

**DERLEME****PERİOPERATİF NON-İNVAZİV MONİTORİZASYON****Şennur UZUN, Elif BAŞGÜL****Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara****ÖZET**

Hasta monitörizasyonu anestezi pratiğinde temel anahtardır. Monitor kelimesi latince 'uyarmak' anlamına gelen 'monere' kelimesinden köken almaktadır. Monitörden elde edilen veriler her zaman bir hekim tarafından yorumlanmalıdır. 1998'de Amerikan Anestezi Cemiyeti (ASA) tarafından, hasta güvenliğinin artırılması amacıyla intraoperatif monitorizasyon için standartlar belirlenmiştir. İntraoperatif monitorizasyon tanım olarak, kalp hızı, kan basıncı, oksijen saturasyonu ve ısı gibi fizyolojik parametrelerin sürekli olarak mekanik aletlerle gösterilip kaydedilmesidir. Standart genel monitorizasyon invaziv olmayan kan basıncı, elektrokardiyografi (EKG) ve nabız oksimetre monitorizasyonudur. Bu yazının içeriğinde, standart perioperatif non-invaziv monitorizasyon, nöromusküler monitorizasyon ve anestezi derinliğini ölçme yöntemleri gözden geçirilecektir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** İntraoperatif monitorizasyon; EKG; Kan basıncı; BIS; Kapnografi

**SUMMARY****NONINVASIVE PERIOPERATIVE MONITORING**

Patient monitoring is a key element in the provision of anaesthetic care. The word 'monitor' is derived from the Latin word 'monere' that means 'to warn'. Information from monitoring equipment should always be interpreted by a physician. In 1998, American Society of Anesthesiologist (ASA) developed guidelines for intraoperative monitoring to improve patient safety. By description, intraoperative monitoring means the use of mechanical devices to record and display physiologic parameters such as heart rate, blood pressure, oxygen saturation and temperature. Standart routine monitoring is employing noninvasive blood pressure, electrocardiography (ECG) and pulse oxymetry. In this article, standard noninvasive perioperative monitoring, neuromuscular monitoring and methods for monitoring anaesthesia depth will be reviewed.

**KEYWORDS:** Intraoperative monitoring; ECG; Blood pressure; BIS; Capnography

**PERİOPERATİF MONİTORİZASYON**

Monitorizasyon, prognostik eğilimleri zamana bağlı olarak saptayarak anestezistlerin potansiyel fizyolojik sorunları farketmelerine ve değerlendirmelerine olanak sağlayan işlemleri tanımlar. Monitorizasyon klinik kararların doğruluğunu ve kesinliğini artırır.

Hasta monitorizasyonu anestezi pratiğinde temel anahtardır. Monitor kelimesi latince 'uyarmak' anlamına gelen 'monere' kelimesinden köken almaktadır. Monitor yalnızca uyarabilir. Hiçbir mekanik veya elektriksel araç anestezistin hasta izleminin yerini alamaz. Monitörden elde edilen veriler her zaman bir hekim tarafından yorumlanmalıdır. Anestezistin görme duyma, dokunma hislerinin yerini zamanla stetoskop, elektrokardiyogram (EKG) ve sfigmomanometre almıştır, günümüzde bunlara ek olarak nabız oksimetre, ekspire edilen gazın analizi, nöromusküler monitorizasyon, elektroensefalografik monitorizasyon ve transöfageal ekokardiyografi gelişmiştir.

1960'lara kadar, intraoperatif monitorizasyonda, kan basıncı ölçümü, EKG, stetoskop ve anestezistin dikkati esas idi. 'Harvard standartları' temel alınarak, 1986 ve daha sonra 1998'de Amerikan Anestezi Cemiyeti (ASA) tarafından, hasta güvenliğinin artırılması amacıyla int-

raoperatif monitorizasyon için standartlar belirlenmiştir (Tablo 1). Bu standartlara göre bütün genel anestezi ve sedasyon uygulanacak hastalar ile monitorize edilen tüm olgularda oksijenizasyonu, ventilasyonu, dolaşımı ve ısıyı monitorize edip izleyecek kalifiye anestezi personeli bulunmalıdır (1). Benzer öneriler Avrupa Topluluğu (Norme Europeene EN 740) ülkeleri tarafından da desteklenmektedir. Son zamanlarda, bütün nöromusküler bloker ajan verilen hastalarda nöromusküler monitorizasyon yapılması gerektiği üzerinde durulmaktadır. Günümüzde, hastaların daha iyi monitorizasyonu ile mortalite oranları belirgin olarak azalmıştır. İstenmeyen sorunların saptanması ancak monitorizasyon ile sağlanır (Tablo 2).

İntraoperatif monitorizasyon tanım olarak, kalp hızı, kan basıncı, oksijen saturasyonu ve ısı gibi fizyolojik parametrelerdeki değişikliklerin sürekli olarak mekanik aletlerle gösterilip kaydedilmesidir. Standart genel monitorizasyon invaziv olmayan kan basıncı, EKG nabız oksimetre monitorizasyonudur. İnvaziv olmayan terimi, cilt, mukoza veya herhangi bir vücut boşluğuna girişim yapılmadan anlamına gelmektedir. İnvaziv monitorler-

<b>Tablo 1: ASA intraoperatif monitorizasyon standartları</b>	
<b>Standart 1:</b>	Bütün genel anestezi, rejyonel anestezi ve monitorize anestezi uygulamaları boyunca kalifiye anestezi personeli ameliyat odasında bulunmalıdır.
<b>Standart 2:</b>	Bütün anestezi uygulamalarında, hasta oksijenizasyonu, ventilasyonu, dolaşımı ve ısısı sürekli*değerlendirilmelidir.
<b>Oksijenizasyon:</b>	İnspire edilen gazın oksijen konsantrasyonu ölçümü Hastanın gözlemlenmesi Nabız oksimetre
<b>Ventilasyon:</b>	Solunum seslerinin oskültasyonu Hastanın gözlemlenmesi Rezervuar balonunun gözlemlenmesi Kapnografi (Karbon dioksit monitorizasyonu)
<b>Dolaşım:</b>	Devamlı** EKG monitorizasyonu 5 dakika aralıklarla kalp hızı ve kan basıncı ölçümü Dolaşımın değerlendirilmesi Kalp seslerinin oskültasyonu Nabız palpasyonu Nabız pletismografi Nabız oksimetre İntra-arteryel basınç izlemi
<b>Isı:</b>	Isı, değişimin beklendiği veya şüphelenildiği durumlarda monitorize edilmelidir.

\*sürekli; düzenli aralıklarla tekrarlayan

\*\* devamlı: aralıksız olarak

<b>Tablo 2: Monitorize edilebilen parametreler</b>	
<b>Kardiyovasküler sistem:</b>	EKG, arteryel kan basıncı, santral venöz basınç, pulmoner arteriyel ve kapiller kama basınçları, kardiyak output ve hemodinamik değişkenler, oksijen sunumu ve tüketimi
<b>Pulmoner sistem:</b>	Tidal volüm, solunum hızı, dakika ventilasyon hacmi, arteryel kan gazları-pH, oksijen transportu değişkenleri, ekspirasyon sonu karbondioksit, ekspiratuar oksijen ve anestezi gazlar, transkütanöz oksijen ve karbondioksit
<b>Renal sistem:</b>	İdrar çıkışı, plazma ve idrar osmolalitesi, osmolar ve serbest sıvı klirensi, hematokrit ve hemoglobin, plazma ve kan hacmi, serum elektrolitleri
<b>Nöromusküler kavşak</b>	
<b>Isı</b>	
<b>Santral sinir sistemi:</b>	Elektroensefalogram, intrakranial basınç

den invaziv arter basıncı, santral venöz basınç, pulmoner arter basıncı, kardiyak debi, miks (karışık) venöz oksijen satürasyonu, anestezi derinliğini ölçen monitörler ve transözofageal ekokardiyografi daha detaylı fizyolojik bilgi verebilir ancak iatrojenik komplikasyon riski artacağından, pratikte bu monitörler seçilmiş olgularda kullanılır (2).

Bu derlemenin içeriğinde, perioperatif standart monitorizasyonda kullanılan non-invaziv yöntemler ile nöromusküler monitorizasyon ve anestezi derinliğini gösteren monitörlerden söz edilecektir.

### **ELEKTROKARDİYOĞRAFI (EKG)**

Kalbin elektriksel aktivitesini kaydeden non-invaziv monitorizasyon yöntemlerinden biridir. Kalp hızını ve ritmini belirler, kardiyak iskemiye gösterir. Kalp duvar kalınlığı hakkında bilgi veren hızlı ve ağrısız bir moni-

torizasyon yöntemidir. İyi bir EKG monitorizasyonu ile arteryel ve ventriküler kalp atım hızı, kalp ritmi, myokardiyal oksijenizasyon durumu, ST segment analizi ve myokardiyal hastalıklar hakkında bilgi sahibi olunabilir (3).

3-derivasyon, 5-derivasyon ve 12-derivasyonda monitorizasyon mümkündür. Standart 3 derivasyonlu EKG, sağ kol (RA), sol kol (LA) ve sol bacadan (LL) kaydedilir. Standart ekstremitte derivasyonları DI (LA-RA), DII (LL-RA) ve DIII (LL-LA) olarak bilinir. 2. Derivasyondaki (DII) izlem, ritim izlemede en sık kullanılanıdır. Ventriküler aktiviteyi en iyi gösteren derivasyon V1 ancak 5-kablolu sistemde görülebilir ve sağ ve sol bloğun ayırımında önemlidir.

EKG'deki dalga ve aralıklar, P dalgası, QRS kompleksi, T dalgası, U dalgası, PR aralığı, ST segmenti olarak sayılabilir. P dalgası, sağ atrium tarafından oluşturulan elektriksel aktiviteyi temsil eder; QRS kompleksi

ventriküler depolarizasyonu, PR aralığı atriyumdan atriyoventriküler düğüm, His demeti, dallar ve Purkinje liflerine ventrikül kası depolarize olmaya başlayınca kadar geçen zamanı içerir. ST segmenti QRS kompleksinin sonu ile T dalgasının başlangıcı arasındaki bölümdür. Bu dönem ventriküllerin tüm bölümlerinin depolarize durumda olduğu veya depolarizasyonun sonu ile repolarizasyonun başlangıcının üst üste geldikleri ve birbirlerini nötralize ettikleri bir evreyi temsil eder. T dalgası, ventriküler repolarizasyonu göstermektedir (4).

### KAN BASINCI ÖLÇÜMÜ

Kan basıncı, dolaşan kanın damar duvarına uyguladığı basınçtır. Sistolik ve diyastolik olmak üzere iki fazı vardır. Sistolik arteryel basınç (SAB), kardiyak siklusun başlangıcındaki tepe basınçtır (Erişkinde normal değeri yaklaşık 120 mmHg). Diyastolik kan basıncı (DAB), kardiyak siklusun sonundaki en düşük basınçtır (Erişkinde normal değeri yaklaşık 80 mmHg). Ortalama arteryel basınç (OAB), kardiyak siklus boyunca süren ortalama basınçtır (Erişkinde normal değeri yaklaşık 80-90 mmHg).  $OAB=2 DAB + SAB/3$  ile hesaplanır.

#### Kan basıncı ölçüm yöntemleri

1. Palpasyon yöntemi
2. Oskültasyon yöntemi
3. Doppler yöntemi
4. Osilometrik yöntem
5. Pletismografik yöntem
6. Arteryel tonometri yöntemi

İlk üç yöntemde sifignomanometre kullanılmaktadır. Sifignomanometrik ölçüm için Riva-Rocci oklüsiv kafa bulundurulmaktadır. Bu, bir dış kaf içinde yer alan elastik keseden oluşur. Ekstremitelere sarılan bu kese sistolik basıncın üzerindeki bir basınca kadar hava ile şişirilir, daha sonra yavaşça söndürülür (5).

Osilometrik Yöntem: Kan akımını saptamak için stetoskop veya kulak yerine elektronik basınç sensörü (transduser) kullanılır. Birçoğunda kaf elektronik olarak işleyen bir pompa ve valv tarafından şişirilir ve indirilir. Valv osilasyonunun amplitüdünün kayıt edilebilmesi için kaf volümünü belirli anlarda sabit tutar. Kaf basıncı suprasistolik bir değerde sönmeye başlarken çeşitli kaf basınçlarında ve en azından iki kardiyak siklus süresince osilasyonlar ölçülür (6).

Pletismografik yöntem: Parmaktaki arter duvarında oluşan arteryel basınç dalgasının ölçümüdür. Bir parmak basınç kafı ve infrared fotopletismograftan oluşur. Kaf distalindeki infrared absorbanı sabit kalacak şekilde parmak kafındaki basınç ayarlanır.

Arteryel tonometri yöntemi: Arteryel kan basıncının non-invaziv sürekli ölçümü için kullanılır. Daha önceden seçilmiş arterdeki arteryel pulsasyonların neden olduğu bitişik dokudaki stresi algılayan ve sürekli diyaframı olan stres sensörü bulunmaktadır. Strese duyarlı diyafram sensör ile ilişkide olan ve stresi yansıtan elektriksel sinyalleri oluşturan elektromekanik bir cihazla bağlantıdadır.

Genel veya rejyonel anestezi arter basıncının monitorizasyonu için mutlak bir endikasyondur. Aşırı şişmanlık gibi oskültasyonu zorlaştıran durumlarda Doppler veya osilometrik yöntemler uygulanabilir. Vasküler anomalilerin (dializ şantları) veya intravenöz kateterlerin bulunduğu ekstremitelere tansiyon aleti manşonun uygulanmaması gerekir.

### NABIZ OKSİMETRE

Standart monitorizasyonun bir parçasıdır. Oksimetre ve pletismografi tekniklerinin kombinasyonudur. Oksihemoglobin ve deoksihemoglobinin, farklı dalga uzunluklarındaki kırmızı ışınları absorbe etmeleri (Lambert-Beer kuralı) prensibine dayanır. Doku perfüzyonu ve kalp atım sayısı hakkında fikir verir. Normalde oksijen saturasyonu % 100'e yakındır. Karboksihemoglobin ve oksihemoglobin absorpsiyon spektrumları aynıdır. Bu nedenle sadece iki dalga boyunu okuyan nabız oksimetreler, karbon monoksit zehirlenmesinde normal bulgu verir. Methemoglobinemide saturasyon olduğundan daha düşük görülür. Periferik vazokonstriksiyonda yanlış okuma nedenidir. Diğer hatalı değer okuma nedenleri; hareket, hastaya metilen mavisi verilmesi, düşük kardiyak output, düşük hemoglobin, hipotermi, sensörün uyum sağlamamasıdır. Miks venöz oksijen saturasyonu ve non-invaziv beyin oksimetresi de nabız oksimetreden geliştirilmiş tekniklerdir. Pulmoner arter kateterine eklenmiş bir sensör miks venöz saturasyonu devamlı şekilde gösterir. Juguler vene yerleştirilen sensör de beyinden gelen kandaki saturasyonu gösterir. Nabız oksimetrenin herhangi bir kontrendikasyonu yoktur (7, 8).

### KARBONDİOKSİT MONİTORİZASYONU

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) monitorizasyon yöntemleri; kapnografi (ekspirasyon havasında CO<sub>2</sub> ölçümü), transkütan CO<sub>2</sub> ölçümü, sürekli invaziv intra-arteryel CO<sub>2</sub> ölçümü, intramukozal CO<sub>2</sub> ölçümü (gastrik tonometre), sublingual kapnografidir.

Kapnografi, ekspiriyum havasındaki CO<sub>2</sub> ölçümünde kullanılır. Anestezi alan her olguda kullanılabilir, kontrendikasyonu yoktur. 1928'de Aiken ve Clark Kenedy volümetrik kapnografiyi literatürde ilk kez tanımlamış-

lardır. 1978'de Hollanda anestezi sırasında standart monitorizasyon olarak kapnografiyi uygulayan ilk ülke olmuştur. 1986 ve daha sonra 1998'de yayınlanan ASA'nın temel monitorizasyon standartlarında solunum sistemi monitorizasyonunda kapnograf zorunlu hale getirilmiştir. İntrakraniyal hipertansiyonun ventilatörle kontrolünde düşük PaCO<sub>2</sub> değerlerinin izlemi önem kazanır. End-tidal CO<sub>2</sub>'nin ani düşmesi hava embolisini gösterir. Kapnograf, solunum ve kalp fonksiyonlarını, anestezi solunum devrelerini kontrol etmek için yararlı bir sistemdir. Kapnografi, ösefageal entübasyonu çabuk ve güvenilir bir şekilde gösterir. Malign hipertermide, metabolizma hızlandığı için ekspire edilen CO<sub>2</sub> artar. Akciğer perfüzyonu azalır (emboli, pozisyon, kardiyak outputun azalması, hipotansiyon) alveolar ölü boşluğu artırır, ekspire edilen CO<sub>2</sub>'yi azaltır (9). Kapnografinin klinik kullanımı Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3: Kapnografinin klinik kullanımı	
<b>1. Metabolik</b>	Enerji tüketiminin değerlendirilmesi
<b>2. Kardiyovasküler sistem</b>	Kalp debisindeki değişikliklerin izlenmesi Kardiyopulmoner resüsitasyon etkinliğinin ölçülmesi
<b>3. Pulmoner sistem</b>	Endotrakeal tüp yerinin doğrulanması Kritik pulmoner olayların tanısı: diskonneksiyon, kıvrılma, sekresyonlar, vs. Özel pulmoner olayların tanısı: pulmoner emboli, ateletazi, pulmoner ödem, vs. Normokarbinin korunması veya kontrollü hiperventilasyon Bronkospazm tedavisinin etkinliği Optimal PEEP saptanması: en düşük optimal değer bulunmalı Başarılı ekstübasyonun öngörülmesi Ölü boşluğun tidal volüme oranı (Vd/TV) > 0.6 yetersizlik işaretidir.

Diğer karbondioksit monitorizasyon yöntemleri;

Transkütan CO<sub>2</sub> ölçümü (PtcCO<sub>2</sub>): Damar yatağından cilde perfüze olan oksijen ve karbondioksit, cilt yüzeyinden aynı prob ile ölçülür. Cilt ısıtılarak hiperperfüzyon sağlanır, elektrokimyasal olarak CO<sub>2</sub> parsiyel basıncı ölçülür. PtcCO<sub>2</sub> değeri, PaCO<sub>2</sub>'den 5.2 ± 1.5 mmHg farklı değere sahip olabilir. Sürekli ve non-invaziv bir yöntemdir.

Sürekli invaziv intra-arteryel CO<sub>2</sub> ölçümü: Radyal arter kateteri içine fiberoptik sensör kateteri yerleştirilerek sürekli olarak veya radyal arter kateterinden kanın eksternal fiberoptik sensöre geçişinin sağlanmasıyla aralıklı olarak arteryel pH, pCO<sub>2</sub> ve pO<sub>2</sub> monitorizasyonu yapılır. pH, pCO<sub>2</sub> ve pO<sub>2</sub> duyarlı kimyasal endikatör sensörün distal ucunda kanla temas eder ve proksimal ucunda ışıktaki değişiklik ölçülerek mikropressör tarafından dijital verilere çevrilir.

Gastrik Tonometre: Bir mikrotüp yardımıyla CO<sub>2</sub> parsiyel basıncını ölçme işlemidir. Doku CO<sub>2</sub> düzeyi, aerobik ve anaerobik üretimi, CO<sub>2</sub>'nin arteryel taşınması ve lokal kan debisi arasında karmaşık bir dengedir. Düşük debi metabolik asidozdan sorumlu olup gastrik mukozada anormal olarak yükselmiş CO<sub>2</sub> üretimine neden olur (10)

Sublingual CO<sub>2</sub> ölçümü (PSLCO<sub>2</sub>): Sublingual mukusun sindirim sistemi özelliklerini yansıtmaya dayanır. Fiberoptiğe bağlı bir CO<sub>2</sub> alıcısı dilin altına yerleştirilir. Kullanımı kolay, non-invaziv, güvenilir ve hızlı ölçüm olanağı sağlar. Normal değerler 43.5-63.5 mmHg'dır. Yüksek değerler doku hipoksisi ve çoklu organ yetmezliğinin işareti olabilir (11).

### ISI MONİTORİZASYONU

Peroperatif dönemde, olguların vücut ısılarında bir değişiklik beklendiğinde veya şüphelenildiğinde, ısı monitorize edilmelidir. Kısa ameliyatlarda kullanılmayabilir. Kontrendikasyonu yoktur. Vücut ısısının < 36 °C olmasına hipotermi denir, anestezi ve cerrahi sırasında sıklıkla izlenir. Hipotermi, oksijen gereksinimini azalttığı için, kalbi ve beyni iskemiden korur. Postoperatif üşüme ve titreme oksijen gereksinimini beş katına kadar çıkarabilir, oksijen saturasyonunu düşürür, miyokard iskemisi ve anjina riskini artırır. Yaşlılarda ve çocuklarda, abdomen cerrahisinde, ameliyathanenin soğuk olması halinde postoperatif hipotermi daha çok olur. Vücudun internal ısısı genel anestezinin birinci saatinde 1-2 °C düşer (I. faz). İzleyen 3. ve 4. saatlerde düşüş daha yavaştır (II. faz), daha sonra (III. faz) dengede kalabilir. Birinci fazda anestezinin sağladığı vazodilatasyon nedeniyle internal ısı (abdomen ve toraksdan) periferik (kol ve bacaklar) dağılır. Ortam ısısı bu devrede ikinci plandadır. Bundan sonraki yavaş düşüşten ortam ısısı sorumludur. Vücudun internal ısısı hipotalamus tarafından düzenlenir ve oldukça dar bir aralıkta sabit kalır. Genel anestezi ısının santral kontrolünü bozar ve organizma ısı kaybını telafi edemez. İnternal ısı monitorizasyonu için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kulak zarından ölçülen ısı teorik olarak beyin ısısını yansıtır. Çünkü işitme kanalı eksternal karotis arterden kanlanır ancak kulak zarına travma oluşturabilme tehlikesi en belirgin dezavantajdır. Rektal ısı, internal ısı değişimini daha geç yansıtır. Nazofarengal problemler burun kanaması yapabilir ancak doğru yerleştirildiğinde internal ıyı doğru gösterir. Pulmoner arterdeki termistorde internal ıyı ölçer. Ösefageal stetoskoplara birleştirilen termistorlar en iyi ısı ölçme yöntemidir. Ösefagusun alt 1/3'üne yerleştirilmelidir (12).

## NÖROMÜSKÜLER MONİTORİZASYON

Fransız fizyolog Claude Bernard, doğrudan ve dolaylı kas uyarısı yardımıyla, kürarın etki mekanizmasının ilkelerini 1850'li yıllarda aydınlatmış ve hastalar üzerinde yapılan nöromüsküler bloğun kantitatif olarak ölçülmesinin temellerini atmış. 1958'de Christie ve Churchill-Davidson sinir stimülatörlerinin klinik anestezide nasıl kullanılacağını tanımladılar.

Nöromüsküler monitorizasyon, kas paralizisinin derecesi, süresi ve bunun geri dönüşünün yakın gözlemdir. Mekanomyografik, elektromyografik, akseleromyografik ve periferik sinir stimülatörleri ile monitorize edilebilir. Tüm nöromüsküler bloker kullanılan anestezik girişimlerde uygulanır, kontrendikasyonu yoktur. Nöromüsküler ilaçların etkisinin başlama zamanı, antagonizması için uygun zamanın seçimi ve yeterliliğinin değerlendirilmesinde anlamlıdır (13, 14). Monitorizasyon için uyarının supramaksimal olması gerekir. Bu nedenle maksimal bir yanıt için gerekenden % 20-25 daha fazla elektriksel uyarı uygulanır ve bu uyarıya supramaksimal uyarı adı verilir. Ancak supramaksimal uyarı ağrılıdır. El bileği ve dirsekte ulnar sinir, stilomastoid çıkıntı veya göz kapağının lateral kantusundaki fasiyal sinir en fazla uygulama alanlarıdır. Alt ekstremitede peroneal sinir ve tibial sinirler de kullanılabilir. Addüktör pollicis ve fasiyal kasların yanıtı nöromüsküler blokaja özel direnç gösteren diyafragmanın blok derecesini belirlemeye yardımcı olur. Tekli uyarı (Single twitch), etkinin başlama zamanı, derinliği ve derlenmeyi gösterir. Tek bir elektriksel uyarı periferik bir motor sinire 1.0 Hz (saniyede bir) ya da 0.1 Hz (10 sn'de bir) frekansta uygulanır. 1 Hz sıklıktaki uyarı, supramaksimal uyarı eşliğini saptama süresini kısalttığından anestezik indüksiyonu sırasında kullanılabilir. Alınan yanıt, uyarının hızına bağlıdır. Uygulama hızı 0.15 Hz'nin üzerine çıktığında yanıt azalır (15, 16). Dörtlü uyarı (Train of four, TOF) 0.5 saniye aralıklarla (2 Hz, saniyede 2 frekans veya 2 sn'de 4 frekans) dört supramaksimal uyarı verilir. Uyarı aralıkları 10-12 saniye olmalıdır, daha sık olmamalıdır. Herbir uyarı kas kontraksiyonu oluşturur ve birbirini izleyen sönme fenomeni oluşur. Son uyarıya alınan kas yanıtının ilk uyarıya alınan kas yanıtına oranı TOF oranı olarak adlandırılır ve sönmenin miktarını gösterir. Normalde kas gevşetici yapılmadan önce uygulanan TOF stimülasyonuna alınan dört yanıtta aynıdır. Bu durumda TOF oranı 1'dir. Parsiyel bir non depolarizan blok sırasında oran, bloğun derecesi ile ters orantılı olarak azalır (sönme oluşur). TOF oranı, 0.7-0.75 olduğunda hasta gözlerini iyice açabilir, dilini çıkarabilir, öksürebilir, başını en az 5 sn süreyle kaldırabilir. Oran 0.8 ve üzerine çıktığında vital kapasite ve inspiriyum gücü de artık nor-

maldır. Klinik anestezide 0.70-0.75'lik bir TOF oranının yeterli derlenmeyi yansıttığı kabul edilmektedir. Ancak klinik önem taşıyan bir rezidüel nöromüsküler bloğu ekarte etmek için TOF oranı 0.80'den fazla olmalıdır. Daha az ağırlı olması ve nöromüsküler bloğun derecesini etkilememesinden dolayı tetanik stimülasyondan üstündür (16). Tetanik stimülasyon çok hızlı tekrarlayan (30, 50 veya 100 Hz) elektriksel stimülasyonlardan oluşur. En sık; 5 saniye süreyle 50 Hz uyarı kullanılır. Nöromüsküler ileti normal olduğunda ve depolarizan blok sırasında tetanik uyarıya kas yanıtı sürekli olur.

Nondepolarizan blok sırasında sönme oluşur. Sönme, her yeni uyarıdan sonra kas kontraksiyonundaki azalmaya denir. Presinaptik depolardan uyarılar ile asetilkolin hızla boşalır ve yerine koyulmadan, tekrarlayan uyarılarla kas kontraksiyonunda azalma oluşur. Oldukça ağırlı olması en belirgin dezavantajdır. Klasik olarak rezidüel nöromüsküler bloğun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (13). Posttetanik yanıt stimülasyonu (Post Tetanic Count, PTC), 5 sn süreyle 50 Hz 'lik tetanik stimülasyondan 3 sn sonra başlamak üzere 1 Hz sıklıkla uygulanan tekli uyarılara alınan yanıt sayısıdır. Yoğun nöromüsküler bloğun değerlendirilmesinde kullanılır. Çok yoğun nöromüsküler blok sırasında tetanik ve posttetanik stimülasyona yanıt yoktur. Bloğun yoğunluğu azaldıkça, posttetanik tekli uyarıya giderek daha fazla yanıt alınmaya başlar. Ani hareketlerin istenmediği cerrahilerde (oftalmik cerrahi, nöroşirürji) PTC kullanılabilir. PTC ye cevapların sayısı ile TOF stimülasyonuna ilk yanıtın ne zaman alınacağı hakkında fikir sahibi olunabilir. İkili uyarı (Double burst stimulation, DBS), klinikte, rezidüel nöromüsküler bloğun manuel değerlendirilmesine olanak sağlar. Kayıt imkânları olmadığında, DBS ile yanıtta sönmeyi hissetmek daha kolaydır. Birbirinden 750 msn ile ayrılmış 50 Hz'lik iki kısa tetanik stimülasyondan oluşur ve 0.2 msn sürer. Her bir kümedeki impuls sayısı değiştirilebilir (DBS 3,2 veya DBS 4,3), üçer impulstan oluşan tetanik stimulus kümelerinin (DBS 3,3) klinikte kullanımı uygundur. Parsiyel paralitk bir kasta ikinci yanıt birinci yanıtta daha zayıftır (sönme) (17-19).

## ANESTEZİ DERİNLİĞİNİN MONİTORİZASYONU

Anestezik derinliğinin monitorizasyonunda, son yıllarda çok sayıda teknolojik gelişme olmuştur. Bispektral indeks (BIS) monitorizasyonu duran ve yanıt entropi (State entropy, Response entropy) monitorizasyonu bunlardan en yenileridir. BIS monitorizasyonu anestezik derinliği ölçümünde, anestetiklerin hipnotik komponentine özgüdür, anestetik ajanların santral sinir sistemi üzerin-

deki hipnotik etkilerini sayısal olarak göstermekte, hipnozun derinliği ile ilgili objektif klinik bilgiler sağlamaktadır. Elektroensefalografik (EEG) sinyalleri frekans fonksiyonu olarak inceler (20-22). Frekans analizi EEG sinyallerinin Fourier analizi ile sinüs dalgaları şeklinde belirtilmesini sağlar. Fourier analizi, zamanla değişen dalga formlarını basit sinüs ve kosinüs dalgalarına ayırıştırarak matematiksel bir tekniktir. Bispektral analiz Fourier analizine göre daha üst sınıf bir istatistiksel yaklaşımdır (23). BIS; 1985 yılından itibaren Aspect Tıbbi sistemleri tarafından geliştirilen özel bir EEG parametresidir. Bu EEG parametresinin ticari formu 1996'da Amerikan Besin ve İlaç Kurumu (Food and Drug, FDA) tarafından beyin üzerindeki anestetik etkiyi monitorize eden bir araç olarak kabul edilmiştir. BIS indeksi, 0 ile 100 arasında değişen değerlerdir ve uyanık, hiç ilaç etkisi altında olamayan hastada 95-100 iken saptanan EEG aktivitesi olmadığında 0'dır. BIS indeks değeri 60'ın altına indiğinde, hastanın bilinçli olma olasılığı çok düşüktür. Prospektif çalışmalar, BIS indeks değerinin 40-60 arasında tutulmasıyla yeterli hipnotik etkinin sağlandığını göstermiştir. Durağan entropi, kısaca frontal korteks EEG'sinin düşük empedanslı bir sensör kullanılarak ölçülmesi olarak tanımlanabilir (24, 25). Beynin elektrik aktivitesini ölçerek genel anestezi altındaki hastanın santral sinir sistemi ile ilgili bilgi vermektedir. Temel prensip, ham EEG ve frontal elektromyografi (EMG) verilerinin spektral entropisinin hesaplanmasıdır. Entropi kullanarak EEG sinyali, state (durağan) ve response (yanıt) olarak tanımlanmış iki sayısal değerle yorumlanabilir. Entropi EEG sinyalinin düzensizliğinin ölçülmesidir, hasta bilincini kaybettiğinde EEG değişiklikleri düzensizlikten daha düzenli şekle dönüşür ve bu entropi ile sayısal olarak ölçülerek bize anestezi sırasında hipnoz düzeyi ile ilgili sürekli bilgi sağlar. Yanıt entropi, beyinde hipnotik etkili anestetik ilaçların daha sağlıklı ve kararlı değerlendirilmesini sağlar. Durağan entropi 0.8'den 32 Hz'ye kadar olan frekansların, yanıt entropi ise 0.8'den 47 Hz'ye kadar olan frekansların hesaplanmış halidir (26, 27). Datex Ohmeda S/5 entropy modülü (Datex Ohmeda Division, Instrumentarium Corp., Helsinki, Finland) ilk ticari entropi monitördür (28).

**Yazışma Adresi: Dr. Şennur Uzun**  
Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Anesteziyoloji ve Reanimasyon  
Anabilim Dalı, Ankara, 06100  
Tel: 0 312 305 12 50, 0 312 305 12 65  
e-mail: sennuruzun@superonline.com

#### KAYNAKLAR

1. ASA (1998) 'Standards for Basic Anesthetic Monitoring' (last amended October 21, Park Ridge, IL): American Society of Anesthesiologist, 2001.
2. Brodsky JB. What intraoperative monitoring makes sense? Chest 1999; 115: 101S-105S.
3. Mark JB, Slaughter TF, Reves JG et al. (2000) Cardiovascular monitoring. In: Ronald D. Miller Ed. Anesthesia 5th edition. Churchill Livingstone.
4. Khan M.G (2007). Hızlı EKG Yorumu. Saunders 1. Baskı.
5. Cockings JG, Webb RK, Klepper ID, Currie M, Morgan C. The Australian Incident Monitoring Study. Blood pressure monitoring: application and limitations: an analysis of 2000 incident reports. Anaesth Intensive Care 1993; 21: 565-569.
6. Kay J, Neal M. Effect of automatic blood pressure devices on vigilance of anesthesia residents. J Clin Monit 1986; 2: 148-150.
7. Moller JT, Johannessen NW, Espersen K, et al. Randomized evaluation of pulse oximetry in 20,802 patients: II. Perioperative events and postoperative complications. Anesthesiology 1993; 78: 445-53.
8. Tremper KK, Barker SJ. Pulse oxymetry. Anesthesiology 1989; 70: 98.
9. Grenier B, Verctere E, Mesli A, et al. Capnography monitoring during neurosurgery: reliability in relation to various intraoperative positions. Anesth Analg 1999; 88: 43-48.
10. Schlichting R, Bowles SA. Distinguishing between aerobic and anaerobic appearance of dissolved CO<sub>2</sub> in intestine during low flow. J Appl Physiol 1994; 76: 2443-2451.
11. Marik PE. Sublingual capnography: clinical validation study. Chest 2001; 120: 923-927.
12. Sessler DI (1993). Temperature regulation and anaesthesia. Chapter 7 in ASA Refresher Courses in Anaesthesiology, volume 21 Barash PG (ed) Lippincott.
13. Diefenbach C (1998). Anestezi ve Cerrahi girişim sırasında nöromusküler monitorizasyon. Urban&Schwarzenberg. 2. Baskı.
14. Christie TH, Churchill-Davidson HC. The St. Thomas's Hospital nerve stimulator in the diagnosis of prolonged apnoea. Lancet 1958; 1: 776.
15. A new way to monitor paralyzing drugs. RN/MCPHU Home Study Program. <http://www.rnweb.com/ce/0500/paralyze.html>
16. Viby-Mogensen J. (2000) Neuromuscular monitoring. In: Anesthesia. Ed. By: Miller RD. Fifth Edition. Vol I. P: 1351.
17. Drenck NE, Ueda N, Olsen NV, et al. Manual evaluation of residual curarization using double burst stimulation: a comparison with train-of-four. Anesthesiology 1989; 70: 578-581.
18. Gill SS, Donati F, Bevan DR. Clinical evaluation of double-burst stimulation. Its relationship to train-of-four stimulation. Anaesthesia 1990; 45: 543-548.
19. Brull SJ, Silverman DG. Visual and tactile assessment of neuromuscular fade. Anesth Analg 1993; 77: 352-355.
20. Gan TJ; Glass PS, Windsor A, et al. Bispectral index monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil and nitrous oxide anesthesia. BIS Utility Study Group. Anesthesiology 1997; 87: 808-815.
21. Nieuwenhuijs D, Coleman EL, Douglas NJ, Drummond GB, Dahan A. Bispectral index values and spectral edge frequency at different stages of physiologic sleep. Anesth Analg 2002; 94: 125-129.
22. Alkire MT. Quantitative EEG correlations with brain glucose metabolic rate during anesthesia in volunteers. Anesthesiology 1998; 89: 323-333.

23. Kelley SD: Monitoring level of consciousness during anesthesia and sedation. A clinicians guide to the Bispectral Index. USA 2003.
24. Bruhn J, Lehmann LE, Ropcke H, Bouillon TW, Hoeft A. Shanon entropy applied to the measurement of the electroencephalographic effects of desflurane. *Anesthesiology* 2001; 95: 30-35.
25. Bruhn J, Ropcke H, Hoeft A. Approximate entropy as an electroencephalographic measure of anesthetic drug effect during desflurane anesthesia. *Anesthesiology* 2000; 92: 715-726.
26. Ellerkmann RK, Liermann VM, Alves TM et al. Spectral entropy and bispectral index as measures of the electroencephalographic effects of sevoflurane. *Anesthesiology* 2004; 101: 1275-1282.
27. Schmidt GN, Bischoff P, Stand T, et al. Comparative evaluation of the Datex-Ohmeda S/5 Entropy module and the Bispectral Index monitor during propofol-remifentanil anesthesia. *Anesthesiology* 2004; 101: 1283-1290.
28. Viertiö-Oja H, Maja V, Sarkela M et al. Description of the entropy algorithm as applied in the Datex-Ohmeda S/5 Entropy Module. *Acta Anesthesiol Scand* 2004; 48: 154-161.