

Temel Mekanik Ventilasyon Modları ve Ayarlamalar

Emre KARAKOÇ*

* Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Bilim Dalı, ADANA

Modlar, mekanik ventilasyonun uygulanma yöntemleri olarak tanımlanabilir. Modları belirleyen temel özellikler solunumun nasıl başladığı, sürdürüldüğü, sonlandırıldığı ve uygulanan modun spontan solunuma izin verip vermediğidir. Bunlar dışında ventilatörün özelliğine göre bu modlar farklı özellikler eklenmiş olarak bulunabilir. Temel modlar günümüzde tüm modern ventilatörlerde standart olarak bulunmaktadır fakat farklı cihazlarda farklı isimlendirilmiş olabilir.

Mekanik ventilatörün solunum desteğini başlatma şekline göre modlar üçe ayrılır;

1. Kontrollü mekanik ventilasyon: Ventilatör belirli zaman aralıklarıyla solunum desteği verir. Hastanın solunum eforunun katkısı yoktur.

- Kontrollü mekanik ventilasyon (CMV)
- Basınç kontrollü ventilasyon (PCV)

2. Yardımcı (Asist) modlar: Mekanik ventilasyon desteği hastanın spontan solunumu var-

sa onunla birlikte yoksa zaman döngülü olarak verilir.

- Asist kontrol (A/C)
- Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV)

3. Spontan modlar: Sadece spontan solunuma basınç desteği verir, spontan solunum yoksa destek vermez.

- Basınç destek (PSV)

Solunumun oluşturulmasına göre modlar hacim/akım veya basınç hedefli olabilir. Hacim veya akım hedefli modlarda hastanın aldığı tidal hacim değişmez. Direnç ve kompliyans değerlerinde değişme olsa bile hacim zaman grafiğinde değişiklik olmaz. Basınç hedefli modlarda hava yolu direnci ve akciğer kompliyansında oluşan değişiklikler ventilasyonu etkiler, tidal hacim sabit olmaz.

İnspirasyonun sonlanmasına (döngü) göre modlar üçe ayrılır;

1. Hacim döngülü (CMV, A/C, SIMV)

Yazışma Adresi: Dr. Emre KARAKOÇ

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Bilim Dalı, ADANA

2. Zaman döngülü (PCV)

3. Akım döngülü (PSV)

Modlardan birisini tercih ederken temel amaç, hastanın oksijenasyonunu ve ventilasyonunu hasta için olabilecek en konforlu ve en az travmatik şekilde gerçekleştirmektir.

EKSPİRASYON SONU POZİTİF BASINÇ (PEEP)

Solunumun sonunda hava yolu basıncının atmosferik basıncın üzerinde (0 cmH₂O) tutulmasıdır. Tek başına değil diğer modlarla birlikte kullanılır. Spontan soluyan bir hastada uygulanırsa buna devamlı pozitif hava yolu basıncı (CPAP) denir.

PEEP uygulamasının iki temel endikasyonu vardır; 1. Refrakter hipoksemi 2. Fonksiyonel rezidüel kapasite ve akciğer kompliyansının azalması. PEEP uygulaması ile ortalama hava yolu basıncı artırılır, alveollerin kollabe olması önlenir ve akciğer kompliyansında düzelmeye sağlanır. Bunların sonucunda da oksijenasyon düzeltilir.

PEEP uygulamanın faydalarının yanında yan etkileri de olabilir. PEEP uygulaması sırasında sık karşılaşılan problemlerden birisi hipotansiyondur. Hipotansiyon venöz dönüşün ve kardiyak "output"un azalmasına bağlı gelişir ve sıklıkla hipovolemik hastalarda belirgin olur. Hipotansiyon hipovoleminin düzeltilmesine rağmen devam ediyorsa PEEP düzeyi azaltılmalıdır. Barotravma alveoler basıncın yırtılmaya yol açacak kadar yükselmesidir. Alveoler yırtılma pnömotoraks, pnömomediastinum, pnömoperikardiyuma yol açabilir. Cilt altı amfizem olması başka nedene bağlanmıyorsa barotravma bulgusu olarak kabul edilmelidir. Plato basıncının 30 cmH₂O üzerine çıkması barotravma riskini artırır. PEEP uygulaması kafa içi basıncı artırabileceği için riskli hastalarda dikkatli kullanılmalıdır. PEEP böbrek kan akımını azaltarak riskli hastalarda akut böbrek yetmezliğini provake edebilir.

KONTROLLÜ ZORUNLU VENTİLYASYON (CMV)

Devamlı zorunlu ventilasyon, kontrollü mekanik ventilasyon diğer isimleridir. İnspirasyonun başlaması, sürdürülmesi ve sonlanması makine kontrolündedir (Tablo 1). Ventilatör belirlenen frekansta istenen sabit hacmi hastaya verir. Hastanın solunum üzerinde herhangi

bir kontrolü yoktur. Spontan solunumu olan hastada yoğun sedasyon ve kas gevşetici verilmeden uygulanamaz. Hastanın solunumunun tamamen kontrol altında tutulması istenen durumlarda analjezi, sedasyon ve kas gevşeticileri eşliğinde uygulanabilir.

Kontrollü mekanik ventilasyonda ayarlanacak parametreler (Tablo 1); Solunum sayısı (f), tidal hacim, akım, verilen havadaki oksijen oranı (FIO₂), PEEP, yüksek basınç limiti.

BASINÇ KONTROLLÜ VENTİLYASYON (PCV)

Kontrollü zorunlu ventilasyon gibidir. Zaman tetiklemeli, basınç limitli ve zaman döngülüdür. Belirlenmiş aralıklarla istenen sabit basıncı sabit bir sürede uygular. Hastanın spontan solunumuna izin vermez.

PCV özellikle akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) olan hastalarda yüksek tepe basınçlarından kaçınmak amacıyla kullanılır. Tidal hacim hastanın hava yolu direnci ve akciğer kompliyansından etkileneneği için hipoventilasyon riski vardır.

ASİST KONTROL (A/C)

Solunumu hasta veya makine başlatır. Hastanın solunumu eforu varsa ventilatör hastanın her solunumunu önceden belirlenmiş sabit hacimle destekler. A/C modda yedek solunum sayısı belirlenir. Hastanın solunum sayısı belirlenen sayının altına inerse ventilatör ayarlanan solunum sayısına tamamlar. A/C modda solunum ya hastanın (inspirasyon eforuyla) tetiklemeyle (Asist) ya da belirlenmiş frekansla zaman tetiklemesi ile (kontrol) başlatılır. A/C modun CMV'den farkı hastanın solunumu başlatabilmesidir. Solunum sayısını ve dakika ventilasyonu hasta belirler, diğer parametreler ventilatör tarafından belirlenir.

A/C mod kullanırken ventilatörün inspirasyon süresini nasıl belirlediğine dikkat edilmelidir. Bazı cihazlarda inspirasyon süresi sadece tidal hacim ve akıma bağlıyken diğer cihazlarda inspirasyon süresi değişik şekilde ayarlanabilmektedir.

A/C mod sıklıkla mekanik ventilasyon uygulamasının başlangıcında tam destek vermek için kullanılır.

Avantaj: Solunum işini azaltır.

Dezavantaj: Solunumsal alkaloz riski vardır.

Tablo 1. Farklı modlarda ayarlanacak parametreler.

Mod	TV	f	Üst basınç	Alt basınç	Tetikleme duyarlılığı	FIO ₂	Akım	İnspirasyon süresi	Ekspiratuar tetikleme düzeyi
CMV	+	+	-	-	-	+	+	+	-
A/C	+	+	-	-	+	+	+	+	-
SIMV	+	+	-	-	+	+	+	+	-
PSV	-	-	+	+	+	+	-	-	+

CMV: Kontrollü mekanik ventilasyon, A/C: Asist kontrol, SIMV: Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon, PSV: Basınç destekli ventilasyon.

A/C modda ayarlanacak parametreler (Tablo 1); Solunum sayısı (f), tidal hacim, akım, FIO₂, PEEP, yüksek basınç limiti, inspiratuar tetik hassasiyeti.

SENKRONİZE ARALIKLI ZORUNLU VENTİLASYON (SIMV)

SIMV modunda hastanın önceden belirlenen sayıdaki solunumu hasta eforuyla senkronize olarak istenen hacimle desteklenir. Hastanın solunum eforu yoksa zaman tetiklemeli olarak aynı sayıda kontrollü solunum oluşturulur. A/C mod sırasında hastanın tüm solunum eforu desteklenirken SIMV modunda sadece belirlenen sayıda solunum eforu desteklenir. Hastanın spontan solunum sayısı belirlenenden daha yüksekse hasta fazladan solunumlarını cihazdan destek almadan yapar.

SIMV çoğunlukla kısmi solunum desteği vermek için kullanılır. Tam solunum desteğine ihtiyacı kalmayan hastanın solunum kaslarını kullanabilmesini sağlar. Basınç destek moduyla birlikte kullanılması solunum işini azaltabilir.

Avantaj: Venöz dönüşü artırır, solunum kas gücünün korunmasını sağlar.

Dezavantaj: Solunum işini artırır.

SIMV modunda ayarlanacak parametreler (Tablo 2); Solunum sayısı (f), tidal hacim, akım, FIO₂, PEEP, yüksek basınç limiti, inspiratuar tetik hassasiyeti.

BASINÇ DESTEKLİ VENTİLASYON (PSV)

Basınç destekli ventilasyon basınç kontrolü, hasta tetiklemeli ve akım döngülü bir moddur. Kısmi ventilasyon desteği amacıyla kullanılır. Solunum hasta tarafından başlatılır, solunum süresince önceden belirlenen basınç uygulanır, inspiratuar akım belli eşik değere inince destek durdurulur. Destek sırasında hastanın

gösterdiği eforla doğru orantılı tidal hacim oluşur. Çoğu mekanik ventilatörde inspiratuar akım, başlangıç düzeyinin %25'ine indiğinde destek sonlandırılır. Bu düzeye ekspiratuar tetik hassasiyeti denir. Yeni cihazların çoğunda bu hassasiyet değiştirilebilmektedir. Ekspiratuar tetik hassasiyetinin değiştirilebilmesi özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi akımın kısıtlandığı durumlarda önem kazanır.

Hastalar için spontan solunuma en yakın, temel modlar içinde muhtemelen en konforlu moddur. Solunum frekansını ve tidal hacmi hasta belirleyebildiği için daha az sedasyon ihtiyacı olmaktadır.

PSV modunda hastaya uygulanacak destek dikkatli takip edilmelidir. Desteğin fazla olması hastayı apneye sokabilir. Gereğinden düşük destek solunum kaslarında yorulmaya yol açabilir. Destek basınç düzeyi, tidal hacim, solunum frekansı ve solunum kasları aktivasyonu takip edilerek titre edilmelidir.

PSV modunda ayarlanacak parametreler: Destek basıncı, PEEP, inspiratuar tetik hassasiyeti, ekspiratuar tetik hassasiyeti, FIO₂

BAŞLANGIÇ VENTİLATOR AYARLARI

Mekanik ventilasyon uygulamaları sırasında dört temel hedef vardır;

1. Ventilasyonu ve oksijenasyonu sağlamak,
2. Solunum işini azaltmak,
3. Komplikasyonları en az seviyede tutmak (yüksek inspirasyon sonu basınçlarından kaçınmak),
4. Hastanın ventilatörle uyumu ve rahatını sağlamak.

Başlangıç ayarlarını yaparken ve sonraki değişikliklerde bu hedefler göz önünde bulundurulmalıdır.

MOD Seçimi

Başlangıçta çoğu zaman tam destek sağlayan modlardan birisinin kullanılması gerekmektedir. A/C mod genellikle başlangıçta tercih edilen moddur. Erken dönemde hastanın solunum işinin azaltılmasını sağlar. Hastanın stabilizasyonundan sonra SIMV, SIMV + PSV veya PSV tercih edilebilir. Hacim kontrollü modlarda hipoventilasyon riski daha düşüktür. Basınç kontrollü modlar, inspirasyon akımı, hastanın eforuyla orantılı olduğu için daha konforludur.

FIO₂

Başlangıçta her zaman %100 oksijen verilir. Hedef FIO₂'nin %50'nin altına çekilmesidir.

TV

Hacim kontrollü modlarda TV ayarlanmalıdır. Uygulanacak hacim altta yatan hastalığa göre değişir. ARDS 6-8 mL/kg TV tercih edilirken KOAH'ta 8-10 mL/kg TV tercih edilir. Nöromusküler bozukluk nedeniyle mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalarda hava açlığının giderilebilmesi için daha yüksek TV gerekebilir (10-12 mL/kg). TV hastanın ideal kilosuna göre hesaplanmalıdır. Basınç kontrollü modlardan birisi seçilmişse bezer TV oluşturacak basınçların uygulanması gerekir. Çoğunlukla başlangıçta 10-15 cmH₂O basınçla başlanıp istenilen düzeye kadar titre edilir.

Solunum Sayısı (f)

Hipoksik hastalar çoğunlukla takipneiktir. Bu hastalarda yoğun sedasyon ve kas gevşeticiler kullanılmadan solunum sayısının dakikada 20'nin altında tutulması mümkün olmamaktadır. Mekanik ventilatörlerin çoğu inspirasyon süresini cihazda ayarlanan solunum sayısına göre yapmaktadır. Hastanın tetiklediği solunumlar hesaplamada yer almadığı için ters orantılı ventilasyon riski doğabilir. Asist modlarda solunum sayısını belirleyen hastanın eforu olduğu için cihazdaki yedek hızın buna yakın ayarlanması uygun olacaktır.

Dakika Ventilasyon (MV)

Dakika ventilasyon TV ve solunum sayısının çarpımı ile elde edilir. Normal dakika ventilasyon 6-8 L/dakika'dır. MV altta yatan probleme göre normal asit baz dengesi sağlanacak şekilde TV ve solunum sayısı değiştirilerek titre edilir.

PEEP

ARDS gibi yüksek PEEP ihtiyacı olmayan durumlarda PEEP uygulamasının gerekip gerekmediği tartışmalı olmakla birlikte, çoğunlukla 4-5 cmH₂O PEEP tüm hastalara uygulanmaktadır. Profilaktik PEEP olarak adlandırılan bu uygulamanın klinik etkinliği tartışmalıdır. ARDS hastalarında PEEP uygulaması daha düşük konsantrasyonda oksijenle solunumun sürdürülmesini sağlar. Bu gibi durumlarda PEEP yakın hemodinamik takiple yeterli oksijenasyonu sağlayacak en düşük düzeyde tutulmaya çalışılır. Optimum PEEP'in saptanması için hacim-basınç eğrisi veya kompliyans ölçümünden yararlanılabilir. Obstüriktif bozukluğu olan hastalarda otoPEEP ölçülebiliyorsa oto PEEP'in 2/3'ü düzeyinde PEEP uygulamak solunum işini azaltır.

İnspirasyon-Ekspirasyon (I:E) Oranı

İnspirasyonun ekspirasyona oranı 1:2 ile 1:4 arasında tutulmaya çalışılır. Bazı hastalarda daha uzun ekspirasyon süresi gerekebilir. I:E oranı ölçülürken kullanılan cihazın özelliği bilinmelidir. Bazı cihazlar spontan solunumu olan hastalarda, spontan solunumu hesaplama dahil etmezler. Bu durum I:E oranının olduğundan farklı görünmesine yol açabilir. I:E oranı cihazın özelliğine göre farklı manevralarla değiştirilebilir;

1. Akım hızının değiştirilmesi,
2. İnspirasyon zamanının değiştirilmesi,
3. Solunum hızının değiştirilmesi,
4. Dakika ventilasyonun değiştirilmesi.

Akım Hızı

Akım hızı hastanın ihtiyacından düşük ayarlanırsa hasta-ventilatör uyumsuzluğu ortaya çıkabilir. Hasta-ventilatör uyumsuzluğu gerekiz sedasyon ve kas gevşeticisi kullanımına yol açabilir. Akım hızı 60-120 L/dakika arasında ayarlanabilir. Obstrüktif problemi olan hastalarda üst sınırlarda tutulması inspirasyon süresinin kısaltılabilmesi için uygun olur.

İnspiratuar Tetik Hassasiyeti

İnspiratuar tetik cihazın özelliğine bağlı basınç tetiklemeli veya akım tetiklemeli olabilir. Akım tetiklemesi daha hassastır ve daha az solunum işi gerektirir. İnspiratuar tetik hassasiyeti kısır döngüye yol açmayacak ve solunum işini artırmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Ba-

sınç tetiklemeli cihazlarda -1 ile -5 cmH₂O arasında ayarlanmalıdır. Akım tetiklemeli cihazlarda 1-3 L/dakika önerilmektedir.

HASTALIKLARA ÖZEL VENTİLATÖR AYARLARI

Normal Solunum Mekanîği ve Oksijen Değişimi Olan Hastada Mekanik Ventilasyon

Hacim hedefli modlarda TV 8-10 mL/kg olacak şekilde başlanır. Nöromusküler bozukluğu olan hastalarda TV 12 mL/kg uygulanabilir. Basınç hedefli modlarda 10-15 cmH₂O basınç yeterli olmaktadır.

ARDS

ARDS'de mekanik ventilasyon stratejilerinin temeli akciğeri korumaktır. Düşük tidal hacim (6-8 mL/kg) uygulanması gerekir. Plato basıncın 30 cmH₂O altında tutulmasına çalışılır. A/C mod tercih edilen moddur. PEEP oksijen oranını düşük tutacak şekilde titre edilir. Solunum sayısı pH 7.2 üzerinde olacak şekilde ayarlanır.

KOAH

Bu hastalarda otoPEEP gelişme riski vardır. Başlangıç TV 8 mL/kg, solunum sayısı 12-15/dakika, akım hızı 60-100 L/dakika, I:E oranı 1:3 veya daha düşük olacak şekilde ayarlar yapılır. OtoPEEP'i düzeltmek için en etkili yöntem solunum sayısının azaltılmasıdır.

Bronşiyal Astım

Küçük hava yollarında daralma ve mukus tıkaçları nedeniyle V/Q oranı bozuktur. Hiperinflasyona ve kardiyovasküler kollapşa eğilimlidirler. Tıkanmanın olmadığı alveollerin aşırı distansiyonunu önlemek için düşük TV (6-8 mL/kg) gerekir. Solunum sayısı 10-12/dakika, akım hızı 80-100 L/dakika arasında ayarlanır. Alveoler plato basıncı 30 cmH₂O altında tutulmaya çalışılır. PEEP uygulaması astımlı hastalarda önerilmemektedir.

SONUÇ

Mekanik ventilasyon uygulamalarının çok farklı yöntemleri vardır ve temel modların dışında da yeni modlar kullanıma girmiştir. Daha az invaziv yöntemler yetersiz olduğunda düşünülmesi gereken invaziv mekanik ventilasyon sırasında, hastanın ve uygulanan modların özellikleri iyi değerlendirilerek mod seçimi yapılmalıdır. Çoğu zaman en iyi bilinen mod en uygun mod olmaktadır. Cihazlar arasında önemli farklılıklar olması nedeniyle mutlaka kullanılan ventilatörün işletim kitabı okunmalıdır.