/C2 noktalarıdır. Önce yazılan anod elektrotun yerleştirildiği yerdir. Toprak elektrot uyarı bölgelerine yakın fazla kas hareketi olmayacak (omuz gibi) bir bölgeye yerleştirilir. C3/C4 elektrotlarından uyarı verildiğinde üst ekstremitelerden MEP yanıtı elde edilir ancak aynı elektrotlardan alt ekstremiteden yanıt elde edebilmek için yüksek şiddette uyarı vermek gerekir (alt ekstremitenin anatomik olarak kortekste interhemisferik fissürde bulunmasından dolayı). Yeterli şiddette uyarı ile 4 ekstremitte de uyarılabilir.

Uyarı Parametreleri: Transkraniyal uyarım ile uygulanan elektriksel akımın %10-20'si kadarı motor kortekse ulaşır (1). 50-150 mA arasında akım şiddeti genellikle yeterli olur. Çoklu uyarım için 5 ile 7 arasında uyarı art arda verilir. Bu şekilde alfa motor nöronlarda daha çok EPSP (eksitator postsinaptik potansiyel) toplanır ve daha iyi motor yanıt alınabilir. Çoklu uyarımın tercih edilmesinin bir diğer sebebi daha düşük elektriksel akım yeterli olmakta ve kas aktivitesi daha yumuşak olmaktadır. Bir uyarı darbesinin süresi 50-500 µs arasında değişebilir. Uyarı darbeleri arası 2-4 ms olarak kullanılabilir. Gerekli uyarı süresi kişiden kişiye değişecektir.

Kayıt: MEP yanıtları hedef kaslardan elde edilir. Kaslarda kullanılan elektrotlar iğne elektrotlardır. Standart olarak ekstremitelerdeki distal kaslar kullanılır. Üst ekstremitte için küçük el kaslarından olan abduktor pollicis brevis tercih edilir. Önkol uzun fleksörleri de iyi alternatiflerdir. Bu kaslar kortikospinal yol innervasyonu fazla olduğu için ve kortekste temsili daha geniş olduğu için tercih edilir. Alt ekstremitte için abduktor hallucis brevis ve tibialis anterior kasları tercih edilir. Monitorize edilen kas sayısının fazla olmasının monitorizasyon açısından bir fayda sağlamadığı görülmüştür (16).

Kas yanıtları yüksek frekanslı aktiviteler olduğundan filtre geniş tutulur. Bant geçiren filtre 10 Hz ile 3-10 kHz arasında kullanılır. Elde edilen sinyaller 10000 kere yükseltilir.

Değerlendirme: MEP yanıtları çok değişken yanıtlardır. Bu nedenle genlik veya latans değerlendirmesi yapılması doğru değildir. Monitorizasyon parametresi olarak MEP yanıtını oluşturan eşik şiddeti kullanmak da doğru gözükmemektedir (10). Bu konuda çalışanların ortak görüşü MEP yanıtlarının varlığı veya yokluğunun değerlendirilmesidir. Yapılan çalışmalarda kastan elde edilen MEP yanıtlarının kaybolması durumunda motor hasarın görüldüğü bulunmuştur (46, 55, 139).

Dezavantajları: MEP monitorizasyonun iki önemli dezavantajı vardır. İlki monitorizasyon ameliyat süresince sürekli olarak yapılamaz. Belli aralar ile kesik kesik tekrar edilir. İkincisi de MEP monitorizasyonu teknik olarak zor bir yöntemdir. Her zaman başarılı olunamayabilir. Üst ekstremiteler için MEP elde edimi başarısı % 94.8 iken alt ekstremiteler için % 66.6'dır. (SEP'de ise bu değerler üst ekstremiteler için % 98 alt ekstremiteler için % 93) (13). Eğer ameliyat öncesi motor hasar varsa alt ekstremitelerden MEP yanıtı elde edilme başarısı % 39'a inmektedir. Bütün bunların yanı sıra MEP ile monitorize edilen motor yollar bütün motor nöron havuzunun %4-5'ini oluşturmaktadır (119).

İnhalasyon anesteziikleri motor nöronları baskıladıkları için kortikal uyarılmayı da baskılar. Anestezide kullanılan kas sinir kavşağı blokerler ise kasın kasılmasını, dolayısı ile MEP yanıtını engeller. Total intravenöz anestezi uygulaması MEP için bir avantaj olmuş MEP uygulanması kolaylaşmıştır (118). Ancak yüksek doz intravenöz propofolün alfa motor nöronları baskılayarak MEP yanıtlarının kaybolmasına veya genliklerinin düşmesine yol açtığı gösterilmiştir (48). Diğer taraftan MEP için uygun olan anestezi uygulamaları hem zor hem de standart uygulamalardan daha pahalıdır.

Kontraendikasyonlar: Kontraendikasyonlar derin beyin stimülatörü, koklear implant ve kalp pili olmasıdır. Göreceli kontraendikasyonlar olarak da epilepsi, kortikal lezyon, kafatası defekti prokonvülzan ilaç kullanımı sayılabilir.

Genel olarak güvenli bir yöntem olmasına rağmen dil laserasyonu (en sık görülen komplikasyon) yüz kaslarının şiddetli kasılmasına bağlı olarak gelişebilir (66). Bunu önlemek için ağza ısırma bloğu yerleştirilebilir.

C. BEYİN SAPI VE KAFA ÇİFTLERİNİN MONİTORİZASYONU

1. Beyin Sapı Cerrahisi ve Monitorizasyon

Beyin sapı birçok hayati önemi olan merkezin anatomik olarak birbirine çok yakın bulunduğu konsantre bir bölgedir. Bu bölgede kafa çiftleri, motor ve duysal yollar, liflerin çaprazlaştığı bölgeler ve retiküler formasyon bulunmaktadır. Beyin sapı uzun yıllar cerrahlar için “dokunulmaz” bölgeydi. Ancak daha sonraları bu bölgede yapılan olumlu cerrahi girişimler bir grup hastanın bundan faydalanabileceğine dair kanıtlar ortaya çıkardı. Multiplan manyetik rezonans görüntüleme ve ayrıntılı nörolojik inceleme cerrahiden faydalanabilecek hastaların seçilmesi ve ideal cerrahi prosedürün seçilmesini destekledi. Günümüzde beyinsapı tümörleri umutsuz vakalar olarak görülmemekte, önemli bir grubu cerrahiden fayda

sağlamaktadır (8, 43). Nörogörüntüleme yöntemleri, cerrahi teknikler, yoğun bakım olanakları ve nöromonitorizasyon tekniklerinin gelişmesi ile bu zor bölgenin cerrahisinde de gelişmeler yaşanmıştır. Artık serebellopontin köşe tümörü gibi patolojilerde morbidite ve mortalite azalmıştır.

1960'lar ve 1970'lerde periferik sinir ile ilgili sinir iletim çalışmaları intraoperatif alanda uygulanmaya başlanmıştır (50). Periferik sinirlerin intraoperatif monitorize edilmesi için sürekli elektromiyografi (EMG) takibini ilk olarak Harner ve arkadaşları 1986'da tanımlamışlardır (31). Kranial sinirler cerrahi prosedür esnasında travmaya veya iskemiye bağlı olarak hasar görebilmektedir. Bu sinirlerin hasara yatkın olmalarının sebepleri olarak çok küçük olmaları, dolambaçlı bir yol seyretemeleri ve hassas epinöryumları sayılabilir. Tümör ve diğer patolojiler bu bölgedeki normal anatomik yapıları ve ilişkileri bozabilir, bu da ameliyat esnasında kranial sinir hasar riskini artırır.

Kranial sinir monitorizasyonu için EMG ve uyarılmış potansiyeller kullanılabilir. Bunlar anesteziden az etkilendikleri için çok değişken sinyaller değildir. Görsel uyarılmış potansiyeller gibi orta latanslı yanıtlar anesteziden daha çok etkilenirler bu nedenle ameliyat esnasında kullanımları çok etkili değildir (30, 44, 133).

En sık monitorize edilen kafa çiftleri serebellopontin köşe operasyonlarında risk altında olan fasiyal sinir ve işitsel sinirdir. Tarihsel olarak ilk önce fasiyal sinir monitorizasyon metodları tanımlanmış, daha sonra işitsel sinir ile ilgili çalışmalar bunu takip etmiştir (26, 27, 38, 80, 81, 83, 107, 123). Bu teknikler 1980'lerde serebellopontin köşe ameliyatlarında genel kullanıma girmiştir (33, 83, 104, 116, 136). Daha aşağılarda bulunan kranial sinirler (9, 10, 11, 12. sinir) kafa tabanını ilgilendiren operasyonlarda risk altındadırlar. Kafa tabanı operasyonları geliştikçe diğer kranial sinirlerin monitorizasyonu da uygulanmaya başlanmıştır (80, 81, 115, 135). Ekstraoküler kasları innerve eden kafa çiftlerinin monitorizasyonu da birçok kafa tabanı cerrahisi için önem arz eder. Beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleri (BAEP) ise beyin sapının genel olarak fonksiyonunun takip edilmesi gereken beyin sapının manipüle edileceği, baskı altında kalacağı ve geniş akustik tümör ameliyatlarında gereklidir.

Nöromonitorizasyon açısından postoperatif yutma güçlüğü ve göz koordinasyon bozuklukları hala çözümlenememiş problemlerdir. İntraoperatif monitorizasyonda bir problem görülme de ameliyat sonrası yutma güçlüğü görülebilmektedir. İnternükleer fasiküller monitorize edilemediğinden beyinsapı ameliyatlarından sonra internükleer oftalmopleji de görülebilmektedir.

Tek tek baktığımızda kafa çiftlerinin veya çekirdeklerin hasarında ameliyat sonrası görülebilen sekeller şunlardır;

Mezensefalon (Ortabeyin); Okulamotor (III) ve Troklear (IV) sinir hasarı sonucu göz hareket kusuru

Pons: Trigeminal (V) sinir hasarı sonucu yüz duyusunda kayıp

Fasiyal (VII) sinir hasarı sonucu yüz kaslarında felç

Abdusens (VI) sinir hasarı lateral bakış kusuru ve (VI-III yolu hasarına bağlı) internükleer oftalmopleji

Vestibulokoklear (VIII) sinir hasarı sonucu işitme ve denge kusurları

Medulla ve servikomedullar bileşke: En tehlikeli cerrahi komplikasyonlar olan alt kafa çiftleri hasarı

Hipoglossus hasarı (XII): dilde atrofi ve paralizi

Vagus (X) hasarı: Bronş, kalp ve mideye giden motor liflerde hasar sonucu bu organlarda fonksiyon bozuklukları

Vagus (X) glossofaringeus (IX) ve aksesuar (XI) sinir hasarı: damak, farinks ve larinks kaslarında felce bağlı disfoni, yutma güçlüğü, öksürük refleksi kaybı bunlara bağlı aspirasyon pnömonisi

2. Monitorizasyon Yöntemleri

a. Elektromiyografi (Sürekli ve Uyarılmış EMG)

Duysal uyarılmış potansiyeller ve beyin sapı işitsel potansiyelleri beraber kullanıldığında beyin sapı fonksiyonlarının sadece %20'sini değerlendirebilmeyi sağlarlar (20). Ayrıca bu yöntemler beyin sapında lokalizasyonla ilgili bilgi vermez sadece fonksiyonel monitorizasyonu sağlarlar. Haritalama teknikleri ile motor sinirlerin hem kendileri hem de çekirdekleri belirlenebilmekte, cerrah ameliyat süresince sinirleri ve çekirdekleri koruyabilmektedir.

İntraoperatif EMG kaydı, sürekli EMG yanıtını ve uyarılmış (direkt elektriksel uyarım) EMG kaydını içerir. Standart iğne EMG yöntemine benzer. EMG'de nörotonik deşarjlar takip edilir. Bunlar ilk olarak 1980'lerde tanımlanmıştır (14, 31). Yüksek frekanslı kesintili veya sürekli ortaya çıkan bu kas yanıtları mekanik veya metabolik uyarıya karşı ortaya çıkarlar. Bunları hasta hareketinden (dolayısıyla elektrot hareketinden) kaynaklanan artefaktan ve anestezinin yüzeyelleşmesiyle ortaya çıkan motor ünite aktivitelerinden ayırmak gerekir. Motor sinirlerin manipülasyonu aksonlarda depolarizasyona, bu da

monitorize edilen kastaki motor ünitelerde aktivasyona yol açar. Nörotonik deşarjlar, direkt elektriksel uyarımın yarattığı tek deşarjın (spike, pulse) dışında, bürst (burst) ve tren aktivite olarak ikiye ayrılır (103). Bu aktiviteler motor ünite aktivitelerinin art arda hızlı ve düzensiz biçimde gelmesi ile oluşur. Bürst aktivite 200 ms'den kısa süren 30-100 Hz frekansta simultane motor ünite ateşlemeleridir. Sinirin uzun mekanik manipülasyonu veya traksiyonu sonucu oluşur. Bürst patern genellikle sinir hasarını göstermez ve devamında 30 saniye kadar süren periyodik aktivite görülebilir. Bu yanıtın 200 ms'den uzun sürmesine tren aktivite denir ve mekanik uyarı, cerrahi bölgenin soğuk serum fizyolojik ile yıkanması veya olası sinir iskemisi buna neden olabilir (5, 31, 33). Özellikle sinirin medial-lateral yönde traksiyonu belli bir gecikmeden sonra tren aktiviteye neden olabilir. Genel kural olarak ne kadar çok sayıda ve yüksek frekansta motor ünite aktivitesi görülüyorsa, sinir iritasyonu da o derece fazladır. Frekans 30 Hz'in üstüne çıkınca sinir iritasyonu var demektir. Frekans EMG monitorizasyonunda tıpkı bir elektriksel artefakt gibi monitörü dolduracak ve başlangıç EMG yanıtı görülemeyecek kadar artarsa buna "asenkrone nörotonik aktivite", "popcorn" aktivite veya "C-tren aktivite" denir (36, 103, 109). A-tren aktivite sinüzoidal dalga paterninde 60-200 Hz arasında 500µV 'u geçmeyen aktivitedir. Romstock'un bu sınıflandırmasına göre B ve C tren aktivitelerin hasar ile ilişkisi kanıtlanmamış olsa da A tren aktivitenin sinir hasarı ile ilgisi vardır. Bu aktivitenin ameliyat öncesi sinir hasarı olanlarda görülmesi, özellikle de ameliyat sonrası sinir hasarı ilerleyenlerde ameliyat süresince bu aktivitenin 10 sn'den fazla sürmesi bu yorumu desteklemektedir (105). Nörotonik deşarjlar motor aksonun mekanik uyarımı ile ortaya çıktığı için sinirin lokalizasyonu ile ilgili olarak cerraha hızla bilgi verir. Bu yanıtların olması sinir hasarını göstermez veya olmaması da sinir hasarını dışlamaz (14, 31, 33, 51). Bunların yanı sıra sinirin aniden kesilmesi nörotonik deşarj oluşturmazken, hasar gören sinir de sağlam sinire göre daha az deşarj oluşturur (14, 31, 33, 91). Bu durumda EMG'nin sessizleşmesi sinir iritasyonu olmadığını değil, sinir disfonksiyonunu düşündürmelidir. Bütün EMG istenirse işitilebilir sese çevrilerek ameliyat süresince cerrahın ses ile geribildirim alması sağlanabilir.

Kayıt için standart EMG elektrotları ve EMG kayıt paradigmaları kullanılır. (50-200 µV duyarlılık, 30-20000 Hz filtre, 10-100 ms/cm hız). Kayıt için hangi kafa çifti takip edilecekse onun innerve ettiği kasa iğne elektrotlar yerleştirilir. Ameliyathane ortamında en sık olarak elektrokoter, ultrason ve diğer elektriksel aygıtlar EMG kaydını etkiler.

Direkt elektriksel uyarım ile sinir cerrah tarafından uyarılır ve periferik kaslardan yanıt elde edilir. Cerrahın elde kullanabileceği değişik stimulatörler bulunmaktadır. Uçları 1-3 mm

olan küçük stimulatörler tercih edilir. Monopolar veya bipolar uyarı verenleri vardır. Monopolar uyarımda aktif elektrot sinir üzerindeyken referans cerrahi bölgeden uzak bir yere yerleştirilir. Bu uyarının avantajı akım şiddetinin daha iyi yayılıp dokuları daha iyi uyarmakken dezavantajı ise akımın dağılması ve diğer sinirleri uyarmasıdır. Bunun sonucu olarak uyarı spesifik olmaz ve selektivitesi düşer, yanlış negatif sonuçlar doğmasına da yol açabilir (34, 40). Monopolar stimulatörler aynı yanıtı elde edebilmek için, bipolar stimulatörlere göre 2-3 kat daha fazla akım şiddetine gereksinim duyar. Bipolar uyarımda elektrot ucunda hem katod hem anod bulunmakta akım bu iki nokta arasında akmaktadır. Bu uyarımın avantajı akımın diğer sinirlere dağılmadığı için çok daha selektif olması, sinirin lokalize edilmesinde çok daha etkili olmasıdır (50, 129). Ancak bu özellik büyük tümörlerde dokuların arasından sinirin varlığının veya yokluğunun araştırılması amacıyla kullanımını zorlaştırmaktadır. Uyarıda sabit akım veya sabit gerilim kullanılabilir ancak nörofizyolojik çalışmalarda genellikle sabit akım uyarım kullanılır. Cilt yüzeyinde sabit akım kullanımı elektrot impedansından bağımsız olarak dokunun uyarılmasını sağlar fakat kafa içinde bu değişkenlik daha düşüktür. Sabit voltaj ile sinir sabit bir akımla uyarılabildiğinden sabit voltaj da tercih edilebilir. Kafa çiftlerinde çok düşük akımlar kullanılır, 5 mA in üzerinde diğer sinirlere akım geçebilir ve istenmeyen aktivasyonlar olabilir. Özellikle serebellopontin köşede hangi tip stimulatör kullanılırsa kullanılsın beyin omurilik sıvısından dolayı akım dağılabilir ve yanlış negatif sonuç ortaya çıkabilir. Bunun engellenmesi için Prass ve Luders ucuna kadar yalıtımlı elektriksel uyarı probu geliştirmişlerdir (103). Ameliyatta önce sinirin uyarılabileceği yüksek şiddette akım kullanılır. EMG’de yanıt genlikleri izlenir. Cerrah stimulatörün yerini değiştirerek uyarı verir. Eğer EMG’de genlikler düşüyorsa sinirden uzaklaşıyor, yükseliyorsa sinire yaklaşıyor demektir. Sinir bulunduktan sonra uyarı şiddeti düşürülür.

Sinirin lokalizasyonunun yanı sıra sinirin proksimali belli aralarla uyarılarak operasyonun sonucunda sinirde bir hasar gelişip gelişmediği de kontrol edilebilir. Yanıtın korunması cerraha sinirde belirgin bir hasar olmadığına dair fikir verir. Yanıtta kaybolma veya genliğinde düşme ameliyat sonrası sinir hasarını gösterir (24, 31, 33).

b. Fasiyal Sinir Monitorizasyonu

Ameliyat sonrası fasiyal sinir zayıflığı/felci özellikle serebellopontin köşe cerrahilerinden sonra görülen çok önemli bir komplikasyondur. Bu bölge tümörlerinin büyüklüğüne göre bu oran % 13 ile % 23,7 arasında değişmektedir (87).

İlk olarak Dr.Fedor Krause 1898 yılında bir çalışmasında fasiyal sinirin monopolar elektriksel uyarımından bahsetmiştir (53). İlerleyen yıllarda ameliyatlarda hastanın yüz hareketlerini takip edecek özel hemşireler tahsis edilmiştir. Daha sonraları yüz kaslarındaki kasılmaları elektriksel sinyale çeviren mekanotransdüserler kullanılmıştır (116, 123). 1979'da Delgado ve arkadaşları serebellopontin köşe cerrahisinde fasiyal sinir monitorizasyonu için ilk defa intraoperatif EMG kullanmışlardır (18). Günümüze kadar yapılan çalışmalarda gösterilmiştir ki kafatabanı, serebellopontin köşe ve vestibüler shwannoma gibi operasyonlarda fasiyal sinir monitorizasyonu fasiyal sinirin operasyon sonrası fonksiyonu bakımından önemli başarılar sağlamaktadır (68, 69, 84, 85) . Standart bir fasiyal sinir monitorizasyonu sürekli EMG monitorizasyonu ve direkt elektriksel uyarım ile yapılır. İntraoperatif fasiyal sinir monitorizasyonunun amaçları;

- Fasiyal sinirin diğer dokulardan, tümör ve kemik yapıdan ayrılması,
- Beklenmeyen fasiyal sinir uyarılması durumunda cerrahın uyarılması,
- Direkt elektriksel uyarım ile fasiyal sinir trasesinin kemik yapı veya tümör üzerinde haritalandırılması,
- Ameliyat esnasında fasiyal sinirin mekanik travmaya bağlı hasar görmesinin önlenmesi,
- Ameliyat sonunda prognoz açısından fasiyal sinir fonksiyonunun değerlendirilmesidir.

Geçmiş çalışmalar, EMG'de görülen tren aktivitenin şiddeti ve frekansının ameliyat sonrası fasiyal sinir hasarı ile korele olduğunu göstermiştir (33, 88).

Elektrotlar: Yüzeysel elektrotlar zaman kaybettirmesi, artefakt ve yerinden çıkma olasılıkları nedeniyle tercih edilmezler. Kanca şeklinde tel elektrotlar ise pratik bir avantajı olmamasına rağmen gereksiz bir cilt ve kas travmasına yol açar. Bu sebeplerle EMG takibi için iğne elektrotlar tercih edilir. Fasiyal sinirin iki dalının da monitorize edilebilmesi için iki ayrı kasa elektrotlar yerleştirilir. Her kas için birbirine yakın bir çift elektrot kullanılır, ayrıca iki elektrotun aynı kasta yer alması artefakt olasılığını da azaltır. Gou ve arkadaşlarının çalışmalarına göre en ideal yerler göz ve dudak çevresidir (29). Orbikularis okuli kası için birbirinden 1,5 cm mesafede biri göz kenarı biri kaş altına olacak şekilde iki elektrot yerleştirilir. Orbikularis oris kası için ise bir elektrot oral kommissurdan 2 cm kenara diğer elektrot nasolabial sulkusa dudağa 1 cm mesafeye yerleştirilir.

Kayıt: Elektrot yerleştirilmiş kaslar sürekli EMG kaydı ile ameliyat boyunca takip edilir. Cerraha sinirin lokalizasyonu ile ilgili bilgi verilir ve olası sinir hasarını gösteren işaretler (tren-börst aktiviteler) EMG den takip edilir. Daha önce bahsedilen nörotonik deşarjlar ile cerrah yönlendirilir. Sinir mekanik travmaya karşı takip edilir. Ayrıca herhangi bir nörotonik deşarj görülmediği durumlarda cerrah fasiyal sinire hasar verme olasılığı olmadığından hızlı çalışabilir. Direkt elektriksel uyarım için cerrah steril uyarı probu kullanır. Riskli bölgeye gelindikten sonra fasiyal sinirin bulunması ve trasesinin belirlenmesi için uyarı verilir. EMG’de bu uyarılar ile senkronize deşarjların görülmesi, stimulatörün sinire yakın olduğu ve dolayısıyla sinirin uyarıldığı anlamına gelir. Uyarıda kullanılan akım önce şiddetli iken daha sonra iyice düşürülerek sinirin tam olarak yeri bulunur. Özellikle büyük tümörlerde fasiyal siniri doğru biçimde lokalize etmenin tek yolu doğrudan uyarmaktır (136). Sinir bulunduktan sonra akımın dağılmaması için akım şiddeti düşürülür. Arka çukurda 0,1-0,2 mA kadar düşük bir akım fasiyal siniri uyarmak için yeterlidir. Tümör rezeksiyonu söz konusuysa rezeksiyon öncesi tümör kapsülü uyarılarak diseke edilecek alanda fasiyal sinir dalı olup olmadığı kontrol edilir. Ancak uyarı eşiği konusunda ortak bir görüş bulunmamaktadır. EMG’de elde edilen yanıt, iğnelerin kastaki pozisyonuna, hastanın o kasının uzunluğuna göre değişmektedir. Bu sebepten üstünde birleşilmiş belirli bir eşik değeri yoktur. EMG’de yanıtın görülmesi fasiyal sinirin anatomik ve fonksiyonel olarak sağlam olduğunu düşündürür (32). Düşük şiddette uyarı verilerek ameliyat sonunda fasiyal sinirde hasar olup olmadığının anlaşılabilir anlaşılamayacağına dair birbirinden farklı sonuçlar veren çalışmalar vardır (41, 122, 136). Bu sorun hala bilim adamlarının üzerinde çalıştıkları bir konudur.

Özellikle büyük akustik tümör cerrahilerinde elektriksel uyarı trigeminal sinirin motor aksonlarını uyurabilir. Bu durumda trigeminal sinirin innerve ettiği yüz kasları, maseter ve temporal kaslar yanıt verir. Bu kaslar büyük olduklarından kasıldıklarında elektrotların bulunduğu diğer kaslardan da (orbikularis okuli ve oris) yanıt alınır. Fasiyal sinir uyarılmış gibi olan bu görüntü yanlış anlaşılmaya yol açabilir. Bu durumda yanıtın latansı önemlidir. Trigeminal sinir uyarıldığında maseter kasında yanıtın tepe yapması 6 ms’den kısa sürer. Fasiyal sinir uyarıldığında orbikularis kaslarının yanıtının tepe yapması ise 8 ms’den uzun sürer. Trigeminal sinir uyarımında maseter kasının yanıtının başlaması 1,5-2 ms sürerken, eğer fasiyal sinir uyarımına bağlı yansıyan bir yanıt görüyorsak bu 5-6 ms’de başlar. Bu karışıklıkları önlemek için fasiyal sinirin uyardığı mimik kaslarına ve çiğneme kaslarına elektrot yerleştirip ikisinden de EMG kaydı almak daha doğrudur.

c. Trigeminal Sinir Monitorizasyonu

Trigeminal sinirin motor dalı EMG ile monitorize edilir. Bunun için elektrotlar çiğneme kası olan maseter kasına yerleştirilir. Özellikle büyük akustik tümör ve kafa tabanı cerrahilerinde trigeminal sinirin de risk altında olduğu ameliyatlarda tercih edilir.

d. Diğer Kafa Çiftlerinin Monitorizasyonu

Fasiyal sinir monitorizasyonu için kullanılan yöntemler diğer motor kafa çiftlerinin monitorizasyonu için de kullanılabilir. İğne elektrotlar bu sinirlerin innerve ettiği kas gruplarına yerleştirilerek EMG takibi yapılır.

Ekstraoküler kasları III-IV ve VI. kafa çiftleri innerve eder. VI. sinir, lateral rektus kasından, III. sinir medial rektus kasından ve IV. sinir süperior oblik kastan takip edilir (80, 81). Bu üç sinirin motor komponentlerini monitorize etmek için monopolar elektrotlar tercih edilir. Çünkü bu kaslarda bipolar kayıt almak için elektrot yerleştirecek kadar çok yer bulunmamaktadır. Referans elektrot karşı yüz yarısında EMG artefaktı oluşmayacağı tahmin edildiği bir bölgeye yerleştirilir. Aynı tarafta fasiyal sinir uyarılma ihtimali olduğundan yüz kaslarında EMG yanıtı olabilir, bu da artefakt yaratır.

Aynı yöntemle IX, X, XI ve XII. kafa çiftleri de monitorize edilir. Bu sinirler duysal-motor karma sinirlerdir. Ancak motor liflerinin monitorize edilmesinin sinirin genel sağlamlığı hakkında fikir verdiği kabul edilir ve yeterli olduğu düşünülür. Motor sinirlerin hasar gördüğü durumda duysal ve otonom liflerin de hasar görmüş olacağı düşünülür.

Glossofaringeal (IX) sinir için elektrotlar yumuşak damağa yerleştirilir (80, 82, 135). Vagus (X) için laringeal kaslardan kayıt almak için vokal kordlara yerleştirilir (135). Bu işlem için bir laringoskop ve bu konuda tecrübeli birisinin desteği gerekir. Üzerinde elektrot bulunan trakeal tüpler de kullanılabilir. Gerekirse iğne elektrotlar perkütan olarak larinks kaslarına da yerleştirilebilir (120). Aksesuar (XI) sinir için ense kaslarına, örneğin trapeziusa elektrotlar yerleştirilir.

Hipoglossal sinir hasarı çok kötü sonuçlanabilir. Dil kaslarını innerve ettiğinden hasarında dil felci ve atrofisi gelişir. Çok ince bir sinir olduğundan gözden kaçabilir. EMG kaydı için dil kaslarına elektrot yerleştirilir (82, 135).

Bu kafa çiftlerinin direkt elektriksel uyarılması bazı riskler içermektedir. Örneğin Vagus sinirinin direkt uyarılması kalp gibi yaşamsal organları etkileyebilir. Bu nedenle yüksek sıklıkta uyarılmamalıdır (saniyede 2-4 uyarımdan az olmalı). XI. sinir geniş bir kas

grubunu innerve etmektedir. Doğrudan yüksek şiddette uyarıldığında bu kasların hepsi senkron biçimde kasılabilir. Bu fizyolojik değildir ve hasta için risklidir. Motor sinirlerin elektriksel uyarılması ile ortaya çıkan kas gücü istemli hareketlerdekinden daha fazladır. Bu da tendon ve kasların zarar görmesine yol açabilir. Bu sebeplerden dolayı dikkatli olunmalı ve düşük şiddette uyarılmalıdır.

e. Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyelleri

Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyelleri (BAEP) 1950'lerde insan çalışmaları başlamış bir yöntemdir. BAEP manyetik rezonans görüntülemenin olmadığı zamanlarda beyin sapı, VIII. sinir lezyonları tanısı, multiple skleroz ve serebellopontin köşe tümörü tanıları için yararlı bir yöntemdi. Ancak MR görüntülemenin bulunması ile bu alanda BAEP kullanımı azaldı. Günümüzde intraoperatif monitorizasyon BAEP'in en sık kullanıldığı alanlardan biridir.

İşitme siniri (koklear sinir-VIII. sinir) en sık monitorize edilen kranial duysal sinirdir. İşitme siniri özellikle serebellopontin köşe cerrahilerinde risk altındadır. Akustik nörinom, meningiom, glomus tümörü gibi kafa tabanı cerrahilerinde, vestibüler nörektomi, mikrovasküler dekompresyon prosedürleri ve diğer arka çukur cerrahilerinde risk altındadır. Cerrahi manipülasyondan veya elektrokoterin ısısından dolayı hasar görebilir. İşitme sinirinin birçok monitorizasyon yöntemi vardır. Bunlar beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleri, elektrokokleografi ve direkt sinir aksiyon potansiyel kayıdır. Bu üç teknik arasında en sık kullanılanı beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleridir (BAEP) (21, 26, 80, 106, 132). İşitsel uyarılmış potansiyeller kısa, orta ve uzun latanslı yanıtlar olmak üzere üçe ayrılır. Beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleri kısa latanslı yanıtlardır. Bu yanıtlar 10 ms içinde oluşur ve anesteziden en az etkilenen potansiyellerdir. BAEP kayıt hazırlığı zor değildir ancak yanıt genlikleri çok düşük olduğu için yorumlanabilir bir yanıt elde etmesi uzun sürer. Diğer tekniklerde hemen yanıt elde edilir ancak ya sinirin açığa çıkarılmış olması veya kokleanın yüzeyinden kayıt alınması gerekir ve kayıt elektrotunu cerrahın tutması gerekir. Bu özellikler BAEP metodunu daha pratik kılmaktadır. BAEP noninvaziv, bütün işitsel yolu monitorize eden ve tüm ameliyat boyunca uygulanabilen bir yöntemdir. BAEP yanıtları işitsel yolda bir hasara karşı duyarlıdır ancak yanıtların yorumlanma kriterleri ile ilgili hala çelişkiler bulunmaktadır.

Teknik: Ameliyathane ortamında en temiz ve ideal BAEP yanıtlarını kısa sürede elde etmek monitorizasyondaki en önemli amaçtır. BAEP yanıt genlikleri 0,2-3 μ V arasında değişir. Yanıt çok düşük genlikli olduğu için arka plan EEG'sinden ayırabilmek için çok sayıda yanıtın ortalamasının alınması gerekir. Yorumlanabilir yanıt elde etmek için, ortamdaki elektriksel artefaktı düşürmek, doğru elektrot yerleşimi kullanmak, doğru filtreleme kullanmak ve doğru uyaran şiddetini yeterli sayıda tekrar etmek gerekir. Ortamdaki elektriksel artefaktı azaltmak ortalaması alınan yanıt sayısını da azaltır. Çünkü arka plan artefaktı az olduğu için az sayıda yanıt ortalamasında da yorumlanabilir BAEP yanıtları gözükabilir. Elektrotlar EEG (elektroensefalogram) ve EMG (elektromiyogram) yanıtlarını da alacağından bu biyolojik potansiyellerin düşük olması da ortalaması alınan BAEP yanıt sayısını da düşürecek, sonuçta daha az zaman harcanacaktır.

Elektrot yerleşimi: Elektrotlar en yüksek genlikli BAEP yanıtlarını alabilecekleri ve en az EEG ve EMG kaydedecekleri yerlere yerleştirilmelidirler. Bunun için en uygun yerler kulak memeleri veya preauriküler bölge (A1 sol - A2 sağ) ve vertextir (Cz). İğne elektrotlar kullanılır. Standart elektrot yerleşimi Cz, A1, A2 ve Fz dir. Cz-A1 ve Cz-A2 montajı kullanılır. İki planda BAEP yanıtı kaydetmek daha avantajlıdır (80). Bu durumda vertex ve üst ense bir plan, iki kulak memesi arası (veya iki preauriküler bölge arası) ikinci bir plandır.(Kulak memeleri arasından alınan kayıta I-III. dalgaların genlikleri yüksek iken, vertex ve ense arasından alınan kayıta V.dalga genliği en yüksektir).

Uyarı: Dış kulak yoluna yerleştirilebilen kulaklıklardan yüksek sese bağlı hasar oluşturmayacak şiddette (65-100 dB) 100 μ s'lik kare dalgalarla elde edilen klik sesleri verilir. Tekrarlama frekansı olarak 30-40 Hz idealdir, ancak genelde daha düşük frekanslar kullanılır (80). Ortalaması alınan uyarı sayısı 500 ile 2000 arasında değişir. Bu sayı ortamdaki gürültü oranına göre değişir. Sayısal filtreleme en etkili ve pratik yöntemdir. 10 ile 3000 Hz arasında uygulanır.

Değerlendirme: BAEP yanıtları 7 dalga içerir. Bunlar Romen rakamları ile numaralandırılır. Bu sinyallerin kaynakları koklea, koklear sinir, çekirdekler ve beyin sapında çıkan yollardır. I ve II. dalga işitme sinirinin ekstrakraniyal ve intrakraniyal parçalarından kaynaklanmaktadır (79). III. dalga koklear çekirdekten, IV. dalga süperior olive komplekten, V.dalga lateral lemniskustan kaynaklanmaktadır. VI. ve VII. dalgaların kaynakları iyi bilinmemektedir. I, III ve V.dalgalar en stabil ve güvenilir dalgalardır. En gözle görülür dalgalar III. ve V. dalgadır. VI. ve VII. dalgalar ise çok değişkendir. V. dalga üzerinde en çok

durulan dalgadır. Genliğinde düşme latansında uzama uyarı kriterleri olarak kullanılmaktadır (77).

Genlikte düşme veya latensta uzama gibi değişiklikler işitme siniri hasarını düşündürür. Ancak bu değişiklikler ile ilgili netleşmiş kriterler yoktur. Ameliyatın başında bir başlangıç kayıt elde edilir ve yanıtlar ameliyat boyunca bununla kıyaslanır. Sinirin kompresyon veya gerime bağlı hasarında I. ve V. dalga arasında uzama olduğu bulunmuştur (61, 94). I. ve V. dalga arasında 2 ms'lik bir uzamayı anlamlı kabul edenler olduğu gibi, 1ms'den fazla bir uzamayı veya dakikada 0,1ms'den fazla uzamayı anlamlı kabul eden çalışmalar da vardır (49, 134). Polo ve arkadaşlarının çalışmasında ise 1 ms'lik uzama işitmede azalma ile paralel bulunmuştur (102). Bu bulguların yanında, V.dalğanın tamamen kaybolmasının ameliyat sonrası işitme kaybı ile korele olduğu, V.dalğanın korunduğu ancak 3 ms'ye kadar uzadığı durumlarda da işitmenin korunduğu bulunmuştur (123). Ancak, Watanabe ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada V.dalğanın korunduğu ameliyatlardan sonra işitme kaybı gelişebildiği, V.dalğanın tamamen kaybolduğu ameliyatlardan sonra ise işitmenin hala korunabildiğini bulmuşlardır (132). Ameliyat esnasında BAEP yanıtlarının geçici olarak kaybolması durumunda postoperatif işitmenin korunma olasılığı % 37.5'dur (92). Neu ve arkadaşları çalışmalarında ameliyat sonrası işitme ile korelasyon gösteren 4 farklı BAEP paterni tanımlamışlardır. Patern 1: Stabil BAEP I ve/veya V.dalğanın sürekli bulunması, Patern 2: I ve/veya V. dalğanın geri dönüşlü kaybı, unstabil BAEP, Patern 3: I ve/veya V. dalğanın ani kaybı, Patern 4: I ve /veya V.dalğanın geri dönüşsüz progresif kaybı. V.dalğanın korunduğu vakalar dışındaki tüm değişikliklerde hastalarda işitme ile ilgili problemler görülmüştür (92). Bu çalışmaya göre ameliyatta V.dalğanın kaybolduğu ancak ameliyat sonrası işitmesi korunan hastaların takiplerinde gecikmiş işitme problemleri ile karşılaşma olasılıkları bulunmaktadır. Bütün bu çalışmaların sonuçları yanında önemli olan, BAEP yanıtlarındaki değişikliklere göre cerrahi diseksiyonu modifiye etmenin, işitmenin korunmasında olumlu katkılar sağladığıdır (49, 132, 134). Bu dalgaların latanslarında ve genliklerindeki değişikliklerle ameliyat sonrası hasar arasındaki ilişki hala araştırılmakta ve birbirinden farklı sonuçlar elde edilmektedir. Son yıllarda eğilim III ve V. dalğanın izlenmesi ve kaybolduğu durumda cerrahın uyarılmasıdır (63). BAEP yanıtlarındaki her değişiklik cerrahi bir travma olduğu anlamına gelmez. Böyle bir değişiklik durumunda akla teknik sorunlar (kulaklıkların yerinden çıkması), irigasyon, hipotermi, duranın açılması veya orta kulakta kanama gibi olasılıklar da gelmelidir. Dura açıldıktan sonra sinir hava ile temas edince soğur ve buna bağlı olarak latanslarda uzama görülebilir.

V. UYGULANAN MONİTORİZASYON YÖNTEMLERİ

İstanbul Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı ameliyathanesinde 15 hastada, 7 farklı operasyonda cerrahi riske göre monitorizasyon gerçekleştirildi. Toplam 11 SEP, 8 MEP, 4 BAEP ve 3 EMG ile kafa çifti monitorizasyonu uygulandı. Uyguladığımız metodlarda kullandığımız rutin yöntemlerimiz aşağıda kısaca anlatılmıştır.

A . BAEP MONİTORİZASYONU

Beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyelleri için bilateral dış kulak yoluna silikon kulaklıklar yerleştirildi. Uyarı olarak 90-100 dB şiddetinde 200 µs'lik klik sesleri kullanıldı. Uyarı frekansı 11.11 Hz olarak belirlendi. Kayıt elektrotları Cz' (Cz'in 2 cm arkası), A1 (sol kulak arkası mastoid çıkıntı), A2 ye (sağ kulak arkası mastoid çıkıntı) ve referans elektrot Fz'e yerleştirildi. A1-Cz' ve A2-Cz' montajı kullanıldı. 1000-2000 uyarının ortalaması değerlendirildi. Üst kesim frekansı 3500 Hz alt kesim frekansı 5 Hz olarak kullanıldı. Öncelikli olarak V. dalga olmak üzere I, III ve V. dalgalar değerlendirildi.

B . KAFA ÇİFTLERİ MONİTORİZASYONU

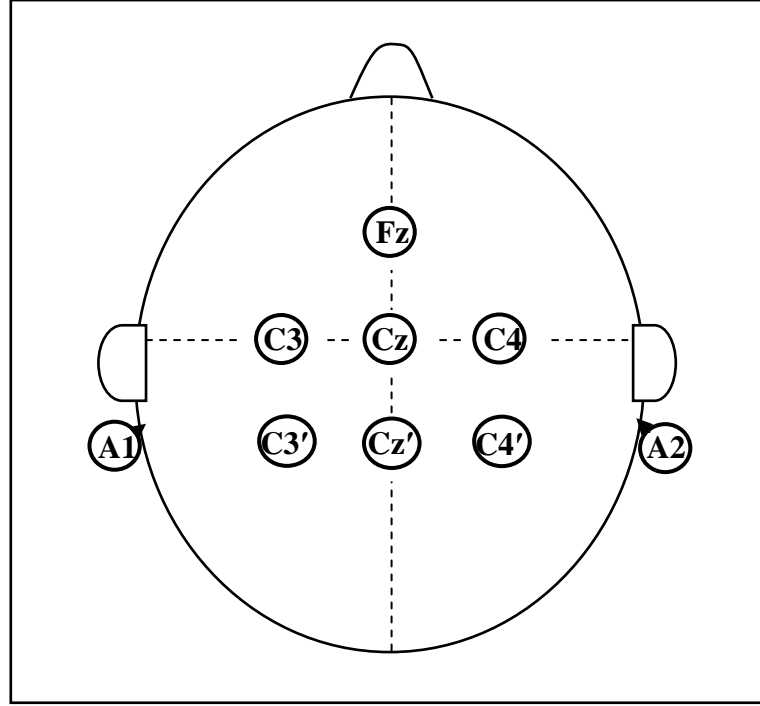
En sık olarak VII. sinirin monitorizasyonu gerçekleştirildi. Kayıt için iğne elektrotlar (bipolar) orbikularis oris kası için biri ağız kenarından 1,5 cm laterale diğeri nasolabiyal sulkusa dudaklara 1,5 cm mesafe olacak şekilde, orbikularis okuli kası için biri göz kenarından yaklaşık 1,5cm laterale diğeri kaş altına yerleştirildi. Trigeminal sinir için mandibulanın köşe yaptığı yerden 2-3cm yanağa doğru maseter kasına, elektrotlar arası 1-1,5 cm olacak şekilde yerleştirildi. Referans elektrot çenede orta hatta yerleştirildi. Elektrot impedanslarının 2000 Ohm'un altında olmasına dikkat edildi. Sürekli EMG takibi yapıldı. Direk uyarı için cerrahlar bipolar stimülatörler kullandılar. Sinirin yerini tespit etmede daha yüksek akımlar kullanılırken, sinir bulunduktan sonra trasesini belirleme ve sağlamlığını kontrol etmek için akım düşürüldü.

C . SEP MONİTORİZASYONU

Üst ekstremiteden median siniri uyarmak için iğne elektrotlar (anod ve katod) bilek iç yüzünde, aralarında 2 cm mesafe olacak şekilde yerleştirildi. Alt ekstremitede tibial sinir uyarımı için iç malleolün hemen arkasına anod ve katod yerleştirildi. Kayıt için kafa derisine iğne elektrotlar C3', C4', Cz' ve Fz'e (Resim 1) yerleştirildi. Toprak elektrot sol omuz başına referans elektrod orta hatta, tercihen çene veya alına yerleştirildi. Median SEP kaydı için C3'-Fz, C4'-Fz montajı, tibial SEP kaydı için Cz'-Fz montajı kullanıldı. Filtrede üst kesim frekansı 600 Hz alt kesim frekansı 5 Hz olarak kullanıldı. Uyarı olarak 200 µs'lik kare dalgalar, 10-50 mA arasında değişen akımlar uygulandı. Uyarı frekansı 4,7 Hz olarak seçildi. 150-200 yanıtın ortalaması alındı. Median sinir yanıtında N20, tibial sinir yanıtında P40 dalgalarının genlik ve başlangıca göre latansları değerlendirildi. Latans uzaması operasyon esnasında başka nedenlerden ötürü sık görülmekle birlikte ameliyat sonuna doğru düzeldiğinden genlikler daha çok dikkate alındı.

D . TES-MEP MONİTORİZASYONU

Transkraniyal uyarı için tırbüşon elektrotlar kafa derisinde C3 ve C4'e (alt ekstremitte için C1-C2'ye) yerleştirildi (Resim 1). Uyarı 40-150 mA arasında, maksimum voltaj 300V, uyarı genişliği 500 µs ile 1500 µs arasında olacak şekilde tek uyarı veya 4-7 arasında değişen rakamlarda tren şeklinde verildi. Kas yanıtları için iğne elektrotlar alt ekstremitede tibialis anterior kasına alt bacakta tibianın hemen yanına, kasın en şişkin olduğu yere yerleştirildi. Üst ekstremitede elde tenar veya hipotenar bölgeye elektrotlar yerleştirildi. Kayıt verisi 5-1500 Hz arasında filtrelendi. Uyarı kastan yanıt alana kadar 10-20 mA basamaklarla arttırıldı. Ameliyatın başında ilk yanıt kaydı alındı; yanıtın alınması her zaman anlamlı olduğu için başlangıçta alınamaması durumunda operasyon sürerken tekrar tekrar denendi. Bazı vakalarda anestezi induksiyonunda kullanılan kas sinir kavşağı blokerleri nedeniyle yanıtın uzun süre alınmadığı oldu. Değerlendirme yanıtın özelliklerine göre değil yanıtın varlığı veya yokluğuna göre yapıldı.



Resim 1: Kafa yüzeyinde SEP ve MEP monitorizasyonu için elektrot yerleştirilen noktalar

Monitorizasyon bilgisayarı cerrah ile göz temasında olunacak şekilde ameliyat masasından uzağa, hastanın ayakucuna doğru, diğer elektrikli cihazlara yakın olmayacak şekilde yerleştirildi. Yerden geçen kablolar diğer tekerlekli cihazlardan zarar görmemesi ve çalışanları rahatsız etmemesi için yere bantla sabitlendi. Tüm elektrotlar, anestezi ekibi anestezi induksiyonunu gerçekleştirdikten sonra yerleştirildi. İğne elektrotlar yerlerinden çıkmamaları için kablolarından cilde yapışkan bantlarla yapıştırıldı.

VI. HASTALAR VE MONİTORİZASYON

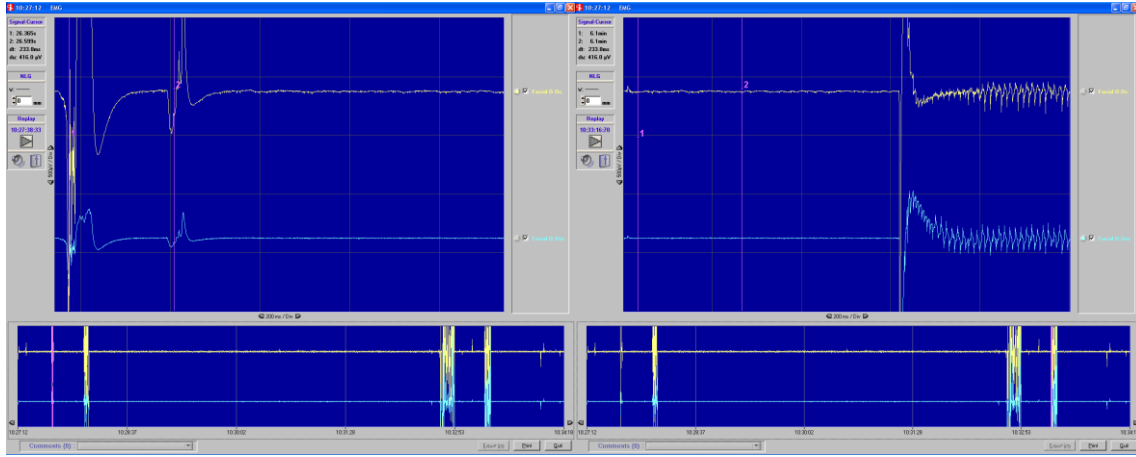
A. SEREBELLOPONTİN KÖŞE KİTLE OPERASYONU

Toplam 3 serebellopontin köşe kitle cerrahisi hastası monitorize edildi. Risk altındaki kafa çiftlerinin monitorizasyonu gerçekleştirildi. 2 vakada V. ve VII. sinirin sürekli ve direkt sinir uyarımı ile EMG takibi yapıldı. Bu vakalardan birinde BAEP monitorizasyonu

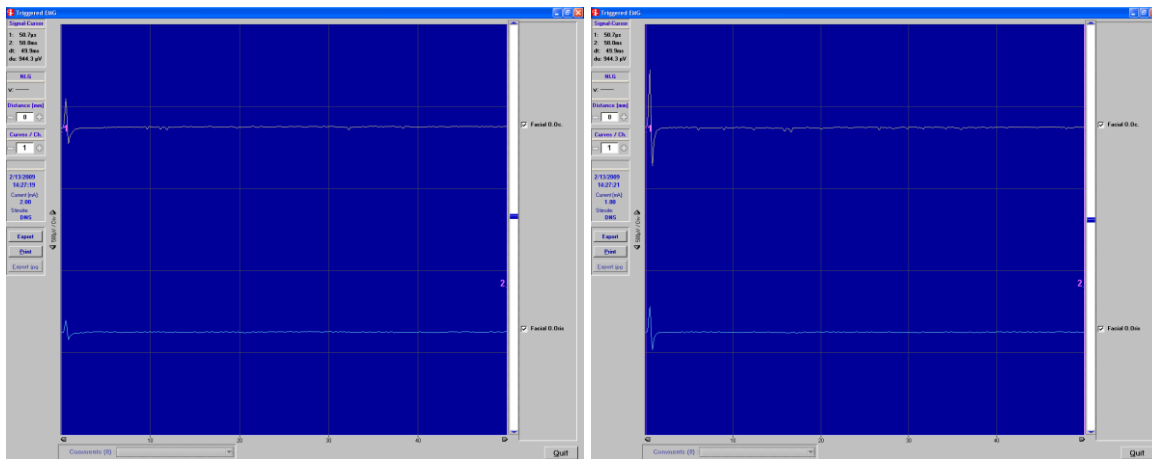
uygulandı ancak işitme kaybı olan kulaktan yanıt alınamadı. Bir vakada VII, IX, X, XII. sinir EMG monitorizasyonu, BAEP ve video monitorizasyon uygulandı.

1. Birinci Vaka

12 yaşındaki erkek hastada sağ pontoserebellar köşe tümörü için operasyon gerçekleştirildi. İntraoperatif olarak fasiyal sinir, sürekli EMG monitorizasyonu (Resim 2) ve direkt uyarı (Resim 3) ile lokalize edilip sonrasında ameliyat süresince takip edildi. Operasyon fasiyal sinir zarar görmeden başarıyla gerçekleştirildi ve operasyon sonrası hastada sekel gelişmedi.



Resim 2: Üst sıra orbikularis okuli, alt sıra orbikularis oris kasından operasyon sürerken alınan sürekli EMG yanıtları. Mekanik uyarıya karşı oluşan nörojenik deşarj ve sonrasında periyodik deşarjlar görülüyor.

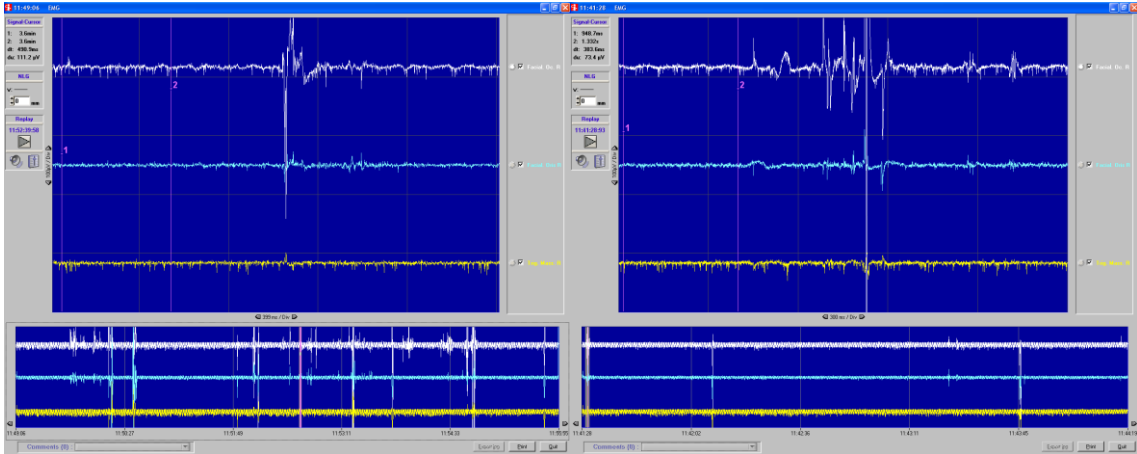


Resim 3: Üst sıra orbikularis okuli, alt sıra orbikularis oris kasından operasyon sürerken alınan uyarılmış EMG yanıtları. (Solda 2 mA, sağda 1 mA akım ile uyarıya alınan yanıtlar)

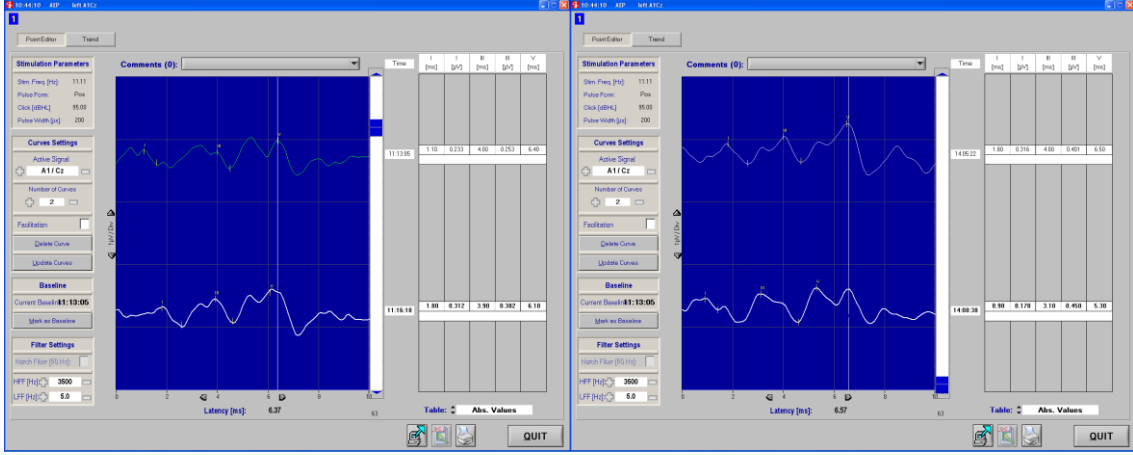
2. İkinci Vaka

46 yaşında kadın hastada sağ pontoserebellar köşede 27-17 mm boyutlarında tümör (akustik nörinom) nedeniyle operasyon gerçekleştirildi. Ameliyat öncesi işitme siniri ve fasiyal sinirde hasarı düşündüren sağ kulakta işitme kaybı ve sağ yüz yarısında uyuşma-hissizlik şikayetleri mevcuttu. Fasiyal sinir ve trigeminal sinir için yüz mimik kaslarından ve maseter kasından sürekli EMG takibi (Resim 4) ve buna ek olarak BAEP takibi yapıldı. Hasta ameliyat masasında hareket ettiği için ameliyat boyunca kas sinir kavşağı blokeri kullanıldı.

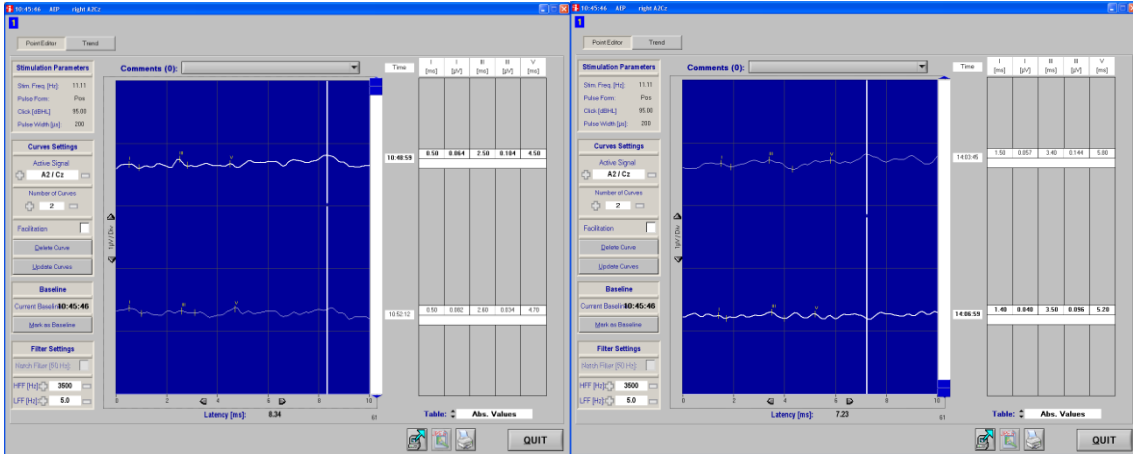
Ameliyat esnasında direkt elektrikselsel uyarıya karşı alınan EMG yanıtları ile internal akustik kanalda fasiyal sinir dalının kopuk olduğu, tümör yatağında bulunan fasiyal sinir dalının ise sağlam olduğu belirlendi. Ameliyatın başına göre ameliyatın sonunda orbikularis okuli kasından alınan EMG yanıtı orbikularis oris kasından alınan yanıtı göre daha düşük genlikliydi. Bu bize orbikularis oris kasının ameliyat sonrası geçici bir zayıflık gösterebileceğini düşündürdü. Ameliyat boyunca sağ kulakta BAEP yanıtlarının genlikleri ileri derecede düşüktü, değerlendirilemedi (Resim 6). Bu durum hastanın sağ kulak işitme kaybına bağlandı. Sol kulaktan elde edilen başlangıç BAEP yanıtları ameliyat boyunca takip edildi (Resim 5). Yanıtlarda kritik bir değişiklik olmadı. Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.



Resim 4: Üst sıra orbikularis okuli, orta sıra orbikularis oris en alt sıra masseter kasından operasyon sürerken alınan sürekli EMG yanıtları. Cerrahi manipülasyona bağlı olarak orbikularis okulide daha belirgin olan nörojenik deşarjlar görülüyor.

A**B**

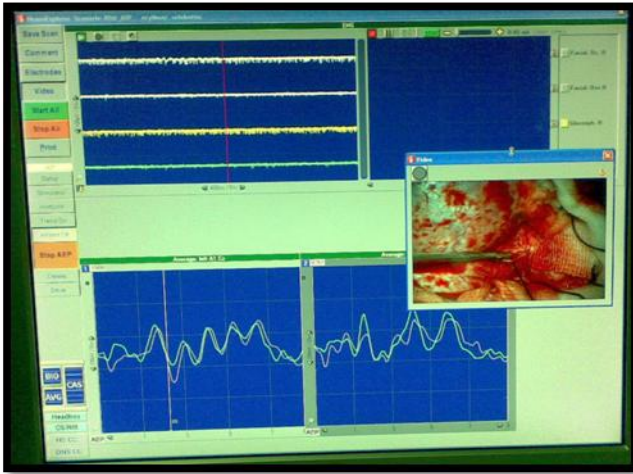
Resim 5: Sol kulak beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyel yanıtları. Düşey çizginin bulunduğu tepe V. dalga yanıtı. Ameliyat boyunca kritik bir değişiklik görülmedi. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

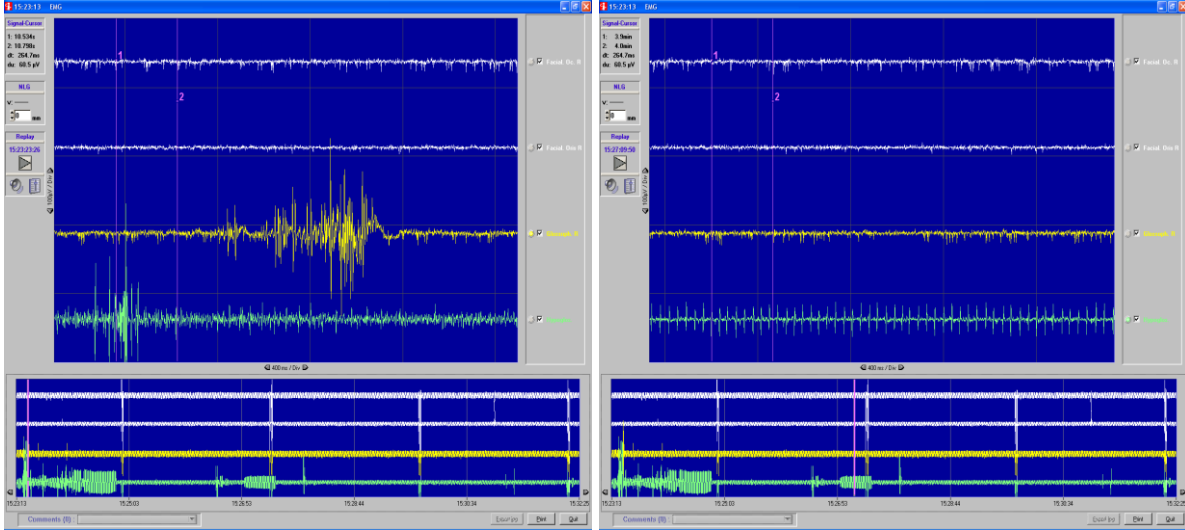
Resim 6: Sağ kulak işitsel uyarılmış potansiyel yanıtları. Hastada işitme kaybı nedeniyle genlikler ileri derecede düşük olduğundan takibi yapılamadı. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

3. Üçüncü Vaka

33 yaşında erkek hastada çoklu kavernom nedeniyle operasyon gerçekleştirildi. Sağ ponsta 20x13 mm ve foramen magnum düzeyindeki 13x11 mm boyutlarındaki kavernomlar total mikroskopik cerrahi ile çıkarıldı. Operasyon süresince BAEP yanıtları takip edildi. VII, IX, X ve XII. kranial çiftler monitorize edildi. Monitorizasyon ile birlikte ameliyat bölgesi video görüntüleme ile takip edildi (Resim 7).VII. sinir için elektrotlar daha önce belirtildiği gibi yerleştirildi. IX ve X. sinir için iğne elektrot farenks arka duvarına, XII. sinir için iğne elektrot dil kenarına yerleştirildi. Dilden alınan EMG yanıtında tren aktivite uzun sürünce operasyona kısa süre ara verildi (Resim 8). Aktivite spontan olarak düzeline operasyona devam edildi. Sol kulaktan elde edilen yanıtlarda ameliyat süresince bir değişiklik olmazken (Resim 10), sağ kulak yanıtı genlikleri ileri derecede düştü (Resim 9); bunun üzerine cerraha haber verildi. Ameliyat sonunda genlikler düzelmedi, ancak I. ve V. dalga korunduğundan ameliyat prosedüründe bir değişiklik yapılmadı.



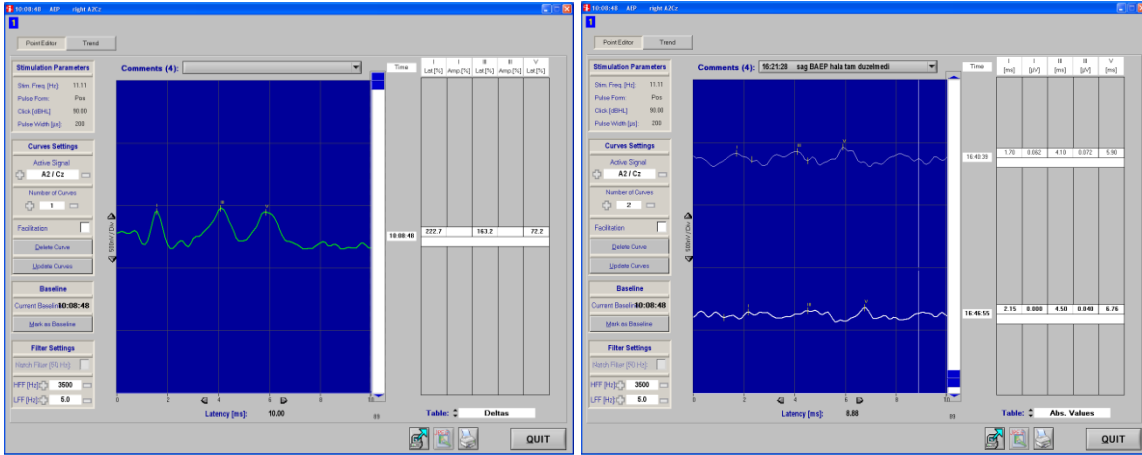
Resim 7: Multimodal monitorizasyonun ekran görüntüsü. Ameliyat esnasında izlenen bilateral BAEP, kafa çiftlerinin sürekli EMG takibi ve video monitorizasyonu.



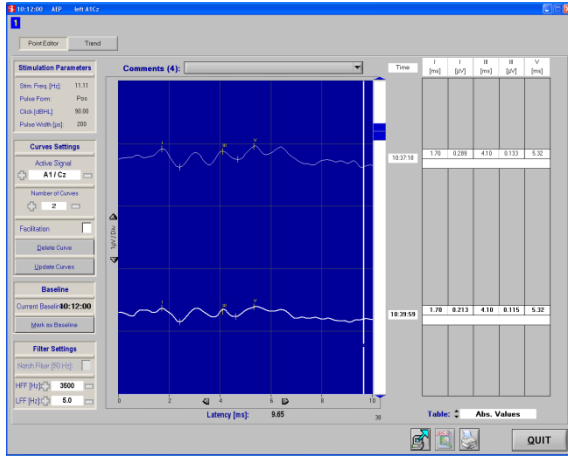
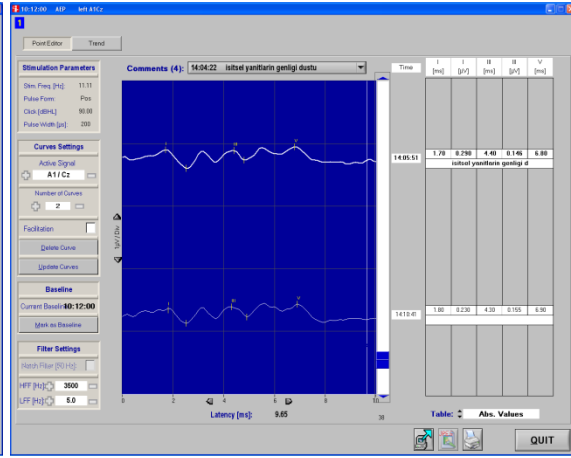
Resim 8: Üst sıra orbikularis okuli, 2.sıra orbikularis oris, 3. sıra farenks arka duvar, 4.sıra dilden alınan sürekli EMG yanıtları. Solda EMG yanıtında farenks ve dil kasının uyarıldığı görülüyor. Sağdaki resimde dil kasında tren aktivite görülüyor.

A

B



Resim 9: Sağ kulak BAEP yanıtlarının genliklerinde düşme görüldü; ancak V. dalga yerinde duruyor (B'de alttaki görüntü). **A:** ameliyat başında alınan yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

Resim 10: Sol kulak BAEP yanıtları, Ameliyat başlangıcında alınan yanıt aynen korundu. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

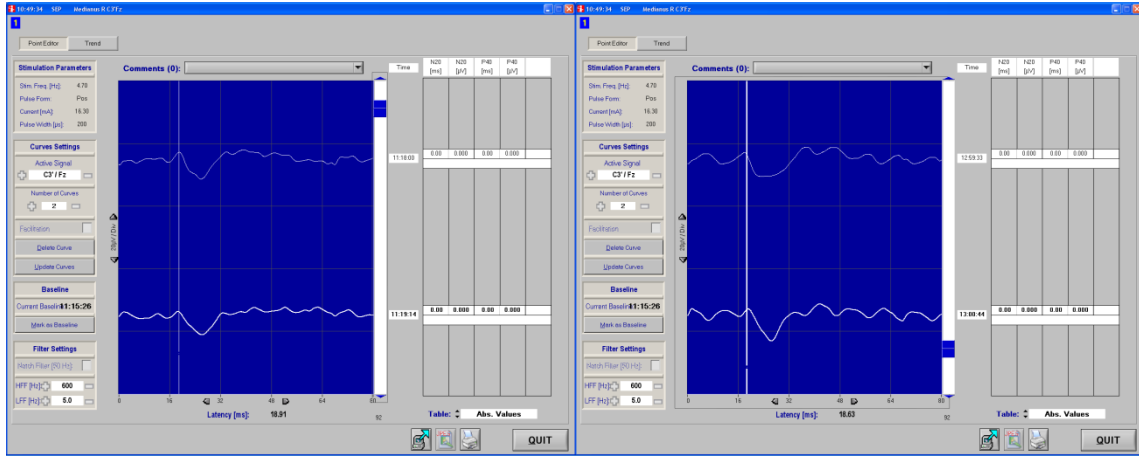
Ameliyattan sonra hastada yoğun bakımdayken yutma refleksi kaybı görüldüğünden ekstübe edilemedi, 3 gün süren sol hemiparezi ve sağ lateral bakış kusuru gelişti. Hasta taburcu olurken yutma refleksi dışındaki problemler düzelmmişti. İntraoperatif monitorizasyon yutma ve öğürme ile ilgili nöral yapıları afferent liflere bakılmadığı için tam olarak kontrol edememektedir. Dolayısıyla ameliyat sonrasında monitorizasyonun başarısından bağımsız olarak yutma ve öğürme ile ilgili zayıflıklar görülebilmektedir.

B. OMURİLİKTE KİTLE OPERASYONU

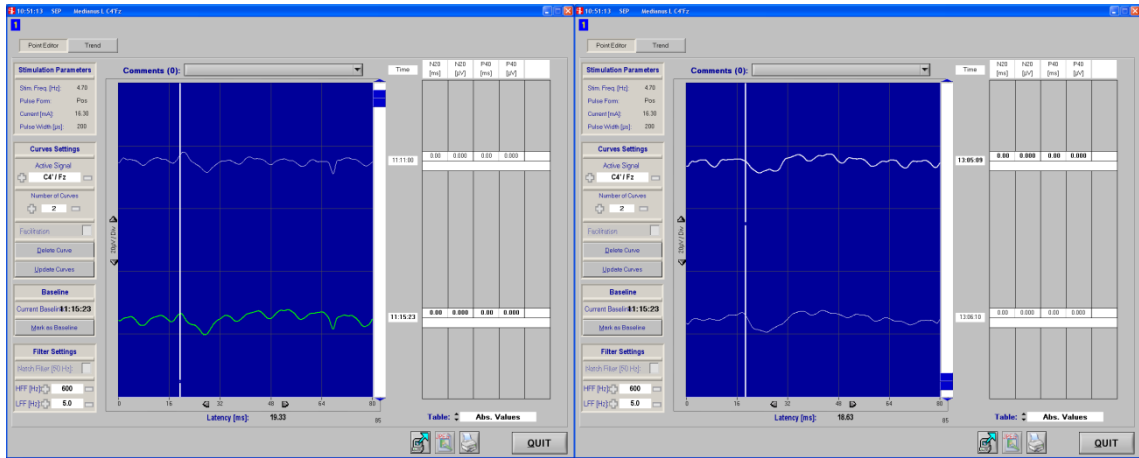
Toplam 4 operasyonda monitorizasyon gerçekleştirildi. 1 vakada SEP, 2 vakada SEP ve MEP, 1 vakada SEP ve BAEP uygulandı.

1. Birinci Vaka

11 yaşında nörofibromatozis tanısı almış erkek hastanın omurilikte foramen magnum düzeyinde 2 cm boyutunda intramedullar kitle nedeniyle operasyonu gerçekleştirildi. Üst ekstremitelerden SEP monitorizasyonu gerçekleştirildi (Resim 11 ve 12). Ameliyat süresince SEP yanıtlarında bir değişiklik olmadı ameliyat sonrasında hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

A**B**

Resim 11: Sağ üst ekstremitte SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dalgasıdır. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

Resim 12: Sol üst ekstremitte SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dalgasıdır. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

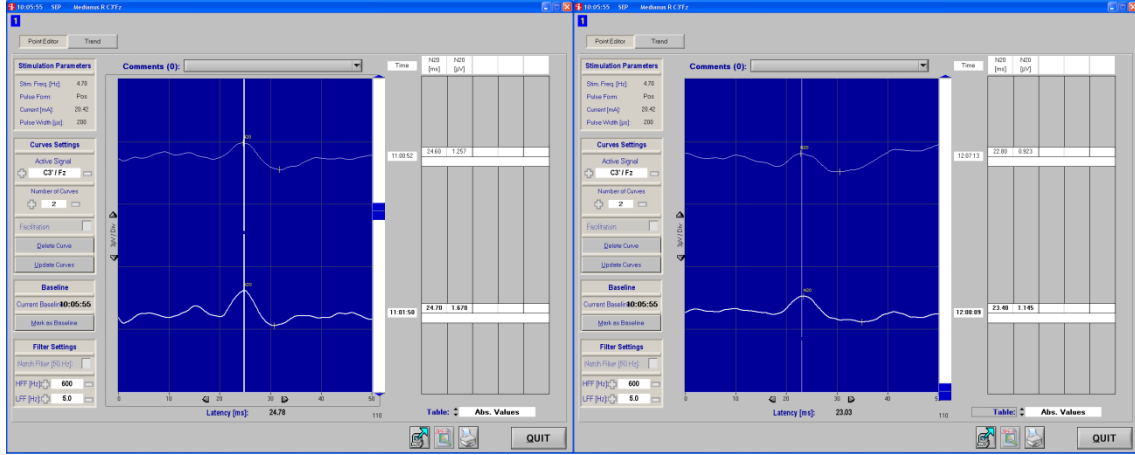
2. İkinci Vaka

32 yaşında erkek hastada omurilik servikal seviyede kitle nedeniyle operasyon gerçekleştirildi. Alt ve üst ekstremitelerden SEP ve BAEP yanıtları takip edildi. Ameliyat öncesi hastanın hafif sağ hemihipoestezisi bulunmaktaydı. Alt ekstremitte SEP yanıtları üst ekstremitte yanıtlarına göre ortalamada daha artefaktlı alındı. SEP yanıtlarında bir değişiklik

olmadı (Resim 13 ve 14). İşitsel yanıtların genlikleri ameliyat başından itibaren düştü ancak V. dalga ameliyat sonuna kadar aynı elde edildi (Resim 15 ve 16). Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

A

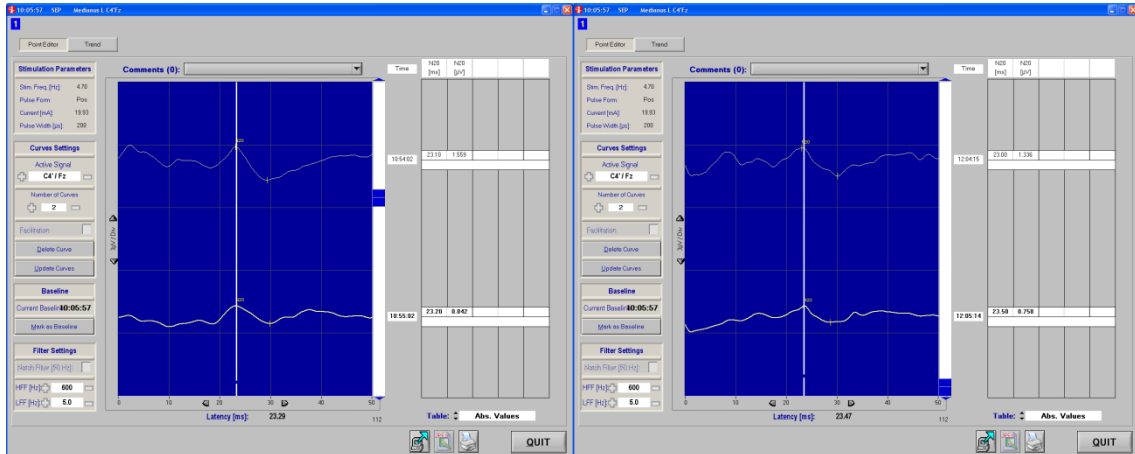
B



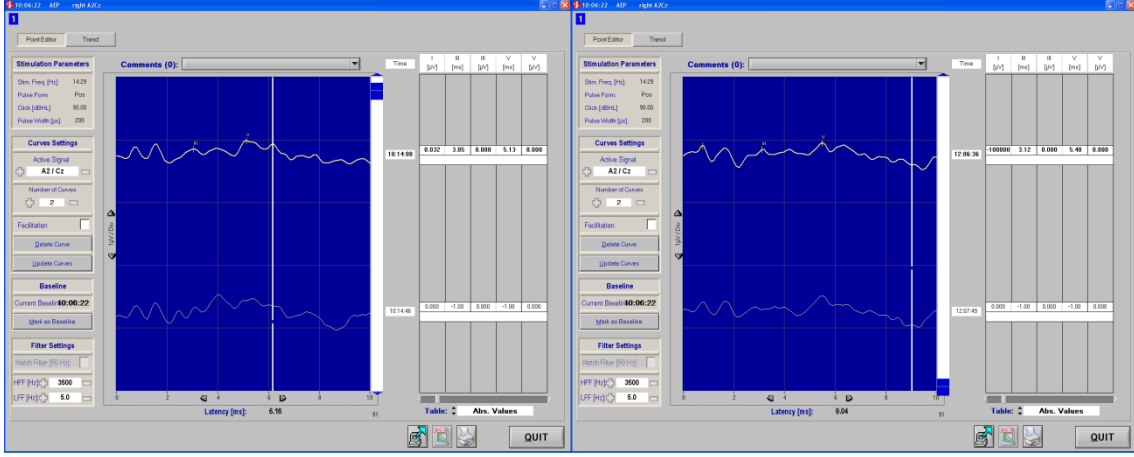
Resim 13: Sağ üst ekstremitte SEP yanıtları, Ameliyat sonunda genliklerde kritik değere ulaşmayan hafif bir düşme görüldü. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dalgasıdır. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A

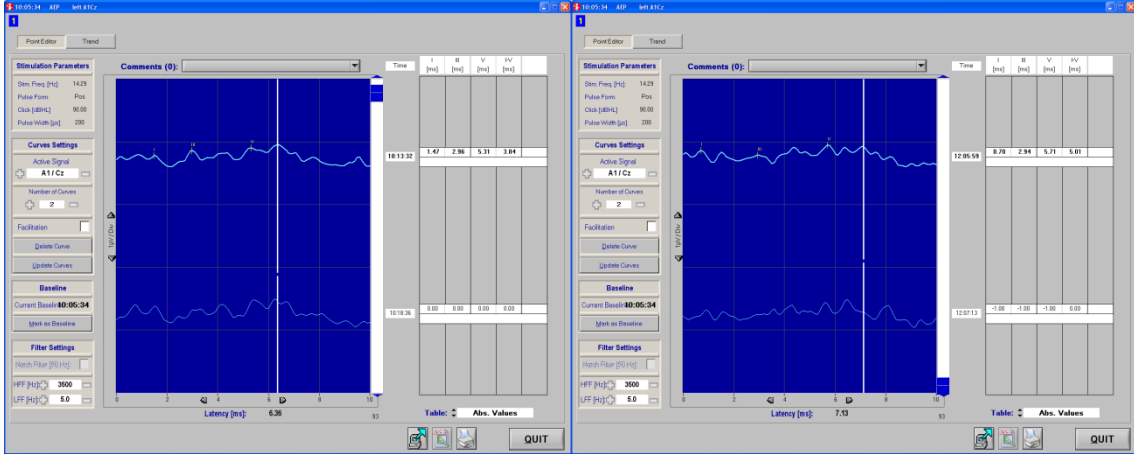
B



Resim 14: Sol üst ekstremitte SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda bir değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dalgasıdır. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

Resim 15: Sağ kulak BAEP yanıtları, Başlangıç yanıtlarına göre değişiklik olmadı. V. dalga korundu. (Düsey çizgileri dikkate almayınız.) **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

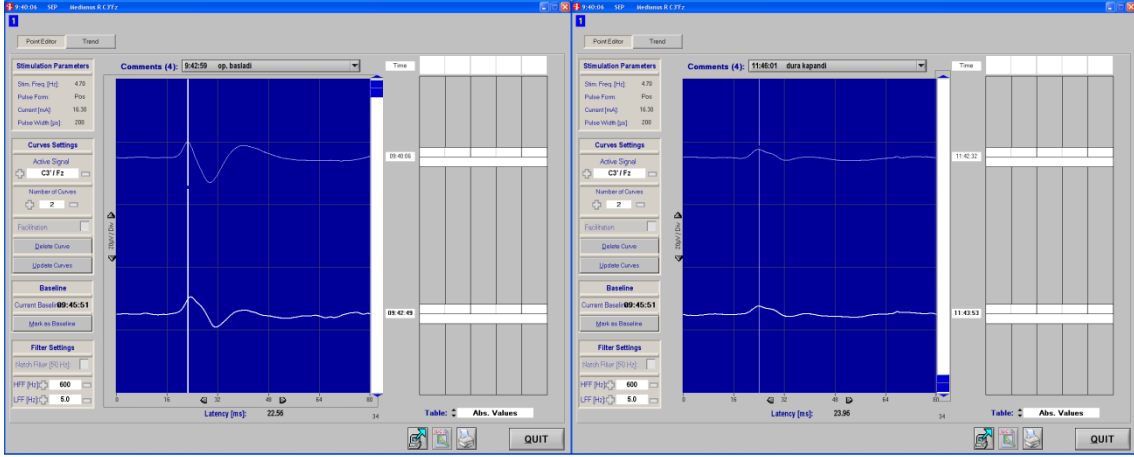
Resim 16: Sol kulak BAEP yanıtları, Genlikler düşük; ameliyat sonunda başlangıç yanıtlarına göre değişiklik olmadı. V. dalga korundu. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

3. Üçüncü Vaka

64 yaşında erkek hasta intramedullar kitle nedeniyle opere edildi. Kitle C6-D1 seviyesinde, hastada ameliyat öncesi L1 seviyesinin altında sağ hemihipoestezi, son 15 günde gelişen paraparezi ve her iki kola yayılan ağrı mevcuttu. Hastada üst ekstremitelerden SEP ve MEP takibi yapıldı. Alt ekstremitelerden SEP ve MEP monitorizasyonu denendi ancak yanıtlar iyi alınmadığı için ameliyat sadece üst ekstremitelerden yanıtlarının takibi ile devam etti.

A

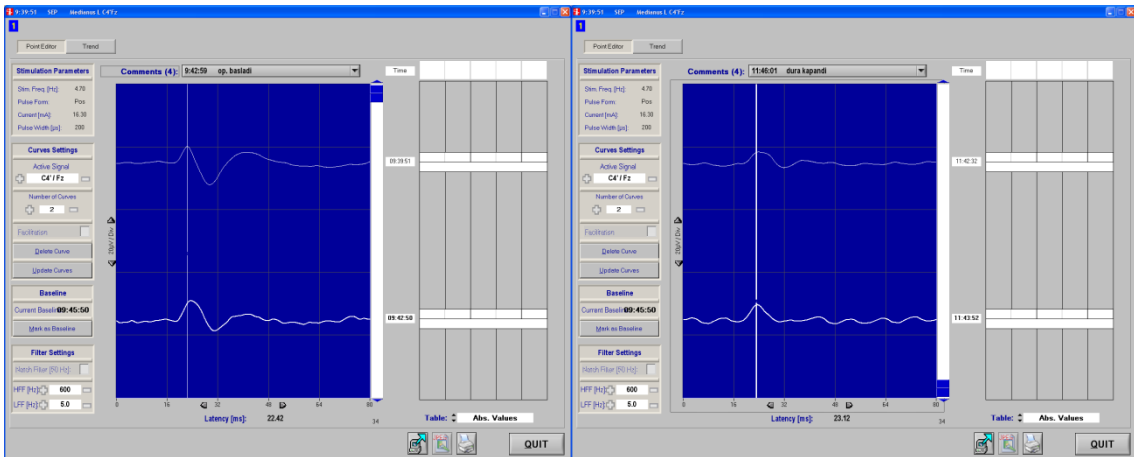
B



Resim 17: Sağ üst ekstremitelerden SEP yanıtları, Ameliyat sonunda genliklerde ileri derecede düşme görüldü. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dir. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A

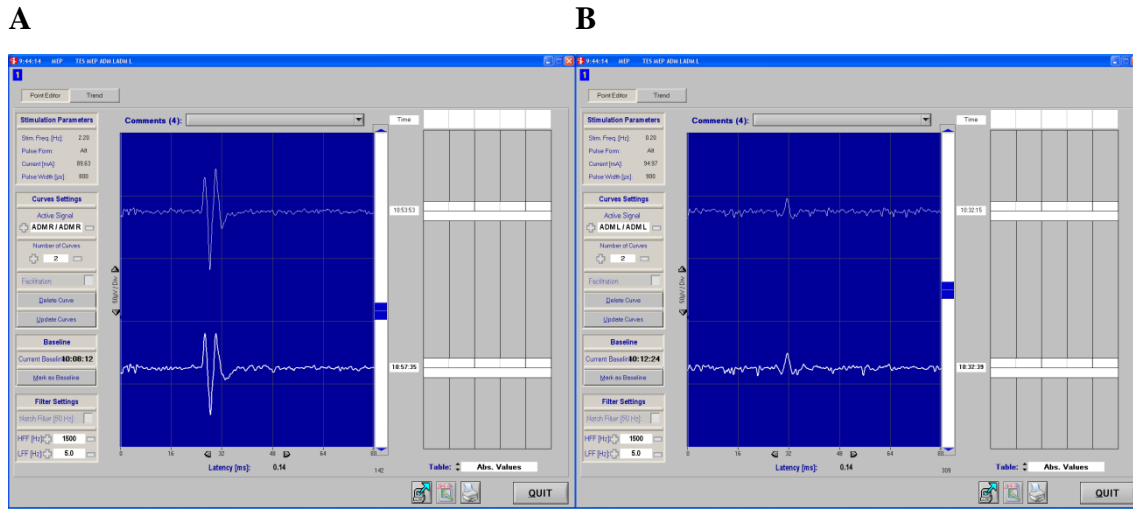
B



Resim 18: Sol üst ekstremitelerden SEP yanıtları, Genliklerde kritik düzeye ulaşmayan bir düşme görüldü. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

Sağ üst ekstremiteden alınan SEP yanıtında genlikler ameliyat sonunda ameliyat başında alınan kayda göre %50'den fazla düştü (Resim 17). Ancak 200 uyarının ortalamasında genlik düşüken, daha az uyarının ortalaması normal gözüktüğünden genlik düşüklüğünün latenstaki değişkenlikten ileri geldiği düşünüldü. Sol üst ekstremiteden alınan SEP yanıtı genliğinde de düşme görüldü ancak kritik düzeye ulaşmadı (Resim 18). Ameliyat sonrasında hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

Ameliyat süresince MEP yanıtları için uyarı genişliği 500µs'den 900µs'ye ve akım şiddeti 50mA'den 120 mA'e kadar ara ara artırılarak takip edildi. Üst ekstremitelerden yanıt alındı ancak şiddetli çene kasılması olduğundan alt ekstremitelerden yanıt almak için daha şiddetli uyardık (Resim 19).



Resim 19: Transkraniyal elektriksel uyarı ile ameliyat başında elde edilen MEP yanıtları. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt.

4. Dördüncü Vaka

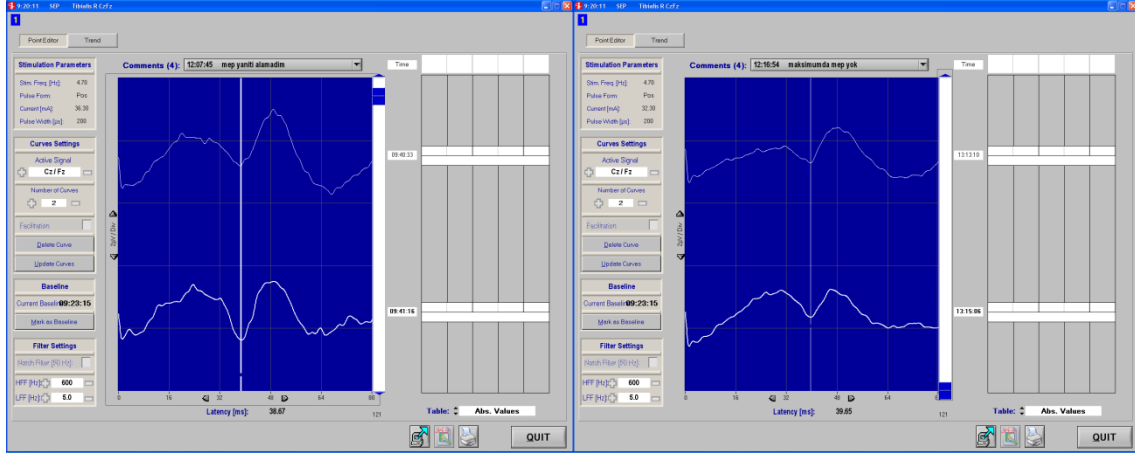
25 yaşında kadın hastada intramedullar kistik kitle (hemanjioblastom + syringomyeli) nedeniyle operasyon gerçekleştirildi. Alt ekstremitelerden SEP ve MEP takibi yapıldı.

Ameliyat başında bilateral MEP yanıtları elde edildi (Resim 22). Ameliyatın başlamasından yaklaşık 2 saat sonra ameliyat başında alınan tibial MEP yanıtları kayboldu. Uyarı şiddeti artırıldı ve uyarı sayısı değiştirilmesine rağmen yanıt elde edilemedi. Cerraha haber verildi. Ameliyata kısa bir süre ara verildi, risk içeren işlemler bitmiş olduğu için kapama işlemine geçildi. Ameliyat sonunda da yine MEP yanıtları elde edilemedi. SEP yanıtlarında ameliyat sonuna kadar genliklerde hafif bir düşme dışında kritik bir değişiklik

olmadı (Resim 20 ve 21). Ameliyattan sonra hastada nörolojik bir sekel gelişmedi. Bacaklarında motor sekel gelişmedi.

A

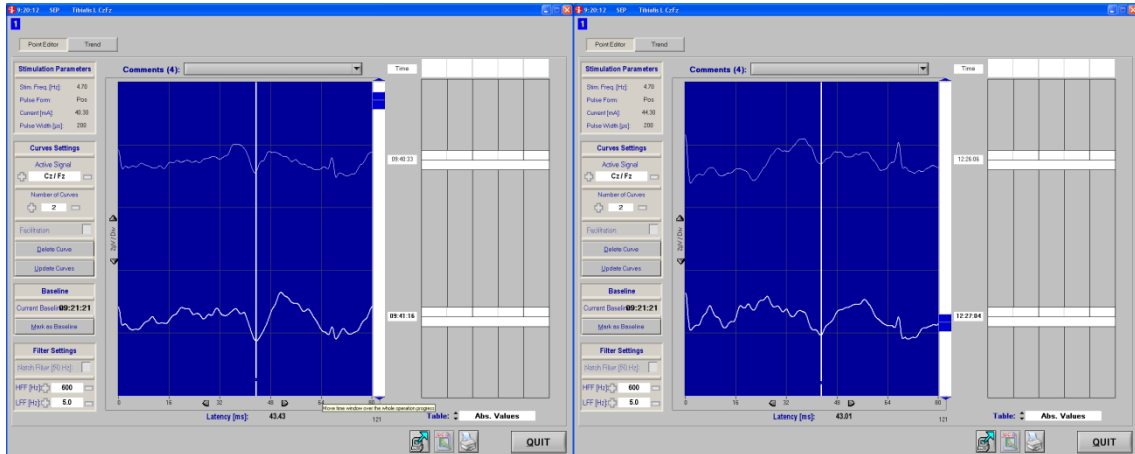
B



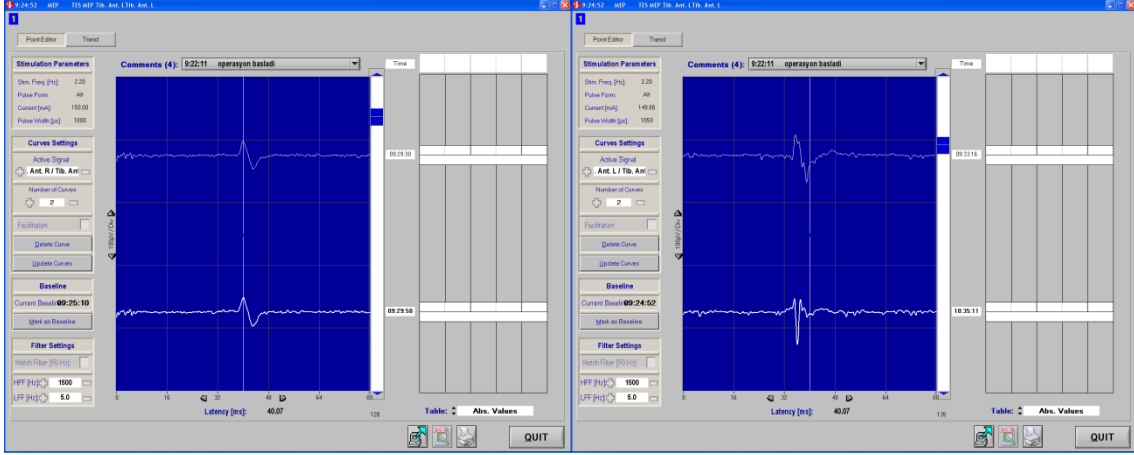
Resim 20: Sağ alt ekstremitte SEP yanıtları, Genliklerde kritik değere ulaşmayan bir düşme görüldü. Düşey çizginin bulunduğu çukur P40 tır. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A

B



Resim 21: Sol alt ekstremitte SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu çukur P40 tır. P40 latansı ameliyat süresince sağ alt ekstremitteye göre hafifçe daha uzun bulunmuştur. **A:**ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:**ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

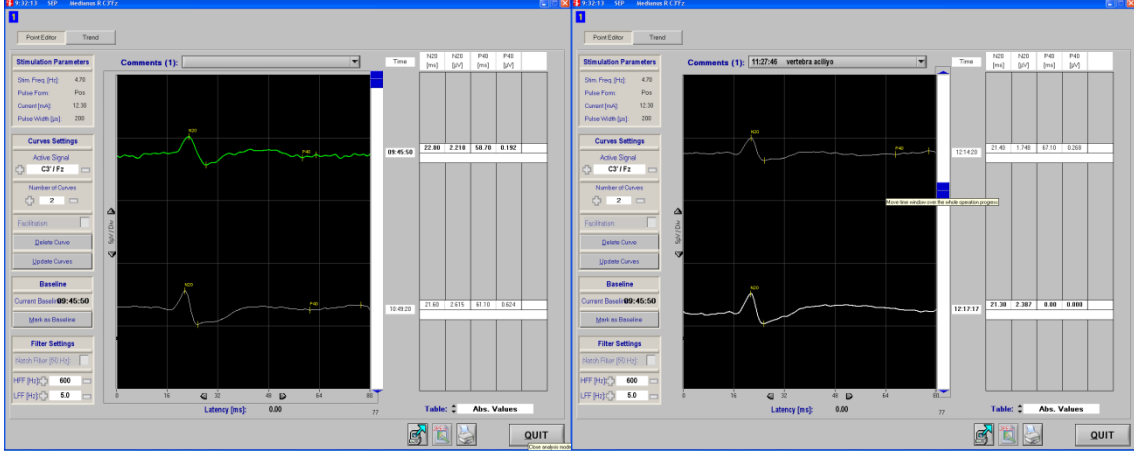
Resim 22: Alt ekstremitelerden ameliyat başlangıcında elde edilen MEP yanıtları. **A:** sağ alt ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt **B:** sol alt ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt.

C. SERVİKAL SPONDİLOZ OPERASYONU

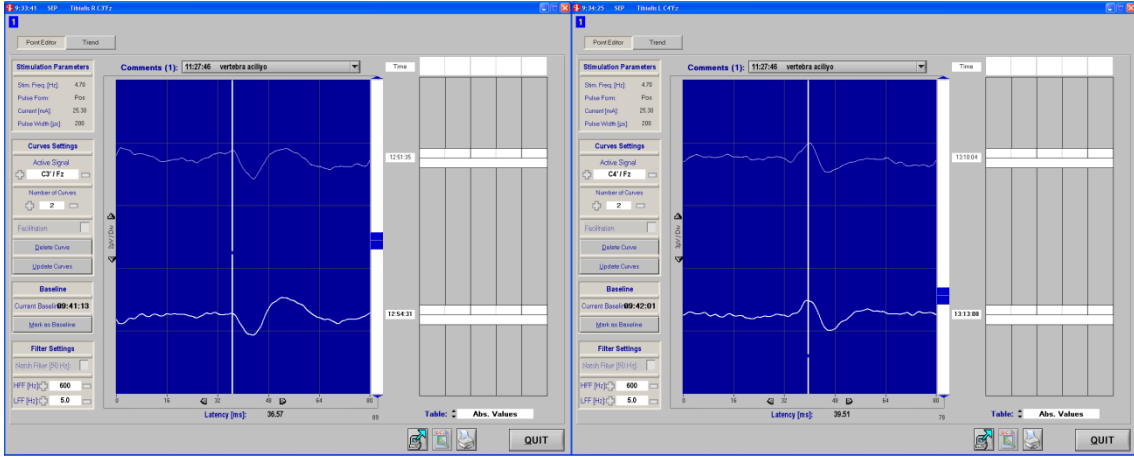
Toplam 2 servikal spondiloz vakası SEP ile monitorize edildi.

1. Birinci Vaka

55 yaşında erkek hastanın C4-C7 seviyesinde medullaya baskıya neden olan servikal spondiloz nedeniyle operasyonu gerçekleştirildi. 4 ekstremiteden SEP takibi yapıldı. SEP yanıtlarında ameliyat sonuna kadar kritik bir değişiklik olmadı (Resim 23 ve 24). Ameliyat sonrasında hastada yeni bir nörolojik sekel görülmedi.

A**B**

Resim 23: Sağ üst ekstremite SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. **A:** ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

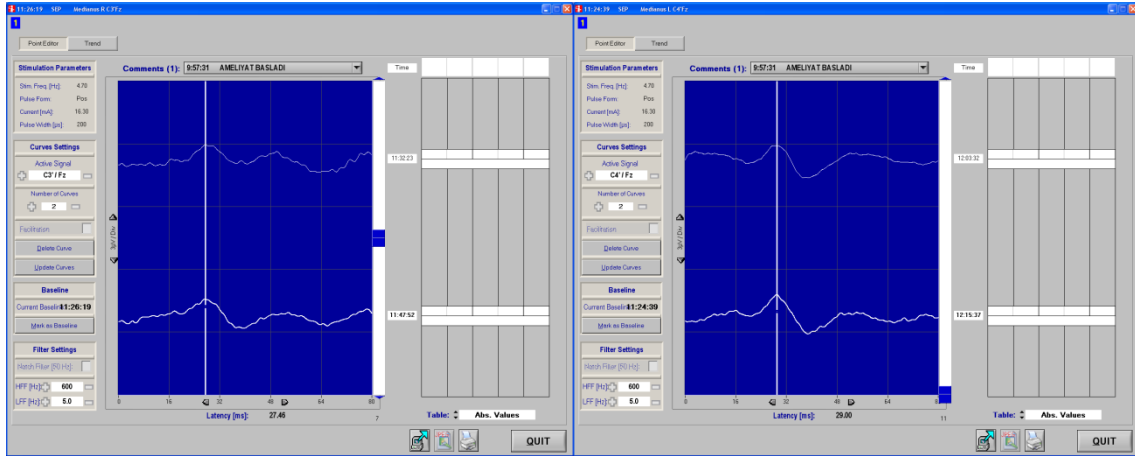
Resim 24: Bilateral alt ekstremite SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. Düşey çizgiden sonraki en çukur nokta P40 tır. **A:** sağ alt ekstremiteden art arda alınan iki yanıt **B:** sol alt ekstremiteden art arda alınan iki yanıt.

2. İkinci Vaka

68 yaşında kadın hasta C4-C7 arasında medullaya basıya neden olan servikal spondiloz nedeniyle operasyona alındı. Dört ekstremiteden alınan SEP yanıtlarında ameliyat sonuna kadar kritik bir değişiklik olmadı (Resim 25 ve 26). SEP yanıtlarında sol ekstremitelerde daha belirgin olmak üzere N20 ve P40 latanslarının ameliyat boyunca bilateral uzun olduğu görüldü. Ameliyat sonrasında hastada nörolojik sekel gelişmedi.

A

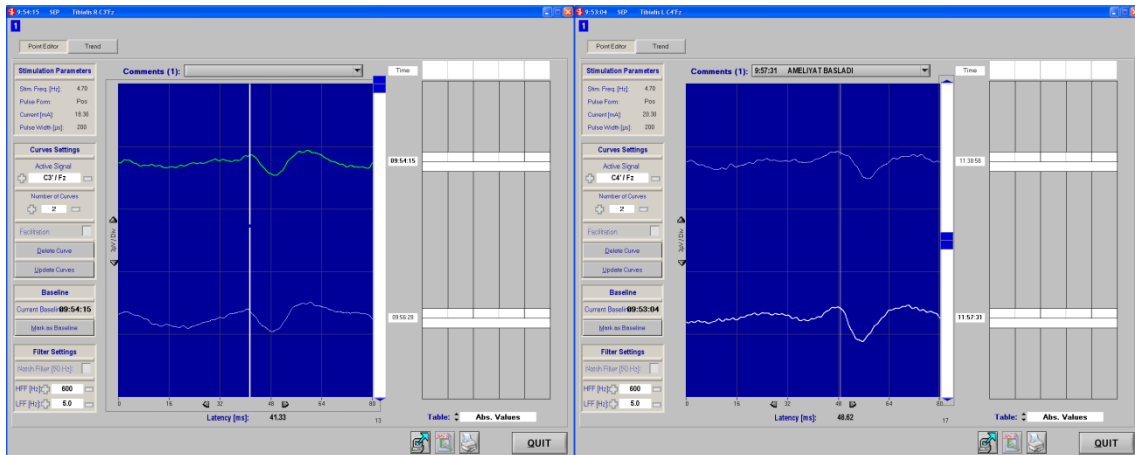
B



Resim 25: Bilateral üst ekstremitelerden alınan SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu yer N20 dir. N20 latansı bilateral belirgin olarak uzundur. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan iki yanıt **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan iki yanıt.

A

B



Resim 26: Bilateral alt ekstremitelerden alınan SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda kritik bir değişiklik görülmedi. Düşey çizgiden sonraki en çukur nokta P40 tır. P40 latansı solda daha belirgin olmak üzere bilateral uzundur. **A:** sağ alt ekstremitelerden **B:** sol alt ekstremitelerden alınan iki yanıt.

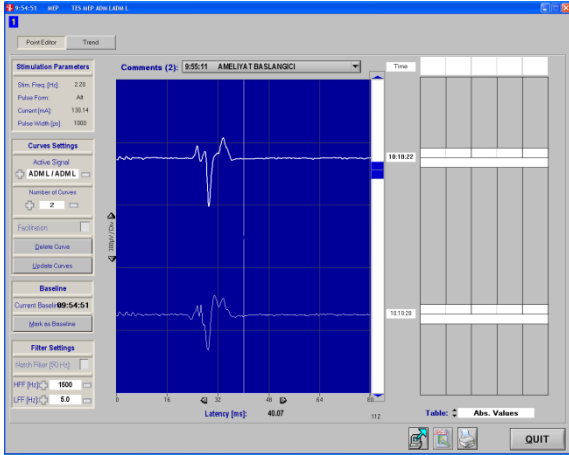
D. ARTERİOVENÖZ MALFORMASYON OPERASYONU

İki monitorizasyon gerçekleştirildi. Birinci vakada MEP monitorizasyonu, ikinci vakada SEP, MEP ve BAEP monitorizasyonu uygulandı.

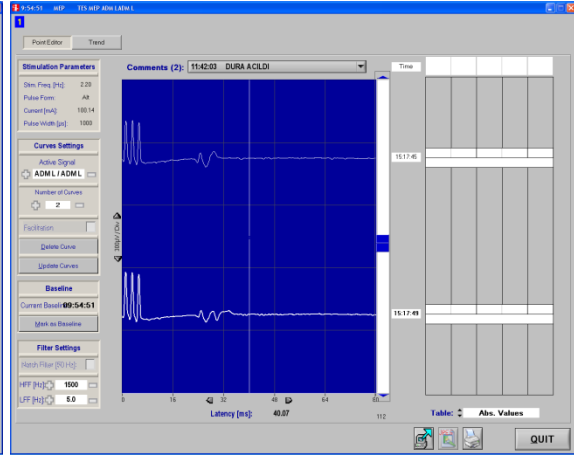
1. Birinci Vaka

29 yaşında kadın hastada servikal C3-C4 düzeyinde arteriyovenöz malformasyon nedeniyle operasyon düzenlendi. Ameliyat öncesi hastada alt ekstremitelerde kas gücü zayıflığı, idrar ve dışkı inkontinansı bulunmaktaydı. Ameliyatta MEP takibi yapıldı; alt ekstremitelerden yanıt elde edilemedi. Üst ekstremitelerden yanıt takip edildi (Resim 27). Ameliyat sonuna kadar MEP yanıtları kaybolmadı. Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

A



B

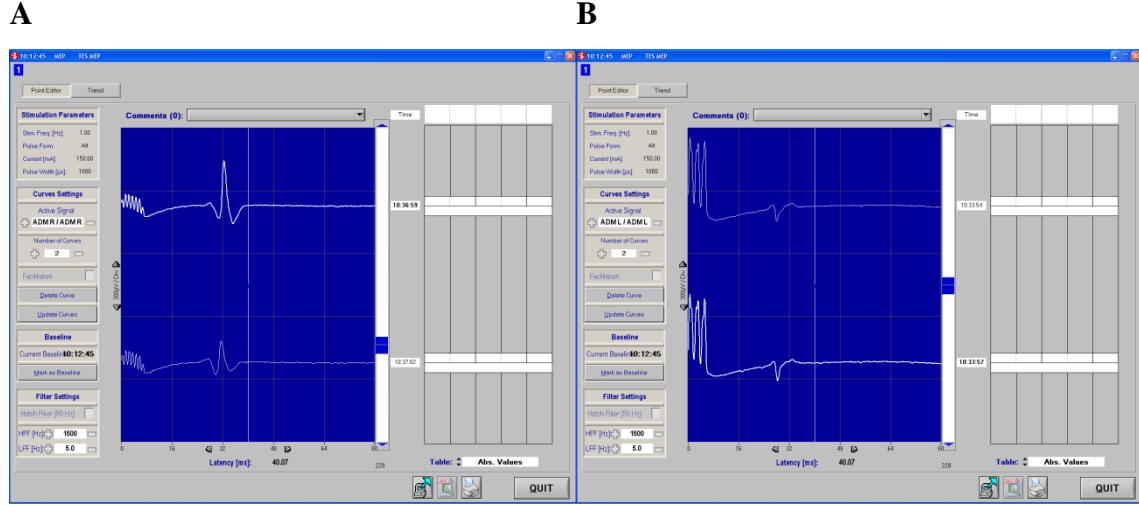


Resim 27: Sol üst ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:** ameliyat başında art arda alınan iki motor yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki motor yanıt.

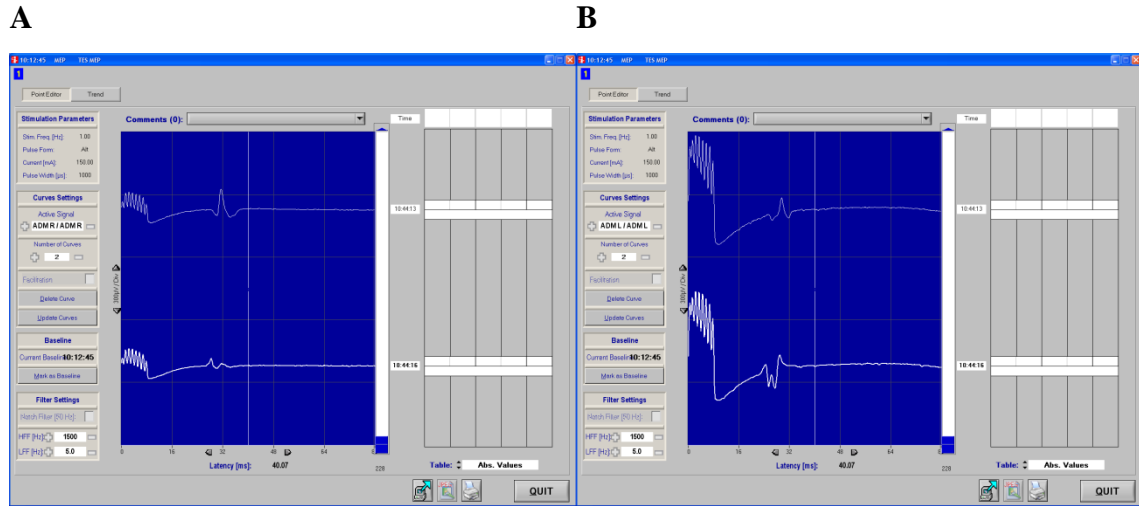
2. İkinci Vaka

61 yaşında kadın hasta sol medial serebral arter ve sol internal karotiste anevrizma nedeniyle opere edildi. Hastada 4 ekstremiteden SEP kaydı alındı. Tirbüşon elektrotlar C1-C2'ye takılmasında rağmen alt ekstremitelerden yanıt alınamadı. Üst ekstremitelerden MEP kaydı takip edildi (Resim 28). Bilateral BAEP takibi yapıldı. Anestezi induksiyonunda kas sinir kavşağı blokeri kullanıldığından MEP yanıtları ilacın etkisi geçtikten sonra alınmaya başlandı (Resim 29). Anevrizma klipsleri takılmadan önce barbitürat koması için tiopental

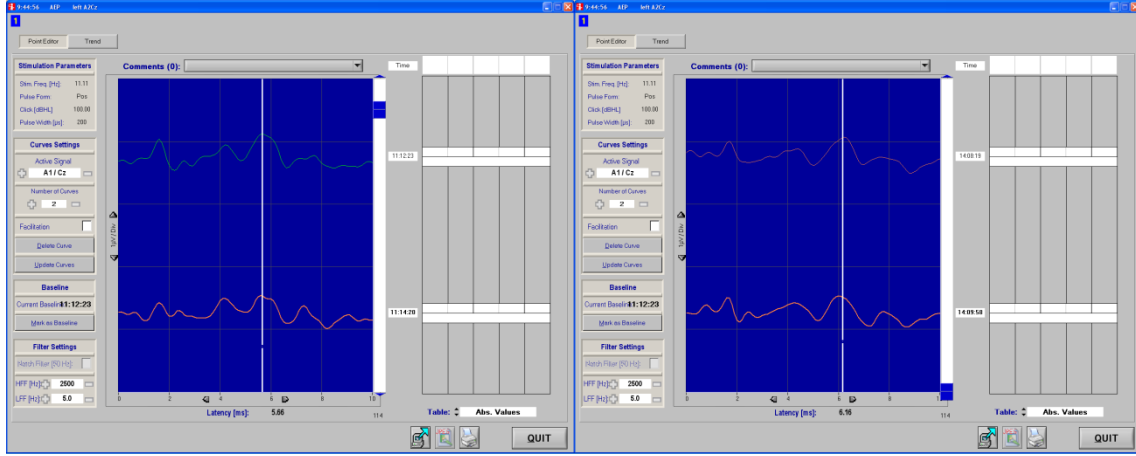
kullanıldı. Bu esnada anestezi ekibi EEG kaydı alırken biz SEP yanıtlarını izledik. Önce EEG yanıtı baskılandı, SEP yanıtlarının da baskılanması için beklendi. Alt ekstremitte yanıtları kayboldu, üst ekstremitte yanıtı genlikleri 1/3 kadar düştü. Ameliyat boyunca hasta hipotansif tutuldu. Bilateral BAEP yanıtlarında ameliyat boyunca kritik bir değişiklik olmadı (Resim 30). Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.



Resim 28: Ameliyat başı üst ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt.



Resim 29: Ameliyat sonu üst ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan iki motor yanıt.

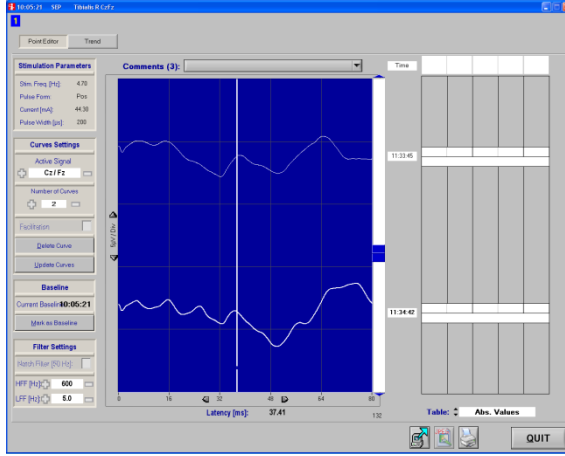
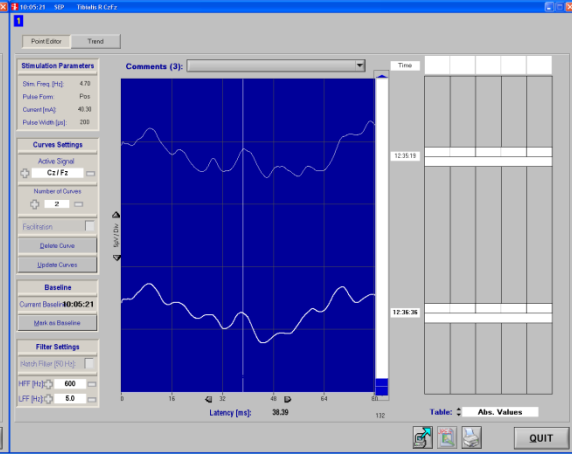
A**B**

Resim 30: Sol kulak BAEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlar korundu. Düşey çizginin bulunduğu yer V.dalgadır. **A:** ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

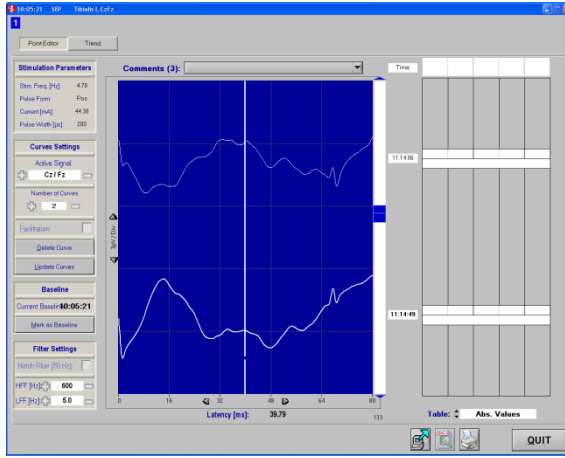
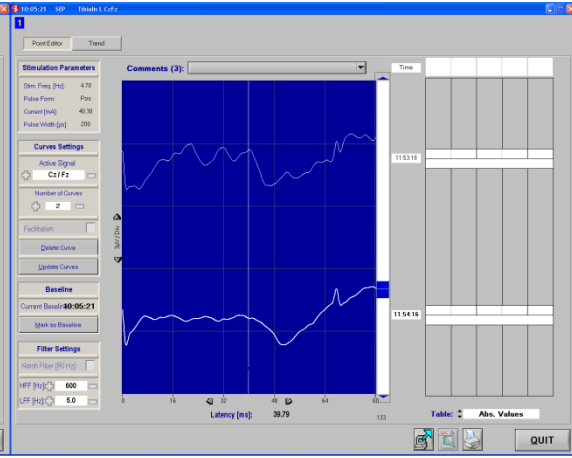
E. GERGİN KORD OPERASYONU

1. Birinci Vaka

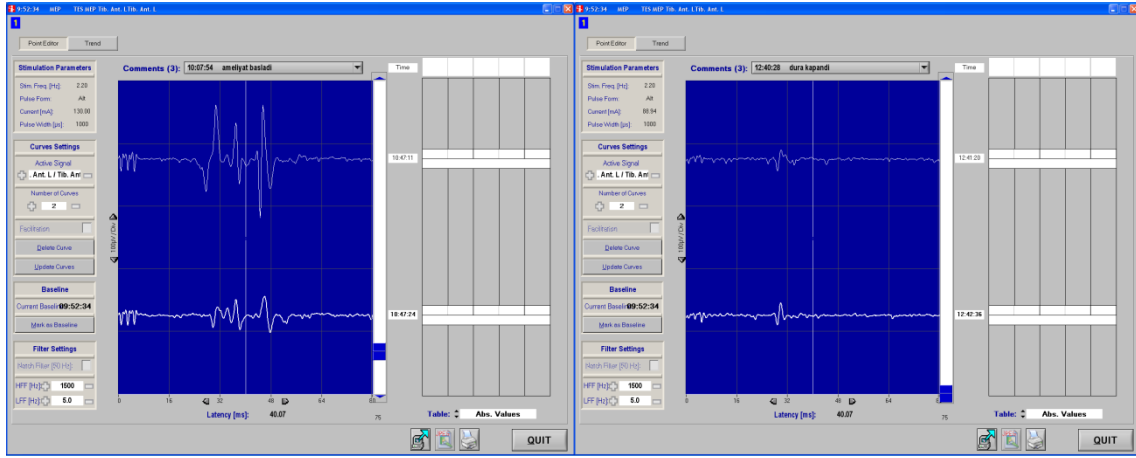
5 yaşında erkek hasta gergin omurilik sebebiyle operasyona alındı. Alt ekstremitelerden SEP ve MEP takibi yapıldı. SEP yanıtlarında kritik bir değişiklik olmadı (Resim 32). Ameliyat başlangıcında alınan kayıtlarda, SEP yanıtlarında P40 latansının bilateral belirgin uzun olduğu görüldü. Sağ alt ekstremiten SEP yanıtları ameliyat sonu latansları başlangıç yanıtlarına göre kısaldı (Resim 31). MEP yanıtları sol alt ekstremiteden elde edildi ve takip edildi (Resim 33). Ancak sağ alt ekstremiteden yanıt alınmadı. Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

A**B**

Resim 31: Sağ alt ekstremitte SEP yanıtları, Düşey çizgiden sonraki en çukur yer P40 tır. Ameliyat başında belirgin uzun olan P40 latansında, ameliyat sonunda kısalma görüldü. **A:** ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

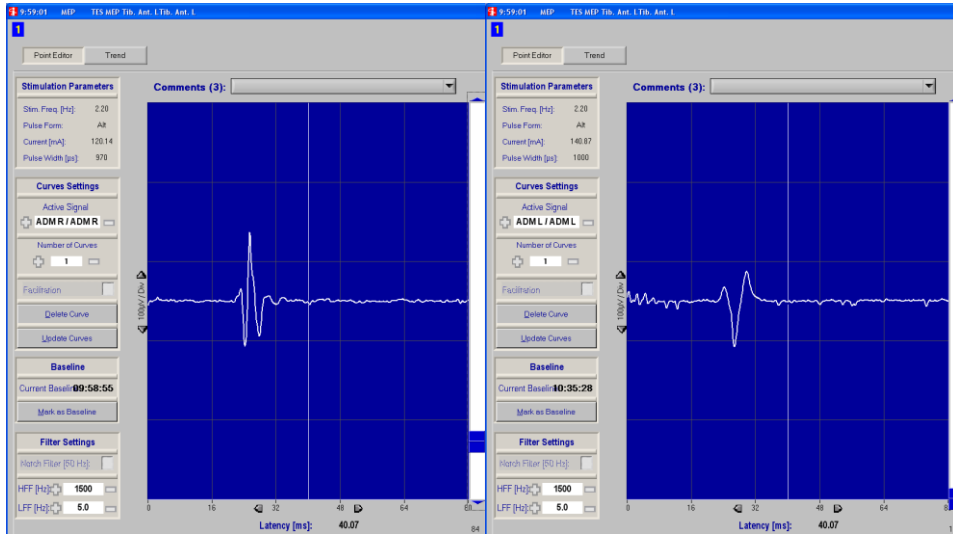
Resim 32: Sol alt ekstremitte SEP yanıtları, Düşey çizgiden sonraki en çukur yer P40 tır. P40 latansı uzundur ve ameliyat süresince değişiklik gözlenmemiştir. **A:** ameliyat başında art arda alınan iki yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki yanıt.

A**B**

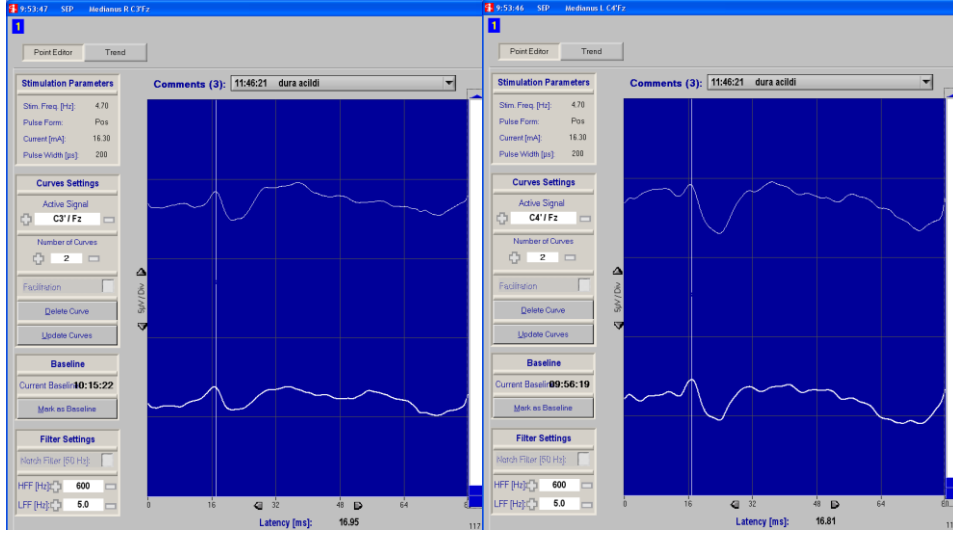
Resim 33: Sol alt ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:** ameliyat başında art arda alınan iki motor yanıt **B:** ameliyat sonunda art arda alınan iki motor yanıt.

2. İkinci Vaka

7 yaşında erkek hasta gergin omurilik nedeniyle opere edildi. 4 ekstremiteden SEP yanıtı takip edildi. Alt ekstremitelerden ameliyat başında MEP yanıtı alınamadı. Üst ekstremitelerden yanıt alındı ve takibi yapıldı. Ameliyat sonunda üst ekstremitelerden MEP yanıtları korunuyordu (Resim 34). C3-C4 den uyarı verildiğinden alt ekstremitelerden yanıt alınamamasının buna bağlı olduğu düşünüldü.

A**B**

Resim 34: Ameliyatın sonunda üst ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:** sağ üst ekstremiteden alınan yanıt **B:** sol üst ekstremiteden alınan yanıt.

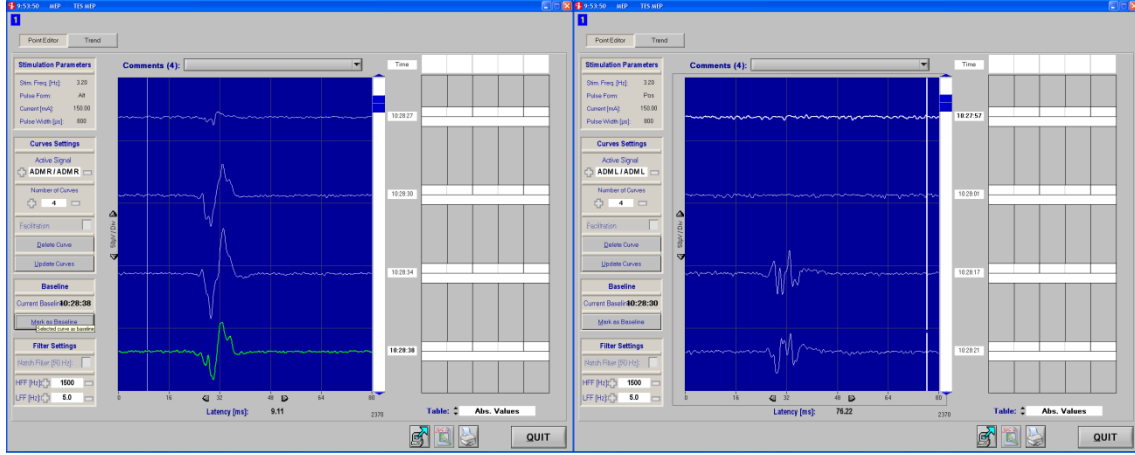
A**B**

Resim 35: Ameliyat sonu üst ekstremitte SEP yanıtları, Ameliyat sonunda yanıtlarda değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dir. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan iki yanıt **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan iki yanıt.

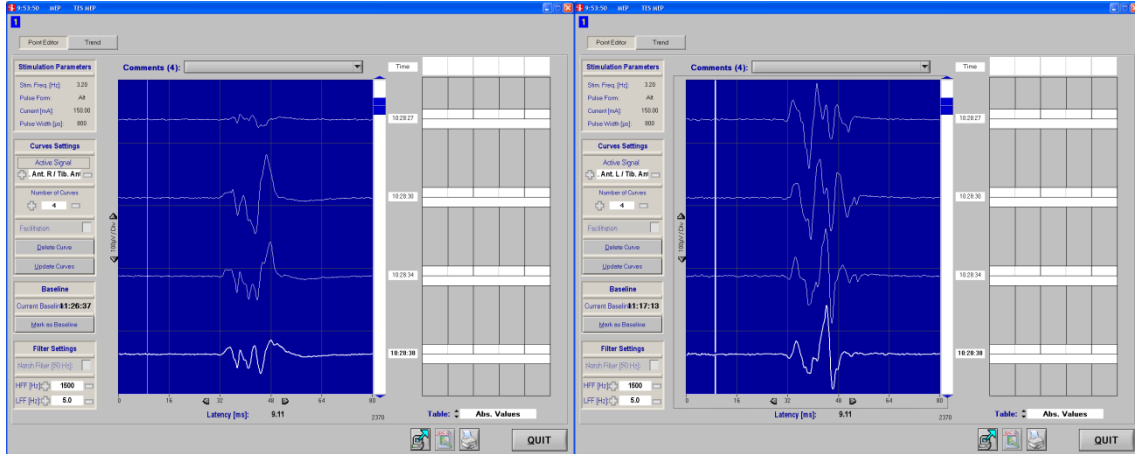
Ameliyat süresince SEP latans ve genliklerinde değişiklikler oldu ancak kritik düzeye gelmedi ve ameliyat sonuna doğru eski halini aldı (Resim 35). Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

F. TİP I CHİARİ MALFORMASYONU OPERASYONU

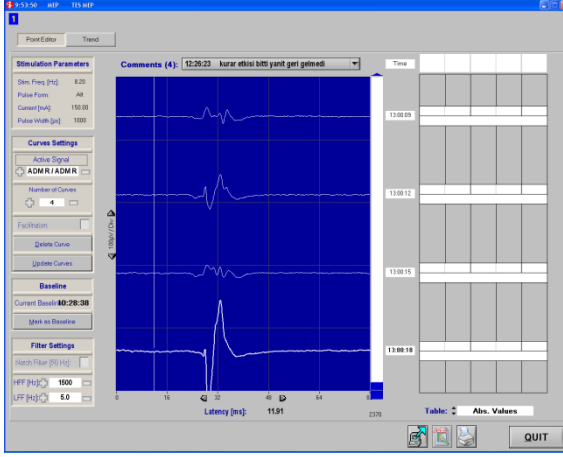
Chiari malformasyonu bulunan 18 yaşında erkek hastada operasyon esnasında 4 ekstremiteden MEP monitorizasyonu gerçekleştirildi. Hastanın ameliyat öncesi kuadriparezisi mevcuttu, ancak yürüyebiliyordu. Ameliyat başında maksimum uyarı ile 4 ekstremiteden de yanıt elde edildi (Resim 36 ve 37). Bu operasyonda kas sinir kavşağı blokeri kullanıldı. Hastaya kas sinir kavşağı blokeri verilmesinden sonra ara ara yanıtlar geri geldi ancak operasyon bittikten sonra sadece sağ elinden düzenli yanıt alınabiliyordu (Resim 38). Hastanın anesteziden çıkması ve spontan solunumunun geri gelmesi de uzun sürdü. Yatak düzeyinde her iki bacağı da oynattığı görüldü. Yoğun bakıma çıkarılan hasta ertesi gün servise alındığında kol ve bacaklarında parezi mevcut değildi.

A**B**

Resim 36: Ameliyat başında üst ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:**sağ üst ekstremiteden art arda alınan motor yanıtlar **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan motor yanıtlar.

A**B**

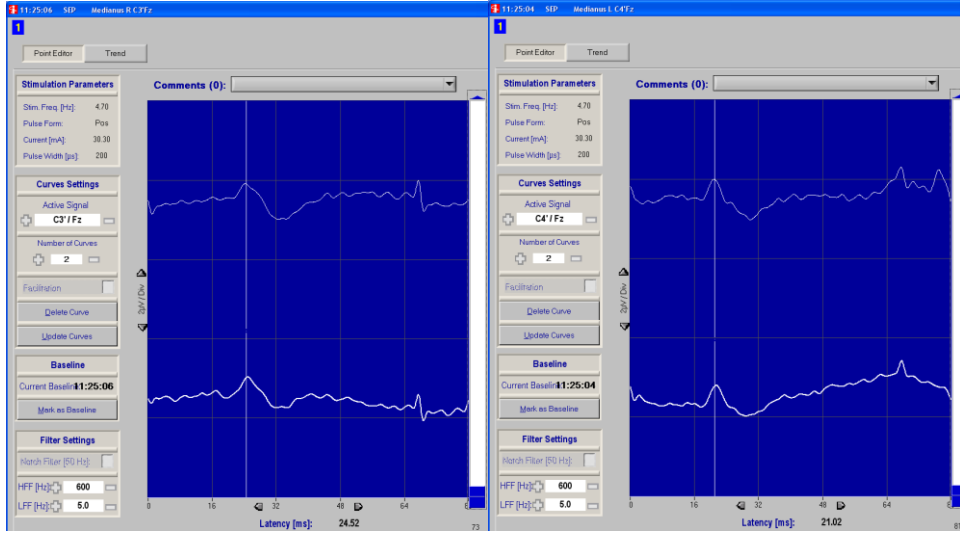
Resim 37: Ameliyat başında alt ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:**sağ alt ekstremiteden art arda alınan motor yanıtlar **B:** sol alt ekstremiteden art arda alınan motor yanıtlar.



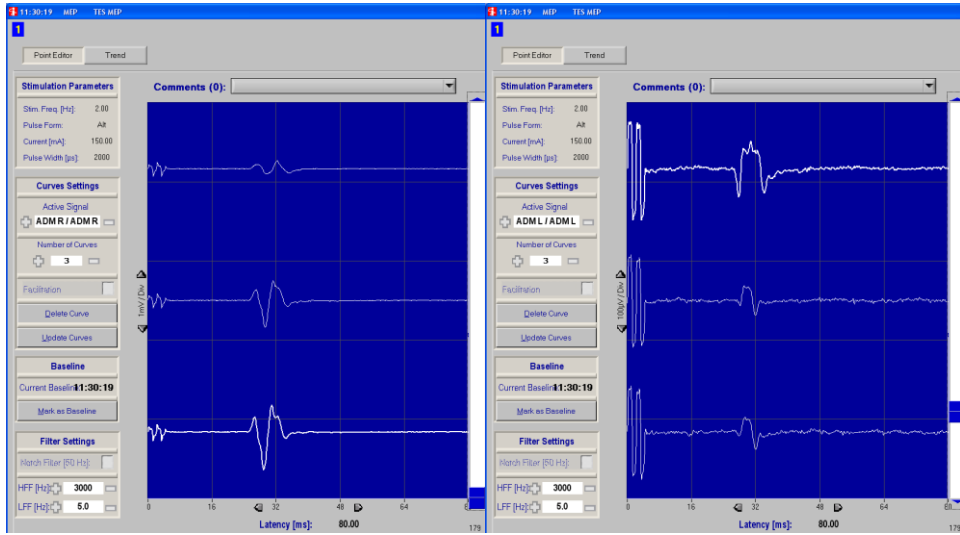
Resim 38: Ameliyat sonunda sağ üst ekstremitede geri gelen MEP yanıtı. Art arda alınan motor yanıtlar görülmektedir.

G. SYRINGOMYELİ OPERASYONU

22 yaşında kadın hasta paraplejik ve L3 seviyesinden aşağısı hipoestezik olarak Fakültemize başvurmuştur. Daha önce şant için ve Chiari malformasyonu gelişmesi üzerine iki operasyon geçirmiştir. Fakültemizde yapılan birinci operasyonda syringomyeli için T tüp yerleştirildi. Dört ekstremiteden SEP kaydı alındı. Ameliyat başında maksimum uyarıya rağmen alt ekstremitelerden SEP yanıtı alınamadı. Üst ekstremitelerden SEP yanıtı takip edildi. Genliklerde hafif düşme görüldü ancak kritik düzeyde değildi. Bu operasyon sonrası hasta yatak düzeyinde bacaklarını oynatıyordu. Bacakları giderek düzelen hastada yaklaşık bir ay sonra bacaklarında hızlı bir kötüleşme olması üzerine 2. operasyona alındı. İkinci operasyonda, kapalı BOS fistülü geliştiği görülen hastaya plevraya uzanan kanül yerleştirildi. Alt ekstremitelerden yanıt alınmadığından üst ekstremitelerden SEP ve MEP takibi yapıldı. Ameliyat sonunda SEP yanıtlarında değişiklik görülmedi (Resim 39). MEP yanıtları korundu (Resim 40). Ameliyat sonrası hastada yeni bir nörolojik sekel gelişmedi.

A**B**

Resim 39: Ameliyat sonu üst ekstremiten SEP yanıtları, Ameliyat süresince yanıtlarda değişiklik görülmedi. Düşey çizginin bulunduğu tepe N20 dir. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan iki yanıt **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan iki yanıt.

A**B**

Resim 40: Ameliyat sonu üst ekstremiteden elde edilen MEP yanıtları. **A:** sağ üst ekstremiteden art arda alınan motor yanıtlar **B:** sol üst ekstremiteden art arda alınan motor yanıtlar.

VII. TARTIŞMA

İntraoperatif monitorizasyon hala genç ve yükselen bir alandır. Monitörize edilen operasyonların çeşitleri ve monitorizasyon teknikleri her geçen gün gelişmektedir.

Operasyonlarda risk altındaki sinir sistemi bölümüne göre gerekli monitorizasyon yöntemlerini multimodal olarak uyguladık. Sayıca az olan bu farklı operasyonlarda hiç yanlış negatif sonuç elde etmedik. Bir MEP yanıtında yanlış pozitif sonuç aldık ancak beklenmedik bir durum olmayan bu sonucun olası sebebi aşağıda tartışılmıştır. Vakalardan birinde kas sinir kavşağı blokeri kullanımına bağlı MEP yanıtı kaybolmuştur. Operasyonda kas sinir kavşağı blokeri gerektiğinden ameliyata o şekilde devam edilmiş dolayısıyla MEP yanıtı ancak ameliyat sonunda yeniden elde edilebilmiştir.

SEP, en sık kullanılan monitorizasyon modalitesi olmakla birlikte tek başına etkili bir omurilik monitorizasyon yöntemi değildir. Omuriliğin bütününe monitorizasyonu için bu yöntemlerin bir kombinasyonu, yani multimodal kullanımı gerekmektedir. Bu şekilde her modalitenin avantajı kullanılmakta ve omuriliğin hem ön hem de arka kordonu değerlendirilebilmektedir. EMG de eklendiğinde korteksten omuriliğe, sinir kökleri, periferik sinir ve kaslar da dahil olacak şekilde sinir sisteminin tüm fonksiyonları monitorize edilmiş olur. Ameliyat teknolojilerinin gelişmesi intramedullar omurilik tümörlerine yaklaşımı değiştirmiştir. Günümüzde bu tümörlerin primer tedavisi mikrocerrahi yöntemi ile rezeksiyondur. Skinner ve arkadaşlarının yazdıkları bir vakada intrameduller kavernöz malformasyon operasyonundan hasta paraparezi ile uyanmış, ancak intraoperatif monitorizasyonda SEP yanıtları değişmemiş, MEP yanıtları kaybolmuştur (117). Bu vaka da bize bu tür operasyonlarda tek başına bir modalitenin yeterli olamayacağını bir örneğidir. Bu ameliyatlarda duysal ve motor yollar selektif olarak hasar görebileceğinden multimodal monitorizasyon zorunlu görülmektedir. Bu operasyonlarda MEP kriterleri ekstra önem arz etmektedir. Çünkü tümörün tam rezeksiyonu buna bağlıdır. Bazen cerrah için ameliyat sonrası hafif ve geçici hasar, tümörün tam olarak rezeksiyonu söz konusuysa göze alınabilir bir risk olabilir.

SEP monitorizasyonu sadece duysal yollarla ilgili olduğundan tek başına kullanımı önerilmemektedir. Tek bir yöntem omuriliğin kompleks fonksiyonlarını etkili biçimde takip edebilmek için yeterli değildir. Mevcut tekniklerin multimodal kombinasyonları kolay ve etkili intraoperatif monitorizasyon için gereklidir (126). Sutter ve arkadaşları spinal stenoz, deformite ve tümör cerrahisi ameliyatlarında multimodal monitorizasyonun kullanımı ile ilgili

yaptıkları araştırmada, monitörizasyonun postoperatif nörolojik hasar tespitinde %89 duyarlı, %99 özgül olduğu sonucuna ulaşmışlardır (124). Güvenilir omurilik monitörizasyonu, cerrahları daha zor ve kompleks cerrahi yaklaşımları uygulayabilmeye yönlendirmekte, cesaretlendirmektedir (126). Bu da hastalar için yeni cerrahi tedavi seçeneklerinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Nöral yapıları en iyi biçimde koruyabilmek için cerrah, monitorizasyon ekibi ve anestezi ekibi arasında interdisipliner bir çalışma gereklidir (97). İnhalasyon anestezikleri, SEP yanıtı genliğini, kas sinir kavşağı blokerleri de MEP yanıtlarını etkilediğinden monitörizasyon ekibi ile anestezi ekibi sürekli iletişim halinde olmalıdır. Yanıtlardaki değişimlerin yorumlanmasında bu durum önem teşkil eder. Etkili monitörizasyon için preoperatif strateji belirlenmelidir. Bu strateji ise cerrahi yöntem, risk altındaki dokular, hastanın preoperatif nörolojik hasar durumu ve ameliyatın içerdiği hasar riskine bağlıdır.

Bizim de uygulamış olduğumuz transkraniyal motor uyarılmış potansiyellerin ameliyat esnasında tamamen kaybolması ameliyat sonrası gelişebilecek motor sekelin geçici mi yoksa kalıcı mı olduğuna dair bir fikir veremez. Bunun için aynı zamanda omurilikten intraoperatif olarak doğrudan D dalgasını kaydetmek gereklidir. Sala ve arkadaşlarının tecrübelerine dayanarak söylediklerine bakacak olursak eğer omurilikten alınan D dalgası duruyorsa, sadece kastan alınan motor uyarılmış potansiyellerin kaybı, ameliyat sonrası geçici bir motor sekel olabileceğini ama kalıcı bir hasar gelişmeyeceğini gösterir. Böyle bir durumda sadece kastan motor uyarılmış potansiyelleri kaydediyorsak yanıtlar kaybolduğunda eğer cerrah operasyona aynen devam ederse kalıcı motor hasar gelişme olasılığı doğar (110). Bu sebepten omurilikten D dalgasının kaydını yapmadığımız için, biz de TES-MEP yanıtlarımız kaybolduğunda operasyona ara vermeyi bir süre sonra yanıtlar geri gelmediğinde cerrahın operasyonun risk içeren aşamasını sonlandırmasını tercih ettik. Diğer taraftan motor uyarılmış potansiyellerin kaybı ameliyat sonrası motor hasar gelişebileceğini gösterse de, %10 vakada bu gerçekleşmez (52). Bizim vakamızda da ameliyat sonrası nörolojik bir sekel gelişmemiştir. Bunun bir olası açıklaması hasar gören destekleyici motor lifleri, korunmuş olan hızlı kortikospinal liflerin kompanse etmesidir. Bu aynı zamanda ameliyat sonrası görülebilen geçici paraplejiyi de açıklar (110). Monitörize ettiğimiz bir vakada ameliyat sonrası geçici hemiparezi görülmüştür, ancak operasyonda MEP takibi yapılamadığından MEP yanıtlarındaki değişimle ilgili bir yorum yapamıyoruz. Motor uyarılmış potansiyeller kaybolduklarında eğer operasyon kısa bir süre durdurulursa, genellikle yanıtların zamanla spontan olarak düzeldikleri görülmüş. Bunun tersine operasyona devam etmek veya işlemleri hızlandırmak geri dönüşsüz hasara yol

açabilmektedir. Motor yanıtlar kaybolduğunda üç şey yapılması önerilmektedir (111). Zaman, irigasyon, basınç (İngilizce baş harflerinden-TİP). Ameliyata ara verilir beklenir, ılık serum fizyolojik solüsyonu ile cerrahi alan irigasyonu yapılır ve ortalama arteriyel kan basıncı arttırılır.

Klinik olarak ameliyat öncesi nörolojik sekeli olanlarda intraoperatif MEP monitörize edilemeyebilir. Ancak gene de denemek gereklidir ve elde edilebilirse daha ileri hasarın engellenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle monitörize ettiğimiz hastalar arasında ağır nörolojik hasarı olan vakalarda (paraplejik) motor yanıt elde etmeyi denedik ancak yanıt alamadık. Yine de ameliyatın sonunda yanıt alma olasılığından ötürü hasta üzerinde gerekli elektrotları hazır bulundurmanın avantajlı olacağını düşünüyoruz.

Etkili bir intraoperatif nöromonitörizasyon için tecrübeli bir ekip gereklidir. Monitörizasyon ekipmanının ameliyat öncesi hazırlanması da en az monitörizasyonun yorumlanması kadar önemlidir. Bunun yanında anestezi uzmanının da monitörizasyon ile çalışmış deneyimli olması istenir. Eğer yeterli deneyimi yoksa cerrahın veya nörofizyoloğun anesteziklerle ilgili gerekli bilgiye sahip olması gerekir. Biz, monitörize ettiğimiz ilk vakalar ile sonraki vakalar arasında ekip içinde uyumun gitgide arttığını gördük. Zamanla, monitörizasyon gerçekleştirilecekse ameliyathanede nasıl bir yol izlediğimiz çalışanlar tarafından da algılandığı için ilk ameliyatlarda hazırlık sürecimiz daha uzun sürerken sonraki ameliyatlarda daha kısa sürelerde hazırlığımızı tamamlayabildik. Yine ilk vakalarımızda cerrah, anestezi ve monitörizasyon arasındaki eksiklikler, sonraki vakalarda azalmaya ve yerini daha iyi bir koordinasyon ve iletişim almaya başlamıştır.

Günümüzde nöromonitörizasyon ile ilgili kontrollü çalışmalar yapmak çok zordur. Çünkü monitörizasyon kullanan ve faydasına inanan cerrahların etik açıdan kontrol grubu oluşturmak istemeyecekleri aşikardır. Ayrıca yine Sala ve arkadaşlarına göre hemen ameliyat sonrası yapılan değerlendirmeler monitörizasyonun bir avantajını göstermeyebilir, çünkü geçici parapleji monitörizasyonun faydasını kısa bir süre maskeleyebilir (110).

Monitörizasyonun neredeyse hiç riski bulunmadığından risk yarar analizlerinde hep olumlu sonuç verecektir. Ancak maliyet analizleri ameliyat ve kullanılan monitörizasyon tekniklerine göre değişebilir.

Monitörizasyon ile ilgili bir diğer soru şudur:

İntraoperatif monitörizasyon hasar tespitinde yararlı olabilir ancak cerrahın kararını gerçekten etkilemekte midir?

Henüz MEP monitörizasyonu bugünkü kadar yaygın değilken 1992’de Steinbok ameliyat kararlarını etkilemediğini düşündüklerinden intraoperatif monitörizasyonu kullanmamaya karar verdiklerini yazdı. Ancak Hsu ve Kothbauer günümüzde intraoperatif monitörizasyonun postoperatif nörolojik hasarı önlemek veya minimize etmek için ameliyat kararlarına etki ettiğini düşündüklerini belirttiler (42, 52, 121). Özellikle monitörize ettiğimiz beyin sapına yakın operasyonlarda kafa çiftlerinin korunması açısından monitörizasyonun cerrahın üçüncü bir gözü olduğunda çalıştığımız tüm cerrahlar hemfikirler.

2007 yılında 180 cerrah ile yapılan bir araştırmada yöntemlerin kullanılabilirliğine bakıldığında SEP %95, sürekli EMG %67, uyarılmış EMG %61 ve MEP %41 oranında kullanılabilir bulunmuştur (67). Bunun sonucunda cerrahlar monitörizasyonun kullanımının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasında fikir birliğine varmışlardır.

Günümüzde intraoperatif monitörizasyonun kullanımı cerrahlar için bir seçenek olarak tavsiye edilmekte ancak yasal olarak kullanma zorunluluğu bulunmamaktadır. Monitörizasyonun yüksek nörolojik hasar riski olan operasyonlarda yararı olduğuna dair kanıtlar her geçen gün artmaktadır ve cerrahlar bunun takibinde olmalıdırlar. Şimdiki kullanım cerrahın tercihi ve gerekli teknik altyapıya ulaşılabilirliğe bağlıdır. Eğer monitörizasyon kullanılıyorsa ekip, o ameliyatın toplam süresinin daha uzun olabileceğinin, daha fazla masraf ve daha farklı anestezi yöntemleri gerekebileceğinin ve yanlış negatif sonuçlar olabileceği gibi yanlış pozitif sonuçlar da verebileceğinin bilincinde olmalıdır.

Kafa tabanı ve beyin sapı cerrahilerinde kafa çiftlerinin EMG ve işitsel uyarılmış potansiyellerin monitörizasyonu günümüzde artık kullanımı rutine girmiş olan modalitelerdir. Bu tür cerrahilerde monitörizasyon kullanımının (EMG, direk elektriksel uyarım, BAEP) kafa çiftlerinde postoperatif hasar oranını düşürdüğü bulunmuştur (33, 35, 106). Alt kafa çiftlerinin monitörizasyonunun bu kafa çiftlerinde hasar riskini düşürdüğüne dair kontrollü veriler bulunmamaktadır. Ancak monitörize edilmelerinin yararlı olduğu görülmüştür (71, 113). Bu yöntemlerle daha güvenli bir ameliyat sağlanırken cerrahın bu güvenden yola çıkarak monitörizasyon olmasa almayacağı riskleri alması ve cerrahi manipülasyonunu değiştirmesi söz konusu olabilir. Burada önemli olan cerrahın monitörizasyonun kapasitesinin ve dezavantajlarının farkında olmasıdır. Bunu sağlayacak olan kişi monitörizasyonu yapan nörofizyologdur. Monitörizasyon ekibi ile cerrah arasındaki güven ve iletişim önemlidir. Cerrahı erken uyarmak ameliyatta kullandığı yöntem ve adımları monitörizasyondaki nörofizyolojik değişikliklerle bağlantı kurabilmesini sağlarken, diğer taraftan yanlış pozitiviteye neden olabilir, cerrahı gereksiz yere stres altına sokabilir ve operasyonu uzatabilir. Geç

uyarmak ise nörolojik hasar riskini arttırır ve cerrahın uyguladığı teknikle nörofizyolojik anormallik arasında bağlantı kurma noktasında kafasını karıştırabilir. Bunlar dışında kendi tecrübemize dayanarak cerrahı doğrudan ilgilendirmeyen, herhangi bir hasarı göstermeyen monitörizasyon değişikliklerini operasyon esnasında cerraha bildirmenin, bilgi kirliliğine yol açarak gerçekten önemli olan değişikliğe verilmesi gereken dikkatin gerektiği kadar verilmemesine neden olabileceğini düşünmekteyiz.

VIII. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmamızda sinir hasarı riskinin yüksek olduğu farklı beyin ve sinir cerrahisi operasyonlarında, çeşitli monitörizasyon yöntemlerini bir arada kullanarak intraoperatif multimodal monitörizasyon gerçekleştirdik. Sinir sistemini tam olarak takip edebilmek için birden fazla modalitenin aynı anda kullanılması gerektiği artık bilinen bir gerçektir. Multimodal monitörizasyonun teknik zorluklarının yanı sıra, yetişmiş tecrübeli ekiplere ihtiyacı vardır. Eksiksiz bir monitörizasyon için cerrah, anestezi ekibi ve monitörizasyon ekibi uyumla çalışmalıdır. Ülkemizde multimodal monitörizasyon yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır. Amacımız dünya standartlarında bu yöntemleri uygulamak, cerrahi ekip ve anestezi ekibi ile beraber tecrübe kazanmak, koordinasyonu sağlamak, ameliyathanemizde bize sorun çıkartabilecek teknik alt yapıyı değerlendirmek ve monitörizasyonu, özellikle bazı operasyonlarda rutin kullanabilmek için gereken şartları oturtmaktır. Bu çalışmamızdan sonra beyin ve sinir cerrahisi ameliyathanesinde SEP ve fasiyal sinir EMG monitörizasyonu kullanıma girmiştir. Sonraki adım daha çok hasta monitörize ederek sonuçların daha iyi değerlendirilebileceği çok sayıda veriyle farklı hasta gruplarında ayrı ayrı çalışmak ve özellikle kafa çiftlerinin monitörizasyonunu ve omurilik cerrahilerinde SEP-MEP monitörizasyonunu rutin uygulamaya sokmak, beyin sapı ve korteks haritalama yöntemlerini de ameliyathanemizde oturtmaktır. İdeal bir monitörizasyonun gerçekleştirilebilmesi için, bu alanda eğitimli daha çok kişinin bu işin içinde olması ve ülkemizde de, monitörizasyonun sık kullanıldığı ülkelerde olduğu gibi, nöromonitörizasyon konusunda eğitime öncelik verilmesi gerekmektedir. Sonuçlar ameliyathanede o anda değerlendirilmekle birlikte verilerin geriye dönük değerlendirmelerinin yapılabilmesi için ameliyathane dışında da analiz bilgisayarının bulunması gerekmektedir. Karşılaşılan sorunların çözümleri sadece monitörizasyon ekibini değil ameliyathanede bulunan herkesi ilgilendirdiğinden ekip anlayışı hep ön planda tutulmalıdır.

Bu çalışma için İ.Ü.İstanbul Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı Ameliyathanesi'nde bulunan İnomed ISIS IOM nöromonitorizasyon sistemi ve çoklu kullanıma uygun olan İnomed elektrot sistemleri kullanılmıştır.

IX. KAYNAKLAR

1. Agnew, W.F., and McCreery, D.B. (1987). Considerations for safety in the use of extracranial stimulation for motor evoked potentials. *Neurosurgery*, 20, 143–147.
2. Allen A, Starr A, Nudleman K. Assessment of sensory function in the operating room utilizing cerebral evoked potentials: a study of fifty-six surgically anesthetized patients. *Clin Neurosurg* 1981;28:457–481.
3. Amassian, V.E., Stewart, M., Quirk, G.J., et al. (1987). Physiological basis of motor effects of a transient stimulus to cerebral cortex. *Neurosurgery*, 20, 74–93.
4. Barker, A.T., Jalinous, R., and Freeston, I.L., (1985). Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet*, 1, 1106–1107.
5. Beatty RM, McGuire P, Moroney JM, Holladay FP. Continuous intraoperative electromyographic recording during spinal surgery. *J Neurosurg* 1995;82: 401– 405
6. Ben-David B, Haller G, Taylor P. Anterior spinal fusion complicated by paraplegia. A case report of false negative somatosensory evoked potential. *Spine* 1987;12: 536-9.
7. Boyd SG, Rothwell JC, Cowan JMA, Webb PJ, Morley T, Asselman P, Marsden CD (1986) A method of monitoring function in cortical pathways during scoliosis surgery with a note on motor conduction velocities. *J Neurol Neurosurg Psych* 49:251–257
8. Bricolo, A. (1999). Comment on Selvapandian, S., Rajshekhar, V., and Chandy, M.J.: Brainstem glioma: Comparative study of clinico-radiological presentation, pathology and outcome in children and adults. *Acta. Neurochir. (Wien)*, 141, 721–727.
9. Burke, D., Hicks, R.G., and Stephen, J.P. (1990). Corticospinal volleys evoked by anodal and cathodal stimulation of the human motor cortex. *J. Physiol.*, 425, 283–299.
10. Calancie B, Harris W, Broton JG, Alexeeva N, Green BA. Threshold level multipulse transcranial electrical stimulation of motor cortex for intraoperative monitoring of spinal motor tracts: description of method and comparison to somatosensory evoked potential monitoring. *J Neurosurg* 1998;88: 457-70.
11. Cedzich, C., Pechstein, U., Schramm, J., et al. (1998). Electrophysiological considerations regarding electrical stimulation of motor cortex and brain stem in humans. *Neurosurgery*, 42, 527–532
12. Chacko AG, Babu KS, Chandy MJ. Value of visual evoked potential monitoring during trans-sphenoidal pituitary surgery. *Br J Neurosurg* 1996;10:275–278

13. Chen X, Sterio D, Ming X, Para DD, Butusova M, Tong T, et al: Success rate of motor evoked potentials for intraoperative neurophysiologic monitoring: effects of age, lesion location, and preoperative neurologic deficits. *J Clin Neurophysiol* 24: 281–285, 2007
14. Daube JR, Harper CM. Surgical monitoring of cranial and peripheral nerves. In: Desmedt JE, editor. *Neuromonitoring in surgery*. Amsterdam: Elsevier; 1989. p 115–151
15. Dawson EG, Sherman JE, Kanim LE, et al. Spinal cord monitoring. Results of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Society survey. *Spine (Phila Pa 1976)* 1991;16(suppl 8):S361–4.
16. 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;119:248–64.
17. Deletis V. The “motor” inaccuracy in neurogenic motor evoked potentials. *Clin Neurophysiol* 2001;112:1365—6.
18. Delgado TE, Bucheit WA, Rosenholtz HR, Chrissian S: Intraoperative monitoring of facila muscle evoked responses obtained by intracranial stimulation of the facila nerve: a more accurate technique for facila nerve dissection. *Neurosurgery* 4: 418-421, 1979.
19. Deutch H, Arginteanu M, Manhart K, Perin N, Camins M, Moore F, et al. Somatosensory evoked potential monitoring in anterior thoracic vertebrectomy. *J Neurosurg* 2000;92: 155-61.
20. Fahlbusch, R., and Strauss, C. (1991). The surgical significance of brain stem cavernous hemangiomas. *Zentralbl Neurochir.*, 52, 25–32.
21. Fischer, C. (1989). Brainstem auditory evoked potential (BAEP) monitoring in posterior fossa surgery. In “*Neuromonitoring in surgery*” (J.E. Desmedt, ed.), pp. 191–218. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
22. Fukuoka Y, Komori H, Kawabata S, Ohkubo H, Mochida K, Shinomiya K. Transcranial electrical stimulation as predictor of elicitation of intraoperative muscle-evoked potentials. *Spine* 2004;29: 2153—7.
23. Ghaly, R.F., Stone, J.L., Lee, J.J., et al. (1999). Monitoring spinal cord motor and somatosensory evoked potentials in anesthetized primates. *Neurol. Res.*, 21, 359–367.
24. Goldbrunner RH, Schlake HP, Milewski C, Tonn JC, Helms J, Roosen K. Quantitative parameters of intraoperative electromyography predict facial nerve outcomes for vestibular schwannoma surgery. *Neurosurgery* 2000;46:1140 –1146

25. Grundy BL, Jannetta PJ, Procopio PT, Lina A, Boston JR, Doyle E. Intraoperative monitoring of brainstem auditory evoked potentials. *J Neurosurg* 1982;57:674–681
26. Grundy, B.L. (1983). Intraoperative monitoring of sensory evoked potentials. *Anesthesiology*, 58, 72–87.
27. Grundy, B.L. (1985). Evoked potentials monitoring. In “Monitoring in anesthesia and critical care medicine” (C.D. Blitt, ed.), pp. 345–411. Churchill-Livingstone, New York.
28. Gunnarsson T, Krassioukov AV, Sarjeant R, et al. Real-time continuous intraoperative electromyographic and somatosensory evoked potential recordings in spinal surgery: correlation of clinical and electrophysiologic findings in a prospective, consecutive series of 213 cases. *Spine* 2004; 29:677.
29. GuoL, Jasiukaitis P, Pitts LH, Cheung SW: Optimal placement of recording electrodes for quantifying facial nerve compound muscle action potential. *Otol Neurotol* 29: 710-713, 2008.
30. hacko AG, Babu KS, Chandy MJ. Value of visual evoked potential monitoring during trans-sphenoidal pituitary surgery. *Br J Neurosurg* 1996;10: 275–278.
31. Harner S, Daube JR, Ebersold M. Electrophysiologic monitoring of neural function during temporal bone surgery. *Laryngoscope* 1986;96: 65–69.
32. Harner SG, Daube JR, Beatty CW, Ebersold MJ: Intraoperative monitoring of the facial nerve. *Laryngoscope* 98: 209-212, 1988.
33. Harner, S.G., Daube, J.R., Ebersold, M.J., and Beatty, C.W. (1987). Improved preservation of facial nerve functions with use of electrical monitoring during removal of acoustic neuromas. *Mayo Clin. Proc.*, 62, 92–102.
34. Harper CM, Daube JR. Facial nerve electromyography and other cranial nerve monitoring. *J Clin Neurophysiol* 1998;15: 206–216.
35. Harper CM, Harner SG, Slavik DH, Litchy WJ, Daube JR, Beatty CW, Ebersold MJ. Effect of BAER monitoring on hearing preservation during acoustic neuroma resection. *Neurology* 1992;42:1551–1553.
36. Harper CM. Intraoperative cranial nerve monitoring . *Muscle Nerve*.2004 Mar;29(3):339-51.
37. Harris EJ, Brown WH, Pavy RN, et al. Continuous electroencephalographic monitoring during carotid artery endarterectomy. *Surgery*. 1967;62:441–447.

38. Hilger, J. (1964). Facial nerve stimulator. *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol.*, 68, 74–76.
39. Hilibrand AS, Schwartz DM, Sethuraman V, et al. Comparison of transcranial electric motor and somatosensory evoked potential monitoring during cervical spine surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:1248.
40. Holland NR. Intraoperative electromyography. *J Clin Neurophysiol* 2002;19:444–453.
41. Hone SW, Commins DJ, Rames P, Chen JM, Rowed D, McLean A, Nedzelski JM: Prognostic factors in intraoperative facial nerve monitoring for acoustic neuroma. *J Otolaryngol* 26: 374-378, 1997.
42. Hsu W, Bettegowda C, Jallo GI, Intramedullary spinal cord tumor surgery: can we do it without intraoperative neurophysiological monitoring? *Childs Nerv Syst* (2010) 26:241–245
43. Jackowski, A. (1995). Brainstem surgery. *Brit. J. Neurosurg.*, 9, 581–589 (editorial).
44. Jones NS. Visual evoked potentials in endoscopic and anterior skull base surgery: a review. *J Laryngol Otol* 1997;111:513–516.
45. Jones SJ, Buonamassa S, Crockard HA (2003) Two cases of quadriparesis following anterior cervical discectomy, with normal perioperative somatosensory evoked potentials. *J Neurol Neurosurg Psych* 44:273–276
46. Jones SJ, Harrison R, Koh KF, Medoza N, Crockard HA. Motor evoked potential monitoring during spinal surgery: responses of distal limb muscles to transcranial cortical stimulation with pulse trains. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;100:375—83.
47. Kakimoto, M., Inoue, S., Sakamoto, T., et al. (2000). [Intraoperative motor evoked potential monitoring: A review of 115 cases]. *Masui*, 49, 240–244.
48. Kalkman CJ, Drummond JC, Kennelly NA, Patel PM, Partridge BL: Intraoperative monitoring of tibialis anterior muscle motor evoked responses to transcranial electrical stimulation during partial neuromuscular blockade. *Anesth Analg* 75: 584–589, 1992
49. Kemink JL, LaRouere MJ, Kileny PR, Telian SA, Hoff JT: Hearing preservation following suboccipital removal of acoustic neuromas. *Laryngoscope* 1990 Jun;100(6):597-602.

50. Kline DG, Happel LT. Penfield lecture. A quarter century's experience with intraoperative nerve action potential recording. *Can J Neurol Sci* 1993; 20:3–10.
51. Kombos T, Suess O, Kern BC, Funk T, Pietila T, Brock M. Can continuous intraoperative facial electromyography predict facial nerve function following cerebellopontine angle surgery? *Neurol Med Chir* 2000;40:501–505.
52. Kothbauer KF, Deletis V, Epstein FJ (1998) Motor-evoked potential monitoring for intramedullary spinal cord tumor surgery: correlation of clinical and neurophysiological data in a series of 100 consecutive procedures. *Neurosurg Focus* 4:Article 1
53. Krause F: *Surgery of the Brain and Spinal Cord*. New York: Rebman; 1912.
54. LaMont RL, Wasson SL, Green MA. Spinal cord monitoring during spinal surgery using somatosensory spinal evoked potentials. *J Pediatr Orthop* 1983;3:31–6.
55. Lang EW, Beutler AS, Chesnut RM, Patel PM, Kennelly NA, Kalkman CJ, et al. Myogenic motor evoked potential monitoring using partial neuromuscular blockade in surgery of the spine. *Spine* 1996;21: 1676—86.
56. Langeloo D.D., Journee H.L., de Klauwer M., Grotenhuis J.A. Criteria for transcranial electrical motor evoked potential monitoring during spinal deformity surgery A review and discussion of the literature *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* (2007) 37, 431—439
57. Langeloo DD, Lelivelt A, Journee HL, Slappendel R, De Kleuver M. Transcranial electrical motor evoked potential monitoring during surgery for spinal deformity. A study of 145 patients. *Spine* 2003;28: 1043—50.
58. Larson SJ, Sances A Jr. Evoked potentials in man. Neurosurgical applications. *Am J Surg*. 1966;111:857–861
59. Laschinger JC, Owen J, Rosenbloom M, et al. Direct noninvasive monitoring of spinal cord motor function during thoracic aortic occlusion: use of motor evoked potentials. *J Vasc Surg* 1988;7:161–71.
60. Lesser RP, Raudzens P, Lüders H, Nuwer MR, Goldie WD, Morris HH, Dinner DS, Klem G, Hahn JF, Shetter AG, Ginsburg HH, Gurd AR (1986) Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. *Ann Neurol* 19:22–25

61. Levine RA, Montgomery WM, Ojemann RG, McGaffigan PM: Monitoring auditory evoked potentials during acoustic neuroma surgery: Insights into the mechanism of the hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 93: 116-123, 1984
62. Levy, W.J., and York, D.H. (1986). Evoked potential monitoring of the motor system. *Biomed. Sci. Instrum.*, 22, 51–54.
63. Lopez J.R., The use of evoked potentials in intraoperative neurophysiologic monitoring, *Phys Med Rehabil Clin N Am* 15 (2004) 63–84
64. Lubicky JP, Spadaro JA, Yuan HA, et al. Variability of somatosensory cortical evoked potential monitoring during spinal surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 1989;14: 790–8.
65. MacDonald DB, Al Zayed Z, Khoudeir I, Stigsby B. Monitoring scoliosis surgery with combined multiple pulse transcranial electrical motor and cortical somatosensory evoked potentials from the lower and upper extremities. *Spine* 2003;28: 194—203.
66. Macdonald DB: Intraoperative motor evoked potential monitoring: overview and update. *J Clin Monit Comput* 20: 347–377, 2006
67. Magit DP, Hilibrand AS, Kirk J, et al. Questionnaire study of neuromonitoring availability and usage for spine surgery. *J Spinal Disord Tech* 2007; 20:282–9.
68. Magliulo G, Petti R, Vingolo GM, Cristofari P, Ronzoni R: Facial nerve monitoring in skull base surgery. *J Laryngol Otol* 108:557-559, 1994.
69. Magliulo G, Petti R, Vingolo GM, Ronzoni R, Cristofari P: Facial nerve monitoring of skull base and cerebellopontine angle lesions. *Eur Arch Otorhinolaryngol* S314-S315, 1994
70. Malhotra N.R., Shaffrey C.I. Intraoperative Electrophysiological Monitoring in Spine Surgery *SPINE* Volume 35, Number 25, pp 2167–2179
71. Mann WJ, Maurer J, Marangos N. Neural conservation in skull base surgery. *Otolaryngol Clin North Am* 2002;35:411– 424.
72. Mauguere, F. (1999). Utility of somatosensory evoked potentials (SEPs) in spinal cord lesions and functional surgery of pain and spasticity. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. Suppl.* 50, 31–39
73. Mauguere, F., Allison, T., Babiloni, C., et al. (1999). Somatosensory evoked potentials: The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. Suppl.*, 52, 79–90
74. McCallum JE, Bennett MH. Electrophysiologic monitoring of spinal cord function during intraspinal surgery. *Surg Forum.* 1975;26:469–471.

75. Merton PA, Morton HB: Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature* 285:227, 1980
76. Merton, P.A., and Morton, H.B. (1980). Electrical stimulation of human motor and visual cortex through the scalp. *J. Physiol.*, 305, 9–10P.
77. Minahan R.E. Intraoperative Neuromonitoring *The Neurologist* VOL. 8 / NO. 4 / July 2002
78. Minahan RE, Sepkuty JP, Lesser RP, Sponseller PD, Kostuik JP (2001) Anterior spinal cord injury with preserved neurogenic ‘motor’ evoked potentials. *Clin Neurophysiol* 112:1442–1450
79. Møller AR, Jannetta PJ: Neural generators of the brainstem auditory evoked potentials. In Radar RH, Barber C (eds): *Evoked Potentials II. Second International Evoked Potentials Symposium*. Woburn, MA; Butterworth Press, 1984
80. Møller, A. (1995). “Intraoperative neurophysiologic monitoring.” Harwood Academic Publishers, Luxembourg.
81. Møller, A.R. (1987). Electrophysiological monitoring of cranial nerves in operations in the skull base. In “*Tumors of the cranial base: Diagnosis and treatment*” (L.N. Sekhar, and V.L. Schramm Jr., eds.), Chap. 7, pp. 123–132. Futura Publishing, Mt. Kisco, New York.
82. Møller, A.R. (1990). Intraoperative monitoring of evoked potentials: An update. In “*Neurosurgery update I: Diagnosis, operative technique, and neuro-oncology*” (R.H. Wilkins, and S.S. Rengachary, eds.), Chap. 14, pp. 169–176. McGraw-Hill, New York.
83. Møller, A.R., and Jannetta, P.J. (1984). Preservation of facial function during removal of acoustic neuromas: Use of monopolar constant-voltage stimulation and EMG. *J. Neurosurg.*, 61, 757–760.
84. Morikawa M, Tamaki N, Nagashima T, Motooka Y: Long-term results of facial nerve function after acoustic neuroma surgery—clinical benefit of intraoperative facial nerve monitoring. *Kobe J Med Sci* 46:113-124, 2000.
85. Nabhan A, Ahlhelm F, Reith W, Steudel WI, Schwerdtfeger K: [Function of the facial nerve after operative treatment of acoustic neurinomas. Influence of intraoperative monitoring] (German). *Nervenarzt* 76:170-174, 2005.
86. Nagle KJ, Emerson RG, Adams DC, et al. Intraoperative monitoring of motor evoked potentials: a review of 116 cases. *Neurology* 1996;47: 999—1004.

87. Nakamura M, Roser F, Dormiani M, Matthies C, Vorkapic P, Samii M: Facial and cochlear nerve function after surgery of cerebellopontine angle meningiomas. *Neurosurgery* 57: 77-90, 2005.
88. Nakao Y, Piccirillo E, Falcioni M, Taibah A, Kobayashi T, Sanna M: Electromyographic evaluation of facial nerve damage in acoustic neuroma surgery. *Otol Neurotol* 22: 554-557, 2001.
89. Nash CL, Brodkey JS, Croft TJ (1972) A model for electrical monitoring of spinal cord function in scoliosis patients undergoing correction (abstract). *J Bone Joint Surg (Am)* 54: 197–198
90. Nash L, Loring RA, Shatzinger LA, et al. Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine. *Clin Orthop Relat Res* 1977;126:100–7
91. Nelson KR, Vasconez HC. Nerve transection without neurotonic discharges during intraoperative electromyographic monitoring. *Muscle Nerve* 1995;18: 236 –238.
92. Neu M, Strauss C, Romstock J, et al. The prognostic value of intraoperative BAEP patterns in acoustic neurinoma surgery. *Clin Neurophysiol* 1999;110:1935–41.
93. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, et al. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter survey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995;96:6.
94. Ojemann RG, Levine RA, Montgomery WM, McGaffigan PM: Use of intraoperative auditory evoked potentials to preserve hearing in unilateral acoustic neuroma removal. *J Neurosurg* 61: 938-948, 1984
95. Owen JH, Laschinger J, Bridwell K, Shiman S, Nielsen C, Dunlap J, Kain C (1988) Sensitivity and specificity of somatosensory and neurogenic-motor evoked potentials in animals and humans. *Spine* 19(10):1111–1117
96. Owen JH. The application of intraoperative monitoring during surgery for spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;24: 2649–62
97. Pajewski TN, Arlet V, Phillips LH: Current approach on spinal cord monitoring: the point of view of the neurologist, the anesthesiologist and the spine surgeon. *Eur Spine J* 16 (2 Suppl):S115–S129, 2007
98. Pechstein U, Cedzich C, Nadstawek J, Schramm J (1996) Transcranial high-frequency repetitive electrical stimulation of recording myogenic motor evoked potential with the patient under general anesthesia. *Neurosurgery* 39:335–344

99. Pelosi L, Jardine A, Webb JK (1999) Neurological complications of anterior spinal surgery for kyphosis with normal somatosensory evoked potentials (SEPs). *J Neurol Neurosurg Psych* 66:662–664
100. Pelosi L, Stevenson M, Hobbs GJ, Jardine A, Webb JK. Intraoperative motor evoked potentials to transcranial electrical stimulation during two anaesthetic regimens. *Clin Neurophysiol* 2001;112:1076—987.
101. Penfield, W., and Boldrey, E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*, 60, 339–443
102. Polo G, Fisher C, Sindou MP, Marneffe V, Brainstem auditory evoked potential monitoring during microvascular decompression for hemifacial spasm: intraoperative brainstem auditory evoked potential changes and warning values to prevent hearing loss—prospective study in a consecutive series of 84 patients, *Neurosurgery* 54:97-106, 2004
103. Prass RL and Luders H: (Acoustic loudspeaker) facial electromyography monitoring: Evoked electromyographic activity during acoustic neuroma resection. *Neurosurgery* 19:392-400, 1986
104. Prass, R.L., Kinney, S.E., Hardy, R.W., Hahn, J.F., and Lueders, H. (1987). Acoustic (loudspeaker) facial EMG monitoring: Part II. Use of evoked EMG activity during acoustic neuroma resection. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 97, 541–551.
105. Prell J, Rampp S, Romstock J, Fahlbusch R, Strauss C: Train time as a quantitative electromyographic parameter for facial nerve function in patients undergoing surgery for vestibular schwannoma. *J Neurosurg* 106:826-832, 2007.
106. Radtke RA, Erwin CW, Wilkins R. Intraoperative brainstem auditory evoked potentials: significant decrease in postoperative deficit. *Neurology* 1989;39: 187–191.
107. Rand, R.W., and Kurze, T.L. (1965). Facial nerve preservation by posterior fossa transmeatal microdissection in total removal of acoustic tumours. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 28,311–316.
108. Raudzens PA, Shetter AG. Intraoperative monitoring of brainstem auditory evoked potentials. *J Neurosurg* 1982;57:341–348.
109. Romstöck J, Strauss C, Fahlbusch R:Continuous electromyography monitoring of motor cranial nerves during cerebellopontine angle surgery. *J Neurosurg* 93: 586-593, 2000.

110. Sala F, Bricolo A, Faccioli F, Lanteri P, Gerosa M, Surgery for intramedullary spinal cord tumors: the role of intraoperative (neurophysiological) monitoring *Eur Spine J* (2007) 16 (Suppl 2):S130–S139
111. Sala F, Lanteri P, Bricolo A (2004) Motor evoked potential monitoring for spinal cord and brain stem surgery. *Adv Tech Stand Neurosurg* 29:133–169
112. 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 tumours: a historical control study. *Neurosurgery* 2006;58: 1129—43.
113. Schlake HP, Goldbrunner RH, Milewski C, Krauss J, Trautner H, Behr R, Sorensen N, Helms J, Roosen K. Intra-operative electromyographic monitoring of the lower cranial motor nerves (LCN IX-XII) in skull base surgery. *Clin Neurol Neurosurg* 2001;103:72– 82.
114. Schwartz DM, Auerbach JD, Dormans JP, et al. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:2440–9.
115. Sekhar, L.N., and Møller, A.R. (1986). Operative management of tumors involving the cavernous sinus. *J. Neurosurg.*, 64, 879–889.
116. Silverstein, H., Smouha, E., and Jones, R. (1988). Routine identification of facial nerve using electrical stimulation during otological and neurotological surgery. *Laryngoscope*, 98, 726–730.
117. Skinner S, Nagib M, Bergman T, Maxwell R, Msangi G (2005) The initial use of free-running electromyography to detect early motor tract injury during resection of intramedullary spinal cord lesions. *Neurosurgery* 56:299–314
118. Sloan TB, Heyer EJ. Anesthesia for intraoperative neurophysiologic monitoring of the spinal cord. *J Clin Neurophysiol* 2002;19: 430–43
119. Sloan TB, Janik D, Jameson L. Multimodality monitoring of the central nervous system using motor-evoked potentials. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008;21: 560–4.
120. Stechison, M.T. (1995). Vagus nerve monitoring: A comparison of percutaneous versus vocal fold electrode recording. *Am. J. Otol*, 16, 703–706.
121. Steinbok P, Cochrane DD, Poskitt K (1992) Intramedullary spinal cord tumors in children. *Neurosurg Clin North Am* 3: 931–945

122. Sughrue ME, Kaur R, Kane AJ, Rutkowski MJ, Kaur G, Yang I, Pitts LH, Parsa AT: The value of intraoperative facial nerve electromyography in predicting facial nerve function after vestibular schwannoma surgery. *J Clin Neurosci* 17: 849-852, 2010
123. Sugita, K., and Kobayashi, S. (1982). Technical and instrumental improvements in the surgical treatment of acoustic neurinomas. *J. Neurosurg.*, 57, 747–752.
124. Sutter M, Eggspuehler A, Muller A, Dvorak J: Multimodal intraoperative monitoring: an overview and proposal of methodology based on 1,017 cases. *Eur Spine J* 16 (Suppl 2):S153–S161, 2007
125. Tabaraud F, Boulesteix JM, Moulies D, Longis B, Lansade A, Terries G, et al. Monitoring of the motor pathway during spinal surgery. *Spine* 1993;18:546—50.
126. Tamaki T. , Kubota S. , History of the development of intraoperative spinal cord monitoring *Eur Spine J* (2007) 16 (Suppl 2):S140–S146
127. Taniguchi M, Cedzich C, Schramm J (1993) Modification of cortical stimulation for motor evoked potentials under general anesthesia: technical description. *Neurosurgery* 32(2):219–226
128. Taniguchi, M., Nadstawek, J., Pechstein, U., et al. (1992). Total intravenous anesthesia for improvement of intraoperative monitoring of somatosensory evoked potentials during aneurysm surgery. *Neurosurgery*, 31, 891–897; discussion 897.
129. Tiel RL, Happel LT Jr, Kline DG. Nerve action potential recording method and equipment. *Neurosurgery* 1996;39: 103–108.
130. Toleikis JR, Skelly JP, Carlvin AO, Burkus JK (2000) Spinally elicited peripheral nerve responses are sensory rather than motor. *Clin Neurophysiol* 111:736–742
131. Vauzelle C, Stagnara P, Jouvinroux P: Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res*:173–178, 1973
132. Watanabe, E., Schramm, J., Strauss, C., and Fahlbusch, R. (1989). Neurophysiologic monitoring in posterior fossa surgery: II. BAEP waves I and V and preservation of hearing. *Acta Neurochir. (Wien)*, 98, 118–128.
133. Wiedemayer H, Fauser B, Armbruster W, Gasser T, Stolke D. Visual evoked potentials for intraoperative neurophysiologic monitoring using total intravenous anesthesia. *J Neurosurg Anesthesiol* 2003; 15:19 –24.
134. Wilkins RH, Radtke RA, Erwin CW: The value of intra-operative ABR potential monitoring in reducing the auditory morbidity associated with microvascular

decompression of cranial nerves. Presented at the North American Skull Base Surgery Meeting, Marina Del Rey, California, Feb. 17-21, 1990

135. Yingling, C.D. (1994). Intraoperative monitoring in skull base surgery. In "Neurotology" (R.K. Jackler, and D.E. Brackmann, eds.), pp. 967–1002. Mosby Year Book, Inc., St. Louis.

136. Yingling, C.D., and Gardi, J.N. (1992). Intraoperative monitoring of facial and cochlear nerves during acoustic neuroma surgery. *Otolaryngol. Clin. N. Am.*, 25, 413–448.

137. York DH, Chabot RJ, Gaines RW. Response variability of somatosensory evoked potentials during scoliosis surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 1987;12: 864–76

138. York DH. A critical evaluation of the 50% criterion for SEP monitoring. 1995

139. Zentner, J. (1989). Noninvasive motor evoked potential monitoring during neurosurgical operations on the spinal cord. *Neurosurgery*, 24, 709–712.

140. Zentner, J. (1991). Motor evoked potential monitoring during neurosurgical operations on the spinal cord. *Neurosurg. Rev.*, 14, 29–36.

141. Zornow MH, Grafe MR, Tybor C, Swenson MR. Preservation of evoked potentials in a case of anterior spinal artery syndrome. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1990;77: 137

X. ÖZGEÇMİŞ

Dr.Ezgi Tuna Erdoğan
Altıntepe Mah. Hüsniye Cad. Ebru Apt.
No:34/1 Maltepe İSTANBUL

Cep tel: 0533 643 47 49

E-mail: ezgituna.erdogan@gmail.com ezgituna@istanbul.edu.tr

Doğum yeri ve tarihi: 08.09.1982- Biga

Eğitim:

2007-...	İstanbul Tıp Fakültesi Fizyoloji A.D. Tıpta Uzmanlık Öğrencisi
2000-2006	İstanbul Tıp Fakültesi
1993-2000	Çanakkale Milli Piyango Anadolu Lisesi
1988-1993	Çardak İlköğretim Okulu