



Temel İnvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulama Yöntemleri

Feza BACAĞOĞLU*

* Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, İZMİR

Bu derlemede, mekanik ventilasyon endikasyonları ve temel invaziv mekanik ventilasyon modları özetlenmiştir. Temel modların başlangıç ayarlamaları da gözden geçirilmiştir.

The Practice Methods of Basic Invasive Mechanical Ventilation

Key Words: Invasive mechanical ventilation, Basic modes.

Anahtar Kelimeler: İnvaziv mekanik ventilasyon, Temel modlar.

MEKANİK VENTİLASYON ENDİKASYONLARI^[1]

1. Genel fizyopatolojik endikasyonlar:

- Solunum durması,
- Akut ventilasyon yetmezliği ($\text{PaCO}_2 > 50$ mmHg ve $\text{pH} < 7.30$),
- Olması yakın akut ventilasyon yetmezliği (tedaviye rağmen; PaCO_2 artışı ve pH azalışı),
- Ciddi refrakter hipoksemi ($\text{PaO}_2 \leq 60$ mmHg/ $\text{SaO}_2 < \%90$, $\text{FiO}_2 \geq \%60$),
- Ciddi solunum yetmezliği klinik bulgularının varlığı (bilinç kaybı, zorlu solunum, hızlı-yüzeysel solunum, paradoksal solunum).

2. Sık rastlanan, önemli klinik endikasyonlar:

Akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS), bronş astması, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) alevlenmesi, göğüs travması, kardiyovasküler cerrahi, ilaç aşırı dozları, ciddi nörolojik-nöromusküler fonksiyon bozuklukları, kafa travması, ciddi pnömoni, sepsis.

MEKANİK VENTİLASYONUN AMAÇLARI; AKIŞ, BASINÇ, HACİM GRAFİKLERİ^[2]

Mekanik ventilasyon (MV), akciğer hacimindeki değişiklikleri etkilemek amacıyla hava yollarına akım ve basınç gönderilmesi işlemidir. Optimum mekanik solunum desteği için; hacim, basınç ve akış parametrelerinin hastanın solu-

Yazışma Adresi: Dr. Feza BACAĞOĞLU

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, 35100, Bornova-İZMİR

Makalenin Geliş Tarihi: 23.05.2002

Makalenin Kabul Tarihi: 30.05.2002

num sistemi ile uyumlu olacak şekilde seçilmesi gerekir. Böylece şu amaçlara ulaşılabilir:

1. Mekanik sorunların üstesinden gelmek:

a. Yorulmuş ve aşırı yüklenmiş solunum kaslarını rahatlatmak,

b. Nöromusküler blokerler-antikonvülzanlar-sedatifler gibi ilaç gruplarının uygulanmasına izin vermek,

c. Atelektaziyi önlemek veya tedavi etmek için akciğer volümlerini arttırmak,

d. "Flail Chest" gibi göğüs duvarı sorunlarını gidermek.

2. Gaz değişimini düzenlemek:

a. PaCO₂;

- Normale getirmek (örneğin; kas yetmezlikleri, nöromusküler bozukluklar),

- Düşürmek (örneğin; intrakranial basınç artışı, ciddi metabolik asidozun düzeltilmesi),

- Arttırmak (örneğin; "permissive hypercapnia").

b. PaO₂ ve SaO₂;

- Hipoksemiye düzeltmek (örneğin; ARDS, akciğer ödemi, pnömoni ve diğer difüz interstisyel veya alveoler hastalıklar),

- Oksijen tüketimini azaltmak (örneğin; kardiyojenik şok).

3. Akciğer volümlerini arttırmak:

a. İnspirasyon sonu volümünü arttırarak, ventilasyon/perfüzyon (V/Q) oranını iyileştirmek, intrapulmoner şanti azaltmak (örneğin; ciddi hipoksemik solunum yetmezliği, atelektazi),

b. Ekspirasyon sonu akciğer volümünü arttırmak ["Positive End-Expiratory Pressure" (PEEP) tedavisi (örneğin; ARDS, atelektazi ve alveoler kollapsa yol açan diğer nedenler)].

Optimum solunum desteğinin sağlanması sırasında, akış, basınç ve hacim parametrelerinin zamana göre değişim grafiklerinin monitörize edilmesi önemlidir. Böylece, mod değişikliklerinin yol açtığı klinik bulgular saptanabilir; MV desteğinin etkinliği değerlendirilir; ventilatör fonksiyonları ve alarmları anlaşılabilir; akciğer fonksiyonları ile ilgili fizyolojik değişimler hesaplanabilir^[3].

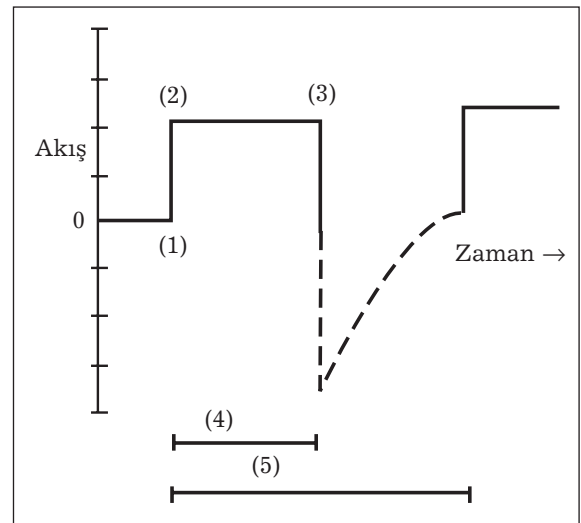
Akış (Flow) Ölçümleri^[3]

Ventilasyon devresinde, akış ölçen sensörler ile ölçülür (L/dakika). Akış grafiği 2 kısma ayrılır:

İnspirasyon akış grafiği ve ekspirasyon akış grafiği.

İnspirasyon akış grafiği: Pozitif basınçlı MV solunumunda; akımın büyüklüğü, süresi ve gönderiliş biçimi incelenirken, spontan solunumda; büyüklük ve sürenin yanısıra hastanın talep ettiği akımın biçimi sözkonusudur.

Şekil 1 sabit akım için inspirasyon akış grafiğini göstermektedir: (1) Ventilatörden akımın gönderildiği andır; inspirasyon akımı 2 yolla başlatılabilir: İnspirasyon süresinin başlangıcıyla (zaman-sikluslu) ve hastanın isteğiyle ventilatörün harekete geçirilmesiyle (tetikleme duyarlılığı, "trigger sensitivity") (hasta-kontrollü). (2) En yüksek inspirasyon akışını (tepe akımı, "peak flow") ifade eder. Mekanik solunumda önceden belirlenmekle beraber, hacmin ve inspirasyon süresinin değişiminden etkilenmektedir. (3) İnspirasyon sonunu ve akımın durmasını anlatır. İnspirasyondan ekspirasyona geçiş; seçilen tidal volümün (V_T) tümünün gönderilmesine bağlıysa volüm-sikluslu, V_T'ye bağlı olmaksızın süre ile sınırlandırılırsa zaman-sikluslu olur. (4) İnspirasyon akışının süresini gösterir [inspirasyon süresi (T_I)]. Genellikle önceden belirlenen hacim, tepe akımı ve akış biçimine bağlıdır. Ancak önceden belirlenen sabit bir sürede olabileceği gibi (zaman-sikluslu ventilasyon), inspirasyon süresi inspirasyon akışının devam ettiği süreden daha da uzun olabilir (inspiratory pause). (5) Toplam ventilasyon süresini ifade eder.



Şekil 1. Sabit akım için inspirasyon akış grafiği (mekanik ventilasyon).

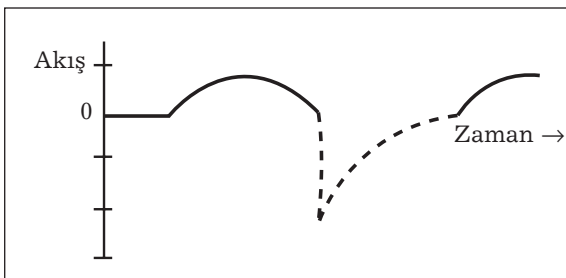
Spontan solunumdaki inspirasyon akışı, hastanın talebine göre belirlenir. Bir sinüs dalgası gibidir (Şekil 2).

Ekspirasyon akış grafiği: Ekspirasyon, genellikle pasif bir mekanizmadır. Ekspirasyon akım grafiğinin büyüklüğü, süresi ve biçimi, hastanın hava yolları ve cihazın solunum devresinin direnci ve kompliyansı ile belirlenir. Nörolojik hastalıklarda olduğu gibi, solunum kaslarının ekspirasyon fazı sırasında aktif olarak görev yapması da, ekspirasyon akış grafiğini etkiler. Şekil 3 ekspirasyon akış grafiğini göstermektedir: (1) Ekspirasyon başlangıcıdır. (2) Ekspirasyon akışının tepe değerini gösterir. Ekspirasyon akışı, soluğu mekanik ya da spontan olarak ayırt edemez. Ancak mekanik olarak gönderilen soluk hacimleri, spontan hacimlerden daha büyüktür. (3) Ekspirasyon akımının sonunu ifade eder. Bir sonraki mekanik inspirasyonun başlangıcı ile birlikte, inspirasyon/ekspirasyon (I/E) oranının saptanmasında önemlidir. (4) Ekspirasyon akış süresidir. (5) Toplam mevcut ekspirasyon süresidir.

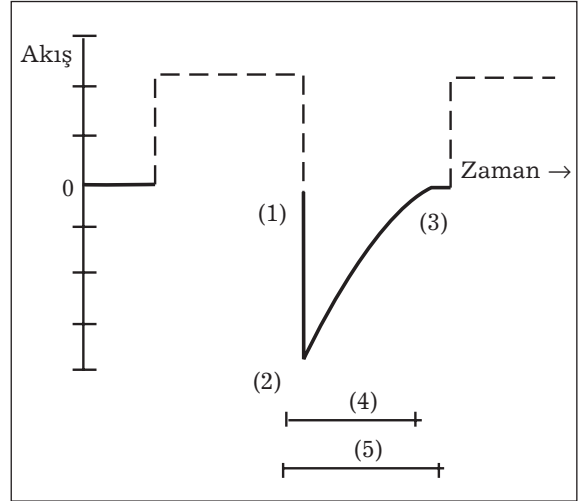
Ekspirasyon grafiğinin değişiminde, hasta kompliyansı veya direncindeki değişimler ile hasta aktivitesi önemli rol oynar. Hava yolu obstrüksiyonu, ekspirasyon tepe akımını azaltarak ekspirasyon akış süresini arttırır. Eğer ekspirasyon akış süresi, mevcut ekspirasyon süresini aşarsa tamamlanamayan ekspirasyon nedeniyle hava hapsi (air trapping) oluşur. Hastanın solunum kaslarını kullanması durumunda ise ekspirasyon tepe akımı artar, ekspirasyon akış süresi kısalır.

Basınç (Pressure) Ölçümleri³

Ventilatör devresinin hasta bağlantısının yapıldığı Y-ucunda, basınç ölçen sensörler ile ölçülür.



Şekil 2. İspirasyon akış grafiği (spontan solunum).

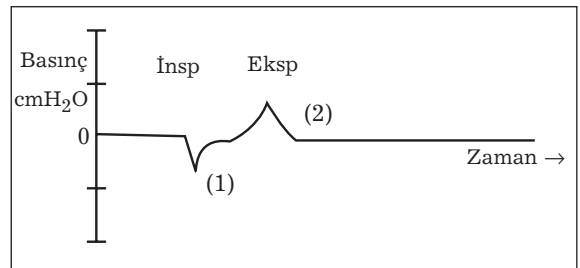


Şekil 3. Ekspirasyon akış grafiği.

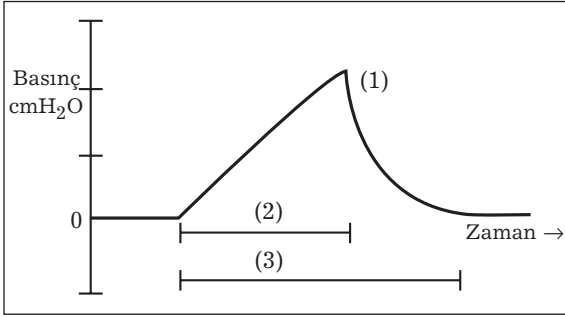
Spontan solunum ile MV'nin basınç grafikleri birbirinden çok farklıdır.

Şekil 4 spontan solunum yapan bir hastanın basınç grafiğini göstermektedir: (1) İspirasyon sırasındaki basınç düşmesini ifade eder. Basınçtaki bu düşüşün şiddeti; hastanın inspirasyon akış hızının tepe değerine, tetikleme duyarlılığının eşik değerine ve sistemin akış mekanizmasının harekete geçiş süresine bağlıdır. (2) Ekspirasyon fazı sırasındaki minimum basınç artışını gösterir ve hasta solunum devresinin ekspirasyon kısmının akış direncinden kaynaklanır. Basınç artışının şiddeti, ekspirasyon akış hızıyla değişir. Eğer ekspirasyon fazı sırasında solunum kasları aktifse, ekspirasyon akışı güçlenerek, basınç artışına neden olur.

Şekil 5 pozitif basınçlı bir mekanik solüğün basınç grafiğidir: (1) İspirasyon basıncının tepe değeri [peak inspiratory pressure (PIP)] olup, hasta direnci ile kompliyansına ve seçilen V_T ile solunum frekansına bağlıdır. (2) İspirasyon süresini gösterir. (3) Pozitif basınç süresidir.



Şekil 4. Basınç grafiği (spontan solunum).

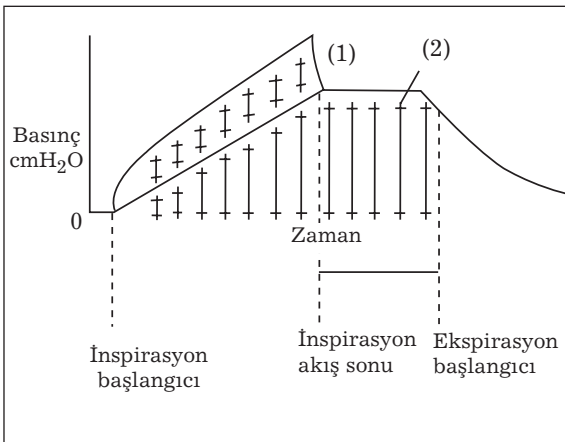


Şekil 5. Basınç grafiği-mekanik ventilasyon.

İnspirasyon basıncı, seçilen V_T 'nin hastaya gönderilmesi için gereklidir. Bu basınç iki bileşene sahiptir (Şekil 6): (1) Hava yolu tepe basıncı [peak airway pressure (PAP)]; gerekli akış ve hacim değişikliğini gerçekleştirmek üzere proksimal hava yollarına uygulanan maksimum basınçtır. (2) Hava yolu plato basıncı [plateau pressure (PP)]; alveolleri genişletmek için gereken basınçtır. Maksimum alveoler basınç, hava yolu tepe basıncı değil plato basıncıdır.

Sabit bir V_T için basınç grafiği; hava yolu direncine, akış hızına ve akciğer kompliyansına bağlı olarak değişir.

Ekspirasyon basıncı denilince ise ekspirasyon fazı süresince ventilatör devresindeki basınç anlaşılır. Normalde basınç traseleri, sıfır çizgisinde başlayıp yine sıfır çizgisinde biter. Ancak PEEP uygulanacak olursa, ekspirasyondaki basınç trasesi PEEP değeri kadar artacaktır. PEEP, ekspirasyon valfini ayarlayarak veya alveollerin tamamen boşalamadığı anı tespit



Şekil 6. İnspirasyon basıncının bileşenleri.

edip ekspirasyon süresini bu noktaya uygun bir şekilde kısaltarak gerçekleştirilir.

İnspirasyon ve ekspirasyon basınçlarına ek olarak, ortalama hava yolu basınçları [mean airway pressure (P_{AW})] da oldukça önemli bilgiler taşır. P_{AW} değerine bakarak, pozitif basınçlı ventilasyonun, alveoler stabilizasyon ve kardiyak venöz döngü üzerine etkilerini incelemek mümkündür. P_{AW} ; PAP ve PEEP ile belirlenir.

Hacim (Volume) Ölçümleri³

Hacim grafikleri, cihazın onarımında ya da hava hapsi riskinin değerlendirilmesinde önem kazanır. Hacim grafiğinde; ekspirasyon hacmi, devrede bir kaçak ya da hava hapsi yoksa, inspirasyon hacmine eşittir.

MEKANİK VENTİLATÖR ÇEŞİTLERİ⁴

A. Genel kategoriler:

1. Pozitif basınçlı ventilatörler:

Akciğerleri, hava yollarına aralıklı pozitif basınç uygulayarak genişletirler. Üç türlü olabilir:

a. Basınç-hedefli: Ayarlanan basınç limitine ulaşıncaya kadar, gaz akciğerlere akar.

b. Volüm-hedefli: Ayarlanan volüm dağıtılınca kadar, gaz akciğerlere akar.

c. Zaman-hedefli: Ayarlanan inspirasyon zamanına ulaşıncaya kadar, gaz akciğerlere akar.

2. Negatif basınçlı ventilatörler:

Hastanın göğüs duvarı, inspirasyon sırasında subatmosferik basınca maruz bırakılır.

Pozitif basınçlı ventilatörler; kullanılabilirlik ve etkinlik açısından, negatif basınçlı ventilatörlerden üstündür.

B. Kullanım alanına özel ventilatörler:

1. Yoğun bakım ünitesi ventilatörleri,
2. Transport için kullanılan ventilatörler,
3. Ev tipi ventilatörler:

a. Volüm-hedefli,

b. Basınç-hedefli.

Yoğun bakım ünitesi ventilatörleri; modların kullanılabilirliği, FiO_2 sınırları, monitörizasyon ve alarm olanakları ile diğer ventilatörlerden üstündür.

VOLÜM-HEDEFLİ ve BASINÇ-HEDEFLİ MEKANİK VENTİLATÖRLERİN KARŞILAŞTIRILMASI^[5]

Volüm-hedefli ventilasyonda; bütün modlar, PAP ve PP'ye bağlı olmaksızın, sabit V_T dağıtımını sağlamak için dizayn edilmiştir. Oysa, basınç-hedefli ventilasyonda; dağıtılan V_T 'ye bağlı olmaksızın, sabit PAP ve PP sağlanır.

Volüm-hedefli ventilasyon sırasında ayarlanan değişkenler; V_T veya dakika ventilasyonu (V_E), inspirasyon akış hızı veya I/E, T_I veya akış tepe değeri, inspirasyon akış biçimi, PEEP, tetikleme duyarlılığıdır.

Basınç-hedefli ventilasyon sırasında ayarlanan değişkenler; basınç düzeyleri, inspirasyon akış hızı, T_I veya I/E, PEEP, tetikleme duyarlılığıdır.

Ne basınç ne de volüm-hedefli ventilasyon için; gaz değişimi, hemodinamikler ve pulmoner mekanikler açısından belirgin bir avantaj gösterilmemiştir. Basınç-hedefli ventilasyonun temel avantajı, PP'yi hedef alması ve ventilasyon artışlarını engellemek için otomatik olarak V_T 'yi azaltma yeteneğidir. Volüm-hedefli ventilasyonun avantajı ise sabit V_T dağıtımını sürdürebilmesi ve değişiklikler karşısında V_T dağıtımını sağlamak için hava yolu ve alveol basınçlarını ayarlayabilme yeteneğidir.

TEMEL MEKANİK VENTİLYASYON PARAMETRELERİ ve BAŞLANGIÇ AYARLARI^[3,6-9]

Tidal Volüm (V_T)

Volüm-hedefli MV'de V_T ; 5-12 mL/kg'a ayarlanmalıdır.

Seçilmiş V_T ; solunum sistemi kompliyans ve rezistansı, hava yolu basınçları, PaO_2 ve $PaCO_2$ değerlerinden etkilenebilir. Bu nedenle optimum V_T ; istenilen dakika hacmi ($V_T \times$ solunum sayısı) ile P_{AW} değerleri arasında bir denge sağlanarak seçilmelidir.

V_T çok düşükse; ateletazi, hipoksemi ve hi-poventilasyon, V_T çok yüksekse; barotravma, solunumsal alkaloz ve kardiyak "output"ta düşme oluşabilir.

Ayarlanan V_T ile ekspirasyon volümü arasındaki fark, öncelikle devreden kaçakları akla getirmelidir.

Önerilen algoritm; önce, $V_T= 10-12$ mL/kg ile başlayıp hasta stabilize oluncaya kadar

beklemektir. Sonra, $V_T= 5-10$ mL/kg'a düşülür. Böylece $PP \leq 35$ cmH₂O seviyesinde tutularak volütravma riski de azaltılır.

Solunum Sayısı (Frekans)

Hasta klinik olarak stabilse, genellikle 8-14/dakika ile başlanır. Daha yüksek rakamlar; restriktif akciğer hastalıklarının tedavisinde, daha düşük rakamlar ise kronik solunumsal asidozlu ve kontrollü hi-poventilasyon stratejisini kullanan hastalarda gerekebilir.

Çok yüksek değerler kullanılırsa; solunumsal alkaloz, oto-PEEP ve barotravma, çok düşük değerler kullanılırsa; hi-poventilasyon, hipoksemi ve artan solunum işine bağlı konforsuzluk gelişebilir.

FiO₂

Hasta hipoksemik ise $FiO_2= 1.0$ ile başlanır. Yüksek O₂ konsantrasyonlarına maruziyet, hipoksemik epizodlardan daha az zararlıdır.

Ortalama 30 dakika içerisinde, PaO_2 'nin 60 mmHg üzerinde ve SaO_2 'nin %90'ın üzerinde tutulması hedeflenir. Yüksek PP'ye sahip ve ciddi hipoksik solunum yetmezliklerinde; SaO_2 'nin %87-90 değerinde tutulması, yeterli kabul edilebilir. Hedef, kısa sürede, SaO_2 'nin %87-90 değerinde tutulması saatler-günler içinde kullanımda en az toksik olduğu düşünülen $FiO_2= 0.6$ düzeylerine düşebilmektir.

İnspirasyon Akış Hızı (Inspiratory Flow Rate, V)

Volüm-hedefli MV'de; genellikle 40-100 L/dakikaya ayarlanır. Yüksek inspirasyon talepli hastalarda; 90-100 L/dakikaya kadar artırılabilir. Seçilen V_T ve solunum sayısı için daha hızlı inspirasyon akımları olursa; inspirasyon süresi kısalır, ekspirasyon süresi artar yani I/E düşer ve hava yollarının akışa direnç gösteren yapısı nedeniyle yüksek basınçlar oluşur. Bu durum; solunum işini azaltabilir, hasta konforunu iyileştirebilir, oto-PEEP'i azaltabilir, ama PIP'ta artma ile sonuçlanabilir. Düşük inspirasyon akış hızları ise; inspirasyon süresini uzatıp, I/E oranını artırır ve düşük basınçlar oluşturur. Bu nedenle düşük düzeyler; PIP'ı düşürmek ve yüksek başlangıç PIP'lı hastalarda barotravma riskini azaltmak için kullanılabilir. Ancak çok düşük V ile ekspirasyon süresi çok kısılacığından hava hapsi ve konforsuzluk gelişebilir. Sonuç olarak, optimal inspirasyon akış hızı belirlenirken, yüksek düzeyler ile sağ-

lanan oksijenasyon ile, düşük düzeylerin yol açacağı hava hapsi riski arasında bir denge kurulmalıdır.

İnspirasyon Akış Biçimi (Inspiratory Wave Form)

Belirli bir V_T ile V sözkonusu olduğunda; dört ayrı akış biçimi seçilebilir: Sabit-kare şeklinde, yükselen, düşen ve sinüs dalgası şeklinde (Şekil 7). Sinüs dalgası ve kare şeklindeki akım biçimleri, normal spontan solunuma en uygun olanlardır.

Volüm-hedefli MV'de; sabit, yükselen, düşen ve sinüs dalgası şeklinde akım profilleri seçilebilir. T_I ; yükselen, düşen ve sinüs dalgası şeklindeki akım paternlerinde, sabit akımla olandan daha uzundur. Sabit akım; daha yüksek PAP ve daha düşük P_{AW} 'a, düşen akım ise; daha düşük PAP ve daha yüksek P_{AW} 'a neden olur.

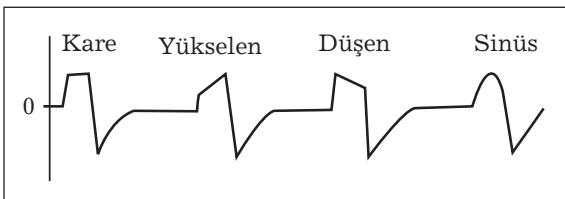
Düşen akım; obstrüktif hava yolu hastalıkları ve ARDS'nin erken dönemlerinde faydalı olabilir. Lober ateletazi ve düşük kompliyans varlığında ise; sabit akım, V_T 'nin daha iyi dağılımı ile sonuçlanabilir.

Basınç-hedefli MV'de genellikle düşen akım tercih edilir. Düşük rezistans ve düşük kompliyanslı hastalarda, inspirasyon akışı, inspirasyon fazı sonlanmadan kesilebilir.

Tetikleme Duyarlılığı (Trigger Sensitivity)

MV altında spontan soluklar, hasta spontan solunum isteğini belli bir basınç üreterek gerçekleştirdiğinde, tetiklenir. İnspirasyona bu geçiş, hem hastanın üreteceği duyarlılık düzeyine hem de ventilatörün bu tetiklemeye göstereceği cevabın hızına bağlıdır.

Genellikle, [-0.5]-[-1.5]'e ayarlanır. Negativlik arttıkça, duyarlılık azalır. Aşırı duyarlı kılmak "self-cycling" ile sonuçlanırken, aşırı duyarsızlaştırmak solunum işini arttırır.



Şekil 7. İnspirasyon akış biçimleri.

TEMEL MEKANİK VENTİLYASYON MODLARI^{3,7-10)}

Kontrollü Mekanik Ventilasyon (CMV)

V_T , V ve solunum sayısı, her soluk için önceden kullanıcı tarafından belirlenip, tüm soluklar zaman-sikluslu olarak gönderilir. T_I ve I/E sabit kalır. Basınç-hedefli veya volüm-hedefli olabilir (Şekil 8).

Avantajları: V_E veya zirve basınçları garanti edilir.

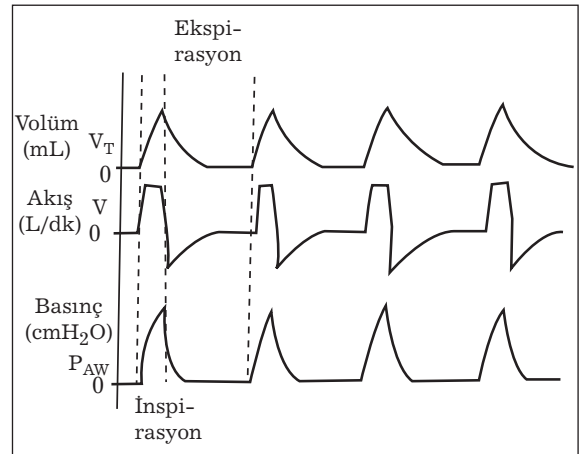
Dezavantajları: Hasta komada olmadıkça veya paralize edilmedikçe konforsuzdur.

Endikasyonları: Spontan solunumu olmayan hastalarda, başlangıç modu olarak kullanılmaktadır. Ancak yardımcı-kontrollü modların devreye girmesiyle kullanımı azalmıştır.

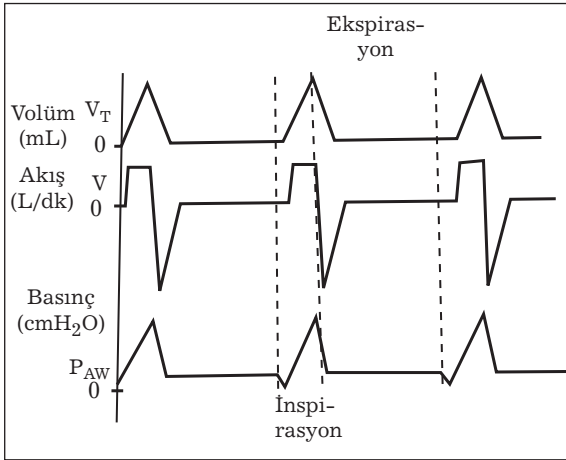
Başlangıç ayarları: Uygun V_T (10-12 mL/kg)'yi sağlayacak şekilde; volüm-hedefli ventilasyonda V_E , basınç-hedefli ventilasyonda basınç düzeyi, solunum sayısı.

Yardımlı-Kontrollü Mekanik Ventilasyon (A/C, Assist CMV)

CMV'de olduğu gibi, V_T ve V her soluk için sabittir. Ayrıca, minimum mekanik soluk sayısı da önceden saptanır. CMV'den farklı olarak bu mod sırasında, hastanın eforu inspirasyonu başlatır. Yani çalışma artık zaman-sikluslu değil, hasta-kontrollü hale gelmiştir. Hasta, belli bir tetikleme duyarlılığı gösterecek şekilde negatif bir basınç ürettiğinde, seçilen frekansın üzerinde bir A/C frekansı ile solutma işlemi devam eder. Eğer hasta belli bir tetikleme gücü üretemez ya da apneik olursa, A/C modu, tamamen CMV modu olarak çalışır (Şekil 9).



Şekil 8. Kontrollü mekanik ventilasyon.



Şekil 9. Yardımlı-kontrollü mekanik ventilasyon.

Avantajları: Mekanik solunum sayısının artırılması ile V_E artırılabilir. V_E 'yi arttırmak hasta tarafından yapılan solunum işini azaltır.

Dezavantajları: Hasta-ventilatör uyumsuzluğuna, solunumsal alkalozu, inspirasyon kaslarının güçsüzlüğüne, KOAH'lılarda dinamik hiperinflasyon yani hava hapsine yol açabilir.

Endikasyonları: Çoğu MV gereğinde, başlangıç modu olarak tercih edilir.

Başlangıç ayarları: Uygun V_T (10-12 mL/kg)'yi sağlayacak şekilde; volüm-hedefli ventilasyonda V_E , basınç-hedefli ventilasyonda basınç düzeyi, solunum sayısı, tetikleme duyarlılığı.

Eş Zamanlı Aralıklı Zorunlu Ventilasyon (SIMV)

Hem kullanıcının seçtiği V_T ve V ile mekanik solukların hem de spontan solukların birlikte bulunduğu bir ventilasyon şeklidir. Basınç-hedefli veya volüm-hedefli olabilir. Mekanik solukların frekansı; kullanıcı tarafından önceden belirlenir ve hasta-kontrollü veya zaman-sikluslu olabilir. Spontan solukların sayısı ise hasta tarafından belirlenir ve zaman içinde farklılık gösterebilir. Spontan soluklar, basınçla desteklenebilir. Ventilatör belli bir zaman aralığı içinde hastanın ilk solunum eforunu bekler ve bu efor, zorunlu solukun gönderilmesini sağlar. Senkronizasyon periyodu, bir sonraki kontrol sinyaline kadar devam eder. Bu süre içinde, hasta spontan solunumunu sürdürür. Hasta apneik hale gelirse ve senkronizasyon periyodu sırasında bir zorunlu soluk tetikleyemezse ventilatör, seçilen frekansa uygun

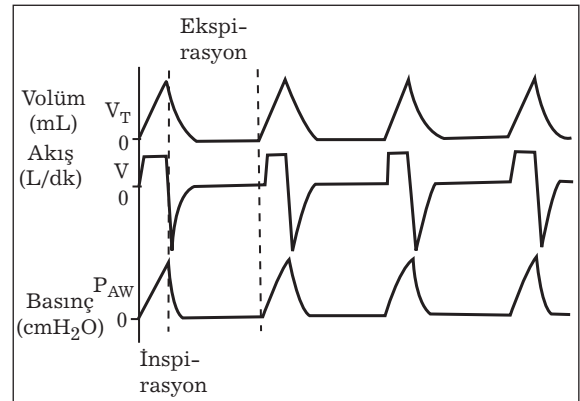
olan soluk bir sonraki periyotta gönderir. Senkronizasyon periyodu, hasta tekrar tetikleme yapıncaya kadar hazır bekler (Şekil 10). Hastanın soluk alıp vermesi düzensizse ve yer yer apne periyodlarına rastlanıyorsa, SIMV grafiği oldukça farklı görünecektir (Şekil 11).

Avantajları: P_{AW} 'ı azalttığı için, komplikasyon gelişme oranını düşürür. Venöz dönüşü iyileştirdiği için, daha fizyolojiktir. Daha iyi gaz dağılımını sağlaması da olasıdır.

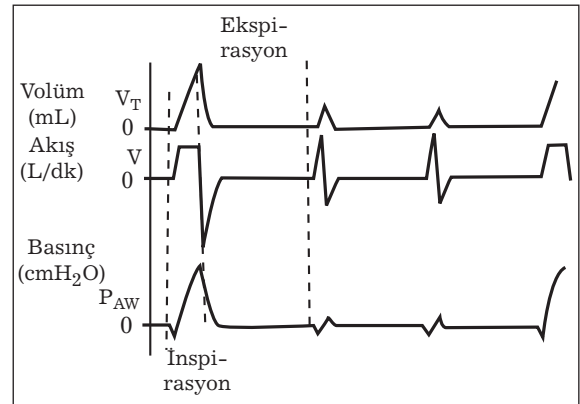
Dezavantajları: Gereğinde V_E 'yi değiştirme yeteneği daha azdır. Solunum işini arttırabilir. Oksijen tüketimi artmıştır. Solunum cihazından ayrılmayı (weaning) geciktirebilir.

Endikasyonları: Uygun V_E 'nin dağıtımı için, primer ventilatör desteğidir. Oto-PEEP'i önleyebilir. "Weaning" yöntemi olarak kullanılabilir.

Başlangıç ayarları: Uygun V_T (10-12 mL/kg)'yi sağlayacak şekilde; volüm-hedefli



Şekil 10. Eş zamanlı aralıklı zorunlu ventilasyon-apneik durumda.



Şekil 11. Eş zamanlı aralıklı zorunlu ventilasyon-aktif durumda.

ventilasyonda V_E , basınç-hedefli ventilasyonda basınç düzeyi, solunum sayısı, tetikleme duyarlılığı.

“Weaning” amacıyla, başlangıçta V_E 'nin %80'i desteklenir.

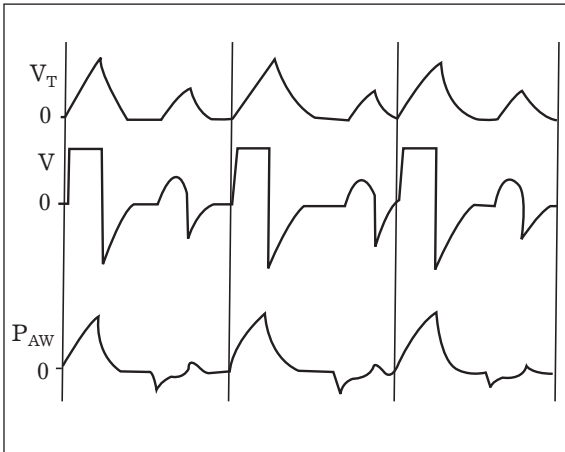
Aralıklı Zorunlu Ventilasyon (IMV)

SIMV moduna oldukça benzer. Ancak mekanik soluklar, hastanın spontan efor aktivitesini dikkate almaksızın, frekansına göre gelirler. Yani sadece zaman-sikluslu çalışma sözkonusudur (Şekil 12). IMV'nin kullanımı, “weaning” kavramına önemli bir katkı sağlamıştır. Ancak solunum işini arttırabileceği de akılda tutulmalıdır.

Basınç Destekli Ventilasyon (PS)

Basınç desteği, her hasta eforunda, başlangıçta kullanıcı tarafından belirlenen inspirasyon basınç düzeyinin verilmesi ile sağlanır. Hastanın spontan solunumu sözkonusudur, yani inspirasyon hasta tarafından başlatılır. PS'nin başlayabilmesi için inspirasyon sırasında basıncın, önceden belirlenmiş tetikleme duyarlılığı düzeyine düşmesi gerekir. Bu düşüş gerçekleşir gerçekleşmez, ventilatör, gaz akımını arttırarak solunum devresine gönderir ve oradaki proksimal basıncın önceden seçilen bir basınç destekleme seviyesine ulaşmasını sağlar. Bu akım, hastanın talebiyle doğru orantılı olarak, inspirasyon akış hızı başlangıçtaki en yüksek değerinin %25'ine düşünceye kadar devam eder. Bu noktada PS son bulur. Hasta, soluduğu hava, T_I , V ve V_T 'yi kendisi belirler (Şekil 13).

Avantajları: Kısmi ventilasyon desteği, solunumun inspirasyon işini azaltabilir. Hasta



Şekil 12. Aralıklı zorunlu ventilasyon.

konforu iyileşir ve sedasyon ihtiyacı azalır. Kas yenilenmesi arttırılabilir. Daha hızlı “weaning” mümkün olabilir.

Dezavantajları: Gerekli spontan solunum dürtüsünün yokluğunda kullanılamaz. Hava yolu direncinin ve/veya akciğer kompliyansının değişmesi ile uygunsuz hale gelebilir. Akut solunum yetmezliğinde, etkinliği kuşkuludur.

Endikasyonları: Uzun süreli MV alan stabil hastalarda; spontan solunum işini azaltmak için ve “weaning” modalitesi olarak kullanılır.

Başlangıç ayarları: Uygun V_T (10-12 mL/kg)'yi sağlayacak şekilde; yeterli basınç düzeyi (genel alt sınır; 10-20 cmH₂O basınç desteğidir. V_T ve solunum sayısı monitörize edilerek, 5 cmH₂O'ya kadar düşülerek sonlandırılır), solunum sayısı, tetikleme duyarlılığı.

Ters Oranlı Mekanik Ventilasyon (IRV)

CMV sırasında, daha kısa ekspirasyon zamanı kullanılarak, T_I 'nin uzatılması ve I/E arttırılması esasına dayanır. Zaman-siklusludur. Basınç-hedefli veya volüm-hedefli olabilir.

Basınç-hedefli ters oranlı ventilasyon (PCV-IRV)'da; T_I veya I/E ayarlanır. V_T değişkendir. V, düşen akış biçimindedir.

Volüm-hedefli ters oranlı ventilasyon (VCV-IRV)'da; sabit V_T , inspirasyon sonu duraklama veya düşen akış biçiminde V eklenerek dağıtılır.

Avantajları: İspirasyon zamanının uzatılması ile kapalı akciğer ünitelerinin yeniden açılması mümkün olur. Oksijenasyonu iyileştirir.

P_{AW} yüksektir, ama hava hapsi oluşmadıkça, PP'yi güvenli sınırlar içinde tutar.

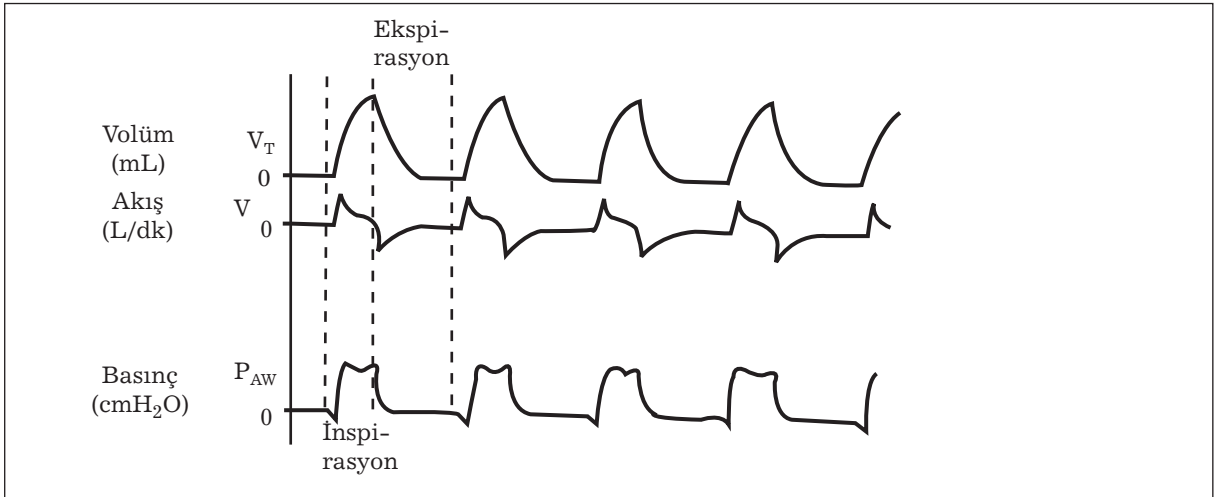
Dezavantajları: Ekspirasyon zamanının kısalması ile oto-PEEP gelişebilir. Özellikle VCV-IRV, barotravmaya yol açabilir.

Yüksek düzeyde sedasyon ve bazen paralizi gerekebilir.

Yüksek I/E varlığında; kardiyak yan etkilerin değerlendirilmesi için, sağ kalp kateterizasyonu gerekebilir.

Endikasyonları: Özellikle, yüksek FiO_2 ve PEEP gereken, ciddi hipoksik solunum yetmezliklerinde kullanılabılır.

IRV'ye başlamak için, kesin olarak onaylanmış kriterler yoktur. Ancak VCV-IRV için; $FiO_2 > 0.6$ veya PEEP > 10 cmH₂O ile $SaO_2 > \%90$ düzeylerini sürdürmek amacıyla, PCV-IRV



Şekil 13. Basınç destekli ventilasyon.

için; ek olarak PIP ≥ 45 cmH₂O varlığında kullanımı önerilir.

Başlangıç ayarları: V için, düşük akım biçimi tercih edilir. PP < 35 cmH₂O tutmak için, V_T, basınç desteği ve V gerekirse azaltılır. Gerekirse PEEP eklenir, ancak konvansiyonel ventilasyona göre daha düşük düzeyde (ortalama %50) tutulur. I/E; 1/1 ile başlanır, 1.5/1'e ve gerekirse 2/1'e kadar çıkılır. Vital bulgular, akış-basınç-volüm eğrileri, çok sıkı monitörize edilmelidir.

Sürekli Pozitif Hava Yolu Basıncı (CPAP)

Bir spontan solunum modudur. Klinisyence belirlenen sabit bir hava yolu basıncı, tüm spontan solunum döngüsü boyunca korunur.

Amaç; solunum kasları üzerinde ilave bir yük oluşturmadan, merkez basınçları yükseltmektir. Bu basınç artışı, alveoler stabilizasyonu ve optimal oksijenasyonu sağlamayı hedefler.

CPAP'ın seviyesi, kardiyovasküler bir sorun yaratmadan, yeterli oksijenasyonu sağlayacak alveoler distansiyon basıncının saptanması ile belirlenir.

"Weaning" aracı olarak da kullanılabilir.

PEEP

Ekspirasyon sonunda pozitif basınç uygulanarak, solunum siklusu boyunca subatmosferik basıncın sürdürülmesi esasına dayanır. Spontan solunum sırasında uygulandığı zaman; CPAP, mekanik ventile hastalara uygulandığı zaman; PEEP (genellikle invaziv MV için ve yoğun ba-

kım ventilatörleri ile) ve "End-Expiratory Positive Airway Pressure (EPAP)" (genellikle noninvaziv MV için ve "bi-level"-BiPAP ventilatörleri ile) terimi kullanılır. Fizyolojik açıdan bakıldığında, CPAP, PEEP ve EPAP eşittir.

Avantajları: Kollabe alveolleri açar ve stabilize eder. Fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırır. Oksijenasyon ve akciğer kompliyansını iyileştirir. Minimum akciğer volümünü sürdürerek akciğer hasarı ve ödemi azaltabilir.

Dezavantajları: Kardiyak "output"u bozabilir. Özellikle 15 cmH₂O'dan büyük olduğunda, barotravma riskini artırır. İntrakranial basıncı artırır. Renal ve portal kan akımını azaltır. Ekstravasküler akciğer sıvısını artırır. Ölü boşluğu arttırabilir. Aşırı genişleme halinde, solunumun inspirasyon işini arttırabilir.

Endikasyonları: ARDS ve akciğer ödemi gibi difüz infiltrasyon ve ciddi hipoksemi (FiO₂ < 0.60 gereği) ile karakterli solunum yetmezliklerinde, mediastinal kanamayı kontrol etmek için kardiyak cerrahi sonrasında, postoperatif atelektazi tedavisinde ve oto-PEEP varlığında solunum işini azaltmak için kullanılır.

Başlangıç ayarları: 5-15 cmH₂O ile başlanır. PaO₂ > 60 mmHg ve FiO₂ < 0.50 değerlerini sağlayan ve hemodinamik stabilliği koruyan optimal PEEP'e ulaşıncaya kadar, 2'şer cmH₂O azaltılır veya artırılır.

PAP, PP ve P_{AW} dikkatle monitörize edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Kacmarek RM. Indications for ventilatory support. In: Raouf S, Khan FA (eds). Mechanical Ventilation Manuel. 1st ed. Philadelphia: Versa Press, 1998:3.
2. Raouf S. Objectives of mechanical ventilation. In: Raouf S, Khan FA (eds). Mechanical Ventilation Manuel. 1st ed. Philadelphia: Versa Press, 1998:4-5.
3. Zeytinoğlu H, Öngür T. Mekanik Ventilasyon Prensipleri ve Uygulamaları. 1. Baskı. İstanbul: Mim Matbaacılık A.Ş., 1992.
4. Kacmarek RM. Types of ventilators. In: Raouf S, Khan FA (eds). Mechanical Ventilation Manuel. 1st ed. Philadelphia: Versa Press, 1998:7-9.
5. Kacmarek RM. Pressure-targeted versus volume-targeted ventilation and the effects of increasing inspiratory time. In: Raouf S, Khan FA (eds). Mechanical Ventilation Manuel. 1st ed. Philadelphia: Versa Press, 1998:11-4.
6. Raouf S. Basics of initial ventilator set-up. In: Raouf S, Khan FA (eds). Mechanical Ventilation Manuel. 1st ed. Philadelphia: Versa Press, 1998:15-20.
7. Hess DR, Kacmarek RM. Essential of Mechanical Ventilation. 1st ed. New York: Mc Graw-Hill, 1996.
8. Roussos C. Mechanical Ventilation From Intensive Care to Home Care (European Respiratory Monograph). UK: Huddersfield, 1998.
9. Oh TE. Intensive Care Manuel. 1st ed. Singapore, 1985.
10. Raouf S. Modes of ventilation. In: Raouf S, Khan FA (eds). Mechanical Ventilation Manuel. 1st ed. Philadelphia: Versa Press, 1998:21-33.