

# Mekanik Ventilasyon Sırasında Solunum Monitörizasyonu

Tülay YARKIN\*

\* SB Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İSTANBUL

Mekanik ventilasyon yaşam kurtarıcı bir yöntem olmakla birlikte, uygulama sırasında hastanın klinik tablosunda ani ve beklenmedik değişiklikler oluşabilir. Bu değişiklikler, alta yatan hastalığa bağlı olabileceği gibi, medikal tedavinin ya da mekanik ventilasyonun bir komplikasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Vital bulguların ve solunumsal parametrelerin monitörize edilmesiyle ortaya çıkabilecek her türlü değişikliğin zamanında fark edilerek düzeltilmesi ve hatta önceden tahmin edilerek önlem alınması, medikal tedavide ve ventilatör ayarlarında değişiklik yapılması mümkündür.

Solunumun monitörizasyonunda başlıca oksijenizasyon, ventilasyon ve solunum mekanikleri hakkında bilgi edinilmek amaçlanır. Monitörizasyon için kullanılacak cihaz ve yöntemlerin kolay yorumlanacak verileri sağlaması, ölçülen parametre için spesifik olması, küçük değişiklikleri saptayabilmesi, tekrarlanabilir özellikte olması, hasta için risk oluştur-

maması ve maliyet-yarar açısından kabul edilebilir olması istenir.

En gelişmiş monitörizasyon sistemlerine sahip olunsun bile bu sistemlerden elde edilen verilerin klinik tablo ile birlikte yorumlanması gereklidir. Solunum sıkıntısının klinik bulguları; hipoksemi ve hiperkapni belirtileri, göğüs hareketlerinin ventilatörle senkron ve simetrik olup olmadığı, inspirasyon derinliği ve solunum ritminin ventilatörle uyumu gözlenmelidir. Asimetrik göğüs hareketleri bronş entübasyonu, atelettazi veya pnömotoraksı düşündürür. Göğüs ve karın hareketlerinin senkronize olmaması ise diyafragmatik kas yorgunluğunu ya da alta yatan abdominal ve/veya solunumsal patolojileri, hasta-ventilatör uyumsuzluğunu düşündürülebilir. Solunum seslerinin dinlenmesi de ventilatördeki hastanın değerlendirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Tablo 1'de anormal solunum sesleri ve ilişkili durumlar özetlenmiştir.

**Yazışma Adresi:** Uzm. Dr. Tülay YARKIN

SB Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İSTANBUL

**Tablo 1. Anormal solunum seslerinin yorumlanması.**

Solunum sesleri	İlişkili durumlar
Azalmış ya da duyulmuyor	Ciddi hava yolu obstrüksiyonu Atelektazi Ana bronş entübasyonu Plevral efüzyon Pnömotoraks
Ronküs	Hava yolu obstrüksiyonu
İnspiratuar raller	Konsolidasyon Akciğer ödemi
Kaba raller	Artmış sekresyon

## GAZ DEĞİŞİMİNİN MONİTÖRİZASYONU

### Arter Kan Gazları Analizi

Arter kan gazı (AKG) analizi hastanın ventilasyonu ( $\text{PaCO}_2$ ), oksijenizasyonu ( $\text{PaO}_2$ ) ve asit-baz durumu (pH) hakkında bilgi edinilmesini sağlar. Normal değer aralıkları Tablo 2'de görülmektedir.

**Ventilasyonun değerlendirilmesi:** Hastanın ventilasyon durumu hakkında doğrudan bilgi veren AKG parametresi  $\text{PaCO}_2$ 'dir. Hipoventilasyon ve solunumsal asidozda  $\text{PaCO}_2$  artarken pH azalır. Bu durum ventilatör ayarlarında tidal volümün ya da solunum sayısının artırılmasıyla düzeltilebilmekle birlikte, hipoventilasyona yol açan hava yolu obstrüksiyonu gibi hastaya ait nedenler için medikal tedavinin gözden geçirilmesi gereklidir. Öte yandan hiperventilasyon ve solunumsal alkaloz durumunda solunum hızı ya da tidal volümün azaltılması gerekebilir. Metabolik asit-baz bozukluklarında ise altta yatan metabolik sorun düzeltilmedikçe ventilatör ayarlarını değiştirmenin fayda sağlamayacağı unutulmamalıdır.

**Oksijenizasyonun değerlendirilmesi:** Hastanın oksijenizasyon durumunu arteriyel oksijen parsiyel basıncı ( $\text{PaO}_2$ ) ile takip edebileceğimiz

**Tablo 2. Erişkinde arter kan gazı parametrelerinin normal değerleri.**

Gözlem fonksiyonu	Parametre	Normal değer
Ventilasyon	$\text{PaCO}_2$	35-45 mmHg
Oksijenizasyon	$\text{PaO}_2$	80-100 mmHg
Asit-baz durumu	pH	7.35-7.45
	$\text{HCO}_3$	22-26 mEq/L
	B.E.	(-2)-(+2) mEq/L

gibi bu parametreyi kullanarak alveolo-arteryel oksijen gradienti ( $\text{P}_{(A-a)}\text{O}_2$ ) ve özellikle akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) hastasının izlenmesinde büyük önem taşıyan  $\text{PaO}_2$ 'nin solunan havadaki oksijen fraksiyonu ( $\text{FiO}_2$ )'na oranı ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ) hesaplanarak oksijenizasyon hakkında daha ayrıntılı bir yorum yapılabilir. Tablo 3'te oksijenizasyon yorumları özetlenmektedir.

$\text{PaO}_2$  azalması ile birlikte  $\text{P}_{(A-a)}\text{O}_2$ 'de artış varsa hipokseminin nedeni difüzyon defekti, ventilasyon/perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu ya da sağ-sol şanttır.

$\text{PaO}_2$  azaldığı halde  $\text{P}_{(A-a)}\text{O}_2$  çok az artmış ya da değişmemişse hipoksemi muhtemelen hipoventilasyona bağlıdır, ki bu da yine AKG'deki  $\text{PaCO}_2$  artışı ile konfirme edilebilir.

**AKG'nin dezavantajları:** Arter ponksiyonu ya da kateterizasyonu gerektiren invaziv bir yöntemdir. Sonuçları güvenilir olmakla birlikte örnekleme sırasında enjektörde hava kabarcığı bulunmamasına, heparin miktarının 0.2 mL'den fazla olmamasına ve 15 dakika içinde çalışılmayacaksa buzlu ortamda tutulmasına dikkat edilmelidir. AKG sonuçlarının belirli bir trendi değil, kan alındığı andaki durumu gösterdiği akıldan tutulmalıdır. Hastanın klinik tablosu ve noninvaziv monitörizasyon verileri (örneğin; puls oksimetri) ile uyumlu olup olmadığına da dikkat edilmelidir.

### Pulse Oksimetre Oksijen Satürasyonu ( $\text{SpO}_2$ )

Pulse oksimetre, pulsasyon gösteren bir damar yatağından geçen ışığın yaydığı iki farklı dalga boylarından oksijen satürasyonunu tayin

**Tablo 3. Oksijenizasyonun yorumu.**

Parametre	Kriter	Yorum
$\text{PaO}_2$	80-100 mmHg	Normal
	60-79 mmHg	Hafif hipoksemi
	40-59 mmHg	Orta derecede hipoksemi
	< 40 mmHg	Ciddi hipoksemi
$\text{P}_{(A-a)}\text{O}_2$	Oda havası	Her 10 yaş için 4 mmHg'nin altında olmalı Beklenen değer in üzeri: Hipoksemi
$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$	300-200	Akut akciğer hasarı (ALI)
	≤ 200	Akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS)

eden bir cihazdır. Noninvaziv olması, kullanım kolaylığı ve kesintisiz izlem olanağı sağlaması nedeniyle YBÜ'lerin vazgeçilmez cihazları arasında yerini almıştır. SpO<sub>2</sub> kesin SaO<sub>2</sub> değerini değil, yaklaşık değeri belirlemektedir. Bununla birlikte, %95'in üzerinde olduğunda PaO<sub>2</sub>'nin 70 mmHg'dan yüksek olduğu kesin olarak söylenebilir. SpO<sub>2</sub>'nin %70-92 arasında  $\pm$  %4'lük bir sapma gösterebildiği, %70'in altında ise güvenilir olmadığı bildirilmektedir. Kardiyak ritm veya periferik nabız dalgası ile SpO<sub>2</sub> dalgasının uyumlu olması ölçülen değer güvenilir olduğunu gösterir. İzlem sırasında %92'lik bir değer hedeflenerek FiO<sub>2</sub> ve diğer ventilatör parametreleri bu hedefe göre ayarlanmalıdır.

Güneş ışığı, floresan aydınlatma, tırnak cilası ve intravenöz (IV) boyar maddeler SpO<sub>2</sub>'nin gerçek değerden düşük çıkmasına; dishemoglobinemiler ve perfüzyon bozukluklarında ise yüksek çıkmasına yol açar.

Pulse oksimetre kullanımı sırasında prob basısına bağlı nekroz, ultraviyole ışığına bağlı deride renk değişimi ve yanık gibi nadir komplikasyonlar oluşabilir. Bu nedenle probun takıldığı yer sık aralarla izlenmeli ve gerektiğinde probun yeri değiştirilmelidir.

#### **Mikst Venöz Oksijen Satürasyonu (SvO<sub>2</sub>)**

Pulmoner arter (PA) kanındaki oksijen satürasyonu, periferik dokuların oksijenizasyonunu gösterir. Ölçüm, aralıklı kan örnekleme ile yapılabileceği gibi, fiberoptik lifleri bulunan PA kateterleri kullanılarak sürekli izlem de mümkündür. Sağlıklı bireylerde SvO<sub>2</sub> %73-85 arasında değişmektedir; %50'nin altında olması doku oksijenizasyonunun bozulduğunu gösterir.

Dokulara taşınan oksijen miktarının artması (kalp debisinde artma), dokulardaki oksijen tüketiminin azalması, dokuların oksijen tutmasında azalma, sol-sağ şant, ciddi mitral yetmezlik durumlarında SvO<sub>2</sub> artar. Kateterin "saplama" pozisyonunda kalması durumunda SvO<sub>2</sub>'nin yalancı yüksekliği söz konusudur. Kalp debisinin azalması, oksijen tüketiminin artması ve anemi durumlarında ise SvO<sub>2</sub> azalır.

**Dezavantajları:** İnvaziv bir yöntem olmasının yanı sıra, ölçüm için kullanılacak kateterin PA içine yerleştirilmeden önce ve sonra kalibre edilmesi ve kateterizasyon devam ettiği sürece en az 24 saatte bir yeniden kalibrasyonu gerek-

mektedir. Kateterin "saplama" pozisyona gelmesi, kıvrılması ya da duvar teması gibi durumlarda uyarı kalitesi düşer ve ölçüm duyarlılığı bozulur. Ayrıca, maliyet-yarar açısından avantajlı bulunmamaktadır.

#### **End-Tidal Karbondioksit Parsiyel Basıncı (PetCO<sub>2</sub>)**

Ekshalasyon havasındaki CO<sub>2</sub> miktarının ölçülmesine kapnometri, ölçüm için kullanılan cihaza kapnometre adı verilmektedir. Kapnometre, CO<sub>2</sub> miktarını numerik olarak verir ve ölçüm birimi mmHg olarak gösterilir. Kapnografi ise ölçülen CO<sub>2</sub>'nin volüm veya zamana göre çizilen grafik dalgasıdır ve bu işi yapan cihaz da kapnograf olarak anılır. Hastanın ventilasyon durumunun sürekli olarak izlenmesini sağlayan noninvaziv bir yöntemdir. Ölçüm, ekshalasyonun sonunda yapıldığından end-tidal CO<sub>2</sub> parsiyel basıncı (PetCO<sub>2</sub>) adı verilmiştir. PaCO<sub>2</sub> ile PetCO<sub>2</sub> arasında iyi bir korelasyon bulunması, AKG alınma sıklığını azalttığından yoğun bakım pratiğinde önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca kapnogram dalgasındaki biçimsel değişiklikler, hasta ve ventilatör sistemi hakkında ek bilgiler sağlamaktadır.

Ekshalasyon havasındaki CO<sub>2</sub>, ventilatör devresine adapte edilen bir sensör tarafından infrared absorpsiyon tekniği ile toplanır ve ölçüm yapılır. İki türlü sensör sistemi vardır. "Mainstream sensor", doğrudan ventilatörün "Y" parçası ile endotrakeal tüp arasına yerleştirilerek CO<sub>2</sub> absorpsiyonunu sağlar. "Sidestream sensor" ise endotrakeal tüp çıkışında devreye ince bir boru ile bağlanarak ekshalasyon havasını önce aspire eder, daha sonra CO<sub>2</sub> ölçümünü yapar. Mainstream analiz daha hızlı sonuç vermekle birlikte, tüp üzerinde ilave bir yük ve ölü boşluk oluşturmaması, sekresyon bulaşmasına bağlı olarak ölçüm duyarlılığında azalma gibi dezavantajları vardır. Buna karşın sidestream analiz, kullanım kolaylığı ve kanül, maske gibi diğer solunum devrelerine de adapte edilebilmesi gibi avantajlara sahiptir. En büyük dezavantajları, ekshalasyon havasının periyodik aspirasyonu, sekresyon ve sıvı ile küçük çaplı aspirasyon borusunun tıkanma ve ekipman kontaminasyonu riskidir.

Normal kapnogram kare şeklinde olup, tüm solunum siklusu boyunca gerçekleşen PCO<sub>2</sub> düzeylerine göre oluşur. İnspirasyonda PCO<sub>2</sub> sıfırdır. Ekspirasyon kapnogramı birbirini izle-

yen 3 fazdan oluşur: Faz 1: Anatomik ölü boşluk ve kapnograf sensörü ile analizörü arasındaki ölü boşluktan gelen havadaki  $PCO_2$  de sıfırdır. Faz 2: Alveoler gazın ölü boşluk havasına karışması sonucu  $PCO_2$  eğrisinde hızlı bir yükselme olur. Faz 3: Sadece alveoler havanın  $PCO_2$ 'sini yansıtan bir plato ile devam eder; platonun sonunda ölçülen  $PCO_2$  end-tidal  $PCO_2$ 'dir. V/Q oranı normal olan bireylerde  $PetCO_2$  ile  $PaCO_2$  arasında 1-4 mmHg'lık bir fark bulunabilir. Kritik hastalarda bu fark, ölçüm anındaki V/Q ilişkisine bağlıdır. Akciğerlerin perfüzyonunda azalma, pulmoner emboli, ölü boşluk ventilasyonunun artması, kalp durması, pozitif basınçlı ventilasyon ve PEEP uygulanması, yüksek hızlı-düşük volümlü ventilasyon sırasında  $PaCO_2$ - $PetCO_2$  farkı artar.

Bazı klinik durumlarda kapnogram eğrisinde tipik şekil değişiklikleri ortaya çıkar: Obstrüktif hava yolu hastalığında ve ventilasyonun dağılımı homojen olmayan hastalarda faz 3'te plato oluşmadan eğri giderek yükselir ve açı çok artar. Endotrakeal tüpün kısmi tıkalı olması faz 2'de keskin ve hızlı bir yükselme yerine tedrici bir artışla kendini gösterir.

#### Transkütanöz Kan Gazı Monitörizasyonu

Transkütanöz kan gazı monitörizasyonu, deri üzerine yerleştirilen küçük bir elektrotla yapılabilir. Elektrot içindeki ısıtıcı telin epidermis permeabilitesini artırarak kapillerden gaz difüzyonunu artırması prensibiyle çalışır. Erişkinlerden çok yenidoğanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Erişkinlerde derinin daha kalın olması nedeniyle ölçüm sonuçları güvenilir bulunmamaktadır.

#### Solunum Mekanizmasının Monitörizasyonu

Mekanik ventilatör uygulanan hastaların solunum mekaniklerinin izlenmesi, solunum yetmezliğine yol açan hastalığın patofizyolojisinin karakterize edilmesini, hastalığın gidişi hakkında bilgi edinilmesini, terapötik uygulamaların (örneğin; PEEP) planlanmasını, ventilatör ayarlarının izlem verilerine göre dinamik olarak değiştirilmesini, ventilatörle ilişkili komplikasyon ve akciğer zedelenmesinin önlenmesini ve hastanın ventilatörden ayırma kriterlerinin belirlenmesini sağlar. Günümüzde üretilen ventilatörler hastanın solunum parametreleri ile ilgili bilgileri nümerik ve grafik olarak vermekte ve bu veriler belirli bir süre için kaydedilebilmektedir.

İzlemede ventilatör alarmlarının ayrı bir önemi vardır. Hemen bütün ventilatörlerde bulunan solunum hızı, tidal volüm, hava yolu basınçları ile ilgili alarm limitlerinin başlangıçta ve her ayar değişikliğinde uygun şekilde değiştirilmesi, hastaya veya ventilatöre ait sorunların anında fark edilmesini ve düzeltilmesini sağlar. Tablo 4'te ventilatör alarm ayarları ve ilişkili durumlar özetlenmiştir.

**Hava yolu basınçları:** Solunum, hava yollarında oluşan basınç farkının bir sonucudur. Spontan-yardımsız solunumda intratorasik basıncın hava yolu açılma basıncına göre negatifleşmesi sonucu inspirasyon oluşur. Mekanik ventilasyon sırasında ise hava yolu basınçları intratorasik basınca göre daha pozitifdir. Dolayısıyla mekanik ventilasyon, solunum için gereken tüm basınçları sağlayarak hastanın solunum işini azaltır. Mekanik ventilasyon sırasında basınçların monitörize edilme amaçları Tablo 5'te listelenmiştir.

**Hava yolu rezistansı (Raw):** Hava yolu obstrüksiyonunun derecesi hakkında bilgi verir. Mekanik ventilasyonda Raw, endotrakeal tüpün çapı ve ventilatör devresinin büyüklüğünden ve hava yolu bütünlüğünden doğrudan etkilenen bir parametredir. Hava yolu çapı azaldıkça Raw, normal düzeylerin üzerine çıkar. Bronkokonstrüksiyon, sekresyon birikimi, hava yolunun tümörle veya dıştan bası ile daralması rezistansı artırır. Normal değer, akım hızı 30 L/dakika iken 0.6-2.4 cmH<sub>2</sub>O/L/saniye'dir. Entübe hastada ETT çapına bağlı olarak daha yüksektir. Raw, hava yolu basınç farkı akım hızına bölünmesi yoluyla basitçe hesaplanabileceği gibi günümüzde birçok ventilatör bu hesabı yapma potansiyeline sahiptir.

$$Raw = (P_{peak} - P_{plato}) / akım$$

Hava yolu rezistansı arttıkça, hastanın gerekli hava akımını oluşturmak için daha büyük bir basınç farkı oluşturması gerekir ki, bu da solunum işini artırır. Ciddi bronkospazm varlığında bronkodilatatör tedavinin doz ve sıklığı Raw monitörizasyonu ile objektif olarak yapılabilir.

**Kompliyans (C):** Akciğer kompliyansı (C), bir birim basınç değişikliği ile oluşan volüm değişikliğidir ve akciğerin genişleme kapasitesi hakkında bilgi verir. Kompliyansın değerlendirilmesi statik ve dinamik ölçümlerle bir anlam kazanır. Statik kompliyans, hava akımının

**Tablo 4. Ventilatör alarm ayarları.**

Alarm	Ventilatör ayarı	Yorum
Düşük tidal volüm	Mekanik tidal volümden ~ 100 mL ↓	Devreden hava kaçağı Tüp cuff basıncı yetersiz
Düşük Pinsp	Gözlenen Ppeak'den 10-15 cmH <sub>2</sub> O ↓	Devreden hava kaçağı
Yüksek Pinsp	Gözlenen Ppeak'den 10-15 cmH <sub>2</sub> O ↑	Devrede su birikmesi Devrede kıvrılma ETT kıvrılma, tıkanma Hava yolunda sekresyon artışı Bronkospazm Akciğer kompliyansında ↓ Hava yolu rezistans ↑ Öksürük Pnömotoraks
Apne alarmı	15-20 saniye	Birçok ventilatörde apne alarmı ile birlikte MV otomatik olarak kontrollü moda geçer
Yüksek solunum hızı	Gözlenen dakika solunum sayısının 10-15 üzerinde olabilir	Akut solunum sıkıntısı Beraberinde yüksek basınç ve düşük tidal volüm alarmları da aktive olur

**Tablo 5. Hava yolu basınç ölçüm amaçları.**

Hastanın monitörizasyonu:

1. Solunum mekaniklerinin takibi (kompliyans, rezistans vb.)
2. Barotravma riski
3. PEEPi takibi
4. İnspiratuar ve ekspiratuar kas gerilimi
5. Ağız kapama basıncının takibi

Ventilatör devresinin kontrolü

Hasta-ventilatör etkileşiminin fark edilmesi

olmadığı bir durumda yapılır. Akım olmadığı için de hava yolu rezistansı belirleyici bir faktör olarak rol almaz, böylece statik kompliyans akciğer ve göğüs duvarının elastik rezistansını yansıtır. Atektazi, ARDS, pnömotoraks, obezite, toraks deformiteleri, pulmoner fibrozis gibi durumlarda statik kompliyans azalmış bulunur.

Dinamik kompliyans ise hava akımı devam ederken yapılan ölçümdür ve hava yolu rezistansından doğrudan etkilenir. Dolayısıyla dinamik kompliyans, akciğer ve göğüs duvarının elastik rezistansı kadar hava yolu direncinin derecesini, yani nonelastik rezistansı yansıtır. Bronkospazm, hava yolu veya ETT'nin sekresyonla daralması, tüpün kıvrılması durumlarının

da dinamik kompliyans azalır. Statik ve dinamik kompliyans ölçüm yöntemleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Obstrüktif hava yolu hastalıklarının Cdyn ile; ARDS, pnömoni, akciğer ödemi gibi hastalıkların da Cst ile izlenmesi hastalığın gidişi hakkında bilgi edinmemizi sağlar.

**PEEP (Ekspirasyon sonu pozitif basınç):** Solunum mekanikleri normal olduğunda, tidal volüm solunumu esnasında ekspirasyon sonunda akciğerlerdeki hava fonksiyonel rezidüel kapasite (FRK) düzeyine kadar boşalır ve hava yollarındaki basınç sifıra düşer. Ekspirasyonun bronkokonstrüksiyon nedeniyle kısıtlanması ya da mekanik ventilasyon uygulanan hastada ekspirasyon için yeterli süre bırakılmaması durumlarında akciğerlerde FRK düzeyinin üzerinde hava kalır. Bu durum akciğerde havalanma artışına yol açar; bu biriken havanın hava yollarında oluşturduğu basınca da oto-PEEP (ya da intrinsek PEEP) adı verilir.

Değişen zaman sabitlerinde tüm akciğerde alveol basınçları eşitlendikten sonra ölçülen ortalama oto-PEEP değerine statik PEEP denir ve solunum sisteminin ekspirasyon sonundaki elastik "recoil"ini yansıtır. Kontrollü ventilasyon sırasında statik PEEP ölçümü için ekspirasyon sonunda ekspiratuar valvinin geçici olarak tıkanmasıyla ölçülür. Böylece alveollerle ekspiratuar valv arasındaki basıncın eşitlen-



**Tablo 6. Statik ve dinamik kompliyans ölçümü.**

1. Ekshale tidal volüm belirlenir;
2. İnspiratuar hold düşmesine basılarak veya inspiryum sonunda ekshalasyon çıkışı kapatılarak plato basıncı (Pplat) ölçülür;
3. Zirve hava yolu basıncı (Ppeak) ölçülür;
4. Ekspiratuar hold düşmesine basılarak PEEP'i ölçülür.
Cst= Tidal volüm/(Pplat-PEEP) normal değeri: 50-100 mL/cmH <sub>2</sub> O
Cdyn= Tidal volüm/(Ppeak-PEEP) normal değeri: 50-80 mL/cmH <sub>2</sub> O

mesi sağlanır. Spontan soluyan hastalarda statik PEEP ölçümü yapılmamalıdır.

Akciğerlere hava akımını başlatmak için gerekli olan en düşük bölgesel ekspirasyon sonu basıncına da dinamik PEEP denir ve bu değer statik PEEP'ten daha düşüktür. Dinamik PEEP, inspirasyonu başlatmak için gereken basıncı gösterir. Dinamik PEEP, hava akımı ve hava yolu basıncının zamana karşı yazdırıldığı grafikte, inspirasyon akımı başlamadan önceki basınç artışından ölçülebilir.

#### Solunum Kaslarının Değerlendirilmesi

Solunum kaslarının fonksiyonları, güçleri ve dayanıklılıkları ölçülerek değerlendirilebilir. Kas yorulmasında (fatigue), yük altındayken kasın güç oluşturma kapasitesi azalmıştır ve dinlenmeyle düzelir. Kas zayıflığında ise kasın kontraktilesi yük altında değilken de azalmıştır ve dinlenmeyle düzelmez. Kas gücü, maksimum hava yolu basınçlarının ölçümü ile değerlendirilir. Bu ölçümde kapalı bir hava yoluna karşı yapılan maksimum inspirasyon ya da ekspirasyon kullanılır. Ağız parçası bir manometreye bağlanır ve glottisin açık kalmasını sağlamak için ağız parçasından az miktarda kaçak olmasına izin verilir. Hava yolu kapalı ve glottis açık iken ağız içi basınç alveol basıncına eşittir ve tüm solunum kaslarının fonksiyonunu yansıtır. Maksimum ekspiratuar basınç (PE<sub>max</sub>) ölçümü için hastaya total akciğer ka-

pasitesine ulaşıncaya kadar derin bir inspirasyon yaptırılır ve bunu takiben yapılan zorlu bir ekspirasyon sırasında oluşan basınç ölçülür. Maksimum inspiratuar hava yolu basıncı (P<sub>Imax</sub>) için de hastanın rezidüel volüm düzeyine kadar derin bir ekspirasyonu sonrasında yaptığı maksimum inspirasyon sırasında ölçülür. Normal değerler P<sub>E<sub>max</sub></sub> için 180 ± 40 cmH<sub>2</sub>O, P<sub>Imax</sub> için -115 ± 27 cmH<sub>2</sub>O olup, kadınlarda %25 daha düşüktür. P<sub>E<sub>max</sub></sub> 100 cmH<sub>2</sub>O, P<sub>Imax</sub> -80 cmH<sub>2</sub>O'dan fazla ise klinik olarak anlamlı bir kas zayıflığı olmadığı söylenebilir. Entübe hastalarda P<sub>Imax</sub>'ın -30 cmH<sub>2</sub>O'dan daha negatif olması inspiratuar kas fonksiyonunun ventilatörden ayırma için yeterli olduğunu düşündürür.

#### KAYNAKLAR

1. Bowton DL, Scuderi PE. Monitoring of mixed venous oxygenation. In: Tobin MJ (ed). Principles and Practices of Intensive Care Monitoring. New York: Mc Graw Hill, 1998:303-16.
2. Chang DW. Clinical Application of Mechanical Ventilation. 2<sup>nd</sup> ed. USA. Thomson Learning, 2001.
3. Gallagher CG. Measurement of respiratory pressures. In: Tobin MJ (ed). Principles and Practices of Intensive Care Monitoring. New York: Mc Graw Hill, 1998:81-90.
4. Gürsel G. Mekanik ventilasyon sırasında solunum monitörizasyonu: I. Tüberküloz ve Toraks Dergisi 2002;50:513-26.
5. Gürsel G. Mekanik ventilasyon sırasında solunum monitörizasyonu: II. Tüberküloz ve Toraks Dergisi 2003;51:100-6.
6. Hess DR. Capnometry. In: Tobin MJ (ed). Principles and Practices of Intensive Care Monitoring. New York: Mc Graw Hill,1998:377-400.
7. Jubran A. Advances in respiratory monitoring during mechanical ventilation. Chest 1999;116:1416-25.
8. Karakurt S. Yoğun bakım ünitesinde solunumsal monitörizasyon. Yoğun Bakım Dergisi 2002;2:5-15.
9. Rossi A, Polese G, Milic-Emili J. Monitoring respiratory mechanics in ventilator-dependent patients. In: Tobin MJ (ed). Principles and Practices of Intensive Care Monitoring. New York: Mc Graw Hill, 1998:553-96.