

# Hasta-Ventilatör Uyumu

Gül GÜRSEL\*

\* Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Ünitesi, ANKARA

Hastalar ilk entübe edildiklerinde genellikle amaç kan gazlarını normalleştirmek ve solunum kaslarını dinlendirmek olduğu için kontrollü modlarla mekanik ventilasyon uygulanır ve yüksek dozlarda sedasyon hatta belki nöromusküler blokaj bile alırlar. Ancak altta yatan patoloji düzeldikçe kan gazları normale yaklaşır solunum kasları kendini toparladıkça asist-se modlara geçilir. Bu modlarda artık hastanın spontan solunumu da devreye girmiş ve hasta ventilatörle etkileşmeye başlamıştır. Bu modlarda hasta ventilatörün tetiklenmesinden akım hızlarına inspiryum ekspiryum geçişine kadar birçok aşamada ventilatör fonksiyonlarıyla etkileşir. Bu etkileşim uyum içinde ve senkronize olduğu zaman hastanın solunum işi azalır hasta ventilatör uyumu iyi olurken, hasta ve ventilatör senkronize olmadığı zaman hastanın solunum işi artar ve hasta ventilatör uyumu bozulur. Hasta ventilatörle senkronize olduğu zaman ventilatör hastanın inspiryum ve ekspiryum zamanlamasına duyarlı ve hastanın

akım gereksinimlerine cevap verebilmektedir. İdeal koşullarda mekanik ventilatörler birçok bakımdan hasta ile senkronize olmalıdır. İnspiryum tetikleme zamanı hasta ile senkronize olmalı, ventilatörün verdiği akım inspiryumun herhangi bir zamanında hastanın gereksinimini karşılayacak miktarda olmalı ve inspiryumdan ekspiryuma geçiş senkronize olmalıdır.

Hastaların ventilatörlerle etkileştiği üç önemli aşama:

1. Tetikleme,
2. Pressurizasyon veya akım paterni,
3. Cycling-off-ekspiryum tetiklemedir.

Bu fazların değerlendirilebilmesi ve uyumun düzeltilebilmesi için ventilatörün akım, volüm ve basınç traselerini gösteren iyi bir monitörü olmalı, yoğun bakımcı da ventilatör ayarlarını yaparken bu traseleri rutin olarak incelemeli ve yorumlamalıdır. Bu traselerin doğru olarak yorumlanabilmesi için temelde

**Yazışma Adresi:** Prof. Dr. Gül GÜRSEL

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları  
Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Ünitesi, ANKARA

değişik modlarla oluşan traselerin (kontrollü ve asistse basınç ve volüm hedefli modlar) normal şekillerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

### 1. Tetikleme Değişkeni

Ventilatörlerin tetikleme basınç, akım ve volüm tetikleme şeklinde olabilir. Tetikleme fazında ventilatör monitöründeki akım, basınç ve volüm traselerine bakarak tetikleme gecikmesi, etkin olmayan tetikleme çabaları ve ototetikleme gibi anormal durumlar fark edilebilir.

Tetiklemede gecikmenin en önemli nedenleri hastanın solunum dürtüsünün azalmış olması veya intrensekPEEP (PEEPi) olmasıdır. Tetiklemede gecikme ve etkin olmayan solunum çabalarının saptanabilmesi için akım traselerinin dikkatle izlenmesi veya hastalara özefagus balonu yerleştirilmesi gerekir. Özefagus balonu yerleştirilmesi ve uygun traseler elde edilmesi oldukça komplike ve deneyim isteyen bir işlemdir. Akım trasesinde ekspiriumun aniden kesilip inspiriumun başlaması inspirium eforunun başladığını gösterir; aynı zamanda bakılan basınç traselerinde meydana gelen değişikliğin gecikmesi tetiklemede gecikmeyi gösterirken, basınç ve akım trasesinde inspirium eforunu takip eden mekanik soluk yoksa etkin olmayan tetikleme çabasını gösterir. Hasta asist kontrollü (ACV) moddayken hastanın tetiklemediği soluklarda inspirium sırasında inspirium çabası görülebilir. Basınç destekli modda (PSV) basınç desteği düzeyi arttıkça etkin olmayan tetikleme çabalarının sayısı artar. Bazen atım volümü güçlü olan hastalarda kardiyak osilasyonlar etkin olmayan tetikleme çabalarıyla karışabilir.

Tetiklemede gecikme etkin olmayan tetikleme çabalarını azaltmak için yapılabilecekler:

- Tetikleme basınç tetiklemeden akım tetiklemeye değiştirmek,
- Tetikleme hassasiyetini arttırmak,
- Uygulanan PEEP düzeyini PEEPi'ye göre titre etmek, arttırmak,
- PEEPi'yi azaltmak; tidal volümün azaltılması, ekspirium zamanının uzatılması, bronkodilatör verilmesi,
- Sedasyonu azaltarak solunum dürtüsünü arttırmak.

Ventilatörü tetiklemek için belli bir miktar iş yapmak gerekir. Ventilatörü tetiklemekte

zorlanan hastalar ventilatör tetiklendikten sonra da bir süre inspirium başında efor yapmaya devam eder (posttiggering efort), bu efor eğer ayarlanan basınç veya volüm desteği hastanın gereksiniminden düşükse inspirium sırasında da devam eder. Bu durum ventilatörün solunum kaslarını dinlendirme etkisini ortadan kaldırır. Biz hastanın inspirium eforunun başladığını ventilatörün basınç ve akım traselerinden anlayabiliyoruz. Oysa yapılan EMG çalışmaları gerçek inspirium eforunun akım ve basınç traselerinden çok daha önce başladığını göstermektedir.

Ototetikleme hasta eforu olmaksızın ventilatörün tetiklenmesidir. Bunun nedeni tetikleme eşiğinin çok düşük olması, devredeki kaçak, sıvı, kardiyak osilasyonlar, solunum sayısının düşük olması veya solunum dürtüsünün zayıf olması olabilir.

### 2. Pressurizasyon

Hasta ventilatörü tetikledikten sonra pressurizasyon fazının gözlenmesi hastanın solunum eforunun tahmin edilmesine, inspirium akım hızı veya "rise time" ayarlarının yeniden düzenlenmesine yardımcı olur. Bu iki ayar da hastanın hedeflenen basınç düzeyine ne kadar zamanda ulaşılacağını belirlemeye yarar. Akım hızı ve "rise time" ne kadar yüksek ayarlanırsa hasta hedeflenen basınç düzeyine o kadar kısa zamanda ulaşır. Bu hava yolu obstrüksiyonu olan hastalarda özellikle önemlidir, çünkü istenen basınç düzeyine ne kadar kısa zamanda ulaşırsa ekspirium için o kadar uzun zaman kalacaktır.

Hastanın solunum eforunu tahmin etmek için ACV modda basınç traselerini, PSV modda ise akım traselerini gözlemek çok daha yararlı olur.

### 3. Cycling-Off (ekspirium) Asenkronisi

Bu uyumsuzluk ventilatörün ekspirium valvinin hastanın nöral inspiriumu bitmeden açılmasıyla veya hastanın inspiriumu bittiği ve ekspiriuma başladığı halde hala kapalı olmasıyla ortaya çıkar. Ventilatörün inspiriumdan ekspiriuma geçişi hastaninkinden daha erken veya geç olursa ekspiratuar asenkroniden söz edilir. Ekspiratuar asenkroni hastada rahatsızlığa neden olur; hastanın inspirium ve ekspirium solunum işini ve inspirium tetikleme cevabını olumsuz etkiler. Ventilatörün akım ver-

mesi hastanın inspiriyumu bittikten sonra da devam ederse hastanın ekspiryum kasları aktive olur, ventilatör akımı ile savaşıyor ve ekspiryum iş yükü artar. Hasta ile ventilatör arasındaki bu mücadele hava yolu, alveol ve toraks da basınç artışına neden olur. Bu basınç artışı barotravma, pnömotoraks ve beyin kan akımında dalgalanmalara neden olur. Bu uyumu düzeltmek için kullanılan fazla miktarda sedasyon ve paralizisi ise "weaning" sürecini geciktirir. ACV sırasında inspiryum zamanı direkt olarak ayarlanırken, PSV sırasında inspiryumdan ekspiryuma geçiş önceden belirlenen akım düzeyine göre olur yani akım belli bir düzeye düşünce ventilatör inspiryumdan ekspiryuma geçer bu seviyeye akım sonlandırma kriteri veya ekspiryum tetikleme hassasiyeti (ETH) denilir. Hastanın ekspiryumdaki akım hızını solunum zaman sabiti (ZS) yani akciğer kompliyansı ve hava yolu rezistansı belirler. ETH ilk kuşak ventilatörlerde daha önceden ventilatörde belirlenen kriterken, ikinci kuşak ventilatörlerde kullanıcı tarafından belirlenen bir aralıktır. Daha yeni kuşak ventilatörlerde ise bu kriter ventilatör tarafından her solukta solunum mekanikleri ölçülerek otomatik olarak belirlenir.

PSV sırasında ventilatörün inspiryumunun hastanınkinden önce sonlanmasının nedenleri ayarlanan basınç düzeylerinin düşük olması, dinamik hiperenfasyon, kısa ZS olabilir. ACV sırasında ise kısa inspiryum zamanı ayarı buna neden olabilir. Hasta halen inspiryum yapıyorken ventilatör ayarlanan tidal volümü verip ekspiryuma geçti ise hasta inspiryuma devam edecek ve bu çift tetiklemeye neden olabilecektir (double triggering).

Ekspiryum valvinde açılmanın gecikmesini özellikle de hasta ekspiryum kaslarını kasmamışsa temel grafiklerle hissetmek zordur. PSV ile uzun ZS, aşırı basınç desteği, ACV'de ise uzun inspiryum zamanı, yüksek tidal volüm, düşük inspiryum akımı, inspiryum sonu pause verilmesi ekshalasyon valvinin açılmasını geciktirebilir. Ventilatörün inspiryum eforu hastanın inspiryumundan önce sonlanırsa hastanın inspiryum kasları ventilatörün ekspiryumunda da devam eder ve etkin olmayan inspiryum kas kasılması söz konusu olur. PSV sırasında ekspiryumun erken sonlandırılması yeniden tetiklemeye neden olur. Bunun önüne geç-

mek için ventilatörlerde tetikleme blok pencresi denilen ve ekspiryum başladıktan sonra 150-300 milisaniye ototetiklemeyi engelleyen bir aralık vardır.

### KOAH'DA HASTA-VENTİLATÖR UYUMU

Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) olan hastalarda bir önceki inspiryum geç sonlandığı için ekspiryum sonunda oluşan yüksek akciğer volümü bir sonraki inspiryumda tetikleme problemine neden olabilir. Bunu yenmek ve hastanın inspiryum tetiklemesini kolaylaştırmak için uygulanan eksternal PEEP tetiklemeyi kolaylaştırıp hastanın yaptığı solunum işini azaltırken PEEPi'yi azaltmaz. Ancak eksternal PEEP'in PEEPi'nin %80'i kadar olacak şekilde ayarlanması dinamik hiperenfasyonu azaltabilir.

Ekspiratuar asenkroninin en çok problem olduğu hasta gruplarından birisi KOAH'lılardır. Bu hastalar PEEPi, yüksek kompliyans ve rezistans değerleri dolayısıyla zaman sabitleri nedeniyle daha çok ekspiratuar asenkroni problemi yaşarlar. PEEPi inspiryum tetiklemeyi geciktirir ve eğer inspiryum zamanı daha önceden sabit olarak belirlendi ise inspiryumun sonlanması da gecikir. Uzun solunum zaman sabitleri ekspiryum asenkronisinin PSV sırasında daha fazla hissedilmesine neden olur. KOAH'lı hastalar ekspiryum asenkronisinin sonuçlarına karşı daha duyarlıdır, çünkü daha uzun ekspiryum zamanına gereksinimleri vardır. Bu nedenle PEEPi artar ve kısır döngüye girerler. KOAH'lılar gibi dinamik hiperenfasyonu olan hastalarda ekspiryum sonu ve inspiryum başında akciğer volümü ve elastik recoil basıncı fazladır. Ventilatörün ekspiryumunu geciktirdiği zaman inspiryum sonunda akciğer volümü daha fazla olacak ve bu hastalar ventilatörü tetiklemeden önce yüksek akciğer volümü ve eşlik eden PEEPi nedeniyle çok fazla miktarda inspiryum kas gücü oluşturmak zorunda kalacaklardır.

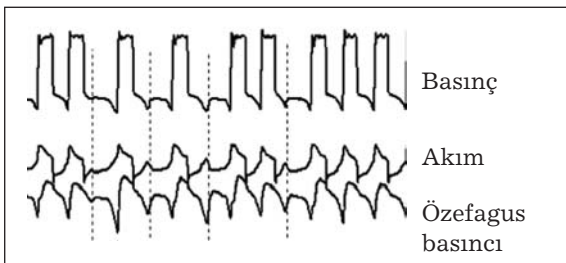
KOAH'lılarda akımın ventilatörün ETH düzeyine düşmesi uzun zaman ister, bu nedenle ventilatörün inspiryumunu nöral ekspiryum sırasında da devam eder. Bunu yenmek için yapılan çalışmalar ACV'de inspiryum zamanını azaltmanın veya akım hızını arttırmanın, PSV'de ise ETH'yi hastaya göre değiştirmek ve ayarlamının uyumu arttırabileceğini göstermektedir. Hastanın nöral ekspiryumunun ne zaman baş-

ladığını ventilatör akım ve basınç traselerinden anlamak mümkün değildir. İnciriyumun ne zaman bitip ekspiriyumun başlangıcını anlamak için ya hastaya özefagus balonu yutturmak gerekir ya da diyafram EMG'si çekilmelidir. Her ikisi de günlük pratikte uygulaması zor yöntemlerdir.

### UYKUDA HASTA-VENTİLATÖR UYUMU

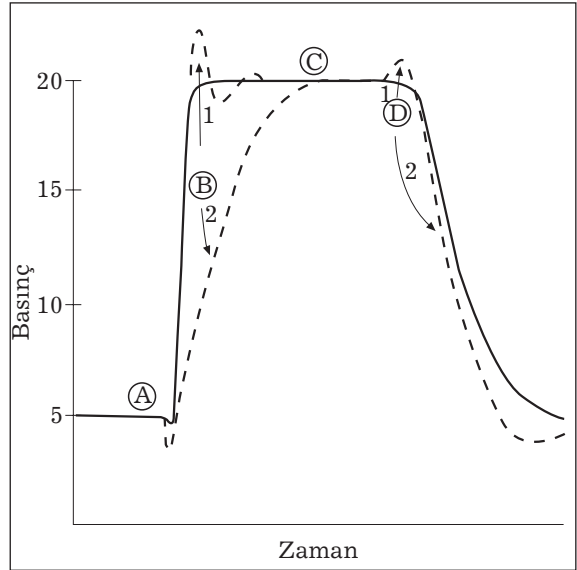
Yoğun bakım hastalarında ventilatör modu, ayarları ve hasta-ventilatör uyumu uyku kalitesini etkileyebilir. Mekanik ventilatördeki hastaların üçte ikisi ventilatör adaptasyon güçlüğü ve ventilatörde olmaya bağlı anksiyete nedeniyle uyku bozukluklarından yakınıdır. Ancak yoğun bakım ünitesinde uyku fragmantasyonunun nedenleri tam olarak bilinmemektedir. Çalışmalar ventilatör modları ve ayarlarının fragmantasyon düzeyini etkilediğini göstermektedir. PSV'nin ACV'ye göre santral apnelere yol açarak uyku fragmantasyonunu artırdığı ve kantitesini azalttığı gösterilmekle beraber eğer verilen basınç desteği düzeyi aşırı olmayıp gündüze göre daha az olacak şekilde ayarlanırsa PSV ile de biraz önce saptanan bulguların azalabileceği bildirilmektedir. Yine oldukça yakın bir zamanda yapılan ve PSV ile PAV'nin uykuda mekanik ventilasyon üzerine etkisini araştıran çalışmada PAV'nin daha iyi hasta-ventilatör uyumu ile uyku kalitesini düzelttiği gösterilmiştir.

Hasta-ventilatör uyumunun potansiyel avantajları hipokapniden korunma, değişen ventilasyon ihtiyacına kolay adaptasyon ve dispnenin azalması, etkin olmayan solunum çabalarının ve solunum işinin azalması, uykuda periyodik solunumun ve apnelerin azalması şeklinde özetlenebilir.



**Grafikte özefagus basınç traseleri ve akım traselerinde inspiyum çabası görülmele beraber özellikle basınç traselerinden bu çabaların ventilatörü tetikleyemediği görülmektedir.**

### Bir solunum siklusu sırasında basınç-zaman trasesinde hasta-ventilatör uyumsuzluğu örnekleri



**Basınç destekli ventilasyon sırasında A noktasında hava yolu basıncı düşüyor ve inspiyum hasta tarafından tetiklenerek başlıyor. B noktası boyunca akım hava yoluna veriliyor. Akım hastanın gereksinimini aşan düzeyde ise B1'de olduğu gibi başlangıç hava yolu basıncı ayarlanan düzeyi geçebilir. Akım hastanın gereksiniminden düşükse basınç B2'de olduğu gibi yavaş yükselecektir. C basınç desteğinin plato kısmı düz plato olması yerine dalgalanmalar olması servomekanizmasının daha az cevap verdiğini gösterir. Basınç desteği D noktasında sonlanır ve bu sonlanma hastanın kendi inspiyumunun bitimi ile birlikte olmalıdır. Eğer basınç desteği sonlanmakta gecikirse D1'de olduğu gibi hasta aktif ekspiriyum yapar. Eğer basınç desteği hastanın inspiyumu bitmeden sonlanırsa D2'de olduğu gibi hasta inspiyum eforuna devam eder. 6 no'lu kaynaktan alınmıştır.**

### KAYNAKLAR

1. Bosma K, Ferreyra G, Ambrogio C, et al. Patient-ventilator interaction and sleep in mechanically ventilated patients: Pressure support versus proportional assist ventilation. Crit Care Med 2007;35 baskıda.
2. Cabello B, Parthasarathy S, Mancebo J. Mechanical ventilation: Let us minimize sleep disturbances. Curr Opin Crit Care 2007;13:20-6.
3. Georgopoulos D, Prinianakis G, Kondili E. Bedside waveforms interpretation as a tool to identify patient-ventilator asynchronies. Intensive Care Med 2006;32:34-47.

4. Jolliet P, Tassaux D. Clinical review: Patient ventilator interaction in chronic obstructive pulmonary disease. *Crit Care* 2006;10:236.
5. Jubran A, Van de Graff WB, Tobin MJ. Variability of patient ventilator interaction with pressure support ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:129-36.
6. MacIntyre N, Nishimura M, Usada Y. The Nagoya conference on system design and patient ventilator interactions during pressure support ventilation. *Chest* 1990;97:1463-6.
7. Parthasarathy S, Jubran A, Tobin MJ. Cycling of inspiratory and expiratory muscle groups with the ventilator in airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1471-8.
8. Questra M, Ceriana P, Carlucci A, et al. Automatic detection of ineffective triggering and double triggering during mechanical ventilation. *Intensive Care Med*; 2007: DOI 10.1007/S00134-007-0767-z