

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ**

**AKUT SOLUNUM YETERSİZLİĞİNDE  
BIPAP ve ATC ile BİLEŞİK YAPAY SOLUNUM**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Kadir DEMİR  
Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD**

**TEZ DANIŞMANI  
Yrd.Doç. Dr. Ender GEDİK**

**MALATYA 2006**

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ**

**AKUT SOLUNUM YETERSİZLİĞİNDE  
BIPAP ve ATC ile BİLEŞİK YAPAY SOLUNUM**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Kadir DEMİR  
Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD**

**TEZ DANIŞMANI  
Yrd.Doç. Dr. Ender GEDİK**

# İÇİNDEKİLER

<b>1-Giriş ve Amaç</b>	1
<b>2-Genel Bilgiler</b>	2
2.1. Akut Solunum Yetersizliği	2
2.1.1. Hipoksik ASY nedenleri	2
2.1.2. Hiperkapnik ASY nedenleri	3
2.1.3. Perioperatif ASY nedenleri	3
2.1.4. ASY'nin tedavisi	3
2.2. Yapay Solunum	4
2.2.1. Yapay solunumun endikasyonları	4
2.2.2. Yapay solunumun amaçları	4
2.2.3. Yapay solunum modları	5
2.2.4. Tam ya da parsiyel ventilasyon desteği	5
2.2.5. Modların sınıflandırılması	6
2.3. Bifazik Pozitif Havayolu Basıncı (BIPAP)	7
2.3.1. Temel özellikleri	7
2.3.2. Basınç ve tidal hacimlerin ayarlanması	8
2.3.3. Analjezi ve sedasyonun sağlanması	8
2.3.4. Spontan solunumun korunmasının yararları	9
2.3.4.1. Pulmoner gaz değişimi	9
2.3.4.2. Kardiyovasküler etkiler	9
2.3.4.3. Oksijen sunum ve tüketim dengesi	10
2.3.4.4. Organ perfüzyonu	10
2.3.4.5. Klinik yararları	10
2.4. Otomatik Tüp Kompansasyonu (ATC)	11
2.4.1. Akıma bağlı tüp direnci	11
2.4.2. Tüp direncinin yetersiz kompansasyonunun dezavantajları	12
2.4.3. ATC'nin fonksiyonel prensibi	12
2.4.4. Klinik kullanımı	13
2.4.5. Avantajları	13
2.4.6. Sınırlamaları	14

<b>3-Gereç ve Yöntem</b>	16
<b>4-Bulgular</b>	20
<b>5-Tartışma</b>	25
<b>6-Sonuç ve öneriler</b>	29
<b>7-Özet</b>	30
<b>8-Summary</b>	31
<b>9-Kaynaklar</b>	32

## ŞEKİL-TABLO DİZİNİ

### Gereç ve Yöntem

Tablo 1. Ramsay sedasyon skalası	17
----------------------------------	----

### Bulgular

Tablo 2. Olguların demografik özellikleri ve klinik koşulları	20
Tablo 3. Olguların hemodinamik bulguları	21
Tablo 4. Olguların havayolu basınçları	21
Tablo 5. Olguların dakika ventilasyonu	22
Tablo 6. Olguların solunum frekansları	23
Tablo 7. Olguların inspiryum ve ekspiryum soluk hacimleri	23
Tablo 8. Olguların havayolu rezistans ve kompliyans değerleri <sup>24</sup>	
Tablo 9. Olguların arteriyel kan gazı analizi değerleri, FiO <sub>2</sub> düzeyleri ve horovitz indeksine ait bulgular	

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Akut solunum yetersizliğine (ASY) sahip olgularda yapay solunum, tedavinin en önemli bileşenidir (1). Son yıllarda, kullanılan mekanik ventilatörler ve solunum modlarında önemli oranda bir çeşitlilik gözlenmiştir. Güncel ventilatörler birden fazla solunum modunun aynı anda kullanımına olanak sağlamıştır (2,3). Ancak modların birlikte kullanımı ile elde edilen bileşik ventilasyonun klinik anlamı, avantajları ya da dezavantajları üzerine yeterli veri bulunmamaktadır (4).

Bifazik pozitif havayolu basıncı (biphasic positive airway pressure, BIPAP); iki farklı sürekli pozitif havayolu basıncı (continuous positive airway pressure, CPAP) düzeyi arasındaki basınç farkıyla, solunum döngüsünün tamamında spontan solunuma izin veren, zaman ayarlı, basınç kontrollü bir solunum modudur. (5).

Yapay solunum sırasında havayolu direncinin en önemli kaynağı endotrakeal tüp ya da trakeotomi kanülüdür. Otomatik tüp kompensasyonu (automatic tube compensation, ATC) akım orantılı basınç desteğinin özel bir formudur. Tüp direncinin neden olduğu ek solunum işini, solunum eforunu bozmadan etkili bir şekilde azaltır. ATC diğer ventilasyon modelleri ile birlikte kullanılabilir (3,6).

Bu çalışmada, ASY'ne sahip olgularda, farklı sürelerdeki BIPAP ventilasyonuna ATC eklenmesinin; hemodinami, yapay solunum parametreleri ve alveolar gaz değişimi üzerine etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Akut Solunum Yetersizliği**

Yoğun bakım ünitelerine temel başvuru nedenlerindendir. Birleşik Devletler’de hastaneye yatış gerektiren ASY olgularının toplam nüfusa oranı 137/100.000’dir. Bu olguların ortalama yaşı 69 olarak bulunmuştur (7).

Oksijenizasyonun sağlanması ve karbondioksit atılımı akciğerlerin birincil işlevleridir. Klinik olarak ASY başlıca hipoksik (tip 1) ve hiperkapnik (tip 2) olmak üzere iki biçimde görülebilir. Hipoksik (akciğer yetersizliği, periferik) tipte oksijenizasyon bozukluğu, hiperkapnik (ventilatuvar pompa yetersizliği, santral) tipte ise karbondioksit atılımında sorun mevcuttur (7,8). Son yıllarda, perioperatif ASY (tip 3) olarak adlandırılan yeni bir tip tanımlanmıştır (9).

#### **2.1.1. Hipoksik ASY nedenleri (7,8)**

- Hipoventilasyon
- Ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu
- Şant gelişimi
- Difüzyon bozukluğu
- Yüksek rakım
- Bozulmuş doku perfüzyonu

## **2.1.2.Hiperkapnik ASY nedenleri (7,8)**

### **I. Akciğer kaynaklı**

- Büyük hava yolu obstrüksiyonu (yabancı cisim, laringospazm)
- Küçük hava yolu obstrüksiyonu (bronkospazm)
- Akciğer parankiminin yıkımı (amfizem)

### **II. Akciğer kaynaklı olmayan**

#### **a-Nörolojik:**

- Narkotik ve sedatif ilaç etkisi ile solunum merkezinin baskılanması
- İntrakraniyal olaylar ile solunum merkezinin baskılanması (inme, travma, kanama)

-Bozulmuş nöromüsküler transmisyon (frenik sinir hasarı, C5 ve üzeri medulla spinalis hasarı)

- Guillain-Barre sendromu
- Myastenia Gravis sendromu
- Kritik hastalık nöropatisi

#### **b-Müsküloskeletal:**

- Uzun süreli kas gevşetici kullanımı
- Malnütrisyon
- Elektrolit bozuklukları (hipomagnezemi, hipopotasemi, hipofosfatemi)
- Kifoskolyoz
- Kosta kırıkları ve yelken göğüs

## **2.1.3. Perioperatif ASY nedenleri**

Fonksiyonel rezidüel kapasiteyi (FRK) azaltan ve atelektaziyi artıran koşulların birlikteliği ile gelişir. Bu mekanizma daha çok perioperatif dönem için geçerlidir. FRK'yı azaltan etkenler; supin pozisyon, obezite, asit birikimi, peritonit, üst abdominal cerrahi ve genel anestezidir. Atelektaziyi artıran başlıca etkenler ise ileri yaş, sigara kullanımı, sıvı yüklenmesi, bronkospazm ve havayolunda sekresyon birikimidir (9).

## **2.1.4. ASY'nin tedavisi**

ASY'ne sahip olgularda altta yatan hastalığın tedavisinin yanısıra en önemli yaklaşım yeterli oksijenizasyon ve ventilasyonun sağlanmasıdır. Bu amaçla noninvaziv



yapay solunum yöntemleri yetersiz kaldığında invaziv yapay solunum zorunlu hale gelir (7-9).

Yapay solunum sırasında oksijenizasyonu iyileştirmenin iki temel yöntemi bulunmaktadır. Birincisi, FiO<sub>2</sub> (fraksiyone inspiryum oksijen basıncı) düzeyinin artırılmasıdır. İkincisi ise ortalama hava yolu basıncının; PEEP (positive end expiratory pressure) uygulanması ve/veya ters oranlı ventilasyon kullanılarak inspiryum süresinin uzatılması yoluyla artırılmasıdır. Yeterli ventilasyonun sağlanması amacı ile PaCO<sub>2</sub> düzeyleri olguların genel patofizyolojik koşulları ile uyumlu olmalıdır. Örneğin kronik obstrüktif akciğer hastalığına (KOA) sahip olgularda mevcut olan yüksek PaCO<sub>2</sub> düzeyleri yapay solunum sırasında korunmalıdır (7).

## **2.2. Yapay Solunum**

Spontan solunumun yaşamsal işlevler için yetersiz olduğu koşullarda, organ fonksiyonlarının bozulmasının engellenmesi amacıyla, mekanik ventilatör ile solunumun desteklenmesi olarak tanımlanır (10).

### **2.2.1. Yapay solunumun endikasyonları:**

- Akut solunum yetersizliği
- Gerçekleşmek üzere olan solunum yetersizliği ve
- Solunum işlevinin tamamen durmasıdır (11,12).

Sekiz ülkede, 1638 olguda yapılan çok merkezli bir çalışmada; yapay solunum endikasyonları, ASY (% 66), koma (% 15), KOA akut alevlenmesi (% 13) ve nöromusküler hastalıklar (% 5) olarak belirtilmiştir. ASY grubunda, akut sıkıntılı solunum sendromu (acute respiratory distress syndrome, ARDS), kalp yetersizliği, pnömoni, sepsis, cerrahiye bağlı komplikasyonlar ve travma yer almaktadır. Bu kapsamdaki her bir alt grup, tüm grubun % 8-11'ini oluşturmaktadır (1,13).

### **2.2.2. Yapay solunumun amaçları:**

Temel hedef akut solunum yetersizliğinin patofizyolojisini düzeltmektir (1). Yapay solunumun amaçları fizyolojik ve klinik olarak iki grupta sınıflandırılır:

#### **I. Fizyolojik amaçları:**

1. Pulmoner gaz değişimini düzenlemek veya desteklemek:

- Alveolar ventilasyon (hipo-hiperventilasyonun engellenmesi)
- Alveolar oksijenizasyon (oksijen sunumunun normale yakın sürdürülmesi)

2. Akciğer hacmini artırmak (inspiryum sonu yeterli akciğer inflasyonu ile atelektazilerin önlenmesi ve tedavi edilmesi)

3. Solunum işini azaltmaktır (11,14).

## **II. Klinik amaçları:**

1. Akut solunum yetersizliğini,

2. Solunum sıkıntısını,

3. Hipoksemiye,

4. Solunum kaslarının güçsüzlüğünü düzeltmek

5. Atelektaziye düzeltmek veya önlemek,

6. Sedasyon ve/veya kas gevşemesine izin vermek,

7. Sistemik veya miyokardiyal oksijen tüketimini azaltmak,

8. İntrakraniyal basıncı azaltmak ve

9. Göğüs duvarını stabilize etmektir (11).

### **2.2.3. Yapay solunum modları**

Yapay solunum sırasında akım, inspiratuar basınç veya tidal hacmin uygulanma yöntemine **mod** adı verilir (10). Chatburn'e ait sınıflama sistemine göre modlar kontrol, tetik, limit, siklus ve durumsal değişkenler belirlenerek tariflenmelidir (15).

Teknolojik ilerlemeler ve ASY patofizyolojisine ait bilgilerin artması; solunum işinin azalması ve gaz değişimi ile alveolar ventilasyonun iyileşmesini sağlayan yeni yapay solunum modlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Bununla birlikte yeni modlar klinik olarak önemli sonuçlar elde edildiğinde yaygın kullanım kazanmaktadır (1,16).

Geniş kapsamlı çalışmalar bulunmadığı zaman klinisyen bu mod ya da tekniklerin hangisini kullanacağı konusunda kararsız kalmaktadır (16).

### **2.2.4. Tam ya da parsiyel ventilasyon desteği**

Geleneksel olarak; ASY'de alveolar ventilasyonun sağlanması ve akut akciğer hasarı, KOAH gibi altta yatan neden düzeliş yapay solunumdan ayrılma süreci (weaning) başlatılana kadar CMV (controlled mechanical ventilation) kullanılmıştır (1). Bu tipte bir yapay solunum genellikle olguların spontan solunumuna olanak sağlamaz. Sedasyon ve kas gevşetici kullanımı çoğunlukla gereklidir. Parsiyel destek modları geçmiş yıllarda sadece weaning için kullanılmış olsada, son yıllarda yapay solunumun başlangıcından itibaren birincil mod olarak kullanılmaları yaygınlaşan bir tercih olmuştur (17-19).

Bu nedenlerle tam ve parsiyel ventilatuar destek modları birbirinden ayrı ve bağımsız modaliteler olarak değerlendirilmekte idi. Bu durum birincil mod olarak CMV ve IMV'nin (intermittant mandatory ventilation) uygulanmasında sorunlar gelişmesine neden olmuştur. Temelde bu iki mod sadece sağladıkları solunum desteğinin yaygınlıkları ile fark taşırlar. Alveolar ventilasyon ve solunum işinin azaltılması yeterli olsa bile CMV'nin parsiyel ventilatuar modlarından daha yararlı olduğuna dair yeterli veri bulunmamaktadır. Bu nedenle CMV apnesi olan ya da terapötik nedenlerle apne gereken olgular için endikedir (16).

### **2.2.5. Modların sınıflandırılması**

Putensen'e göre (16) solunum modları spontan ve yapay solunum arasındaki etkileşime göre dört alt gruba ayrılabilir:

#### **I. Her bir soluğun mekanik olarak desteklenmesi ile soluk hacminin ( $V_T$ ) modülasyonu (asiste solunum)**

Her bir inspiratuar efor ventilatör tarafından desteklenir. Farklı modlardan bağımsız olarak olgunun solunum hızında artış olması daha fazla mekanik destek ile sonuçlanır. Yeterli alveolar ventilasyon ve solunum işinin azalması için bu modlarda stabil bir spontan solunum ve duyarlı bir senkronizasyon sağlanması temel ön koşuldur. Bu ilkeler ACV (assisted controlled ventilation), PSV (pressure support ventilation), PAV (proportional assisted ventilation) ve ATC için geçerlidir.

#### **II. Aralıklı mekanik soluklar ve asiste olmayan spontan solunum ile dakika ventilasyonunun (MV) modülasyonu**

Bu modlarda yapay solunum desteği sabit olup olgunun inspiratuar eforundan bağımsızdır. Artmış ventilatuar gereksinim mekanik desteğin düzeyinde her hangi bir değişim oluşturmaz. Bununla birlikte mekanik solunum hızının ayarlanması ile spontan solunumun % 0-100 arasında olması olanaklıdır. Apneik koşullarda bile daha önceden ayarlanmış MV'nun tamamı sağlanabilir. Bununla birlikte olgu sadece mekanik soluklar arasında spontan solunum yapabildiğinden mekanik soluk hızı artırıldığında spontan solunum olanağı azalacaktır. Bu temel IMV sırasında geçerlidir.

#### **III. İki CPAP düzeyi arasında değişim ile dakika ventilasyonunun modülasyonu**

Bu tip bir modda zaman sikluslu değişim ile solunumun herhangi bir evresinde spontan solunum olanaklıdır. Ventilatuar gereksiniminin değişmesi mekanik desteğin düzeyinde değişim oluşturmaz. Solunum hızı ve basınçlarının ayarlanması ile spontan solunumun

desteklenmesi % 0-100 arasında değişkenlik gösterebilir. Bu prensip BIPAP ve APRV (airway pressure release ventilation) için geçerlidir.

#### **IV. Çeşitli tekniklerin kombinasyonu ile bileşik ventilatuar destek**

Modern ventilatörler IMV + PSV, IMV + ATC, BIPAP + PSV, BIPAP + ATC ve PAV + ATC gibi bileşik ventilasyonun sağlanmasına olanak sağlamaktadır. Ancak bu kombinasyonların çok azının terapötik avantajları olduğu gösterilmiştir (20).

Bu modların birlikte kullanımından doğan toplam olumlu etkinin, her birinin ayrı ayrı etkilerinden daha fazla yarar getireceği şüphelidir. Aynı zamanda bir modun kanıtlanmış fizyolojik etkilerinin diğer bir modla kombine edildiğinde minimize olma, hatta ortadan kalkma olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır (21).

### **2.3. Bifazik Pozitif Havayolu Basıncı (BIPAP)**

#### **2.3.1. Temel özellikleri**

BIPAP; iki farklı CPAP düzeyi arasındaki değişim ile işlev gören ve solunum siklusunun her aşamasında, kısıtlanmamış spontan solunuma olanak sağlayan bir yapay solunum modudur (5, 22). APRV ile birlikte, bu iki mod teorik olarak eşdeğer olmaları nedeniyle BIPAP/APRV olarakta adlandırılır (23-26). Solunum desteğinin düzeyi hem her iki CPAP düzeyinin süresi hem de tidal hacime bağlıdır. Tidal hacim ise solunum yolu kompliyansı ve CPAP düzeyleri arasındaki farka bağımlıdır (5,22). Spontan ve mekanik soluklar arası eşzamanlı olmayan etkileşim, solunum işini artırarak etkin solunum desteğini azaltabilir (27). Güncel ventilatörlerde bu asenkronizasyonu engellemek için valf sistemleri iyileştirilmiştir. Spontan solunum olmadığında BIPAP PSV'den farklı bir işlev taşımamaktadır (5,22).

Bazı ventilatörler BIPAP'ın PSV ve/veya ATC ile kombinasyonuna olanak sağlar. Buradaki amaç spontan solunumun daha etkin olarak asiste edilmesidir (22). BIPAP'ın ATC ile kombinasyonu endotrakeal tüp direncini azaltmak amacı ile kullanıldığında seçilmiş olgularda yarar sağlar (20). Bununla birlikte yüksek basınç destek düzeylerinde, inspiratuar kas yükünde azalma ancak BIPAP'a ATC eklendiğinde olanaklıdır. Ancak farklı solunum modlarının basitce kombinasyonunun her koşulda olumlu etkiler göstermesi şüphelidir (28). BIPAP sırasında, desteklenmemiş spontan solunumların, kanıtlanmış olumlu fizyolojik etkilerinin azalması hatta tamamen yokolması ancak her bir spontan eforun PSV ile desteklenmesi ile engellenebilir (5,22).

### 2.3.2. Basınç ve tidal hacimlerin ayarlanması

ARDS'li olgularda, statik basınç-hacim eğrisinin alt infleksiyon noktasının üzerinde titre edilmiş PEEP düzeyi ve ekspiryum sonunda alveolar kollapsı ve inspiryum sonunda akciğer ünitelerinin aşırı distansiyonunu engelleyecek düzeyde uygun tidal hacim ayarlanması *akciğer koruyucu ventilatuar strateji* olarak adlandırılır. Bu tür bir stratejinin akciğer kompliyansı, venöz karışım ve PaO<sub>2</sub> düzeylerini hemodinamik bozulma olmadan iyileştirdiği bulunmuştur (29).

İdeal vücut ağırlığına göre, 6 ml/kg'ı geçmeyen tidal hacimlerin ARDS'li olgularda prognozu iyileştirdiği bulunmuştur. Bu nedenle CPAP düzeyleri alveollerin ekspiryumda kollapsını ve inspiryumda aşırı distansiyonunu engelleyecek şekilde titre edilmelidir (29-30).

ARDS'li olgularda bu stratejiye göre CPAP düzeylerinin uygulanması toplam oksijen tüketimini ve solunum işini artırmadan kardiyorespiratuar bir iyileşme sağlar (17). Ancak BIPAP her bir inspiratuar efora asistans sağlamadığından özellikle uygun CPAP düzeylerinin kullanımı, minimal bir solunum işiyle etkin bir ventilasyon için zorunludur (5,22).

### 2.3.3. Analjezi ve sedasyonun sağlanması

Yapay solunum sırasında olgunun ventilatöre adaptasyonu için analjezi ve sedasyon kullanılması gereklidir. Bu analjezi ve sedasyonun düzeyi CMV için Ramsay skoru 4-5 (sözel ve ağırlı uyarana yanıt vermeyen, derin sedatize olgu); BIPAP gibi parsiyel ventilatuar destek modlarında ise 2-3 (uyanık, yanıt veren, koopere olgu) olarak hedeflenmelidir (5,22).

Kardiyak cerrahi postoperatif döneminde ve çoklu travma olgularında yapılan çalışmalarda; başlangıçta kullanılan CMV modundan sonra, BIPAP ile spontan solunumun sağlanması belirgin olarak analjezik ve sedatif ajan gereksinimini azaltmıştır (18, 31).

Kontrollü yapay solunuma adaptasyon için yüksek dozlarda analjezik ve sedatif kullanımı aynı zamanda kardiyovasküler işlevlerin stabilitesinin sağlanması için yüksek dozda vazopressör ve pozitif inotrop kullanımını gerektirir (18).

### **2.3.4. Spontan solunumun korunmasının yararları**

#### **2.3.4.1. Pulmoner gaz değişimi**

Oleik asit aracılı akut akciğer hasarında yapılan spiral bilgisayarlı tomografi çalışmalarında, BIPAP ile spontan solunumun sağlanmasının; daha az atelektazi oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (32). Deneysel akut akciğer hasarında elektro-impedans tomografi ile yapılan çalışmalarda, BIPAP ile spontan solunumun korunmasının bağımlı akciğer alanlarında daha iyi ventilasyon sağladığı tespit edilmiştir. Bu olumlu etki, spontan solunumun plevral basıncı azaltarak, transpulmoner basıncı artırması nedeniyle görülmektedir (33).

ARDS'li olgularda, toplam dakika ventilasyonunun %10-30'u kadar spontan solunum sağlanması, ventilasyon-perfüzyon eşleşmesi ve arteriyel oksijenizasyonu iyileştirir. Arteriyel oksijenizasyonun iyileştirilmesi ile birlikte daha iyi pulmoner kompliyansın sağlanması önceden havalanmayan akciğer alanlarının açılmasının göstergesidir (17). ARDS'li olgularda BIPAP ile spontan solunumun sağlanması gaz değişimi ve oksijenizasyonun sağlanmasında anlık bir iyileşme yerine spontan solunumun başlamasından itibaren 24 saatlik bir süre boyunca sürekli iyileşme sağlar (34).

ARDS gelişimi riski olan ve 10 günden fazla süre ile spontan solunumun korunduğu olgularla, CMV sonrası weaning sürecine alınan olgular karşılaştırıldığında; birincil mod olarak kullanılan BIPAP'ın venöz karışımı azalttığı ve daha iyi arteriyel oksijenizasyon sağladığı bulunmuştur. Bu yöntem bu tür olgularda pulmoner gaz değişimindeki bozulmayı engelleyebilir (18).

#### **2.3.4.2. Kardiyovasküler etkiler**

Pozitif basıncılı ventilasyon intratorasik basıncı arttırarak kalbe venöz dönüşü azaltır. Normovolemik ve hipovolemik olgularda bu durum sağ ve sol ventrikül doluşunu azaltarak atım volümü, kalp debisi ve O<sub>2</sub> sunumunda düşüşe neden olur. Yapay solunum düzeyinin var olan spontan solunuma yeterli destek olacak şekilde ayarlanması kardiyovasküler yan etkilerin azalmasını sağlayacaktır (5,22).

BIPAP sırasında, spontan solunumun toplam dakika ventilasyonunun %10-30'u olarak sağlanması, kalbe venöz dönüşü arttırarak sağ ve sol ventrikülün daha iyi dolmasına neden olur. Bu etki kardiyak debi ve O<sub>2</sub> sunumunun iyileşmesini sağlayacaktır (17). Kardiyak indeks ve sağ ventrikül diyastol sonu hacminde eş zamanlı artışlar kalbe venöz dönüş artışının göstergesidir. Temelde akciğer hacmine bağımlı

olan sağ ventrikül çıkışı (artyük) BIPAP sırasında intratorasik basıncın azalmasından yarar görebilir (17). Eşdeğer hava yolu basınçlarında her bir spontan soluğun PSV ile desteklenmesi kardiyak indeksi değiştirmez ya da küçük bir artış sağlar. CMV ile karşılaştırıldığında PSV ile kardiyak indeks artışı basınç desteğinin düzeyi ile orantılıdır. Bu nedenle PSV ile desteklenmiş spontan solunum pozitif hava yolu basıncının oluşturduğu kardiyovasküler baskılanmaya karşı koyacak güçte olmayabilir. Rasanen ve arkadaşları (35) CPAP'tan BIPAP sırasında sağlanan spontan solunuma geçiş ile kardiyak debi ve doku O<sub>2</sub> sunumunda azalma olmadığını bulmuşlardır. Tersine CMV ile benzer bir ventilatuar destek atım hacmini ve O<sub>2</sub> sunumunu azaltır (5,22).

Teorik olarak sol ventrikül disfonksiyonu olan olgularda; BIPAP sırasında spontan solunum ile aralıklı olarak intratorasik basınç azalması, kalbe venöz dönüş ve sol ventrikül art yükünün artmasına neden olarak negatif bir etki oluşturabilir. Ancak bu tür olgularda BIPAP sırasında yeterli ve uygun CPAP sağlanması dezavantajlı bulunmamıştır (5,22).

#### **2.3.4.3. Oksijen sunum ve tüketim dengesi**

İndirekt kalorimetre çalışmalarında, BIPAP sırasında kardiyak indeks ve PaO<sub>2</sub> değerlerinde eş zamanlı bir artış sağlandığı bulunmuştur. Bu koşullarda O<sub>2</sub> tüketiminde değişim olmadığından BIPAP doku O<sub>2</sub> sunum ve tüketim dengesini iyileştirir (24, 36).

#### **2.3.4.4. Organ perfüzyonu**

Yapay solunum sırasında kardiyak indeks ve kalbe venöz dönüşün azalmasıyla toraks dışı organ sistemlerinin perfüzyon ve işlevlerinde negatif etkiler gelişebilir. Parsiyel ventilatuar destek sırasında ise spontan solunum ile aralıklı olarak intratorasik basıncın azalması organ perfüzyonlarını iyileştirir (5,22). Akut akciğer hasarına sahip olgularda BIPAP'ın glomerüler filtrasyon hızı ve Na<sup>+</sup> atılımını artırdığı bulunmuştur (37). Bu durumda şiddetli pulmoner disfonksiyona sahip olgularda spontan solunumun korunması böbrek perfüzyonu ve işlerliği açısından uygun olacaktır. Deneysel olarak oluşturulan, oleik asit aracılı akut akciğer hasarında, spontan solunumun korunmasıyla splanknik alan perfüzyonunda iyileşme bulunmuştur (38).

#### **2.3.4.5. Klinik yararları**

BIPAP sırasında, spontan solunumun minimal düzeyde korunması bile pulmoner gaz değişimi, sistemik kan akımı ve dokulara O<sub>2</sub> sunumunu iyileştirir. Bu olumlu etki

linik koşullara; yapay solunum süresinde azalma, daha erken ekstübasyon, YBÜ'de daha kısa kalış süresi, hastane maliyetlerinde azalma şeklinde yansıyacaktır (18).

#### 2.4. Otomatik Tüp Kompansasyonu (ATC)

##### 2.4.1. Akıma bağlı tüp direnci

BIPAP, SIMV ve PSV gibi modlar solunum sistemi mekaniklerinin lineer olduğunu ön gören modellerdir. Bununla birlikte solunum mekanikleri endotrakeal entübe veya trakeotomi tüpüne sahip olgularda lineer değildir. Tüp içindeki türbülant gaz akımı yapay havayolundan geçerken, akım bağımlı basınç azalması (39) ve bunun sonucu olarak tüp direncinin oluşmasını sağlar (40-42).

Spontan solunum ve basınç kontrollü ventilasyon sırasında inspiratuar gaz akımı her bir soluk boyunca değişmektedir. Spontan solunumda ise tepe inspiratuar akım bir soluktan diğerine değişiklik gösterebilir. Bu nedenlerle tüp direnci oldukça değişkendir. Bütün ventilasyon modellerinde ekspiratuar gaz akımı üstel sabit olmayan bir yol izler. Böylece tüp boyunca basınç azalması ekspiryum süresince dahi sabit değildir (39).

Endotrakeal ya da trakeotomi tüpünün lineer olmayan basınç-akım döngüsünün önemli sonuçları mevcuttur (39). Spontan solunumu korunan olgularda yapay havayolu direnci solunum işini artırır. Başlangıçta oluşmuş olan solunum işinden daha fazla değere sahip olan (43-44) bu ek yük uygun basınç desteği düzeyi sağlanarak kompanse edilebilir (45-48). Gaz akım biçim düzeninde ve herhangi bir anda tüp direncindeki değişkenlikten dolayı asiste spontan solunum süresince, tüp direncini yenmek için ventilatör tarafından sunulan basınç desteğinin miktarını ve olgunun bundan esas olarak ne kadar faydalanacağını tahmin etmek mümkün değildir (39,48).

Başlangıçta ayarlanan sabit basınç desteği, tüp direncini çok az ölçüde kompanse edebilir. Sabit inspiratuar basınç desteği ile akım hızı düşük olduğu zaman inspiriyumun başlangıcında ve sonunda tüp direncinin aşırı kompansasyonu, akım hızı yüksek olduğunda ise kompansasyon yetersizliği meydana gelecektir. Bununla birlikte sabit basınç desteğinin artırılması kompansasyonun yetersizliğinin seviyesini azaltacak, fakat aynı zamanda aşırı kompansasyon gelişmesi olasılığını da artıracaktır (39,48).

PSV dahil hiçbir ventilasyon modeli; tüp direncini yeterli düzeyde kompanse edebilme ve tüp direnci tarafından oluşturulan ilave solunum işinden olguyu, aynı zamanda aşırı kompansasyon yapmadan kurtarmak yeteneğinde değildir (46,47,49). PSV sıklıkla solunum işini azaltmak amacıyla kullanılır (50). Ancak PSV sırasında



tespit edilen her inspiratuar efora sabit basınç desteği uygulanır (51). Bu solunum modelleri ekspiratuar tüp direnci içinde herhangi bir kompensasyon sağlamazlar (39).

#### **2.4.2. Tüp direncinin yetersiz kompensasyonunun dezavantajları**

Akım-bağımlı lineer olmayan tüp direnci klinik olarak önemli bir problemdir. Tüp direncinin yetersiz kompensasyonu ek solunum işine sebep olmaktadır (39,44, 45). Bu ek solunum işi olgu tarafından normal olarak oluşturulan işin iki katından fazla olabilir (39) ve uygun seviyeli basınç desteği ile kompanse edilmesi gerektiği geniş kabul görmüş bir yaklaşımdır. Örneğin PSV modelinde akciğerleri sağlıklı olan olguda 5-8 mbar, hasarlı akciğerde ise 8-14 mbar'lık inspiratuar basınç desteği kullanılması önerilmektedir (46,47). Gerçekte tüp direnci sabit inspiratuar basınç desteği ile kompanse edilemez. Böyle bir öneri ile aşırı veya yetersiz kompensasyonun oluşmayacağı uygun basınç desteği ayarlanmasının önemi ortaya çıkmaktadır (48).

#### **2.4.3. ATC'nin fonksiyonel prensibi**

Akım bağımlı tüp direncinin basitçe kompensasyonu distal uçtaki trakeal basınç için olanaklıdır. Konvansiyonel olarak hava yolu basıncının gerçek düzeyi ölçülür ve hedef değer ile kıyaslanır. CPAP modelinde hedef değer PEEP, PSV'de ise inspiratuar basınç desteğinin düzeyidir. Eğer gerçek hava yolu basıncı ile hedef değer arasında bir sapma tespit edilirse, gaz akımı artacak veya azalacaktır. Hava yolu basıncı yerine trakeal basınç hedef değer olarak belirtilir ise tüp direnci otomatik olarak kompanse edilecektir. Bu sistemin güvenilirliğini sağlamak için trakeal basıncın sürekli olarak belirlenmesi gerekir (40). Hesaplanan trakeal basınç kullanılır ve gerektiğinde ekspiryum süresince tüpün proksimal ucuna negatif basınç uygulanır ise, tüp direnci inspiryum ve ekspiryum süresince kompanse edilebilir. Böylece tüp direncinin neden olduğu ek solunum işinden olgu neredeyse tam olarak kurtarılabilir. Bu kavram *elektronik ekstübasyon* olarak adlandırılabilir (52).

Prensipte ATC akım-orantılı basınç desteğinin özel bir formundan başka bir şey değildir. Bununla birlikte ATC'de basınç desteğindeki artış, gaz akımı ile lineer değildir. İnspiryumun ve ekspiryumun başlaması için tetik kriterine gerek yoktur. Gerçek trakeal basınçtaki, hedeflenen değerden herhangi bir sapma küçükte olsa sunulan akımda artış veya azalma ile derhal düzeltilmelidir (39).

#### 2.4.4. Klinik kullanımı

ATC değişken basınç desteği olarak tanımlanabilir (6). Yapay havayolunun direnci, hesaplanan trakeal basıncın kapalı döngü kontrolü ile otomatik olarak kompanse edilir (53). Geleneksel modların tersine hem inspiryum hem de ekspiryumda trakeal basınçtaki azalmaların tolere edilmesi mantığına dayanır (6,42). Güncel ventilatörlerin sub-optimal özelliklerine rağmen hasta ventilatör ilişkisini olumlu yönde etkiler (54,55). ATC weaning fazının sonunda sadece elektronik ekstübasyon amacı ile örneğin ekstübasyon başarısını güvenilir şekilde öngörmek için, uygulanan diğer bir ventilasyon modeli değildir. ATC prensipte değişken tüp direncinin bozucu etkisini ortadan kaldıracak düşüncesi ile diğer ventilasyon modelleri ile kombine edilebilir (39).

#### 2.4.5. Avantajları

Birinci avantajı, inspiryum ve ekspiryum başlatmak için tetikleme gereksinimi olmamasıdır. Bu özellik ototetikleme veya uygunsuz tetikleme önler. Böylece ventilatör ve hasta arasındaki uyumsuzluğun sebeplerinden biri önlenmiş olur (39,56,57).

İkinci avantajı ise tüp direnci tarafından oluşturulan ilave solunum işinde etkin bir azalma sağlamasıdır (43, 44, 48, 57). PSV ile karşılaştırıldığında trakeostomize (43, 48) ve endotrakeal entübe olgularda (44) yararları ispatlanmıştır. Gönüllüler ile yapılan çalışmalarda, ATC'de solunum konforunun PSV'den önemli derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur (53,58,59).

Tüp direncinin sebep olduğu ilave solunum işini olguların solunum eforunu bozmadan etkili bir şekilde azaltmak önemlidir. ATC olguların doğal solunum biçimine izin verir (39, 55).

ATC, PSV ve T parçasına göre ekstübasyonun başarılı veya başarısız olacağının öngörülmesinde daha büyük doğruluğa sahiptir (55). Yine spontan solunum denemesinin sonunda, en önemli weaning göstergelerinden birisi olan hızlı yüzeysel solunum indeksinin (Rapid shallow breathing index; RSBI =  $f/VT$ ) ATC eklenen olgularda kullanılmasının daha doğru sonuçlar verebileceği gösterilmiştir (60). Yakın zamanlarda yapılan bir çalışmada ise genel yoğun bakım olgularında spontan solunum denemesinin sonunda CPAP desteğine ATC eklenmesinin başarılı ekstübasyonun öngörülmesinde tek başına CPAP uygulamasına göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir (61).

#### 2.4.6. Sınırlamaları

Aktif hava yolu obstrüksiyonu olan olgularda ekspiratuar tüp direncinin kompanse edilmesi ile hava yolu kollapsı olasılığı artacaktır. Bu tip olgularda ekspiratuar tüp direncinin kompensasyonu şüphelidir. Bununla birlikte eğer aktif bronkospazm yok ise ATC dinamik hiperinflasyonu ve intrinsek PEEP'i önlemede oldukça etkin bir yöntemdir. Günümüzde geliştirilen ATC kavramı, ekspiratuar tüp kompensasyonunun istendiğinde kapatılmasına izin verir. Bu olanak, aktif ekspiratuar hava yolu obstrüksiyonu olan olgulara güvenli bir şekilde ATC kullanılması gerektiğinde önem taşır (39).

Diğer sınırlama, elektronik ekstübasyon ile ilgili kaygıdır. ATC de tüp direnci tamamen kompanse edilir ise olgu sadece solunum sisteminin mekanik özelliklerinin üstesinden gelmek için gerekli solunum işini yapmak zorundadır. Fakat bu durum gerçek ekstübasyondan sonraki üst hava yollarının direncini yenmek için gerekli ek solunum işindeki gibi değildir. İdeal olmayan kontrol özellikleri nedeniyle en hızlı ventilatörde bile tüp direnci ATC'de tamamen kompanse edilemez. Burada olduğu gibi gerçek ATC süresince elektronik ekstübasyon geçerliliğini sürdürmektedir (39).

ATC kavramının tüp tıkanmasına (sekresyon gibi) reaksiyon açısından test edilmeye gereksinimi vardır. Trakeal basınçların hesaplanmasındaki katsayılar tıkanmış olmayan tüpe uygulanır. Eğer sekresyon parsiyel tüp tıkanmasına sebep olursa tüp direnci buna uygun olarak artacaktır. Artmış bu tüp direnci ATC algoritması tarafından tespit edilmeyebilir. Bunun sonucunda, tıkanmış tüp içinde bir uçtan bir uca gerçek değerler daha altında basınç düşüşü öngörülebilecektir ve bu durum yetersiz tüp kompensasyonuna yol açacaktır (2,39). Ekspiratuar gaz akımı ve parsiyel tüp obstrüksiyonunun analizi ile (62), yatak başında tüpe özel sabitlerin belirlenmesi ve ATC algoritmasına bu düzeltilmiş değerlerin yüklenmesi mümkündür. Eğer bu işlem günde birkaç kez uygulanırsa sekresyon birikmesine bağlı yetersiz kompensasyonun etkili bir şekilde önlenmesi mümkün olacaktır (39). Tüp katlanması gibi fiziksel değişimlerde de kompensasyon yetersiz kalabilir (63).

ATC kullanılırken tüpün cinsi (endotrakeal tüp ya da trakeotomi kanülü), iç çapı ve desteğin düzeyi (% 0-100) önceden ayarlanır. Ancak tüp uzunluğu göz önüne alınmamaktadır. Uzunluğu azaltılan tüpler kullanıldığında tam bir kompensasyon sağlanamasa da, bu fark klinik olarak göz ardı edilebilir (3).

Gerçek ekstübasyondan farklı olarak ATC lokal irritasyonu ve yabancı cisim hissi, öksürük gibi dezavantajları gideremez (39).

Diğer bir sorun ATC'nin henüz tüm ventilatör tiplerine uyarlanmamış olmasıdır. Günümüzde en sık Drager Evita 4 ve Puritan-Bennett 840 ventilatörlerde uygulama alanı bulmuştur. Bunun yanında, bu ventilatörler ile ATC'nin ilk kez kullanıldığı özgün ventilatörlerin karşılaştırılmasında; güncel olanların ekspiryumda yeterli kompensasyon sağlamaması ciddi bir açmaz olarak kabul edilebilir (64).

KOAH dışı nedenlerle akut solunum yetersizliğine sahip uzun süreli yapay solunum sonrası weaning denemesi yapılan olgularda T-tüp ve 7 cmH<sub>2</sub>O PSV'ye göre solunum işini azaltmak amacıyla ATC'nin üstün bulunamaması daha ileri çalışmalara gereksinim olduğunu göstermiştir (65).

### **3. GEREÇ VE YÖNTEM**

#### **3.1. Olguların seçimi**

Bu çalışma Fakültemiz Etik Kurulu ve olguların birincil yakınlarının yazılı onayı sonrası, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Yoğun Bakım Ünitesinde, Nisan-Haziran 2006 tarihleri arasında takip ve tedavileri yapılan, ASY'ne sahip ve invaziv yapay solunum gereksinimi olan, 60 erişkin olguda gerçekleştirildi. Spontan solunumu olmayan, bronkopulmoner kaçağı bulunan, hemodinamik açıdan uygun olmayan ve kafa içi basıncı artmış olgular çalışma dışı bırakıldı. Çalışma esnasında olguların klinik koşulları nedeniyle kullanılan solunum modlarından kaynaklı sorun yaşadığı ya da yapay solunumun sonlandırılması düşünüldüğünde çalışma dışı bırakılması planlandı.

#### **3.2. Olguların monitorizasyonu ve havayolunun güvence altına alınması**

Akut solunum yetersizliğine sahip olgular üniteye kabul edilmelerinden itibaren, beş yollu elektrokardiyogram (EKG), puls oksimetri (SpO<sub>2</sub>), non-invaziv kan basıncı ve baskın olmayan eldeki radyal arterden invaziv kan basıncı, endike ise sağ subclavian venden santral venöz basınç ve saatlik idrar çıkımı ile monitorize edildi. Tüm olgular hemodinamik açıdan stabil oldukları sürece 30-45 ° yarı-oturma pozisyonunda izlendi.

Diğer yoğun bakım üniteleri ya da acil servisten kabul edilip endotrakeal tüpü mevcut olan olgular ünitemize Oxylog 2000 (Dräger Medizintechnik GmbH, Lübeck, Almanya) transport ventilatörü ile getirildi. Üniteye tedavilerini almakta iken yapay

solunum gereksinimi doğan olgular ise hemodinamik koşulları ve bilinç durumlarına uygun olarak gerekli sedatif-hipnotik, opioid ve depolarizan kas gevşetici kullanılarak, mide içeriği aspirasyonunu engelleyecek önlemlerle endotrakeal yoldan entübe edildi.

### 3.3. Yapay solunumun BIPAP ile başlatılması ve stabilizasyon süreci

Tüm olgular monitorizasyon ve hemodinamik stabilizasyon ile birlikte Evita 4 ventilatöre (Drager Medizintechnik GmbH, Lübeck, Almanya) bağlandı. Mekanik ventilasyon öncesi erişkin test balonu kullanılarak ventilatörün cihaz kontrolü ve self test işlemi gerçekleştirildi. Self test işlemi ile belirlenen sorunlar üretici firmanın önerileri ile çözümlenerek, gerekli olduğunda test yinelendi. Endotrakeal tüp ve ventilatör bağlantısı; bakteri-nem filtresi, mount piece, CO<sub>2</sub> küveti, Y parçası ve su tutucular içeren 1-1,2 (I:E) metre uzunluğunda orijinal Drager erişkin solunum devreleri ile sağlandı. Her bir olguya uygulanacak çok kullanımlık solunum devresi ve eklentileri üretici firmanın önerilerine uygun olarak dezenfekte ve sterilize edildi. Solunum devresine ventilatörün ısı ve CO<sub>2</sub> sensörleri eklendi. Olguların bronşiyal hijyenini sağlamak amacıyla kapalı devre aspirasyon sistemi kullanıldı. Bronşiyal aspirasyon öncesi ve sonrasında üç dakika süreyle % 100 O<sub>2</sub> uygulandı. Olgularda trakeal nekroz gelişmesini engellemek amacıyla 6 saat arayla endotrakeal kaf basınç ölçeri ile kaf basınçları ölçülerek güvenli aralıkta (25-30 mmHg) olması sağlandı.

Yapay solunum süresi boyunca tüm olgular akut sorunlarının tedavileri ve stabilizasyon amacıyla remifentanil ve midazolam ile Ramsay sedasyon skoru (66) 3 olacak şekilde sedatize edildi. (Tablo 1)

**Tablo 1. Ramsay sedasyon skalası**

Skor	Hasta Tanımlaması
1	Anksiyöz, ajite ya da huzursuz
2	Koopere, oriyente ve sakin
3	Sadece komutlara yanıt
4	Uyanık, ancak hafif glabellar vuru ya da yüksek sesli uyarana canlı yanıt
5	Uyanık, ancak hafif glabellar vuru ya da yüksek sesli uyarana tembel yanıt
6	Yanıt yok

Bu süre içinde tüm olgular BIPAP modu ile solutuldu. PaCO<sub>2</sub> değerini 35-50 mmHg sağlayacak şekilde dakika volümünü oluşturacak tidal hacim ve solunum frekansı ayarlandı. Barotravma ve volutravma oluşturmamak için tidal hacim üst sınırı 8 mL/kg, PInsp üst sınırı 34 cmH<sub>2</sub>O olarak ayarlandı. İntrensek PEEP artışını engellemek açısından solunum frekansı 16/dk'yı geçmedi. PaO<sub>2</sub> değeri 70-110 mmHg olacak şekilde, FiO<sub>2</sub> düzeyi 0.6'yı geçmeyecek şekilde, I:E oranı 1:2, PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O uygulandı. BIPAP modu ile ventilasyon sırasında basınç yükselme süresi (pressure rise time) 0,20 saniye, ASB (PSV) düzeyi 0, endotrakeal tüp boyutuna uygun olarak ayarlanmış otomatik tüp kompensasyonu (ATC) düzeyi 0 olarak sabit tutuldu. Uygulama sırasında apne (back up) ventilasyon kapalı tutuldu. Ventilasyon boyunca I:E oranı, PEEP ve FiO<sub>2</sub> düzeyi, PaCO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> değerleri için önceden belirlenen sınırlar korunacak şekilde olguların bireysel gereksinimlerine uygun ventilatör ayarları sağlandı.

Mekanik ventilatör ile ilk kez hasta bağlantısı yapıldıktan bir saat sonra (T1) ilk ölçümler gerçekleştirildi.

#### **3.4. İlk bir saat sonrası BIPAP ile yapay solunum**

İlk bir saatlik süredeki BIPAP ventilasyonu sonrası, olgular rasgele iki gruba ayrıldı. İlk bir saatlik süreye ek olarak Grup 1 (n=30) için 6 saat, grup 2 (n=30) için ise 12 saat süresince BIPAP ventilasyonu sürdürüldü. Grup 1 için 7. saat sonunda, grup 2 için 13. saat sonunda (T2) ikinci ölçümler gerçekleştirildi ve tüm olgularda BIPAP ventilasyonuna endotrakeal tüp boyutuna uygun olarak belirlenmiş ATC (% 100 oranında) modu eklendi.

#### **3.5. BIPAP + ATC ile yapay solunum:**

Her iki grupta 6 saat süreyle uygulanan BIPAP + ATC ventilasyonu sonrası (T3) üçüncü ölçümler gerçekleştirilerek çalışma sonlandırıldı.

Çalışma sonrası; klinik seyirlerine uygun bir şekilde, endikasyonu devam ettiği sürece olguların yapay solunumu sürdürüldü.

#### **3.6. Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi:**

Olguların yaş, cinsiyet, akut solunum yetersizliğinin tipi, endotrakeal tüp çapı gibi demografik verileri ve klinik koşulları kaydedildi. Vücut yüzey alanı ve ilk 24 saatlik süre sonundaki APACHE II skorları hesaplanarak kaydedildi.

Tüm ölçüm zamanlarında (T1, T2, T3) aşağıdaki veriler çalışıldı:  
Olguların ortalama arter basıncı (OAB, mmHg), kalp atım hızı (KAH, atım/dk) değerleri hemodinamik monitörden (Marquette Solar 8000, D6015TM, Beaverton, OR) kaydedildi.

Olguların inspiryum havayolu basıncı ( $P_{insp}$ ),  $P_{ort}$ , intrensek pozitif ekspiryum sonu basıncı (PEEPi), toplam dakika hacmi ( $MV_{top}$ ), spontan solunumun oluşturduğu dakika hacmi ( $MV_{spo}$ ), toplam solunum frekansı ( $f_{top}$ ), spontan solunum frekansı ( $f_{spo}$ ), ventilatörde ayarlanan zorunlu solunum frekansı ( $f_{mek}$ ), inspiryum soluk hacmi ( $VT_{insp}$ ), ekspiryum soluk hacmi ( $VT_{eksp}$ ), havayolu rezistans (R), havayolu kompliyans (K),  $FiO_2$  değerleri Evita 4 ventilatörden (Drager Medizintechnik GmbH, Lübeck, Almanya) kaydedildi.

Olguların arteriyel kan gazı analizöründen elde edilen; pH, parsiyel karbondioksit basıncı ( $PaCO_2$ ), parsiyel oksijen basıncı ( $PaO_2$ ), oksijen satürasyonu ( $SaO_2$ ) değerleri kaydedildi.

Toplam dakika hacmi ve spontan solunumun oluşturduğu dakika hacmi oranı ( $MV_{spo/top}$ ), horovitz indeksi ( $PaO_2/FiO_2$ ) tüm ölçüm zamanları için hesaplanarak kaydedildi.

### 3.7. İstatistik

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 13.0 programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov Z testi ile doğrulandı. Veriler normal dağılıma uygunluk sağlamadığından; gruplar arası verilerin değerlendirilmesinde non-parametrik testlerden Mann-Whitney U testi kullanıldı. Grup içi verilerin değerlendirilmesinde ise Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi kullanıldı. Cinsiyet, akut solunum yetersizliği tipi ve uygulanan endotrakeal tüp çapı karşılaştırılmasında ki kare testi kullanıldı. Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart dağılım (SD) ve sayısal dağılım olarak verildi.  $P < 0.05$  düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



#### 4. BULGULAR

Hiçbir olgu klinik koşulları nedeniyle kullanılan solunum modlarından kaynaklı sorun yaşadığı ya da yapay solunumun sonlandırılması düşünüldüğünden dolayı çalışma dışı bırakılmadı.

Olguların demografik özellikleri ve klinik koşulları tablo 2’de gösterilmiştir. Bu veriler değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmadı.

**Tablo 2. Olguların demografik özellikleri ve klinik koşulları**

	Grup 1	Grup 2
Yaş (yıl)	64,90 ± 16,76	59,27 ± 20,30
Cinsiyet (E/K) *	19 / 11	18 / 12
Vücut Yüzey Alanı (kg/m <sup>2</sup> )	1,84 ± 0,11	1,85 ± 0,15
Akut Solunum Yetersizliği (Tip 1/Tip 2/Tip 3) *	8 / 12 / 10	7 / 14 / 9
APACHE II skoru	29,10 ± 2,71	28,63 ± 4,68
Endotrakeal tüp çapı (mm)		
(7.5/8.0/8.5)*	9 / 15 / 6	9 / 14 / 7

*Akut solunum yetersizliği tipi (Tip 1: hipoksemik, Tip 2: hiperkapnik, Tip 3: mikst)*

*\*: sayısal dağılım*

Olguların hemodinamik bulguları tablo 3'te gösterilmiştir. Ortalama arteriyel basınçları (OAB) ve kardiyak atım hızı (KAH) değerlerinin gruplar arası karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmedi ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3. Olguların hemodinamik bulguları (ortalama  $\pm$  SD)**

	T1	T2	T3
<b>OAB (mmHg)</b>			
Grup 1	81,17 $\pm$ 12,71	79,70 $\pm$ 18,54	79,23 $\pm$ 14,17
Grup 2	83,60 $\pm$ 15,80	84,77 $\pm$ 17,81	86,80 $\pm$ 15,17
<b>KAH (atm/dk)</b>			
Grup 1	101,23 $\pm$ 28,69	102,70 $\pm$ 28,47	105,43 $\pm$ 25,14
Grup 2	101,87 $\pm$ 20,50	104,90 $\pm$ 25,31	104,60 $\pm$ 20,06

Olguların havayolu basınçlarına ait bulgular tablo 4'te gösterilmiştir. Grup 1'de  $P_{insp}$ , T3 değerlerinde T1 ve T2 değerlerine göre azalma istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ). Grup 2'de  $P_{ort}$  değerlerinde T1'e göre T3'deki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ). Tüm ölçümlerde olguların PEEPi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $p>0.05$ ).

**Tablo 4. Olguların havayolu basınçları (ortalama  $\pm$  SD)**

	T1	T2	T3
<b><math>P_{insp}</math> (cmH<sub>2</sub>O)</b>			
Grup 1	19,40 $\pm$ 4,50	19,47 $\pm$ 4,50	18,53 $\pm$ 4,58*#
Grup 2	18,23 $\pm$ 4,10	18,23 $\pm$ 4,55	17,80 $\pm$ 4,22
<b><math>P_{ort}</math> (cmH<sub>2</sub>O)</b>			
Grup 1	10,03 $\pm$ 1,63	10,00 $\pm$ 1,60	9,77 $\pm$ 1,61
Grup 2	9,53 $\pm$ 1,50	9,77 $\pm$ 1,85	9,90 $\pm$ 1,49*
<b>PEEPi (cmH<sub>2</sub>O)</b>			
Grup 1	6,55 $\pm$ 1,40	6,15 $\pm$ 1,60	6,55 $\pm$ 1,59
Grup 2	6,29 $\pm$ 1,72	6,33 $\pm$ 1,69	6,61 $\pm$ 2,06

\*: T1'e göre değişim ( $p<0.05$ ), #: T2'ye göre değişim ( $p<0.05$ ).

Olguların dakika ventilasyonuna ait bulgular tablo 5'te gösterilmiştir.  $MV_{top}$ ,  $MV_{spo}$  ve  $MV_{spo/top}$  ölçümleri göz önüne alındığında; grup 1'de T3 ve T2 değerlerinde

T1 değerlerine göre olan değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ).  $MV_{spo/top}$  (%) ölçümleri göz önüne alındığında; grup 2’de T1’e göre T2’deki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ).  $MV_{spo}$  ve  $MV_{spo/top}$  ölçümleri göz önüne alındığında; grup 1’de T2 değerlerine göre T3 değerlerinde artış saptandı ( $p<0.05$ ). T1 ölçümlerinde  $MV_{spo}$  değerlerinde gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ).

**Tablo 5. Olguların dakika ventilasyonu (ortalama  $\pm$  SD)**

	T1	T2	T3
<b><math>MV_{top}</math> (L/dk)</b>			
Grup 1	8,19 $\pm$ 1,37	8,85 $\pm$ 1,57*	8,76 $\pm$ 1,79*
Grup 2	8,80 $\pm$ 2,35	9,21 $\pm$ 2,34	9,34 $\pm$ 2,12
<b><math>MV_{spo}</math> (L/dk)</b>			
Grup 1	1,07 $\pm$ 0,91 <b>a</b>	1,34 $\pm$ 1,18*	1,91 $\pm$ 1,40*#
Grup 2	1,99 $\pm$ 1,79	2,23 $\pm$ 1,79	2,45 $\pm$ 1,90
<b><math>MV_{spo/top}</math> (%)</b>			
Grup 1	0,13 $\pm$ 0,12	0,15 $\pm$ 0,14*	0,21 $\pm$ 0,15*#
Grup 2	0,19 $\pm$ 0,14	0,23 $\pm$ 0,16*	0,25 $\pm$ 0,18

*a: gruplar arası değişim.*

*\*: T1’e göre değişim ( $p<0.05$ ), #: T2’ye göre değişim ( $p<0.05$ ).*

Olguların yapay solunum sırasında solunum frekanslarına ait veriler tablo 6’da gösterilmiştir. Grup 1’de  $f_{top}$  ve  $f_{spo}$  değerlerinde T1’e göre T2 ve T3’deki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ). Tüm ölçümlerde olguların  $f_{mek}$  değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $p>0.05$ ). T1 ölçümlerinde  $f_{top}$  ve  $f_{spo}$  değerlerinde gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ).

Olguların inspiyum ve ekspiryum soluk hacimleri tablo 7’de gösterilmiştir. Grup 1’de  $VT_{insp}$  değerlerinde T1’e göre T2’deki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ).  $VT_{insp}$  ve  $VT_{eksp}$  ölçümleri göz önüne alındığında; grup 1’de T2 değerlerine göre T3 değerlerinde azalma saptandı ( $p<0.05$ ). T2 ölçümlerinde  $VT_{insp}$  değerlerinde gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ).

**Tablo 6. Olguların solunum frekansları (ortalama  $\pm$  SD)**

	T1	T2	T3
<b><math>f_{top}</math> (sayı/dk)</b>			
Grup 1	17,77 $\pm$ 6,68 a	19,20 $\pm$ 7,36*	19,03 $\pm$ 4,68*
Grup 2	20,43 $\pm$ 6,43	19,87 $\pm$ 6,41	21,33 $\pm$ 7,83
<b><math>f_{spo}</math> (sayı/dk)</b>			
Grup 1	3,77 $\pm$ 4,75 a	5,73 $\pm$ 7,64*	5,50 $\pm$ 5,23*
Grup 2	7,40 $\pm$ 6,55	6,93 $\pm$ 6,52	8,33 $\pm$ 7,36
<b><math>f_{mek}</math> (sayı/dk)</b>			
Grup 1	13,30 $\pm$ 1,56	13,50 $\pm$ 1,74	13,53 $\pm$ 1,70
Grup 2	13,00 $\pm$ 1,29	13,00 $\pm$ 1,64	13,10 $\pm$ 1,75

a: gruplar arası değişim.

\*: T1'e göre değişim ( $p < 0.05$ ).

**Tablo 7. Olguların inspiriyum ve ekspiriyum soluk hacimleri (ortalama  $\pm$  SD)**

	T1	T2	T3
<b><math>VT_{insp}</math> (mL)</b>			
Grup 1	599,60 $\pm$ 125,88	642,20 $\pm$ 125,35 a*	608,00 $\pm$ 123,51#
Grup 2	596,37 $\pm$ 141,53	557,90 $\pm$ 156,46	574,43 $\pm$ 155,54
<b><math>VT_{eksp}</math> (mL)</b>			
Grup 1	563,80 $\pm$ 125,42	592,80 $\pm$ 125,76	537,40 $\pm$ 165,69#
Grup 2	512,50 $\pm$ 132,00	540,70 $\pm$ 152,31	539,33 $\pm$ 149,70

a: gruplar arası değişim.

\*: T1'e göre değişim ( $p < 0.05$ ), #: T2'ye göre değişim ( $p < 0.05$ ).

Olguların havayolu rezistansı ve kompliyansına ait bulgular tablo 8'de gösterilmiştir. Havayolu rezistans değerlerinin gruplar arası karşılaştırılmasında; T3 ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ( $p < 0.05$ ).

Olguların arteriyel kan gazı analizi değerleri,  $FiO_2$  düzeyleri ve horovitz indeksine ait bulgular tablo 9'da gösterilmiştir. Grup1 için; pH,  $FiO_2$  ve horovitz indeksi ölçümleri göz önüne alındığında; T3 ve T2 değerlerinde T1 değerlerine göre olan değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p < 0.05$ ). Grup 2'de pH ölçümleri göz önüne alındığında; T1'e göre T3'deki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p < 0.05$ ).

$PaCO_2$ ,  $SaO_2$  ve  $PaO_2$  değerlerinde her üç grupta da istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 8. Olguların havayolu rezistansı (R) ve kompliyans (K) değerleri (ort ± SD)**

	T1	T2	T3
<b>R (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>			
Grup 1	16,13 ± 6,96	15,23 ± 4,98	15,51 ± 4,82 a
Grup 2	13,75 ± 6,06	14,04 ± 4,78	13,30 ± 4,98
<b>K (mL/ cmH<sub>2</sub>O)</b>			
Grup 1	62,42 ± 22,42	64,53 ± 27,52	64,18 ± 22,54
Grup 2	65,20 ± 42,68	65,67 ± 36,44	65,00 ± 36,71

a: gruplar arası değişim.

**Tablo 9. Olguların arteriyel kan gazı analizi değerleri, FiO<sub>2</sub> düzeyleri ve horovitz indeksine ait bulgular (ortalama ± SD)**

	T1	T2	T3
<b>pH</b>			
Grup 1	7,39 ± 0,05	7,41 ± 0,05*	7,41 ± 0,05*
Grup 2	7,40 ± 0,05	7,41 ± 0,04	7,42 ± 0,04*
<b>PaCO<sub>2</sub> (mmHg)</b>			
Grup 1	43,80 ± 6,77	41,69 ± 5,94	41,56 ± 7,03
Grup 2	41,02 ± 6,52	40,90 ± 5,34	40,32 ± 5,95
<b>SaO<sub>2</sub> (%)</b>			
Grup 1	94,81 ± 7,98	96,37 ± 4,20	96,53 ± 2,16
Grup 2	96,86 ± 1,99	96,36 ± 2,99	96,54 ± 1,88
<b>PaO<sub>2</sub> (mmHg)</b>			
Grup 1	87,33 ± 19,01	88,27 ± 15,97	86,80 ± 12,47
Grup 2	92,63 ± 13,69	87,33 ± 13,92	87,70 ± 11,25
<b>FiO<sub>2</sub> (%)</b>			
Grup 1	44,83 ± 8,95	41,50 ± 9,21*	41,33 ± 9,46*
Grup 2	40,97 ± 10,27	39,77 ± 10,82	39,77 ± 10,66
<b>Horovitz indeksi</b>			
Grup 1	205,11 ± 66,75	223,97 ± 67,10*	222,95 ± 68,27*
Grup 2	243,00 ± 76,85	245,34 ± 85,88	239,71 ± 81,73

Horovitz indeksi = (PaO<sub>2</sub>/ FiO<sub>2</sub>) mmHg.

\*: T1'e göre değişim (p<0.05).

## 5. TARTIŞMA

Çalışmamızda, akut solunum yetersizliğine sahip ve yoğun bakım ünitesinde invaziv yapay solunum gereksinimi olan 60 erişkin olguda, farklı sürelerde uygulanan BIPAP ventilasyonuna ATC eklenmesinin; hemodinami, yapay solunum parametreleri ve alveolar gaz değişimi üzerine etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; olguların yoğun bakım ünitesine kabul edilmesinden itibaren, ilk bir saatlik stabilizasyon süresi sonrası, grup 1 için 6, grup 2 için 12 saat süreyle uygulanan BIPAP ventilasyonu üzerine ATC eklenmesiyle yapmış olduğumuz ölçümlere göre elde edilen başlıca bulgular şunlardır:

1. Her iki grupta her üç ölçüm döneminde OAB ve KAH değerleri klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda idi ve gruplar arasında fark saptanmadı. Bu durum BIPAP ve ATC şeklindeki bileşik ventilasyonun ASY'ne sahip olgularda hemodinamik açıdan güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. OAB ölçümlerimiz invaziv olmasına rağmen, çalışmamıza dahil ettiğimiz her olguda santral venöz basınç monitorizasyonu rutin olarak gerekmediğinden, kardiyak dolma basınçlarının ölçülememesi engel olarak görülebilir. Buna rağmen temel hemodinamik verilerde gruplar arası farklılık bulunmaması çalışmamızın en önemli avantajlarındanıdır.

Calzia ve arkadaşları (67) kardiyak cerrahi sonrası olgularda yaptıkları çalışmada; CMV sonrası weaning amacıyla BIPAP ve SIMV (synchronised intermittent

mandatory ventilation) modlarını karşılaştırmışlardır. Bu modların kullanımı sırasında OAB ve KAH değerleri açısından istatistiksel bir fark bulamamışlardır. Bu durum ventilatuar gereksinimi artmamış kardiyak cerrahi olgularında parsiyel ve tam destek modları arasında bu değerler arasında bir fark olmadığını göstermektedir. Bizim çalışmamızda her iki grupta artmış ventilatuar gereksinimi olan olgular olmasına ve Ramsay sedasyon skoru 3 olarak korunmasına rağmen gerek BIPAP gerekse BIPAP + ATC ventilasyonu sırasında bu değerler açısından fark bulunamamıştır.

Kazmaier ve arkadaşları (68) yine kardiyak cerrahi sonrası olgularda yaptıkları çalışmada PSV ile birlikte uygulanan SIMV ve BIPAP modlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada aynı zamanda BIPAP ve SIMV + PSV solunumu sedatize ve uyanık olgularda karşılaştırılmıştır. Parsiyel destek modları kısa süreli ventilasyonda uyanık olgularda bile hemodinamik sorun oluşturmamıştır.

Neumann ve arkadaşları (69) postoperatif olgularda BIPAP sırasında ventilatörde ayarlanan zorunlu solunum frekansını dakikada 5-15 arasında değiştirerek yaptıkları karşılaştırmada; OAB ve KAH değerleri açısından fark bulmamışlardır.

Çalışmamızda bulduğumuz hemodinamik sonuçlar bu üç çalışma ile uyumludur. Farklı sürelerde uygulanan BIPAP ventilasyonuna eklenen ATC hemodinamik bir değişim oluşturmamıştır.

2. Basınç güvenliği (barotravma) açısından değerlendirildiğinde;  $P_{insp}$  değerleri her iki grupta da, başlangıca göre T3 ölçümlerinde azaldı. Grup 1'deki azalma istatistiksel olarak anlamlıydı. Bu durum erken ATC başlanması bir avantajı olarak görülebilir. ATC uygulanması ile barotravma riskinin küçük de olsa azalması önemli klinik yarar sağlayabilir. Bu yarar ATC'nin tüp direncini azaltan (43, 44) ve doğal solunum biçimini koruyan (39,55) etkisine bağlanabilir.

Spontan soluyan olgularda havayolu direnci arttığında hem inspiratuar hem de ekspiratuar akımlar engellenir. İletici havayollarının yapısal kalitesinin azalması, ekspiryum sırasında küçük ve orta havayollarının kapanmasına yol açar ve böylece FRK azalır. Yapay solunum ile ventile edilen hastalarda oto-PEEP ( $PEEP_1$ ), istem dışı PEEP oluşumu demektir. Ekspiratuar akım sonlanmadan önce, bir sonraki inspiyum başladığında meydana gelir. Oto-PEEP, ekspiryum sonunda akciğerlerde büyük miktarda hacim hapsolmasıyla barotravma oluşumuna ve kalbe olan venöz dönüşün

azalmasıyla ciddi hemodinamik bozulmaya yol açabilir. Eğer PEEP<sub>i</sub> mevcutsa, olguların solunum tetiklemeesi daha zor olmaktadır (70).

Dinamik hiperinflasyon açısından ele alındığında; PEEP<sub>i</sub> değerlerinin her üç ölçüm döneminde klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda olması ve gruplar arasında farklılık taşımaması yine uygulanan ventilasyon modlarının güvenliğini yansıtan bir durumdur.

3. Başlangıç değerleri göz önüne alındığında her iki grup arasında MV<sub>spo</sub> değerleri açısından istatistiksel fark olmasına ve bu bir dezavantaj olarak görülebilmesine rağmen, MV<sub>spo/top</sub> değerlerinde bir fark gözlenmedi. Her iki grupta MV<sub>spo/top</sub> değerleri başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı arttı. Grup 1’de ATC eklendikten sonra MV<sub>spo/top</sub> değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı artış göstermesi erken ATC başlanmasının bir avantajı olarak görülebilir.

Spontan solunumun oluşturduğu dakika ventilasyonunun, toplam dakika ventilasyona oranının %10-30 arasında korunmasının oluşturduğu olumlu etkiler (5, 17, 22) düşünüldüğünde; tüm gruplarda bu oran ortalama olarak % 13-25 arasında bulunmuştur. Bu durum çalışmamızda tüm olgulara uygulanan yapay solunum yönteminin güncel bilimsel yaklaşıma uyduğunun başka bir göstergesidir. Ayrıca ATC eklenmesi ile bu oranda artış sağlanması ise bileşik ventilasyonun olası yararları düşünüldüğünde önemli klinik yarar sağlayabilir.

4. Başlangıç değerleri göz önüne alındığında her iki grup arasında f<sub>top</sub> ve f<sub>spo</sub> değerleri açısından istatistiksel fark saptanmıştır. Grup 2 de bu değerler grup 1’e göre yüksek bulunmuştur. Ancak ventilatörde ayarlanan zorunlu frekans (f<sub>mek</sub>) değerleri T1 ölçümlerinde farklılık taşımamaktadır. Yine MV<sub>top</sub> değerlerinde aynı ölçümlerde fark saptanmamıştır. Başka bir deyişle; ilk bir saatlik stabilizasyon sonrası uygulanan BIPAP ventilasyonuna, gruplar benzer toplam dakika ventilasyonu hacimleri ile başlamışlardır. Bu durum çalışmamızın ciddi bir sınırlaması olarak düşünülebilir. Gruplar arasında sedasyon skoru yönünden bir fark olmadığından; başlangıçta farklı spontan solunum sayılarının mevcut olması her iki grup arasında olguların ventilatuar gereksinimlerinin farklı olabileceğini düşündürmektedir.

Bununla birlikte her iki grupta da f<sub>top</sub> ve f<sub>spo</sub> değerleri T1 ölçümlerine göre hem BIPAP hem de BIPAP + ATC ventilasyonu sonunda artış göstermiştir. Bu değerlerin artışı MV<sub>spo/top</sub> değerlerinin artışına neden olduğundan klinik yarar sağlayabilir. Eş



zamanlı sedasyon düzeylerinde ATC eklenmesi ile spontan solunumun uyarılması güncel yapay solunum tekniklerinde arzulanan bir koşuldur (5,22).

5. Grup 1  $VT_{insp}$  ve  $VT_{eksp}$  değerleri tek başına BIPAP uygulanan döneme göre ATC eklenmesinden sonraki ölçümlerde istatistiksel anlamlı olarak azalmıştır. Her iki dönemde  $MV_{top}$  değerleri benzer olarak bulunmuştur. Bu durum olguların solunum frekanslarında oluşan artışların, soluk hacimlerinde azalmaya eşlik ettiğinin göstergesidir. BIPAP sırasında soluk hacmi temel olarak üst ( $P_{insp}$ ) ve alt (PEEP) CPAP düzeyleri arasındaki farka bağlıdır (5,22). Çalışmamızda PEEP düzeyi tüm ölçüm zamanlarında 5 cmH<sub>2</sub>O olarak sabitlenmiştir. Bu nedenle bu azalmanın temelde  $P_{insp}$  düzeylerindeki azalmaya bağlı olduğu düşünülebilir. Bu ölçüm zamanlarında PaCO<sub>2</sub> değerlerinin benzer bulunması, eşdeğer sedasyon düzeylerinde güncel yapay solunum teknikleri için volutravma riskini azaltması açısından arzulanan bir durumdur. Volutravma uygulanan yüksek soluk hacimlerinden kaynaklanır ve ventilatör kökenli akut akciğer hasarının temel bileşenlerinden birisidir (1). BIPAP ventilasyonu sırasında erken ATC eklenmesi bu açıdan avantaj sağlayabilir.

6. Olguların rezistans ve kompliyans değerleri klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda kalmıştır. Ancak BIPAP + ATC ventilasyonu sonuna ait ölçümlerde Grup 1 için; diğer gruba göre rezistans değerleri anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. ATC temelde tüp içi direncini azaltan bir yapay solunum modelidir (39). Bu durum tek başına daha uzun süreli uygulanan BIPAP ventilasyonunun bir avantajı olarak görülebilir. BIPAP tek başına direnç kompensasyonu açısından daha üstün görülebileceği gibi, havayolu direncinin ATC sırasında artışı Elsasser ve arkadaşlarının (64) güncel ventilatörlerde ATC ile ekspiryumda yeterli kompensasyon sağlanamayabileceği şeklindeki bulgusuna bağlı olabilir.

7. Olguların pH, PaCO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub> ve PaO<sub>2</sub> değerleri klinik olarak anlamlı kabul edilebilir sınırlarda kalmıştır. FiO<sub>2</sub> ve Horovitz indeksi ( $PaO_2/FiO_2$ ) değerleri PEEP düzeyleri ve I:E oranları sabit olmasına rağmen grup 1'de başlangıç değerlerine göre hem 6 saatlik BIPAP ventilasyonu sonunda hem de ATC eklendikten sonra anlamlı olarak azalmıştır. Bu durum yine erken ATC eklenmesinin bir avantajı olarak görülebilir. FiO<sub>2</sub> değerlerinin azalması ve Horovitz indeksi değerlerinin artması güncel yapay solunum tekniklerinde istenen bir ön koşuldur. Yüksek FiO<sub>2</sub> düzeyleri ventilatör kökenli akut akciğer hasarının şimdiye kadar kanıtlanmış en klasik bileşeni olan oksijen toksisitesine neden olmaktadır (1). Çalışmamızda Horovitz indeksi değerlerinde artış

temelde SaO<sub>2</sub> düzeylerinde değişim olmadığından, FiO<sub>2</sub> düzeylerinde azalmaya bağlıdır. ATC temelde tp direncini kompanse ederek oksijen tüketiminde azalma sağlar (39). Bu etkiye ek olarak global biçimde doku oksijenizasyonunun iyi bir göstergesi sayılan PaO<sub>2</sub> düzeylerinde artış olması özellikle oksijen sunum tüketim dengesi sınırda olan olgularda yarar sağlayacaktır. Çalışmamızda gözlenen bu yarar ATC için Oczeni ve arkadaşlarının (6) bulguları ile benzer olarak bulunmuştur.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akut solunum yetersizliğine sahip olgularda, güncel yapay solunum uygulamaları sırasında, birden fazla solunum modu eş zamanlı olarak kullanılabilmesine rağmen; bileşik ventilasyonun klinik anlamı, avantajları ya da dezavantajları üzerine yeterli veri bulunmamaktadır.

Çalışmamızda, akut solunum yetersizliğine sahip olgularda BIPAP ventilasyonu üzerine erken evrede ATC eklenmesiyle, inspiratuar havayolu basınçları, soluk hacimleri ve  $FiO_2$  düzeylerinde daha etkin bir azalma;  $MV_{spo/top}$  değerleri ve horovitz indeksinde daha etkin bir artış olduğu bulunmuştur. Ancak daha ileri çalışmalarla; bu klinik avantajların, homojenize alt gruplarda ve uzun süreli yapay solunum ile kanıtlanması gerektiğini düşünmekteyiz.

## 7. ÖZET

### **Akut Solunum Yetersizliğinde BIPAP ve ATC ile Bileşik Yapay Solunum**

**Amaç:** Bu çalışmada, ASY'ne sahip olgularda, farklı sürelerdeki BIPAP ventilasyonuna ATC eklenmesinin; hemodinami, yapay solunum parametreleri ve alveolar gaz değişimi üzerine etkilerinin karşılaştırılması amaçlandı.

**Gereç ve Yöntem:** Akut solunum yetersizliğine sahip 60 erişkin olgu çalışmaya alındı. Olgular remifentanil-midazolam infüzyonu ile Ramsay sedasyon skoru 3 olacak şekilde sedatize edilerek, Dräger Evita 4 ventilatör ile solutuldu. İlk bir saatte uygulanan BIPAP ventilasyonu sonrası, olgular rasgele iki gruba ayrıldı: Grup 1 (n=30) için 6 saat, grup 2 (n=30) 12 saat süreyle devam eden BIPAP ventilasyonu sonrası tüm olgulara % 100 oranında ATC 6 saat süreyle uygulandı. Ventilatör parametreleri; P<sub>insp</sub> < 30 cmH<sub>2</sub>O, f<sub>mek</sub> ≤ 16/dk, I: E = 1: 2, FiO<sub>2</sub> < 0.6, PEEP = 5 cmH<sub>2</sub>O, VT ≤ 8 mL/kg, PaCO<sub>2</sub> 35–50 ve PaO<sub>2</sub> 70–110 mmHg olacak şekilde ayarlandı. Veriler; yapay solunumun birinci saati (T1), BIPAP sonu (T2) ve BIPAP + ATC ventilasyonu sonunda kaydedildi (T3).

**Bulgular:** Grupların; demografik ve klinik koşulları, hemodinamik verileri, PEEP<sub>i</sub>, havayolu kompliyansı, PaCO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub> ve PaO<sub>2</sub> değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı. BIPAP ventilasyonu üzerine daha erken sürede ATC eklenmesi ile P<sub>insp</sub>, VT<sub>insp</sub>, VT<sub>eksp</sub>, FiO<sub>2</sub> değerlerinin azalması istatistiksel olarak anlamlıydı (p<0.05). Yine bu mod ile MV<sub>spo/top</sub> değerleri ve horovitz indeksinde görülen artış istatistiksel olarak anlamlıydı (p<0.05). Olguların spontan solunumlarının toplam dakika ventilasyonuna oranı her iki grupta artarken, bu artış grup 1 için istatistiksel olarak anlamlıydı.

**Tartışma ve sonuçlar:** Çalışmamızda, akut solunum yetersizliğine sahip olgularda BIPAP ventilasyonu üzerine erken evrede ATC eklenmesiyle, inspiratuar havayolu basınçları, soluk hacimleri ve FiO<sub>2</sub> düzeylerinde daha etkin bir azalma; MV<sub>spo/top</sub> değerleri ve horovitz indeksinde daha etkin bir artış olduğu bulunmuştur. Ancak daha ileri çalışmalarla; bu klinik avantajların, homojenize alt gruplarda ve uzun süreli yapay solunum ile kanıtlanması gerektiğini düşünmekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Akut solunum yetersizliği, BIPAP, ATC, bileşik ventilasyon.

## 7. SUMMARY

### Hybrid Mechanical Ventilation with BIPAP and ATC in Acute Respiratory Failure

**The aim of the study:** This study aimed to determine the effects of different durations of BIPAP on haemodynamics, mechanical ventilation parameters and alveolar gas exchange over BIPAP and ATC ventilation in patients with acute respiratory failure.

**Materials and methods:** We studied 60 adult patients with acute respiratory failure. After sedation with remifentanyl-midazolam (Ramsay sedation scale was 3), patients were ventilated with Dräger Evita 4 ventilator. After initial stabilization with BIPAP ventilation for one hour, patients were randomized to two groups. After BIPAP ventilation [for group 1 (n=30) 6 hours; for group 2 (n=30) 12 hours] 100% ATC was applied for 6 hours. Ventilator parameters were adjusted as;  $P_{insp} < 30$  cmH<sub>2</sub>O,  $f_{mec} \leq 16$ /min, I: E ratio 1:2,  $FiO_2 < 0.6$ , PEEP = 5 cmH<sub>2</sub>O,  $VT \leq 8$  mL/kg. The PaCO<sub>2</sub> and PaO<sub>2</sub> levels were maintained between 35–50 mmHg and 70–110 mmHg, respectively. All data were recorded at three points; **T1**: one hour after the initiation of mechanical ventilation, **T2**: at the end of the BIPAP ventilation, **T3**: at the end of BIPAP + ATC ventilation.

**Results:** The results showed that there was no statistically difference in demographic and clinical conditions of the patients, haemodynamic data, PEEP<sub>i</sub>, airway compliance, PaCO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub> ve PaO<sub>2</sub> values between two groups. Adding more earlier ATC on BIPAP ventilation resulted in  $P_{insp}$ ,  $VT_{insp}$ ,  $VT_{eksp}$ ,  $FiO_2$  values were reduced ( $p < 0.05$ ).  $MV_{spo/top}$  values and horovitz index were increased ( $p < 0.05$ ). The ratio of spontaneous breathing to total minute ventilation were increased at the two groups (for group 1,  $p < 0.05$ )

**Discussion and conclusions:** In adult patients with acute respiratory failure, we found that; the earlier ATC adding on BIPAP reduced inspiratory airway pressures, tidal volumes and  $FiO_2$  levels, effectively. It also increased  $MV_{spo/top}$  values and horovitz index effectively. Additionally, we think the clinical advantages should be proven for homogenous sub groups and long term ventilation.

**Key words:** Acute respiratory failure, BIPAP, ATC, hybrid ventilation.

## 9. KAYNAKLAR

1. Tobin MJ. Advances in mechanical ventilation. *New Engl J Med* 2001; 344: 1986-96.
2. Ivanyi Z, Radermacher P, Kuhlen R, Calzia E. How to choose a mechanical ventilator. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11: 50-5.
3. Ashworth SF, Cordingley JJ. New modes of ventilation. *Current Anaesthesia and Crit Care* 2003; 14: 90-9.
4. Putensen C, Hering R, Wrigge H. Controlled versus assisted mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2002; 8: 51-7.
5. Putensen C, Wrigge H. Clinical review: Biphaseic positive airway pressure and airway pressure release ventilation. *Crit Care* 2004; 8: 492-7.
6. Oczenski W, Kepka A, Krenn H, et al. Automatic tube compensation in patients after cardiac surgery: Effects on oxygen consumption and breathing pattern. *Crit Care Med* 2002; 30: 1467-71.
7. Chelluri L. Acute respiratory failure. In: Fink MP, Abraham E, Vincent JL, Kochanek PM, eds. *Textbook of Critical Care*. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier Saunders 2005: 39-41.
8. Bartter TC, Pratter MV, Irwin RS. Respiratory failure part I: a physiologic approach to managing respiratory failure. In: Irwin RS, Rippe JM, eds. *Intensive Care Medicine*. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins 2003: 485-9.
9. Wood LDH. The pathophysiology and differential diagnosis of acute respiratory failure. In: Hall JB, Schmidt GA, Wood LDH, eds. *Principles of Critical Care*. 3<sup>th</sup> ed. USA: McGraw-Hill 2005: 417-26.
10. Hubmayer RD, Irwin RS. Mechanic ventilation part I: invasive. In: Irwin RS, Rippe JM, eds. *Intensive Care Medicine*. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins 2003: 630-47.
11. Pilbeam SP. Mekanik Ventilasyon: Fizyolojik ve Klinik Uygulamalar. Çelik M, Yalman A(edi) 3. Baskı. Logos Tıp Yayıncılık İstanbul 1998: 175-87.
12. Pierson JD. Indications for mechanical ventilation in adults with acute respiratory failure. *Respir Crit Care* 2002; 47: 249-62.
13. Esteban A, Anzueto A, Alia I, et al. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1450-8.
14. Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1994; 330: 1056-61.
15. Bronson RD. New modes of mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care* 1999; 5: 1-11.
16. Putensen C, Hering R, Wrigge H. Controlled versus assisted mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2002; 8: 51-7.
17. Putensen C, Mutz NJ, Putensen-Himmer G, et al. Spontaneous breathing during ventilatory support improves ventilation-perfusion distributions in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1241-8.
18. Putensen C, Zech S, Wrigge H, et al. Long-term effects of spontaneous breathing during ventilatory support in patients with acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 43-9.

19. Cereda M, Foti G, Marcora B, et al. Pressure support ventilation in patients with acute lung injury. *Crit Care Med* 2000; 28: 1269-75.
20. Wrigge H, Zinserling J, Hering R, et al. Cardiorespiratory effects of automatic tube compensation during airway pressure release ventilation in patients with acute lung injury. *Anesthesiology* 2001; 95: 382-9.
21. Rasanen J, Downs JB. Are new ventilatory modalities really different? *Chest* 1991; 100: 299-300.
22. Putensen C, Hering R, Muders T, Wrigge H. Assisted breathing is better in acute respiratory failure. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11: 63-8.
23. Putensen C. Volume-controlled versus biphasic positive airway pressure. *Crit Care Med* 1997; 25: 203-4.
24. Staudinger T, Kordova H, Roggla M, et al. Comparison of oxygen cost of breathing with pressure-support ventilation and biphasic intermittent positive airway pressure ventilation. *Crit Care Med* 1998; 26: 1518-22.
25. Silver M. BIPAP: Useful modality or confusing acronym? *Crit Care Med* 1998; 26: 1473-4.
26. Hormann C, Baum M, Putensen C. Effects of spontaneous breathing with BIPAP on pulmonary gas exchange in patients with ARDS. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1997; 111: 152-5.
27. Putensen C, Leon MA, Putensen-Himmer G. Timing of pressure release affects power of breathing and minute ventilation during airway pressure release ventilation. *Crit Care Med* 1994; 22: 872-8.
28. Rasanen J. IMPRV: synchronized APRV, or more? *Intensive Care Med* 1992; 18: 65-6.
29. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998; 338: 347-54.
30. ARDS network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000; 342: 1301-8.
31. Rathgeber J, Schorn B, Falk V, et al. The influence of controlled mandatory ventilation (CMV), intermittent mandatory ventilation (IMV) and biphasic intermittent positive airway pressure (BIPAP) on duration of intubation and consumption of analgesics and sedatives: a prospective analysis in 596 patients following adult cardiac surgery. *Eur J Anaesth* 1997; 14: 576-82.
32. Wrigge H, Zinserling J, Neumann P, et al. Spontaneous breathing improves lung aeration in oleic acid-induced lung injury. *Anesthesiology* 2003; 99: 376-84.
33. Henzler D, Dembinski R, Bensberg R, et al. Ventilation with biphasic positive airway pressure in experimental lung injury: influence of transpulmonary pressure on gas exchange and haemodynamics. *Intensive Care Med* 2004; 30: 935-43.
34. Sydow M, Burchardi H, Ephraim E, et al. Long-term effects of two different ventilatory modes on oxygenation in acute lung injury: comparison of airway pressure release ventilation and volume-controlled inverse ratio ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 1550-6.
35. Rasanen J, Downs JB. Cardiovascular effects of conventional positive pressure ventilation and airway pressure release ventilation. *Chest* 1988; 93: 911-15.

36. Putensen C, Rasanen J, Lopez FA. Effect of interfacing between spontaneous breathing and mechanical cycles on the ventilation-perfusion distribution in canine lung injury. *Anesthesiology* 1994; 81: 921-30.
37. Hering R, Peters D, Zinserling J, et al. Effects of spontaneous breathing during airway pressure release ventilation on renal perfusion and function in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med* 2002; 28: 1426-33.
38. Hering R, Peters D, Zinserling J, et al. Effects of spontaneous breathing during airway pressure release ventilation on intestinal blood flow in experimental lung injury. *Anesthesiology* 2003; 99: 1137-44.
39. Guttmann J, Haberthür CH, Stocker R. Proportional assist ventilation (PAV) and automatic tube compensation. In: Kuhlen R, Guttmann J, Rossaint R, eds. *New Forms of Assisted Spontaneous Breathing*. 1<sup>th</sup> ed. Munich: Urban & Fischer Verlag 2001: 109-20.
40. Guttmann J, Eberhard L, Fabry B, Bertschmann W, Wolff G. Continuous calculation of intratracheal pressure in tracheally intubated patients. *Anesthesiology* 1993; 79: 503-13.
41. Katz JA, Roger WK, Gjerde GE. Inspiratory work and airway pressure with continuous positive airway pressure delivery systems. *Chest* 1985; 88: 519-26.
42. Stocker R, Fabry B, Eberhard L, Haberthür C. Support of spontaneous breathing in the intubated patient: automatic tube compensation (ATC) and proportional assist ventilation (PAV). *Acta Anaesth Scand* 1997; 41 (Suppl 111): 123-8.
43. Haberthür C, Fabry B, Stocker R, Ritz R, Guttmann G. Additional inspiratory work of breathing imposed by tracheostomy tubes and non-ideal ventilator properties in critically ill patients. *Intensive Care Med* 1999; 25: 514-9.
44. Fabry B, Haberthür C, Zappe D, et al. Breathing pattern and additional work of breathing in spontaneously breathing patients with different ventilatory demands during inspiratory pressure support and automatic tube compensation. *Intensive Care Med* 1997; 23: 545-52.
45. Banner MJ, Jaeger MJ, Kirby RR. Components of the work of breathing and implications for monitoring ventilator-dependent patients. *Crit Care Med* 1994; 22: 515-23.
46. Fiastro JF, Habip MP, Quan SF. Pressure support compensation for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Chest* 1988; 93: 499-505.
47. Brochard L, Rua F, Lorino H, Lemaire F, Harf A. Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology* 1991; 75: 739-45.
48. Haberthür C, Elsasser S, Eberhard E, Stocker R, Guttmann J. Total versus tube-related additional work of breathing in ventilator-dependent patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 749-757.
49. Alberti A, Gallo F, Fongaro A, Valenti S, Rossi A. P0.1 is a useful parameter in setting the level of pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 1995; 21: 547-53.
50. MacIntyre NR. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 1986; 89: 677-83.
51. Varelmann D, Wrigge H, Zinserling J, et al. Proportional assist versus pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure: cardiorespiratory responses to artificially increased ventilatory demand. *Crit Care Med* 2005; 33: 1968-75.
52. Kuhlen R, Rossaint R. Electronic extubation – is it worth trying? *Intensive Care Med* 1997; 23: 1105-7.



53. Guttman J, Berhard H, Mols G, et al. Respiratory comfort of automatic tube compensation and inspiratory pressure support in conscious humans. *Intensive Care Med* 1997; 23: 1119-24.
54. Stocker R, Biro P. Airway management and artificial ventilation in intensive care. *Curr Opin Anaesthesiol* 2005; 18: 35–45.
55. Haberthur C, Mols S, Elsasser S. Extubation after breathing trials with automatic tube compensation, T-tube or pressure support ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46: 973-9.
56. Fabry B, Guttman J, Eberhard L, Bauer T, Haberthür C, Wolff G. An analysis of desynchronisation between the spontaneously breathing patient and ventilator during inspiratory pressure support. *Chest* 1995; 107: 1387-94.
57. Reissmann H, Auer F, Peters K, Prause A. During pressure support ventilation automatic tube compensation for endotracheal tube resistance reduces patient work of breathing and improves patient-ventilator synchrony. *Intensive Care Med* 1996; 22: 122.
58. Mols G, Bohr E, Benzing A, et al. Breathing pattern associated with respiratory comfort during automatic tube compensation and pressure support ventilation in normal subjects. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 223-30.
59. Raneri VM. Optimization of patient ventilator interactions: closed loop technology to turn the century. *Intensive Care Med* 1997; 23: 936-9.
60. Cohen JD, Shapiro M, Grozovski E, Singer P. Automatic tube compensation-assisted respiratory rate to tidal volume ratio improves the prediction of weaning outcome. *Chest* 2002; 122: 980-984.
61. Cohen JD, Shapiro M, Grozovski E, et al. Extubation outcome following a spontaneous breathing trial with automatic tube compensation versus continuous positive airway pressure. *Crit Care Med* 2006; 34: 682-6.
62. Guttman J, Eberhard L, Haberthür C, et al. Detection of endotracheal tube obstruction by analysis of the expiratory flow signal. *Intensive Care Med* 1998; 24: 1163-72.
63. Karason SS, Lundin S, Wiklund J, Stenqvist O. Direct tracheal airway pressure measurements are essential for safe and accurate dynamic monitoring of respiratory mechanics. A laboratory study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001; 45: 173-9.
64. Elsasser S, Guttman J, Stocker R, et al. Accuracy of automatic tube compensation in new-generation mechanical ventilators. *Crit Care Med* 2003; 31: 2619-26.
65. Kuhlen R, Max M, Dembinski R et al. Breathing pattern and workload during automatic tube compensation, pressure support and T-piece trials in weaning patients. *Eur J Anaesth* 2003; 20: 10-16.
66. Schulte-Tamburen AM, Scheier J, Briegel J, et al. Comparison of five sedation scoring systems by means of auditory evoked potentials. *Intensive Care Med* 1999; 25: 377-82.
67. Calzia E, Koch M, Stahl W, Radermacher P, Brinkmann A. Stress response during weaning after cardiac surgery. *Br J Anaesth* 2001; 87: 490-3.
68. Kazmaier S, Rathgeber J, Buhre W, et al. Comparison of ventilatory and haemodynamic effects of BIPAP and SIMV/PSV for postoperative short-term ventilation in patients after coronary artery by-pass grafting. *Eur J Anaesth* 2000; 17: 601–10.
69. Neumann P, Schubert A, Heuer et al. Hemodynamic effects of spontaneous breathing in the post-operative period. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; 49: 1443-8.

70. Brochard L. Intrinsic (or auto) PEEP during controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2002; 28: 1376-8.