

# Çocuklarda Temel Mekanik Ventilasyon

## Basic Mechanical Ventilation in Children

Gökhan KALKAN, Emine AKKUZU

Gazi Üniversitesi Hastanesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara, Türkiye



### ÖZET

Solunum sistemi ile ilgili hastalıklardan ve solunum yetersizliğinden kaynaklanan ölüm, çocuk ölümlerinin başta gelen nedenlerindedir. Bu derlemede mesleği gereği sürekli çocuk yoğun bakım hastası takip etmeyen ama gerektiğinde bu hastalarla ilgilenen hekimlerin mekanik ventilasyonla ilgili özellikle uygulamaya yönelik endişelerini gidermek hedeflenmiştir. Sık kullanılmayan anlaşılması güç detaylardan çok günlük uygulamada işe yarayacak, mekanik ventilatörün kullanımını kolaylaştıracak bir yaklaşım benimsenmiştir. Hekimlerin zorlandığı ya da hata yaptığı noktalar özellikle vurgulanmıştır. Amaç kısa sürede hekimin mekanik ventilatörü kullanmadaki endişesini ortadan kaldırmak ve daha konforlu bir hasta takibi sağlamaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Hipoksemi, Mekanik ventilasyon, Ventilator modları

### ABSTRACT

Respiratory diseases and respiratory failure are among the leading causes of death in children. In this review, practical points of mechanical ventilation are highlighted for physicians who are not pediatric intensivists but take care of critically ill patients on some occasions. Therefore, approaches to facilitate the use of mechanical ventilator in daily practice were adopted instead of discussing more complicated details. Common errors or difficulties were emphasized. The goal was to remove the anxiety against use of a mechanical ventilator and provide comfortable patient care.

**Key Words:** Hypoxemia, Mechanical ventilation, Ventilatory modes

### GİRİŞ

Solunum sistemi ile ilgili hastalıklardan ve solunum yetersizliğinden ölüm, çocuk ölümlerinin başta gelen nedenlerindedir. Anatomik ve fizyolojik farklılıklar nedeniyle çocuk akciğeri ateletazi ve solunum yetmezliğine erişkinlere göre daha yatkındır. Solunum sıkıntısı ve mekanik ventilasyon (MV) ihtiyacı yoğun bakıma yatışların en sık sebebidir. Pediatrik yoğun bakım ünitesine kabul edilen çocukların yaklaşık olarak %17'sinde az 24 saat mekanik ventilasyon ihtiyacı olmaktadır (1). Ülkemizde çocuk yoğun bakım 2009 yılında resmi yan dal olarak kabul edilmiştir. Türkiye'de 100.000 çocuğa düşen çocuk yoğun bakım uzmanı sayısı 0.05 olup; bazı Avrupa ülkelerinin 1/30'u kadardır (2). Yan dal uzmanı yetersiz sayıda olduğundan kritik hastalığı olan birçok çocuk hasta çocuk yoğun bakım hekimleri tarafından değil de çocuk sağlığı ve hastalıkları uzmanı tarafından tedavi edilmektedir. Hatta bir kısmı çocuk yoğun bakım ünitesi bulunmaması nedeniyle erişkin yoğun bakımlarda takip edilmek zorunda kalmaktadır (3).

Bu yazıyla mesleği gereği sürekli çocuk yoğun bakım hastası takip etmeyen ama gerektiğinde bu hastalarla ilgilenen hekimlerin mekanik ventilasyonla ilgili özellikle uygulamaya yönelik endişelerini gidermek hedeflenmiştir. Sık kullanılmayan anlaşılması güç detaylardan çok günlük uygulamada işe yarayacak, mekanik ventilatörün kullanımını kolaylaştıracak bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu da mümkün olduğunca konuşma dili ile akıcı bir şekilde verilmeye çalışılmıştır. Hekimlerin zorlandığı ya da hata yaptığı noktalar özellikle vurgulanmıştır. Amaç kısa sürede hekimin mekanik ventilatörü kullanmadaki endişesini ortadan kaldırmak ve daha konforlu bir hasta takibi sağlamaktır.

### Mekanik ventilasyon endikasyonları

Hayatı devam ettirmek için gerekli olan spontan solunum tehdit altında olduğunda MV endikasyonu doğar. Bu durumlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Günümüzde hastaların MV ihtiyacını belirlemede temel kriter hastaların laboratuvar değerlerinden çok hekimin klinik kanaatidir. Örneğin, kronik akciğer hastası olan

**Tablo I:** Mekanik ventilasyon endikasyonları.

FiO <sub>2</sub> %0.6 iken PaO <sub>2</sub> <60 mmHg olması (Siyanotik kalp hastalığı yokluğunda)
PaCO <sub>2</sub> ≥50 mmHg (Akut gelişmiş ve tedaviye yanıtız)
Pulmoner sekresyonların kontrolü (Ödem, pnömoni, boğulma)
Solunum hızının yaş için kabul edilebilir normal sınırların çok üzerinde olması
Herhangi bir nedenden dolayı apne ve hipoventilasyon
Kardiyak arrest
Dolaşım yetersizliği, şok
Derin koma durumu
Hava yolu koruyucu reflekslerin kaybı
GKS<8
Genel anestezi, ağır sedasyon, kas gevşetici
Üst hava yolları obstrüksiyonu veya obstrüksiyon tehlikesi
Ciddi baş, boyun veya yüz yaralanmaları
Zehirlenmeler
Transport durumunda yukarıdakilerden herhangi birinin gelişme ihtimali

bir hastanın sadece kan gazlarındaki karbondioksit değerinin normalden yüksek olmasıyla karar vermek yerine, pH değerinin ve solunum eforunun nasıl olduğu da dikkate alınmalıdır. Buna karşın takipne ve retraksiyonları olan bronşiolit hastasının kan gazı sonuçları hasta tamamen yorulana kadar normal görülebilir. Dolayısıyla laboratuvar ve hastanın kliniği mekanik ventilasyona başlamada birlikte değerlendirilmelidir (4).

Solunum yetmezliği yapabilecek başlıca durumlar:

Hipoksemik solunum yetmezliği

- Pnömoni, ARDS, akciğer ödemi, aspirasyon, septik şok, vb.

Hiperkapnik solunum yetmezliği

- Astım, üst hava yolu obstrüksiyonu, santral uyku apnesi, hipotroidi, beyin sapı hasarı, Guillain Barre sendromu, myopati, spinal kord hasarı, merkezi sinir sistemi enfeksiyonları, hipokalemi, hipofosfatemi, hipomagnezemi, vb.

### Mekanik ventilatörün çalışmasını anlamak

Ventilatörün çalışmasını anlamak ilk bakışta karışık gelebilir. Bunun önemli bir nedeni ilgili literatürde kullanılan terimlerin evrensel olmamasıdır. Yine de çalışma prensiplerini doğru anlamak ilgili terminolojiyi iyi bilmekten geçer.

Mekanik ventilatörü ayarlarken kullanılan parametreler:

1. Basınçla ilgili terimler:
  - a. PEEP (Positive End-Expiratory Pressure)
  - b. PS (Pressure Support)
  - c. PIP (Peak Inspiratory Pressure ya da Positive Inspiratory Pressure)
  - d. Delta P

2. Tidal hacim (TV/ Tidal volüm)

3. İnspirasyon zamanı ya da I:E oranı (IT/ Inspiratory time)

4. Tetikleme- Trigger

5. FiO<sub>2</sub> (Fraksiyone inspire edilen oksijen)

6. Solunum sayısı (frekans)

### PEEP

İnspirasyonda, ekspirasyonda ve ekspiryum sonunda hastaya verilen sürekli basınçtır. PEEP uygulanmayan hastalarda alveol kollapsının arttığı böylece atelektazilerin sık yaşandığı tespit edilmiştir.

Akciğer hastalığı çok ağır olmayan hastalarda 5 cm H<sub>2</sub>O ile başlamak çoğu hastada uygun olmaktadır. Fakat oksijenizasyonun ileri derecede zorlu olduğu pnömoni ve ARDS gibi durumlarda PEEP artırılır. PEEP'in yükseltilmesi etkili bir oksijenizasyonu artırma yöntemidir. Özellikle ARDS hastalarında PEEP'in güvenli bir şekilde 20 cm H<sub>2</sub>O'lu değerlere kadar yükseltildiği çalışmalar bildirilmiştir (5,6).

Yüksek PEEP'in olumsuz etkisi venöz geri dönüşü azaltmasıdır. Bu da ileri derecede kalp yetmezliği olan bazı hastalarda hipotansiyona yol açabilir. Bu nedenle özellikle ağır kalp yetmezliği olan hastalarda PEEP artırılırken dikkatli olunmalıdır.

### PIP

Maksimum hava yolu basıncıdır (tepe basıncı) (Şekil 1). Hastayı basınca bağlı komplikasyonlardan korumak açısından yüksek değerlerden (>35-40 cmH<sub>2</sub>O) kaçınmak gerekir (7).

### Delta P

Tepe basıncından PEEP basıncı değeri çıkarıldığında basınçtır. Yani PIP-PEEP'dir (Şekil 1). Çoğu ventilatörde inspirasyonu sağlayan basınç delta P girilerek sağlanır. Bazı ventilatörlerde ise PIP ayarlanarak sağlanır.

### PIP mi yoksa delta P mi? İnspirasyon yaptırın basınç hangisi?

Çoğu ventilatörde inspirasyon delta P basıncı ile yaptırılır. Bazılarında ise inspirasyon basıncı tepe basıncı ayarlanarak girilmektedir. Bu hastalarda PIP= Tepe basıncı= İnspirasyon basıncıdır. Ventilatörde hangi basınç ayarlanarak inspirasyon yaptırıldığı her zaman çok açık olmayabilir. Kullanılan ventilatörün inspirasyon basıncının nasıl algılandığını anlamanın kolay yolu hasta soluturken ventilatörün tepe basınçlarını kaç ölçtüğünü gözlemektir. Pnömotoraks gibi barotavmaya bağlı komplikasyonlardan kaçınmak için tepe basıncının ne kadar yükseldiğinin farkında olunmalıdır. Örneğin, ARDS nedeniyle PEEP değeri sürekli yükseltilecek bir hastada tepe basıncı, inspirasyon PIP ayarlanarak yapıldığında sabit kalırken, delta P ile yapıldığında artar (Şekil 2, 3). Tepe basıncı artan ventilatörde hasta pnömotoraks açısından riskli olurken, tepe basıncı sabit olanda ise PEEP artışı delta P değerini azalttığından hasta karbondioksit retansiyonu yapabilecektir (8).

PIP ile ayarlanarak inspirasyon yaptırılan hastalarda başlangıç için 15-25 cm H<sub>2</sub>O, delta P ayarlanarak inspirasyon yaptırılanlarda 10-20 cm H<sub>2</sub>O basınçları uygundur. Bu sadece bir başlangıç noktasıdır. Mutlaka hastanın inspirasyonda yeterli göğüs kafesi hareketleri olup olmadığı gözlenmeli, gerektiğinde artırılmalı ya da azaltılmalı ve kan gazı sonuçlarıyla yeni ayarların doğruluğu teyit edilmelidir. Erişkin hastalarda en çok 40 cm H<sub>2</sub>O tolere edilebilirken, çocuklarda genelde 35 cm H<sub>2</sub>O tepe basınçları üzerine çıkılması pnömotoraks riski nedeniyle tercih edilmez (5).

### TV (Tidal volüm)

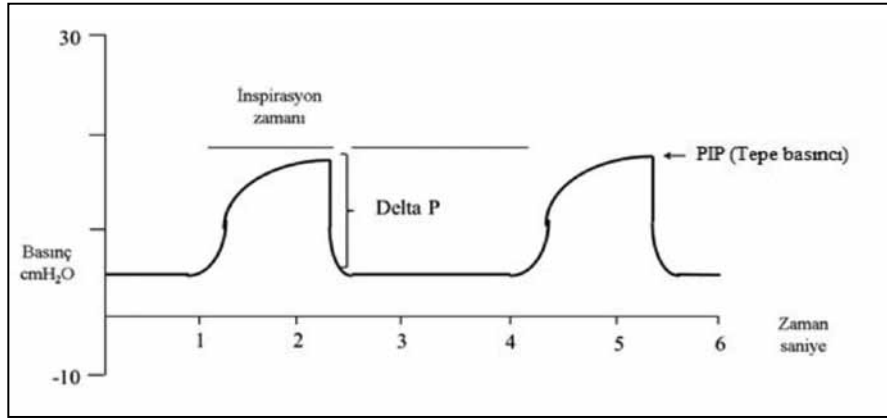
İnspiryumda hastaya verilen hacimdir. Volüm sınırlı modlarda TV girilerek inspirasyon yaptırılır. Ayrıca basınç sınırlı modlarda da TV ölçümü yakın takip edilmelidir. TV için başlangıç değeri 7 mL/kg'dır (9). Bu değer girildikten sonra hastanın göğüs kafesinin kalkması gözlenerek daha ileri ayar yapılabilir ve kan gazı ölçümüyle ayarların doğruluğu teyit edilir.

### Solunum sayısı

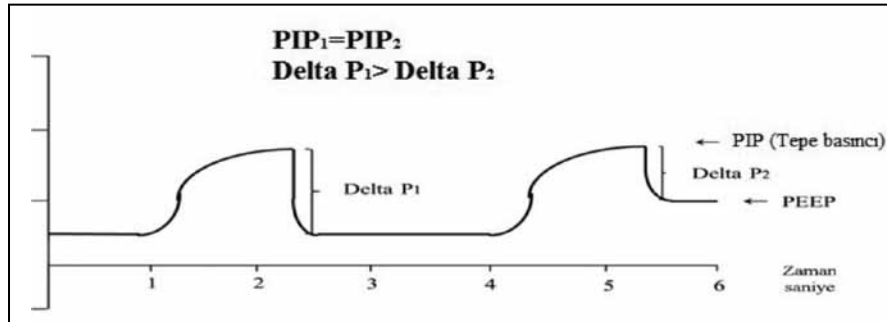
Dakikada solutulan zorunlu solunum sayısıdır. Çocuklarda başlangıçta hastanın yaşının gerektirdiği normal değerler girilir. Bununla beraber, hastanın kliniğine bağlı olarak da değiştirilebilir. Solunum sayısındaki önemli bir nokta çocukta genelde 40/dk'nın üzerine çıkmadığıdır. Hastanın durumu gerektirse dahi 40-45/dk'dan yüksek solunum hızlarında gerçek inspirasyon ve ekspirasyon için yeterli süre sağlanamaz. Bu nedenle çocuklarda genelde solunum sayısında 40-45/dk'dan yukarı çıkılmaz. Bu durum yeni doğan yaş grubu için geçerli değildir.

### PS (Pressure support= Basınç desteği)

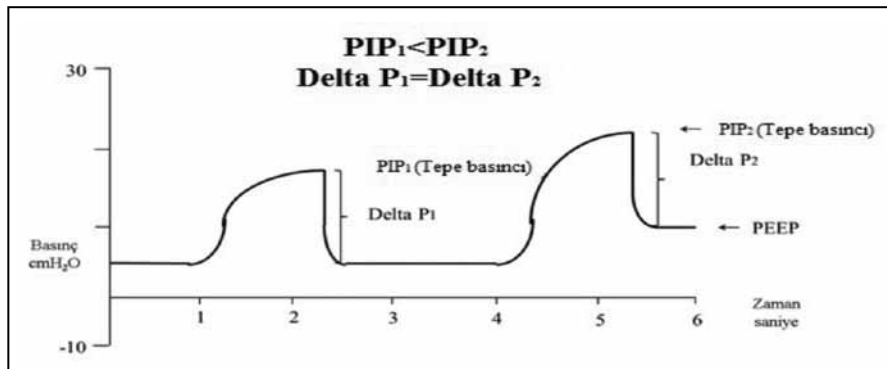
Hasta, eforu yeterli olduğunda zorunlu solunum için ayarlanan solunum sayısından daha fazla solunum isteyebilir. Bu durumda birçok ventilatör modu hastanın bu fazladan solunuma çabalarına izin vermektedir. Bu mecburi solunumların üzerine alınan spontan nefeslere verilen basınç desteğine basınç desteği (Pressure



Şekil 1: Mekanik ventilasyonda basınç zaman eğrisi.



Şekil 2: PEEP değeri artırıldığında PIP (tepe basıncı) ayarlanarak inspirasyon yaptırılan ventilatörde basınç zaman eğrisi. PEEP artırıldığında tepe basınçları sabit kalmaktadır.



Şekil 3: PEEP değeri artırıldığında inspirasyon delta P ayarlanarak inspirasyon yaptırılan ventilatörde basınç zaman eğrisi. PEEP artırıldığında tepe basınçları artmaktadır.

support- PS) denir. PIP ya da delta P ile verilen inspirasyon basıncı sadece mecburi solunum sayısı için geçerlidir. Örneğin, dakikada 30 kez solutulan hastanın 30 inspirasyonu PIP ya da delta P ile sağlandıktan sonra, hastanın kendi çabasıyla almaya çalışacağı 30'un üzerindeki diğer solunumlarda PS verilecektir. PS'un büyüklüğü PIP ya da delta P değerinden daha düşüktür (Şekil 4). Zorunlu solunumla sağlanan inspirasyon kadar göğüs kafesinde yükselme yapmaz. Hastayı mekanik ventilatörden ayırma sürecinde sıklıkla kullanılan zorunlu solunumun olmadığı CPAP/PS modunda da basınç desteği verilerek hastanın spontan nefesleri desteklenir. CPAP modunda basınç desteği verilmediği takdirde hastalar ventilatörden ayrılma açısından yeterli olarak değerlendirilememiş olabilirler.

Basınç desteğinin miktarının ayarlanmasındaki temel kıstas mekanik ventilatörün karşılaştığı dirençtir. Bu da hastanın endotrakeal ya da trakeostomi tüpünün boyutudur. Entübasyon tüpü küçük boyutta ise daha fazla direnç oluşacağından basınç desteği yüksek tutulmalı, büyük ise düşük tutulmalıdır. Başka bir deyişle PS yaş büyüdükçe küçülmelidir. Örneğin bebeklerde 10-12 cm H<sub>2</sub>O gibi değerler uygunken adölesan ve erişkin boyutlarda 5 cm H<sub>2</sub>O basınç desteği yeterlidir (10).

### **Inspirasyon zamanı ya da I:E oranı (IT/ Inspiratory time)**

Hastanın inspiriyum ve ekspiriyumda kalacağı zaman dilimini belirtir. Normal I:E oranı 1:2-1:3'tür. Bunun saniyeye çevirimi yani inspirasyon zamanı şeklinde ifadesi hastanın solunum sayısına göre değişir. Örneğin, solunum sayısı 20-40/dk olan bir hastada IT 0.6 sn civarı olurken, solunum sayısı 15/dk olan yetişkin boyuttaki bir hastada IT 1.2 sn civarında olacaktır. IT ya da I:E oranı ARDS gibi oksijenizasyonun zorlu olduğu durumlarda artırılır. Böylece inspirasyona daha çok vakit harcanarak oksijen saturasyonları artırılabilir. Bu durumun istenmeyen etkisi ekspiriyum zamanının azalması sonucu karbondioksit retansiyonudur. Astım gibi ventilasyonun ve karbondioksit atılımının sorunlu olduğu durumlarda da aksine ekspirasyon zamanı artırılabilir. Bunun istenmeyen etkisi de oksijen saturasyonunun düşmesidir.

### **Tetikleme-Trigger**

Ventilatörün hastanın spontan solunumunu algılama hassasiyetidir. Algılanan spontan solunum basınç desteği ile karşılanır. Tetiklemenin birimi basınç ya da akım (flow) cinsinden olabilir. Her iki birimde de sayısal değer azaldıkça ventilatörün hastanın spontan solunumunu algılama hassasiyeti artar. Adölesan ve yetişkin boyuttaki hastalarda 2-3 L/dk, bebeklerde 0.5- 1.5 L/dk başlangıç için tercih edilebilecek akım tetiklemesi değerleridir (1). Örneğin tetikleme ya da trigger 1 L/dk olduğunda, bu 3 L/dk'dan daha hassastır. Tetikleme 5 L/dk'ya çıkıldığında hasta spontan nefes almaya çalışsa bile ventilatör bu çabayı algılamadığından, hastaya basınç desteği vererek yardımcı olmaz. Aksine tetiklemenin 0.1 L/dk gibi çok küçük (fakat hassas) değerlere indirildiği durumlarda en ufak bir çaba ventilatör tarafından solunum eforu olarak görülecek ve basınç desteği verilerek inspirasyon yaptırılacaktır.

### **FiO<sub>2</sub> (Fraksiyone inspire edilen oksijen)**

Ventilatör tarafından hastaya verilen hava karışımındaki oksijen konsantrasyonudur. Bilindiği gibi oda havasında bu değer %21'dir. Ventilatörle FiO<sub>2</sub> %100'e kadar çıkılabilir. Genellikle yeni entübe edilip ventilatöre bağlanan hastada başka bir engel yoksa %100 konsantrasyonda oksijenle başlanır. Kısa aralıklarla nabız oksimetre ile hastanın oksijen saturasyonu takip edilerek FiO<sub>2</sub> düşülür. İdeal olanı kabul edilebilir oksijen saturasyonu sağlayan en düşük FiO<sub>2</sub> oranıdır. Hastanın durumu elverirse %21'lere kadar düşmek gerekir. Fakat çoğu kez %40 seviyesine kadar düşmek ekstübasyon açısından yeterlidir. Akciğer hastalığı ağır olmayan hastalar için başlangıç ventilatör ayarları Tablo II'de özetlenmiştir.

### **Ventilasyon modları**

Ventilatördeki solunum moduyla hastaya verilecek solunum desteğinin tarzı belirlenir. Temel modlar arasındaki en büyük fark ventilatörün spontan solunuma karşı cevabıyla ilgilidir. Mod tercihinde daha çok kişisel ve kurumsal alışkanlıklar ön plandadır. Ayrıca modların hastanın sonucuna etki ettiğiyle ilgili bilgiler yetersizdir. Burada günlük kullanımın büyük kısmını kapsayan temel modlardan bahsedilecektir.

**Tablo II:** Akciğer hastalığı ağır olmayan hastalar için başlangıç ventilatör ayarları.

Parametre	Değer
PEEP	5 cmH <sub>2</sub> O
PS	Bebekte 10- 12 cmH <sub>2</sub> O Çocukta 5-10 cmH <sub>2</sub> O Adölesan ve yetişkinde 5 cmH <sub>2</sub> O
PIP	15- 25 cmH <sub>2</sub> O
Delta P	10- 20 cmH <sub>2</sub> O
I:E oranı	1:2- 1:3
Tetikleme(Trigger)	Bebekte 0.5- 1.5 L/dk Adölesan ve yetişkinde 2-3 L/dk
FiO <sub>2</sub>	%100 ile başlanıp %40'lara azaltılmaya çalışılmalı
Solunum sayısı (frekans)	Hastanın yaşının gerektirdiği normal değerler

Her bir ventilasyon modunda inspirasyon; basınç döngülü de olabilir, hacim döngülü de olabilir. Yani inspiryum basınç ayarlanarak ya da hacim ayarlanarak verilebilir. Eğer basınç girilmişse buna ne kadar hacmin karşılık geldiği, hacim girilmişse de ne kadar basınçla bu hacmin verildiği mutlaka kontrol edilmelidir. Hastaya basınç girilerek inspiryum sağlanıyorsa basınca bağlı komplikasyonları azaltmak yönünden önlem alınmış demektir. Volüm girilerek inspiryum yaptırılıyorsa hastaya her inspiryumda belli hacimde hava karışımı verilmesi garanti edilmiş olur. Bu da hastanın kan gazlarında daha sabit bir seyir sağlar. Her iki ventilasyon yolunun avantaj ve dezavantajları vardır (11).

Çoğu kez her modun hem hacim hem de basınç veren şekilleri vardır. Örneğin, SIMV modunda inspirasyon basınç girilerek sağlanıyorsa (basınç sınırlı) bu basınçlı SIMV (P- SIMV), hacim girilerek sağlanıyorsa volüm SIMV (V- SIMV)'dir. Bu durum diğer modlar için de böyledir.

### CMV (Devamlı zorunlu solunum/ Continuous- Controlled mandatory ventilation)

Eski bir moddur. En basit şekliyle hastaya zorunlu solunum yaptırılır. En önemli özelliği spontan solunumun ihmal edilmesidir. Sadece zorunlu solunumlar söz konusudur (Şekil 5). Basınç ya

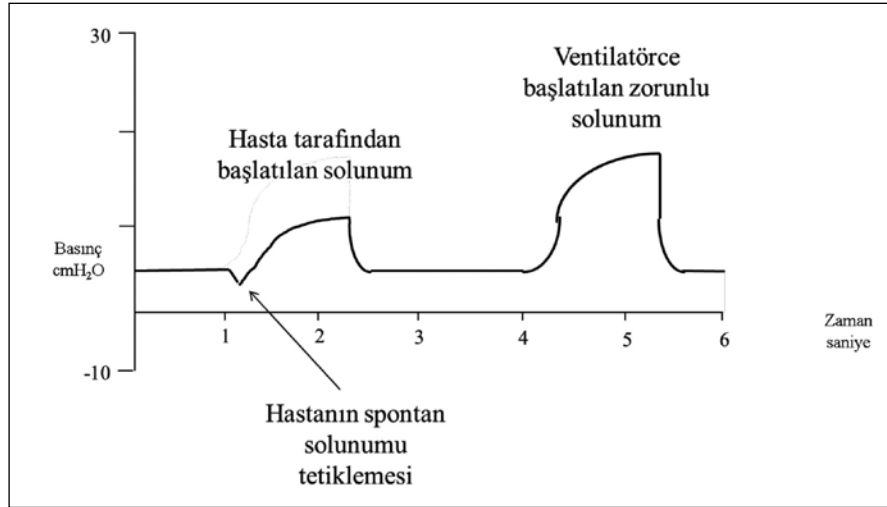
da volüm kontrollü olabilir. Spontan solunumu olmayan örneğin komadaki hastalarda uygulanabilir (9).

### AC (Assist control)

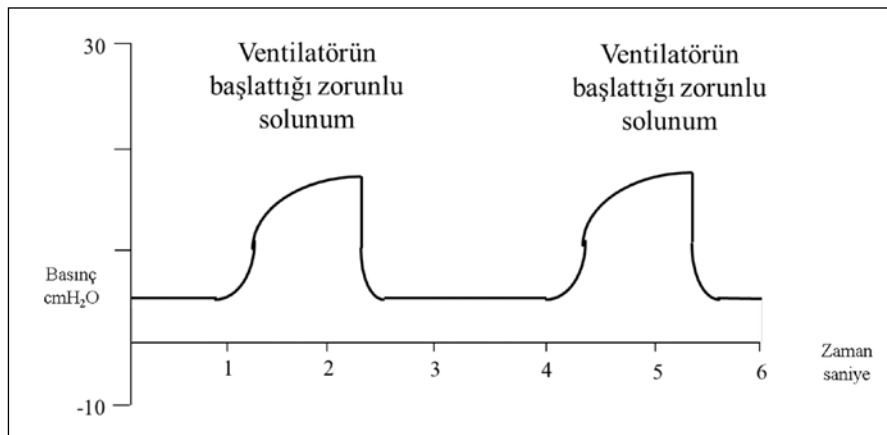
Spontan soluk alma çabaları ventilatörce algılanır. Bu modun en önemli özelliği algılanan spontan başlangıçlı solunumlara zorunlu solunumlardaki ayarlanan değerlerden destek olunmasıdır (Şekil 6). Bu modda da zorunlu solunumlar hem basınç hem de volüm girilerek ayarlanabilir. Hasta mecburi nefesini tamamladıktan sonra spontan nefes almak isterse mecburi için girilen basınç ya da hacim ne ise o kadardan destek verilir (9). Bundan sonra bahsedilecek SIMV'de ise spontan solunumlara, mecburi nefese göre daha az miktar desteğe denk gelen PS verilecektir. AC'de tüm solunumlar (zorunlu ve spontan başlangıçlı) tam destek göreceği için bu hastalarda bazen fazla ventilasyona bağlı solunumsal alkaloz görülebilmektedir. Buna karşın oksijenizasyonun nispeten zorlu olduğu hastalarda tüm nefeslere verilen tam destek nedeniyle tercih nedeni olabilir.

### SIMV (Senkronize aralıklı zorunlu solunum/ Synchronized intermittent mandatory ventilation)

Yukarıda sayılan modlarda olduğu gibi bu modda da zorunlu solunum basınç ya da hacim girilerek yaptırılır. Ancak, zorunlu



Şekil 4: Spontan başlangıçlı solunumun basınç desteği ile desteklenmesi.



Şekil 5: CMV modunda basınç zaman eğrisi. Tüm solunumlar zorunlu solunumdur.

solunumlar verilirken milisaniyeler ölçüsünde beklenecek hastanın spontan çabası varsa mecburi nefesi de spontan çabayla başlatılmak istenir (Şekil 7). Eğer bu milisaniyeler ölçüsündeki bekleme süresinde herhangi bir spontan başlangıç olmazsa hastaya mecburi nefesi diğer modlarda olduğu gibi aldırılır. Mecburi nefeslerine ek olarak her spontan çaba için basınç desteği verilir. SIMV modunda zorunlu solunumların bile hastanın spontan eforuna rastlatmak mantığı olduğundan diğer modlara göre hasta açısından daha konforlu sayılmaktadır (12).

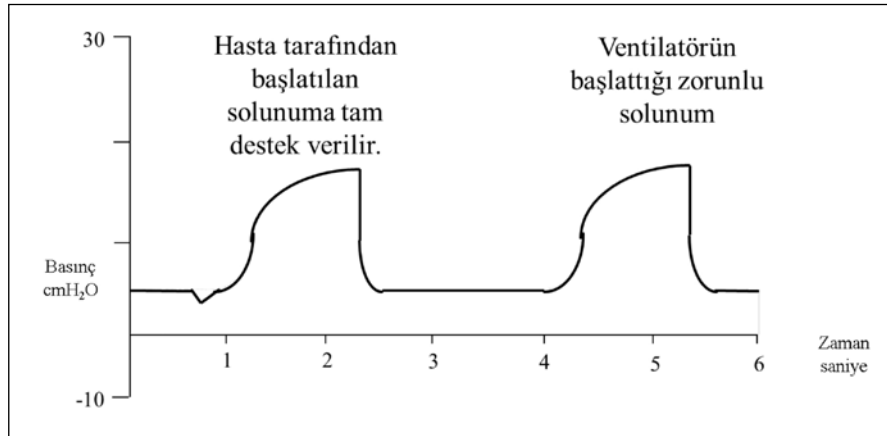
### CPAP-PS (Devamlı pozitif havayolu basıncı-basınç desteği-Continuous positive airway pressure-pressure support)

Bu ventilatör modunda zorunlu solunum yoktur. Fakat hastanın spontan solunum çabası olursa buna basınç desteği verilir. Garantili bir zorunlu solunum sayısı olmadığından uzun süreli hastaları izleme modu olarak kullanılmaz. Genelde hastayı ventilatörden ayırmadan önce hastanın sadece spontan solunumlarla idare edip edemeyeceğini 1-2 saat süreyle test etmekte kullanılır. Uzun süreli kullanımı zorunlu garanti solunum olmadığından güvenli değildir. Bu modda ayarlanan iki basınç değeri vardır. Birincisi, PEEP ile aynı olan CPAP basıncıdır.

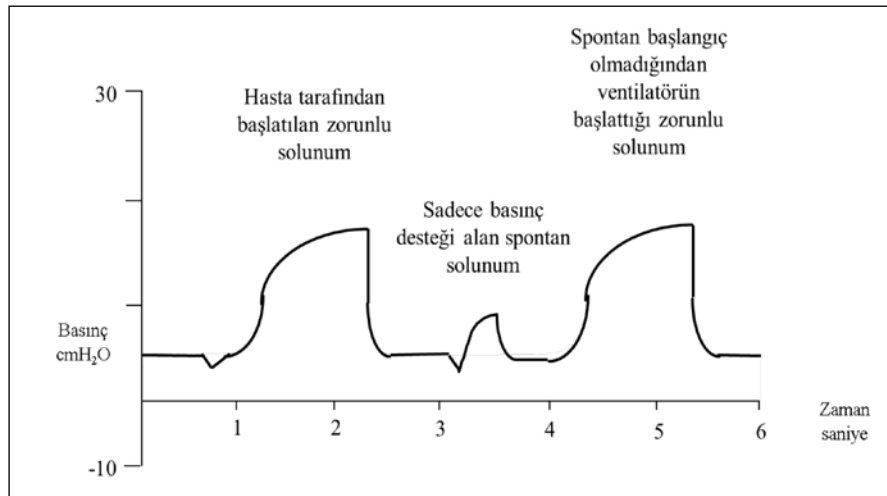
PEEP ayarında olduğu gibi 5 cm H<sub>2</sub>O'dur. Diğeri de yukarıda bahsedilen ve hastanın büyüklüğüne göre değeri değişen PS'dir (13). PS desteği ET tüpün oluşturduğu havayolu direncini aşmak için verilmelidir. PS değeri ET tüp çapına göre ayarlanır; 3-3.5 mm için 10-12 cm H<sub>2</sub>O, 4-4.5 mm için 8 cm H<sub>2</sub>O, 5 mm ve üzeri için 5-6 cm H<sub>2</sub>O yeterlidir.

### Mekanik ventilatörde hastayı izlemenin getirdiği sorumluluklar

Genellikle kritik hasta entübe edilip mekanik ventilatöre bağlandığında hastanın durumundaki kısmi düzelmeye dolayı hekim kendini daha güvende hisseder. Fakat, entübasyon ve mekanik ventilasyon çok daha fazla sorumluluğu beraberinde getirir. Örneğin, entübe edilen hastanın entübasyon tüpünün pozisyonu, hastanın sekresyonlarının düzenli aspirasyonu, tüpün tespitinin güvenliği, ventilatör ve monitör alarmlarına duyarlı olmak, hastanın hareketlerinin kontrol altına alınması çok önemli hale gelir. Tüm bunlar aslında bilgi ile değil bakım ile ilişkilidir. Bunun da en iyi yolu yeterli hemşire sayısına sahip olmaktır. Yoğun bakımlarda ideal hemşire sayısı hasta başına bir hemşire şeklinde olmalıdır. Böylece hastaların her türlü iyi ya da kötü hali gözden kaçmaz.



Şekil 6: AC (Assistcontrol) modunda basınç zaman eğrisi. Spontan başlangıçlı solunuma zorunlu solunumda tam destek verilir.



Şekil 7: SIMV modunda basınç zaman eğrisi. Zorunlu solunumların da spontan başlangıçlı olması tercih edilir. Zorunlu solunumlardan fazlası basınç desteği alır.

## Sık görülen sorunlar ve ventilatör manevraları

### Hipoksemi

Aşağıdakiler hastanın hipoksemik olmasının nedeni bulunana kadar vakit kazanmak adına yapılmalıdır. Ventilatör manevrasıyla gelen geçici düzelmeye güvenilmemelidir. Hipoksemi durumunda öncelikle  $FiO_2$  artırmalıdır. Yetmediği zamanda PEEP artırılır. PEEP artırmak çoğu kez çok etkilidir. Bundan başka inspirasyon basıncını ya da tidal volümü artırmak gerekebilir. İspirasyon zamanını artırmak tek başına olmasa da diğer tedbirlere ek olarak işe yarayabilir.

Tüm bunları yaparken sorunun ana kaynağını tespit etmek için hızlıca akciğer sesleri değerlendirilip gerekirse akciğer filmi çekilmelidir.

### Hiperkarbi

Karbondioksit basıncı yüksek olduğunda kullanılan ventilatör manevraları dakika ventilasyon hacmini artırmak yönündedir. Bu amaçla bir yol solunum sayısını artırmaktır. Ventilatör ayarları kısmında bahsedildiği üzere solunum sayısını çocuklarda 40-45/dk'nın üzerine çıkılması tercih edilmez. Çünkü bu değerlerin üzerinde inspirasyona ve ekspirasyona yeterli süre kalmaz. Karbondioksit atılımını artırmada kullanılan ikinci bir yol da inspirasyon basıncını veya tidal volümü artırmaktır. Tepe basınçlarını artırıp barotravma riski taşıdığından solunum sayısını artırmanın yetmediği durumlarda tercih edilmelidir. Son olarak, çaresiz kalınan durumlarda inspirasyon zamanını azaltmak ve dolayısıyla ekspirasyon zamanını artırmak denenebilir. Ekspirasyon zamanını artırmak özellikle astım gibi hava hapsiyle giden durumlarda çok faydalı olabilmektedir.

Sık yapılan bir hata karbondioksit basıncının yükselmesi durumunda ventilatörün PEEP değerini artırmaktır. Halbuki, PEEP basıncı hava değişiminde aktif rol almadığından karbondioksit basıncını azaltmaz.

Tüm bu manevralar yapılırken amaç vakit kazanmak ve karbondioksit retansiyonunun gerçek nedenini bulmak olmalıdır.

### Sık karşılaşılan ventilatör alarmları

Yoğun bakımda her türlü alarm çaldığında mutlaka ilgilenilmeli ve alarma sebep olan durum araştırılmalıdır. Alarma yeterli önem verilmediğinde hasta kötüleşebilir. Teknik sıkıntılardan dolayı yanlış çalan alarmların çalması engellenmeli ve böylece alarm sesine insanların hassas kalmaları sağlanmalıdır.

Tidal volüm yüksek alarmı en sık ventilatör devresi hastadan ayrıldığında olur. Bazen hastanın spontan solunumları güçlü olduğunda da görülür.

Tidal volüm düşük alarmı endotrakeal tüpten hava iletimine direnç geliştiğinde olur. Sık görülen nedenler endotrakeal tüpün ileride olması ve mukus tıkaçı gelişmesidir.

Yüksek basınç alarmı da düşük tidal volüm alarmıyla benzer durumlarda oluşur.

Düşük basınç alarmı tidal volüm yüksek alarmında olduğu gibi ventilatör devresi hastadan ayrıldığında olur. Ayrıca ventilatör devresindeki hava kaçakları da bu alarma neden olur. Bu durum ventilatörün kaçak testi ile anlaşılır ve devre değiştirilir.

Ventilatörlerin çalışması için basınçlı hava ve oksijen gerekir. Bu basınçlarda düşme ventilatörün doğru çalışmasını engeller. Özellikle durumu kritik olan hastalarda kötü sonuçlar doğurabilir. O nedenle düşük hava kaynağı veya düşük oksijen kaynağı alarmları son derece önemlidir. Bu alarmlar çaldığında derhal teknik servis bilgilendirilmez.

### Ayırma (Weaning)

Kötü hastayı ventilatöre bağlamak kadar, iyileşen hastayı ventilatörden ayırmak da önemlidir. Diğer türlü ventilatöre bağlı komplikasyonlar hastanın morbiditesini artıracaktır. Bu nedenle her gün hastaların ekstübe olabildiğini gözden geçirmek gerekir. Yoğun bakımlarda ekstübasyon başarısızlığı yani ekstübe edilen hastanın tekrar entübe edilme oranı %15 civarındadır (14,15).

Her ne kadar ismi başarısızlık da olsa, her yoğun bakımda bu orana yakın sonuçlar hedeflenmelidir. Ekstübe edilen her hasta başarılı bir şekilde ekstübe kalıyorsa yani başarısızlık oranı %0 ise bu hekimin aşırı tedbirli olduğunun ve muhtemelen hastaların ventilatörde uzun süre kaldığının bir göstergesidir. Başarılı ekstübasyon oranı yüksek bile olsa ventilatöre bağlı pnömoni gibi diğer ventilatör komplikasyonları artacaktır. Buna karşın, yoğun bakımdaki ekstübasyon başarısı %50 ise bu oradaki hekimin hastaları ekstübe etmekte fazla agresif olduğunun işaretidir. Elbette bu da istenen bir durum değildir. Dolayısıyla, normal yoğun bakım işleyişinde beklenen bir ekstübasyon başarısızlığı vardır.

Hastayı ventilatörden ayırma için çeşitli yollar vardır. Bunların her birinin avantaj ve dezavantajı vardır. Kimisi aşırı tedbirli davranarak ekstübe edilecek hastayı doğru tanıyıp, fakat bu durum ekstübasyon sürecinde çok vakit kaybına neden olur; kimisi de daha çabuk ekstübasyon sağlarken daha fazla ekstübasyon başarısızlığıyla sonuçlanır. Doğru yöntem hastaya göre değişebilmektedir.

Ayırma sürecindeki temel felsefe soluma işini yavaş yavaş ventilatörden hasta üzerine taşımaktır. Bu sürece başlayabilmek için hastada Tablo III'te özetlenen özellikler bulunmalıdır.

En tedbirli şekliyle ayırma, yukarıdaki şartların oluştuğu hastalarda solunumu baskılayan sedasyon ya da analjezi kesildiği durumda solunum sayısı saatler içinde kademeli olarak azaltılarak sağlanır. Böylece ventilatör tarafından verilen zorunlu solunumların sayısı azaltılıp solunum işi daha çok spontan başlangıçlı nefeslerle sadece basınç desteği ile oluşur. Bu şekilde zorunlu solunum hızı 10/dk'ya kadar geriletilir ve hastanın spontan solunumlarının arttığı görülmelidir. Dakikada 30-40 zorunlu solunumu olan hastanın elbette spontan solunumu az olacaktır. Fakat zorunlu solunumların sayısı azaltıldığında genellikle spontan nefeslerin sayısının arttığı görülür. Anormal derecede solunum eforu artmadan dakikada 10 zorunlu solunuma kadar başarıyla



**Tablo III:** Weaning'e başlamadan önce hastada bulunması gereken ön koşullar.

Bilinç açık olmalı
Spontan solunum dürtüsü olmalı
Solunum yolu refleksi aktif (öksürme, öğürme) olmalı
Solunum yetersizliğine yol açan olay gerilemiş veya düzelmiş olmalı
Yeterli gaz değişimi olmalı, yani arteriyel kan gazında hiperkarbi ve hipoksemi olmamalı
PEEP $\leq$ 7 cm H <sub>2</sub> O
PIP 15-25 cm H <sub>2</sub> O
FiO <sub>2</sub> $\leq$ 0.50
SpO <sub>2</sub> $\rightarrow$ %90
PaO <sub>2</sub> $\rightarrow$ 60 mmHg
pH 7.32-7.47
Enfeksiyon, ateş, sepsis gibi durumlar olmamalı
Sekresyonlar kontrol altında (aspirasyon sıklığı >2 saat ) olmalı
Solunum kapasitesi yeterli olmalı
Yeterli Hb düzeyi olmalı
Kardiyovasküler durum stabil olmalı (minimal inotrop veya vazopressör destek)
Son 24 saat içerisinde mekanik ventilatör ayarlarında artış yapılmaması
Önümüzdeki 12 saat içerisinde ciddi sedasyon almasını gerektirecek girişim planı olmamalıdır

düşürülen hastalarda bundan bir sonraki hamle ventilatörü CPAP-PS moduna alarak solunum işini tamamen spontan başlangıçlı nefeslerle yürütmektir. Bu aşamada hasta 1-2 saat gözlemlendiğinde herhangi bir aşamasında dispne gelişmeyen, oksijen saturasyonunu iyi şekilde koruyan, taşikardiye girmeyen hastalarda her şeyin doğru gittiğini teyit için kan gazı alınır. Kan gazının da normal gelmesi hastanın ekstübasyonunda akciğerlerden kaynaklanan önemli bir engel olmadığını işaret eder sayılır.

Yukarıda sayılan kademeli olarak ventilatör ayarlarının azaltılması ve nihayetinde hastanın CPAP-PS modunda test edilmesi genelde 6-8 saat süren bir süre gerektirir. Her ne kadar kademeli olarak ventilatör ayarlarının azaltılması hasta için nazik bir yöntemse de ekstübasyonu uzatması bu yöntemin en çok eleştirilen tarafıdır. Buna karşın daha hızlı bir yöntem hastaları doğrudan CPAP-PS moduna alıp spontan solunumları gözlemek daha hızlı bir yoldur. Fakat, bu yol akciğerleri daha sağlam hastalarda, örneğin akciğer dışında bir nedenle post-op entübe izlenen sekelsiz hastaların uyandırılıp ekstübe edilmesinde sık kullanılır. Böyle hastalarda kullanılan diğer bir yöntem de hastaya ilave PEEP vermeden sadece T-tüp ile bir süre izlemektir. CPAP-PS moduyla karşılaştırıldığında T-tüple hasta basınç desteği bile almadığı için, T-tüple hastanın iyi seyretmesi ekstübasyon başarısının çok daha güçlü bir ön habercisi sayılır. Tüm bu sayılan üç ekstübasyona hazırlık testinde de hastanın akciğerlerinin yeterliliği ölçülmüş olur (16). Ancak, ekstübasyon başarısızlığının başka bir nedeni de akciğerler normal bile olsa üst hava yolu obstrüksiyonudur.

Entübe izlenen hastalar ekstübe edildiklerinde üst hava yolu obstrüksiyonu açısından risklidirler. Bu tüp büyüklüğünün gereğinden fazla olması, endotrakeal tüpün kafının fazla şişirilmesinden kaynaklanabilir. Hastada ekstübasyon öncesi ağızdan ya da boyun üzerinden oskültasyonla kaçak sesinin duyulması endotrakeal tüpün vokal kordlara gevşek geldiğinin bir habercisi sayılır (17). Bu hastalarda genelde üst solunum yolu obstrüksiyonu izlenmez. Fakat, kaçak sesi duyulmayan hastalarda muhtemel ekstübasyon sonrası obstrüksiyona yönelik tedbir almak gerekir (18). Bunlar vokal kordlardaki ödeme yönelik tedavilerdir. Dekametazonun hava yolu ödemi dozundan (0.25 mg/kg/doz) 6 saat aryla toplam 4 doz için sadece 1 günlüğüne verilmesi sıkça uygulanan etkili bir yöntemdir (19). İdeal olanı bu hastalarda ekstübasyonu 1 günlüğüne ertelemek ve 1 günlük deksametazon tedavisi sonrasında ekstübasyonu yapmak olmalıdır. Ekstübasyon sonrasında stridor varsa inhale adrenalin vermek başka bir tedavi yoludur.

Ekstübasyon öncesi kaçak sesi duyulan hastalarda herhangi steroid, inhale adrenalin ya da salbutamol gibi rutin uygulamaların faydası gösterilmemiştir. Fakat ekstübasyon sonrasında vizing duyulan veya ekspiryum uzaması olan hastalara inhale salbutamol verilebilir.

Tüm bu testlerden başarıyla geçen hasta ekstübe edilmeden önce yakın zamanda aspire edilmemişse son bir kez endotrakeal aspire edilmelidir. Fakat endotrakeal tüpün doğrudan aspiratöre bağlanarak hastanın ekstübe edilmesi ciddi atelektazi riski taşıdığından tercih edilmemelidir.



**KAYNAKLAR**

1. Randolph AG, Meert KL, O'Neil ME, Hanson JH, Luckett PM, Arnold JH, et al. The feasibility of conducting clinical trials in infants and children with acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:1334-40.
2. Türkiye Çocuk Yoğun Bakım ve Çocuk Acil Tıp Hekim İnsan Gücü Raporu, 2008. Available from: <http://www.cayd.org.tr>
3. Bayrakci B, Kesici S, Kendirli T, Kalkan G, Sari A, Tokmak N, et al. Evaluation report of pediatric intensive care units in Turkey. *Turk J Med Sci* 2014;44:1073-86.
4. Courey AJ, Hyzy RC. Overview of mechanical ventilation. Uptodate. Topic 1640 Version 19.0. Available from: <http://www.uptodate.com>
5. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2000;342:1301-8.
6. Petrucci N, De Feo C. Lung protective ventilation strategy for the acute respiratory distress syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;2:CD003844.
7. Stewart TE, Meade MO, Cook DJ, Granton JT, Hodder RV, Lapinsky SE, et al. Evaluation of a ventilation strategy to prevent barotrauma in patients at high risk for acute respiratory distress syndrome. Pressure- and Volume-Limited Ventilation Strategy Group. *N Engl J Med* 1998;338:355-61.
8. MacIntyre NR. Pressure-limited versus volume-cycled breath delivery strategies. *Crit Care Med* 1994;22:4
9. Feldman, JM. Optimal ventilation of the anesthetized pediatric patient. *Anesth Analg* 2015;120:165-75.
10. Vignaux L, Piquilloud L, Tourneux P, Jolliet P, Rimensberger PC. Neonatal and adult ICU ventilators to provide ventilation in neonates, infants, and children: A bench model study. *Respir Care* 2014;59:1463-75.
11. Hyzy RC. Modes of mechanical ventilation, Uptodate, Topic 1651 Version 13.0. Available from: <http://www.uptodate.com>.
12. Sassoon CS, Del Rosario N, Fei R, Rheeman CH, Gruer SE, Mahutte CK. Influence of pressure- and flow-triggered synchronous intermittent mandatory ventilation on inspiratory muscle work. *Crit Care Med* 1994;22:1933-41.
13. Najaf-Zadeh A, Leclerc F. Noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure in children: A concise review. *Ann Intensive Care* 2011;1:15.
14. Baisch SD, Wheeler WB, Kurachek SC, Cornfield DN. Extubation failure in pediatric intensive care incidence and outcomes. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:312-8.
15. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC, Bered PL, Zilles K. Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:166-70.
16. Tobin MJ. Extubation and the myth of "minimal ventilator settings". *Am J Respir Crit Care Med* 2012;185:349-50.
17. Kriner EJ, Shafazand S, Colice GL. The endotracheal tube cuff-leak test as a predictor for postextubation stridor. *Respir Care* 2005;50:1632-8.
18. Fisher MM, Raper RF. The 'cuff-leak' test for extubation. *Anaesthesia* 1992;47:10-2.
19. Markovitz BP, Randolph AG. Corticosteroids for the prevention of reintubation and postextubation stridor in pediatric patients: A meta-analysis. *Pediatr Crit Care Med* 2002;3:223-6.

