



T.C.

İstanbul Üniversitesi

Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı

**PEDİATRİK YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE  
NON İNVAZİF MEKANİK VENTİLASYON  
UYGULANAN HASTALARIN İNCELENMESİ**

Uzmanlık Tezi

Dr. FİRUZE ERBEK ALP

Tez Danışmanı

Prof. Dr. HALİT ÇAM

İstanbul 2017

## ÖNSÖZ

Çalışmam süresince bana yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen, bana bu çalışmayı vererek kendimi geliştirmemi sağlayan, çalışmamın yöneticisi sayın hocam Prof. Dr. Halit ÇAM'a,

Mesleğime ve geleceğime dair kendimi umutsuz hissettiğim anda bilgisi ve ağabeyliğiyle yol gösteren, ufkumu açan, mesleğime olan sevgimi tekrar kazanmamı sağlayan değerli ağabeyim Uzm. Dr Fatih AYGÜN'e,

Asistanlık eğitimimiz süresince pratik ve teorik olarak yetişmemizi sağlayan ve bizlere iyi bir çalışma ortamı sunmaya çalışan anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Ahmet ARVAS'a,

Diğer branş rotasyon eğitimlerinde bana yardımcı olan hocalarıma ve ekiplerindeki herkese; değerli uzman hekimlere, klinik-poliklinik hemşire ve çalışanlarına,

Baktığımda zevkle hatırlayacağım zorlu bir yol hikayesi olan asistanlık dönemime neşe katan, bana beraber çalışmanın, gülmenin, zorlanmanın, üzülmenin en doğal hallerini yaşatan eş kıdemlerim, canım arkadaşlarım Dr. Ebru SUMAN, Dr Feyza AYDIN, Dr. Övgü KUL ÇINAR, Dr Çiğdem ORUÇ, Dr Esra PEHLİVAN ve diğer tüm asistan arkadaşlarıma,

Hem zor hem keyifli anları paylaştığım, bilgisiyle ve sevgisiyle yanımda olan arkadaşım, kıdemlim Uzm. Dr. Esmâ ŞENGENÇ'e,

Hayatım boyunca koşulsuz sevgileri ve destekleriyle hep arkamda olan, beni yetiştiren, kendime örnek aldığım annem Fahriye ERBEK ve babam Sedat ERBEK'e,

Birlikte büyümüş olmaktan ve kardeşim olmasından gurur duyduğum canım kardeşim Merve ERBEK'e,

Ve varlığıyla bana huzur veren, hayatıma anlam katan, eşim olduğu için kendimi şanslı saydığım hayat arkadaşım Nazmi Bülent ALP'e içtenlikle teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ÖZET .....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Tarihçe.....	3
2.2. Solunum fizyolojisi ve çocuklardaki farklılıklar.....	6
2.3. Solunum mekanikleri .....	8
2.3.1. Normal solunum sırasında solunum mekanikleri .....	8
2.3.2. Ventilasyonu etkileyen faktörler .....	8
2.3.2.1. Komplians ve elastans .....	8
2.3.2.2. Solunum sisteminin elastik geri çekilmesi .....	9
2.3.2.3. Solunum sisteminde akım direnci .....	9
2.3.2.4. Zaman sabiti .....	9
2.3.2.5. Solunum işi.....	9
2.3.3. Mekanik ventilasyonda solunum mekanikleri .....	10
2.3.3.1. Mekanik ventilasyon ve komplians .....	10
2.3.3.2. Mekanik ventilasyon ve rezistans .....	10
2.4. Çocuklarda solunum sıkıntısı ve yetmezliği .....	11
2.5. Mekanik ventilasyon endikasyonları ve ilkeleri .....	13

2.6. Mekanik ventilasyon değişkenleri.....	14
2.6.1. Solunan oksijen fraksiyonu ( <i>fraction of inspired oxygen</i> ) (FiO <sub>2</sub> ).....	14
2.6.2. Ekspirasyon sonu pozitif basınç ( <i>positive end expiratory pressure</i> ) (PEEP) .....	15
2.6.3. Tepe inspiratuar basınç ( <i>peak inspiratory pressure</i> ) (PIP) .....	15
2.6.4. Ortalama havayolu basıncı ( <i>mean airway pressure</i> ) (MAP) .....	15
2.6.5. Tidal hacim ( <i>tidal volume</i> ) (TV).....	15
2.6.6. Solunum frekansı, inspiriyum zamanı ve inspiriyum/ekspiriyum oranı (I/E) .....	16
2.6.7. Tetikleme .....	16
2.7. Ventilatörler ve yöntemler .....	16
2.7.1. Tam mekanik ventilasyon desteği için kullanılan yöntemler .....	18
2.7.1.1. Basınç kontrollü ventilasyon ( <i>pressure control ventilation</i> ) (PCV) ..	18
2.7.1.2. Hacim kontrollü ventilasyon ( <i>volume control ventilation</i> ) (VCV) ....	19
2.7.1.3. Basınç düzenlemeli hacim kontrol ( <i>pressure regulated volume control</i> ) (PRVC) .....	19
2.7.2. Kısmi mekanik ventilasyon desteği için kullanılan yöntemler .....	19
2.7.2.1. Aralıklı zorunlu solunum ( <i>intermittant mandatory ventilation</i> )(IMV)20	
2.7.2.2. Senkronize aralıklı zorunlu solunum ( <i>synchronized intermittant mandatory ventilation</i> ) (SIMV) .....	20
2.7.2.3. Yardımlı solunum yöntemi ( <i>assisted ventilation</i> ) ve yardımcı/kontrollü solunum yöntemi ( <i>assist/control ventilation</i> ) (A/C).....	21
2.7.3. Spontan solunum yöntemleri .....	21
2.7.3.1. Basınç destekli ventilasyon ( <i>pressure support</i> ) (PS) .....	21
2.7.3.2. Hacim destekli ventilasyon ( <i>volume support ventilation</i> ) (VSV) .....	21
2.7.3.3. Sürekli pozitif havayolu basıncı ( <i>continuous positive airway pressure</i> ) (CPAP).....	22

2.7.3.4. İki düzeyli pozitif havayolu basıncı ( <i>biphasic intermittent positive airway pressure</i> ) (BİPAP) .....	22
2.8. Non invazif ventilasyon .....	22
2.8.1. Non invazif ventilasyonun amaçları, endikasyonları, kontrendikasyonları, komplikasyonları .....	23
2.8.2. Non invazif ventilasyon uygulanması ve hasta izlemi.....	26
2.8.3. Maskeler.....	27
2.8.4. Ventilatörler .....	28
2.8.5. Non invazif ventilasyon kullanım alanları .....	29
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>30</b>
3.1. İstatistiksel yöntem.....	31
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>32</b>
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>45</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>53</b>

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Solunum yetmezliği tipleri .....	13
Tablo 2. Mekanik ventilasyon endikasyonları.....	14
Tablo 3. Basınç kontrollü ventilasyon ile hacim kontrollü ventilasyonunun farklılıkları.....	17
Tablo 4. Non invazif ventilasyonun kontrendikasyonları .....	24
Tablo 5. Uygun hasta seçimi .....	24
Tablo 6. Non invazif ventilasyonun klinik etkinliğini gösteren parametreler .....	25
Tablo 7. Yoğun bakım ventilatörleri ile portatif BİPAP ventilatörler arasındaki farklar .....	28
Tablo 8. Non invazif ventilasyon desteği alan hastaların özellikleri.....	33
Tablo 9. Solunum yetmezliği dereceleri.....	34
Tablo 10. Tanı gruplarına göre hastaların sosyodemografik ve klinik özellikleri.....	35
Tablo 11. Solunum yetmezliği tipine göre sosyodemografik ve klinik özellikler.....	38
Tablo 12. Non invazif ventilasyon uygulama şekline göre sosyodemografik ve klinik özelliklerin incelenmesi.....	40
Tablo 13. Non invazif ventilasyon etkinliğine göre sosyodemografik ve klinik özellikler.....	43

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Prof. Drinker ve geliştirdiği demir akciğerin bir modifikasyonu.....	3
Şekil 2.	1953'teki polio salgınında demir akciğerin yaygın kullanımı .....	3
Şekil 3.	1940'ların sonu kabuk akciğer kullanımı.....	4
Şekil 4.	Sarma akciğer kullanımı.....	4
Şekil 5.	Sallanan yatak kullanımı .....	5
Şekil 6.	Aralıklı abdominal basınç ventilatörü kullanımı.....	5
Şekil 7.	Kullanılan maskelerin dağılımı .....	32
Şekil 8.	Tanı gruplarına göre NİV uygulamalarının dağılımı .....	34
Şekil 9.	Tanı gruplarına göre cinsiyet dağılımı .....	36
Şekil 10.	Tanı gruplarına göre başarı-başarısızlık oranlarının dağılımı .....	37
Şekil 11.	Solunum yetmezliği tipine göre NİV uygulama şekillerinin dağılımı .....	39
Şekil 12.	Non invazif ventilasyon uygulama şekline göre başarı durumu .....	41
Şekil 13.	Non invazif ventilasyon etkinliğine göre NİV'de kalış süreleri ve NİV sonrası yoğun bakımda kalış sürelerinin karşılaştırılması.....	42
Şekil 14.	Non invazif ventilasyon uygulama şekli ile NİV etkinliğinin kıyaslanması .....	44

## KISALTMA LİSTESİ

- A/C** : Yardımlı/Kontrollü Solunum Yöntemi/*Assist/Control Ventilation*
- ARDS** : Akut Solunum Sıkıntısı Sendromunun/*Acute Respiratory Distress Syndrome*
- ASY** : Akut Solunum Yetmezliği
- BİPAP** : İki Düzeyli Pozitif Havayolu Basıncı/*Biphasic Intermittant Positive Airway Pressure*
- CPAP** : Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı/*Continuous Positive Airway Pressure*
- EPAP** : Ekspiratuvar Pozitif Havayolu Basıncı/*Expired Positive Airway Pressure*
- FiO<sub>2</sub>** : Solunan Oksijen Fraksiyonu/*Fraction of Inspired Oxygen*
- I/E** : İnspiryum/Ekspiryum Oranı
- IMV** : Aralıklı Zorunlu Solunum/*Intermittant Mandatory Ventilation*
- IPPB** : Aralıklı Pozitif Basıncılı Solunma/*Intermittent Positive Pressure Breathing*
- İMV** : İnvazif Mekanik Ventilasyon
- İPAP** : İnspiratuar Pozitif Havayolu Basıncı/*Inspired Positive Airway Pressure*
- KSY** : Kronik Solunum Yetmezliği
- MAP** : Ortalama Havayolu Basıncı/*Mean Airway Pressure*
- NİV** : Non İnvazif Ventilasyon
- PaCO<sub>2</sub>** : Parsiyel Arteriyel Karbondioksit Basıncı
- PaO<sub>2</sub>** : Parsiyel Arteriyel Oksijen Basıncı
- PCV** : Basınç Kontrollü Ventilasyon/*Pressure Control Ventilation*
- PEEP** : Ekspirasyon Sonu Pozitif Basınç/*Positive End Expiratory Pressure*
- PF** : PaO<sub>2</sub>/ FiO<sub>2</sub>
- PIP** : Tepe İnspiratuar Basınç/*Peak Inspiratory Pressure*

- PRVC** : Basınç Düzenlemeli Hacim Kontrol/*Pressure Regulated Volume Control*
- PS** : Basınç Destekli Ventilasyon/*Pressure Support*
- PYBÜ** : Pediatrik Yoğun Bakım Ünitesi
- SF** : SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>
- SIMV** : Senkronize Aralıklı Zorunlu Solunum/*Synchronized Intermittant Mandatory Ventilation*
- SpO<sub>2</sub>** : Pulse Oksimetre ile Ölçülen Oksijen Satürasyonu
- SY** : Solunum Yetmezliği
- TV** : Tidal Hacim/*Tidal Volume*
- VCV** : Hacim Kontrollü Ventilasyon/*Volume Control Ventilation*
- VSV** : Hacim Destekli Ventilasyon/*Volume Support Ventilation*

## ÖZET

Pediyatrik Yoğun Bakım Ünitesinde Non İnvazif Mekanik Ventilasyon Uygulanan Hastaların İncelenmesi

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, çocuklarda non invazif ventilasyon (NİV) desteğinin etkinliğini ve güvenilirliğini değerlendirmektir.

**Gereç ve yöntem:** Eylül 2014-Mart 2016 tarihleri arasındaki hasta dosyaları geriye dönük olarak incelendi. Demografik olarak; hastaların yaşları, cinsiyetleri ve uygulama sonrası hayatta olup olmadıkları, yatış endikasyonları (akut tanı), gelişen solunum yetmezliği tipleri, pulse oksimetre ile ölçülen oksijen satürasyonu ( $SpO_2$ )/solunan oksijen fraksiyonu ( $FiO_2$ ) oranları ve NİV'in invazif mekanik ventilasyon (İMV) sonrası uygulanıp uygulanmadığı kaydedildi.

**Bulgular:** Yüz yirmi yedi hastada yapılan 129 NİV uygulaması değerlendirildi. İki hastaya birden fazla kez NİV uygulandığı görüldü. Akciğer patolojilerinin en sık yatış nedeni olduğu, bunların içinde de pnömoninin en sık akciğer patolojisi nedeni olduğu tespit edildi. Nöromusküler hastalıklar dışında NİV başarısı yüksekti ve nöromusküler hastalıklarda yoğun bakımda kalış süresi en uzundu. Uygulamaların %66,1'inde (n=84) tip I, %33,9'unda (n=43) ise tip II solunum yetmezliği geliştiği belirlendi. Uygulamaların %36,4'ünün ekstübasyon sonrası yapıldığı görüldü. Solunum yetmezliği tipleri ve NİV uygulama şekli ile NİV başarısı arasında anlamlı fark saptanmadı. Uygulamaların %12,4'ünde entübasyon ihtiyacı geliştiği ve NİV başarı oranının %87,6 olduğu tespit edildi. Başarısız grupta olan iki hastanın multi organ yetmezliğine bağlı öldüğü tespit edildi. Başarısız grupta NİV'de kalış sürelerinin kısa, yoğun bakımda kalış sürelerinin ise uzun olduğu görüldü.  $SpO_2/FiO_2$  (SF) oranları ile NİV etkinliği arasında ilişki saptanmadı.

**Sonuç:** Non invazif ventilasyonun kontrendikasyon bulunmayan durumlarda tercih edilmesi gereken, endotrakeal entübasyona alternatif etkili ve güvenli bir yöntem olduğu gösterildi.

**Anahtar sözcükler:** Non invazif ventilasyon, solunum yetmezliği, pediyatrik yoğun bakım ünitesi

## ABSTRACT

Assessment of Non Invasive Mechanical Ventilation Patients in Pediatric Intensive Care Unit

**Aim:** The purpose of this study is to assess the efficacy and safety of non invasive ventilation support in children.

**Material and Methods:** Patients files' between September 2014 and March 2016 were reviewed retrospectively. Demographically; the patients' ages, sex and whether they were alive or not after the procedure, hospitalization indications (acute diagnosis), types of respiratory failure, oxygen saturation measured by pulse oximetry ( $SpO_2$ )/fraction of inspired oxygen ( $FiO_2$ ) ratios, and whether NIV was administered after invasive mechanical ventilation (IMV) were recorded.

**Results:** One hundred and twenty nine NIV applications performed in 127 patients were evaluated. Two patients had received NIV more than once. Pulmonary pathologies were the most common cause of hospitalization, and pneumonia was the most common cause of pulmonary pathologies. The success rate of NIV was high except neuromuscular diseases and the duration of stay in intensive care unit was the longest in neuromuscular diseases. Type I respiratory failure developed in 66,1% of cases (n=84), type II respiratory failure developed in 33,9% (n=43) of cases. It was observed that 36,4% of applications were done after extubation. There was no significant difference between NIV success and respiratory failure types or NIV application types. It was determined that 12.4% of the applications developed intubation need and NIV success rate was 87.6%. Two patients in the failure group died due to multi-organ failure. In the failure group, while the duration of stay in NIV was short, the duration of stay in intensive care unit was long. There was no relationship between  $SpO_2/FiO_2$  (SF) rates and NIV efficacy.

**Conclusion:** Non invasive ventilation has been shown to be an effective and safe alternative to endotracheal intubation, which should be preferred in cases without contraindications.

**Keywords:** Non invasive ventilation, respiratory failure, pediatric intensive care unit

# 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Solunum yetmezliği (SY); solunum işlevine katılan organ veya organellerin (santral sinir sistemindeki solunum kontrol merkezi, sinirler, kaslar, plevra, solunum yolları ve akciğer parankimi) bir veya birkaçının fonksiyon bozukluğu sonucunda gelişen, pulmoner kapiller yataktan oksijenin dolaşım sistemine dağılması ve/veya karbondioksitin atılmasında bozuklukla kendini gösteren bir durumdur (1,2). Solunum yetmezliği tedavisinde; etyolojiyi ortadan kaldırması ve bozulmuş solunum fonksiyonlarının yerine getirilmesi amaçlanır.

Hayatı devam ettirmek için gerekli olan spontan solunum tehdit altında olduğunda mekanik ventilasyon endikasyonu doğar. Mekanik ventilasyonun amacı; solunum işlevine yardımcı olmak veya solunum işlevinin tamamen yerini alarak, organizmanın doku oksijenizasyonunu sağlamak, gaz değişimini normal olarak sürdürmektir (3).

Mekanik ventilasyon çağdaş yoğun bakım anlayışının en önemli parçası ve yoğun bakımlara yatışların en sık nedenlerinden biridir (4). Yoğun bakım yatışlarının %30-40'ı bu nedenle gerçekleşmektedir. Mekanik ventilasyon, invazif ve non-invazif olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Entübasyon tüpü aracılığı ile uygulanan İMV hayat kurtarıcı bir işlemdir. Bununla beraber, endotrakeal entübasyon nozokomial bakteriyel enfeksiyon gelişimindeki en önemli tetikleyici faktördür (5,6). Non invazif ventilasyon ise, alveolar ventilasyonun invazif yöntemler kullanılmadan gerçekleştirilmesidir (7).

Non invazif ventilasyon desteği pozitif ve negatif basınç sistemleri ile uygulanabilmektedir. Non invazif ventilasyon uygulanan hastalarda İMV'de görülen entübasyonla ilişkili komplikasyonlar görülmez. Bu sayede mortalite ve morbidite azalır. Non invazif ventilasyon ile entübasyondan kaçınmak ve hasta konforunun en yükseğe çıkarılması amaçlanır.

Non invazif ventilasyon yetişkinlerde sık kullanılan güvenilirliği kanıtlanmış bir destek tedavi yöntemidir. Bu konuda yapılmış ayrıntılı araştırmalar vardır. Çocuklarda ise mekanik ventilasyonla ilgili öneriler erişkin çalışmalarına dayanılarak öne sürülmektedir. Son yıllarda pediatrik yaş grubunda da NİV kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Fakat halen pediatrik hastalarda ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Pediatrik Yoğun Bakım Ünitesi'nde SY tanısıyla NİV uygulanan hasta dosyaları geriye dönük olarak incelendi. Hastaların

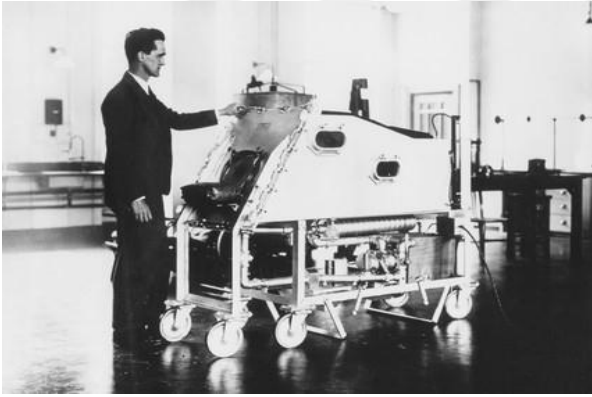
kliniği ve laboratuvar parametrelerindeki düzelme, yoğun bakımda kalış süreleri, sağkalım oranları ve uygulamanın başarısı değerlendirildi.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Tarihçe

Non invazif ventilasyonun tarihteki gelişim sürecine bakacak olursak en eski non invazif ventilatörlerin, vücudun belli yerlerine negatif veya pozitif basınç uygulayan basınç ventilatörleri olduğunu görürüz. Tank tipi negatif basınçlı ventilatör ilk kez 1838 yılında tanımlanmıştır. Bu ventilatörde vücut tank şeklindeki ventilatörün içine girerken baş dışarda kalırken, elle çalışan bir körük ile de negatif basınç sağlandığı bildirilmiştir. 1800'lü yıllarda kullanılmaya başlandıysa da esas olarak 1900'lerde elektriğin kullanıma girmesi ve polio epidemileri ile yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1928'de bir mühendis olan Philip Drinker ilk elektrikli vücut ventilatörünü yani demir akciğeri geliştirmiştir (Şekil 1) (8). 1931'de J. H. Emerson bu cihazı geliştirmiş ve elektrik kesildiğinde elle çalışması mümkün hale gelmiştir. Emerson'un geliştirdiği model 1930-1960 yılları arasında özellikle polio epidemilerinde yaygın olarak kullanılmıştır (Şekil 2) (9).



**Şekil 1. Prof. Drinker ve geliştirdiği demir akciğerin bir modifikasyonu**



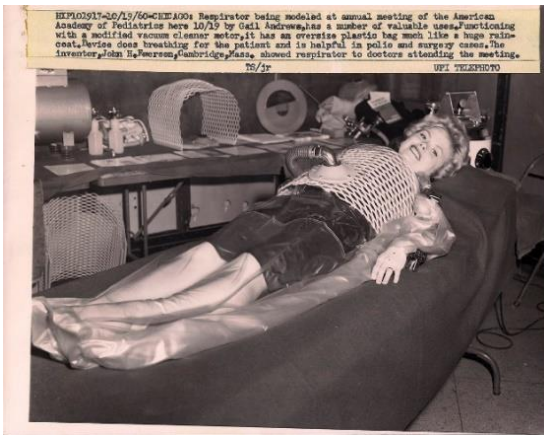
**Şekil 2. 1953'teki polio salgınında demir akciğerin yaygın kullanımı**

Tank şeklindeki ventilatörlerin ağır olması ve taşınamaması nedeni ile kabuk (*cuirass*) ventilatör ve yağmurluk (sarma) ventilatör gibi daha portatif cihazlar geliştirilmeye başlanmıştır (Şekil 3,4) (10). İlk defa 1876 yılında bir Avusturyalı doktor tarafından geliştirilen taşınabilir ventilatörler 1949’da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar solunum paralizisi olan polio hastalarının kronik desteği için yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

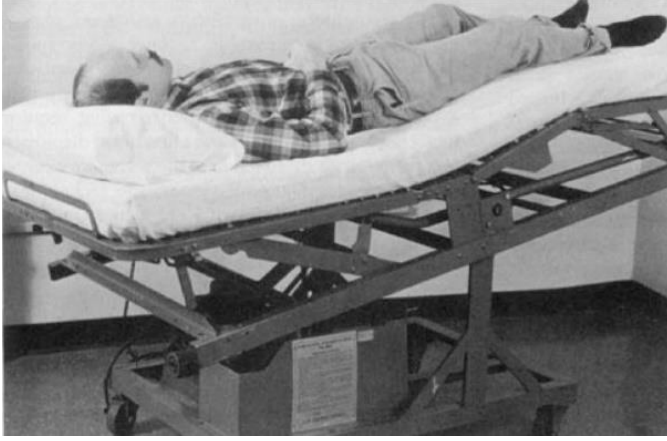
Polio epidemileri sırasında kullanıma giren diğer yöntemler; sallanan yatak ve aralıklı abdominal basınç ventilatörüdür (Şekil 5,6). Solunuma destek için sallama F. C. Eve tarafından 1932 yılında tanımlanmıştır ve 1960’lı yıllara kadar İngiliz Deniz Kuvvetleri’nde boğulan kurbanların resüsitasyonu için kullanılmıştır (11). 1940’lı yıllarda Wright, ilk sallanan yatağı geliştirmiştir (12). Bu cihaz 1950’li yıllarda demir akciğerden hastaları ayırma aşamasında popüler olmuştur. Bazı polio sonrası hastalar bu cihazı kronik ventilasyon desteği için yıllarca kullanmışlardır.



**Şekil 3. 1940’ların sonu kabuk akciğer kullanımı**



**Şekil 4. Sarma akciğer kullanımı**



**Şekil 5. Sallanan yatak kullanımı**



**Şekil 6. Aralıklı abdominal basınç ventilatörü kullanımı**

Fizikçi Sir William Bragg, 1930'larda musküler distrofili bir arkadaşı için aralıklı abdominal basınç ventilatörünü keşfetmiştir. Amerikan futbolu iç topundan hazırladığı cihaz, aşağı toraks ve abdomen arasına sarılıyor ve ekspiryumda bir hava pompası ile şişiriliyordu. Cihaz 1950 sonlarında, polio epidemisinin sonuna yaklaşırken, portatif olması ve kullanım kolaylığı olduğu için çok popüler olmuştur (13).

Alvan Barach pozitif basıncın non invazif kullanımını gündeme getirmiş ve 'sürekli pozitif havayolu basıncı (*continuous positive airway pressure*) (CPAP)' uygulamasının akut pulmoner ödem tedavisinde kullanılabileceğini öne sürmüştür (14). 1947'de ise 'aralıklı pozitif basınçlı soluma (*intermittent positive pressure breathing*) (IPPB)' ilk kez kullanılmaya başlanmış ve 1980'lere kadar da kullanılmaya devam edilmiştir (15). Non invazif ventilasyonun geceleri ve gerektiğinde de gündüz vakti ağız

parçası bağlantısı ile kullanımı, özellikle nöromusküler hastalıklarda, bazı rehabilitasyon hastanelerinde 1960'lı yıllara kadar devam etmiştir (16).

1980'lerde obstrüktif uyku apne sendromunda nazal CPAP maskesinin yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile NİV popüler hale gelmiştir (17). 1984 yılında Fransız araştırmacılar bu maskelerin 'Duchenne' musküler distrofisinde gece adaleleri dinlendirmek için kullanılmasını önermişlerdir (18). Sonrasında çeşitli nöromusküler hastalıklarda, göğüs duvarı deformitelerinde geceleri yapılan nazal CPAP'ın gaz değişimini iyileştirmedeki ve semptomları azaltmadaki etkileri bildirilmeye başlanmıştır (19-21). Bu durum NİV ile ilgili daha çok çalışma yapılmasını teşvik etmiştir. Yetişkinlerdeki başarılı sonuçlar, bu uygulamanın çocuklarda da kullanılmaya başlanmasını sağlamıştır (22).

İlk kez 1993'te Akingbola ve arkadaşları akut solunum yetmezliği olan iki çocukta tedavide NİV kullanımının etkin olduğunu gösteren bir vaka sunumu yayınlamışlardır (23). O dönemden itibaren NİV pediatrik yaş grubunda da pnömoni, sepsis ve travmaya sekonder olarak gelişen 'akut solunum sıkıntısı sendromunun (*acute respiratory distress syndrome*) (ARDS)' yol açtığı akut hipoksemik SY gibi durumlarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (24).

## **2.2. Solunum fizyolojisi ve çocuklardaki farklılıklar**

Solunum sistemi; solunum merkezi, sinir ileti yolları, myonöronal bileşke noktaları, solunum kasları, toraks, havayolları ve akciğer parankiminden oluşmaktadır. Temel görevi, kan ve atmosfer arasında oksijen ve karbondioksit değişimini sağlamaktır. Bu sistemi oluşturan öğelerden birinde gelişebilecek bir bozukluk solunum sisteminin fonksiyonunu etkileyecektir (25).

Fetüste havayollarının yapımı 16. haftada tamamlanır. Akciğer matürasyonu 2-8 yaşta tamamlanır. Erken süt çocukluğu döneminde akciğerler hızla gelişir ve yeni alveoller oluşur. Yaşamın 12 ile 18. ayında alveol sayısı 300 milyona erişir. Bu sayı erişkinlerdeki alveol sayısına eşittir (26). Term doğan bir bebekte alveol sayısı 25 ile 50 milyon arasındadır (27-30).

Erken süt çocukluğu döneminden sonra alveol sayısındaki artış hızı azalırken alveol boyutları daha ön planda artmaya başlar. Alveol sayısının ve çapının artması alveol yüzeyinin artışı sağlar. Alveol yüzey alanı alveolokapiller oksijen difüzyon

kapasitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir ve yenidoğanda alveoler yüzey 2,8 m<sup>2</sup> iken sekiz yaşında 32 m<sup>2</sup> ve erişkin yaşta 75 m<sup>2</sup>'ye ulaşır. Süt çocuklarında difüzyon kapasitesi, erişkinlerin 1/3'ü veya yarısı kadardır (26).

Havayollarının çapında olduğu gibi havayollarının uzunluğu da yaşa bağlı olarak artar. İlk beş yaşta proksimal havayolları distal havayollarına göre daha ön planda gelişim gösterir (30). Beş yaşına kadar distal havayollarının göreceli olarak dar olması, periferik havayolu direncinin yüksek olmasına yol açar. Hava akımına karşı meydana gelen direnç, havayolu çapı ile ters orantılıdır. Bu nedenle küçük yaşta periferik havayolu direnci, enflamasyon ve ödem varlığında belirgin artış gösterir. Trakea ve bronşların kıkırdak yapısı havayolunu stabilize eder. Süt çocuklarında periferik havayollarındaki kıkırdak destek erişkinlere göre zayıf olduğundan yüksek ekspiratuar akımda ve havayolu direncinin arttığı durumlarda zayıf kıkırdak desteğe bağlı kollaps meydana gelir (31,32).

Havayolunun tıkanması halinde, havayolu distalinde ventilasyonu sağlayan anatomik kanallar vardır. Bunlara kollateral ventilasyon kanalları adı verilir. Bu kanalların süt çocukluğu döneminden sonra geliştiği düşünülmektedir. Üç tip anatomik kanal vardır; interalveoler kanallar (Kohn kanalları), bronşiolalveoler kanallar (Lambert kanalları), interbronşioler kanallar. Kohn kanalları alveol duvarları arasında interalveoler iletişimi sağlar (33). Kohn kanalları genellikle 1-2 yaş arasında, Lambert kanalları ise altı yaşından sonra belirmeye başlar (34,35). Erişkinlerde olmayan bu tür önemli anatomik farklılıklar çocuklarda atelektazi riskini erişkinlerden yüksek hale getirir (36).

Solunum sistemi, elastik özellikteki yapıların toplamından oluşmuştur. Elastik yapıya herhangi bir kuvvet uygulandığında yapı deformasyona karşı direnir. Bu kuvvete elastik geri çekilme adı verilir. Elastik geri çekilme tarafından meydana getirilen kuvvete elastik geri çekilme basıncı denir. Bir elastik yapının gerilmesi için gereken kuvvet, o yapının, ne kadar gerilebildiği ile ilişkilidir. Akciğer gibi toraks da elastik yapıdadır. Akciğer ve toraks birlikte solunum sisteminin mekaniğini oluşturur. Fonksiyonel rezidüel kapasite, akciğer ve toraksın elastik kuvvetlerinin dengede olduğu akciğer hacmini ifade eder (25).

Kostaların yenidoğanlarda horizontal yerleşimli olması göğüs kafesinin dairesel şekil almasına neden olur. Erişkinlerde ise göğüs kafesi elipsoid şekillidir.

Yenidoğandaki bu durum göğüs kafesinin ön-arka ve transvers çap artışını azaltarak akciğer hacmi artışını kısıtlar (33).

Diyafram solunum kaslarının en önemlisidir. Alt kostalara yapışık olarak bulunur. Erişkinlerde oblik yerleşimli iken çocuklarda horizontal yerleşimli olması kasılmanın etkisini azaltacak yönde etki eder. İnterkostal kasların da yorulmaya dirençli lifleri yenidoğanda az sayıda olup iki yaş civarında erişkin düzeye ulaşır (33).

Vücut ağırlığının kilogramı başına belli bir tidal volümü oluşturabilmek için yenidoğan erişkine kıyasla daha fazla solunum eforu sarfetmelidir. Bu durum kendini klinikte ciddi retraksiyonlar ve diyafram kontraksiyonları ile belli eder. Retraksiyonlar ciddi bir enerji kaybına yol açar, hatta bazı yenidoğanlar yorularak solumayı bırakabilir (37).

## **2.3. Solunum mekanikleri**

### **2.3.1. Normal solunum sırasında solunum mekanikleri**

Spontan solunum sırasında solunum merkezinden çıkan inspiyum komutunu takiben, göğüs kafesinin genişlemesi sonucunda, alveol içi basınç atmosfer basıncına göre 0,5-1 cmH<sub>2</sub>O basıncı kadar negatifleşir ve bunu takiben akciğerlere serbest hava akımı başlar. Akciğer içindeki hava miktarı, alveol içi basınç atmosfer basıncına eşit olana kadar artmaya devam eder. İnspiyum sonunda akciğer hacmi maksimuma ulaştığında alveol içi basınç atmosfer basıncına eşitlenmiş olur. Bundan sonra pasif olarak elastik kuvvetlerin etkisi ile alveol içi basınç 0,5-1 cmH<sub>2</sub>O kadar pozitifleşir, akciğerden atmosfere doğru gaz akımı başlar ve bu akım akciğer içi basınç atmosfer basıncına eşit olana kadar devam eder. Böylece ekspiyum sonunda akciğerlerde sadece fonksiyonel rezidüel kapasite kadar gaz kalmış ve basınç da atmosfer basıncına inmiş olur (38).

### **2.3.2. Ventilasyonu etkileyen faktörler**

#### **2.3.2.1. Komplians ve elastans**

Komplians, bir kompartmanda basınç değiştiğinde meydana gelen hacim değişikliğidir; yani o kompartmanın genişleme kapasitesidir.

Akciğer kompliansı; genişleyebilen havayolu boşlukları, havayolu boşluklarının boyutu ve geometrisi, yüzeyin gerilim ve akciğerin parankim özellikleri ile bağlantılı

olarak yaşla değişir. Süt çocuklarında göğüs duvarı kompliansı diğer yaşlara göre %50 fazladır.

Elastans ise kompliansın tersidir, dolayısıyla sert akciğerlerin elastansı yüksek, kompliansı düşüktür (39).

#### **2.3.2.2. Solunum sisteminin elastik geri çekilmesi**

Solunum sistemi, elastik yapıların birleşmesinden oluşmuştur. Bu elastik yapı herhangi bir güce bağlı deformasyona karşı koyar ve eski yapısına dönmek üzere karşıt bir güç oluşturur. Bu karşıt güce elastik geri çekilme denir. Akciğer boyutunu küçültmeye eğilimli elastik bir yapıdır. İstirahat halindeki hacimden düşük hacimlerde; akciğerler içeri, göğüs duvarı dışarı çekme eğilimindedir. Akciğerlerin ve göğüs duvarının elastik geri çekilmesinin dengelendiği hacim fonksiyonel rezidüel kapasitedir (39,40).

#### **2.3.2.3. Solunum sisteminde akım direnci**

Solunum sistemi toplam direnci; havayolları direnci, akciğerlerin direnci ve göğüs duvarı direncinden oluşur. Hava akımına karşı olan direnç, havayolu çapının dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır. Dirençteki değişikliklerin ana nedeni havayolu çapının değişmesidir. Normal akciğer inflasyonu sırasında havayolu çapı artar, direnç azalır (39).

#### **2.3.2.4. Zaman sabiti**

Solunum sisteminde akciğer hacminin %63'ünün pasif olarak dolması ve boşalabilmesi için gereken zaman solunum sisteminin zaman sabitidir. Akciğerin elastisitesini bozan hastalıklarda ekspiratuvar zaman sabiti kısalırken, obstrüktif akciğer hastalıklarında ekspiratuvar zaman sabiti uzar. Akciğerlerde hava dağılımının eşit olabilmesi için inspiratuvar zaman sabitinin yeterli olması gerekir (39).

#### **2.3.2.5. Solunum işi**

Solunum, solunum kasları tarafından mekanik bir iş yapılmasını gerektirir. Solunum sisteminin basınç-hacim (komplians) ve basınç-akım (rezistans) özellikleri solunum kasları üzerindeki ard yükü temsil eden solunum işini belirler. Solunum işi, akciğer ve göğüs duvarının geri çekilmesi ve havayollarının rezistansına bağlıdır. Komplians azaldığında veya direnç arttığında solunum işi artar (41).

### **2.3.3. Mekanik ventilasyonda solunum mekanikleri**

Pozitif basınçlı mekanik ventilasyonda inspiryum, pozitif basınçla yapılır. İspiryumun sonunda alveol içi basınç atmosfere göre oldukça yüksektir. Ekspiryum ise pasif olarak olur; fakat bu defa akciğer içi basınç inspiryuma göre orantısız olarak çok düşüktür ve göreceli olarak negatiftir. Ekspiryum sonunda uygulanan ekspiryum sonu pozitif basınçtan dolayı alveol içi basınç da atmosfere göre yine pozitiftir. Dolayısıyla mekanik ventilasyon fizyolojik bir olay değildir. Bu nedenle de bilinci açık kişiler mekanik ventilasyonu kolay tolere edemez, boğuşurlar. Bunu önlemek için mekanik ventilasyondaki hastanın mekanik solunumunu, spontan solunum ile uyumlu hale getirmek gerekir (38,42).

Mekanik ventilasyon sırasında, basınç ve akım uygulanarak akciğer inflasyonu sağlanır. Dışarıdan uygulanan bu güçler solunum sistemi kompliansı, havayolu direnci ve daha az olarak doku direnci ile etkileşime girerler. Akciğerlerin mekanik ventilasyon sırasında önemli olan iki mekanik özelliği vardır: komplians ve rezistans (39).

#### **2.3.3.1. Mekanik ventilasyon ve komplians**

Pozitif basınçlı ventilasyon, bölgesel komplians değişikliklerinden ciddi oranda etkilenir. Parankim hasarı gelişmiş akciğerlerde hasarın olduğu bölgelerin kompliansı azalırken sağlıklı akciğer bölgelerinin kompliansı normaldir. Bölgesel komplians farklılıkları, fonksiyonel rezidüel kapasitenin bölgesel olarak değişmesine neden olarak göreceli olarak hızla dolan bölgelerde yırtılma hasarı ve aşırı gerilmeye eğilim yaratır. Kompliansın azaldığı durumlarda aynı hacmi verebilmek için uygulanan basıncın artırılması gerekir (39).

#### **2.3.3.2. Mekanik ventilasyon ve rezistans**

Mekanik ventilasyon sırasında direnç, doğal ve ek havayollarından kaynaklanır. Mekanik solunum sırasında direncin önemli belirleyicisi havayolu çapıdır. Ayrıca havayolunun (ve devrenin) uzunluğundan ve gaz yoğunluğundan etkilenir. Komplians gibi direnç de, akciğer hacmi ile birlikte değişir. Mekanik ventilasyon sırasında ek havayollarının özellikleri direnci önemli oranda etkilemektedir. Uzun ve dar trakeal tüp havayolu direncinin birkaç kat artmasına neden olmaktadır.

Hastalık varlığında havayolu direnci bölgesel farklılıklar gösterir. Bu ventilasyonun dağılımını etkileyerek farklı dolun özelliği olan bölgelerde hasara neden olabilmektedir (39).

#### **2.4. Çocuklarda solunum sıkıntısı ve yetmezliği**

Solunum sıkıntısı, solunum işinin artması durumudur. Solunum işi için gereken enerji iki işe karşı harcanır; havanın havayollarında ilerletilmesi ve akciğer dokusunun birbiri üzerinde kaydırılması. Bu iki işten herhangi birinin artması solunum sıkıntısına yol açar (43). Solunum sıkıntısı başlığı, genellikle anormal solunum paterninin belirti ve bulgularını belirtmek için kullanılır. Burun kanadı solunumu, taşipne, göğüs duvarı retraksiyonları, stridor, dispne, hışıltı (wheezing) bu belirti ve bulgulardandır. Bu bulguların şiddeti solunum sıkıntısının da şiddetini gösterir. Bu nedenle solunum sıkıntısı, klinik bir durumu ifade eder (37).

Solunum yetmezliği, solunum işlevine katılan organ veya organellerin (santral sinir sistemindeki solunum kontrol merkezi, sinirler, kaslar, plevra, solunum yolları ve akciğer parankimi) bir veya birkaçının fonksiyon bozukluğu sonucunda gelişen, pulmoner kapiller yaktan oksijenin dolaşım sistemine dağılması ve/veya karbondioksin atılmasında bozuklukla kendini gösteren bir durumdur (1,44). Solunum yetmezliği; akciğer ve havayollarındaki, göğüs duvarı ve kaslarındaki ya da santral ve periferel kemoreseptörlerdeki bir problemden kaynaklanabilir. Klinik bulgular daha çok patolojinin olduğu bölüme bağlıdır. Arteriyel kan gazı bileşimi atmosferdeki gaz bileşimine, alveolar ventilasyonun etkinliğine, pulmoner kapiller perfüzyona ve alveolokapiller membrandan difüzyona bağlıdır. Bu basamaklarda herhangi bir yerdeki bir sorun SY'ye yol açar. Solunum yetmezliği, genellikle oda havasında parsiyel arteriyel oksijen basıncı ( $PaO_2$ )<60 mmHg olması ve parsiyel arteriyel karbondioksit basıncı ( $PaCO_2$ )>50 mmHg olması sonucu gelişen asidoz olarak kendini belli eder. Fakat gerçekte hastanın genel durumu, solunum çabası, yorulma potansiyeli SY'yi tanımlamada kan gazı değerlerinden daha anlamlıdır (37).

Solunum yetmezliği, akut veya kronik gelişebilir. Akut solunum yetmezliği (ASY) dakikalar-günler içinde gelişirken, kronik solunum yetmezliği (KSY) tanısı bir ayı geçen gaz değişim anormalliğinde konur (45).

Akut solunum yetmezliği, çocuklarda erişkinlere kıyasla daha sık karşılaşılan bir durumdur. İnfantların interkostal kas ve kostalarının henüz tam gelişmemiş olması, çocuklarda diyaframın erişkinlere göre daha kısa ve güçsüz olması, çocuklarda solunum yollarının daha dar olması nedeniyle en ufak bir daralmanın havayolu direncini daha fazla artırması ve hava değişimine yarayan ünitelerin (terminal bronşiyoller ve alveoller) daha az sayıda, küçük ve kapanmaya eğilimli olması bu durumun nedenleridir (1,43,44)

Kronik solunum yetmezliği, ASY'yi takiben gelişebileceği gibi sinsi bir şekilde de başlayabilir. Uygun tekniğe rağmen ASY sonrası hasta ventilatörden ayrılamıyorsa ve SY'nin sebebi geri dönüşümsüz ise bu hastalar evde ventilasyon desteği açısından değerlendirilmelidir. KSY'ye yol ačan hastalıklar solunumun kontrolünün yetersizliği (santral hipoventilasyon), nöromusküler hastalıklar ve akciğere ait hastalıklar olarak üç ana grupta toplanabilir (45).

Akut solunum yetmezliği iki tipe ayrılır; hipoksemiye normal karbondioksit düzeyi eşlik ediyorsa tip I olarak tanımlanırken, hipoksemiye hiperkapni eşlik ediyorsa tip II SY tanısı konur. Bu tipler aynı hastalıkta değişik evrelerde ortaya çıkabilmektedir. Hipoksemik SY gaz değişim yetersizliği sonucu gelişirken, hiperkapnik SY solunumsal pompa ve gaz değişim yetersizliği sonucu gelişir (37,44,45).

Solunum yetmezliği tedavisinde; etyolojinin ortadan kaldırılması ve bozulmuş solunum fonksiyonlarının yerine getirilmesi amaçlanır (44). Hastaya altta yatan hastalık tedavi edilene kadar mekanik ventilasyon desteği verilebilir. Son yıllarda eğer hasta klinik olarak stabilse ASY'de NİV'in yakın monitorizasyonla denenebileceği rapor edilmiştir (45).

**Tablo 1. Solunum yetmezliği tipleri (43)**

Tip I (Hipoksemi)	Tip II (Hiperkapni)		
	Solunum uyarısı azalmış	Solunum işi artmış	Solunum kaslarında yorgunluk
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pnömoni</li><li>• Septik şok</li><li>• ARDS</li><li>• Aspirasyon</li><li>• Akciğer ödemi</li><li>• Plevral efüzyon</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• İlaç etkisi</li><li>• MSS enfeksiyonu</li><li>• Santral uyku apnesi</li><li>• Hipotiroidi</li><li>• Metabolik alkaloz</li><li>• Beyin sapı hasarı</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Astım</li><li>• Obesite</li><li>• Havayolunda ödem</li><li>• Pnömotoraks</li><li>• Üst havayolu tıkanıklığı</li><li>• Obstrüktif akciğer hastalıkları</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hipokalemi</li><li>• Hipofosfatemi</li><li>• Hipomagnezemi</li><li>• Kas hastalığı</li><li>• Myastenia gravis</li><li>• Spinal kord hasarı</li><li>• Poliomyelit</li></ul>

Akut akciğer hasarı ve ARDS’de akciğer grafisinde bilateral infiltrasyon, sol atrial hipertansiyonun olmaması (pulmoner arteriyel kateter oklüzyon basıncı $\leq$ 18 mmHg) ve hipoksemi (akut akciğer hasarında  $PaO_2/FiO_2$  (PF) $\leq$ 300 mmHg, ARDS’de PF $\leq$ 200 mmHg) ile karakterize yoğun bakıma yatış gerektiren klinik tablolardır (45). 2012’deki Berlin tanımlamasına göre üç farklı hipoksemi derecesi belirlenmiştir. Bunlar; hafif ARDS (200<PF $\leq$ 300 mmHg), orta ARDS (100<PF $\leq$ 200 mmHg) ve ağır ARDS’dir (PF $\leq$ 100 mmHg) (46). ARDS’ye pnömoni, aspirasyon, akciğer kontüzyonu, boğula yazma gibi primer akciğer hastalıklarının yanı sıra; şok sepsis, travma, masif transfüzyon gibi sekonder problemler de yol açabilir (45).

## 2.5. Mekanik ventilasyon endikasyonları ve ilkeleri

Mekanik ventilasyon ihtiyacı PYBÜ’ye yatışın en sık nedenlerindedir. Bu yatışlarda da mekanik ventilasyon endikasyonlarının en sık nedeni SY’dir (30). Bu nedenlerle mekanik ventilasyon PYBÜ’de en sık uygulanan tedavi yöntemlerinden biridir.

Mekanik ventilasyon tedavisi bir destek tedavi yöntemi olup altta yatan hastalığı tedavi edici bir etkisi yoktur. Spontan solunum alveol içi basınç negatifken yapılmasına rağmen, mekanik ventilasyon pozitif basınçla uygulanmaktadır. Dolayısıyla mekanik ventilasyon fizyolojik bir olay değildir ve sağladığı yararların yanında komplikasyonları da vardır. Bu nedenlerle mekanik ventilasyon endikasyonu konurken dikkatli davranılmalı ve endikasyon ortadan kalktığında da hasta ventilatörden ayrılmalıdır.

Çocuklarda en sık mekanik ventilasyon endikasyonu, vücudun oksijenasyon ve karbondioksit eliminasyon ihtiyacının karşılanamadığı ASY'dir. Akut solunum yetmezliği, primer akciğer hastalığından (fonksiyonel rezidüel kapasitenin veya kompliyansın azalması, ventilasyon-perfüzyon dengesinin bozulması vb) kaynaklanabileceği gibi pompa fonksiyonunun (santral uyarının ortadan kalkması, kas hastalıkları vb) bozulmasından da kaynaklanabilir. Solunumsal nedenlerin yanısıra intrakranial basınç artışı durumunda karbondioksit düzeyini optimize etmek amacı ile de mekanik ventilasyon uygulanabilir (30).

**Tablo 2. Mekanik ventilasyon endikasyonları (30)**

Solunum yetmezliği
<b>Pompa disfonksiyonu</b>
Göğüs duvarı disfonksiyonu (yelken göğüs)
Nöromusküler hastalıklar
Santral sinir sistem disfonksiyonu-solunumsal uyarının azalması (ilaç, travma, enfeksiyon)
<b>Pulmoner hastalık</b>
Ventilasyon perfüzyon uyumsuzluğu (pnömoni)
Pulmoner şant (ARDS)
Fonksiyonel rezidüel kapasite azalması
<b>Diğer nedenler</b>
Solunum işini azaltmak
Karbondioksit değerlerini optimize etmek (artmış intrakranial basınç)

## 2.6. Mekanik ventilasyon değişkenleri

### 2.6.1. Solunan oksijen fraksiyonu (*fraction of inspired oxygen*) ( $FiO_2$ )

Mekanik ventilasyonun en önemli amacı, doku oksijenlenmesini sağlamaktır. Oksijen düzeyi  $FiO_2$ 'ye bağlıdır. Ventilasyon/Perfüzyon oranı bozulduğunda ve difüzyon bozukluğunda primer yaklaşım  $FiO_2$ 'nin artırılmasıdır. Genel yaklaşımda yeterli  $PaO_2$  sağlamak için en düşük  $FiO_2$  kullanılır.  $FiO_2$ 'nin 0,6'nın üzerinde olması oksijen toksisitesine yol açar. Oksijen saturasyonu ve arterial oksijen basıncının yakın takibi ile oksijen konsantrasyonunun toksik düzeylerden aşağı indirilmesi gerekir (47).

### **2.6.2. Ekspirasyon sonu pozitif basınç (*positive end expiratory pressure*) (PEEP)**

PEEP uygulamasının temel görevi; solunum döngüsü boyunca alveollerin kollabe olmadan açık kalmasıdır. Kollabe olmuş alveollerin açılması fonksiyonel rezidüel hacmi artırarak; ventilasyon/perfüzyon oranını ve oksijenizasyonu düzeltir, hastanın solunum işini azaltır. PEEP etkisini oksijenizasyonu iyileştirerek düşük FiO<sub>2</sub> değerleri uygulanmasına imkan vererek gösteririr (30). Aşırı PEEP uygulaması, zaten iyi ventile olan alanların aşırı gerilmesine, perfüzyonun azalmasına, ölü hacmin artmasına neden olur (47).

### **2.6.3. Tepe inspiratuar basınç (*peak inspiratory pressure*) (P<sub>IP</sub>)**

Basınç sınırlı zaman döngülü ventilatörlerde tepe inspiratuar basınç, tidal hacmi oluşturan en önemli faktördür. P<sub>IP</sub> düzeyini saptarken ana faktörler hastanın vücut ağırlığı, hastalığın tipi, akciğer kompliansı, havayolu direnci ve akciğerin zaman sabitidir. Ventilatöre bağlanacak hastalarda ventilasyonu sağlayacak en düşük P<sub>IP</sub> düzeyi seçilir. Yeterli P<sub>IP</sub> uygulaması klinik (göğüs hareketi ve akciğer dinleme bulguları) ve kangazı incelemeleri ile denetlenir. Düşük P<sub>IP</sub> uygulaması hastayı barotravmadan korur. Yüksek P<sub>IP</sub> uygulaması hava kaçağına, venöz dönüş ve kardiyak debide azalmaya yol açabileceğinden kaçınılması gerekir (48).

### **2.6.4. Ortalama havayolu basıncı (*mean airway pressure*) (MAP)**

Ortalama havayolu basıncı tüm ventilatör siklusu boyunca akciğere uygulanan basınçtır. Ortalama havayolu basıncı akciğerde gaz dağılımında önemli rol oynar. FiO<sub>2</sub> ile hipoksemisi düzelmeyen hastalarda ortalama havayolu basıncı artırılarak oksijenizasyon düzeltilebilir (47).

### **2.6.5. Tidal hacim (*tidal volume*) (TV)**

İnspirasyon ve ekspirasyon ile alınan ve çıkarılan hava hacmidir. TV 6-8 ml/kg arasında tercih edilmektedir. Ayarlanan TV'nin bir kısmının ventilatör devresinde kalması, bir kısmının da entübasyon tüpünün etrafından kaçması nedeniyle ekshale TV hesaplanan değerden düşük olabilir ve inhale edilen TV ile karşılaştırıldığında önemli bilgi verir (47).

### **2.6.6. Solunum frekansı, inspiriyum zamanı ve inspiriyum/ekspiryum oranı (I/E)**

Solunum frekansı hastanın yaşına uygun solunum sayısına göre ayarlanır. Kurulum ayarlarında yenidoğanda 40/dk, daha büyük çocuklarda 20-25/dk olarak ayarlanır ve yaş arttıkça azalır (30).

Toplam siklus zamanı, inspiriyum ve ekspiryum zamanının toplamına eşittir. İspiriyum zamanı belli bir I/E oranı sağlamak amaçlanarak ayarlanır. İspiriyum/ekspiryum oranının ayarlanması, inspiriyum zamanını ve ekspiryum için kalan süreyi gösterir. Solunum hızına göre I/E oranı değişir. En sık önerilen 1/2 veya 1/3 oranlarıdır. Oran 1/1'in altına indiğinde ekspiryum süresi kısalmış ve yeterli ekspiryum süresi olmaması, hava hapsine ve hemodinamik komplikasyonlara yol açar. Havanın alveollerde kalması ile oto-PEEP oluşur (47).

### **2.6.7. Tetikleme**

Mekanik ventilasyon sırasında ventilatörün spontan solunuma bağlı basınç, akım ve hacimdeki değişikliği algılamasına tetikleme denir. En sık akım ve basınç tetiklemesi kullanılır. Negatif basınç veya akımda değişiklik saptanması inspiriyumu tetikler. Basınç tetiklemede genellikle -1 ile -2 cmH<sub>2</sub>O, akım tetiklemede ise 1-3 L/dk değerleri kullanılır (47).

## **2.7. Ventilatörler ve yöntemler**

Pozitif basınçlı ventilasyon, invazif ve noninvazif şekilde yapılmaktadır. Geçmişte tüm pozitif basınçlı ventilasyonlar endotrakeal yolla uygulanırken günümüzde daha güvenilir teknik arayışları ile noninvazif ventilasyon giderek daha sık kullanılmaya başlanmıştır (47).

Mekanik ventilasyon sırasında, hastanın ne zaman ne şekilde soluk alacağını ve ventilatörün solunum fazlarına nasıl müdahale edeceğini (ventilatörün belli durumlarda nasıl davranacağını) belirleyen farklı solunum uygulamalarına ventilasyon yöntemleri (modları) denir (49).

Mekanik ventilasyon yöntemleri hem hacim kontrollü hem de basınç kontrollü ventilatörlerde kullanılabilir. Hacim kontrollü ventilatörler inspiriyumda hastaya uygulanan gaz miktarına, basınç kontrollü ventilatörler ise basınç miktarına göre

çalışan ventilatör tipleridir. Daha yeni geliştirilen akım kontrollü ventilatörler ise inspiriyum sırasında hastaya uygulanan akıma göre çalışırlar (49).

Basınç kontrollü ventilasyonda ulaşılacak maksimum basınç klinisyen tarafından belirlenir, bu nedenle barotravma riski düşüktür. Fakat TV akciğerin kompliansına ve havayolu direncine bağımlı olarak değişkendir. Hacim kontrollü ventilasyonda ise hastaya verilecek TV klinisyen tarafından belirlenir ve sabittir. Ventilatör belirlenen hacme ulaşana dek basınç uygulamaya devam eder ve barotravma riski oldukça yüksektir. Bu nedenle çocuklarda hacim kontrollü ventilasyon genellikle tercih edilmez (50).

**Tablo 3. Basınç kontrollü ventilasyon ile hacim kontrollü ventilasyonunun farklılıkları (49)**

<b>Basınç Kontrollü Ventilasyon</b>	<b>Hacim Kontrollü Ventilasyon</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Basınç sabit</li><li>• TV değişken (kompliansa bağlı)</li><li>• Barotravma daha az</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• TV sabit</li><li>• Basınç değişken (kompliansa bağlı)</li><li>• Hipoventilasyon riski az</li><li>• Barotravma daha fazla</li></ul>

Farklı yöntemler arasında seçim yaparken temel amaç; hastayı en konforlu şekilde tutarak, akciğerlerde en az travmaya yol ačan ve yeterli ventilasyon ile oksijenasyonu güvenli bir şekilde sağlayan solunum şeklini seçmektir.

**Mekanik ventilasyon sırasında dört temel solunum şekli vardır (49);**

**a)Zorunlu solunum uygulamasında;** hastanın ihtiyacı olup olmasına bakmaksızın, makine belirlenmiş sayıda solunumu sabit zaman aralığıyla, belirlenmiş inspiriyum süresince yapar.

**b)Yardımlı solunumda;** ventilatör belirlenmiş sayıda solunumu, hastanın belirlediği zamanlarda, belirlenmiş inspiriyum süresince yapar. Yardımlı solunumda hastanın solunum işinin azaltılması amaçlanmışsa da bu iş hiç bir zaman tamamen kaldırılamaz. Bu yöntem ile hasta ile ventilatör aktivitesini uyumlu hale getirmek, sedasyon ihtiyacını azaltmak, solunum kaslarındaki diffüz atrofiyi önlemek, hastanın ventilatör desteğine hemodinamik toleransını artırmak ve ventilatörden ayırmayı kolaylaştırmak amaçlanır.

**c)Destekli solunumda;** makine hastanın belirlediği sayıda solunumu, hastanın belirlediği zamanlarda ve makine tarafından kısmen belirlenmiş inspiriyum süresince yapar. İspiriyum süresi makinenin belirlediği süreden daha uzun olmamak koşulu ile hasta tarafından değiştirilebilir. Fizyolojik solunuma en yakın uygulamalardan biridir.

**d)Spontan solunum;** solunumun tamamen hasta tarafından düzenlendiği, makinenin sadece basınç veya hacim desteği uyguladığı solunum şeklidir.

Mekanik ventilasyon yöntemleri inspiriyumu başlatma mekanizmasına göre de; zaman tetiklemeli (kontrollü), basınç tetiklemeli (yardımlı), kontrollü/yardımlı ve akım tetiklemeli ventilasyon olarak sınıflandırılır (49).

Mekanik ventilasyon uygulaması tam mekanik ventilasyon desteği ve kısmi mekanik ventilasyon desteği olarak iki kısımda incelenebilir.

### **2.7.1. Tam mekanik ventilasyon desteği için kullanılan yöntemler**

Tam mekanik ventilasyon desteğinde ventilatör tarafından belli aralıklarla hastanın spontan solunum çabası dikkate alınmaksızın mekanik soluklar verilir. Solunum hızı ayarlanan hız kadardır. Spontan soluk araya giren zorunlu soluk tarafından kesilebilir. Bu durumu önlemek için hastanın spontan solunumunu baskılamak amacı ile sedatif ilaçlar verilebilir. Bu ventilasyon yöntemi günümüzde kullanılmamaktadır. Ancak tamamen apnede olan hastalarda ya da derin sedasyon veya paralizi uygulanmış ve spontan solunumu tamamen baskılanmış hastalarda kullanılabilir. Kontrollü ventilasyon yöntemleri zaman tetiklemelidir. Yani belirlenmiş olan zaman geçtikten sonra ventilatör tarafından inspiriyum başlatılır. Kontrollü solunum yöntemleri basınç ve hacim kontrollü olmak üzere iki şekilde uygulanabilir (30).

#### **2.7.1.1. Basınç kontrollü ventilasyon (*pressure control ventilation*) (PCV)**

Ventilatör, kendi başlattığı, belirlenmiş sayıda, belirlenmiş sürede ve tepe inspiratuar basınçta solunumu yaptırır. Esas olarak aralıklı zorunlu solunumun, hastanın hiç spontan soluk almadığı tipidir. Bütün basınca dayalı ventilasyon yöntemlerinde, sağlıklı ve hasta akciğer ünitelerinde istenen basınca ulaşılabilmesi için, yeterli inspiriyum zamanının ayarlanması çok önemlidir. Basınç kontrollü ventilasyonun başlıca avantajı PİP ve inspiriyum zamanı ayarlandığı için barotravma

riskini azaltmasıdır. Değişken veya azalan inspiratuar akım şekli alveollerin daha hızlı olarak ve daha homojen açılmasına olanak sağlar (49).

Tidal hacim, hastanın akciğer kompliansına bağlı olarak değişeceği için başlangıçta bilinemez. Aynı PİP değeri akciğer kompliansı normal olan hastalarda yeterli ventilasyonu sağladığı halde, akciğer kompliansı düşük hastalarda hipoventilasyon riski vardır.

#### **2.7.1.2. Hacim kontrollü ventilasyon (*volume control ventilation*) (VCV)**

Ventilatör, kendi başlattığı, belirlenmiş sayıda ve TV'de solunumu yaptırır. Ventilatör ayarlanan hacmi, ayarlanan zamanda, sabit bir akış halinde hastaya verir. Basınç kontrollüden en önemli farkı, inspiyumun istenilen basınca göre değil hedeflenen hacime göre ayarlanmasıdır.

Erişkinde ve solunum yollarında gaz kaçağının önemli olmadığı durumlarda kullanılan bir yöntemdir. Çocuklarda kafsız endotrakeal tüpler sık kullanıldığı ve havayollarından gaz kaçağı fazla olduğu için genellikle tercih edilmez.

Tepe inspiratuar basınç, hastanın akciğer kompliansına bağlı olarak değişir. Akciğer kompliansının çok düştüğü, ARDS gibi, patolojik durumlarda PİP çok yükselebilir ve hemodinamik yan etkiler ile barotravma riski çok artabilir (49).

#### **2.7.1.3. Basınç düzenlemeli hacim kontrol (*pressure regulated volume control*) (PRVC)**

Basınç ve hacim kontrollü ventilasyon yöntemlerinin avantajlarından birlikte faydalanmak ve dezavantajlarından korunmak için geliştirilmiş, kompleks kapalı döngü sistemleri içeren bir yöntemdir. Zaman döngülü basınç limitli bir çift kontrollü yöntem olan PRVC hasta veya zaman tetiklemeli olabilir. Bu yöntemde ventilatör hastanın talebine göre ayarlanmış TV'ye ulaşacak şekilde inspiratuar akımı ayarlayarak yeterli ventilasyonu güven altına alır

Belirli bir TV'yi minimal barotravma ile vermeyi sağlar. Uyanık hastalara en uyumlu yöntemlerinden biridir (49).

#### **2.7.2. Kısmi mekanik ventilasyon desteği için kullanılan yöntemler**

Mekanik ventilasyon sırasında, hastaların spontan solunumlarına izin verilebilmesi amacı ile geliştirilen yöntemlerdir. Bu yöntemlerle hastanın sedasyon

ihtiyacını, mekanik ventilasyonun yol açtığı hemodinamik olumsuzlukları azaltmak, solunum kaslarının kullanılmamaya bağlı atrofisini önlemek ve ventilatörden ayırma işlemini kolaylaştırmak amaçlanır.

#### **2.7.2.1. Aralıklı zorunlu solunum (intermittant mandatory ventilation) (IMV)**

Belli sayıda zorunlu solunum, ventilatör tarafından, sabit zaman aralıkları ile yaptırılırken, aralarda ise hastanın üretebildiği spontan solunum hareketlerine müdahale edilir. Zorunlu solunumlar, basınç veya hacim limitli olabilir. Bu tip mekanik ventilasyon yönteminde en önemli sakınca ventilatörün belli aralıklarla hastanın spontan solunum eforunu dikkate almadan inspiriyum yapmasıdır. Eğer ventilatör inspiriyumu başlatırken, hasta kendi spontan ekspiriyumunu yapmakta ise, ventilatörün inspiriyumu ile hastanın ekspiriyumu çakışacak ve ventilatör devresinde basınç çok yükselerek barotrauma riski çok artacaktır (49).

#### **2.7.2.2. Senkronize aralıklı zorunlu solunum (synchronized intermittent mandatory ventilation) (SIMV)**

Hem zorunlu solunuma hem de spontan solunuma izin veren birleşik bir moddur. Zorunlu soluklar basınç ya da hacim kontrollü olabilir. Spontan soluklar ise basınç destekli olabilir ya da hiç desteklenmeyebilir.

SIMV’de her soluk döngüsünde bir zorunlu soluk verilir. Zorunlu soluk hasta ya da ventilatör tarafından tetiklenebilir. SIMV döngüsünün iki periyodu vardır; zorunlu ve spontan soluma periyodu. Zorunlu soluma periyodunda ventilatör, hastanın soluk başlatmasını bekler. Eğer belirlenmiş zaman aralığı süresince hasta spontan nefes başlatmazsa ventilatör planlanmış olan soluğu verir. Eğer belirlenmiş zaman aralığı süresinde ventilatör hastanın spontan soluğunu hissederse, hastanın soluğu ile eşzamanlı soluma yaptırır. İkinci bölüm ise spontan solunum periyodudur ve zorunlu solunum periyodu bittikten sonra başlar. SIMV’de hastanın spontan solunum eforunun başlamasına göre zorunlu solunumlar arası süre az ya da çok farklı olabilir. Fakat bir dakikada ventilatörün yaptırdığı zorunlu solunum sayısı başlangıçta belirlendiği kadardır.

SIMV'nin kontrollü modlara üstünlüğü solunum kaslarının çalışmasına izin vererek spontan solunum aktivitesini desteklemesi ve hasta ventilatör uyumunu sağlamasıdır (30).

### **2.7.2.3. Yardımlı solunum yöntemi (*assisted ventilation*) ve yardımcı/kontrollü solunum yöntemi (*assist/control ventilation*) (A/C)**

Yardımlı solunum yöntemi, tüm spontan solukların belirlenmiş hacim ya da basınçla desteklendiği ventilasyon yöntemidir. Havayollarındaki negatif basınç cihaz tarafından algılandığında, ventilatör tetiklenir ve ayarlanmış olan mekanik solunum hastaya verilir.

Ventilatörün tetiklenmemesi halinde, yani apne olasılığına karşı, minimum ventilasyonu sağlayacak bir kontrollü ventilasyon yöntemi emniyet tedbiri olarak kullanılabilir. Bu durumda yöntem yardımcı/kontrollü ventilasyon yöntemi olarak adlandırılır. Hasta ayarlanmış minimum soluk sayısının üzerinde olmak koşulu ile istediği hızda soluyabilir (30).

### **2.7.3. Spontan solunum yöntemleri**

#### **2.7.3.1. Basınç destekli ventilasyon (*pressure support*) (PS)**

Basınç destekli ventilasyon; basınç limitli, akım döngülü ve her solunumun hasta tarafından tetiklendiği bir ventilasyon yöntemidir. Hastanın solunum eforunun ventilatör tarafından hissedilmesi ile inspiryum başlar. Ne kadar gaz girişi olduğu tamamen hastanın akciğer özelliklerine (direnç ve komplians gibi) ve hastanın inspiryum eforuna bağlıdır. Hasta ve ventilatör eş zamanlı çalışır ve solunum işini paylaşır.

Basınç destekli ventilasyon, solunum işini önemli ölçüde azaltır. Uygun basınç destek düzeyinin seçilmesi ile hastanın dakika solunum sayısının azaldığı ve TV'nin arttığı görülebilir. Kısmi ventilatör desteğinden, tam ventilatör desteğine kadar çok geniş bir uygulama alanı vardır. Eğer basınç destek düzeyleri yüksek tutulursa hemen hemen tam ventilatör desteği sağlanabilir (49).

#### **2.7.3.2. Hacim destekli ventilasyon (*volume support ventilation*) (VSV)**

Hacim destekli ventilasyon, hastanın spontan solunumunun önceden belirlenmiş olan hacim ile desteklendiği bir yöntemdir. Bu yöntem, solunum sayısını inspiryum

süresini ve akımı hasta belirlediği için PS'ye benzer. Uygulanan basınç değişkenlik gösterebilir (30).

### **2.7.3.3. Sürekli pozitif havayolu basıncı (*continuous positive airway pressure*) (CPAP)**

Spontan soluyan hastalarda ekspiryum sonu basıncını atmosfer basıncının üzerinde tutarak akciğer hacimlerini ve oksijenasyonu artırmayı amaçlayan bir ventilasyon yöntemidir. Pozitif havayolu basıncı ventilatör tarafından tüm solunum siklusu boyunca sağlanır ve tüm solunumlar spontandır.

Üst solunum yollarında yumuşak doku obstrüksiyonu olan hastalarda ve havayollarında kollaps olan hastalarda kullanılır. Eğer akciğer hacimlerinin azalmasına bağlı hipoksemi varsa, oksijenasyonu düzeltir, kollabe olan akciğer ünitelerini açar ve solunum işini azaltır (49).

### **2.7.3.4. İki düzeyli pozitif havayolu basıncı (*biphasic intermittent positive airway pressure*) (BİPAP)**

BİPAP başlangıçta hem yüksek hem düşük basınç düzeylerinde spontan solumaya izin veren kontrollü ventilasyonla spontan ventilasyonun bir kombinasyonu olarak önerilmiştir. Bu özelliği ile yüksek basınçta spontan solunuma izin vermeyen basınç kontrollü ventilasyondan farklıdır. BİPAP ayrıca, klinisyen tarafından ayarlanmış zaman döngülü iki ayrı basınç düzeyinde uygulanan CPAP olarak kabul edilebilir.

Solunum yetmezliğinin tüm dönemlerinde (başlangıç, stabilizasyon ve ayırma dönemlerinde) kullanılabilir esnek ve evrensel bir yöntem olarak kabul edilmektedir

BİPAP sırasında hastaya, klasik yöntemlerin aksine inspiryum sırasında da aktif olan ekspiryum valfi sayesinde, sınırsız spontan soluma imkanı sağlanmaktadır (49).

## **2.8. Non invazif ventilasyon**

Akut solunum yetmezliği, en sık yoğun bakım yatış endikasyonu olup bu tanı ile yatırılan hastalarda geleneksel tedavi yöntemi mekanik ventilasyondur. İnvazif mekanik ventilasyon hayat kurtarıcı bir yöntem olmakla beraber, entübasyon tüpünün hasta ile ventilatör arasında bir yol oluşturması nedeni ile bir takım olumsuz sonuçları

da beraberinde getirir. Bu duruma ventilatör kaynaklı pnömoniler ve havayolunda meydana gelen mekanik hasar örnek olarak verilebilir. Bu noktada, NİV uygulaması önem kazanmaktadır (51-56).

Non invazif ventilasyon, alveolar ventilasyonun endotrakeal tüp ya da trakeostomi tüpü gibi invazif bir girişim olmaksızın çeşitli maskeler aracılığı ile gerçekleştirilmesidir. Non invazif ventilasyon entübasyonla ilişkili komplikasyonları en aza indirmek amacı ile geliştirilmiştir (57-59).

Non invazif ventilasyonun erişkinlerde yaygın olarak kullanılması ve olumlu sonuçlar elde edilmesi, çocuk hastalarda da bu tedavi seçeneğinin uygulanmaya başlamasını sağlamıştır. Son yıllarda NİV, çocuklardaki ASY ve KSY tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir tedavi seçeneği haline gelmiştir (59-61). Çocuklarda yapılan sınırlı sayıdaki çalışma; ekstübasyon sonrası ventilatörden ayırmada, KSY'nin akut alevlenmesinde, hipoksemik SY'de NİV'in etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir (62-65). Non invazif ventilasyonun olumlu etkilerine rağmen bu alanda yapılan pediatrik çalışma sayısı halen oldukça azdır.

### **2.8.1. Non invazif ventilasyonun amaçları, endikasyonları, kontrendikasyonları, komplikasyonları**

Non invazif ventilasyonun solunum problemi olan çocuk hastalardaki başlıca kullanım amaçları; solunum işini azaltmak, yeterli karbondioksit atılımını sağlamak, oksijenizasyonu düzeltmek, üst havayolu stabilitesini sağlamak ve akciğer hacmini korumaktır (24,60). Bunların yanısıra hasta konforunu en üst düzeye çıkarmak, hasta ile ventilatörün uyumunu iyileştirmek, uzun vadede yaşam kalitesini en yükseğe çıkarmak, işlev kapasitesini artırmak ve yaşamı uzatmak hedefler arasında sayılabilir (66). Bu hedefler, entübasyondan kaçınarak gerçekleştirilebilir.

Akut veya kronik solunum yetmezliği olup kontrendikasyon yaratacak herhangi bir durum bulunmayan hastalar, gerekli donanım ve eğitimli ekip olması koşulu ile NİV için birer adaydır. Kontrendikasyonlar genellikle yöntemin uygulanmasını olanaksız kılacak ya da zorlaştıracak koşullardan oluşan mutlak veya göreceli durumları kapsar (67).

Bilinci kapalı olan, öksürük ya da yutma fonksiyonları bozulmuş olan hastalar aspirasyona eğilimli olduklarından alt havayollarını koruyamazlar. Bu hastalarda NİV uygulaması önerilmezken hiperkapniye bağlı gelişen bilinç bozukluğunda NİV

uygulanabilir. Hiperkapniye bağı bilinç bozukluğunda, kontrollü bir mod kullanılarak uygulanan NİV ile hiperkapni azalır ve bilinç açılır. Non invazif ventilasyonun kalp ya da solunum durması, şok, ciddi üst gastrointestinal kanama gibi durumlarda kullanılması kontrendikedir. Entübasyon tüpü, mekanik ventilatör ile hasta arasında güvenli bir yol sağlarken; NİV’de kullanılan maskeler hava kaçaklarına yol açabilmesi nedeni ile oksijenasyon, ventilasyon ve basınç gereksinmelerinin karşılanmasında yetersizlikler oluşmasına neden olabilmektedir. Bu durum hastalarda geri dönüşümsüz sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle hemodinamik olarak stabil olmayan hastalarda ve fasyal deformite/travma/cerrahi/yanık gibi maskenin kullanılmasına engel bir durum varlığında NİV kontrendikedir (68). Non invazif ventilasyon uygulamasına kontrendikasyon yaratmayan durumlarda ise İMV’den önce NİV akla gelmelidir.

**Tablo 4. Non invazif ventilasyonun kontrendikasyonları (69)**

<b>Kesin Kontrendikasyonlar</b>	<b>Göreceli Kontrendikasyonlar</b>
Bilinç kaybı	Azalmış bilinç düzeyi
Ciddi ajitasyon	İlerleyici solunum yetmezliği
Bol sekresyon	Koopere olmayan hasta
Yüksek aspirasyon riski	Hemodinamik instabilite
Kontrol altına alınamayan kusma	
Tekrarlayan hemoptizi ve hematemez	
Havayolu açıklığının güvencede olmaması	
Kardiyo-respiratuar arrest	
Apne	
Üst havayolu tıkanıklığı	
Yüz yanığı, travması, cerrahisi	

**Tablo 5. Uygun hasta seçimi (68)**

<b>Non invazif ventilasyon için uygun hasta</b>
Açık bilinç
Yeterli öksürük refleksi ve yutma fonksiyonu
Stabil klinik
Maske-yüz uyumunun olması

Non invazif ventilasyon uygulanan hastalar monitörize edilerek yakın takibe alınmalıdır. Solunum sıkıntısı gerilemeyen ve entübasyon ihtiyacı gelişen hastalarda NİV'e devam edilmesi konusunda ısrarcı olmak entübasyonu geciktirerek prognozu kötüleştirebilir ve mortaliteyi artırabilir (56). Bu nedenle erken dönemde NİV başarısızlığının tespit edilebilmesi yöntemin daha güvenle uygulanmasını sağlar. Erişkinlerde NİV başarısını değerlendirmede kullanılan bazı faktörler tespit edilmiştir (70-73). Bunlar; ventilatör ile eş zamanlı soluma, NİV'e erken dönemde iyi yanıt varlığı (ilk 2 saat içinde pH'nın düzelmesi, solunum sayısının azalması, parsiyel karbondioksit basıncının azalması), nörolojik durumda düzelme, hava kaçağının ve sekresyonun az olması, pnömoninin olmaması olarak sayılmıştır (74). Pediatrik hasta grubunda bu yöntemin uygulanmasıyla ilgili bazı çalışmalar mevcut olsa da geniş hasta gruplarının olduğu çalışma sayısı oldukça azdır (55,65). Çocuklarda ajitasyon gelişmesi, solunum sıkıntısında artma, hemodinamik stabilitenin bozulması ve oksijenizasyonun kötüleşmesi gibi durumlarda endotrakeal entübasyon düşünülmelidir (75). Öte yandan kan gazı parametrelerinde ve dakika solunum sayısında ilk saatlerde meydana gelen düzelmenin NİV başarısını değerlendirmede yol gösterici olduğu gösterilmiştir (55).

**Tablo 6. Non invazif ventilasyonun klinik etkinliğini gösteren parametreler (75)**

Non invazif ventilasyonun klinik etkinlik parametreleri
Solunum sayısında azalma
Retraksiyonlarda azalma
Yardımcı solunum kaslarının kullanımında azalma
SpO <sub>2</sub> 'de düzelme, FiO <sub>2</sub> 'de azalma
Kan gazında düzelme
End tidal karbondioksit düzeyinde azalma
Atelektazilerde azalma

Erişkin çalışmalarında çeşitli hastalıklara bağlı gelişen ASY'de, NİV kullanımını destekleyen kanıtlar saptanmış olmasına karşın bir modun diğerine üstünlüğü yönünden herhangi bir fark belirtilmemiştir (76).

Non invazif ventilasyonun tartışmasız en önemli etkisi, entübasyon ihtiyacını azaltarak entübasyona bağlı komplikasyonların önüne geçilmesini sağlamasıdır (59). İnvazif mekanik ventilasyon esnasında entübasyon tüpüne ve mekanik ventilasyona

bağlı dişler, farinks, larinks ve trakeada yaralanma, gastrik içeriğin aspirasyonu, barotravma, volutravma, kardiyak aritmi, hipotansiyon gibi komplikasyonlar ortaya çıkabilir. Entübe hastada havayolu defans mekanizmasının bozulması nedeni ile mikroorganizmalar ve yabancı cisimler alt havayollarına kolayca geçebilmekte ve bu durum enfeksiyon riskini arttırmaktadır. Ayrıca ekstübasyon sonrasında da vokal kord disfonksiyonu, larinks ödemi veya trakeal stenoz ile üst solunum yolu obstrüksiyonu sonucu, ses kısıklığı, öksürük, nefes darlığı gibi komplikasyonlar gelişebilmektedir. Non invazif ventilasyonda ise üst havayolu savunma mekanizmaları, oronazal nemlendirme ve ısıtma mekanizmaları korunur. Non invazif ventilasyon; hastanın beslenme, yutkunma, konuşma ve öksürme gibi fizyolojik fonksiyonların devamına izin veren daha konforlu bir tedavi yöntemidir. Nozokomiyal enfeksiyonlar başta olmak üzere tüm komplikasyonların riski azaldığı için yoğun bakımda ve hastanede kalış süreleri de kısalmıştır (75).

Non invazif ventilasyonun başlıca komplikasyonları ise; gastrik distansiyon, gastrik perforasyon, pnömomediastinum, pnömotoraks, yüz derisinde abrazyon, burunda kuruluk, sinüs konjesyonu ve gözde irritasyondur (75).

### **2.8.2. Non invazif ventilasyon uygulanması ve hasta izlemi**

Non invazif ventilasyonun başarısı hastanın tedaviye uyumu ile doğru orantılıdır. Büyük çocuklarda hastanın motive edilmesi, kullanılan maskeler ve yapılan işlemlerle ilgili hastaların bilgilendirilmeleri gerekir. Başlangıçta maske bağı takılmadan, hastanın yüzüne uygulanmalı, hastanın alışması sağlanmalıdır. Maske bağı, maskeye genellikle dört noktadan bağlanmaktadır. Basınç kontrollü ventilatörlerin hava kaçağını belli bir dereceye kadar kompanse edebileceği hatırlanmalıdır. İlk birkaç saat NİV başarısını arttırmak için yakın gözlem şarttır. Uygun aralıklarla uygulamaya ara verilmesi hasta uyumunu arttırmaktadır. Maske bağları ile yüz arasına iki parmak girecek sıkılıkta bağın gerginliği ayarlanmalıdır. Non invazif ventilasyon, özellikle uygulamanın ilk saatlerinde daha belirgin olmak üzere, İMV'ye kıyasla doktor ve hemşirenin daha fazla zamanını alan bir uygulamadır. Hastanın uygulamaya alışması ve uyumu genellikle 15 dakika içinde olmakla birlikte bu süre hastadan hastaya büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Oksijen, saturasyon %90'ın üzerinde olacak şekilde verilmelidir. Hava kaçağı fazlaysa nemlendirici kullanmak nazal direnci azaltabilir. Özellikle bulantı ve kusmaya eğilimli hastalar ile hava girmesine bağlı gastrik distansiyon gelişen

hastalarda nazogastrik sonda takılması gereklidir. Akut tabloda hastanın dispnesinin derecesi, solunum sıkıntısı ile ilgili fizik muayene bulgularının gidişi, bilinç durumu, maske ya da hava akımından kaynaklanabilecek sorunlar, oksijenasyon, sistemik kan basıncı, arter kan gazları ve diğer vital bulguları izlenmelidir (68).

### **2.8.3. Maskeler**

İnvazif ve non invazif ventilasyon arasındaki en temel fark, NIV’de gazın havayollarına invazif bir tüp yerine bir maske ile iletilmesidir. Maskeler, basınçlı gazın üst havayollarına iletilmesi amacıyla ventilatör ile hastanın yüzü arasında bağlantı oluşturan cihazlardır (69). Uygulama sırasında pozitif basınç, çeşitli maskeler aracılığı ile verilir. Kullanımda olan maskeler; nazal maske, oronazal maske, yüz maskesi, nazal kanül ve miğfer maskedir (24,69). Erişkinlerde maskelerin birbirlerine üstünlükleri gösterilememiştir (55). Çocuklarda ise ağız solunumunun sık olması nedeni ile ağızdan hava kaçağını önlemek ve daha yüksek basınçlar uygulayabilmek için oronazal ve yüz maskeleri daha sıklıkla kullanılmaktadır. Maske seçiminde en önemli nokta, hastanın konforu ve hava kaçağının az olmasıdır (67).

Nazal maske ağzın kapalı tutulmasını, dolayısıyla iyi bir kooperasyonu ve nazal pasajın açık olmasını gerektirir. Bu nedenle daha çok KSY’nin uzun dönem tedavisinde kullanılmaktadır (77).

Oronazal maske, nazal maskeye göre daha az hava kaçağı ve daha etkin bir ventilasyon sağlar. Hastanın ağızdan solunmasına da olanak verdiğinden, daha az hasta kooperasyonu gerektirir. Bu nedenle ASY’de daha çok tercih edilmektedir (77).

Tüm yüz maskesi kullanılacak ise kusma ve takiben aspirasyon gelişebilir. Bu nedenle maskenin mutlaka şeffaf olması gerekmektedir. Ayrıca cihazda teknik bir sorun yaşanır ve fark edilmez ise, maskeyi yüzünden çıkarabilecek güce sahip olmayan küçük bebeklerde asfiksi gelişme riski vardır. Bu yüzden yakın takip gerekmektedir (24). Tüm yüz maskeleri aynı zamanda klostrofobiyi artırabilir, konuşmaya engel olur, oral alımı kısıtlar, sekresyonların çıkarılmasını önler ve ölü alanı artırarak karbondioksit retansiyonu yapabilir (69). Sabitlenmesi için sıkı bandaj gerekir ve yüzde yaralara neden olabilir.

Miğfer maske, diğer maskelere göre çok daha konforludur. Hastanın çevresi ile kabul edilebilir ölçüde iletişim sağlamasına ve küçük bebeklerde ventilatör hasta

uyumunu artırarak daha etkin bir ventilasyon sağlanmasına olanak verir. Hastanın yüzü ile temas halinde olmadığı için cilt lezyonlarına neden olmaz (69).

#### 2.8.4. Ventilatörler

Akut tabloda monitorizasyon olanakları olan ventilatörlerin kullanılması gereklidir. Ventilatör ayarlarında sık değişikliklerin artık yapılmadığı daha stabil tablolarda ise monitorizasyon olanakları kısıtlı olan aletler kullanılabilir. Basınç kontrollü portatif ventilatörler (BİPAP cihazı gibi) ya da NİV modu olan yoğun bakım ventilatörleri hava kaçağını kompanse edebildikleri için tercih edilmelidir (63).

**Tablo 7. Yoğun bakım ventilatörleri ile portatif BİPAP ventilatörler arasındaki farklar (63)**

	Yoğun bakım ventilatörleri	Portatif BİPAP ventilatörler
<b>Taşınabilirlik</b>	Güç	Kolay
<b>Maliyet</b>	Pahalı	Ucuz
<b>Alarm ve monitorizasyon</b>	Yeterli	Zayıf
<b>Yüksek basınç desteği</b>	Sağlar	Sağlayamaz
<b>Yüksek hava akım hızı</b>	Sağlar	Yetersiz kalabilir
<b>Hava kaçağının kompensasyonu</b>	Yetersiz	Yeterli

Standard BİPAP cihazlarında ‘inspiratuar pozitif havayolu basıncı (*inspired positive airway pressure*) (İPAP)’ ile ‘ekspiratuar pozitif havayolu basıncı (*expired positive airway pressure*) (EPAP)’ ayarı ve yöntem seçimi yapılabilmektedir. İPAP, inspirasyona yardımcı olur, TV’yi ve dakika ventilasyonu artırır. Ayrıca yardımcı solunum kaslarının kullanılmasını azaltarak solunum işini kolaylaştırır. EPAP ise, ekspiryum sonunda alveollerin açık kalmasını sağlayarak atelektazileri azaltır, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırır ve gaz değişimi için daha çok sayıda alveolün uygun olmasını sağlar. Ayrıca alveolleri tekrar açmak için daha az enerji gerekeceğinden solunum işini de kolaylaştırır. İnspiryum boyunca hasta, makine üzerinde belirlenmiş olan inspiratuar basıncı (İPAP) alır. İPAP genellikle 10-20 cmH<sub>2</sub>O arasında değişirken EPAP ise genellikle 4-6 cmH<sub>2</sub>O olarak verilir. Kronik solunum yetmezliği varlığında; BİPAP başlanırken hastanın maskeye alışabilmesi için zaman

tanınır. Basınçlar oldukça düşük (İPAP/EPAP:5-6/3-4 cmH<sub>2</sub>O gibi) başlanır ve aşamalı olarak (her seferinde 1-2 cmH<sub>2</sub>O) arttırılır (24).

BİPAP'ın üç değişik çalışma yöntemi vardır. BİPAP/S yöntemi (spontan yöntem); en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Hasta ile senkronize olarak çalışır. İspiratuvar ve ekspiratuvar basınç makine üzerinde belirlenir ve hasta inspiyumu başlattığında önceden belirlenmiş İPAP'ı alır, ekspirum süresince de önceden belirlenmiş EPAP'ı alır. Bu yöntem, özellikle nöromüsküler hastalığı ya da restriktif akciğer hastalığı olan ve solunum kontrolünde problemi olmayan hastalarda kullanılır. BİPAP S/T yöntemi (spontan/timed yöntem) ise zaman zaman apnesi olan hastalarda kullanılan yöntemdir. Bu yöntemin kullanımı sırasında inspiratuvar ve ekspiratuvar basınçlara ek olarak, makine üzerinde bir solunum hızı da belirlenir. Hastanın solunum sayısı, önceden belirlenmiş solunum hızının altına düştüğünde; cihaz devreye girerek hastaya aktif solunum yaptırır. BİPAP T yöntemi (timed yöntem) ise nadir olarak kullanılır. İspiratuvar ve ekspiratuvar basınç ile solunum sayısına ek olarak inspiyasyon süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu durumda solunum işi tamamen makine tarafından kontrol edilmektedir. Bu yöntem, ileri derecede solunum desteğine ihtiyaç duyan hastalarda kullanılmaktadır (24)

### **2.8.5. Non invazif ventilasyon kullanım alanları**

Non invazif pozitif basınçlı ventilasyon çocuklarda; akut solunum yetersizlikleri, kronik restriktif ve obstrüktif akciğer hastalıkları, santral hipoventilasyon ve obstrüktif uyku apnesi gibi endikasyonlarda kullanılmaktadır (24). Non invazif ventilasyon kullanım alanlarının genişletilmesi ve daha sık kullanılmasını sağlamak için çocuklarda daha çok sayıda çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Eylül 2014-Mart 2016 tarihleri arasında çeşitli nedenlerle yoğun bakıma yatırılıp yapılan ve SY gerekçesiyle NİV uygulanan hastaların dosyaları geriye dönük olarak incelendi. Çalışmaya spontan solunumu olmayan, anatomik ve fonksiyonel havayolu obstrüksiyonu olan, hemodinamik olarak stabil olmayan, gastrointestinal kanama ve ileusu olan hastalar alınmadı.

Çalışmamızda demografik olarak hastalarımızın yaşları, cinsiyetleri ve uygulama sonrası hayatta olup olmadıkları kaydedildi. Mekanik ventilasyon uygulama nedeni olarak hastaların yatış endikasyonları (akut tanı), gelişen SY tipleri, SF oranları, NİV'in ekstübasyon sonrası ventilatörden ayırmayı kolaylaştırmak amacı ile yapıp yapılmadığı kaydedildi.

Akut solunum sıkıntısı sendromu klasik tanımlamaya göre; radyolojik olarak yaygın bilateral infiltrasyon varlığı,  $PF \leq 200$  mmHg, sol atriyum basıncında artış olmaması olarak tanımlandı. Berlin tanımlamasına göre ise üç farklı hipoksemi derecesi belirlendi.

Sepsis, kanıtlanmış/şüpheli enfeksiyon zemininde sistemik inflamatuvar yanıt sendromu kriterlerinden iki veya daha fazlasının varlığı (1.Ateş  $>38,5^{\circ}\text{C}$  veya hipotermi  $<36^{\circ}\text{C}$  2.Taşikardi 3.Takipne 4.Lökositoz veya lökopeni) olarak değerlendirildi.

Uygulama ile ilgili olarak; kullanılan maske çeşidi, NİV'de kalış süreleri, NİV sonrası yoğun bakımda kalış süreleri, kullanılan yöntem ve uygulamadan fayda görülüp görülmediği (NİV etkinliği) kaydedildi.

İnvazif mekanik ventilasyona geçme kararı verilirken; solunum sıkıntısında kötüye gidiş, hiperkarbi ve hipokseminin kötüleşmesi, en yüksek NİV ayarlarına rağmen ciddi solunum sıkıntısının devamı, maskeyi tolere edememe, sekresyonların temizlenememesi, hemodinamik instabilite gelişmesi, kardiyorespiratuar arrest, Glaskow koma skorunun 8'in altına düşmesi, havayolu açıklığının sağlanamaması gibi durumların varlığı karar alınmasında rol oynadı.

Non invazif ventilasyonda kalış süresi, NİV başlaması ile sonlanması arasındaki zaman olarak tanımlandı. Non invazif ventilasyon sonrası yoğun bakımda kalış süresi ise NİV'den ayrıldıktan taburcu olana kadar geçen süre olarak tanımlandı.

Hastalar NİV'in etkinliğine göre başarılı ve başarısız, SY tipine göre tip I ve tip II, uygulamanın başlangıç şekline göre başlangıç ve ekstübasyon sonrası olmak üzere farklı şekillerde gruplandırıldı.

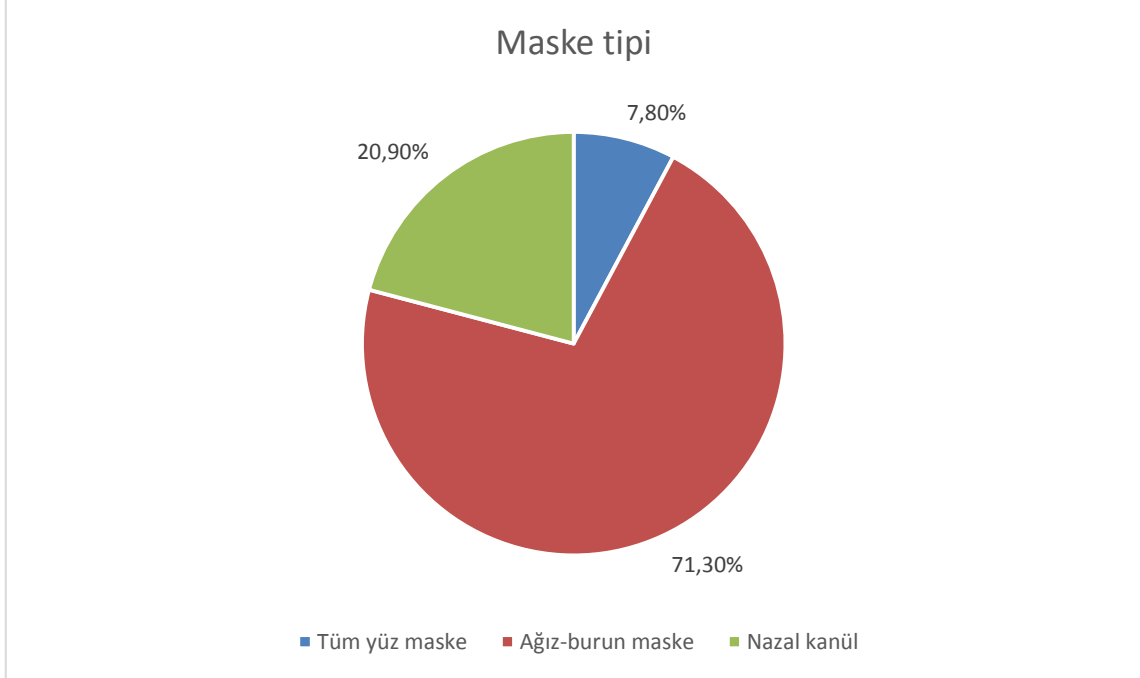
### **3.1. İstatistiksel yöntem**

Tanımlayıcı özellikler sayı, yüzde, ortanca, minimum-maksimum değerlerden uygun olanı ile gösterilmiştir. Sürekli verilerin dağılımları Kolmogrov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile incelenmiştir. Ölçümlerin gruplar arasında karşılaştırılmasında parametrik verilerde Mann-Whitney U testi ve Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Kategorik verilerin karşılaştırılmasında Ki-kare ve Fisher'in kesin testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için  $p < 0.05$  kabul edilmiştir. Çalışmanın analizlerinde SPSS programı 20 sürümü kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR

Pediyatrik yoğun bakım ünitesinde NİV desteği verilen 127 hastaya yapılan 129 NİV uygulaması kaydedildi. Hastalardan ikisine birden fazla kez NİV uygulandığı görüldü. Hastaların yaşlarının 1,5 ile 240 ay (ortanca 6 ay) arasında değiştiği tespit edildi. Yetmiş bir uygulamanın (%55) erkeklerde, 58 uygulamanın (%45) kızlarda olduğu belirlendi. Çalışma süresince iki hastanın öldüğu ve her iki hastanın da ölüm nedenlerinin multiorgan yetmezliğine bağlı olduğu tespit edildi. Pediyatrik yoğun bakım ünitesinde NİV desteği alan hastaların özellikleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Non invazif ventilasyon uygulamalarının 12’sinin (%9,3) ev tipi mekanik ventilatör ile 117’sinin (%90,7) ise yoğun bakım ventilatörleri ile yapıldığı ve 67’sinde (%51,9) CPAP, 62’sinde ise BİPAP (%48,1) modlarının kullanıldığı görüldü. Bu iki mod arasında NİV başarısı açısından anlamlı fark saptanmadı ( $p=0,484$ ). Non invazif ventilasyon uygulamalarının 10’unun (%7,8) tüm yüz maske ile, 92’sinin (%71,3) ağız-burun maske ile ve 27’sinin (%20,9) nazal kanül ile uygulandığı tespit edildi. Hiçbir hastada miğfer maske kullanılmadığı görüldü (Şekil 7).



Şekil 7. Kullanılan maskelerin dağılımı

**Tablo 8. Non invazif ventilasyon desteği alan hastaların özellikleri**

Değişkenler	n (%)	Ortanca (en küçük-en büyük)
Uygulama sayısı	129 (%100)	
Cinsiyet		
Kız	58 (%45)	
Erkek	71 (%55)	
Yaş (ay)		6 (1,5 -240)
SF oranı		166 (91,6-466)
Başarılı NİV uygulaması	113 (%87,6)	
NİV uygulaması şekli		
Başlangıç	82 (%63,6)	
Ekstübasyon sonrası	47 (%36,4)	
Solunum yetmezliği tipi		
Tip I	84 (%66,1)	
Tip II	43 (%33,9)	
NİV'de kalış süresi (gün)		3 (0,5-21)
NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi (gün)		3 (1-90)
Mortalite	2 (%1,6)	

SF: SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

NİV: Non invazif ventilasyon

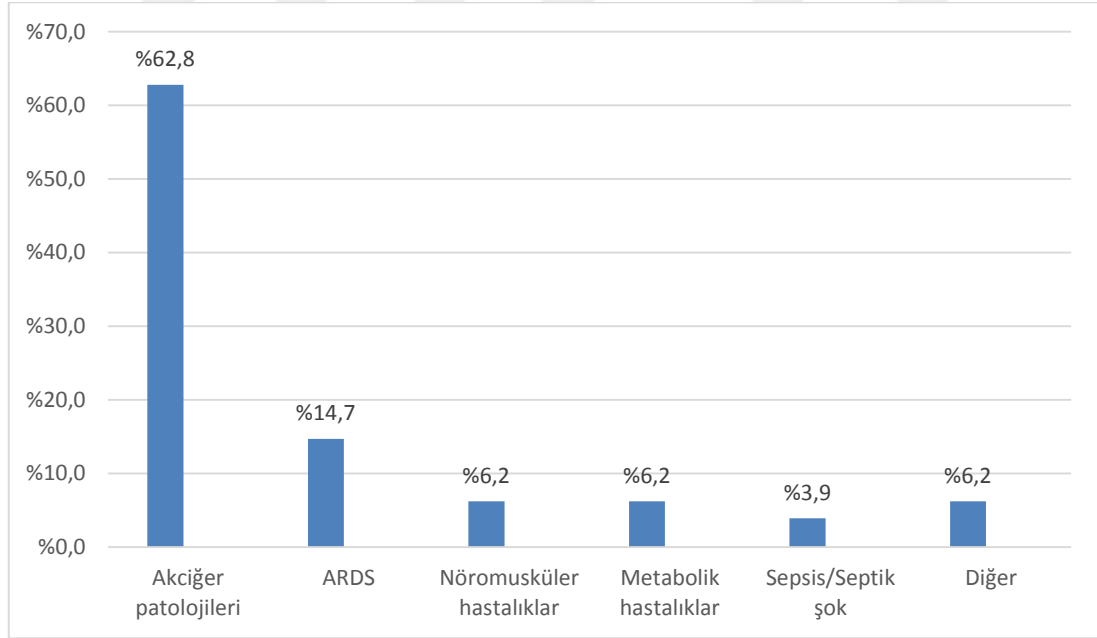
Solunum yetmezliği derecesi bilinen PF oranlarına karşılık gelen SF oranlarına göre sınıflandırıldı. 2012'deki Berlin ARDS tanımlamasına göre belirlenmiş olan üç farklı hipoksemi derecesi alındı. Bunlar; hafif ARDS ( $200 < PF \leq 300$  mmHg), orta ARDS ( $100 < PF \leq 200$  mmHg) ve ağır ARDS ( $PF \leq 100$  mmHg) idi (46). Lobete ve ark. (78) 2013'te yaptıkları çalışmada saptadıkları PF oranlarına karşılık olarak bulunan SF oranları kullanıldı. Bu çalışmaya göre 100, 200 ve 300 mmHg'lık PF oranları sırasıyla 146, 236 ve 296 mmHg'lık SF oranlarına karşılık gelmekteydi. Bu sınıflamaya göre NİV uygulamalarının 4'ünün (%3,1) hafif ARDS, 101'inin (%78,3) orta ARDS, 13'ünün (%10,1) ağır ARDS nedeni ile yapıldığı görüldü (Tablo 9). İki hastanın SF oranlarının 296'nın üzerinde olduğu ve dokuz hastanın SF oranlarının da kayıtlı olmadığı görüldü.

**Tablo 9. Solunum yetmezliği dereceleri**

Değişkenler	n (%)
Hafif ARDS	4 (%3,1)
Orta ARDS	101 (%78,3)
Ağır ARDS	13 (%10,1)

**ARDS:** Akut solunum sıkıntısı sendromu

Non invazif ventilasyon uygulamalarının 81'inin (%62,8) akciğer patolojisi, 19'unun (%14,7) ARDS, 8'inin (%6,2) nöromusküler hastalıklar, 8'inin (%6,2) metabolik hastalıklar, 5'inin (%3,9) sepsis/septik şok ve 8'inin (%6,2) tümöral infiltrasyon, karaciğer yetmezliği gibi çeşitli tanılara ikincil gelişen SY nedeni ile yapıldığı saptandı. Akciğer patolojileri en sık yatış nedeni olarak belirlendi. Akciğer patolojilerinin de %53,1'inin pnömoni, %24,7'sinin bronşiolit, %14,8'inin reaktif havayolu hastalığı ve %7,4'ünün de şilotoraks, atelektazi gibi çeşitli nedenlerden oluştuğu görüldü. Tanı gruplarına göre NİV uygulamalarının dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir.



**Şekil 8. Tanı gruplarına göre NİV uygulamalarının dağılımı**

Tanı gruplarına göre değişkenlerin özellikleri incelendiğinde; SF oranı, NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi, NİV uygulama şekli ve başarı oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptandı. Sepsis/septik şok tanılı hastalarda ekstübasyon sonrası olma oranı (%80) diğer hastalık tanı gruplarından daha yüksek iken, akciğer patolojilerinde bu oran (%25,9) daha düşük bulundu (p=0,011). Tanı grupları ile cinsiyet, mortalite, yaş ve NİV’de kalış süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı (Tablo 10).

**Tablo 10. Tanı gruplarına göre hastaların sosyodemografik ve klinik özellikleri**

Değişkenler	Akciğer patolojileri	ARDS	Nöromusküler hastalıklar	Metabolik hastalıklar	Sepsis/Septik şok	Diğer
Cinsiyet						
Kız	34 (%42)	9 (%47,4)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	5 (%100)	2 (%25)
Erkek	47 (%58)	10 (%52,6)	3 (%37,5)	5 (%62,5)	0 (%0)	6 (%75)
Yaş (ay)	6 (1,5-240)	12 (1,5-204)	12 (2-120)	6 (1,5-12)	6 (1,5-180)	66 (4-156)
SF oranı	165 (91,6-466)	163 (93-245)	178 (95,2-200)	199 (196-200)	196 (158-222)	187 (156-222)
Başarılı NİV uygulaması	75 (%92,6)	14 (%73,7)	4 (%50)	8 (%100)	5 (%100)	7 (%87,5)
NİV uygulama şekli						
Başlangıç	60 (%74,1)	8 (%42,1)	3 (%37,5)	5 (%62,5)	1 (%20)	5 (%62,5)
Ekstübasyon Sonrası	21 (%25,9)	11 (%57,9)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	4 (%80)	3 (%37,5)
NİV’de kalış süresi (gün)	3 (1-14)	2 (1-12)	2,5 (1-10)	2 (1-21)	2 (0,5-4)	4 (3-10)
NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi (gün)	3 (1-54)	6 (1-90)	14 (3-42)	2,5 (1-6)	1 (1-8)	5 (1-10)
Mortalite	1 (%1,2)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	1 (%12,5)

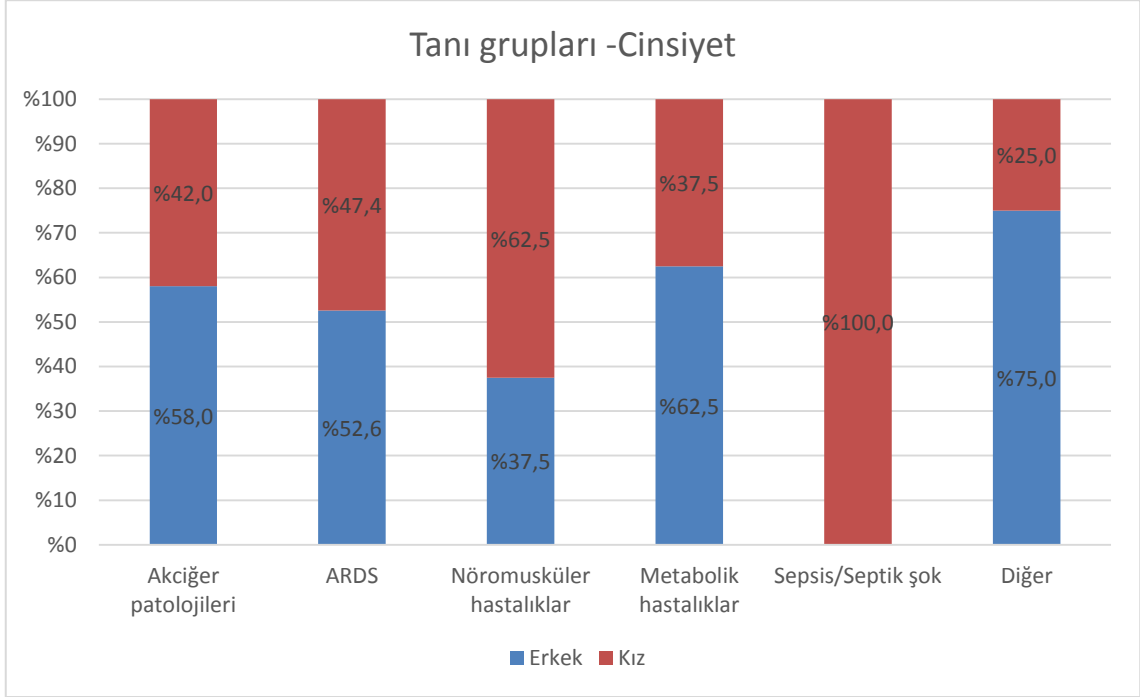
SF: SpO2/FiO2

NİV: Non invazif ventilasyon

Sayısal verilerde n (%) verilmiştir

Ölçümsel verilerde ortanca (minimum-maksimum değerler) verilmiştir

Akciğer patolojilerinin %42'sinin kızlarda, %58'inin erkeklerde; ARDS'nin %47,4'ünün kızlarda, %52,6'sının erkeklerde; nöromusküler hastalıkların %62,5'inin kızlarda, %37,5'inin erkeklerde; metabolik hastalıkların %37,5'inin kızlarda, %62,5'inin erkeklerde; sepsis/septik şokun %100'ünün kızlarda; diğer hastalıkların ise %25'inin kızlarda, %75'inin erkeklerde olduğu görüldü, ancak gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlılığa ulaşılmadı (Şekil 9).

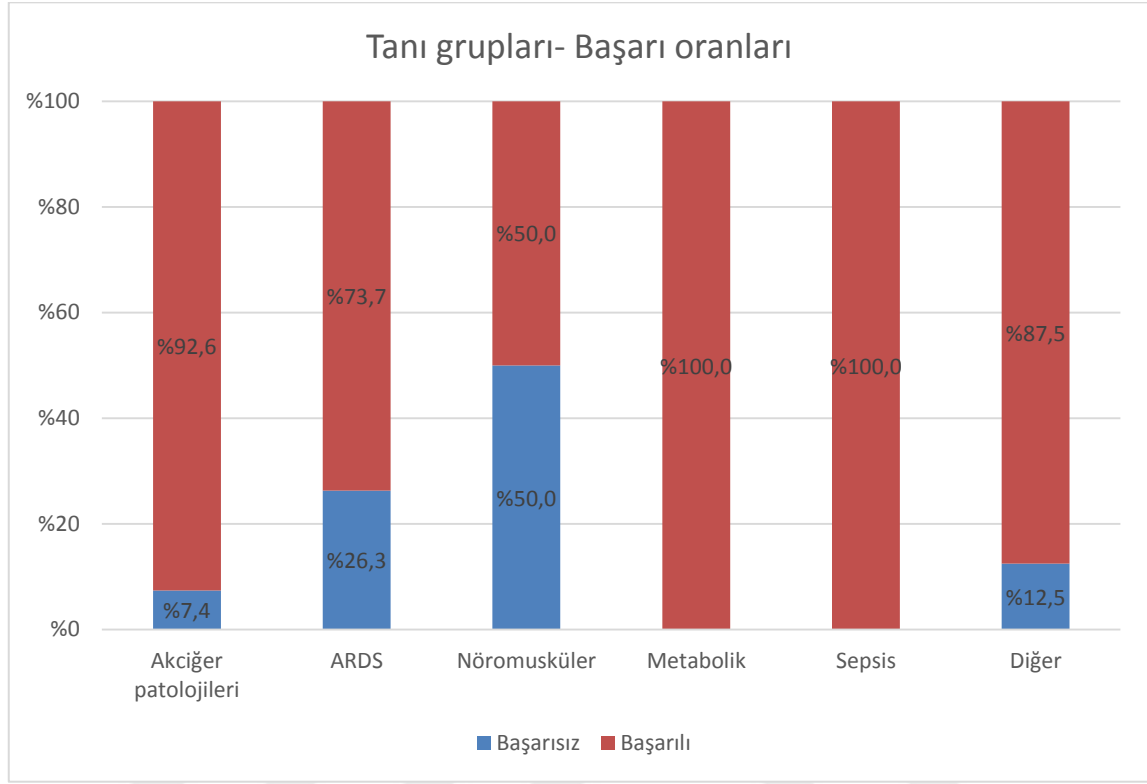


**Şekil 9. Tanı gruplarına göre cinsiyet dağılımı**

Tanı gruplarına göre SF oranı ortanca değerleri akciğer patolojilerinde 165 (91,6-466), ARDS'de 163 (93-245), nöromusküler hastalıklarda 178 (95,2-200), metabolik hastalıklarda 199 (196-200), sepsis/septik şokta 196 (158-222), diğer hastalıklar grubunda ise 187 (156-222) idi. Metabolik hastalıklardaki SF oranı diğer tanı gruplarından daha yüksek bulundu (p=0,003).

Tanı gruplarına göre başarı oranları karşılaştırıldığında, metabolik hastalık ve sepsis/septik şok tanıları ile yapılan uygulamaların %100'ünde, akciğer patolojilerinin %92,6'sında, ARDS'nin %73,7'sinde, nöromusküler hastalıkların %50'sinde, diğer hastalıklar grubunun ise %87,5'inde entübasyon ihtiyacı gelişmediği ve NİV'in başarılı olduğu görüldü (Şekil 10). Nöromusküler hastalıklarda başarılı olma oranı (%50) diğer tanı gruplarından daha düşük iken, sepsis/septik şok ve metabolik hastalıklar

gruplarında daha yüksek (%100) saptandı ve sonuç istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p:0,009).



**Şekil 10. Tanı gruplarına göre başarı-başarısızlık oranlarının dağılımı**

Tanı gruplarına göre NİV sonrası yoğun bakımda kalış sürelerine bakıldığında, bu sürenin akciğer patolojilerinde 1 ile 54 gün (ortanca 3 gün), ARDS’de 1 ile 90 gün (ortanca 6 gün), nöromusküler hastalıklarda 3 ile 42 gün (ortanca 14 gün), metabolik hastalıklarda 1 ile 6 gün (ortanca 2,5 gün), sepsis/septik şokta 1 ile 8 gün (ortanca 1 gün), diğer hastalıklar grubunda ise 1 ile 10 gün (ortanca 5 gün) arasında değiştiği görüldü. Nöromusküler hastalıklarda NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi ortalama değeri diğer tanı gruplarından yüksek iken, sepsis/septik şok tanılı hastalarda bu değer diğer tanı gruplarından daha düşük bulundu (p=0,009).

Solunum yetmezliği tipine göre değişkenlerin özellikleri incelendiğinde; NİV uygulama şekli dışındaki verilerde istatistiksel anlamlı ilişki saptanmadı (Tablo 11). Uygulamaların 84'ünün (%66,1) tip I, 43'ünün (%33,9) ise tip II SY nedeni ile yapıldığı belirlendi. Erkeklerin %69,6'sının tip I SY, %30,4'ünün tip II SY tanısı aldığı; kızların %62,1'inin tip I SY, %37,9'unun tip II SY tanısı aldığı görüldü. Gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlılığa ulaşılmadı (p=0,374).

**Tablo 11. Solunum yetmezliği tipine göre sosyodemografik ve klinik zellikler**

Değişkenler	Solunum yetmezliği tipi		P
	Tip I	Tip II	
Cinsiyet			
Kız	36 (%62,1)	22 (%37,9)	0,374
Erkek	48 (%69,6)	21 (%30,4)	
Yaş (ay)	6 (1,5-240)	6 (1,5-126)	0,251
SF oranı	166 (91,6-466)	164,5 (95,2-250)	0,137
NİV başarı oranı	%85,7	%90,7	0,423
NİV uygulama şekli			
Başlangıç	47 (%57,3)	35 (%42,7)	<b>0,005</b>
Ekstübasyon sonrası	37 (%82,2)	8 (%17,8)	
NİV'de kalış süresi	3 (0,5-21)	3 (1-14)	0,356
NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi	3 (1-90)	3 (1-42)	0,409

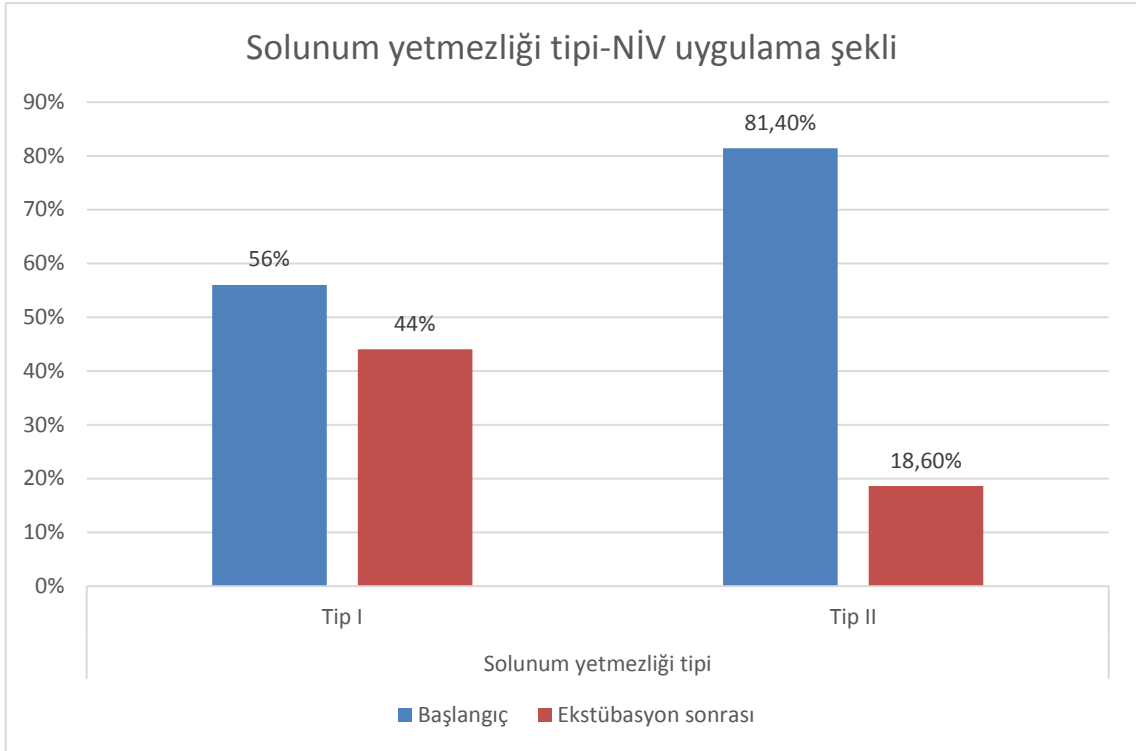
SF: SpO2/FiO2

NİV: Non invazif ventilasyon

Sayısal verilerde n (%) verilmiştir

Ölçümsel verilerde ortanca (minimum-maksimum değerler) verilmiştir

Tip I SY nedeni ile yapılan uygulamaların %85,7'sinde, tip II SY nedeni ile yapılan uygulamaların %90,7'sinde NİV'in başarılı olduğu görüldü. Ölen iki hastanın tip I SY nedeni ile NİV desteği aldığı ve bu hastalarda multiorgan yetmezliği olduğu görüldü. Solunum yetmezliği tipleri arasında uygulamanın başarısı ve mortalite açısından anlamlı bir ilişki saptanmadı ( $p=0,423$ ;  $p=0,549$ ). Tip I SY olan hastalarda ekstübasyon sonrası NİV uygulanma oranı, tip II SY olanlara göre anlamlı olarak yüksek bulundu ( $p=0,005$ ) (Şekil 11).



**Şekil 11. Solunum yetmezliği tipine göre NİV uygulama şekillerinin dağılımı**

Non invazif ventilasyonun ekstübasyon sonrası ve başlangıç destek tedavisi olmak üzere iki şekilde yapıldığı belirlendi. Kırk yedi uygulamanın (%36,4) ekstübasyon sonrası, 82 uygulamanın (%63,6) başlangıç tedavisi olarak yapıldığı görüldü. Ekstübasyon sonrası yapılan uygulamaların 20'sinin (%42,6) kızlarda, 27'sinin (%57,4) erkeklerde olduğu ve hastaların yaşlarının 1,5 ile 240 ay arasında (ortanca 10 ay) değiştiği görüldü. Başlangıç NİV uygulamalarının ise 38'inin (%46,3) kızlarda, 44'ünün (%53,7) erkeklerde olduğu ve hastaların yaşlarının 1,5 ile 156 ay arasında (ortanca 6 ay) değiştiği belirlendi. Non invazif ventilasyon uygulama şekli ile cinsiyet ve yaş arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmadı ( $p=0,677$ ,  $p=0,902$ ).

Non invazif ventilasyon uygulama şekli ile SY tipleri kıyaslandığında, ekstübasyon sonrası yapılan NİV uygulamalarının 37'sinin (%82,2) tip I, 8'inin (%17,8) tip II SY'ye ikincil; başlangıç tedavisi olarak yapılan NİV uygulamalarının ise 47'sinin (%57,3) tip I, 35'inin (%42,7) tip II SY'ye ikincil olduğu görüldü. Ekstübasyon sonrası NİV uygulanan hastalarda ortalama SF oranı 166 (132-250) iken, başlangıç tedavisi olarak NİV uygulanan hastalarda ortalama SF oranı 165 (91,6-466) idi. Ekstübasyon sonrası NİV uygulanan hastalardaki ortalama SF oranı, başlangıç tedavisi olarak NİV uygulanan hastalara göre anlamlı olarak yükseldi ( $p=0,037$ ). NİV uygulama şekli ile cinsiyet, yaş, NİV destek tedavisi alınan süre ve NİV sonrası yoğun bakımda kalış süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı (Tablo 12).

**Tablo 12. Non invazif ventilasyon uygulama şekline göre sosyodemografik ve klinik özelliklerin incelenmesi**

Değişkenler	NİV uygulaması		p
	Başlangıç	Ekstübasyon sonrası	
Cinsiyet			
Kız	38 (%46,3)	20 (%42,6)	0,677
Erkek	44 (%53,7)	27 (%57,4)	
Yaş (ay)	6 (1,5-156)	10 (1,5-240)	0,102
SF oranı	165 (91,6-466)	166 (132-250)	<b>0,037</b>
Başarılı NİV uygulaması	73 (%89)	40 (%85,1)	0,516
Solunum yetmezliği tipi			
Tip I	47 (%57,3)	37 (%82,2)	<b>0,005</b>
Tip II	35 (%42,7)	8 (%17,8)	
NİV'de kalış süresi (gün)	3 (1-12)	3 (0,5-21)	0,902
NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi (gün)	3 (1-90)	3 (1-54)	0,736

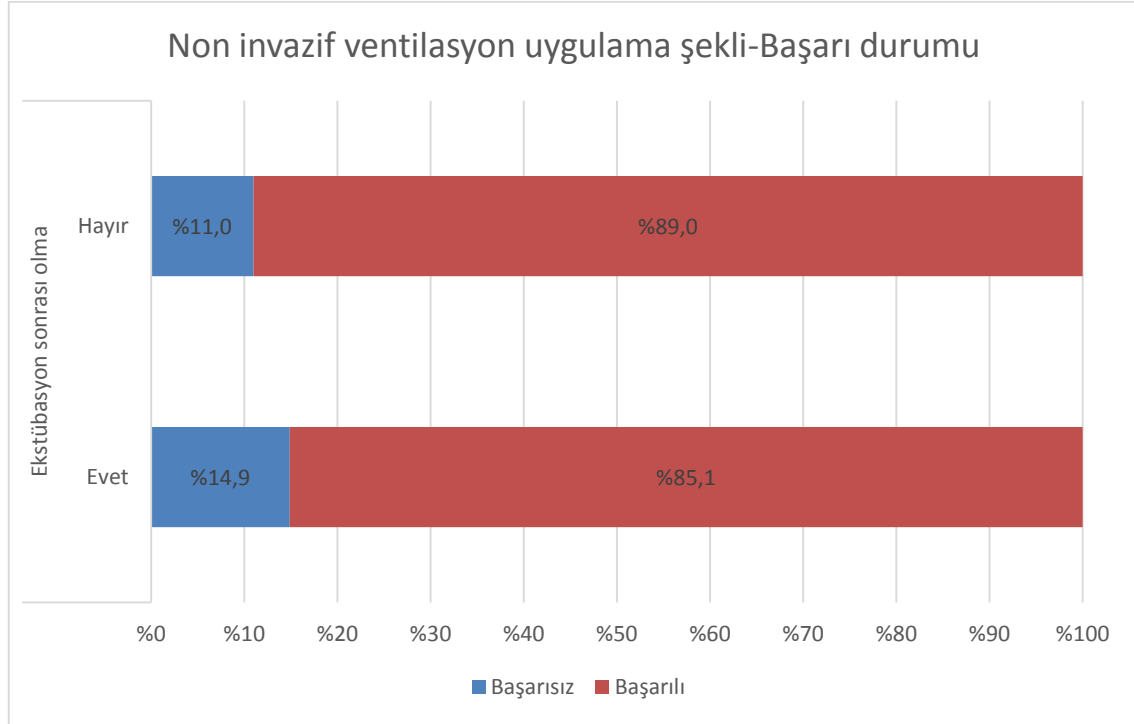
SF: SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

NİV: Non invazif ventilasyon

Sayısal verilerde n (%) verilmiştir

Ölçümsel verilerde ortalama (minimum-maksimum değerler) verilmiştir

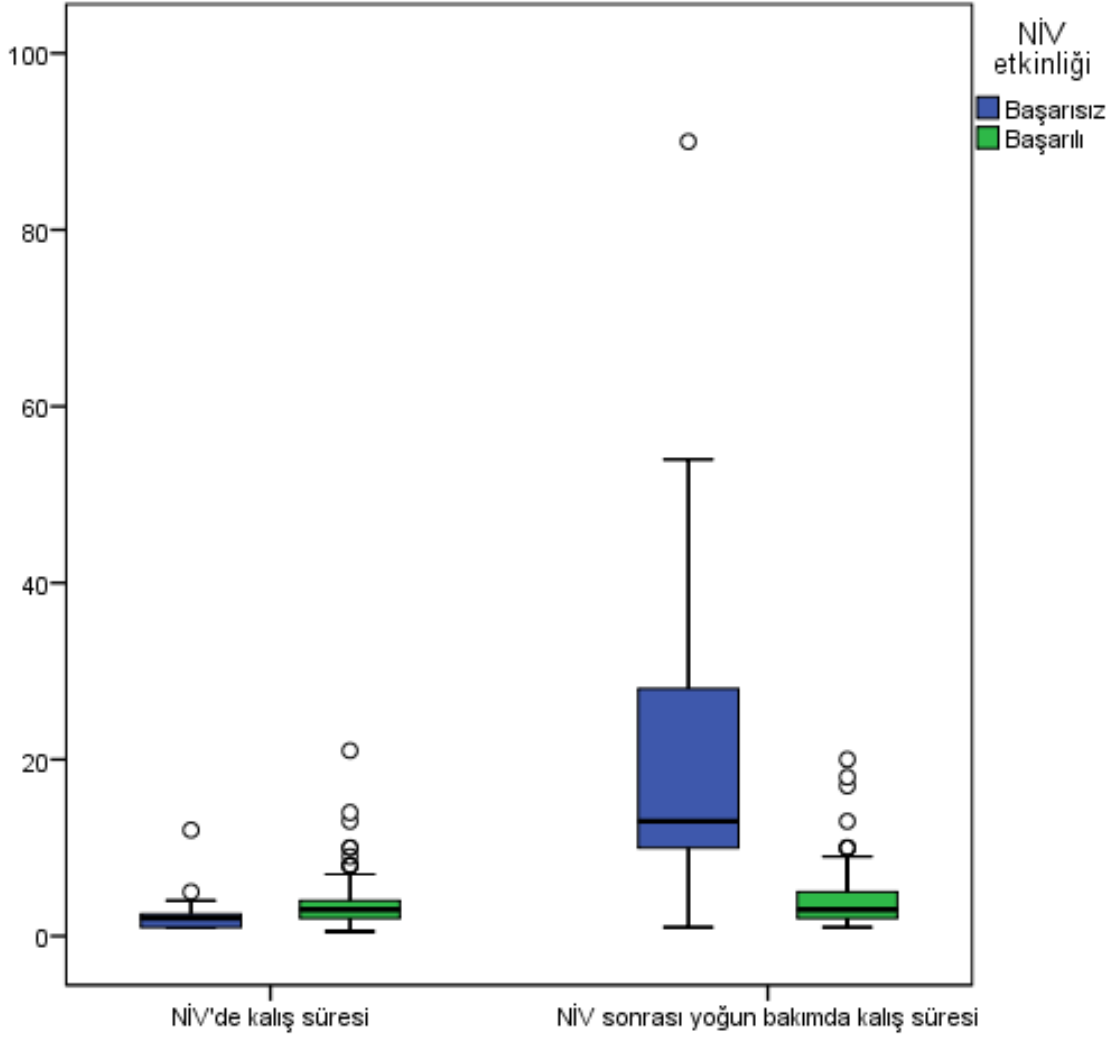
NİV uygulama şekline göre başarı oranları kıyaslandığında; ekstübasyon sonrası yapılan uygulamaların %85,1’inde NİV başarılı iken, başlangıç uygulamalarının %89’unda NİV başarılı bulundu, ancak istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmadı (Şekil 12).



**Şekil 12. Non invazif ventilasyon uygulama şekline göre başarı durumu**

Hastanın NİV’den fayda görmeyip entübe edilmesi tedavi başarısızlığı olarak değerlendirildi. Uygulamaların 16’sında (%12,4) entübasyon ihtiyacı geliştiği, 113’ünde (%87,6) ise NİV’in etkin bir tedavi seçeneği olduğu tespit edildi. Non invazif ventilasyonun başarı oranı %87,6 olarak belirlendi. Non invazif ventilasyon etkinliğine göre değişkenler incelendiğinde mortalite, NİV’de kalış süresi ve NİV sonrası yoğun bakımda kalış süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptandı. Ölen iki hastanın da başarısız grupta yer aldığı ve bu grupta mortalite oranının daha yüksek olduğu görüldü ( $p=0,015$ ). Başarılı olan grupta NİV destek tedavisi alınan süre 0,5 ile 21 gün arasında (ortanca 3 gün) değişmekte iken, NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi 1 ile 20 gün arasında (ortanca 3 gün) değişmekteydi. Başarısız olan grupta NİV destek tedavisi alınan süre 1 ile 12 gün arasında (ortanca 2 gün) değişmekte iken, NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi 1 ile 90 gün arasında (ortanca 13 gün) değişmekteydi. Başarılı olan grupta NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi başarısız

gruba göre anlamlı olarak daha kısa iken ( $p < 0,001$ ), NİV destek tedavisi alınan süre başarısız grupta anlamlı olarak kısa ( $p = 0,001$ ) bulundu (Şekil 13) (Tablo 13).



**Şekil 13. Non invazif ventilasyon etkinliğine göre NİV'de kalış süreleri ve NİV sonrası yoğun bakımda kalış sürelerinin karşılaştırılması**

**Tablo 13. Non invazif ventilasyon etkinliğine göre sosyodemografik ve klinik özellikler**

Değişkenler	NİV etkinliği		P
	Başarılı	Başarısız	
Cinsiyet			
Kız	53 (%91,4)	5 (%8,6)	0,239
Erkek	60 (%84,5)	11 (%15,5)	
Yaş (ay)	6 (1,5-240)	6 (1,5-180)	0,682
SF oranı	166 (91,6-466)	166 (93-250)	0,924
NİV uygulaması başlangıç şekli			
Başlangıç	73 (%89)	9 (%11)	0,516
Ekstübasyon sonrası	40 (%85,1)	7 (%14,9)	
Solunum yetmezliği tipi			
Tip I	72 (%85,7)	12 (%14,3)	0,423
Tip II	39 (%90,7)	4 (%9,3)	
NİV’de kalış süresi	3 (0,5-21)	2 (1-12)	<b>0,001</b>
NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi	3 (1-20)	13 (1-90)	<b>&lt;0,001</b>
Mortalite	0 (%0)	2 (%100)	<b>0,015</b>

SF: SpO2/FiO2

NİV: Non invazif ventilasyon

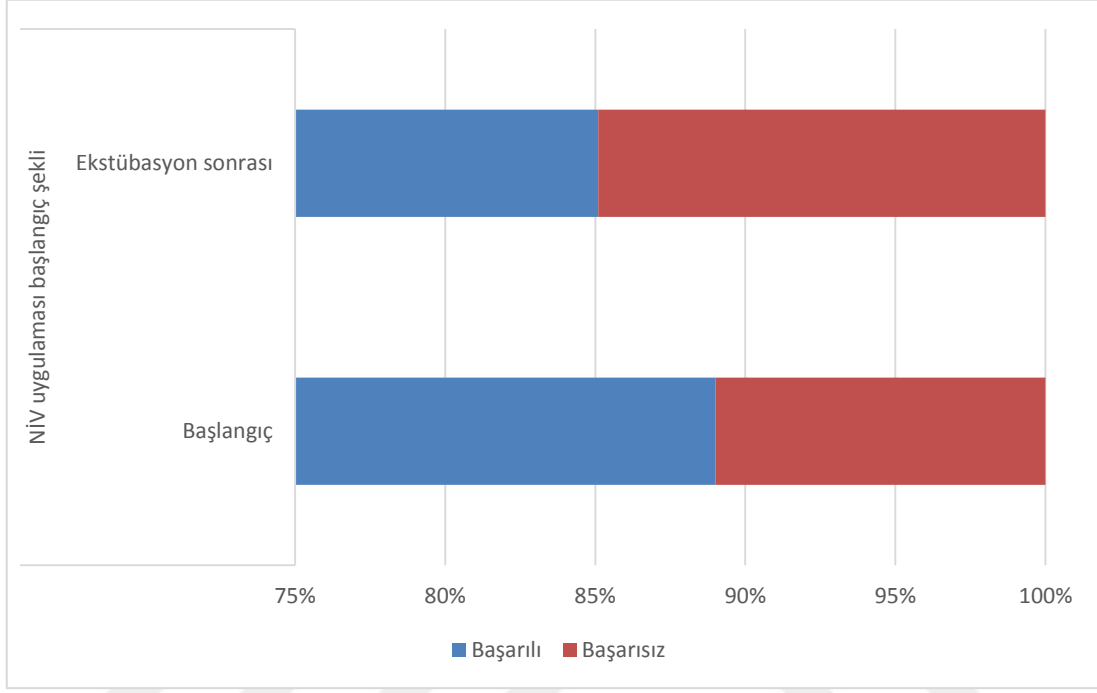
Sayısal verilerde n (%) verilmiştir

Ölçümsel verilerde ortanca (minimum-maksimum değerler) verilmiştir

Kızların %91,4’ünde uygulama başarılı iken, erkeklerin %84,5’inde uygulamanın başarılı olduğu görüldü. Başarılı olan grupta hastaların yaşlarının 1,5 ile 240 ay arasında (ortanca 6 ay) değişirken, başarısız olan grupta 1,5 ile 180 ay arasında (ortanca 6 ay) değiştiği tespit edildi. Non invazif ventilasyon etkinliği ile cinsiyet ve yaş arasında istatistiksel anlamlılığa ulaşılamadı (p=0,239, p=0,682).

Her iki grupta SF oranlarına bakıldığında başarılı grupta bu değer 91,6 ile 466 arasında (ortanca 166) değiştiği, başarısız grupta ise 93 ile 250 arasında (ortanca 166) değiştiği görüldü. İki grup arasında SF oranları açısından anlamlı ilişki saptanmadı (p=0,924). Başarılı olan grupta ekstübasyon sonrası yapılan 40 uygulamanın (%85,1),

başlangıç tedavisi olarak yapılan 73 uygulamanın (%89) olduğu, başarısız grupta ise ekstübasyon sonrası 7 uygulamanın (%14,9), başlangıç tedavisi olarak ise 9 uygulamanın (%11) olduğu görüldü. Non invazif ventilasyon uygulama şekli ile NİV etkinliği arasında anlamlı ilişki saptanmadı ( $p=0,516$ ) (Şekil 14).



**Şekil 14. Non invazif ventilasyon uygulama şekli ile NİV etkinliğinin kıyaslanması**

## 5. TARTIŞMA

Pediatric yoğun bakım ünitelerinde tedavi gereksinimine ihtiyaç duyan hasta sayısı her geçen gün artmaktadır. Ülkemizde son yıllarda gelişim gösteren PYBÜ'ler bu gereksinime yanıt vermekte yetersiz kalmaktadır. Pediatric yoğun bakım ünitelerinde tedavi olanakları ve yatak sayıları sınırlı olup tedavi maliyetleri ise yüksektir. Bu nedenlerle hastaların en etkin şekilde tedavi edilerek optimal süre içinde taburcu edilmesi büyük önem taşımaktadır. Hastaların yatış sürelerini kısaltan stratejiler benimsenmekte, komplikasyon ve mortaliteyi artıran uygulamalardan kaçınılmaktadır. Non invazif ventilasyon bu hedeflerle geliştirilmiş bir uygulamadır. Non invazif ventilasyon ile amaçlanan, hastayı İMV'nin komplikasyonlarından korumak ve yatış sürelerini kısaltarak maliyeti azaltmaktır.

Non invazif ventilasyon, erişkinlerde ASY ve KSY'de sıkça kullanılan ve pozitif etkileri kanıtlanmış bir ventilasyon yöntemidir (79). Son 20 yılda çocuk hastalarda da kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar erişkin çalışmaları temel alınarak yapılmakta ve sayısı her geçen gün artmaktadır. Bununla beraber, NİV'in kullanım alanları, kontrendike olduğu durumlar ve etkinliğinin belirlenebilmesi için daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır. Ülkemizde ise hem NİV uygulayan merkez sayısı, hem de bu konudaki çalışma sayısı oldukça azdır.

Non invazif ventilasyon, spontan solunum modları ile uygulanan konforlu bir yöntemdir. Farklı ülkelerde farklı merkezler, kendi ünitelerinin olanaklarına, uygulayıcılarının bilgi, beceri, deneyim ve hastalarının özelliklerine göre farklı yöntemler uygulayabilmektedir. Dünyada üstünlüğü kabul edilmiş tek bir mekanik ventilasyon yöntemi bulunmamaktadır. CPAP ve BİPAP, NİV uygulamasında sıklıkla kullanılan yöntemlerdir (55,79-81). Bizim çalışmamızda da NİV uygulamalarında %51,9'unda CPAP, %48,1'inde BİPAP modları kullanıldığı görüldü. Bu iki mod arasında NİV başarısı açısından anlamlı fark saptanmadı ( $p=0,484$ ).

Non invazif ventilasyon başarısını etkileyebilecek önemli etkenlerden biri de doğru maske seçimidir. Bu nedenle en konforlu ve hastaya en uygun maskenin seçilmesi büyük önem taşır. Özellikle küçük çocuklarda maske nedeni ile oluşan ajitasyonun NİV başarısızlığına neden olduğu bildirilmiştir (55). Bizim çalışmamızda küçük çocuklarda, ağız solunumuna bağlı fazla miktarda kaçağa rağmen, yeterli akımın

sağlanabildiği nazal kanül kullanıldığı ve %71,3 ile en sık kullanılan maskenin ağız-burun maske olduğu tespit edildi. Hastalara sedasyon uygulanması nedeni ile maskenin neden olabileceği ajitasyona bağlı NİV başarısızlığı saptanmadı.

Pediyatrik yoğun bakım ünitesine yatış nedeni olan hastalıklar, hizmet verilen hasta grubuna ve yaşa bağlı olarak değişebilmektedir. Çocuk ölümlerinin sık nedenlerinden biri olan solunum yolu hastalıkları ve SY yoğun bakıma yatış gerektiren nedenlerin başında gelmektedir. Yoğun bakıma yatırılan SY'li hastalarda altta yatan hastalık düzelinceye kadar mekanik ventilasyon ile destek sağlanması amaçlanır. Non invazif ventilasyon uygulaması hastayı entübasyonun komplikasyonlardan korumayı sağlar (43). Farias ve ark. ile Khilnani ve ark. tarafından yapılan çalışmada PYBÜ'ye yatış gerektiren en önemli nedenin solunum sistemi ile ilgili hastalıklar olduğu bildirilmiştir (82,83). Yanez ve ark. (84) 2008'de yaptıkları çalışmada SY'nin en sık nedenleri olarak pnömoni, akut bronşiolit ve astım krizini göstermişlerdir. Munoz-Bonet ve ark. (56) yaptıkları çalışmada SY'nin en sık sebebinin pnömoni olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda akciğer hastalıkları %62,8 ile en sık NİV endikasyonu olarak belirlendi. Bunlar içinde pnömoni en sık akciğer hastalığı nedeni olarak tespit edildi.

Çalışmamızda metabolik hastalık ve sepsis/septik şok tanıları ile yapılan uygulamalarda, SF oranı diğer hastalıklardaki uygulamalara göre daha yüksek bulundu ( $p=0,003$ ). Non invazif ventilasyon başarı oranı bu iki tanı grubunda yüksek iken nöromusküler hastalıklar grubunda düşük bulundu ( $p=0,009$ ). Metabolik hastalık ve sepsis/septik şok tanıları ile yapılan uygulamaların daha başarılı olmasının nedeninin SY'nin bu gruplarda daha hafif olmasından kaynaklı olduğu düşünüldü.

Literatüre bakıldığında nöromusküler hastalıklarda faringeal hipotoni, azalmış öksürük refleksi ve sekresyonların temizlenememesine bağlı olarak reentübasyon riskinin yüksek olduğu bildirilmektedir (85,86). Öte yandan bu hastalarda kas gücü kaybına bağlı hasta-ventilatör uyumunun iyi olması nedeni ile NİV başarısının yüksek, hastane yatış sürelerinin ise kısa olduğunu bildiren çalışmalar da vardır. Padman ve ark. (63) nöromusküler hastalığı olan 15 hastadan 14'ünü NİV ile başarılı olarak tedavi ettiklerini ve NİV'in bu hastalarda hastanede yatış süresini kısalttığını bildirmişlerdir. Essouri ve ark. (87) 2008 yılında 12 hastadaki NİV deneyimlerini sundukları çalışmada, nöromusküler hastalığı olan hastanın en uzun NİV'de kalış süresine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda nöromusküler hastalıklar nedeni ile

yapılan uygulamalarda NİV sonrası yoğun bakımda kalış süresi literatürle uyumlu olarak uzun iken ( $p=0,009$ ) bu hastalık grubunda NİV başarısı diğer hastalıklara göre düşük bulundu ( $p=0,009$ ).

Akut solunum sıkıntısı sendromu, akut hipoksemik SY'nin nedenlerinden biri olup insidansı net olarak bilinmemektedir. Çocuklarda ARDS tanısı ile PYBÜ'ye yatış oranının % 1-4 arasında değiştiği ve mortalitenin %20-75 arasında olduğu bildirilmektedir (88). ARDS tedavisinde mekanik ventilasyonun her zaman oluşmuş olan hasarı geri döndüremediği gösterilmiştir (89,90). ARDS'de mekanik ventilasyonun non invazif yöntemle uygulanması denenmiş, fakat etkinliği açısından bir fikir birliği sağlanamamıştır. Erişkinlerde NİV uygulamasının entübasyonu azaltarak ventilatör ilişkili pnömoni ve mortalite oranlarını azaltması nedeni ARDS'de kullanılmasını öneren çalışmalar vardır (91,92). Bununla beraber, NİV uygulamasında ARDS'nin başarısızlık kriteri olduğunu söyleyen çalışmalar da vardır (73,89). Essouri ve ark. (93) 2006 yılında yayınlanan beş yıllık deneyimlerini sundukları çalışmada, NİV başarısını ARDS'de oldukça düşük (%22) bulmuşlardır ve NİV'in ARDS dışındaki ASY'de ilk basamak tedavi yöntemi olabileceğini bildirmişlerdir. Munoz-Bonet ve ark. (56) çalışmalarında ARDS'li hastaların %50'sinde NİV'i başarılı bulmuş ve akut akciğer hasarında ve hafif ARDS'de NİV'in kullanılabileceğini önermişlerdir. Wolfler ve ark. (94) çalışmasında ise %22,2 başarı oranı ile NİV'in en başarısız olduğu grubun ARDS olduğu gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda ARDS'li hastalarda uygulanan NİV %73,7 oranında başarılı bulundu. Literatüre göre ARDS'deki başarı oranımızın yüksek olması, diğer çalışmalarda bildirilmemiş olmasına rağmen, hastalarımızdaki SY derecesinin ağır olmaması ihtimalini düşündürmektedir.

Non invazif ventilasyon popülaritesi arttıkça bu konu ile ilgili yapılan çalışma sayısı da artmaktadır. Pozitif basınç ile NİV uygulanması ilk kez 1993'te ASY'li iki pediatrik olguda kullanılmış olup o zamandan bu yana pediatrik çağdaki akut hipoksemik SY'de, pnömonide, pulmoner ödemde, postoperative solunum dekompanzasyonunda, son dönem kistik fibrozis hastalarında, status astmatikusta, nöromusküler hastalıklarda uygulanmıştır (62,63,95-97). Hipoksemik ve hiperkapneik SY'ni içeren çeşitli hastalık gruplarında uygulanan NİV başarı sonuçları farklılıklar göstermektedir. Bazı otörler NİV'de hipoksemik SY'nin başarısızlık kriteri olduğunu söylerken (84,98), bazıları ise bu tip SY'de NİV uygulamasını önermektedir

(89,99,100). Mayordoma-Colunga ve ark. (98) çeşitli nedenlerle ASY gelişmiş 101 hastada yapılan 116 NİV uygulamasını inceledikleri prospektif çalışmada, tip SY'deki başarı oranını %68.4, tip II SY'deki başarı oranını ise %92.3 saptamış ve tip I SY'nin NİV başarısızlığı için bir risk faktörü olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda tip I SY nedeni ile yapılan NİV uygulamalarının %85,7'sinin, tip II SY nedeni ile yapılan NİV uygulamalarının ise %90,7'sinin başarılı olduğu gösterildi, fakat bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Bu duruma tip I SY nedeni ile NİV uygulanan grupta ekstübasyon sonrası NİV uygulanma oranının diğer gruba göre daha yüksek olmasının etkisi olabileceği düşünüldü.

Mekanik ventilasyon desteği, yoğun bakım anlayışının çekirdeğini oluşturur. Ventilatörden ayırma ve endotrakeal tüpün çıkarılması, hayati önemde işlemler olup mekanik ventilasyonda kalınan sürenin önemli bir bölümünü oluşturmaktadırlar (101). Özellikle uzamış mekanik ventilasyon sonrası ventilatörden ayrılan hastalarda gelişen SY'ye bağlı ekstübasyon başarısızlığı yoğun bakımda yatan çocuklarda (%15-20) ve kardiyak operasyon geçirmiş çocuklarda (%10) sık karşılaşılan bir durumdur (102,103). Acil reentübasyon gerektiren bu durum ciddi hemodinamik instabiliteye, havayolu travmasına, artmış nozokomial enfeksiyon riskine, uzamış mekanik ventilasyon ve hastanede yatış sürelerine neden olabilir (104,105). Bu nedenle özellikle SY gelişmesi açısından riskli hastalarda ekstübasyon sonrası NİV uygulanması mekanik ventilatörden ayrılmayı kolaylaştıran bir yöntem olarak önerilmektedir (79,106-108). Punkaj Gupta ve ark. (104) yaptıkları retrospektif çalışmada kardiyak hastalığı olup ASY tanısı almış 221 hastayı incelemişlerdir. Hastaları ekstübasyondan hemen sonra ya da başlangıçta NİV tedavisi almalarına göre profilaktik olan ve olmayan grup olarak ikiye ayırmışlardır. Profilaktik NİV uygulanan (%74) ve uygulanmayan grupta (%79) başarı oranları benzer bulunmuştur. Profilaktik NİV uygulanan grupta uygulanmayan gruba göre yoğun bakımda kalış süreleri ve hastanede yatış süreleri belirgin olarak kısa saptanmıştır. Essouri ve ark. çalışmasında ekstübasyon sonrası NİV uygulanan grupta başarı oranı %67 saptanmış ve ARDS'ye göre yüksek fakat diğer hastalık gruplarına göre (pnömoni, immün yetmezlikler, orak hücreli aneminin akut göğüs sendromu) düşük bulunmuştur (93). Bizim çalışmamızda uygulamaların %36,4'ü ekstübasyon sonrası, %63,6'sı ise başlangıç tedavisi olarak yapıldı. Yapılan çalışmalarda ekstübasyon sonrası NİV uygulamasının yoğun bakımda ve hastanede yatış sürelerini kısalttığı ve başarı oranının yüksek olduğu bildirilmesine rağmen bizim çalışmamızda ekstübasyon sonrası ve

başlangıç tedavisi olarak yapılan NİV uygulamalarındaki yoğun bakımda ve hastanede yatış süreleri açısından anlamlı fark saptanmadı ( $p=0,516$ ).

Yoğun bakım ünitesinde mortalite üzerine etkili birçok faktör bulunmaktadır. Hastanın altta yatan primer hastalığı, uzamış mekanik ventilasyon, invazif girişimler, gelişen komplikasyonlar mortaliteyi artıran nedenlerin başında gelmektedir. Mekanik ventilasyon invazif olarak uygulandığında entübasyonun travmatik etkileri ve doğal savunma mekanizmalarının ortadan kalkmasına bağlı enfeksiyonlara eğilimi artırarak hastanede yatış sürelerini ve komplikasyonlara bağlı olarak mortalite oranlarını artırmaktadır (7). Bu nedenle SY gelişen hastalarda NİV uygulaması giderek daha çok tercih edilen bir tedavi seçeneği haline gelmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalar NİV'in etkili ve güvenli bir yöntem olduğunu göstermektedir (84,99). Bu çalışmalarda NİV başarı oranının %57-92 arasında değiştiği görülmektedir. Bernet ve ark. (55) çalışmasında NİV başarı oranı %57 iken Padman ve ark. (63) çalışmasında %92 olarak tespit edilmiştir. Yanez ve ark. (84) klasik tedavi (medikal tedavi) ve NİV uygulanan iki grubu kıyasladıkları randomize kontrollü çalışmalarında entübasyon oranını NİV uygulanan grupta %28, klasik tedavi uygulanan grupta ise %60 saptamışlardır. Bizim çalışmamızda da literatürle uyumlu olarak başarı oranı %87,6 saptandı ve NİV'in İMV'ye alternatif, etkili ve güvenli bir yöntem olduğu gösterildi.

Non invazif ventilasyon uygulanan hastalarda mortalite oranları düşük olarak bildirilmektedir. Multiorgan yetmezliğinin ise NİV başarısızlığı ile beraber olduğunu bildiren çalışmalar vardır (79,109). Mayordoma-Colunga ve ark. (110) çalışmalarında başarısız gruptaki mortalite oranını (%12,3) başarılı gruba (%1,9) göre anlamlı olarak yüksek bulmuşlardır. Punkaj Gupta ve ark. (104) da NİV'e cevapsız olan grupta mortalite oranını (%31) cevaplı gruba (%4) göre anlamlı olarak yüksek bulmuşlardır. Bizim çalışmamızdaki mortalite oranı %1,6 olup ölen iki hastamızın başarısız grupta olduğu tespit edildi. Her iki hastanın da ölüm nedenlerinin gelişmiş olan multi organ yetmezliğine bağlı olduğu görüldü. NİV etkinliği ile mortalite arasında anlamlı ilişki saptandı ( $p=0,015$ ).

Mekanik ventilasyonun hedefi, solunum iş yükünü azaltarak dispneyi ve inspiratuar çabayı azaltmak ve alveoler ventilasyonu artırmaktır. Non invazif ventilasyonun hedefi ise mekanik ventilasyon desteği verirken entübasyonun neden olduğu trakeal mukoza yaralanması, ventilatör ilişkili pnömoni, barotravma, volütravma

gibi komplikasyonları önlemek, hastane yatış sürelerini, mortalite ve morbiditeyi azaltmaktır (111,112). Non invazif ventilasyon kontrendikasyonu olmadığı sürece kullanımı önerilen bir uygulamadır (67). Non invazif ventilasyon etkinliği genellikle uygulamanın ilk saatlerindeki soluma paterninde ve gaz değişimindeki düzelme ile belirlenir (59,65,84). Beklenen etkinin sağlanamaması halinde gecikmeden entübasyon düşünülmelidir. Gecikmiş entübasyon NİV uygulamasında mortaliteyi artıran önemli nedenlerdendir (113). Non invazif ventilasyonun başarılı olması halinde hastanede yatış sürelerini kısalttığı yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir (114). Mayordoma-Colunga ve ark. (110) çalışmalarında NİV’de kalış süresini başarısız olan grupta anlamlı olarak kısa saptamışlardır. Munoz-Bonet ve ark. (56) ise başarısız grupta NİV’de kalış süresini kısa, yoğun bakımda kalış süresini ise uzun bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da NİV destek tedavisi alınan süre başarısız grupta anlamlı olarak kısa bulundu ( $p=0,001$ ). Bu durum NİV başarısızlığının erken dönemde öngörülerek mortalite ve morbiditeyi artırmamak adına hızla invazif ventilasyona geçildiğinin göstergesi olarak değerlendirildi. Başarılı olan grupta uygulama sonrası yoğun bakımda kalış süresi başarısız gruba göre anlamlı olarak kısa bulundu ( $p<0,001$ ). Non invazif ventilasyonun yoğun bakımda yatış sürelerini kısaltarak yoğun bakım ünitesinde hizmet verilen yatak sayısı ve yoğun bakım hizmetinin daha etkin şekilde kullanılmasını sağladığı düşünüldü.

Non invazif ventilasyon uygulamasının başarısını etkileyen önemli bir neden de hasta-ventilatör uyumudur (66,71). İki yaşın altındaki çocuklarda hasta-ventilatör uyumunun sağlanması güçtür. Özellikle küçük çocuklar, NİV uygulanırken kullanılan maskelere uyum sağlayamayabilir ve bu durum tedavinin sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Hasta yaşının küçülmesi ile NİV başarısızlığının artması arasında anlamlı ilişki olduğunu söyleyen çalışmalar vardır (59,84,89). Yanez ve ark. (84) çalışmalarında NİV’in başarısız olduğu grupta çocukların yaşlarının küçük olmasına; bu yaş grubundaki çocukların zayıf kas yapısı, dar havayolları ve yetersiz sekresyon kontrollerinin olması gibi dezavantajlara bağlamışlardır. Mayordoma-Colunga ve ark. (110) ise, NİV’in başarılı olduğu grupta yaş ortancasını büyük saptamışlar ve buna bağlı hasta-ventilatör uyumunun iyi olması nedeni ile başarı oranının yüksek olmuş olabileceğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise literatürden farklı olarak NİV başarısı ile hasta yaşı arasında anlamlı ilişki saptanmadı ( $p=0,682$ ). Bu duruma hastalara uygulanan sedasyonun neden olduğu düşünüldü.

Non invazif ventilasyon, tercih nedeni olmasını sağlayan pozitif etkilerine rağmen bazı durumlarda başarısız olabilmektedir. Non invazif ventilasyon başarısızlığının ve bunun sonucu olarak gelişen gecikmiş entübasyonun hastanın mortalite ve morbiditesini artıran bir durum olduğu yapılan erişkin çalışmalarında gösterilmiştir (113). Bu nedenle çocuklarda NİV başarısızlığını erken dönemde öngörebilmek için kullanılabilir belirtiçleri araştıran çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ile hipoksemik SY'nin, ARDS'nin ve yüksek oksijen ihtiyacının NİV başarısızlığı ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir (55,56,93,98,107). Yapılan erişkin çalışmalarında PF oranının, hipoksemi varlığında NİV etkinliğini belirlemede kullanılabilirliği bildirilmiştir (92). PF oranının invazif bir yöntem olması farklı bir yöntem arayışına girilmesine neden olmuştur. Bu noktada, SF oranı invazif olmayan bir yöntem olması, uygulama kolaylığı sağlaması, devamlı ölçülebilir olması ve PF oranını yansıması açısından alternatif bir erken dönem belirteci olarak sunulmuştur (115-117). Bununla birlikte, SF oranının PF oranını yansıtan güvenilir bir belirteç olabilmesi için oksijen saturasyonunun %80 ile %97 arasında olması gerekmektedir (117). Oksijen saturasyonunun %97'nin üzerinde olması halinde oksihemoglobin disosiyasyon eğrisi yataylaşır ve SF oranının güvenilirliği azalır (110). Lobete ve ark. (78) 2013'te yayınladıkları 235 hastada yapılan 1643 ölçümü inceledikleri çalışmada PF oranını yansıtan SF oranlarını belirlemişlerdir. Buldukları değerlere göre akut hipoksemik SY'de, SF oranının erken dönemde NİV başarısızlığını öngörebilmede kullanılabilir uygun bir parametre olduğunu göstermişlerdir. Benzer şekilde Mayordoma-Colunga ve ark. (110) 2013'te yayınladıkları çok merkezli, prospektif bir çalışmada, NİV etkinliğini değerlendirmede SF oranının kullanılabilirliğini araştırmışlar ve uygulamanın 1. 6. ve 24. saatlerinde ölçülen SF değerlerinin NİV etkinliğini değerlendirmede anlamlı olduğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda SF oranı ile NİV etkinliği arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı. Anlamlı sonuç elde edilememesinin nedeninin, oksijen saturasyonunun hastalarda %97'nin üzerinde tutulmasından kaynaklandığı sonucuna varıldı.

Çalışmamız NİV'in başarılı bir yöntem olarak uygulanabileceğini göstermekle birlikte, bazı kısıtlı yönleri de bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi çalışmamızın retrospektif olması, randomize ve kontrollü olmamasıdır. İkinci olarak, oksijen saturasyon değerleri oksihemoglobin disosiyasyon eğrisinin yataylaşan bölgesinde bulunduğundan bulduğumuz SF oranları SY'nin ciddiyetini yansıtamamıştır. Üçüncü

olarak, ekstübasyon sonrası NİV uygulaması profilaktik bir ayırma yöntemi olarak düşünülebileceğinden ve tip I SY olan grubumuzda ekstübasyon sonrası NİV uygulaması sayısı fazla olduğundan bu gruptaki başarı oranları uygulamanın gerçek başarısını yansıtmayabilmektedir.

Çalışmamızda kısa bir zaman aralığı taranarak çok sayıda hasta toplanmış olması çalışmamızı güçlü kılan yönlerden biridir. Tek merkezli bir çalışma olması nedeniyle NİV prosedürünün ve hasta yönetiminin nispeten homojen olması da çalışmamızın diğer bir güçlü yönüdür.

Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde ARDS, akciğer hastalıkları, sepsis/septik şok, metabolik hastalıklar gibi hastalıklara bağlı gelişen SY'de NİV'in ilk basamak tedavi yöntemi olarak tercih edilebileceğini ve %87,6 gibi yüksek bir başarı oranıyla uygulanabileceğini göstermiş olduk. NİV'in fizyolojik etkilerinin daha ayrıntılı olarak belirlenebilmesi ve bu umut verici uygulamadan fayda görece en uygun hasta grubunun tespit edilebilmesi için daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Chernick V, Boat TF. Acute respiratory failure. In: Chernick V, Kendig EL, editors. Kendig's Disorders of the Respiratory Tract in Children. Philadelphia: WB Saunders Company, 1998.p.265-87.
2. Kalkan G. Çocuklarda Mekanik Ventilasyon. Selçuk Tıp Dergisi 2013; 29(3): 150-2.
3. Tobin MJ. Advances in mechanical ventilation. N Engl J Med 2001;344: 1986-96.
4. Meduri GU. Noninvasive ventilation. In: Marini J, Slutsky A, editors. Physiological Basis of Ventilatory Support. New York: Marcel Dekker; 1998.p.921-98.
5. Nouridine K, Combes P, Carton MJ, Beuret P, Cannamela A, Ducreux JC. Does noninvasive ventilation reduce the ICU nosocomial infection risk?: a prospective clinical survey. Intensive Care Med 1999; 25: 567-73.
6. Hill NS. Noninvasive ventilation. Does it work, for whom, and how? Am Rev Respir Dis 1993; 147: 1050-55.
7. Marohn K, Panisello JM. Noninvasive ventilation in pediatric intensive care. Curr Opin Pediatr 2013, 25: 290-6.
8. Drinker P, Shaw LA. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: a design for adults and children. J Clin Invest 1929; 7: 229-47.
9. Emerson H. Artificial respiration in the treatment of edema of the lungs: a suggestion based on animal experimentation. Arch Intern Med 1909; 3: 368-71.
10. Kelleher WH, Wilson AB, Russell WR, Stott FT. Notes on cuirass respirators. Br Med J 1952; 2(4781): 413-5.
11. Eve FC. Actuation of the inert diaphragm. Lancet 1932; 2: 995-7.

12. Wright J. The respiration rocking bed in poliomyelitis. *Am J Nurs* 1947; 47: 454-5.
13. Adamson JP, Lewis L, Stein JD. Application of abdominal pressure for artificial respiration. *JAMA* 1959; 169: 1613-7.
14. Barach AL, Martin J, Eckman M. Positive pressure respiration and its application to the treatment of acute pulmonary edema. *Ann Intern Med* 1938; 12: 754-95.
15. Motley HL, Lang LP, Gordon B. Use of intermittent positive pressure breathing combined with nebulization in pulmonary disease. *Am J Med* 1948; 5: 853-6.
16. Alba A, Khan A, Lee M. Mouth IBBV for sleep. *Rehabilitation Gazette* 1984; 24: 47-9.
17. Sullivan CE, Issa FG, Berthon-Jones M, Eves L. Reversal of obstructive sleep apnea by continuous positive airway pressure applied through the nares. *Lancet* 1981; 1: 862-5.
18. Rideau Y, Gatin G, Bach J, Gines G. Prolongation of life in Duchenne's muscular dystrophy. *Acta Neurol Belg* 1983; 5: 118-24.
19. Bach JR, Alba AS. Management of chronic alveolar hypoventilation by nasal ventilation. *Chest* 1990; 97: 52-72.
20. Kerby GR, Mayer LS, Pingleton SK. Nocturnal positive pressure ventilation via nasal mask. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 738-40.
21. Ellis ER, Bye PT, Bruderer JW, Sullivan CE. Treatment of respiratory failure during sleep in patients with neuromuscular disease: positive-pressure ventilation through a nose mask. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 148-52.
22. Çelikel T. Noninvasiv mekanik ventilasyon. *Yoğun bakım dergisi* 2002; 2(4): 225-45.

23. Akingbola OA, Servant GM, Custer JR, Palmisano M. Noninvasive bi-level positive pressure ventilation: management of two pediatric patients. *Respir Care* 1993; 38(10): 1092-8.
24. Erdem E, Karakoç F. Çocuklarda noninvazif ventilasyon. *Türk yoğun bakım derneği dergisi* 2008, 6(3): 20-5.
25. Çıtak A. Karaböcüoğlu M. Pulmoner fizyoloji ve tanımlar. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. *Pediyatrik Mekanik Ventilasyon. Çağdaş & Çapa*; 2003.s.5-31.
26. Dunnill MS. Postnatal growth of the lung. *Thorax*. 1962; 17: 329.
27. Boyden EA, Tompsett DH. The changing patterns in the developing lungs of infants. *Acta Anat (Basel)* 1965; 61: 164.
28. Reid L. Influence of the pattern of structural growth of lung on susceptibility to specific infectious diseases in infants and children. *Pediatr Res* 1977; 11: 210–5.
29. Thurlbeck WM. Postnatal growth of the lung and its significance in disease. *Hum Pathol* 1978; 9: 492–3.
30. Kornecki A, Wheeler DS. Mechanical Ventilation. In: Wheeler DS, Wong HR, Shanley TP, editors. *Textbook of Pediatric Critical Care Medicine Second Edition*. London: Springer; 2014.p.127-62.
31. Bateman ST, Arnold JH. Acute respiratory failure in children. *Curr Opin Pediatr* 2000; 12: 233–7.
32. Peroni DG, Boner AL. Atelectasis: mechanisms, diagnosis, and management. *Paediatr Respir Rev* 2000; 1: 274–8.
33. Prasad SA, Growth and development of the cardiorespiratory system. In: Prasad SA, Hussey J, editors. *Paediatric Respiratory Care*. Dordrecht: Springer; 1995.p.1-12
34. Macklem PT. Airway obstruction and collateral ventilation. *Physiol Rev* 1971; 51: 368.

35. Khilnani P. Mechanical ventilation: basic physiology. In: Khilnani P, editor. Pediatric&Neonatal Mechanical Ventilation Second Edition. New Delhi: Jaypee Brothers; 2011.p.9-19.
36. Halfaer MA, Nichols DG, Rogers MC. Developmental physiology of the respiratory system. In: Rogers MC, Nichols DG, editors. Textbook of Pediatric Intensive Care Third Edition. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p.100-21.
37. Sarnaik AP, Clark JA. Respiratory distress and failure. In: Kleigman RM, Stanton BF, ST Geme JW, Schor NF, Behrman RE, editors. Nelson Textbook of Pediatrics Nineteenth Edition. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2011.p.314-33.
38. Karaböcüoğlu M. Mekanik ventilasyon endikasyonları. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. Pediatrik Mekanik Ventilasyon. Çağdas & Çapa; 2003.s.33-44
39. Demirkol D. Mekanik ventilasyonda solunum mekanikleri. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar. İstanbul: İstanbul Medikal & Çapa; 2008.s.331-39.
40. O'Brodivich HM, Haddad GG. The functional basis of respiratory pathology and disease. In: Chernick V, Boat TF, editors. Kendig's Disorders of the Respiratory Tract in Children Sixteenth Edition. Philadelphia: W.B. Saunders; 1998.p.27-74.
41. Banner MJ, Jaegar MJ, Kirby RR. Components of the work of breathing and implications for monitoring ventilator-dependent patients. Crit Care Med 1994; 22: 515-23.
42. McFadyen JG, Thompson DR, Martin LD. Applied respiratory physiology. In: Wheeler DS, Wong HR, Shanley TP, editors. Textbook of Pediatric Critical Care Medicine Second Edition. London: Springer; 2014.p.3-18.
43. Karaböcüoğlu M, Demirkol D. Çocuklarda solunum sıkıntısı ve yetmezliği. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar. İstanbul: İstanbul Medikal & Çapa; 2008.s.255-75.

44. Günes Yalcin E, Kiper N. Cocuklarda akut solunum yetmezliği. Yoğun Bakım Dergisi 2002; 2(1): 32-7.
45. Ersu R. Solunum yetmezliği ve tedavisi: akut, kronik, akut respiratuar distress sendromu. İçinde: Hasanoğlu E, Düşünsel R, Bideci A, editörler. Temel Pediatri. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi; 2010.s.600-1.
46. Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition. JAMA 2012; 307(23): 2526-33.
47. ıtak A. Mekanik ventilasyon uygulamaları. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar. İstanbul: İstanbul Medikal & apa; 2008.s.301-19.
48. Yıldızdaş RD, Yılmaz HL, editörler. Mekanik ventilasyon endikasyonları, yönetimi ve takibi. İçinde: Çocuk yoğun bakım kursu kitapçığı 2010.s.81-99.
49. Karaböcüoğlu M. Mekanik ventilasyon yöntemleri. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar. İstanbul: İstanbul Medikal & apa; 2008.s.277-99.
50. Campbell R, Davis B. Pressure-controlled versus volume-controlled ventilation: does it matter? Respir Care 2002; 47: 416-26.
51. Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy: a prospective study of 150 critically ill adult patients. Am J Med 1981; 70: 65–76.
52. Zwillich CW, Pierson DJ, Creagh CE, et al. Complications of assisted ventilation: a prospective study of 354 consecutive episodes. Am J Med 1974; 57: 161–70.
53. Colice GL, Stukel TA, Dain B. Laryngeal complications of prolonged intubation. Chest 1989; 6: 877-84.
54. Benjamin PK, Thompson JE, O'Rourke PP. Complications of mechanical ventilation in a children's hospital multidisciplinary intensive care unit. Respir Care 1990; 35: 873–8.

55. Bernet V, Hug MI, Frey B. Predictive factors for the succes of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 2005; 6: 660-4.
56. Munoz-Bonet JI, Flor-Macian EM, Brines J, et al. Predictive factors for the outcome of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 2010; 11: 675-80.
57. Hill NS. Noninvasive ventilation: does it work, for whom, and how? *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 1050-55.
58. Erdem E, Karakoç F. Çocuklarda noninvazif ventilasyon. *Türk Yoğun Bakım Derneği Dergisi* 2008; 6(3): 20-5.
59. Joshi G, Tobias JD. A five-year experience with the use of BIPAP in a pediatric intensive care unit population. *J Intensive Care Med* 2007; 22: 38-43.
60. Teague WG. Noninvasive ventilation in the pediatric intensive care unit for children with acute respiratory failure. *Pediatr Pulmonol* 2003; 35: 418-26.
61. Akingbola OA, Hopkins RL. Pediatric noninvasive positive pressure ventilation. *Pediatr Crit Care Med* 2001; 2: 164-9.
62. Beers SL, Abramo TJ, Bracken A, Wiebe RA. Bilevel positive airway pressure in the treatment of status asthmaticus in pediatrics. *Am J Emerg Med* 2007; 25(1): 6-9.
63. Padman R, Lawless S, Von Nessen S. Use of BIPAP by nasal mask in the treatment of respiratory insufficiency in pediatric patients: preliminary investigations. *Pediatr Pulmonol* 1994; 17: 119-23
64. Akingbola O, Palmisano J, Servant GM, Custer JR, Moler F. BIPAP mask ventilation in pediatric patients with acute respiratory failure. *Crit Care Med* 1994 22:144.

65. Fortenberry JD, Del Toro J, Jefferson LS, Evey L, Haase D. Management of pediatric acute hypoxemic respiratory insufficiency with bilevel positive pressure (BiPAP) nasal mask ventilation. *Chest* 1995; 108: 1059-64.
66. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 540-77.
67. Utku T. Non invazif ventilasyon. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi* 2006; 3(1): 24-9.
68. Karakurt S. Noninvazif mekanik ventilasyon. *Marmara Medical Journal* 2011; 24(1): 44-58.
69. Peñuelas O, Frutos-Vivar F, Esteban A. Noninvasive positive-pressure ventilation in acute respiratory failure. *CMAJ* 2007; 177(10): 1211-8.
70. Ambrosino N, Foglio K, Rubini F, Clini E, Nava S, Vitacca M. Non-invasive mechanical ventilation in acute respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: correlates for success. *Thorax* 1995; 50: 755–7.
71. Soo Hoo GW, Santiago S, Williams AJ. Nasal mechanical ventilation for hypercapnic respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease: determinants of success and failure. *Crit Care Med* 1994; 22: 1253–61.
72. Phua J, Kong K, Lee KH, Shen L, Lim TK. Noninvasive ventilation in hypercapnic acute respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease vs other conditions: effectiveness and predictors of failure. *Intensive Care Med* 2005; 31: 533–9.
73. Antonelli M, Conti G, Moro ML, et al: Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multicenter study. *Intensive Care Med* 2001; 27: 1718-28.
74. Liesching T, Kwok H, Hill NS. Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2003; 124: 699-713.

75. Uyan ZS, Karakoç F. Non-invazif ventilasyon. İçinde: Karaböcüoğlu M, Köroğlu TF, editörler. Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar. İstanbul: İstanbul Medikal & Çapa; 2008.s.341-6.
76. Majid A, Hill NS. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11: 77-81.
77. Uzun K. Noninvaziv mekanik ventilasyonda kullanılan maskeler. *Türk Toraks Dergisi* 2011; 12: 35-7.
78. Lobete C, Medina A, Rey C, Mayordoma-Colunga J, Concha A, Menendez S. Correlation of oxygen saturation as measured by pulse oximetry/fraction of inspired oxygen ratio with PaO<sub>2</sub>/fraction of inspired oxygen ratio in a heterogeneous sample of critically ill children. *J Crit Care* 2013; 28(4): 538.e1-538.e7.
79. James CS, Hallewell CP, James DP, Wade A, Mok QQ. Predicting the success of noninvasive ventilation in preventing intubation and re-intubation in the paediatric intensive care unit. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1994–2001.
80. Lazner MR, Basu AP, Klonin H. Noninvasive ventilation for severe bronchiolitis: analysis and evidence. *Pediatr Pulmonol* 2012; 47: 909–16.
81. Javouhey E, Barats A, Richard N, Stamm D, Floret D. Non-invasive ventilation as primary ventilatory support for infants with severe bronchiolitis. *Intensive Care Med* 2008; 34: 1608–14.
82. Farias JA, Frutos F, Esteban A, Casado Flores J. What is the daily practice of mechanical ventilation in pediatric intensive care units? A multicenter study. *Intensive Care Med* 2004; 30: 918-25.
83. Khilnani P, Sarma D, Singh R, et al. Demographic profile and outcome analysis of a tertiary level pediatric intensive care unit. *Indian J Pediatr* 2004; 71: 587-91.
84. Yanez LJ, Yunge M, Emilfork M, et al. A prospective, randomized, controlled trial of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 2008; 9: 484–9.

85. Salam A, Tilluckdharry L, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA: Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1334-9.
86. Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med* 2003; 31: 2657-64.
87. Essouri S, Durand P, Chevret L, et al. Physiological effects of noninvasive positive ventilation during acute moderate hypercapnic respiratory insufficiency in children. *Intensive Care Med* 2008; 34(12): 2248-55.
88. Flori HR, Glidden DV, Rutherford GW. Pediatric Acute Lung Injury Prospective Evaluation of Risk Factors Associated with Mortality. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171: 995–1001.
89. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, Gonzales G, Alarcon A, Torres A. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: A randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 1438–44.
90. Ware LB, Matthay MA. The acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2000; 342: 1334–49.
91. Ucgun I, Yildirim H, Metintas, M, Guntulu AK. The efficacy of noninvasive positive pressure ventilation in ARDS: a controlled cohort study. *Tuberk Toraks* 2010; 58: 16–24.
92. Antonelli M, Conti G, Esquinas A, et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2007; 35: 18–25.
93. Essouri S, Chevret L, Durand P, Haas V, Fauroux B, Devictor D. Noninvasive positive pressure ventilation: five years of experience in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2006; 7(4): 329-34.
94. Wolfler A, Calderini E, Iannella E, et al. Evolution of Noninvasive Mechanical Ventilation Use: A Cohort Study Among Italian PICUs. *Pediatr Crit Care Med* 2015; 16(5): 418-27.

95. Hodson ME, Madden BP, Steven MH, Tsang VT, Yacoub MH. Noninvasive mechanical ventilation for cystic fibrosis patients a potential bridge to transplantation. *Eur Respir J*; 4: 524-7.
96. Vianello A, Bevilacqua M, Salvador V, Cardaioli C, Vincenti E. Long-term nasal intermittent positive pressure ventilation in advanced Duchenne's muscular dystrophy. *Chest* 1994; 105: 445-8.
97. Mellies U, Ragette R, Schwake CD, Boehm H, Voit T, Teschler H. Long-term noninvasive ventilation in children and adolescents with neuromuscular disorders. *Eur Respir J* 2003; 22: 631-6.
98. Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, Diaz JJ, Concha A, Los Arcos M, Menendez S. Predictive factors of noninvasive ventilation failure in critically ill children: a prospective epidemiological study. *Intensive Care Med* 2009; 35: 527-36.
99. Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, Wunderink R, Tolley E. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask: first-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure. *Chest* 1996; 109: 179-93.
100. Confalonieri M, Potena A, Carbone G, Porta RD, Tolley EA, Umberto Meduri G. Acute respiratory failure in patients with severe community acquired pneumonia: a prospective randomized evaluation of noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 1585-91.
101. Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, et al. Non invasive ventilation after extubation in paediatric patients: a preliminary study. *BMC Pediatr* 2010; 10:29. Available from: URL: <http://www.biomedcentral.com/1471-2431/10/29>.
102. Harrison AM, Cox AC, Davis S, Piedmonte M, Drummond- Webb JJ, Mee RB. Failed extubation after cardiac surgery in young children: prevalence, pathogenesis, and risk factors. *Pediatr Crit Care Med* 2002; 3: 148-52.

103. Tobin MJ, Perez W, Guenther SM et al. The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986; 134: 1111–8.
104. Gupta P, McDonald R, Gossett JM, et al. A single-center experience of extubation failure in infants undergoing the Norwood operation. *Ann Thorac Surg* 2012; 94(4): 1262-8.
105. Johnston C, de Carvalho WB, Piva J, Garcia PC, Fonseca MC. Risk factors for extubation failure in infants with severe acute bronchiolitis. *Respir Care* 2010; 55: 328–33.
106. Girault C, Bubenheim M, Abroug F, et al. Noninvasive ventilation and weaning in patients with chronic hypercapnic respiratory failure: a randomized multicenter trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 184: 672–9.
107. Dohna-Schwake C, Stehling F, Tschiedel E, Wallot M, Mellies U. Noninvasive ventilation on a pediatric intensive care unit: feasibility, efficacy, and predictors of success. *Pediatr Pulmonol* 2011; 46: 1114–20.
108. Pope JF, Birnkrant DJ. Noninvasive ventilation to facilitate extubation in a pediatric intensive care unit. *J Intensive Care Med* 2000; 15: 99-103.
109. Piastra M, De Luca D, Marzano L, et al. The number of failing organs predicts noninvasive ventilation failure in children with ALI/ARDS. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1510–6.
110. Mayordomo-Colunga J, Pons M, Lopez Y, et al. Predicting non-invasive ventilation failure in children from the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (SF) ratio. *Intensive Care Med* 2013; 39: 1095–103.
111. Black AE, Hatch DJ, Nauth-Misir N. Complications of nasotracheal intubation in neonates, infants and children. A review of 4 years' experience in a children's hospital. *Br J Anaesth* 1990; 65: 461-7.
112. Girou E, Schortgen F, Delclaux C, et al. Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA* 2000; 284: 2361-7.

113. Carrillo A, Gonzalez-Diaz G, Ferrer M, et al. Non-invasive ventilation in community-acquired pneumonia and severe acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2012; 38: 458–66.
114. Peter JV, Moran JL, Phillips-Hughes J, Warn D. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: A meta-analysis update. *Crit Care Med* 2002; 30: 555-62.
115. Khemani RG, Patel NR, Bart RD III, Newth CJ. Comparison of the pulse oximetric saturation/fraction of inspired oxygen ratio and the PaO<sub>2</sub>/ fraction of inspired oxygen ratio in children. *Chest* 2009; 135: 662–8.
116. Rice TW, Wheeler AP, Bernard GR, Hayden DL, Schoenfeld DA, Ware LB. Comparison of the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio and the PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio in patients with acute lung injury or ARDS. *Chest* 2007; 132: 410–7.
117. Khemani RG, Thomas NJ, Venkatachalam V, et al. Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Network Investigators (PALISI) Comparison of SpO<sub>2</sub> to PaO<sub>2</sub> based markers of lung disease severity for children with acute lung injury. *Crit Care Med* 2012; 40: 1309–16.