

MEKANİK VENTİLASYON

Akut Solunum Yetmezliği Tanımı / Nedenleri

Hipoksi ve Hiperkapni: Klinik Bulgular

Mekanik Ventilasyon için Fizyopatolojik Kriterler

■ Akut solunum yetmezliği nedir?

Akut solunum yetmezliği veya akut respiratuar yetmezlik (ARY) solunum fonksiyonunun veya akciğerde oksijen/ karbondioksit gaz değişiminin yetersiz olması olarak tanımlanır. Bir diğer anlamda akut solunum yetmezliği arteriyel kanda parsiyel oksijen (PaO₂) ve karbondioksit (PaCO₂) basıncı değerlerinin fizyolojik sınırlarda sürdürülememesidir. Bu durum basitçe;

1. **Hipoksi:** Arteriyel kanda çevre havası ve hastanın yaşına göre olması gerekenden daha düşük bir PaO₂ değerinin saptanması (PaO₂ < 70 mmHg, FiO₂:0.21 iken)
2. **Hiperkarbi:** Arter kanında PaCO₂ değerinin fizyolojik sınırlarının üzerinde olması (PaCO₂ > 45 mmHg) ve yükselmeye devam etmesi,
3. **Respiratuar asidoz:** Arteriyel kanda pH değerinin 7.25 veya daha düşük değere inmesi; olarak ifade edilebilir.

■ Akut solunum yetmezliği hangi durumlarda gelişir?

Akut solunum yetmezliğine neden olan patolojiler;

1. **Ventilasyonda yetersizlik:** Akciğer dışı nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan solunum yetmezlikleri
2. **Respirasyonda yetersizlik:** Akciğere ait patolojilerle ortaya çıkan solunum yetmezlikleri olarak iki ana başlık altında toplanabilir.

Ventilasyonu etkileyerek solunum yetmezliğine sebep olan patolojiler nelerdir?

Burada temel patoloji solunum mekaniğinin bozulmasıdır. Nitekim primer olarak akciğere ait patoloji olmasa da ventilasyon fonksiyonunun yetersizliği ile

akciğerlerde oksijen/karbondioksit gaz değişimi bozulmakta ve akut solunum yetmezliği ortaya çıkmaktadır. Buna göre ventilasyonu etkileyen patolojiler;

1. **Santral sinir sistemine ait patolojiler,**
2. **Nöromusküler fonksiyon bozukluklari** olarak iki başlik altında ele alınabilir.

Santral sinir sistemi patolojilerinde akut solunum yetmezliği nasıl ortaya çıkar?

Santral sinir sistemine bağli akut solunum yetmezliklerinde temel olay yetersiz ventilasyon sonucu oksijen/karbondioksit gaz değişiminin bozulmasıdır. Santral sinir sistemi patolojilerde direkt veya kafa içi basıncı artışına bağli olarak indirekt olarak respiratuar merkezlerin etkilenmesi ve dakika ventilasyonunun (VE) azalması esas problemdir. Bu durumda akciğerde anatomik l boşluk değişmediğine göre alveolar ventilasyon azalacak ve “Fizyolojik l boşluk / Tidal volüm” (VD/VT) oranı artacaktır. Sonuçta hipoventilasyon gelişirken PaCO₂ artacak, PaO₂ azalacak ve akut solunum yetmezliği tablosu ortaya çıkacaktır. Hipoventilasyona bağli olarak gelişen hiperkapni (PaCO₂'nin >70 mmHg) de santral sinir sistemi fonksiyonlarını baskılayarak hipoventilasyonu daha da derinleştirecektir.

Santral sinir sistemi fonksiyonlarının yetersiz olduğu durumlarda bir diğer önemli problemde hipoksiye duyarlı periferik kemoreseptörlerin etkinliklerini kaybetmesi ve akut solunum yetmezliğine gerekli fizyolojik yanıtın oluşturulamamasıdır. Yine santral patolojilerde koruyucu havayolu reşekslerin baskılanabileceğini de belirtmek gerekir. Örneğin kafa çiftlerinin tutulduğu patolojilerde epiglotik reşeks baskılanabilir ve bilinç düzeyi yetersiz bir hastada hipoventilasyonla birlikte aspirasyon riski de artabilir.

Akut solunum yetmezliğine sebep olan santral sinir sistemi patolojileri nelerdir?

Solunum yetmezliğine sebep olan belli başlı santral patolojiler řu şekilde sıralanabilir:

1. **Santral sinir sistemi üzerine depressan ilaçların kullanımı:** Barbitüratlar, trankilizanlar, narkotikler, inhalasyon anestetikleri gibi.
2. **Beyin ve beyin sapı lezyonları:** "Stroke", kafa ve boyun travmaları, serebral hemoraji / infarkt, beyin tümörleri, spinal kord tümörleri ve travması gibi.
3. **Santral nedenlere bağlı Pickwick veya "Uyku -apne sendromu.**
4. **Uygunsuz oksijen tedavisi.**

Nöromusküler fonksiyon bozukluklarında akut solunum yetmezliği nasıl gelişir?

Nöromusküler patolojiler; genellikle motor sinir hasarı, nöromusküler kavşakta impuls iletim bozukluğu veya kas disfonksiyonu sonucu yetersiz ventilasyon ile solunum yetmezliğine sebep olurlar. Bunlar özellikle sinir kas kavşağına etkili ilaçlar, virüsler, bakteriler, toksinler veya otoimmü hastalıklar sonucu ortaya çıkan patolojilerdir ve başlıcaları şunlardır:

1. Myastenia Gravis
2. Tetanus
3. Guillain-Barre sendromu,
4. Polio
5. Botulismus
6. Musküler distrofi.
7. İlaçlar:Kürar, Süksinil kolin, organofosfatlar başta olmak üzere insektisitler ve sinir gazi

Respirasyonun yetersiz olduğu yani akciğerde gaz değişiminin bozulduğu durumlarda akut solunum yetmezliği nasıl ortaya çıkar?

Akciğerde gaz değişiminin bozulduğu durumlarda ortaya çıkan akut solunum yetmezliklerinde solunum merkezi sağlamdır, periferik sinir iletimi ve kas fonksiyonlarında da bir anormallik yoktur. Ancak bu olgularda akciğer patolojisiyle ilgili olarak solunum işi artar ve alveoler gaz değişimi bozulur. Böylece solunum işi ve havayolu basıncı önemli derecede artarken kompliyans azalır. Sonuçta alveoler ventilasyon azalırken, anatomik ve fizyolojik ölü boşluklar artar, ventilasyon / perfüzyon (V/Q) oranı bozulur ve hipoksemi/ hiperkarbi ile karakterize akut solunum yetmezliği tablosu ortaya çıkar.

Respirasyonu etkileyerek solunum yetmezliğine sebep olan akciğer patolojileri nelerdir?

Bu başlık altında ele alınan belli başlı patolojiler şunlardır:

1. Plevral effüzyon,
2. Pulmoner kontüzyon
3. Hemotoraks/Pnömotoraks
4. Yelken göğüs
5. Kifoskolyoz
6. Göğüs duvari deformitesi
7. Obezite.
8. İnterstisyel pulmoner fibrotik hastalıklar.
9. Havayolu rezistansında artış: Astim, amfizem, kronik bronşitis, krup, epiglottitis, akut bronşit
10. Aspirasyon pnömonisi
11. ARDS
12. Kardiyojenik pulmoner ödem
13. Pulmoner emboli
14. Havayolu yabancı cisim.
15. Postoperatif pulmoner komplikasyonlar.

Klinik değerlendirmede akut solunum yetmezliği nasıl saptanır?

Klinik değerlendirmede akut solunum yetmezliğini düşündürecek ilk bulgular hipoksi ve hiperkarbinin sebep olduğu sistemik değişikliklere bağlıdır

Klinik değerlendirmede hipoksi bulguları nelerdir?

Klinik olarak hipoksi düzeyine göre ortaya çıkan başlıca semptomlar şunlardır:

(Tablo 3 - 1)

Hipoksi	Hafif ve Orta Hipoksi	Şiddetli Hipoksi
Respiratuar Bulgular	Takipne Dispne	Takipne Dispne Siyanoz
Kardiovasküler Bulgular	Taşikardi Hafif Hipertansiyon Periferik vazokonstrüksiyon	Bradikardi Aritmi Hipotansiyon
Nörolojik Bulgular	Hareketsizlik Disoryantasyon Baş ağrısı Bitkinlik Karar verme yeteneğinde azalma	Somnolans Konfüzyon Bulanik görme Koordinasyon kaybı Reaksiyon zamanında yavaşlama

Klinik değerlendirmede hiperkarbi bulguları nelerdir?

Klinik değerlendirmede hiperkapniye başlıca sistemik bulgular şunlardır:

(Tablo 3 - 2)

Hiperkapni	Hafif ve Orta Hipoksi	Şiddetli Hipoksi
Respiratuar Bulgular	Takipne Dispne	Bradipne Apne

Kardiovasküler Bulgular	Taşikardi Hipertansiyon	Taşikardi Hipotansiyon Vazodilatasyon
Nörolojik Bulgular	Baş ağrısı Uykuya eğilim Konvülsiyonlar	Halusinasyon Hipomani Koma
Diğer bulgular	Terleme	Cilt renginin kırmızılaşması

Mekanik ventilasyon endikasyonu için gerekli fizyolojik değerlendirmeler nelerdir?

Akut solunum yetmezliği düşünülen bir hastada, mekanik ventilasyon endikasyonu koyabilmek için birtakim fizyolojik ölçümler kullanılır.

Bunlar 3 kategoride incelenir (**Tablo 3-3**):

1. Solunum mekaniğine ait parametreler
2. Ventilasyona ait parametreler
3. Oksijenasyona ait parametreler

Tablo 3 - 3: Akut solunum yetmezliği tanısında fizyolojik tani kriterleri:

Akut solunum yetmezliği	Normal Sınırlar	Kritik değerler
1. Solunum mekaniğine ait		
Maksimum inspiratuar Basınç (MİP: cmH ₂ O)	- 50, - 100	< - 20
Pik ekspiratuar Basınç (PEP : cmH ₂ O)	+100	< + 40

VC (ml/kg)	65 - 75	< 15
VT (ml/kg)	5 - 8	< 5
Solunum frekansi (Solunum Sayisi/dak)	12 - 20	> 35
FEV1 (ml/kg)	50 - 60	< 10
2. Ventilasyona ait		
PH	7,35 - 7,45	< 7,25
PaCO2 (mmHg)	35- 45	> 55
VD/VT	0,3 - 0,4	> 0,6
3. Oksijenasyona ait		
PaO2 (mmHg) (FiO2:0.21 iken)	80 - 100	< 70
P(A-a)O2 (mmHg)	25 - 65	>450 (FiO2:1.0)
(Arteriel/Alveolar) PO2	0,75	< 0,15

Özetle mekanik ventilasyon endikasyonları, apne, akut solunum yetersizliği, gerçekleşmek üzere olan solunum yetersizliği ve solunum etkinliğinin azalması ve solunum işinin artması olarak sayılabilir. Bu endikasyonlarda mekanik ventilasyon uygulaması ile solunum işi azaltılabilir, akciğer hacimleri arttırılabilir ve gaz değişimi düzeltilebilir. Klinik olarak, akut solunum yetersizliği semptomlarının düzeltilmesi, atelektazilerin açılması ve yenilerinin gelişmesinin engellenmesi, solunum kaslarının etkinliğinin arttırılması, sedasyon ve kas gevşemesi gibi uygulamalar, sistemik veya miyokard oksijen tüketiminin azaltılması, kafa içi basıncın azaltılması, göğüs duvarının sabitlenmesi gibi pek çok amaç için uygulanabilir.

Solunum Modları

Mekanik ventilatörün yukarıda sayılan özellikleri kullanılarak farklı solunum şekilleri (modları) uygulamak mümkündür. Solunum modları sınıflandırılacak olursa; zorunlu ya da kontrollü solunum modları, yardımcı (asiste) veya destekli solunum modları ve spontan solunum modları sayılabilir. Bu sınıfa içine son geliştirilen ventilatörler ile dual modlar da eklenmiştir.

Kontrollü solunum modlarında inspirasyon başlangıcı zaman tetiklidir, yani inspirasyon hasta çabasından bağımsız olarak kullanıcı tarafından ayarlanan sürelerde başlar. Ventilatör, inspirasyon döneminde akım veya basınç jeneratörü olarak davranabilir. Ekspirasyon inspirasyon süresinin bitmesi ile başlar, yani zaman siklusedir.

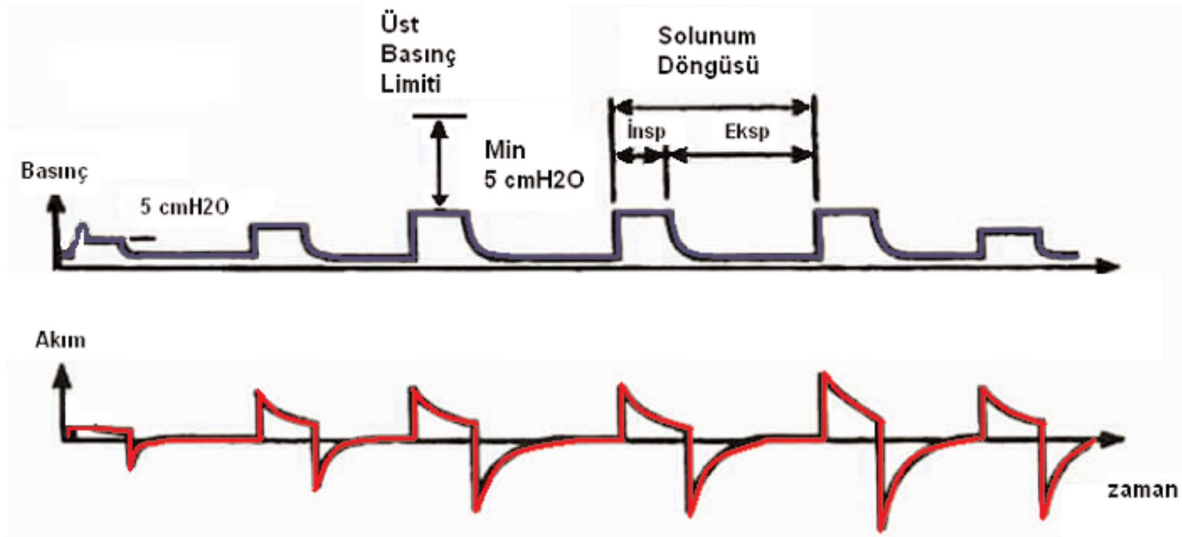
Volüm kontrollü solunum uygulamasında ventilatör üzerinde ayarlanan akım hızı ve inspirasyon süresi sabit bir tidal volüm oluşmasını sağlar. Hava yolu basınçları değişkendir, ancak tidal volümün ve frekansın, dolayısı ile dakika ventilasyonunun sabit olması özellikle karbondioksit düzeyinin sabit kalmasının istendiği durumlarda yararlıdır.

Basınç kontrollü solunumda hava yolu basınçları sabit fakat tidal volüm değişkendir. Özellikle hava yolu basıncının sabit tutulması gereken durumlarda tercih edilir. Değişken tepe inspirasyon akımı ve deselere akım şekli solunum sisteminin herhangi bir yerinde oluşan kaçakların dakika ventilasyonunu düşürmesini engeller. İnspirasyon akımının sabit olmaması hastanın akım gereksiniminin daha kolay karşılanmasını sağlar.

Volüm kontrollü ile basınç kontrollü ventilasyon arasında birinin diğerine tercih edilmesini gerekli kılan herhangi bir avantaj veya dezavantaj gösterilememiştir. ARDS hastalarında yapılan bir çalışmada volüm ve basınç kontrollü ventilasyon karşılaştırıldığında volüm kontrollü ventilasyon uygulanan grupta mortalite ve sekonder organ yetersizlikleri daha yüksek bulunmuş ancak çalışmacılar bu farkı uygulanan ventilasyon şekline bağlamamışlardır.

Basınç ayarlı volüm kontrole ventilasyon (Pressure regulated volume control ventilation-PRVC)

Sabit tidal volüm ve sabit hava yolu basıncının avantajlarını birleştiren bir dual moddur. Bu moda her bir solukta uygulanan tidal volüm takip eden soluk için geri besleme mekanizması oluşturur. Zaman veya hasta tetiklemeli, zaman sikluslu bir ventilasyon şeklidir. İnspirasyon sürecinde akım jeneratörü davranışı sergiler. Solunum uygulamasının başlangıcında ilk soluk 5 cmH₂O hava yolu basıncı oluşturacak bir test soluğudur, bu soluk sırasında solunum sisteminin mekanik özellikleri ölçülür. Takip eden soluklarda ventilatörde ayarlanan tidal volümü vermek üzere hava yolu basınç düzeyi değiştirilir. Uygulanan en yüksek basınç düzeyi ventilatörde ayarlanan üst basınç alarmı düzeyinin 5 cmH₂O altıdır (şekil 6).

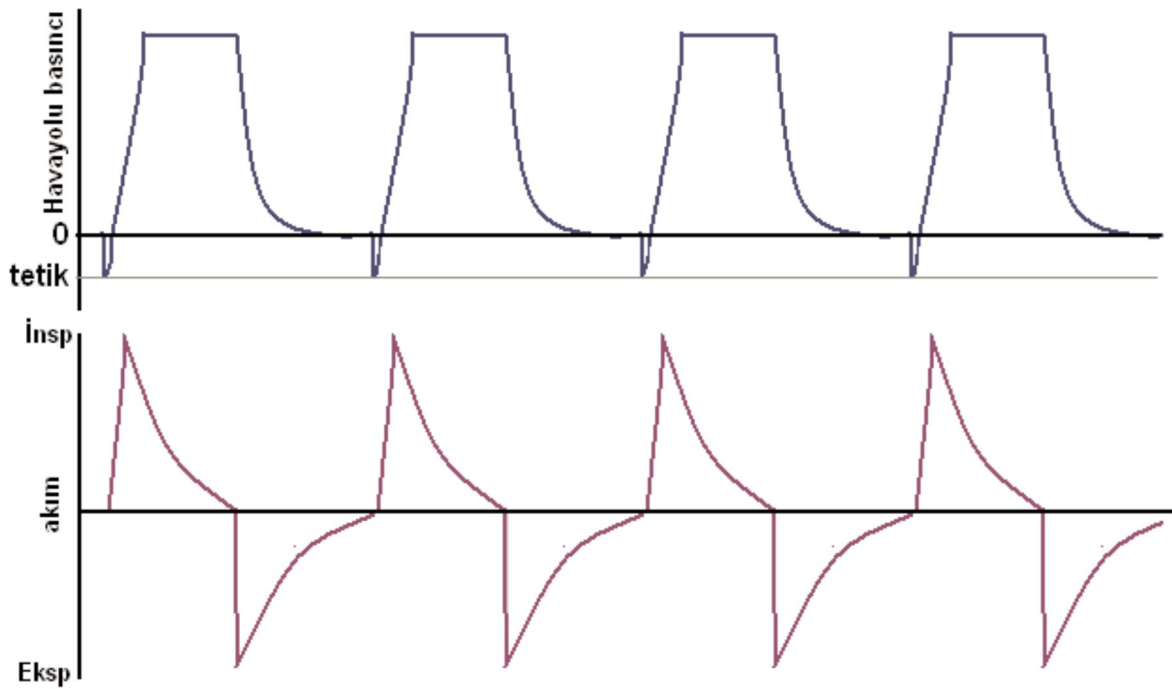


şekil 6. Basınç ayarlı volüm kontrol ventilasyonu (PRVC).

Yardımlı solunum modlarının hepsi basınç veya akım tetiklemelidir; inspirasyon her zaman hastanın inspirasyon çabası ile başlatılır. Önceleri “weaning” modları olarak değerlendirilen bu modlar pek çok solunum yetersizliğinin tedavisinde ana ventilasyon modu olarak uygulanabilir.

Asist kontrole ventilasyon (devamlı zorunlu solunum-CMV) : Akım veya basınç tetikli, akım veya basınç jeneratörü ve zaman sikluslu bir ventilasyon şekli olabilir. Yani inspirasyonu hastanın eforu başlatır, volüm veya basınç kontrollü uygulanabilir ve inspirasyon süresi kullanıcı tarafından ayarlanabilir. Hasta ventilatörü her tetiklediğinde bu akım şeklini bulur (şekil 7).

İnspirasyon süresi sabit olduğu için hastanın ekspirasyonunun başlangıcı ile uyumsuzluk meydana gelebilir. Bu ventilasyon şekli kontrole ventilasyonla çok sık karıştırılır, aradaki fark inspirasyon başlangıcındadır.

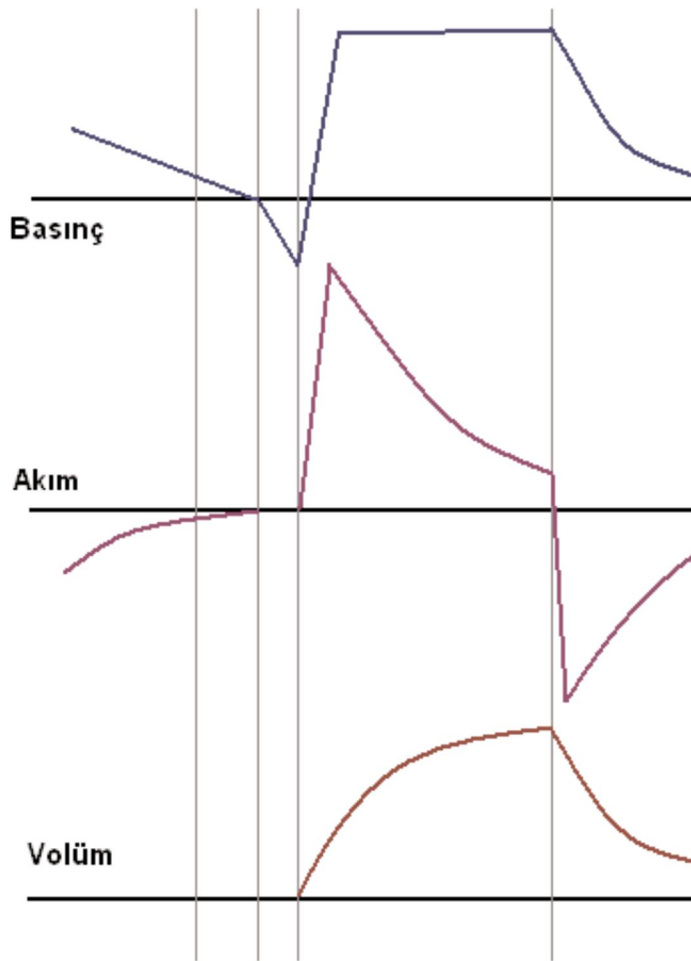


şekil 7. Asistkontrole ventilasyon.

Senkronize aralıklı zorunlu solunum (SİMV): Akım veya basınç tetikli, aralıklı akım veya basınç jeneratörü ve zaman sikluslu bir ventilasyon şeklidir. Asist kontroleden farkı hastanın spontan frekansından daha düşük frekansla uygulanmasıdır. Bu zorunlu soluklar arasında hastanın spontan solukları olabilir. Klasik hali ile arada meydana gelen spontan soluklar desteklenmez ancak bu

modun solunum eforunu arttırdığı gösterildiğinden basınç desteği ile kombinasyonu daha sık uygulanmaktadır.

Basınç destekli ventilasyon (PSV): Hasta tetikli, basınç jeneratörü ve akım siklusudur. Bu ventilasyon şeklinde hastanın ventilatörü tetiklemeyi başaran her inspirasyon çabası hava yolunda basınç artışı ile desteklenir. Bu basınç artışı düzeyi kullanıcı tarafından ayarlanır. Akım şekli deseleredir ve ekspirasyon akım azalması belli bir düzeye ulaştığında gerçekleşir (Şekil 8).



Şekil 8. Basınç Destekli ventilasyon.

Volüm garantili basınç destekli ventilasyon (Volume assured pressure support ventilation-VAPS)

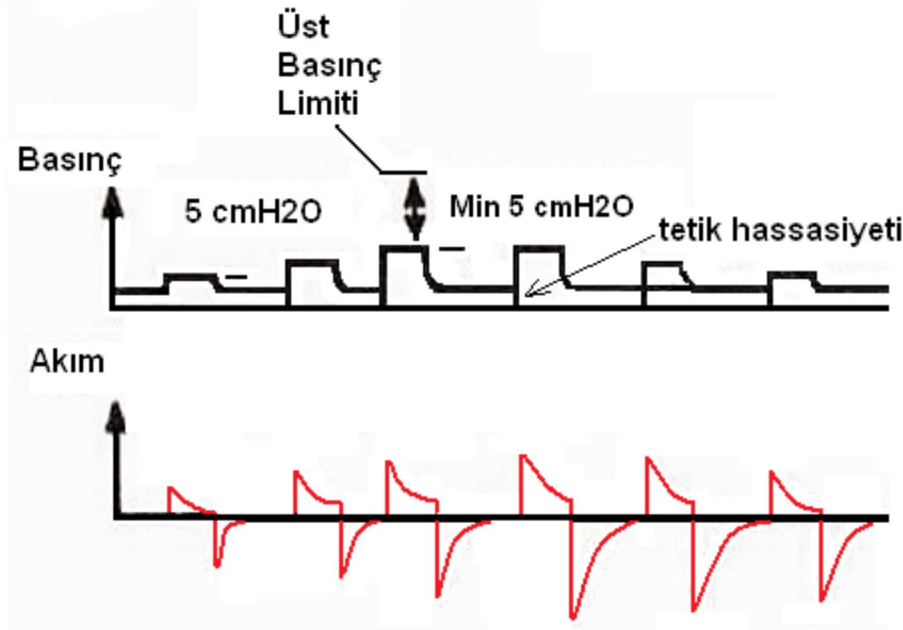
Basınç ve volüm kontrolünün avantajlarını birleştirir. Hasta veya ventilatör tetikli olabilir. Normalde deselere akım ile akım siklusudur, ancak her solukta

tidal volüm ölçülerek ventilatör üzerinde ayarlanan tidal volüm ile karşılaştırılır. Eğer ayarlanan basınç desteği düzeyi ile verilen tidal volüm ayarlanan tidal volüme ulaşıyorsa soluk standart basınç destekli soluk şeklindedir.

Eğer tidal volüm düşük kalırsa deselere dalga şekli kare dalga şekline dönüşerek ayarlanan tidal volüm verilmeye çalışılır. Kare dalga şeklinde uygulanan akım hızı ventilatör üzerinde kullanıcı tarafından ayarlanır. Eğer akım hızı düşük ayarlanmışsa inspirasyon süresi çok uzayabilir.

Volüm destekli ventilasyon (Volume support-VS)

Sabit tidal volüm ile sabit hava yolu basıncını birleştiren bir solunum modudur. Basınç veya akım tetikli, akım jeneratörü ve akım sikluslu şekildedir. Basınç desteğinden farkı üst hava yolu basınç değerinin sabit olmamasıdır. Çalışma şekli PRVC gibidir ancak akım tetikli olduğundan inspirasyon süresi değişkendir (şekil 9).



şekil 9. Volüm destekli ventilasyon.

Orantılı destekli ventilasyon (Proportional assist ventilation-PAV) Oldukça yeni bir ventilasyon şeklidir. Yanlızca özel bir ventilatör modelinde bulunan bu modda solunum sistemi kompliyans ve rezistansı devamlı ölçülerek

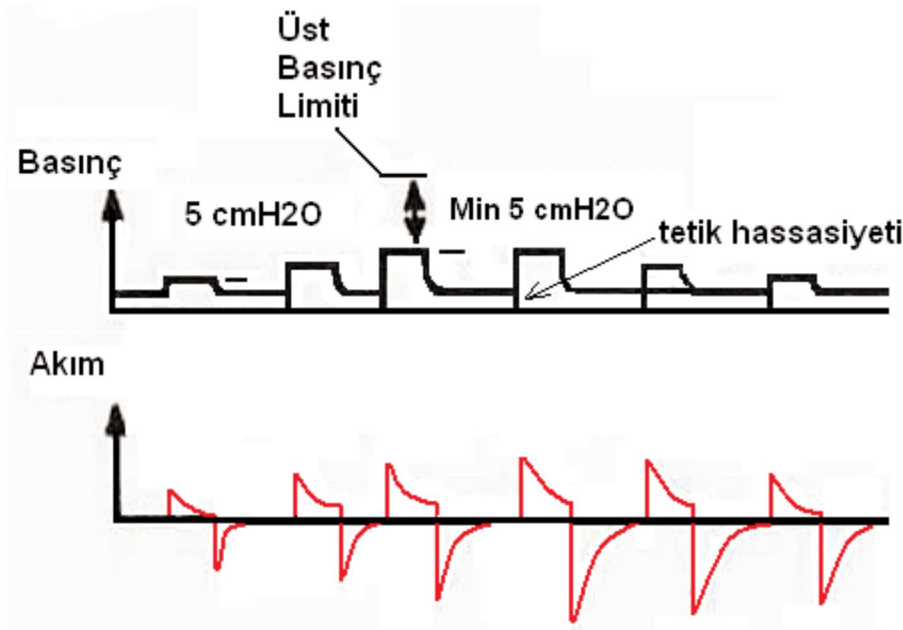
inspirasyona belirlenen oranlarda destek sağlanır. Bu şekilde solunum kaslarının yükü azaltılmaya çalışılır.

Otomatik tüp kompensasyonu (ATC) Aslında bir ventilasyon modu değildir, ancak yeni ventilatörlerin pek çoğunda görülen bu uygulama entübasyon tüpünün rezistansını hesaplayarak, bu rezistansa bağlı meydana gelen basınç değişikliklerini filtre eder. Böylece solunum kaslarının yükü azaltılarak daha etkin çalışmaları sağlanır .

Spontan Solunum Modları

Genel olarak ventilatöre bağlı hastada spontan solunum devamlı pozitif hava yolu basıncı (CPAP) ile uygulanır. Ancak yeni geliştirilen çift düzeyli hava yolu basıncı uygulamaları da bu modlar arasında sayılabilir.

Devamlı pozitif hava yolu basıncı (CPAP) uygulaması sırasında hastanın inspirasyonu desteklenmez, dolayısıyla yeterli tidal volüm oluşturabilecek kas gücüne sahip hastalarda uygulanabilir. Spontan solunum sırasında hava yolu basınçları atmosfer basıncının üstüne çıkartılarak fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRK) artırılması, gaz değişiminin düzeltilmesi ve atelektazi oluşumunun engellenmesi amaçlanır. Hafif hipoksik solunum yetersizliklerinin tedavisinde kullanılır, özellikle son yıllarda noninvazif ventilasyon uygulamalarının artması ile daha fazla kullanım alanı bulmuştur.



şekil 9. Volüm destekli ventilasyon.

Hastaya nazal veya yüz maskesi ile uygulanan CPAP,obstrüktif uyku apnesi veya KOAH tedavisinde sık kullanılmaktadır.

iki düzeyli pozitif havayolu basıncı (BiPAP)

Aslında CPAP'ın modifikasyonudur. Uygulanan hava yolu basıncı sabit değildir ve kullanıcı tarafından ayarlanan sürelerde iki farklı düzeyde değişir. Bu basınç değişiklikleri FRK yanında dakika ventilasyonunun da artmasını sağlayarak solunumu destekler. Basınç değişimleri sırasında hasta spontan solunum yapabilir ve bu soluklara da ayrıca basınç desteği uygulanabilir. Bu mod da noninvazif ventilasyon uygulamalarında sık kullanılan bir ventilasyon şeklidir. Hava yolu basıncı azalan ventilasyon(APRV) BiPAP benzeridir ancak BiPAP ta üst basınç düzeyinin uygulandığı süre, alt basınç düzeyinin uygulandığı süreden kısa APRV'de uzundur. Daha uzun süre yüksek basınç uygulayarak oksijenasyonun iyileşmesini arttırır.

Günümüz yoğun bakım ventilatörleri, mikroişlemcileri ve gelişmiş kontrol özellikleri ile yukarıda sayılan ventilasyon şekillerinin uygulanması yanında ventilasyon uygulamasının devamlı monitörizasyonunu da sağlarlar. Gelişmiş alarm sistemleri ile farklı ventilasyon modlarında ventilasyon ile ilgili değişikliklerde kullanıcıyı uyarabilir; bunun yanında akım, volüm ve basınç zaman eğrilerinin izlenmesi ve basınç hacim ve akım hacim dalgalarının çizdirilebilmesi, solunum mekanikleri ve hasta ventilatör uyumu ile ilgili çok değerli bilgiler verebilir.

Ventilatör üzerinde bulunan özel fonksiyonlar, oto PEEP, P0,1 gibi ölçümlerin yapılabilmesini de sağlar.Klinisyen yeni bir ventilatör seçeceği zaman, ventilatörün tetik mekanizması ve özellikle inspirasyon valvinin açılması için geçen sürenin kısa olmasına, inspirasyon akım kapasitesinin hastanın gereksinimlerini karşılayacak kadar yüksek olmasına (en az 180 L/dk), monitörizasyon özellikleri ile kullanıcı arayüzünün özelliklerine dikkat etmelidir.