

Practical Approach to Mechanical Ventilation

Hülya Yılmaz Ak1, Mustafa Yıldız2

1 İstanbul Üniversitesi Kardiyoloji Enstitüsü, Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Ünitesi, İstanbul

2 İstanbul Üniversitesi Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul

ABSTRACT

In this review, we practically summarized these issues including mechanical ventilation indications, basic parameters of mechanical ventilation settings, basic mechanical ventilation modes and separation of mechanical ventilation (weaning).

Keywords: Mechanical ventilation, modes, parameters, clinical practice

Mekanik Ventilasyona Pratik Yaklaşım

Hülya Yılmaz Ak1, Mustafa Yıldız2

1 İstanbul Üniversitesi Kardiyoloji Enstitüsü, Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Ünitesi, İstanbul

2 İstanbul Üniversitesi Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZET

Bu derlemede mekanik ventilasyon endikasyonları, mekanik ventilatör ayarlamalarındaki temel parametreler, temel mekanik ventilasyon modları ve mekanik ventilatörden ayırma (weaning) konuları pratik olarak özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekanik ventilasyon, modlar, parametreler, klinik pratik

Geliş Tarihi: 22.03.2017 - **Kabul Tarihi:** 22.03.2017

Mekanik ventilasyon, oksijenlenmesi yeterli olmayan hastalarda, hastanın kendi solunum fonksiyonları ile yeterli oksijenlenme sağlanana kadar, bu fonksiyonun cihaz aracılığı ile dışarıdan sağlanmasıdır. Günümüzde mekanik ventilasyon ameliyathane, yoğun bakım, acil servis ve ev gibi değişik ortamlarda çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Mekanik ventilasyonun amaçları

A) Fizyolojik amaçlar:

- Arteriyel oksijenizasyonu desteklemek (PaO_2 ve SaO_2)
- Alveolar ventilasyonu sağlamak ($PaCO_2$ ve pH)
- Akciğer volümünü arttırmak
- Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRK)'yi arttırmak

- Solunum kaslarını dinlendirmek

B) Klinik amaçları:

- Hipoksiyi düzeltmek ($SaO_2 > \%90$)
- Solunumsal asidozu düzeltmek
- Solunum sıkıntısını ortadan kaldırmak
- Solunum kaslarının yorgunluğunu ortadan kaldırmak
- Atelektazileri önlemek veya ortadan kaldırmak
- Sedasyon veya nöromusküler blokaja imkan tanımak
- İntrakraniyal basıncı azaltmak
- Sistemik veya miyokard oksijen tüketimini azaltmak
- Toraks duvarını stabilize etmek

Mekanik ventilasyon endikasyonları

Mekanik ventilasyon, endikasyon dahilinde kullanımı hastanın içinde bulunduğu solunum sıkıntısının yaratabileceği mortalite ve morbiditeyi önlemektedir (1, 2).

1. Genel fizyopatolojik endikasyonlar

- Apne
- Akut solunum yetersizliği ($PaCO_2 > 50$ mmHg ve $pH < 7.30$)
- Tedaviye dirençli hipokarbi ve asidoz
- Ağır hipoksemi ($PaO_2 < 60$ mmHg/Sat $O_2 < 90$, $FiO_2 > \%60$)
- Ağır solunum sıkıntısının klinik bulguları (Bilinç kaybı, dispne, takipne, paradoksal solunum gibi)

2. Sık rastlanan klinik endikasyonlar

- Akut solunum yetersizliği (akut respiratuar distres sendromu [ARDS], kalp yetmezliği, pnömoni, sepsis, cerrahi komplikasyonlar, travma) (%66)
- Koma (%15)
- Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) alevlenmeleri (%13)
- Nöromusküler bozukluklar (%5)

Mekanik ventilatörde ayarlanması gereken parametreler**FiO₂ (İnspire edilen O₂ konsantrasyonu)**

FiO₂ yi ayarlarken hastaya kabul edilebilir PaO₂ (ya da SaO₂) değerini sağlayacak en düşük O₂ yüzdesini vermek gerekir. Hasta ventilatöre %100 O₂ ile bağlansa bile sonrasında FiO₂ <0.6'da tutulmaya çalışılmalıdır (3). Oksijen toksisitesinden kaçınmak için hastaya uzun süre %100 O₂ verilmemelidir.

F (Solunum frekansı)

Solunum frekansı seçilen ventilatör moduna, hastanın spontan solunum sayısına ve solunum eforuna, PaCO₂ seviyesine bağlıdır. Yetişkinlerde sıklıkla F 10-16/dak olarak ayarlanır (3). Yüksek frekanslarla oto-PEEP oluşabilir. Hiperventilasyonla hipokarbi (PaCO₂<25 mmHg) gelişebilir.

TV (Tidal volüm)

Çoğu zaman TV 7-10 ml/kg arasında uygulanırsa da bunun üzerinde ve altında uygulanması gereken durumlar da olabilir. Ventilatör kaynaklı akciğer hasarını en aza indirmek için düşük tidal volümler ve düşük ventilasyon basıncı önerilir. Birçok kaynakta ARDS'de özellikle 6 ml/kg'dan TV kullanılması önerilmektedir. TV çok düşükse atelektazi, hipoksemi, hipoventilasyon; çok yüksekse barotravma, solunumsal alkaloz ve kardiyak outputta azalma olabilir (4).

İ/E oranı (İnspiriyum ekspiriyum oranı)

Çoğu zaman inspirasyon ekspirasyon oranı 1:2 olarak ayarlanır. Ekspirasyonun inspirasyona göre biraz daha fazla olması beklenir. İ:E oranı direk ventilatörden ayarlanabildiği gibi bazı manevralarla da değişebilir. Akım hızı, solunum hızı, inspirasyon zamanı ve dakika ventilasyonunun değişmesiyle İ:E oranı da değişir. İ:E oranının 1'den büyük olduğu durumlarda ters orantılı ventilasyon gerçekleşir. Bu da oto-PEEP ve sonucunda hiperinflasyon ve barotravmaya neden olabilir (3).

PEEP (Pozitif ekspiriyum sonu basıncı)

Ekspiriyum sırasında havayolu basıncının atmosferik basıncın (0 cmH₂O) üzerinde tutulmasıdır. Diğer modlar ile birlikte uygulanır. PEEP akciğer kompliyansında azalma, rezidüel kapasitede azalma ve refrakter hipoksinin giderilmesi için kullanılır (3). PEEP kollabe olan akciğer alveollerinin açılmasını sağlar. Oksijenizasyonu ve akciğer kompliyansını iyileştirir. PEEP uygulamasına genellikle 5-10 cmH₂O ile başlanır. PO₂ >60 ve FİO₂ <0.50 olacak şekilde ikişer cmH₂O azaltılır veya artırılır. ARDS, akciğer ödemi, atelektazi, oto-PEEP varlığında ve KOAH alevlenmesinde oldukça faydalıdır (5).

Pik inspirasyon basıncı (Ppik)

Hastaya ventilatör tarafından inspiriyumda verilen soluk ile hava yolunda oluşan en yüksek basınç değeridir. Ppik, hava yolu rezistansından ve kompliyansından etkilenir. Hava yolu rezistansını arttıran ve kompliyansını azaltan durumlarda Ppik artar. Barotravma sebebiyle dikkat edilmeli ve Ppik 40-45 cmH₂O'un üzerine çıktığı durumlarda müdahale edilmelidir (5).

Pplato (İnspiratuar plato basıncı)

İnspiratuar volüm akciğerlerde tutulduğunda hava yolu basıncı başlangıçta azalır ve daha sonra plato basıncı denen kararlı bir düzeye erişir. Pplato doğrudan göğüs duvarı ve akciğer ile ilişkilidir. Bu sebepten Ppik ve Pplato arasındaki fark hava yollarında akım direnci ile orantılıdır (3). Pplato'nun < 35cmH₂O olması istenir.

Tetikleme Duyarlılığı (Trigger sensitivity)

Hastanın solunum isteği belli bir akım seviyesinde ya da belirli bir basınç üreterek gerçekleştirdiğinde tetikleme gerçekleşir. Mekanik ventilatörün tetiklemesi hastanın spontan solunumunu tetikleyecek; fakat ventilatörün kendini tetiklemesini önleyecek en hassas seviyede olmalıdır. Bu değer genellikle basınç tetikli ventilatörlerde -0.5 ile -1.5 cmH₂O arasında, akım tetikli ventilatörlerde 1-3 l/dk olarak ayarlanır.

Temel Modlar

Günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle mekanik ventilatörlerde çok çeşitli modlar ortaya çıkmaktadır. Modların çeşitliliği attıkça klinisyenin hangi modu seçeceği zorlaşmaktadır. Biz bu yazımızda tüm ventilatörlerde olan en temel modlardan bahsedeceğiz. Temel modlar, günümüzde tüm modern ventilatörlerde standart olarak bulunmaktadır; fakat farklı cihazlarda, farklı adlandırılmış olabilirler. Soluk içindeki kontrol değişkenlerine bağlı olarak ve soluk özelliklerine göre farklı modlardan yararlanılabilir (6).

Soluk içindeki kontrol değişkenlerine göre;

- a) Hacim kontrollü
- b) Basınç kontrollü

Soluk özelliklerine göre de;

- a) Sürekli zorunlu ventilasyon (CMV, Continuous mandatory ventilation)
- b) Eş zamanlı aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV, Synchronized intermittent mandatory ventilation)
- c) Basınç destekli ventilasyon (PSV, Pressure support ventilation)
- d) Sürekli spontan solunum (CSV, Continuous spontaneous ventilation) (örneğin CPAP, BIPAP, APRV) olarak sınıflamak mümkündür.

CMV; Hacim veya basınç kontrollü olabilir; VC-CMV, PC-CMV.

SIMV; Hacim veya basınç kontrollü olabilir; VC-SIMV, PC-SIMV.

PSV; Sadece basınç kontrollüdür.

a) CMV (Sürekli zorunlu ventilasyon)**VC-CMV (Volüm kontrollü sürekli zorunlu ventilasyon)**

Bu modda ventilatör klinisyenin ayarladığı frekansta istenen sabit volümü hastaya verir. Bu modda belirlenen hacim sabit tutulup basınç değişkendir. Zorunlu soluklar ister hasta tarafından (Asist kontrol ventilasyonda [ACV]; hastanın soluklarını ventilatör destekler ve zorunlu soluklardan kabul eder), ister ventilatör tarafından tetiklensin ayarlanan soluk hacmine ulaştırılır (6). VC-CMV modun avantajları dakika ventilasyonun garantili olması, hipoventilasyon riskinin çok az olması, hastanın soluma işinin az olması ve böylece istirahat edebilmesidir. CMV modunun dejavantajı, her ne kadar hasta solunumu tetiklese ve soluma işine bir ölçüde katılsa da bunun büyük kısmını ventilatör üstlenmiş durumdadır. CMV uzun süre kullanılacaksa solunum kaslarının güçsüzlüğü ve atrofisi ortaya çıkabilir. Aynı

zamanda CMV'de zorunlu solukların dışında hastanın solumasına izin verilmez; bu da hasta ventilatör uyumsuzluğuna sebep olur. Bu sebeple bu modun genellikle sedatize hastalarda kullanılması önerilir.

PC-CMV (Basınç kontrollü sürekli zorunlu ventilasyon)

Bu modda klinisyen inspiyum basınç düzeyi, İ:E oranı, F, PEEP ve FiO₂'yi ayarlar (6). Basınç sabitken hacim değişkendir. Bu modda kontrol değişkeni basınçtır. Her soluk ayarlanan tepe hava yolu basıncına (PEEP + Inspiratuar pressure) ulaştırılır ve inspiyum süresince bu basınç düzeyi korunur. VC-CMV'de olduğu gibi zorunlu soluklar hasta (asist kontrol) ya da ventilatör tarafından tetiklenebilir (7). PC-CMV'de en büyük dezavantaj TV ve dakika ventilasyon değerinin sabit olmamasıdır. Solunum işinin büyük kısmını ventilatörün üstlendiği ve zorunlu soluklar dışında hastanın solumasına izin vermediği için VC-CMV'de olduğu gibi solunum kaslarında atrofi ve hasta ventilatör uyumsuzluğu riski mevcuttur.

b) SIMV (Eş zamanlı aralıklı zorunlu ventilasyon)

VC-SIMV, PC-SIMV olarak iki farklı şekilde kullanılabilir. Önceden klinisyenin belirlediği zorunlu soluklar belirli hacimde (VC-SIMV) ya da belirli basınçta (PC-SIMV) hastanın solunum eforuyla senkronize olarak, istenen hacimde hastaya verilir. Hastanın spontan solunumu zorunlu soluklardan fazla ise hastanın solunumuna izin verilir; ancak bu solukları cihaz desteklemez. CMV modundan avantajı, hastanın spontan solumasına izin vermesidir. Bu sebeple hasta ventilatör uyumu CMV'ye göre daha iyidir. Aynı zamanda hastanın solumasına izin verildiği için solunum kaslarının atrofisi engellenir. Bu özelliği ile uzun süreli mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalar için uygun bir moddur (6). Hastanın solunum eforuna göre zorunlu soluklar ayarlanmalıdır. Eğer spontan solunumu az ve zorunlu soluklar da az ayarlandıysa hipoventilasyon meydana gelebilir; ya da tam tersi spontan solunumu fazla, zorunlu soluklar da fazla ise hiperventilasyonla sonuçlanabilir.

c) PSV (Basınç destekli ventilasyon)

Spontan soluyabilen hastalarda sıklıkla kullanılan bir moddur. PSV, soluyabilen hastada fizyolojik solunuma daha yakın bir moddur. Bu modda kullanıcı inspiyum basıncı, PEEP ve FiO₂'yi ayarlar. Modun en önemli özelliği, hastanın her soluma çabasının pozitif basınçla desteklenmesidir. Ekspirasyon ise pasiftir (6, 7). Bu modda herhangi bir sebeple apne gelişimi hayati tehlike oluşturabilir. Bu riski ortadan kaldırmak için çeşitli ventilatörlerde bu moda apne ventilasyon desteği eklenmiştir. Hastanın soluma çabası yoksa, apne ventilasyon modu devreye girer ve hastaya zorunlu soluk verilir. Ancak ventilasyonun apne ventilasyon özelliği yoksa; PSV modunda takip edilen hastanın, spontan solunumunun olduğundan emin olunmalıdır.

SIMV+PSV

SIMV modda, zorunlu soluklar dışında hastanın solumasına izin verilir; ancak bu soluklar ventilatör tarafından desteklenmez. SIMV+ PSV modunda ise zorunlu soluklar dışındaki hastanın spontan solukları basınçla desteklenir. Kullanıcı bu modda SIMV moduna ek olarak inspiyum basıncını ayarlar.

d) CSV (Sürekli spontan solunum) (Örnekleri CPAP, BIPAP)**CPAP (Sürekli pozitif hava yolu basıncı)**

Spontan solunum modudur. Bu mod için hasta mutlaka yeterli solunum çabası yapmalıdır. Kullanıcı tarafından ayarlanan sabit bir hava yolu basıncı tüm spontan solunum döngüsü boyunca korunur. CPAP ile istenen; havayolu basıncının atmosfer basıncının üzerinde tutularak alveollerin sönmesinin engellenmesi ve FRK'nin artırılarak gaz değişiminde iyileşme sağlanmasıdır. CPAP noninvazif ventilasyon ile de uygulanabilir. Uyku apne sendromu, KOAH, akciğer ödemi gibi durumlarda son yıllarda daha sık kullanılmaktadır. Ayrıca bu mod mekanik ventilatörden ayırma sürecinde (weaning) geçiş modu olarak da kullanılmaktadır.

BIPAP (Çift düzeyli pozitif havayolu basıncı)

Klinisyen bu modda iki farklı seviyede pozitif hava yolu basıncını ayarlar (üst PEEP, alt PEEP). Hasta her iki basınç düzeyinde de spontan solunum yapar. Ayarlanan iki PEEP seviyesi ve bu seviyelerin ne kadar süre uygulanacağı kullanıcı tarafından belirlenir. Noninvazif ventilasyonda sıklıkla kullanılan bir moddur.

CPAP ve PEEP'in pulmoner etkileri

CPAP ve PEEP modlarının akciğerler üzerine belirli etkileri vardır (6, 8).

- FRK artar.
- TV artar.
- Kompliyans artar.
- Ventilasyon/perfüzyon oranı düzelir.
- Şant oranı azalır.
- Oksijenizasyon düzelir.

Aşırı CPAP ve PEEP dezavantajları

- Alveollerini aşırı şişirebilir.
- Bronşlar aşırı genişleyebilir.
- Kompliyans düşer.
- Solunum işi artar.
- Kapillerler üzerine aşırı basınç mikrosirkülasyonu bozar ve sağ ventrikül etkilenir.
- 20 cmH₂O'un üzerindeki basınç değerlerinde barotravma riski çok artar (pnömomediastinum, pnömoperitoneum, subkutanöz amfizem gibi)

PEEP' in düşük seviyeleri (örneğin 5 cmH₂O) bile hipovolemi ve kardiyak disfonksiyonu olan hastalar için oldukça tehlikelidir (8).

Pozitif basınçlı ventilasyonun komplikasyonları

Mekanik ventilasyon yararları yanında, çok çeşitli komplikasyonlara da sebep olabilir (9).

- Barotravma
- Oksijen toksisitesi (Özellikle yüksek O₂ düzeylerinde)

- VIP (Ventilatör ilişkili pnömoni)
- Pulmoner emboli
- Kardiyovasküler komplikasyonlar (Venöz dönüşün engellenmesiyle pulmoner vasküler direnç artar, PEEP'in eklenmesiyle de sağ ventrikül boşalması engellenerek intraventriküler septum hareketi sınırlanır ve sol ventrikül kompliyansı düşer. Bunların sonucunda kardiyak output ve arteriyel basınç düşer)
- Sedasyon ve paralizinin yan etkileri
- Gastrointestinal sistem komplikasyonları (kanama, erozif gastrit, stres ülseri, diyare, ileus, akut mezenterik iskemi, akut pankreatit gibi)
- Diğer komplikasyonlar (renal disfonksiyon, ajitasyon, deliryum gibi)

Mekanik ventilatörün sonlandırılması (Weaning)

Mekanik ventilatör desteğinin gerektiğinden erken sonlandırılması, gereksiz yere uzatılması kadar risklidir. Re-entübasyon sıklığı %5-15 arasında değişmektedir. Re-entübasyon mortalite oranını yaklaşık altı kat, nazokomiyal pnömoni gelişime oranını ise yaklaşık sekiz kat arttırmaktadır (9). Ventilatörden ayırma işleminde hekimin bilgi ve tecrübesi gerekli olmakla birlikte bir takım objektif parametrelere de ihtiyaç vardır.

Mekanik ventilatörden ayırmaya yardımcı kriterler

Mekanik ventilasyondan ayırma (weaning) ve ekstübasyon işleminin zamanlaması hayati önem teşkil etmektedir. Erken ayrılma, enfeksiyon, akciğer hasarı gibi uzamış mekanik ventilasyon komplikasyonları risklerini düşürmek ile beraber, vaktinden önce ekstübasyon re-entübasyona yol açabildiğinden ciddi mortalite ve morbidite riski yaratmaktadır. Mekanik ventilasyona son vermede aşağıdaki maddeler kullanılabilir (10).

Respiratuar kriterler:

- $FiO_2 \leq 40-50$ ve $PEEP \leq 5-8$ cmH₂O iken $PaO_2 \geq 60$ mmHg olmalı
- $PaCO_2$ normal veya bazal düzeyde olmalı
- Hasta bir inspirasyon başlatabilmeli

Kardiyovasküler kriterler:

- Miyokard iskemisi bulgusu olmamalı
- Kalp hızı ≤ 140 atım/dak olmalı
- Kan basıncı vazopressör kullanmadan veya minimum vazopressör desteği ile normal düzeyde olmalı

Mental durumun yeterliliği:

- Hasta uyanık veya Glaskow koma skoru ≥ 13 olmalı

Düzeltililebilir sebepler:

- Hastanın ateşi olmamalı
- Önemli elektolit bozukluğu olmamalıdır.

Kaynaklar

1. Weiss B, Kaplan LJ. Oxygen therapeutics and mechanical ventilation advances. *Crit Care Clin* 2017;33(2):293-310
2. Esteban A, Anzueto A, Alía I, Gordo F, Apezteguía C, Pálizas F, Cide D, Goldwaser R, Soto L, Bugedo G, Rodrigo C, Pimentel J, Raimondi G, Tobin MJ. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161(5):1450-8.
3. Toffaletti JG, Rackley CR. Monitoring oxygen status. *Adv Clin Chem* 2016;77:103-124.
4. Bowton DL, Scott LK. Ventilatory management of the noninjured Lung. *Clin Chest Med* 2016;37(4):701-710.
5. Nieman GF, Satalin J, Andrews P, Aiash H, Habashi NM, Gatto LA. Personalizing mechanical ventilation according to physiologic parameters to stabilize alveoli and minimize ventilator induced lung injury (VILI). *Intensive Care Med Exp* 2017;5(1):8.
6. MacIntyre NR. Patient-ventilator interactions: optimizing conventional ventilation modes. *Respir Care* 2011;56(1):73-84.
7. Botz GH, Sladen RN. Conventional modes of mechanical ventilation. *Int Anesthesiol Clin*. 1997;35(1):19-27.
8. Gannier M, Michelet P, Thirion X, Arnal JM, Sainty JM, Papazian L. Prone position and positive and expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome. *Crit.Care Med*. 2003;31:2719-26.
9. Gilstrap D, Davies J. Patient-ventilator interactions. *Clin Chest Med*. 2016;37(4):669-681.
10. MacIntyre NR. Evidence-based ventilator weaning and discontinuation. *Respir Care*. 2004;49(7):830-6.