

## MEKANİK VENTİLASYON

Hüseyin ÖZ, Güniz MEYANCI KÖKSAL

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, İSTANBUL

Mekanik ventilasyon, solunması olmayan veya solunması yetersiz olan hastaların solumalarının ayarladığımız parametrelerle desteklenmesi veya sağlanmasıdır. Mekanik ventilatörler ise; soluma (inspirasyon ve ekspirasyon) işlemini tarafımızdan ayarlanan parametrelere göre otomatik olarak yaptıran elektronik, mekanik veya pnömatik kontrollü aygıtlardır.

Mekanik ventilatörlerin tarihçesine baktığımızda, 18. yüzyılın sonlarında, hastanın başı hariç aletin içine sokulduğu, elle veya ayakla çalışabilen negatif basınçlı ventilatörleri görüyoruz. Drinker 1928 yılında, “çelik ciğer” olarak da bildiğimiz klasik tank ventilatörü tanıttı<sup>(1)</sup>. 1930’lu yıllarda Amerika’da görülen polio salgınında yaygın olarak kullanım alanı buldu. Negatif basınçlı olan bu cihaz, çalışma prensibiyle fizyolojik solumaya benzemesine rağmen, çok fazla yer kaplaması, hastanın bakımının zor olması, hastaya uyumunun iyi olmaması ve hastanın rahatsız olması, negatif basınç nedeniyle dolaşımı etkilemesi, vb gibi yan etkilere de sahipti. Daha sonra sadece göğsü içine alan “Cuirass” tipi negatif basınçlı ventilatörler de üretilmiş olup son yıllarda bunların kullanımı tekrar gündeme gelmektedir. 1950’li yıllarda İskandinavya’daki polio epidemisinde ise endotrakeal intübasyon ve trakeostomi ile uygulanabilen pozitif basınçlı ventilasyon geliştirildi<sup>(2,3)</sup> ve 1960-1970’li yıllarda bugünkü modern pozitif basınçlı ventilatörler doğdu. Daha sonraki yıllarda teknolojiye paralel olarak bugünkü modern ventilatörler üretildi<sup>(2)</sup>.

Mekanik ventilatörleri, çalıştırıcı mekanizmaya göre (elektrik motorlu, pnömatik, yay gerilimli, ağırlıkla çalışma), negatif veya pozitif basınç kullanılmasına göre, soluk volümünün meydana gelişine göre (volüm hedefli veya basınç hedefli) veya ventilasyon periyoduna<sup>(4)</sup> göre olmak üzere değişik şekillerde sınıflamak mümkündür (Tablo I). Fakat modern

ventilatörlerin birçok sınıflamanın özelliğini bir arada bulunduran kompleks yapıları, basit bir klasifikasyonu zorlaştırmakta ve bu sınıflamaların önemini azaltmaktadır. Yine de tüm ventilatörler; inspirasyon, inspirasyondan ekspirasyona geçiş, ekspirasyon ve ekspirasyondan inspirasyona geçiş olmak üzere 4 faz içerirler (Tablo I). Bu dört fazın ayarlanması ile tidal volüm (Vt), frekans (f), inspirasyon zamanı (Ti), inspirasyon gaz akımı ve ekspirasyon zamanını (TE) meydana getirilir.

**Tablo I: Mekanik ventilatörlerin sınıflaması.**

A) Negatif basınçlı ventilatörler:
1) Tank ventilatörler (Çelik ciğer)
2) Cuirass tipi ventilatörler
B) Pozitif basınçlı ventilatörler:
I) Klasik ventilatörler
1) İnspirasyon karakteristikleri:
1) Doğrusal akımlı
2) Sinozoidal akımlı
3) Çıkıcı akımlı
4) İnici akımlı
5) Değişken akımlı
6) İnspirasyon sonunda plato içeren
2) İnspirasyondan ekspirasyona geçiş:
1) Zamana göre
2) Volüme göre
3) Basınca göre
4) Akıma göre
3) Ekspirasyon karakteristikleri:
1) Pasif
2) Negatif basınçlı
3) PEEP’li
4) Ekspirasyondan inspirasyona geçiş:
1) Zamana göre
2) Basınca göre
3) Hasta tarafından tetikleme (spontan solunumu olanlarda yardımcı ventilasyon).
II) Yüksek frekanslı ventilatörler
1) Yüksek frekanslı pozitif basınçlı ventilasyon (HFPPV)
2) Yüksek frekanslı jet ventilasyon (HFJV)
3) Yüksek frekanslı osilasyon (HFO)

### MEKANİK VENTİLASYONUN AMAÇLARI

Mekanik ventilasyon, özellikle yoğun bakımlarda akut ve kronik solunum yetersizliğinin tedavisinde,

ameliyathanelerde, acil servislerde, hasta transportunda, hatta evde solunum desteğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mekanik ventilasyonun tartışıldığı 1993 Konsensus Konferansında mekanik ventilasyonun amaçları şu şekilde sıralanmıştır<sup>(5)</sup>:

I) Fizyolojik amaçları:

A) Akciğer gaz değişimini desteklemek veya sağlamak

- 1) Alveolar ventilasyon (Arteriyel PCO<sub>2</sub> ve pH)
- 2) Arteriyel oksijenasyon (PaO<sub>2</sub> ve CaO<sub>2</sub>)

B) Akciğer volümlerini arttırmak

- 1) İnspirasyon sonu akciğer volümü
- 2) Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC)

C) Solunum işini azaltmak veya ortadan kaldırmak

- 1) Solunum kaslarını dinlendirmek

II) Klinik amaçları:

- 1) Hipoksiyi düzeltmek ( SaO<sub>2</sub> > % 90)
- 2) Akut solunumsal asidozu düzeltmek (Normal PaCO<sub>2</sub> düzeyinden ziyade)
- 3) Solunum sıkıntısını ortadan kaldırmak
- 4) Atektazileri önlemek veya ortadan kaldırmak
- 5) Solunum kasları yorgunluğunu ortadan kaldırmak
- 6) Sedasyon ve/veya nöromusküler bloğa imkan tanımak
- 7) Sistemik veya miyokard oksijen tüketimini azaltmak
- 8) İntrakraniyal basıncı (ICP'yi) düşürmek
- 9) Toraks duvarını stabilize etmek (Yelken göğüste).

## MEKANİK VENTİLASYON ENDİKASYONLARI

Mekanik ventilasyon, akut ve kronik solunum yetersizlikleri, ameliyathanelerde nöromusküler blok yapabilmek için, kafa-beyin travmalı hastalarda hiperventilasyon için, solunum kaslarını dinlendirmek için, ağır sedasyonda solunumu garanti etmek için, vs. uygulanabilir. Mekanik ventilasyon endikasyonlarını şu şekilde sıralayabiliriz<sup>(6)</sup>:

1. Solunum bozuklukları (göğüs duvarı, hava yolları ve akciğer parankimine ait);

Pnömoni, bronş astımı, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, akciğer kontüzyonu, ARDS, kistik fibroz, toraks travmaları, yelken göğüs, diyafragma ruptürü, kifoskolyoz, vs.

2. Santral sinir sistemi ve nöromusküler bozukluklar; Yüksek doz opioid, benzodiazepin, barbitürat kullanımı, travma, meningoensefalit, tümörler, beyin ödemi ve intrakraniyal basıncın arttığı durumlar, status epileptikus, santral hipoventilasyona yol açan durumlar, polinöritler,

miyastenia gravis, miyopatiler, zehirlenmeler, vs. 3.Dolaşım bozuklukları;

Kalp durması, septik şok, sol ventrikül yetersizliği bulguları olduğu durumlar, akut miyokard infarktüsü, vs.

## MEKANİK VENTİLASYONA BAŞLAMA KRİTERLERİ

Mekanik ventilasyona başlamak için Tablo II'de verilen kriterler kullanılsa da<sup>(7)</sup>, bu kriterler yalnız başlarına kesin endikasyon olamaz, spesifik klinik faktörler mutlaka göz önüne alınmalıdır<sup>(8)</sup>. Özellikle solunum sistemi, dolaşım sistemi, santral sinir sistemi ve hemopoetik sistemi içine alan tam bir klinik değerlendirme yapıp ondan sonra kriterleri de katarak mekanik ventilasyona karar vermelidir.

Tablo II: Ventilasyon desteğinin fizyolojik göstergeleri<sup>(7)</sup>.

Mekanizma	Normal değer	MV endikasyonu
Yetersiz alveolar ventilasyon		
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	35-45	> 55
pH	7.35-7.45	< 7.20
Yetersiz akciğer ekspansiyonu		
Tidal Volüm (Vt)(mL/kg)	5-7	< 5
Vital kapasite (VC)(mL/kg)	65-75	< 10
Sol. Frekansı (f)(f/dk)	12-20	> 35
Yetersiz kas gücü		
Maksimum inspirasyon basıncı(cmH <sub>2</sub> O)	-80-100	≥ -20
Vital kapasite(VC)(mL/kg)	65-75	< 10
Maksimum istekli ventilasyon(MVV)(L/dk)	120-180	< 2 x VE
Artmış solunum işi		
Dakika ventilasyonu(V) (L/dk)	5-6	> 10
Vd / Vt (%)	0.25 - 0.40	> 0.6
Hipoksemi		
PaO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub>	350-450	< 200
P(A-a)O <sub>2</sub> (mmHg) (% 100 oksijenle)	25 - 65	> 350

## MEKANİK VENTİLATÖRLERDE AYARLANMASI GEREKEN PARAMETRELER VE BUNLARIN ÖNEMİ

### İnspire edilen oksijen konsantrasyonu(FiO<sub>2</sub>)

Başlangıçta % 100 oksijenle başlansa da amaç kabul edilebilir PaO<sub>2</sub> (ya da SaO<sub>2</sub>) değerini sağlayacak en düşük oksijen yüzdesini vermek olmalı ve mümkünse FiO<sub>2</sub><0.6'da tutulmalıdır<sup>(2,9)</sup>. Uzun süreli yüksek konsantrasyonda oksijen kullanmakla oksijen toksisitesi oluşabilir. O halde; FiO<sub>2</sub> seçimi, hedeflenen PaO<sub>2</sub>, PEEP seviyesi, ortalama hava yolu basıncı ve hemodinamik duruma bağlı olacaktır.

**Solunum frekansı (f)**

Kontrolde modlarda ve yetişkinlerde sıklıkla  $f = 10-16/dk$ 'dır<sup>(2,9)</sup>. Restriktif solunum yetersizliği olanlarda nispeten yüksek  $f$  (20/dk gibi) gerekebilir. Çocuklarda ve bebeklerde 20-60 arasında uygulanabilir. Aslında  $f$  seçimi; seçilen ventilasyon moduna,  $V_t$ 'ye,  $V_d/V_t$  oranına, hastanın metabolik durumuna, hedeflenen  $PaCO_2$  seviyesine ve hastanın spontan soluma sayı ve derinliğine göre değişecektir. Yüksek frekanslarda ekspirasyon süresinin çok kısalmasına bağlı oto-PEEP oluşabileceği (barotravma riski) unutulmamalıdır. Ventilatörlerin büyük çoğunluğunda  $f$  direkt ayarlanır. Spontan modlarda ise  $f$  hasta tarafından belirlenir. Yüksek  $f$  durumlarında (hastanın ventilatörle boğuşması, MSS tutulmaları vs.) ileri derecede hiperventilasyon ve hipokarbi ( $PaCO_2 < 25$  mmHg) oluşabileceği unutulmamalıdır.

**Tidal volüm (Vt)**

Genellikle 7-10 mL/kg arasında uygulanırsa da, bunun üstünde (10-15 mL/kg-dikkat barotravma riski var) ve bunun altında (5 mL/kg-dikkat düşük FRC de ventilasyonun da zararlı etkisi var) uygulanması gereken durumlar da vardır<sup>(2,9)</sup>.  $V_t$  seçiminde akciğer/toraks kompliyansı, MV sistemin rezistansı, sistemde kompresyona bağlı volüm kaybı, oksijenasyon, ventilasyon ve baro/volüt travma riski gözönünde bulundurulmalıdır. Düşük tidal volümlerde ateletazilerin gelişebileceği unutulmamalıdır. Birçok ventilatörde  $V_t$  direkt ayarlanırken, bazılarında ise soluma dakika volümü ayarlanıp  $V_t = V / f$  formülü ile hesaplanıp oluşturulur. Basınç duyarlı modlarda ise  $V_t$  sabit olmayıp ayarlanan basınç desteği, hastanın kompliyansı, akım hızı ve hava yollarının rezistansı tarafından belirlenir.

**İnspirasyon zamanı(Ti), duraklama zamanı (Tpause) ve İ/E oranı**

$T_i$  ve  $\dot{I}/E$  seçimi ventilasyona hemodinamik cevap, oksijenasyon durumu ve spontan soluma durumuna göre yapılmalıdır. Genellikle ventilatörlerde  $f$  ve  $\dot{I}/E$  ayarlanarak inspirasyon ( $T_i$ ) ve ekspirasyon ( $T_e$ ) süreleri otomatik olarak oluşturulur. Bazılarında ise  $f$  ve  $T_i$  (bazılarında duraklama süresi –  $T_{pause}$ 'de) ayarlanır, ekspirasyon zamanı ve  $\dot{I}/E$  oranı otomatik olarak hesaplanır. Duraklama (pause) zamanının, inspirasyon zamanı içinde olduğu unutulmamalıdır.  $\dot{I}/E$  oranının normal değeri  $1/2$  dir<sup>(9)</sup>.  $\dot{I}/E$  oranının 1'den büyük olduğu

durumlarda ters oranlı ventilasyondan (inverse ratio ventilation) bahsedilir. Burada  $f$  de yüksek olursa kısalan  $T_e$ 'nin oto-PEEP'e (dolayısıyla hiperinflasyon ve barotravmaya) yolaçabileceği unutulmamalıdır.

**Dakika soluma volümü(V)**

$V_t$  ve  $f$ 'nin direkt ayarlandığı ventilatörlerde  $V = f \times V_t$  formülü ile hesaplanır ve oluşturulur. Bazılarında ise  $V$  ve  $f$  ayarlanıp,  $V_t = V / f$  formülü ile hesaplanır ve oluşturulur.

**Pik inspirasyon basıncı (Ppik)**

Barotravma yönünden çok dikkat edilmesi ve 40-45 cmH<sub>2</sub>O dan büyük basınçların uygulanmaması gerekir. Akciğerlerde hasar yönünden daha önemlisi inspirasyon sonu duraklama basıncıdır ( $P_{pause}$ ). Hava yolları rezistansının arttığı durumlarda  $P_{pik}$  çok artsa dahi bu basınç alveollere ulaşmayacağından  $P_{pause}$  daha önem kazanır. Barotravma riskini önlemek için  $P_{pause} < 35$  cmH<sub>2</sub>O olması gerekir<sup>(2,9)</sup>.

**Üst basınç sınırı**

Volüm kontrollü modlarda yüksek basınca bağlı akciğer hasarlarını önlemek için bir üst basınç emniyet sınırı konur ve genel olarak 50 cmH<sub>2</sub>O'ya ayarlanır<sup>(9)</sup>. Bu basınç sınırına ulaşıldığında inspirasyon sonlandırılıp ekspirasyon başlatılır. Bunun görsel ve işitsel uyarı sistemini tetiklemesi, olayın düzeltilerek hipoventilasyonun önlenmesi önemlidir. Bazı ventilatörlerde çalışma basıncı ayarlanarak ventilatörün yüksek basınç ve volüm oluşturması önlenir. Çok düşük tutulduğu durumlarda hipoventilasyon riski olabilir.  $P_{pik}$ , gaz akımının devam ettiği inspirasyon fazında, hava yollarında oluşan maksimal basınçtır. Volüm kontrol ventilasyonda ( $V_{CV}$ 'de)  $P_{pik}$ , hava yolları direnci, kompliyans ( $C$ ),  $V_t$ , pik gaz akımı ve gaz akım şekline bağlıdır. Basınç kontrollü ventilasyonda (PCV, PSV gibi)  $P_{pik}$ , yaklaşık olarak hedeflenen havayolları basıncına eşittir. İnci akım formunda inspirasyonun başında çok yüksek akım kullanıldığından  $P_{pik}$ , hedeflenen basıncı 1-3 cmH<sub>2</sub>O kadar aşabilir.

**Akım hızı ve şekli**

Akım hızı ve inspirasyon sonu duraklama zamanının gazların akciğer sahalarında dengeli bir şekilde dağılımında büyük önemi vardır. Hasta tarafından tetiklenen asiste volüm hedefli modlarda hastanın eforu, solunum işi ve ventilatöre uyum, seçilen pik inspiratuar

akım seviyesine bağlıdır. Mümkün olduğunca düşük akım hızları seçilmelidir. Asiste modlarda 40-100 L/dk akım hızı gerekirken, kontrole modlarda 40 L/dk'lık akım hızları yeterlidir. Genellikle kullanılan akım şekli kare akım ise de özellikle barotravma riskini azaltmak için pik basıncın düşürülmesi gereken hallerde  $Ti$ 'nin uzatılması ve düşük akım kullanılması yanında, inisi akım kullanılması gerekir. Burada inspirasyon başlangıcında akım hızı çok yüksektir (200 L/dk gibi), inspirasyonun sonunda ise çok düşer, hatta sıfıra yaklaşır. Böylece hava yolları rezistansına bağlı basınç (Prez) inspirasyon sonunda düşük kalır ve dolayısıyla  $P_{pik}$  daha düşük seyrederek (Çünkü  $P_{pik} = P_c + Prez$ ). Hava yollarının daraldığı durumlarda (bronş astımı gibi) yüksek akımlar Prez çok artırır, bu durumlarda düşük hızlı çıkıcı akım tercih edilmelidir.

### **Tetikleme duyarlılığı (sensitivite)**

Yardımlı ventilasyon modlarında mekanik ventilatör devreleri, valvler ve hava yollarına koyduğumuz tüpler, spontan solunuma karşı direnç oluşturarak soluma işini artırırlar ve zorlaştırırlar. Bu yüzden ventilatörün tetiklemesi, spontan solumaya izin verecek, fakat ventilatörün kendi kendini tetiklemesini önleyecek en duyarlı düzeyde olmalıdır. Bu genellikle -0.5 ile -1.5 cmH<sub>2</sub>O düzeyidir<sup>(9)</sup>. Son zamanlarda akım trigeri de devreye girmiştir.

## **MEKANİK VENTİLASYON MODLARI**

Öncelikle pozitif basınçlı ventilasyonun iki şekilde yapıldığını belirtmeliyiz. Biri klasik ventilasyon, diğeri ise yüksek frekanslı ventilasyon. Yüksek frekanslı ventilasyon çok farklı bir prensiple çalıştığı ve kullanım alanı daha sınırlı olduğu için kısaca tarif edilip geçilecektir. Klasik pozitif basınçlı ventilasyonu anlatırken volüm hedefli ve basınç hedefli solunumu, ayrıca kontrollü ve yardımlı solunumu kısaca açıklamak gerekir.

Volüm hedefli (volüm ayarlı, volüm kontrollü) mekanik ventilasyonda ventilatör, daha önceden ayarlanan volümü (ayarlanan gaz akım hızı, şekli ve zamanda) verir (garanti eder). Dolayısıyla  $V_t$  sabit olup, hava yolları basıncı hastanın solunum mekaniklerine göre (kompliyans, rezistans, akım hız ve şekli) değişecektir. Basınç hedefli (basınç ayarlı, basınç kontrollü) mekanik ventilasyonda ise ventilatör, daha önceden ayarlanan bir basıncı garanti ederken,  $V_t$  hastanın solunum

mekaniklerine (kompliyans, rezistans, akım hızı ve şekli) göre değişecektir<sup>(1,2,9)</sup>. O halde bizim için belirli bir  $V_t$  önemli ise volüm hedefli, basınç önemli ise (ARDS de barotravmadan kaçınmak, bronko-plevral fistüllerde kaçağı kompanse etmek, vs) basınç hedefli modları seçmeliyiz.

Kontrolle modlar; solunması olmayan ya da değişik nedenlerle nöromusküler bloker verilerek solunması durdurulmuş hastalarda, ventilasyonun tamamen ventilatör tarafından sağlandığı, soluma için hasta eforunun olmadığı mekanik ventilasyon modlarıdır. Yardımlı modlar ise, hastanın solunmasının olduğu, fakat yetersiz kaldığı durumlarda solunmanın ventilatör tarafından desteklendiği modlardır. Eskiden genellikle kontrole modlar kullanılırdı ve hastalar ventilatörden ayrılacağı dönemde yardımlı modlara geçilirdi. Bu yüzden yardımlı modlar ventilatörden ayırma (weaning) modu olarak bilinirdi. Bugünkü görüş, uyanık sedasyon ve yardımlı modlar ile hastaların ventile edilmesi olup mutlak gerektiği zaman kontrole modlara geçmektir. Modların bazı ayırıcı özellikleri Tablo III'te özetlenmiştir. Klinikte yardımlı (asiste) modların amaçları: a) Hasta ve ventilatör aktivitelerini senkron hale getirmek, b) Sedasyon ihtiyacını azaltmak, c) Solunum kaslarının atrofisini önlemek, d)  $MV$ 'nin kardiyovasküler etkilerini minimize indirmek, e)  $MV$ 'den ayırmayı kolaylaştırmaktır.

Mekanik ventilasyon modlarını aşağıdaki gibi sınıflayabiliriz:

A) Yardımlı modlar:

- 1) Asiste solunum (Assisted Ventilation - AV)
- 2) Asiste-kontrollü solunum (Assist-Control Ventilation - ACV)
- 3) Aralıklı mecburi ventilasyon (IMV), Senkronize IMV (SIMV)
  - a) Volüm kontrollü
  - b) Basınç kontrollü
- 4) Basınç destekli ventilasyon (Pressure Support Ventilation - PSV)
- 5) Devamlı pozitif havayolu basıncı (CPAP), Ekspirasyon sonu pozitif basınç (PEEP)
- 6) Airway Pressure Release Ventilation – APRV (Hava yolu basıncının kaldırılması şeklinde ventilasyon) ve Bifazik aralıklı pozitif havayolu basıncı (Biphazic Intermittant Airway Pressure - BIPAP = Bifazik CPAP)
- 7) Mecburi dakika ventilasyonu (Mandatory Minute Ventilation - MMV)

**Tablo III:** Ventilatör modları ve özellikleri.

Modlar	İnspirasyondan ekspirasyona geçiş				Ekspirasyondan inspirasyona geçiş		Spontan solunuma izin verme	Vent.'den ayırma modu
	Volüm	Zaman	Basınç	Akım	Zaman	Basınç		
CMV	+				+			
AC	+				+	+		
IMV	+				+		+	+
SIMV	+				+	+	+	+
PSV				+		+	+	+
PCV			+		+			
MMV							+	
PC-IRV			+		+			
APRV		+			+		+	
HFJV		+			+		+	

**B) Kontrole modlar :**

- 1) Kontrole mekanik ventilasyon (Controlled Mechanical Ventilation - CMV)
  - a) Volüm kontrollü ventilasyon (Volume Controlled Ventilation - VCV)
  - b) Basınç kontrollü ventilasyon (Pressure Control Ventilation - PCV)
  - c) Ters oranlı ventilasyon (Inverse Ratio Ventilation - IRV)
    - Volüm kontrollü IRV ( VC-IRV)
    - Basınç kontrollü IRV ( PC-IRV)

**C) Yüksek frekanslı ventilasyon (HFV):**

- a) Yüksek frekanslı pozitif basınçlı ventilasyon (High-frequency positive pressure ventilation - HFPPV)
- b) Yüksek frekanslı jet ventilasyon (High-frequency jet ventilation-HFJV)
- c) Yüksek frekanslı osilasyon (High-frequency oscillation -HFO)

**Yardımlı solunum****Asiste solunum (Assisted Ventilation - AV)**

Hastanın solunum eforu ile tetiklenen (f hasta tarafından belirlenir) ve ventilatörün Vt'yi belirlediği ventilasyon modudur. Desteksiz spontan solunuma izin vermez. Ventilasyon desteği volüm hedefli veya basınç hedefli olabilir. Spontan solunması olan, şuuru açık hastaların kısa süreli ventilasyonu için önerilir. Hiperventilasyon olabilir. Apne durumunda ise ventilatör ventilasyonu sağlamaz(kontrole moda geçmez).

**Asiste kontrollü ventilasyon (Assisted - Control Ventilation - ACV):**

Sık kullanılan modlardandır. Asiste solunumda olduğu gibi, hasta tarafından tetiklenen (f hasta tarafından

belirlenir), Vt'nin ventilatör tarafından belirlendiği ventilasyon modudur. Spontan desteksiz solunuma izin vermez. Ayrıca apne durumunda, ventilatör önceden belirlenen f ve Vt'de kontrole solunuma devam eder<sup>(1,2,9,10)</sup>. Hastanın tetikleme yoksa ventilatör daha önceden ayarlanan frekans ve Vt (ya da basınç)'de ventilasyon uygularken, hasta solunma eforu yaptığı anda ventilatör bunu algılar ve hastaya uyar biçimde önceden ayarlanan volüm veya basınçta ventilasyon uygular. Hastanın her eforunda tetikleme olacağından, hastanın desteksiz

solunmasına izin vermez. İki şekilde uygulanır:

- a) Volüm hedefli(sikluslu) asiste kontrollü ventilasyon: Vt, inspirasyon akım hızı, akım şekli, duyarlılık ve kontrol f ayarlanır. Ventilatörlerin çoğu bu modu kullanır.
- b) Basınç hedefli (sikluslu) asiste kontrollü ventilasyon: Basınç destek seviyesi, Ti, f ve duyarlılık ayarlanır.

Avantajları hasta ile ventilatörün senkron çalışması, her bir solumada destek ve apne durumunda ventilatörün daha önceden ayarlanan kontrollü moda geçmesidir. Dezavantajları özellikle ventilasyon ihtiyacının arttığı durumlarda akım ve duyarlılık ayarı yetersiz kalabilir ve uyumsuzluk oluşabilir. Şuuru açık uyanık hastalarda uyum zorluğu olabilir. Solunumsal alkalozu yol açabilir. Eğer basınç sikluslu AC kullanılırsa Vt değişir (rezistans, C ve uyumsuzluk durumuna göre).

**Aralıklı zorunlu ventilasyon (Intermittent Mandatory Ventilation - IMV) ve Senkronize IMV (SIMV)**

Spontan ve kontrollü solunum kombinasyonudur. Ventilatör önceden belirlenen zorunlu solunmaları yaptırırken, arada ventilatör desteği olmayan spontan solunuma izin verir<sup>(2,3,9)</sup>. Hem volüm hedefli hem de basınç hedefli uygulanabilir. SIMV ise, zorunlu solunmaların duyarlılık ayarı ile hasta tarafından tetiklenmesi, böylece

hasta ile ventilatörün senkronize olmasıdır. Hasta tetiklemez ise IMV uygulanır. Ayrıca, zorunlu solunumlar dışındaki spontan solunumlarda basınç hedefli olarak desteklenebilir (SIMV + PS). (S)IMV hem bir ventilasyon modu, hem de ventilatörden ayırma modudur<sup>(1)</sup>.

Ayarlanması; Volüm kontrollü SIMV’de Vt, ventilatörün uygulayacağı zorunlu f, akım hızı ve/veya Ti, duyarlılık ayarlanır. Basınç kontrollü SIMV’de ise, basınç destek seviyesi, Ti, zorunlu f, duyarlılık ayarlanır.

Avantajları;

- Belirli oranda zorunlu ventilasyon yaptırırken, hasta ventilasyonunu istediği oranda arttırabilir,
- SIMV, minimal soluma desteğinden kontrole solumaya kadar destek verebilir,
- Ventilatörden ayırma modu olarak kullanılabilir,
- Ortalama hava yolu basıncı düşüktür.

Dezavantajları;

- IMV’de hasta ile ventilatörün uyuşmaması,
- Hiperventilasyon ve solunumsal alkaloz,
- Solunum işinde artma(yetersiz akım hızı, devrelerin rezistansı, valvler, vs.)
- KOAH’ta dinamik hiperinflasyon.

#### *Basınç destekli ventilasyon (Pressure Support Ventilation – PSV)*

PSV, her bir solunması hasta tarafından tetiklenen, basınç destekli, akım kontrollü (sikluslu) bir yardımcı solunum modudur<sup>(9)</sup>. Spontan soluyan hastalarda endotrakeal tüp veya ventilatör + solunum devrelerine bağlı artmış inspiratuar rezistansı yenmek için dizayn edilmiştir. Hastanın tetiklemesi esas olduğundan apne durumunda riskli olabilir. Basınç kontrollü AC’de inspirasyon zaman sikluslu iken PSV’de ekspirasyon inici akım sifıra yaklaştığı yerde başlar. Bu yüzden Ti hastanın eforuna bağlıdır.

Ayarlanması; Basınç seviyesi ve duyarlılık ayarlanır. Apne durumunda mecburi ventilasyon yoktur. Bazı ventilatörler apne durumunda kontrole modlara geçebilmektedir. Ya da SIMV + PSV şeklinde kullanılabilir.

Avantajları;

- Hasta ile ventilatör uyumu (senkronizasyonu) ACV ve SIMV’ye göre daha iyidir. Hastaların çoğu iyi tolere eder.
- Basınç seviyesine göre istenen oranda solunum işini düşürebilir.
- Tüplere ve valvlere bağlı ekstra solunum işini kompanse etmek için de kullanılabilir.

- Minimal destekten tam kontrollü solumaya kadar istenen oranda destek sağlayabilir.
- Ventilatörden zor ayrılan hastalarda başarıyla kullanılabilir.

Dezavantajları;

- Vt kontrol edilemez (solunum mekanikleri, f, uyumluluk vs. ye bağlı değişir). Bu yüzden iyi monitorizasyon gerekir.
- Hipoventilasyon gelişebilir.
- Yüksek havayolu rezistanslı olgularda zor tolere edilir.

#### *Devamlı pozitif havayolu basıncı ( Continuous Positive Airway Pressure – CPAP)*

Spontan solunumda, hem inspirasyon hem de ekspirasyon süresince hava yollarına sabit bir pozitif basınç uygulanmasıdır. Amaç, akciğer volümlerini ve oksijenasyonu arttırmak, alveolleri açık tutup, atelektazileri önlemek veya açmaktır<sup>(1,2,3,9,10)</sup>. Sistem ya yüksek akımla çalışır, ya da bir demand valv sistemi ile çalışır.

Ayarlanması; Sabit basınç seviyesi, akım hızı, FiO<sub>2</sub>, (demand valv olanlarda duyarlılık seviyesi) ayarlanır.

Avantajları;

- Azalmış akciğer volümlerine bağlı hipoksemilerde oksijenasyonu artırır.
- Kollabe olan akciğer alanlarını açar ve açık tutar.
- Solunum işini azaltır (özellikle oto-PEEP olduğunda).

Riskleri (Yüksek CPAP seviyelerinde);

- Hiperinflasyon,
- Artmış solunum işi.

#### *Ekspirasyon sonu pozitif basınç (Positive End Expiratory Pressure – PEEP)*

Pozitif basınçlı ventilasyon modlarında, ekspirasyonda belli bir basıncın altına inilmesine izin verilmemesidir<sup>(9,10)</sup>. Ekspirasyona karşı kullanılan bu basınç, su seviyesi ile, yay basıncı ile, top ağırlığı ile, basınçlı bir balon veya diyafragm ile ya da ventilatörün ekspirasyon havası çıkışına karşı bir gaz akımı sağlanarak oluşturulabilir. Fayda ve zararları CPAP’deki gibidir. CPAP ya da PEEP’in amacı, ortalama hava yolu basıncını arttırmak, atelektazileri önlemek, akciğerleri açmak ve fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC)’yi arttırıp oksijenasyonu arttırmaktır<sup>(1,2,3,9)</sup>. Aynı zamanda kalbe venöz dönüşü azaltır. Yine oto-PEEP’in sebep olduğu soluma işindeki artmayı ortadan kaldırarak oksijen

tüketimini azaltır. ARDS gibi ağır durumlarda optimal-PEEP (Best-PEEP); FiO<sub>2</sub>, hedeflenen PaO<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) veya oksijen sunumu göz önünde bulundurularak ayarlanmalıdır. Optimal-PEEP, minimal kardiyovasküler bozukluk yaparken hedeflenen oksijenasyonu sağlayan en düşük PEEP seviyesidir<sup>(9)</sup>. Ya da, basınç-volüm eğrilerindeki alt infleksiyon noktası veya bu noktanın hemen üzerinde(2 cmH<sub>2</sub>O) olacak bir basınçtır<sup>(9)</sup>. Bu da, genellikle 8-12 cmH<sub>2</sub>O arasıdır. Barotravma riskini önlemek için yüksek PEEP seviyelerinden (süper-PEEP = 20-25 cmH<sub>2</sub>O) kaçınılmalıdır.

CPAP ve PEEP'in pulmoner etkileri:

- FRC artar,
- Tidal ventilasyon "closing" kapasitenin üzerine çıkar,
- Kompliyans ( C ) artar,
- Ventilasyon / perfüzyon (V/P) oranı düzelir,
- Şant oranı azalır,
- Oksijenlenme artar.

Aşırı CPAP ve PEEP;

- Alveolleri aşırı şişirebilir,
- Bronşlar aşırı genişler (Ölü boşluk solunumu artar),
- Kompliyans düşer,
- Solunum işi artar,
- Kapillerler üzerine aşırı basınç mikrosirkülasyonu bozar, sağ ventrikül etkilenir,
- 20 cmH<sub>2</sub>O'nun üzerinde barotravma riski çok artar (hava kistleri, pnömomediastinum, pnömo-perikardiyum, subkutanöz amfizem, pnömo-peritoneum, pnömoretroperitoneum, bronkoplevral fistül, vs.).

#### *Airway Pressure Release Ventilation (APRV)*

Spontan soluyan ve CPAP uygulanan hastalarda alveolar ventilasyonu arttırmak için aralıklı olarak CPAP'ın azaltılması veya kaldırılmasıdır. Yüksek basınçlı dönemler(ventilatörün inspirasyon süresi), düşük basınçlı dönemlerden daha uzundur(IRV'deki gibi, IRV'den farkı spontan solumanın olmasıdır<sup>(2)</sup>). Aralıklı olarak CPAP'ın azaltılması veya kaldırılması akciğerlerin boşalmasına (ekspirasyon) yol açarak ventilasyonu artırır.

APRV, spontani olmayan hastalarda PC-IRV'ye benzer ve düşük kompliyanslı ve yüksek pik havayolu basınçlı hastalarda PC-IRV'nin alternatifidir<sup>(2)</sup>. Fakat spontan solumaya izin verdiği için farklı bir karakter arzeder. APRV'de pik basınç düşer, böylece barotravma riski azalır, kardiyovasküler yan etkiler minimal olur.

APRV'de yüksek basınç seviyesi (10-15 cmH<sub>2</sub>O), düşük basınç seviyesi (0-10 cmH<sub>2</sub>O), Ti (3-5 sn) ve TE (1.5 -2 sn) ayarlanır.

APRV hem ventilatör ile, hem de CPAP devrelerine ilave edilecek zaman ayarlı bir açma-kapama valvi ile uygulanabilir.

#### *Bifazik CPAP ( Bilevel Intermittant Positive Airway Pressure - BIPAP )*

Aslında APRV'ye benzer. İki seviyeli bir CPAP olarak düşünülmüştür. APRV'den farkı, I/E oranıdır. Düşük basınç uygulanan dönem, yüksek basınç uygulanan dönemden daha uzundur. Daha çok noninvaziv ventilasyon modu olarak bilinir.

#### *Zorunlu dakika ventilasyonu ( Mandatory Minute Ventilation – MMV)*

Spontan soluyan hastanın ekspire edilen dakika ventilasyonu önceden ayarlanan seviyenin altında kalırsa, ventilatör buna ulaşmak için yine önceden ayarlanan volüm(SIMV) veya basınçta (PSV) ve yeterli sayıda mekanik soluma sağlar. Böylece spontan + mekanik solumaların toplamı önceden ayarlanan dakika ventilasyonu sağlar. O halde burada hedef ekspire edilen dakika volümüdür(VE). MMV'yi uygulayabilmek için, hastanın desteksiz spontan dakika volümü, gerekenin en az yarısı kadar olmalıdır.

#### **Kontrolle mekanik ventilasyon (CMV) (Controlled Mechanical Ventilation, Continuous Mandatory Ventilation-Devamlı mecburi ventilasyon)**

Hastanın solunum eforundan bağımsız olarak önceden seçilen bir frekansta(f) MV uygulanır. Ventilatör zaman siklülü olup hasta spontan olarak soluyamaz. Bu yüzden ya hastanın spontan solunumu olmamalı, ya da hiperventilasyon, sedasyon ve/veya nöromusküler bloker kullanılmalıdır. Spontan soluma olmadığı için kaza ile ventilatörden ayrılma, ölüme götüren sonuçlar doğurabilir<sup>(1,2,9)</sup>.

Şu şekillerde uygulamak mümkündür

- A) Volüm kontrollü MV: Frekans (f) , Vt ve I/E önceden ayarlanır, Ppik ise hastanın havayolları rezistansı, akciğer ve toraks kompliyansı, akım hızı ve şekline göre değişir.
- B) Basınç kontrollü MV: Frekans(f), basınç(P) ve I/E önceden ayarlanır, Vt ise hastanın havayolları rezistansı, akım hızı ve şekline göre değişir.

C) Ters oranlı ventilasyon (Inverse Ratio Ventilation = IRV): Kontrollü ventilasyon modlarının I/E oranının 1'den büyük olduğu, dolayısıyla Ti'nin TE'yi aştığı durumlar olup, I/E 1/1 ile 4/1 arasında kullanılabilir (2,9). İki şekilde uygulanabilir; a) Volüm kontrollü IRV (VC-IRV), b) Basınç kontrollü IRV (PC-IRV). Amaç, daha iyi alveolar ventilasyon (FRC artar) ve oksijenasyon sağlarken, pik basıncı düşürmektir. ARDS gibi ağır diffüz akciğer hastalığı olan ve yüksek PEEP'e rağmen oksijenasyonu kötü olan olgularda kullanılır. Ağır sedasyon ve/veya nöromusküler bloker gerektirebilir. Ti'nin artması ve TE'nin kısılması ile birlikte akciğerler tam boşalamaz, ortalama havayolları basıncı artar, dolayısıyla intratorasik basınç da artar, bu da kardiyak output'u azaltarak hipotansiyona sebep olabilir.

### **Yüksek frekanslı ventilasyon (High Frequency Ventilation-HFV)**

HFV, düşük tidal volümlerle (1-3 mL/kg) yüksek frekansta (100-3000 /dk) uygulanan ventilasyondur (2,9). Üç şekilde uygulanabilir:

- a) High Frequency Positive Pressure Ventilation (HFPPV): 60-120 /dk frekansta uygulanır.
- b) High Frequency Jet Ventilation (HFJV): 80-300 /dk. frekansta uygulanır.
- c) High Frequency Oscillation (HFO): 600-3000/dk frekansta uygulanır.

Gaz transport mekanizması klasik ventilasyondan ( $VA = f (Vt - Vd)$ ) farklı olup, burada  $Vt < Vd$  dir. Gaz değişimi için koaksiyel akım, Taylor dispersiyonu, pendelluft ve arttırılmış moleküler difüzyon teorileri ileri sürülmüştür.

HFV'de; f, Ti ve çalışma basıncı ayarlanır.

Yukarıda sayılan MV modları kombine edilerek ve/veya farklı özellikler ilave edilerek değişik şekillerde isimlendirilmiş modlar da mevcuttur. Bunlar arasında "proportional assist ventilation (PAV)", "pressure regulated volume control (PRVC)", vs. sayılabilir. Bu modların amacı, basınç hedefli iken, istenen tidal volümü de garanti etmek, sadece aşırı basınç artışlarında tidal volümü kesmek ve alarm vermektir. Böylece bir taraftan hipoverilasyondan kaçınılırken, aşırı basınç artmasının getireceği barotravma ve volütravmadan kaçınılmaktır.

## **MEKANİK VENTİLASYONUN KOMPLİKASYONLARI**

Mekanik ventilasyon hayat kurtarıcı bir uygulama olmasına rağmen, bir çok komplikasyonu da beraberinde getirir. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür:

1) İntübasyona bağlı komplikasyonlar: İntübasyon esnasında, hava yolları travması, taşikardi ve hipertansiyon, hipoksi ve hiperkarbi, kafa içi basınç artması, bronkospazm, özofagus intübasyonu, aspirasyon, boyun omurlarında kırılmalar ve sublüksasyon ortaya çıkabilir. İntübe kaldığı süre içinde ise, trakeal tüpün yer değiştirmesi, çıkması, aspirasyon, solunum işinin artması, trakea travması, yırtılması olabilir. Ekstübasyon esnasında ve sonrasında ise, boğaz ağrısı, zor ekstübasyon, laringospazm, laringeal ve subglottik ödem, vokal kord paralizisi, aspirasyon, laringeal ve trakeal ülserasyon ve granuloma, trakeomalazi, fibroz ve trakeal stenoz ortaya çıkabilir (11).

2. Pozitif basınçlı ventilasyona bağlı komplikasyonlar,

a. Barotravma ve Volütravma: Yüksek hava yolu basınçlarında alveolar membran birleşim yerlerinde bozulmalar, pulmoner interstityumda hava kaçaklarının olduğu, bu kaçakların pnömomediastinit, pnömomediastinum, subkutan amfizem ve pnömo-toraksa neden olduğu bilinmektedir. Son dönemlerde akciğerde oluşan bu hasarın nedeninin, yüksek basınçtan çok akciğerin yüksek hacimle dolup gerilmesi sonucu yani "volütravma" olduğu görüşü hakimdir (12-24). Yüksek tidal volümlerle (15 mL/kg üzeri) mekanik ventilasyon uygulandığında akveollerde hemoraji, nötrofil infiltrasyonu, makrofaj, tip II pnömonosit proliferasyonu, interstistisiyel konjesyon, lenfosit infiltrasyonu ve hyalen membran formasyonu olduğu gösterilmiştir (12-14). Akciğer volümlerine bağlı hava yolu ve alveollerdeki gerilme transalveolar basınçla yakından ilişkilidir

b. Atelektotravma: Mekanik ventilasyona bağlı akciğer hasarında alveollerde ve terminal hava yollarında açılma ve kapanma sonucu mikroskopik yırtılmalar olur. Bu olay atelektazik akciğer ünitelerinin her bir inspirasyonda yüksek basınç ve volüm ile açılıp, ekspirasyonda tekrar kapanmasıyla karakterizedir. Düşük tidal volümlerle uygulanan mekanik ventilasyon atelektotravmanın en büyük nedenidir. Düşük tidal volümlerle uygulanan mekanik ventilasyon esnasında yeterli PEEP



kullanılırsa bu yırtılmalar engellenebilir (12-14).

c.Biyotravma: Son yıllarda ventilatöre bağlı akciğer hasarında inflamatuvar hücrelerin ve mediyatörlerin de önemli rol oynadığı gösterilmiştir. Sürfaktanın azaldığı, pulmoner permeabilitenin arttığı, ödem, nötrofil infiltrasyonu, hyalen membran oluşumu ve bu patolojilere eklenen barotravma sonucu periferik kanda granülositlerin azaldığı, akciğerlerde ise yoğunlaştığı gösterilmiştir. Bunun sonucunda oluşan hasara ise biyotravma denmektedir(12-14).

d.Oksijen toksisitesi: Çalışmalarda,  $FiO_2 < 0.5-0.6$  iken oksijen toksisitesinin görülmediği,  $FiO_2 > 0.9$  iken 36-48 saatin altındaki uygulamalarda bile minimal hasar oluştuğu gösterilmiştir. Yenidoğan ve prematürelde  $FiO_2 > 0.6$  ise 48 saatin sonunda oksijen toksisitesi oluşmaya başlar, bunlardan en sık görüleni yenidoğanın retrolental fibroplazisidir(1,2,9,12,13).

e.Kardiyovasküler komplikasyonlar: Pozitif basınçlı ventilasyon öncelikle venöz dönüşü engeller, pulmoner vasküler direnci artırır, PEEP'inde eklendiği durumlarda sağ ventrikülün boşalmasını engelleyerek intraventriküler septum hareketini sınırlar. Bu da sol ventrikül kompliyansını düşürür, sonuçta kardiyak output ve arteryal basınç düşer(12,13).

3.Sedasyon ve nöromusküler bloğun yan etkileri: Sedasyona bağlı gelişen vasodilatasyon sonrasında hipotansiyon gelişebilir. Nöromusküler blokerler ise hastayı hareketsiz hale getirdikleri için, ateletazilere, kas atrofilerine neden olurlar(12,13).

4.Mekanik ventilasyon için uzun süreli sedatif ilaçların, nöro-musküler blokerlerin ve opioidlerin kullanılması gastrointestinal sistem motilitesinin bozulmasına neden olurlar ve beslenme problemleri ortaya çıkar(12,13).

5.İntrakraniyal basınç artışına neden olurlar ve bu da beyin perfüzyon basıncında düşmeye neden olur(12,13).

6.Mekanik ventilasyon intrarenal kan akımını azaltır, vücutta tuz tutulmasına neden olur.

7.Mekanik ventilasyona bağlı gelişen nozokomiyal pnömoniler. Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda entübasyondan 48 saat sonra oluşan pnömonilere ventilatöre bağlı gelişen pnömoniler (VAP) denir. Bu oran %20'dir. Uygulama süresi uzadıkça her gün için bu oran %1 artar(12,13).

## MEKANİK VENTİLASYON GEREKTİREN HASTALARIN BAKIMI

Mekanik ventilasyon tedavisi süresince ventilatöre ve hastaya ait parametrelerin monitörizasyonu yapılmalıdır. Böylelikle ventilatör hasta etkileşiminden doğacak komplikasyonların önlenmesi sağlanacaktır(15).

1.Entübasyon tüpünün veya trakeostomi kanülünün lokalizasyonunun doğrulanması ve tespiti,

2.Başlangıç ventilatör parametrelerinin ayarlarının yapılması,

3.Sedasyon ve paralizi,

4.Monitorizasyon:

- EKG, arter kan basıncı, santral ven basıncı, pulmoner arter basıncı,
- Arter kan gazları,  $SpO_2$ ,  $ETCO_2$ ,
- Sıvı balansı,
- Akciğer grafisi,
- Solunum sesleri, solunum frekansı
- Hava yolu basınçları (Ppeak, Ppause, Pmean), I/E oranı
- Ekspire edilen tidal volüm,
- $FiO_2$
- Vücut ısısı

## KAYNAKLAR

1. Pilbeam SP. Mekanik Ventilasyon. Fizyolojik ve Klinik Uygulamalar. Çevirenler; Çelik M, Yalman A, Besler MP, ve ark. Logos Yayıncılık, İstanbul. 1998;3-17.
2. Papadakos PJ, Lachmann B. Mechanical ventilation. In: Papadakos PJ, Szalados JE, eds. Critical Care. The Requisites in Anesthesiology. Elsevier Mosby. 2005;181-189.
3. Goldstone J. Mechanical ventilation: the basics. In: Davidson C, Treacher D, eds. Respiratory Critical Care. Arnold. 2002;21-31.
4. Chatburn RL, Volsko TA. Mechanical ventilators. In: Wilkins RL, Stoller JK, Scanlan CL, eds. Egan's Fundamentals of Respiratory Care. 8 th Edition. Mosby. 2003;929-962.
5. Slutsky AS: Consensus conference on mechanical ventilation (1993). Intensive Care Med 1994; 20:64-79.
6. Estaban A, Anzeto A, Alia I, ve ark. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? Am J Respir Crit Care Med 2000;161:1450-1458.
7. Christie HA, Goldstein LS. Respiratory failure and the need for ventilatory support. In: Egan's Fundamentals of Respiratory Care, Wilkins RL, Stoller JK, Scanlan CL, eds. Mosby, 2003;913.
8. Hyzy RC, Popovich J. Mechanical ventilation and weaning.

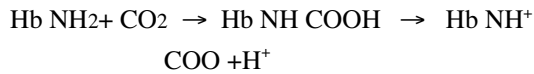
- In: Carlson RW, Geheb MA, eds. Principles and Practice of Medical Intensive Care, WB Saunders Comp. Philadelphia 1993;924-943.
9. Shelledy DC, Peters JI. Initiating and adjusting ventilatory support. In: eds. Wilkins RL, Stoller JK, Scanlan CL. Egan's Fundamentals of Respiratory Care. Eight Edition. Mosby. 2003;1003-1057.
  10. McIntyre NR. Assist-control mechanical ventilation. In: Fink MP, Abraham E, Vincent JL, Kochanek PM, eds. Textbook of Critical Care. 5 th Edition. Elsevier-Saunders. Philadelphia 2005; 497-504.
  11. Otto CW. Tracheal intubation. In: Nunn, Utting, Brown, eds. General Anaesthesia. Butterworths, 1989;512-539.
  12. Corbridge TC, Wood LDH, Crawford GP, ve ark. Adverse effects of large tidal volume and low PEEP in canine acid aspiration. Am Rev Respir Dis 1990;142:311.
  13. Malbouisson LM, Muller JC, Constantin JM, ve ark. Computed tomography assessment of positive end-expiratory pressure-induced alveolar recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. Am J Respir Crit Care Med 2001;163:1444-1450.
  14. Köksal GM, Uzan R, Öz H. Tavşanlarda mekanik ventilasyon stratejilerinin hemodinami, hava yolu basınçları ve arter kan gazlarına etkileri. Türk Anest Rean Cem Mecmuası 2002;30: 105-110.
  15. Plevak DJ, Wand JJ. Airway management. In: Burton GG, Hodgins JE, Wards JJ, eds. Respiratory Care-A Guide to Clinical Practice. 3rd Ed. JB Lipponcott, Philadelphia, 1991;501-512.

## DÜZELTME

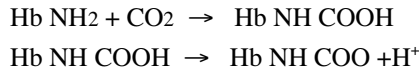
SOLUNUM dergisi Cilt: 7, Sayı: 4, Ekim 2005, Sayfa 163-166'da yayınlanmış olan "HEMOGLOBİNİN TOPLARDAMAR KANINDAKİ İŞLEVİ" adlı makalede Uzman Asistan Bengü Cinemre'nin isteği üzerine aşağıdaki gibi değiştirilmiştir.

1. Sayfa 164. sütun 1. satır 13-14

### *Yanlış*



### *Doğru*



2. Sayfa 164 sütun 1. satır alttan 7

### *Yanlış*

Karbonik asitin oluşması gibi iyonlaşması da alyuvarda plazmadakinden kolaydır; çünkü alyuvar kuru kütlelerinin % 90 ını oluşturacak olağanüstü yoğunluktaki<sup>(23)</sup> hemoglobin, oluşan *eksi* yüklü hidrojenleri hemen, 1) oksilabil (izohidrik) ya da 2) oksistabil (heterohidrik) olarak yakalar<sup>(20)</sup>.

### *Doğru*

Karbonik asitin oluşması gibi iyonlaşması da alyuvarda plazmadakinden kolaydır; çünkü alyuvar kuru kütlelerinin % 90 ını oluşturacak olağanüstü yoğunluktaki<sup>(23)</sup> hemoglobin, oluşan *arti* yüklü hidrojenleri hemen, 1) oksilabil (izohidrik) ya da 2) oksistabil (heterohidrik) olarak yakalar<sup>(20)</sup>.

3. Sayfa 165 sütun 2 satır alttan 9

### *Yanlış*

Kana CO<sub>2</sub> eklenmesi sonucunda karbamatlaşan ya da anyonik kökleri azalan hemoglobin moleküllerinin osmotik etkinliklerinin değişmesi söz konusu değildir. Oysa ven kanında, iki önemli anyonun ( bikarbonatla *hemoglobınokarbamatın* ) alyuvar içi / alyuvar dışı oranı büyümüş, öyleyse osmotik etkinlik alyuvar içinde alyuvar dışına göre artmıştır. Bunun sonucunda alyuvarlar su çekerek şişerler; ven hematokritinin arter hematokritinden % 0.3 yüksek<sup>(19)</sup> olmasının nedeni budur.

### *Doğru*

Kana CO<sub>2</sub> eklenmesi sonucunda karbamatlaşan ya da anyonik kökleri azalan hemoglobin moleküllerinin osmotik etkinliklerinin değişmesi söz konusu değildir. Oysa ven kanında, iki önemli anyonun ( bikarbonatla *klorürün* ) alyuvar içi / alyuvar dışı oranı büyümüş, öyleyse osmotik etkinlik alyuvar içinde alyuvar dışına göre artmıştır. Bunun sonucunda alyuvarlar su çekerek şişerler; ven hematokritinin arter hematokritinden % 0.3 yüksek<sup>(19)</sup> olmasının nedeni budur.