



T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ÇOCUK SAĞLIĞI VE HASTALIKLARI

ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE’DE ÇOCUK YOĞUN BAKIMLARDA
YATAN HASTALARDA MEKANİK VENTİLASYON
UYGULAMALARI: NOKTA PREVELANS
ÇALIŞMASI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Kübra KANBAL

Tez Danışmanı: Doc. Dr. Nazan ÜLGEN TEKEREK

“Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2024

Uzmanlık eğitimi gibi zor bir süreçte yanımda olan ; ne olursa olsun pes etmemeyi bana öğreten aileme hep yanımda olan arkadaşlarıma ve bana destek olup bilgi ve tecrübelerini aktaran saygıdeğer tez hocam Doç.Dr.Nazan Ülgen Tekerek ve değerli önerileri için Prof.Dr.Oğuz.Dursun ve Doç.Dr.Özlem Tolu Kendir hocalarıma teşekkürlerimi sunarım



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER ve KISALTMALAR	iv
ŞEKİLLER	vi
TABLolar	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi	3
2.2. ÇYBÜ Tarihçesi ve Türkiye’de Çocuk Yoğun Bakım	3
2.3. Yoğun Bakım Ünitesinde İleri Monitörizasyon ve Tedavi Yöntemleri..	4
2.4. Kritik Çocuk Hastalarda Solunum Yetmezliği	5
2.4.1. Tip 1 Solunum Yetmezliği	6
2.4.2. Tip 2 Solunum Yetmezliği	8
2.4.3. Mikst Solunum Yetmezliği	9
2.5. Solunum Yetmezliği Tedavisi.....	9
2.5.1. Düşük Akışlı Oksijen Tedavisi	10
2.5.2. Yüksek Akışlı Oksijen Tedavisi.....	12
2.5.3. Non-İnvaziv Ventilasyon	14
2.1.1. Non-İnvaziv Mekanik Ventilasyon Kontrendikasyonları	15
2.1.2. Çocuklarda İnvaziv Mekanik Ventilasyon.....	19
3. MATERYAL ve METOT	35
3.3. İstatistiksel Analiz.....	35
4. BULGULAR	37
5. TARTIŞMA	47
5.1. Kısıtlılıklar	51
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	52

ÖZET.....	53
ABSTRACT.....	55
KAYNAKLAR	57



SİMGELER ve KISALTMALAR

A/C: Kontrollü-yardımlı solunum yönetimi

ARDS: Akut solunum sıkıntısı sendromu

BPAP: Bilevel pozitif hava yolu basıncı

CPAP: Sürekli pozitif hava yolu basıncı

CRRT: Sürekli renal replasman tedavisi

ÇYBÜ: Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi

DP: Sürücü basınç

ECCO₂: Ekstrakorporeal karbondioksit geri alım

ECMO: Ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu

EEG: Elektroensefalogram

EPAP: Ekspiratuvar pozitif hava yolu basıncı

ETT: Endotrakeal tüp

HFOV: Yüksek frekanslı osilatuvar ventilasyon

İMV: İnvaziv mekanik ventilasyon

IQR: Çeyrekler arası mesafe

İPAP: İnspiratuvar pozitif hava yolu basıncı

MAP: Ortalama hava yolu basıncı

NİV: Non invaziv mekanik ventilasyon

Oİ: Oksijenizasyon indeksi

OSİ: Oksijen saturasyon indeksi

PEEP: Pozitif ekspiryum sonu basınç

PiCCO: Pulse contour kardiyak output

PİP: Tepe inspiratuvar basınç

Pplat: Plato basıncı

PRVC: Basıncı düzenlemeli volüm kontrol

PSV: Basıncı destek ventilasyonu

RSBİ: Hızlı yüzeyel solunum indeksi

SIMV: Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon

SWI: Basitleştirilmiş weaning indeksi

V/Q: Ventilasyon / perfüzyon

YANKO: Yüksek akışlı nazal kanül oksijen

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Demir akciğer (6).....	4
Şekil 2.2. Nazal kanül (27)	11
Şekil 2.3. Basit yüz maskesi	11
Şekil 2.4. Geri solumasız yüz maskesi (28).....	12
Şekil 2.5. Yüksek akışlı nazal kanül cihazı (33).....	14
Şekil 2.6. Noninvaziv mekanik ventilatörde kullanılan maske türleri (36)	17
Şekil 4.1. Çalışmaya dahil olan merkezlerin ve hastaların dağılımı.....	37
Şekil 4.2. Hastaların cinsiyet dağılımı	39
Şekil 4.3. Hastaların daha önceden yoğun bakım yatışı öyküsüne göre dağılımı.	40



TABLÖLAR

Tablo 2.1: Yoğun bakım ünitelerinde kullanılan cihaz ve takip yöntemleri (1)	5
Tablo 2.2. Solunum yetersizliği kriterleri (13).....	6
Tablo 2.3. Hipoksik solunum yetmezliği mekanizmaları.....	6
Tablo 2.4. Oksijen destek sistemlerinin genel özellikleri (8).....	10
Tablo 2.5. Düşük akım verilen maske türleri arasında FiO ₂ değerleri (28)	12
Tablo 2.6. YANKO akım hızının yaşa ve ağırlığa göre değişimi	13
Tablo 2.7. Noninvaziv mekanik ventilasyon kontrendikasyonları.....	15
Tablo 2.8. Maske türleri avantaj ve dezavantajları.....	17
Tablo 2.9. BİPAP yöntemleri (8)	18
Tablo 2.10. Mekanik ventilatörde temel solunum şekilleri.....	20
Tablo 2.11. Basınç ve hacim limitli ventilasyon farkları	21
Tablo 2.12. Çocuk hastalarda solunum hızları ve zamanlarının dağılımı (8)	22
Tablo 2.13. Pediatrik ARDS Tanısı(55).....	28
Tablo 2.14. FiO ₂ 'ye göre PEEP değerinin ayarlanması	29
Tablo 2.15. Pediatrik ARDS için tedavi önerileri (55).....	29
Tablo 2.16. Trakeostomi komplikasyonları	33
Tablo 4.1. Çalışmaya dahil olan yoğun bakım ünitelerinin demografik özellikleri	37
Tablo 4.2. Takip edilen hasta grupları*.....	38
Tablo 4.3. Kullanılan tedavi ve monitörizasyon yöntemleri*	38
Tablo 4.4. Çalışmaya dahil olan merkezlerin mekanik ekstübasyon uygulamaları	39
Tablo 4.5. Hastaların demografik özellikleri.....	40
Tablo 4.6. Hastaların yatış tanıları ve altta yatan kronik hastalıkları.....	41
Tablo 4.7. Hastalarda solunum yetmezliği tiplerinin dağılımı	41
Tablo 4.8. Hastaların tedavi sürecinde saptanan organ yetmezliği durumu.....	42
Tablo 4.9. Çalışma gününe kadar uygulanan solunum destek yöntemleri ve süreleri	42
Tablo 4.10. Serbest oksijen desteği alan hastalarda tercih edilen sistem ve verilen oksijen desteği.....	42

Tablo 4.11. YANKO desteği alan hastalarda kullanılan cihazlar, oksijen desteği ayarları ve oksijenizasyon.....	43
Tablo 4.12. Hastalara verilen NİV desteğinin özellikleri.....	43
Tablo 4.13. Hastalara uygulanan İMV desteğinin özellikleri.....	44
Tablo 4.14. Çalışma anında hastalara uygulanan akciğer koruyucu uygulamalar ve tedaviler.....	45
Tablo 4.15. Sedasyon ve analjezi uygulanan hastalarda ilaçların dağılımı.....	45
Tablo 4.16. Mekanik ventilatör tedavisi sırasında gelişen durumlar ve komplikasyonlar.....	46



1. GİRİŞ

Çocuk yoğun bakım üniteleri (ÇYBÜ), kritik hasta çocukların bakım ve tedavilerinin yapıldığı ünitelerdir. Takip edilen hastalar bir veya birden fazla organ ve sistem yetersizliğinden kaynaklanan ya da geçirdikleri cerrahi operasyonlar sonrası genel durumları ve vital bulgularının yakın takip edilmesi gereken hastalardan oluşmaktadır. En sık başvuru nedenleri arasında olan solunum sıkıntısı ve yetmezliği yönetimi ise hastaların mortalitesi ve morbiditesi açısından önemli bir yere sahiptir.

Solunum sıkıntısı ve yetmezliği tedavisinde kullanılan solunum destek yöntemleri arasında öncelikle oksijenizasyonun sağlanması amacı ile düşük ve yüksek akışlı oksijen sistemleri yer almaktadır. Oksijen desteği hastanın ihtiyacına ve kliniğine göre belirlenir. Hastaların yakın takibi ile mekanik ventilasyon yöntemleri kullanılması gerekebilmektedir.

Noninvaziv ve invaziv mekanik ventilasyon uygulamaları ÇYBÜ'lerde sıklıkla kullanılmaktadır. Noninvaziv mekanik ventilasyon akut durumlarda standart oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında entübasyonu önlemede daha etkindir. Bu iş için özelleşmiş cihazlarla ya da konvasiyonel mekanik ventilatörlerle uygulanabilmektedir. Tüm solunum yetmezliği tiplerinde kullanılmaktadır. Akut solunum sıkıntısı sendromunda (ARDS'de) ise noninvaziv mekanik ventilasyonun, uygun hastalarda yakın takip edilmesi hastanın oksijenizasyonunda bozulma olması durumunda invaziv yöntemlere geçilmesi önerilmektedir.

Çocuklarda invaziv mekanik ventilasyon (İMV) uygulamaları ile ilgili pek çok farklı yöntem bulunmaktadır. Sıklıkla basınç ya da hacim kontrollü, yardımcı, destekli veya spontan modlar mekanik ventilatörlerde yer almaktadır. Çocuklarda henüz üstünlüğü gösterilmiş bir mod bulunmamakla beraber ventilasyon modu hastaya hekimin tecrübesine göre tercih edilmektedir. İMV hem restriktif hem obstrüktif akciğer patolojilerinde uygulanabilmektedir. Oksijenizasyonun düzelmesi ventilasyonun sağlanması yanı sıra barotravma volütravma atelektotravma gibi olumsuz etkileri nedeni ile İMV'de akciğer koruyucu ventilasyon stratejileri geliştirilmektedir. Solunum fizyolojisinin iyi bilinmesi ve

oksijenizasyonun, komplians, rezistans, plato basıncı ve sürücü basıncın yakın izlemi, permisif hipoksemi ve hiperkapniye izin verilmesi bu olumsuz etkilerin önüne geçmek ya da azaltmak amacıyla önerilmektedir. İMV süresinin uzaması ventilatör ilişkili enfeksiyon riskini arttırmaktadır. Çocuklarda kanıtlanmış bir protokol olmamakla beraber İMV'den ayırmak amacı ile çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Çocuğun ventilatörden ayırmaya hazır olduğunu tespit etmek amacıyla çeşitli indeks ve skor sistemleri mevcuttur.

Bu kesitsel anket çalışması ile Türkiye'deki ÇYBÜ'lerde solunum destek sistemleri uygulanan hastaların tanımlayıcı bilgilerinin elde edilmesi, mekanik ventilasyon uygulamalarının değerlendirilmesi, literatürdeki uygulamalar ve rehberlerle karşılaştırılması, karşılaşılan komplikasyonların belirlenmesi amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

Kritik bakım, hayatı tehdit eden durum veya risklerin varlığında hastanın bakımının gerçekleştirilmesi durumudur. Yoğun bakım ünitelerinde takip edilen hastalar bu grubu temsil eder. Yakın gözlem ve izlem gerçekleştirilen bu hastalarda diğer hasta gruplarına göre daha yüksek mortalite ve morbidite oranları görülmektedir (1).

2.1. Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi

Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi (ÇYBÜ) hayati riski olan çocuk hastalara kritik bakım yapılan birimlerdir. ÇYBÜ'leri çocuk sağlığı ve hastalıkları uzmanı ya da çocuk yoğun bakım uzmanı tarafından yönetilmektedir. Birimin bulunduğu ülkeye veya hastaneye göre değişiklik göstermekle beraber çocuk yoğun bakım ekibi diğer alt uzmanlıklar, solunum terapistleri, beslenme uzmanları, eczacılar, sosyal hizmet uzmanları, fizyoterapistleri içeren bir ekipten oluşmaktadır. ÇYBÜ'de hastalar monitörizasyon sistemleri, karmaşık teknolojik cihazlar ve ekipmanlar kullanılarak yakın takip edilmektedir (2, 3).

Çocuk yoğun bakım uzmanlığı, son 40 yıldır farklı bir alt uzmanlık alanı olarak tanımlanmıştır. Çocuk yoğun bakım uzmanları, kardiyorespiratuvar yetmezlik, çoklu organ yetmezliği gibi kritik durumda olan, cerrahi müdahale veya travma sonrası ihtiyacı olan çocukların tedavisini, destekleyici bakımını ve karmaşık tedavi planlarını koordine etmektedir (4).

2.2. ÇYBÜ Tarihçesi ve Türkiye'de Çocuk Yoğun Bakım

1930-1950 yılları arasında polio salgını sırasında "demir akciğer" isimli ventilatörlerle erişkin yoğun bakım ünitelerinin oluşturulması sonrasında, bu ünitelerde polio hastalığına yakalanan çocukların bakımı da üstlenildi. Sonrasında yenidoğan yoğun bakım üniteleri kurularak yenidoğan ve prematüre bebeklerin beslenme, çevresel destek prosedürleri, hiyalin membran hastalığında sürfaktanın kullanımı, ventilasyon teknikleri ve izleme yöntemleri geliştirildi (5).



Şekil 2.1. Demir akciğer (6)

ÇYBÜ alanında uzmanlık programlarının öncesinde pediatrik anestezi uzmanları ÇYBÜ'lerin kurulmasına öncülük etmişlerdir (4). Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından 2011 yılında ÇYBÜ için usul ve esasların bulunduğu tebliğ yayınlanmıştır ve bu tebliğde ÇYBÜ yönetiminde öncelikli sorumlu kişinin çocuk yoğun bakım uzmanı olduğu, bulunmadığı durumlarda bu konuda eğitim almış olan çocuk sağlığı ve hastalıkları uzman hekimi tarafından da yürütülebileceği belirtilmiştir (7). Ülkemizde çocuk sağlığı ve hastalıkları uzmanlığı sonrası 3 yıl süren yan dal eğitimi tamamlanarak çocuk yoğun bakım uzmanı olunmaktadır.

2.3. Yoğun Bakım Ünitesinde İleri Monitörizasyon ve Tedavi Yöntemleri

Çocuk yoğun bakım üniteleri hastaların yakın takip ve tedavisi için pek çok farklı monitörizasyon teknolojisinin, medikal ve cihaz aracılı tedavi yönteminin kullanıldığı merkezlerdir. Bunun için kullanılan izlem yöntemleri ve cihazlar Tablo 2.1'de yer almaktadır.

Tablo 2.1: Yoğun bakım ünitelerinde kullanılan cihaz ve takip yöntemleri (1)

Sistem	Genel	Özelleşmiş
Solunum	Yüksek akış oksijen Yüksek akış nazal kanül CPAP (nazal, yüz maskesi) Noninvaziv mekanik ventilatör İnvaziv mekanik ventilatör Perkütanöz trakeostomi Bronkoskopi Pron ventilasyon	ECMO ECCO ₂ R Osilatör ventilasyon
Kardiyovasküler	Sıvı yönetimi Vazopressör-introp Arter, santral kateter Kardiyak akış monitörizasyonu Kardiyak pace maker Ekokardiyografi	İntra-aortik balon pompa ECMO Ventriküler asist cihazı
Renal	Renal replasman tedavileri	
Sinir sistemi	Nörolojik gözlem EEG monitörizasyon Kafa içi basınç ölçümü Töropatik soğutma Sıcaklık kontrolü	Juguler venöz oksimetre Transkraniyal doppler Serebral mikrodializ Serebral oksijen takibi
Gastrointestinal	Enteral beslenme Parenteral beslenme İntraabdominal basınç	
Diğer	Epidural analjezi İntratekal analjezi Plazma değişimi Nöromusküler izlem	

2.4. Kritik Çocuk Hastalarda Solunum Yetmezliği

Solunum yetersizliği yeterli O₂ desteğinin, CO₂ atılımının ya da her ikisinin sağlanamamasıdır. Solunum yetmezliği kriterleri Tablo 2.2’de gösterilmiştir. İki klinik bir laboratuvar bulgu solunum yetmezliği tanısı için yeterlidir (8). Solunum sisteminin bileşenleri, üst ve alt solunum yolları, merkezi ve periferik sinir sistemleri, göğüs duvarı (kas, kemik, bağ dokusu vb.) yapılarıdır. Solunum yetmezliği, bu bileşenlerden herhangi birinde anormallik olduğunda ortaya çıkabilmektedir (9).

2017'de Amerika Birleşik Devletleri'nde solunum yetmezliği insidansı yetişkinlerde 100.000 kişi başına 1.275 vaka, solunum yolu hastalıkları olan çocuklarda ise %4,6-9,9 olarak bulunmuştur (10-12).

Tablo 2.2. Solunum yetersizliği kriterleri (13)

Klinik Kriter	Laboratuvar Kriteri
Solunum seslerinin azalması, duyulmaması	$PaO_2 < 50$ mmHg $PaCO_2 > 50$ mmHg
Ciddi iç çekme, yardımcı solunum kası kullanma	Respiratuvar asidoz
Oda havasında siyanoz gözlenmesi, bilinç kaybı, ağırlı uyarana yanıtsızlık	%60 O_2 desteğinde $PaO_2 < 60$ mmHg, $PaCO_2 > 60$ mmHg
Kas tonusu kaybı	Vital kapasitenin 15 ml/kg altına düşmesi
Wheezing	Maksimal inspirasyon basıncının - 20 mmHg altına inmesi
Öksürme öğürme gibi reflekslerin kaybı	$V_d/V_t > 0,75$
Apne görülmesi	

2.4.1. Tip 1 Solunum Yetmezliği

Tip 1 solunum yetmezliğinde karakteristik olarak parsiyel arteriyel oksijenin basıncı (PaO_2) < 60 mmHg ve parsiyel karbondioksit basıncı ($PaCO_2$) normal veya azalmış olarak saptanır. Hipoksemi nedenine bağlı olarak alveoler-arteriyel (A-a) gradient normal veya artmış olabilir (14).

Hipoksik solunum yetmezliği mekanizmaları Tablo 2.3'te yer almaktadır (8).

Tablo 2.3. Hipoksik solunum yetmezliği mekanizmaları

Mekanizma
1. Yetersiz inspiratuvar O_2 parsiyel basıncı
2. Alveoller hipoventilasyon
3. Ventilasyon perfüzyon uyumsuzluğu
4. Yetersiz perfüzyon dengesi
5. Sağdan sola şant

Normal alveolar-arteriyel gradiyenti olan hastaların etiyolojisi (15, 16):

- Düşük atmosferik basınç/solunan oksijen fraksiyonu: Parsiyel alveoler oksijen basıncının (PAO_2) düşük atmosferik basınç (P_{atm}) ve soluk havasındaki düşük oksijen seviyeleri (FiO_2) ile azalmaktadır. Her iki durumda da A-a gradienti normal kalır ve $PaCO_2$ azalır, çünkü hipoksiye yanıt olarak hiperventilasyon gelişir. Sıklıkla yüksek rakımlarda meydana gelmektedir.
- Alveoler hipoventilasyon: Alveoler hipoventilasyon, arteriyel $PaCO_2$ artışla sonuçlanır. Alveoler gaz denklemine göre, $PaCO_2$ 'deki artış PAO_2 , azalmasına neden olur. Bu durumda, PAO_2 ve PaO_2 eşit oranda azaldığı için A-a gradienti normaldir. Alveoler hipoventilasyon şiddetli olduğunda ise Tip 2 solunum yetmezliği de gelişmektedir.

Artmış alveolar-arteriyel gradiyenti olan hastaların etiyolojisi:

- Difüzyon bozukluğu: Akciğerlerde gaz değişimi, alveoler-kapiller membranda gerçekleşir. Alveoler-kapiller membranın alveoler bileşeninde yüzey alanının azalması veya kalınlığın artması gibi yapısal değişiklikler difüzyon bozukluklarına neden olabilir. Ayrıca, alveoler-kapiller membranda pulmoner kapiller geçiş süresinin azalması da difüzyon bozukluklarına yol açabilir. Karbon dioksitin oksijenden daha kolay difüze olması nedeniyle her iki durumda da hiperkapni meydana gelmemektedir (17).
- Ventilasyon/perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu: Alveoler gaz kompozisyonu, alveoler-kapiller membranda meydana gelen alveoler ventilasyon ve pulmoner kapiller kan akımının dengesine bağlıdır. Bu denge tam sağlandığında V/Q oranı bire eşittir. Ventilasyon, perfüzyona göre fazlaysa, oran birden büyük; perfüzyon, ventilasyona göre fazlaysa, V/Q oranı birden küçüktür. Perfüzyon olmadığında V/Q oranı sonsuz olur ve ölü boşluk ventilasyonu meydana gelir. Ventilasyon yok ise V/Q oranı sıfırdır ve şant oluşmaktadır. Bununla birlikte, sağlıklı bireylerde V/Q oranı yaklaşık olarak 0.8'dir, çünkü ventilasyon ile perfüzyon dengesi akciğerin tepe noktasından tabanına farklılık gösterir. V/Q uyumsuzluğu, Tip 1 solunum yetmezliğinin en yaygın nedenidir (18).

- Sağdan sola şant: V/Q oranı sıfır iken alveoler-kapiller membranda gaz değişimi olmaması şantı ifade etmektedir. Atriyal septal defekt ve patent foramen ovale gibi intrakardiyak sağdan sola şant ile benzer olmakla beraber V/Q uyumsuzluğunun aksine, gerçek şant, oksijen tedavisi ile düzelmez (19).

2.4.2. Tip 2 Solunum Yetmezliği

Hiperkapnik solunum yetmezliği, solunum pompası yetmezliği ve/veya artmış CO₂ üretimi nedeniyle arteriyel PaCO₂'nin 45 mmHg'nin üzerinde ve pH'nın 7.35'in altında olması olarak tanımlanır. Alveoler ventilasyon denklemine göre PaCO₂ seviyesi, CO₂ üretim hızı (VCO₂) ile doğru, CO₂ eliminasyon hızı [alveoler ventilasyon (VA)] ile ters orantılıdır ($PaCO_2 = VCO_2/VA$) (20).

- Solunum pompası yetmezliği: Solunum pompası, göğüs duvarı, pulmoner parankim, solunum kasları ve merkezi ile periferik sinir sistemlerinden oluşur. Solunum pompa yetersizliğinin en önemli bulgusu hiperkapnidir. Bu hastalarda ek 3 faktör CO₂ birikimine neden olur; sağdan sola şant (düşük V/Q birimlerinin varlığı), ölü boşluk ventilasyonu (yüksek V/Q birimleri) veya CO₂ üretiminin artması. Bu bileşenlerinden herhangi birinin fonksiyonunda yetersizlik ventilasyonun bozulmasına neden olur (14).
 - Azalmış merkezi sinir sistemi uyarısı: Sedatifler (alkol, benzodiazepinler ve opiatlar, vb) ve merkezi sinir sistemi hastalıkları (ensefalit, tümör ve omurilik yaralanması, vb) hipoventilasyona neden olabilir (21).
 - Değişmiş nöral ve nöromusküler iletim: Amiyotrofik lateral skleroz, botulizm, Guillain-Barre sendromu, miyasteni gravis, organofosfat zehirlenmesi, polio miyelit, omurilik yaralanması, tetanoz ve transvers miyelit solunum pompasının işlevini bozarak hipoventilasyona neden olabilir (21).

- Kas anormallikleri: Diyafram felci veya diğer diyafram kası ilişkili sıkıntılar, yaygın kas atrofisi ve kas distrofisi solunum pompasının işlevini bozarak hipoventilasyona neden olabilir (21).
- Ölü boşluk ventilasyonu: V/Q oranını artıran durumlar; ARDS, bronşit, bronşiektazi, amfizem ve pulmoner emboli hipoventilasyona yol açabilir. Hipoventilasyon genellikle ölü boşluk ventilasyonu toplam ventilasyonun %50'sini aştığında meydana gelir. Ölü boşluk (VD), gaz değişimine anatomik veya fizyolojik olarak uygun olmayan akciğer bölgelerini ifade eder. Takipne durumunda, ölü boşluk hacminin tidal hacme oranı (VD/Vt) artarak yüksek PaCO₂'ye neden olabilir(22).
- Artmış CO₂ üretimi: CO₂, oksidatif metabolizmanın yan ürünüdür. Ateş, egzersiz, aşırı beslenme, sepsis ve tirotoksikoz gibi durumlar yüksek CO₂ üretimine neden olabilir. Yüksek CO₂ üretimi ventilasyon mekanizmalarının artışı ile kompanse edilmeye çalışılır ancak başarısız olduğu durumlarda patolojik hale gelir (23).

2.4.3. Mikst Solunum Yetmezliği

Akciğerlerin oksijen ve karbondioksit değişimi işlevini yerine getirememesi durumudur. Mikst tip solunum yetmezliği, hem obstrüktif hem de restriktif tip solunum yetmezliğinin eşlik ettiği bir durumdur (24).

Çocuklarda mikst tip solunum yetmezliğine neden olabilecek birçok faktör vardır. Bu faktörler arasında infeksiyöz hastalıklar (menenjit, sepsis, pnömoni ve bronşiolit gibi), alerjik reaksiyonlar (astım ve alerjik bronşit), travma, nörolojik hastalıklar (spinal müsküler atrofi, Guillain-Barré sendromu ve miyopati), endokrin hastalıklar (tiroid fonksiyon bozuklukları, Cushing sendromu), ilaçlar yer almaktadır (24).

2.5. Solunum Yetmezliği Tedavisi

Solunum yetmezliği yönetiminde stabilizasyon, yakın monitörizasyon, altta yatan hastalığın tedavi edilmesi, genel önlemler ve oksijen tedavisi ile vital bulguların normal düzeyde tutulması hedeflenmektedir.

Solunum destek tedavisi uygulaması temelde ikiye ayrılır (8):

- Yeterli inspirasyon kuvveti ve vital kapasitesi olanlar için oksijen tedavisi
- Mekanik ventilasyon tedavisi

Tablo 2.4. Oksijen destek sistemlerinin genel özellikleri (8)

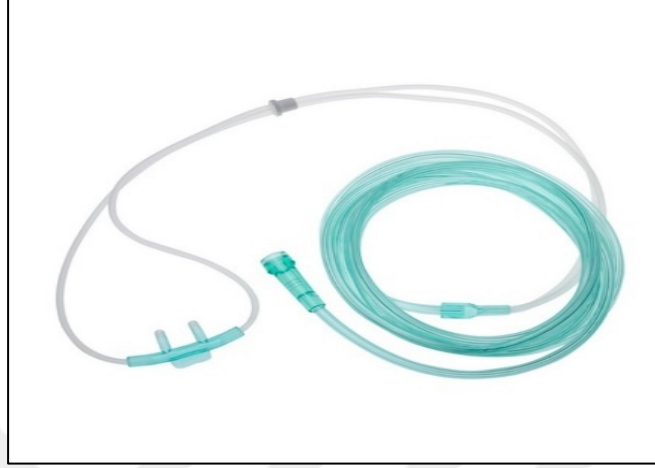
	Akım Hızı (l/dk)	Avantaj	Dezavantaj
Nazal kanül	1-6	Basit, rahat, ucuz ve ağzın kullanımına izin verir.	Burunda tıkanıklık olduğu durumda etkinliği azalır ve 4 l/dk üzerinde tahriş olasılığı mevcut.
Basit O₂ Maskesi	5-10	Nazal sistemden daha yüksek akım	Düşük akım hızında yeniden soluma meydana gelebilir, aspirasyon riski mevcuttur.
Rezervuarlı Maske	<15	Daha düşük akımlarda daha yüksek FiO ₂	Oksijen toksisitesi ve atelettazi riski vardır.
Ventüri maskeler	>12	Oksijen konsantrasyon kolaylığı	Oksijen toksisitesi nedeniyle dikkat edilmelidir.
Yüksek akım maskeleri	>30	FiO ₂ %24-100 arasında olabilir.	Isı ve nemin ayarlanması gerekir

2.5.1. Düşük Akışlı Oksijen Tedavisi

Nazal kanül, basit yüz maskesi, rezervuarlı maskeler ve difüzör maskeler gibi yavaş akımlı (<15 l/dk akım hızı) sistemlerdir (8). Düşük akışlı sistemlerde oda havası, oksijenle karışarak hastaya ulaşan FiO₂'yi seyreltir (25).

- Nazal kanül: Oksijeni kaynağından doğrudan burun deliklerine iletmek için kulakların arkasından geçirilerek takılan ince bir kanüldür. Evde kullanım için en yaygın yöntem olmakla beraber konuşma, yemek yeme açısından daha konforlu olması nedeniyle

tercih edilmektedir. 1-6 l/dk akış hızı ile hastaya oksijen verilebilmektedir (26). Hastaya ulaşan oksijen konsantrasyonu akış ile orantılı değişmektedir (Tablo 2.5)



Şekil 2.2. Nazal kanül (27)

Yüz maskeleri: Yüz maskeleri genellikle basit yüz maskeleri, ventüri ve geri solumasız maskeler olmak üzere üç ana türe ayrılmaktadır.

- Basit yüz maskesi; altında bağlı bir torbası olmayan ve dakikada 5-10l/dk oksijen sağlayan maskelerdir. Hastaya ulaşan Oksijen konsantrasyonu akış ile değişmekle beraber %40-60 arasında değişmektedir (Tablo 2.5).



Şekil 2.3. Basit yüz maskesi

- Rezervuarlı maske: Bir torba ile oksijen rezervuarı yapılan maskedir. Bu maskelerde hastanın ekspiryum havasını geri soluyup solumamasına göre kısmi geri solumalı ve geri

solumasız olarak ikiye ayrılır. İnspiryum ile birlikte bir tek yönlü valf aracılığıyla %100 oksijen içeren rezervuar torbadan oksijen çekilir. Daha yüksek akışlarla daha yüksek konsantrasyonda oksijen verilmesi sağlanmış olur (Tablo 2.5). Her iki tarafında yer alan ekshalasyon için portlar ve ekspiryumda açılan tek yönlü valflerin varlığı halinde geri solumasız olarak adlandırılır (26).



Şekil 2.4. Geri solumasız yüz maskesi (28)

Tablo 2.5. Düşük akım verilen maske türleri arasında FiO₂ değerleri (28)

Akım	FiO ₂			
l/dk	Nazal maske	Basit maske	Diffüzör maske	Rezervuarlı maske
1	0,24		0,24	
2	0,28		0,27-0,32	
3	0,32			
4	0,36		0,34-0,40	
5	0,4	0,4		
6	0,44	0,40-0,50	0,42-0,48	0,6
7		0,50-0,60		0,7
8		0,6	0,49-0,55	0,8
9				>0,80
10			0,53-0,65	>0,80

2.5.2. Yüksek Akışlı Oksijen Tedavisi

Düşük akımlı sistemlerde hastanın dakika ventilasyonunun bir kısmı saf oksijen olarak karşılanır, kalan kısım oda havasından tamamlanır. Akut solunum yetmezliğinde dakika ventilasyonu artmış hastalarda yeterli oksijenizasyon düşük akımla oksijen veren sistemler ile sağlanamayabilir (29, 30). Böyle hastalarda

ventüri maske ve yüksek akışlı nazal kanül oksijen (YANKO) gibi yüksek akımlı sistemler ile uygulanabilir.

- YANKO tedavisi: 60 l/dk kadar ısıtılmış ve nemlendirilmiş oksijen sağlayabilen bir sistemdir. Yaşa ve ağırlığa göre farklı akım hızları ayarlanabilmektedir (Şekil 2.5 ve Tablo 2.7) (31).

Tablo 2.6. YANKO akım hızının yaşa ve ağırlığa göre değişimi

Yaş	Ağırlık (kg)	Akım (l/dk)
<1 ay	4	5-8
1 ay-1 yaş	4-10	8-20
1-6 yaş	10-20	12-25
6-12 yaş	20-40	20-30
12-18 yaş	>40	25-50

YANKO'nun etkisi beş mekanizma ile açıklanmaktadır (32):

- Fizyolojik ölü boşlukta CO₂ dahil atık gazların temizlenmesi
- Pozitif ekspiratuvar son basınç (PEEP)
- Artmış tidal hacim
- Artmış ekspiratuvar hacim
- Takipnede azalma

YANKO birçok klinik uygulamaya sahiptir. Bunlar (32):

- Akut hipoksemik solunum yetmezliği
- Postoperatif solunum yetmezliği
- Akut kalp yetmezliği/akciğer ödemi
- Hiperkapnik solunum yetmezliği,
- Entübasyon öncesi ve sonrası oksijen tedavisi
- Obstrüktif uyku apnesi



Şekil 2.5. Yüksek akışlı nazal kanül cihazı (33)

- Venturi maskesi (hava karıştırma): Daha yüksek akımlarda jet karıştırma etkisi kullanarak, akıma göre önceden belirlenmiş konsantrasyonda oksijen sağlayabilen maskelerdir. Akıma göre renk kodları mevcuttur. Diğer yüz maskelerinde olduğu gibi yemek yeme, içme veya iletişim kurma açısından dezavantajları vardır (26).

2.5.3. Noninvaziv Ventilasyon

Noninvaziv ventilasyonun (NİV) modern kullanımı, 1980'lerin sonlarına doğru başlamıştır. Bu dönemde, hastaların yüzlerine veya burunlarına yerleştirilen maskeler aracılığıyla pozitif basınçla hava verilerek solunum desteklenmeye çalışılmıştır. Günümüzde NİV büyük ölçüde geliştirilerek çok sayıda farklı nedene bağlı solunum yetmezliğinin tedavisinde yerini almıştır. Akut durumlarda standart oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında entübasyonu önlemede etkili olduğu gösterilmiştir (34).

2.5.3.1. Non-İnvaziv Mekanik Ventilatör Endikasyonları

Aşağıdaki durumlarda NİV kullanımı önerilmektedir (8):

- Astım, bronşiolit
- Pnömoni
- Pulmoner ödem
- Kistik fibrozis
- Akut göğüs sendromu

- Trakeomalezi, laringomalezi, Pierre Robin sendromuna bağlı dinamik üst hava yolu tıkanıklığı

Hastaların oksijenasyonlarını takip etmek amacıyla kan gazı parametreleri dışında kullanılan değerler S/F (oksijen satürasyonu/FiO₂) ve P/F (parsiyel arteriyel oksijen basıncı/FiO₂) oranlarıdır (35).

Hastada satürasyon hedefinin %92-95 olarak sağlanamaması ve hedef FiO₂ olan %50'in altına uzun sürede düşülememesi, kan gazı analizinde solunumsal asidozun ağırlaşması, kan gazında hiperkarbi düzeyinin artması veya NİV'e rağmen düzelme görülmemesi durumunda entübasyon düşünülmelidir (8).

2.1.1. Non-İnvaziv Mekanik Ventilasyon Kontrendikasyonları

NİV kullanımı sırasında karşımıza kesin ve göreceli kontrendikasyon durumları çıkmaktadır. Bu durumlar Tablo 2.7'de yer almaktadır (8).

Tablo 2.7. Noninvaziv mekanik ventilasyon kontrendikasyonları

Kesin Kontrendikasyonlar
Kardiyopulmoner arrest
Bozulmuş bilinç düzeyi (Akut ve Glasgow Koma Skoru 8 ve altında)
Aspirasyon riskinin yüksek olması
Hava yolu açıklığının korunamaması
Göreceli Kontrendikasyonlar
Artan miktarda veya yüksek düzeyde vazopressör kullanım ihtiyacı
Üst gastrointestinal sistem kanamalar
Yüz yaralanmaları
Tedavi edilmemiş pnömotoraks
Hastanın yüz ve havayollarında anomali durumu

2.1.1.1. Noninvaziv Mekanik Ventilatör Cihazları ve Arayüzleri

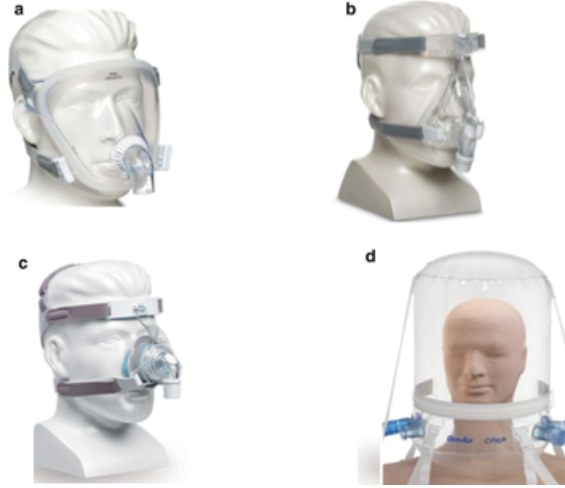
NİV'in başarılı olabilmesi için, ventilatör sistemi hava kaçaklarını etkili bir şekilde kompanse edebilmeli, konforlu ve hasta tarafından kabul edilebilir

olmalıdır. NİV uygulaması için konvansiyonel cihazlar kullanılabildiği gibi bu iş için özelleşmiş cihazlar da mevcuttur.

Hastanın yüz şekline uygun uyum sağlayabildiği bir maske seçilmeli ve yüze uygun bantlarla çok sıkı olmayacak şekilde sabitlenmelidir. NİV sırasında kullanılan maskeler farklı özelliklere göre sınıflandırılabilir (8):

- Uygulama bölgesine göre
 - o Nazal
 - o Oro-nazal
 - o Tam yüz maskeleri
 - o Helmet
- Güvenlik özelliklerine göre
 - o Asfiksi valfi olan
 - o Asfiksi valfi olmayan
- Ekshalasyona göre
 - o Vented: Ekshalasyon havasının maskedeki bir pordan dışarı atılmasının sağlandığı maskelerdir
 - o Non-vented: Ekspiryum havası maskeden atılmaz. Ventilator devresinin ekspiryum hattı ile cihaza dönerek uzaklaştırıldığı sistemlerdir.

Oranazal ya da tam yüz maskesi burnu ve ağzı aynı anda kaplar. Akut solunum yetmezliğinde daha çok tercih edilmektedir, ancak kronik uygulamalarda da faydalı olabilir. Oronazal maske nazal maskeye göre daha az hava kaçağı ve daha etkin bir ventilasyon sağlar, hastanın ağızdan solumasına da olanak verdiğinden, daha az hasta kooperasyonu gerektirir. Ancak oral alımı ve konuşmayı engellediği için yüz maskesi ile daha çok uyum problemi yaşanmaktadır (Tablo 2.8 de maskeler, avantaj ve dezavantajları gösterilmiştir). Eğer yüz maskesi kullanılacak ise kusma ve takiben aspirasyon riskine karşın maskenin şeffaf olması gerekmektedir.



Şekil 2.6. Noninvaziv mekanik ventilatörde kullanılan maske türleri (36)
a; Tam yüz maskesi, **b;** Oranazal maske **c;** Nazal maske, **d;** Helmet maske

Tablo 2.8. Maske türleri avantaj ve dezavantajları

Tür	Avantaj	Dezavantaj
Nazal Maske	Aspirasyon riski az Sekresyonlar kolay temizlenir Ölü boşluk az Yeme ve konuşma	Daha az etkili Nazal irritasyon, nazal darlık Nazal pasajda yüksek direnç Ağızdan kaçak
Oranazal Maske	İyi ventilasyon Kaçak az Deri lezyonu Akut solunum yetmezliği	Ölü boşluk daha fazla Gastrik distansiyon Aspirasyon Klostrofobi Konuşamaz Asfiksi

2.1.1.2. Noninvaziv Mekanik Ventilatör Modları

- Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP): Hastalara tüm solunum siklusu boyunca pozitif basınç uygulanan bir tedavi türüdür. Ekspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (EPAP) ayarlanır. Ekspiryum sonunda alveollerin açık kalması sağlanarak fonksiyonel rezidüel kapasite artmaktadır. Bu modda alveoller açık kalır (atelektazi önlenir) ve tekrardan açmak için daha az basınç gerekir sonuç olarak solunum iş yükü azalır (8).

- İki seviyeli pozitif havayolu basıncı (BİPAP): En sık kullanılan NİV yöntemidir. İnspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (İPAP) inspiriyuma yardımcı olur, tidal hacmi ve dakika ventilasyonu artırır.

BİPAP modlarında BİPAP-S spontan solunumu olan hastalarda, hasta ile senkronize, İPAP, EPAP değerleri ayarlanan, hastanın inspiryum zamanını belirlediği bir moddur. Diğer mod ise BİPAP-T modudur. İleri derecede solunum desteği ihtiyacı olan spontan solunumu yetersiz hastalarda kullanılmaktadır. İnspiryum zamanı, soluk sayısı, İPAP, EPAP değerleri ayarlanır. BİPAP-ST modu ise spontan solunumu mevcut ancak aralıklı olarak yeterli olmayan apne görülen hastalarda kullanılır. İPAP ve EPAP'ın yanı sıra solunum sayısı belirlenir, aktif spontan soluk sayısı belirlenenin altına düştüğü zamanlarda cihaz tarafından kontrollü olarak gerçekleştirir (8).

Tablo 2.9. BİPAP yöntemleri (8)

Mod	Ayarlanan parametreler	Spontan solunum
BİPAP-S	İPAP, EPAP	Var
BİPAP-ST	İPAP, EPAP, Solunum sayısı	Var ancak apne atakları görülebilir
BİPAP-T	İPAP, EPAP, Solunum sayısı ve süresi	Yeterli spontan solunum mevcut değil

Hastaların NİV takibinde dikkat edilmesi gereken durumlar (8);

- Hastanın kan gazı, oksijen satürasyonu, EKG monitörizasyonu, fizik muayene bulguları (solunum sıkıntısı derecesi, yardımcı solunum kası kullanımı, retraksiyonun lokalizasyonu şiddeti, burun kanadı solunumu, solunum sesleri, subkutanöz amfizem ve gastrik distansiyon) ve radyografik iyileşme (akciğer filmi) takip edilmelidir.
- NİV maske uyumu, havayolu basıncı ve bağlantıdan ayrılma alarmları, FiO₂ değeri, inspirasyon bağlantısındaki gazın sıcaklığı ve nem oranı da cihaz ilişkili takip gerektiren durum ve değişkenlerdir.

2.1.1.3. Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Komplikasyonları

NİV'in en yaygın komplikasyonu maske ilişkili problemlerdir. Yüz maske uyumsuzluğu, bantların sıkılığı ilişkili bası ülserleri bunların başında gelmektedir. Hipersensitivite veya enfeksiyona bağlı cilt döküntüsü de bir diğer maske ilişkili durumdur (34).

Basınca bağlı olarak hastalar, rahatsızlık, kulak ve sinüs ağrısı veya mide şişkinliği gibi semptomlar yaşayabilir. Basınç kaynaklı ciddi yan etkiler arasında pnömotoraks, pnömosefali ve pnömomediastinum yer almaktadır (37, 38).

Aspirasyon NİV'in ciddi bir komplikasyonudur ve hastaların düşük aspirasyon riskine sahip olduğundan emin olmak için hasta seçimi sırasında önlemler alınmalıdır. Nadiren, hastada solunum yetmezliği ve azalmış kardiyak debi bulguları mevcut ise NİV, intratorasik basıncın artması ile ilişkili hemodinamik sorunlara neden olabilir ve preload'ı azaltabilir (39).

2.1.2. Çocuklarda İnvaziv Mekanik Ventilasyon

İnvaziv mekanik ventilasyon, akciğerlerin yaptığı solunum işlevinin çeşitli tıbbi endikasyonlar nedeniyle mekanik ventilatörler yardımı ile sürdürülmesidir. İMV'nun yaygınlaşması esas olarak 20. yüzyılın başlarına dayanmaktadır. 1930-1950 yılları arasında negatif basınçlı ventilatörler (demir akciğer) kullanılmaya başlanmış ve sonrasında yerini pozitif basınçlı ventilatörlere bırakmıştır. Günümüzde yoğun bakım ünitelerinde en sık kullanılan tedavi ve destek yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Pozitif basınçla hava yolu sisteminin komplians ve direncine bağlı bir tedavi yöntemidir. Fizyolojik olarak inspirasyonda, inspiratuvar kaslar tarafından oluşturulan negatif plevral basınç ile akciğerlere hava girişi sağlanmakta iken, mekanik ventilasyon sırasında ise pozitif hava yolu basıncı akciğerlere sürüklenir, bu da pozitif transpulmoner basınca yol açar (8).

2.1.2.1. Mekanik ventilasyon endikasyonları

Aşağıdaki durumlarda mekanik ventilasyon uygulaması önerilmektedir (40):

- Akut solunum yetmezliği (Tip 1 Tip 2 solunum yetmezliği)
- Takipne
- Göğüs duvarı bütünlüğünün kaybolması

- Apne ve hipoventilasyon
- Bilinçte bozulma, koma durumu
- Nöromusküler güçsüzlük
- Koruyucu hava yolu reflekslerinin olmaması
- Hemodinamik instabilite
- Hastanın nakli sırasında solunum yetmezliği, hemodinamik instabilite, nöromusküler yetersizlik gelişme riski olması

2.1.2.2. Temel Mekanik Ventilasyon Yöntemleri

Mekanik ventilasyon sırasında hastanın ne zaman ne şekilde soluk alacağını ve ventilatörün solunum fazlarına nasıl müdahale edeceğini belirlendiği farklı solunum uygulamalarına ventilasyon yöntemleri (modları) denir. Ventilatör tarafından hasta akciğerindeki basınç akım ve hacim değişkenlerinin zaman eğrisi üzerinde nasıl şekilleneceği belirlenmiş olur. Temel olarak mekanik ventilatörde solunum şekilleri inspiyum başlatma, sonlandırma soluk sayısı açısından; zorunlu (mandatory), yardımcı (assisted), destekli (supported) ve spontan olarak sınıflandırılmaktadır (Tablo 2.11).

Tablo 2.10. Mekanik ventilatörde temel solunum şekilleri

Solunum şekli	İnspiryum başlatma	İnspiryum sonlanma	Soluk sayısı
Zorunlu	Ventilatör	Ventilatör	Ventilatör
Yardımlı	Hasta	Ventilatör	Ventilatör
Destekli	Hasta	Ventilatör (kısmen)	Hasta
Spontan	Hasta	Hasta	Hasta

Tablo 2.11. Basınç ve hacim limitli ventilasyon farkları

Basınç limitli ventilasyon	Hacim limitli ventilasyon
Uygulanan basınç sabit	Tidal volüm sabit (endotrakeal tüpte kaçak olduğunda tidal volüm sağlamak zor olabilir)
Komplians ve dirence göre tidal volüm değişken	Komplians ve dirence göre tepe inspiratuar basınç değişir.
Barotravma riski daha az	Hipoventilasyon hiperventilasyon riski daha az

Mekanik ventilatörün müdahale tetikleme destekleme periyotlarına göre pek çok sınıflama yapılmaktadır. İnspiryum başlatma mekanizmasına göre zaman tetiklemeli (kontrollü) ventilasyon, basınç tetiklemeli (assisted, yardımcı) ventilasyon, kontrollü/yardımlı (assisted-control=A/C) ventilasyon olarak gruplanırken, inspiyum fazının kontrolü açısından ise basınç limitli, hacim limitli, akım limitli olarak sınıflandırılmaktadır. İnspiryum fazı sonlanmasına göre ise basınç döngülü, hacim döngülü, zaman döngülü ve akım döngülü olarak adlandırılmaktadır. Çocuklarda sıklıkla basınç limitli zaman döngülü ventilasyon metodları tercih edilmekle birlikte günümüzde hastanın kliniğine hekimin tecrübesine göre kullanılan yöntemler değişmektedir. Mekanik ventilasyon uygulanırken ayarlanması gerekli parametreler seçilen moda göre değişmektedir. Bununla beraber mekanik ventilatörde izlenmesi gereken sayısal değişkenler bulunmaktadır. Genel olarak bakıldığında bunlar aşağıda belirtilmiştir.

Tidal hacim (TV); Her solunum döngüsüyle akciğerlere giren veya çıkan hava miktarıdır. Fizyolojik olarak TV, çocuklarda 8-10 ml/kg arasındadır (41-43).

PEEP; Solunumun sonunda var olan atmosfer basıncının üzerindeki alveolar basınçtır. Fizyolojik PEEP değeri 5 cm H₂O ve üzerindedir ve 15 cm H₂O ulaşılabilir(44).

PIP; Tidal hacmi oluşturan en önemli faktördür havayolu ve akciğerin maksimum kompliansının sağlandığı tepe basıncıdır. Bu basınç maksimum 30-35 cmH₂O arasındadır (45).

PS: Basınç destek, ayarlanan basıncın belirli bir süre boyunca solunumun kontrolü ile desteklenmesini sağlayan mekanik ventilatör modudur (8).

İnspiryum zamanı; çocuklarda yaşa göre değişmektedir. İnspiryum ve ekspiryuma yeterli zaman sağlamak için dakikadaki solunum sayısına göre hesaplanarak uygun süre seçilebilir (46).

$$\text{İnspiryum zamanı} = \frac{60 \text{ sn}}{\text{solunum sayısı}}$$

Tablo 2.12. Çocuk hastalarda solunum hızları ve zamanlarının dağılımı (8)

	Başlangıç solunum hızı	Solunum zamanları
Yeni doğan	30-50/dk	0,5 sn
Süt çocuğu	30-40/dk	0,5-0,75 sn
Çocuk	20-30/dk	0,7-1 sn
Adölesan	12-20/dk	1-2 sn

Tetik; hastanın spontan solunumuna bağlı olarak meydana gelen basınç veya akım değişimine bağlı olarak mekanik ventilatör cihazının tetiklendiğini gösteren parametredir (47).

FiO₂: makine tarafından hastaya verilen oda havası ile depolanmış oksijen karışımıdır. Hastanın tedavisine %100 ile başlanır, %40 seviyesine kademeli olarak düşülerek ilerlenir. Oksijen toksisitesinden korunmak için 4 saatten uzun süre %60 üzerinde konsantrasyonda oksijen solutulmaması önerilir (8).

Plato basıncı (Pplat): Mekanik ventilasyon sırasında inspiyum basıncı tepe noktasından gaz akımının olmadığı, basıncın düşüşe geçtiği nokta arasında plato çizer. Bu basınca plato basıncı denir. Tidal volümü oluşturan asıl basınç değeridir. Hacim ventilasyon yapılan hastalarda inspiyum tutma manevrası ile ölçülmektedir.

Sürücü basınç (DP): Pplat ile PEEP arasındaki fark olup, akciğer kompliansına bağlı olarak oluşacak tidal volümü belirler. Basınç kontrollü ventilasyonda modifiye DP PIP-PEEP olarak değerlendirilmektedir.

İnspiryum/ekspiryum oranı (İ:E); solunum döngüsü inspiyum ve ekspiryum fazlarından oluşurken, döngü içinde dakikada alınan solunum sayısı inspiyum ve ekspiryum süresini belirler (48). Normal fizyolojide inspiyum süresi ekspiryum süresinden kısa olmalıdır (49).

Ortalama havayolu basıncı (MAP); solunum siklusu boyunca akciğere uygulanan ortalama havayolu basıncını gösterir. Akciğerdeki gaz dağılımının belirleyici faktörlerindendir.

Oto-PEEP: ekspiryum süresi yetersiz olduğunda meydana gelen hava hapsi nedeniyle oluşan PEEP basıncındaki artıştır.

Komplians: Birim basınç başına akciğerde meydana gelen hacim değişikliğidir.

Rezistans: Hava yolundan belli bir akım hızında hava geçişi için gerekli basınçtır.

Zaman sabiti: Akciğerlerin ne kadar hızlı dolup, boşalabileceğinin ölçüsüdür. Hava yolu rezistansı ve kompliansı tarafından belirlenir (*Rezistans x Komplians*).

İMV’de çocuklarda sıklıkla kullanılan ventilasyon yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

Basınç kontrol modu (PC): Ventilatörün kendi başlattığı, belirlenmiş sayıda (soluk sayısı), belirlenmiş sürede (İnspiryum zamanı), PEEP ve PİP’te solunum yapılan moddur. Spontan solunuma izin verilmez. Tüm solunumun kontrolü mekanik ventilatörde olduğu için oksijenasyon ve ventilasyonun daha kolay düzenlenmesi avantaj gibi görünse de akciğer kompliansı düşük hastalarda hipoventilasyonla karşılaşılabilir.

Hacim kontrol modu (VC): Ventilatörün kendi başlattığı, belirlenmiş sayıda (soluk sayısı), belirlenmiş sürede (İnspiryum zamanı), PEEP ve tidal volümde solunum yapılan moddur. PC modunda olduğu gibi hastanın spontan solunumuna izin verilmez. Tidal volüm ventilatör tarafından belirlendiği için hipoventilasyon daha az görülür, ancak barotravma riski artabilir.

Basınç düzenlemeli hacim kontrol mod (PRVC): PC ve VC modlarının avantajlarından birlikte yararlanmak ve dezavantajlarından kaçınmak amacı ile oluşturulmuş bir moddur. Bir önceki tidal volüme göre bir sonraki PİP

düzenlenmektedir. Zaman döngüsü ve basınç limiti olan iki kontrol noktası ile hasta veya zamana bağlı olarak solunumlar tetiklenir. Tidal volümün minimal barotravma ile sağlanması önemli avantajlarından biridir.

Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV) modu: Belirli zaman aralığı içinde belirlenmiş sayıda soluk verildiği solunum döngüsünün bir bölümünde ventilatörün hastanın spontan solunum çabasını beklediği ve ventilasyonu hasta ile eş zamanlı başlattığı moddur. Hacim ya da basınç limitli kullanılabilmenin yanı sıra spontan solunumların basınçla desteklendiği (SIMV-PS) şeklinde de ayarlanabilir (50).

Yardımlı kontrollü ventilasyon (AC) modu: Solukların kısmen hasta tarafından başlatıldığı bir moddur. Spontan solunumu olan hastalarda kullanılmakla beraber apne olasılığına karşılık daima minimum ventilasyonu sağlayacak sayıda kontrollü soluk sayısı sağlanmaktadır. Hastanın tetiklediği tüm spontan solunumları ventilatör tarafından ayarlanan şekilde desteklenir.

Basınç destekli ventilasyon (PSV) modu: Basınç limitli akım döngülü her solunumun hasta tarafından tetiklendiği bir yöntemdir. Hasta ve ventilatör eş zamanlı çalışır. Hastanın yeterli düzeyde uyanıklığının olması gerekir. Hastanın apne yapması ihtimaline yönelik kontrollü bir moda geçiş için güvenlik ayarları yapılmalıdır. Ventilatörden ayrılma aşamasındaki hastalarda sıklıkla kullanılan bir moddur (51).

Yüksek frekanslı osilatuar ventilasyon (HFOV): Alveollerin ekspiryumda kollabe olmasını engellemeye yönelik konvasiyonel yöntemler yüksek basınçlar gerektirmesi nedeniyle ventilatör ilişkili akciğer hasarı riskini arttırmaktadır. Ventilatöre gelen akım, titreşimi sağlayan bir pistonla iletilir ve sonrasında devre aracılığıyla hastanın hava yoluna iletilir. Yüksek frekansla yapılan ventilasyon daha az barotravmaya sebep olmakla beraber karbondioksit atılımına da katkı sağlar (52).

2.1.2.3. Mekanik ventilasyonda izlem

Hastalar mekanik ventilatöre bağlanmadan önce ve bağlandıktan sonra kontrol ve takip edilmesi gereken parametreler vardır. Bağlanmadan önce devrenin temiz ve

uygun boyutta olduğu, bağlantıların ve ayarların düzgün yapıldığı, alarmların ayarlandığı ve devre kaçağı kontrol edilmelidir. Hastaya uygun dozda sedasyon analjezi başlanmalı ve nemlendirme yapılmalıdır. İMV başladıktan sonra ise hastanın renginin, göğüs hareketlerinin, akciğer seslerinin, puls oksimetre ile ölçülen oksijen saturasyonunun, endtidal CO₂ değerinin, vital bulguların (solunum sayısı, kalp tepe atımı kan basıncı), dispne varlığının, senkronizasyonun ve endotrakeal tüpün yerinin ve kan gazının kontrol edilmesi gereklidir. Hastalara verilen tedavi süresinde oksijenizasyon durumunun takibinde ve solunum yetmezliğinin şiddetini belirlemede oksijenizasyon indeksi (OI) ve oksijen saturasyon indeksleri kullanılmaktadır (35).

$$OI = \frac{(FiO_2 \times \text{Ortalama havayolu basıncı} \times 100)}{PaO_2}$$
$$OSI = \frac{(FiO_2 \times \text{Ortalama hava yolu basıncı} \times 100)}{SpO_2}$$

Mekanik ventilasyon sırasında akciğer mekaniklerini değerlendirmek amacı ile ventilatörde basınç-zaman, akım-zaman, volüm-zaman eğrilerinin ve basınç-volüm, akım-volüm halkalarının takibi gerekmektedir. Ventilatörde izlem sırasında ölçülmesi ve takibi gereken diğer parametreler:

2.1.2.4. Özelliikli durumlarda mekanik ventilasyon

2.1.2.4.1. Obstrüktif akciğer hastalıklarında İMV

Hava yolu direncinin belirgin olarak arttığı alveollerde hava hapsi ile karakterize obstrüktif akciğer hastalıklarından çocuklarda en sık karşılaşılanları astım bronşiolit, bronkopulmoner displazidir.

Ventilasyon perfüzyon oranındaki bozulmaya bağlı olarak hipoksemi, hiperkarbi görülebilmektedir. Ölü boşluk ventilasyonun ve ekspiryum sonu hacim kapasitesinde artma oto-PEEP oluşumu nedeniyle bu hastalarda tercih edilen ventilasyon stratejisi hava hapsini arttırmadan yeterli oksijenizasyon ve ventilasyon sağlamak yönünde olmaktadır. Bu çocuklarda yüksek akım hızı, düşük soluk sayısı, kısa inspiryum ve uzun ekspiryum süresi ile sağlanabilmektedir. Oto-PEEP takibi bu hastaların yönetimi açısından önemlidir. Akut dönemde permisif hiperkapniye izin verilebilir. Normal PaCO₂ sağlamak

amacı ile yüksek dakika volümü, yüksek hava yolu basıncı ayarlama mortalite ile ilişkilidir. Düşük PEEP uygulaması (oto-PEEP'in altında) spontan solunumu olan hastalarda solunum iş yükünü azaltmaktadır. Basınç ya da volüm limitli ventilasyon yöntemleri tercih edilebilir ancak her iki yöntemin de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Basınç ventilasyonda tidal volüm hava yolu direncine bağlı değişmesi dezavantaj iken volüm ventilasyonda ise ekspiryum yeterli değil ise çok yüksek tidal volümler gelişebilir.

Obstrüktif hava yolu hastaların ventilasyon hedefleri hastaya uygun sedasyon sağlanması (midazolam, ketamin, geçici süreyle nöromusküler blokan), permisif hiperkapniye izin verilmesi, oto-PEEP takibi, ventilatör ayarları ve yanıtın yakın takibi, hava kaçağı pnömotoraks ve kardiyak problemler açısından dikkatli edilmesi şeklinde olmaktadır.

2.1.2.4.2. Restriktif Akciğer hastalıklarında İMV

Enfeksiyöz pnömoni, aspirasyon pnömonisi, inhalasyon pnömonisi, suda boğulma, pulmoner ödem, interstisyel akciğer hastalıkları ve ARDS çocuklarda restriktif akciğer hastalıklarının en sık nedenleri arasındadır. Akciğer kompliansında azalma sonucu fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma, ventilasyon perfüzyon oranında bozulma ile sağdan sola şantta artış ve hipoksi gözlenmektedir. İMV ile temel amaç fonksiyonel rezidüel kapasiteyi arttırmak, havalanmayan alveolleri açmak ve şanti azaltmak ve oksijenizasyonu düzeltmektir (8). ARDS restriktif akciğer hastalıklarının prototipi olup İMV yönetimi ARDS başlığı altında detaylandırılmıştır.

2.1.2.4.3. ARDS ve mekanik ventilasyon

Tetikleyici olayın başlangıcından itibaren yedi gün içinde ortaya çıkan, kardiyojenik pulmoner ödem belirtileri olmaksızın her iki akciğeri de içeren infiltrasyonlar ve şiddetli ilerleyici hipoksemi ile karakterize akut bir bozukluktur. Mikroskopik olarak kapiller endotel hasarı ve difüz alveolar hasar mevcuttur (53). Güncel verilere göre ARDS çocuk yoğun bakıma kabul edilen %1-4'ünde ve mekanik ventilasyon uygulanan hastaların %8-10'unda görülmektedir. Geçmişte mortalitesi %20-75 olarak belirtilirken günümüzde %8-36 olarak bildirilmektedir

(54). Pediatrik ARDS için 2023 yılında yapılan güncelleme ile tanı koymak için gerekli kriterler aşağıdaki tabloda yer almaktadır (55).



Tablo 2.13. Pediatrik ARDS Tanısı(55)

Yaş	Perinatal akciğer hastalığı olan hastalar dışlanır	
Zamanlama	Bilinen klinik hasardan sonraki 7 gün içinde	
Ödemin nedeni	Kalp yetmezliği veya aşırı sıvı yüklenmesi ile tam olarak açıklanamayan	
Akciğer görüntülemesi	Akut pulmoner parankimal hastalıkla uyumlu ve esas olarak atelektazi veya plevral efüzyona bağlı olmayan yeni opasiteler (tek taraflı veya iki taraflı)	
Oksijen ihtiyacı	İMV: Oİ>3,99 ya da OSİ>4,99 NİV: PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 300 ya da SpO ₂ /FiO ₂ ≤ 250	
ARDS şiddetinin sınıflandırılması: <i>ARDS'nin ilk tanısından ≥ 4 saat sonra uygulayın</i>		
	Hafif/Orta	Ağır
İMV	Oİ<16 ya da OSİ<12	Oİ≥16 ya da OSİ≥12
NİV	PaO ₂ /FiO ₂ >100 ya da SpO ₂ /FiO ₂ >150	PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 100 ya da SpO ₂ /FiO ₂ ≤ 150
Özellikli Popülasyonlar için		
Siyanotik kalp hastalıkları	Yukarıdaki kriterler, kalp hastalığı ile açıklanamayan oksijenasyonda akut bozulma ile birlikte	
Kronik akciğer hastalığı	Yukarıdaki kriterler, başlangıçtan itibaren oksijenasyonda akut bozulma ile birlikte	

Klinik olarak destek tedavisi ile yönetilen hastalarda pozitif basınçlı ventilasyonun önemi büyüktür. Güncel pediatrik ARDS rehberinde 6 saat süre ile NİV denenebileceğini ancak takipte oksijenizasyonda düzelme olmaması halinde İMV'ye geçilmesi önerilmektedir. Akciğer koruyucu mekanik ventilasyon uygulamaları yüksek FiO₂ kullanmadan oksijenizasyonu sağlama temeline dayanmaktadır. PEEP akciğerde havalanmayan bölgelerde fonksiyonel rezidüel kapasitenin sağlanmasındaki önemi kanıtlanmıştır. Bununla beraber yüksek PEEP'in sağ kalbe venöz dönüşü azaltması sebebi ile hemodinamik olumsuz etkileri de olmaktadır. Bu nedenle alveollerin aşırı gerilmesine izin vermeden alveolleri yeterli düzeyde açacak ideal PEEP değerini ayarlamak önemlidir (Tablo 2.14).

Tablo 2.14. FiO₂'ye göre PEEP değerinin ayarlanması

FiO ₂ , (%)	<40	50	60	70	80	90	100
PEEPcmH ₂ O	5	8-10	10	10-12	12-14	14-15	15

İnspiryum sonunda alveollerin aşırı gerilmesini önlemek ventilatör ilişkili akciğer hasarını azaltabilmektedir. Yüksek tidal volümler yerine 6ml/kg tidal volümün mortaliteyi belirgin azalttığı gösterilmiştir.

Permisif hipoksemi de akciğer koruyucu manevralar arasındadır, hiperoksijenizasyondan kaçınılarak akciğerlerde ortaya çıkacak hasardan korunmak hedeflenmektedir (56). Permisif hiperkapni de ise yüksek PaCO₂ değerlerine izin verilerek daha düşük tidal volümler ile akciğer hasarı önlenmeye çalışılır (57). Tedavi önerileri Tablo 2.15'te verilmiştir.

Tablo 2.15. Pediatrik ARDS için tedavi önerileri (55)

Tedavi	Öneri ve iyi uygulamalar
Noninvaziv destek	
Oksijen/YANKO	Akut solunum yetmezliğinin kötüleşmesi halinde sınırlı süre NİV denenebilir Tercihen oksijen yerine CPAP ya da YANKO Her ikisi de mevcutsa YANKO yerine CPAP
NİV (CPAP veya BiPAP)	0-6 saatlik denemede kötüleşme entübasyon düşünülmeli
İnvaziv Destek	
ETT	Kaflı tüp
İMV	Akciğer koruyucu protokoller kullanılır, kompiansın izlenmesi gereklidir.
Monitörizasyon	Sürekli olarak solunum hızı, kalp hızı, kan basıncı, solunum eforu, sürekli CO ₂ monitörizasyonu takip edilerek, ölü boşluk izlenmeli.
Tidal Volüm	6-8 ml/kg, ancak Pplat ve DP limitlerinde kalmak için 4-6 ml/kg kullanılabilir
DP	≤ 15 cmH ₂ O
PİP ve P_{plat}	P _{plat} ≤28 cmH ₂ O göğüs duvarı kompiansı az ise ≤32 cmH ₂ O
PEEP	Sürekli olarak takibi önerilmektedir, gerekli olan durumlarda plato basıncı düzenlenmelidir
pH/PaCO₂	Pplat, DP ve tidal volüm hedeflerinde kalarak pH ≥7,2 olacak şekilde permisif hiperkapni

2023 yılında güncellenen pediatrik ARDS rehberine göre yardımcı tedaviler ile ilgili öneriler (55):

- Yüz üstü (Prone) pozisyon (kullanılması ya da kullanılmaması yönünde bir öneri bulunmamakta)
- Recruitment manevraları (kullanılması ya da kullanılmaması yönünde bir öneri bulunmamakta)
- İn hale nitrik oksit (seçilmiş vakalarda kullanılabilir.)
- Sürfaktan (rutin kullanımı önerilmez)
- Kortikosteroidler (seçilmiş vakalarda kullanılabilir).

2.1.2.5. Komplikasyonlar

Hastalara uygulanan İMV'nin pek çok pulmoner ve sistemik komplikasyonu vardır En sık rastlanan komplikasyonları (8);

- Mekanik ventilasyonun sistemler üzerine etkileri
 - Kardiyovasküler sisteme etki, hemodinamik değişiklikler
 - Gastrointestinal ve hepatik kan akımını bozulması ilişkili komplikasyonlar
 - Renal fonksiyonlarda bozulma
 - İntrakraniyal basınç ve serebral perfüzyona etkisi
- Mekanik ventilasyonun gaz değişimi üzerine olan etkisi
 - Hipoventilasyon
 - Hiperventilasyon
 - Oto-PEEP
- Oksijenizasyon ilişkili komplikasyonlar
 - Oksijen toksisitesi
 - Bradipne
 - Atelektazi
- Ventilatör ilişkili akciğer hasarı
 - Pnömotoraks, pnömomediastinum, cilt altı amfizem
- Ventilatör ilişkili pnömoni
 - Endotrakeal tüp ilişkili komplikasyonlar
 - Endotrakeal tüp tıkanması

- Endotrakeal tüpün malpozisyonu
- Entübasyona bağlı lokal travma (trakeal irritasyon)
- Yanlışlıkla ekstübasyon

2.1.2.6. Mekanik ventilatörden ayırma (Weaning) Yöntemleri

Mekanik ventilasyonun tüm sitemleri etkileyen riskleri dolayısı ile hastanın ihtiyacı kalmadığında mekanik ventilatörden ayırmak gerekmektedir. Hastanın ekstübasyona hazır olduğuna klinik ve laboratuvar bulgularına bakarak karar verilmektedir. Hastanın bilincinin açık olması, güçlü öğürme ve öksürme refleksinin olması ateşi olmaması spontan solunum eforunun yeterli olması, kan gazının normal olması $FiO_2 \leq 30$, $PEEP \leq 6$, inotrop kullanmıyor olması ventilatörden ayrılma öncesi değerlendirilmelidir. Bununla beraber hastanın İMV'den ayrılabilceğini gösteren skor ve ölçümler mevcuttur(58):

- Hızlı yüzeyel solunum indeksi (RSBI):
Solunum sayısı/(tidal volüm/vücut ağırlığı) formülü ile hesaplanır <8 olması başarılı ekstübasyon için anlamlıdır.
- Kaf kaçak testi: Laringeal açıklığın kontrolü için kullanılır. Balon indirildikten sonra 6 nefes boyunca inspiryum ve ekspiryum arasındaki hacim farkı kaydedilir ve aritmetik ortalaması alınır. %10-12'sinden az fark saptanması üst havayolu ödeme işaret eder.
- Oklüzyon basıncı (P01): ekspiryum sonunda kapalı hava yoluna karşı ilk 100 ms'n'de gerçekleştirilen inspiratuvar çabayı gösterir. 2-4 cmH₂O normal değeridir.
- Negatif inspiratuvar kuvvet (NIF=MIP=PI_{max}): Tamamen kapalı hava yoluna karşı 20 sn ya da 10 nefes alacak şekilde solutulduktan sonra ölçülen izometrik basınçtır. 25 cmH₂O üstünde olması ekstübasyon başarısı için anlamlıdır
- Komplians-solunum sayısı, oksijenizasyon ve basınç (CROP) indeksi
Komplians x MIP x (PaO₂/PAO₂)/ Soluk sayısı formülü ile hesaplanır >0.15 olması başarılı ekstübasyon için anlamlıdır.
- Basitleştirilmiş Weaning indeksi (SWI):

Soluk sayısı (PIP-PEEP)/MIP)x Pa CO₂/40 formülü ile hesaplanır. <9 olması başarılı ekstübasyon için anlamlıdır.

İMV'den ayırmak için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan ilki kademeli olarak ventilatörden ayırma (KOVA) yöntemidir. Hastanın spontan solunumuna artan oranlarda izin verilir ve ventilatör desteği olmaksızın soluduğu an ayrılmaya hazır olarak değerlendirilir. Diğer yöntem ise İMV'den ayrılmaya hazır olduğu düşünülen hastanın sedasyon tedavilerinin kesildikten sonra 30 dk spontan solunum testi sonrası başarılı ise ekstübe edilmesidir. Spontan solunum testi için T-tüp ya da minimal basınç desteği yöntemi kullanılabilir. T-tüp denemesi spontan solunumu olan hastaya horizontal T şeklinde bir devre ile oksijen verilir. (59). Minimal basınç destek ile spontan solunum testinde ise PSV modunda tüp çapı ile ters orantılı, tüpün yarattığı solunum iş yükünü yenmek için minimal basınç desteği ayarlanır. Hastaların spontan solunum testinden başarılı olduğunu gösteren parametreler saturasyon düşüklüğü olması (FiO₂ %40 iken O₂ saturasyonunun %95'in altında olması ya da %95 saturasyon için %50'den fazla FiO₂ verilmesi), yetersiz ventilasyon (tidal volüm <5ml/kg, Pa CO₂>50mmHg ya da PaCO₂de 10 mmHg artış ya da respiratuar asidoz gelişmesi) ve solunum iş yükünün artmasıdır (takipne, yardımcı solunum kaslarının kullanılması).

Başarısız ekstübasyon çocuklarda %2,7-22 oranında görülmektedir. Nedenleri arasında üst hava yolu darlığı, akciğer disfonksiyonu, solunum kaslarında güçsüzlük, hemodinamik bozukluk, nörolojik problemler (hava yolu koruyucu refleksleri ile ilgili sorunlar) gösterilmektedir. Altta yatan kronik nörolojik solunumsal, sendromik hastalığı olan çocukların daha riskli olduğu gösterilmiştir. Ekstübasyon başarısızlığı olan hastalarda trakeostomi ve ev tipi cihazlarla ventilasyon gündeme gelmektedir.

2.1.2.7. Trakeostomi

Cerrahi ya da perkutan olarak trakeadan bir açıklık oluşturulması ve bu açıklığa yapay bir hava yolu yerleştirilmesi işlemine trakeostomi denir. Trakeostomi endikasyonları arasında uzamış ventilasyon ihtiyacı, üst hava yolu obstrüksiyonu ve pulmoner drenajın sağlanamaması yer almaktadır. Çocuklarda trakeostomi sıklıkla uzamış entübasyon ihtiyacı; ileri derecede laringomalazi, trakeomalazi ve

subglottik stenoz gibi konjenital ya da edinsel havayolu anomalileri ve nöromüsküler hastalık durumlarında uygulanmaktadır.

Trakeostomi komplikasyonları erken ve geç komplikasyonlar olarak gruplanmaktadır. En sık gözlenen erken komplikasyon kanülün tıkanması veya stoma tam oluşmadan kanülün yerinden çıkmasıdır (Tablo 2.16) (8).

Tablo 2.16. Trakeostomi komplikasyonları

Erken Komplikasyonlar	Geç Komplikasyonlar
Kanama	Granülasyon/Skar dokusu
Kanülün dislokasyonu	Stoma stenozu
Pnömotoraks / Pnömomediastinum	Trakeo-arter fistülü
Pulmoner Ödem	Özafagus fistülü
Mediastinit	Trakeal stenoz
Mukus tıkaçı	Mukus tıkaçı
Trakeit	Trakeit
Disfaji	Disfaji
Aspirasyon	Aspirasyon

Trakeostomili hastalarda bazı genel bakım ilkeleri bulunmaktadır (8). Bunlar:

- Trakeal aspirasyonun aileye öğretilmesi
- Trakeostomi kanülünün ve tespit yapılan kısımların cilde değdiği yere bariyer kremler uygulanması
- Trakeostomi tespit bantlarının değişiminin eğitimi verilmesi
- Duş, banyo gibi genel vücut temizliği sırasında trakeostominin korunması
- Ağır tozlu polen içeren ortamdan uzak durulması
- Solunum cihazına bağlanmadığında nemlendirici filtrelerin kullanılması

2.1.2.8. Ev Tipi Mekanik Ventilatör

Son yıllarda çocuk yoğun bakım alanındaki gelişmeler kritik hastaların hayata tutunması yanında uzun süreli solunum ve hemodinamik destek ihtiyacını doğurmuştur. Teknolojik gelişmelerle birlikte son 20 yıldır ev tipi mekanik ventilatörler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hastaların ihtiyaçlarına göre cihazların modifikasyonları değişmektedir. Noninvaziv cihazlar CPAP,

BİPAP modlarında spontan solunum ve kontrollü solunum modlarında işlev görebilmektedir (60). Ev tipi mekanik ventilatörler noninvaziv ventilasyon cihazlarına göre daha yüksek basınç ve değişik modların kullanılabilirdiği ve gelişmiş alarm sistemleri olan cihazlardır. Uzun süre solunum desteği alan hastalarda bronkokonstrüksiyon ve mukosiliyer klirenste azalma mevcut olup solunum yükünü azaltmak için, inhaler bronkodilatör kullanımı ve solunum fizyoterapisi ile destek tedavisi evde de sürdürülebilir

Ev tipi cihazlarda ventilasyon ayarları hastanın ihtiyacına göre belirli aralıklarla değiştirilebilir. Parankim hastalığının bulunmadığı durumlarda O₂ satürasyonu %95 ve üzerinde, CO₂ düzeyinin ise normal sınırlar olan 35-45 mm hg arasında tutulması amaçlanır.

Ev tipi cihazlarla hastaların taburculuğu öncesinde ailenin karşılaşılabilecek olumsuz durumlar, günlük bakım, aspirasyon, solunum fizyoterapisi ve beslenme gibi konular hakkında eğitim alması gerekmektedir (60). Bu hastaların düzenli olarak takip edilmesi, cihazlarının işlevselliğinin ve uygun ayarlarla takip edildiğinin görülmesi gerekmektedir.

3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınan izin (22.02.2023 no:175) ile ülkemizdeki çocuk yoğun bakımlarda gerçekleştirilen kesitsel prospektif bir anket çalışmasıdır.

3.1. Çalışmaya Dahil Edilme ve Hariç Tutulma Kriterleri

Çalışma ile ilgili Türkiye'de farklı illerde bulunan çocuk yoğun bakım ünitelerinden sorumlu çocuk yoğun bakım uzmanları bilgilendirildi. Çalışmaya katılmayı kabul eden merkezler çalışmaya dahil edildi ve 23 çocuk yoğun bakım ünitesinin sorumlu hekimlerine literatür bilgileri ışığında elektronik ortamda, çevrimiçi olarak hazırlanan iki anket formu iletildi. Çalışma formlarını doldurmayı kabul etmeyen veya eksik dolduran merkezler çalışma dışında bırakıldı.

3.2. Çalışma Anket Formları

İlk anket formunda ÇYBÜ'lerin demografik verilerini (yıllık hasta sayısı, yatak sayısı, hemşire, hekim sayıları, mevcut ileri monitörizasyon ve tedavi yöntemleri), ikinci ankette ise mevcut hastaların yaş cinsiyet vücut ağırlığı, Pediatrik Mortalite Risk Skoru (PRISM III) (61), yatış tanıları, altta yatan hastalıkları, yatış süresi, yoğun bakım yatış nedeni, mevcut organ yetmezlikleri (62), solunum yetmezliği tipi, uygulanan solunum destek yöntemleri, mekanik ventilasyon (noninvaziv, invaziv) kullanımı ve ayarları, ARDS varlığı, uygulanan tedavi yöntemleri ve mekanik ventilasyon ilişkili komplikasyonlar sorgulandı.

3.3. İstatistiksel Analiz

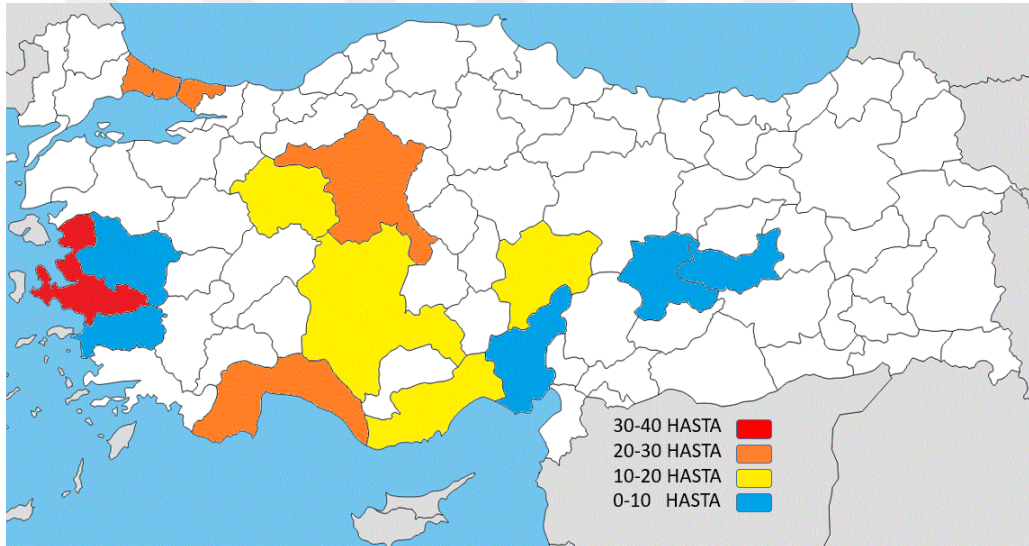
Veriler istatistiksel analiz programı (IBM SPSS 27 ve GraphPad Prism 9) kullanılarak analiz edilerek, bulgular %95 güven aralığında, %5 anlamlılık düzeyinde incelendi. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemler olarak kategorik verilerde sayı ve yüzde; numerik verilerde ortalama, standart sapma kullanıldı ve normal dağılıma uymayan numerik değerlerin belirlenmesinde medyan değer ve IQR (Çeyrekler arası mesafe, %75-%25) şeklinde kullanıldı. İstatistiksel analizde öncelikle grupların normal dağılıma uygun olup olmadığı Kolmogorow Smirnow veya Shapiro Wilks testi ile

incelendi. Numerik verilerin değerlendirilmesinde Student's T testi ve Mann Whitney U testlerinden uygun olanları, kategorik verilerin değerlendirilmesinde ki-kare testi seçildi. Elde edilen verilerden p değeri 0,05 altında saptanan bulgular istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



4. BULGULAR

Çalışmaya Türkiye’de 23 merkez dahil olmayı kabul etti (Şekil .1). Ortalama yatak sayısı $13,09 \pm 5,74$ ’tü. Son bir yılda ortalama $545,48 \pm 270.782$ hasta ÇYBÜ de izlendi. Ortalama ÇYBÜ uzman sayısı $2,35 \pm 1,03$ ’tü. Ünitelerde hekim başına hasta ortalaması $3,39 \pm 2,21$, hemşire başına hasta sayısı $2,43 \pm 0,51$ olarak saptandı (Tablo 4.1) Yoğun bakım ünitelerinin tamamında medikal hastalar izlenirken, %95,7’sinde cerrahi operasyon sonrası hastalar, %91,3’ünde travma hastaları, %43,5’inde kardiyovasküler cerrahi sonrası hastalar, %34,8’inde organ nakli hastaları da izlenmekteydi (Tablo 4.2).



Şekil 4.1. Çalışmaya dahil olan merkezlerin ve hastaların dağılımı

Tablo 4.1. Çalışmaya dahil olan yoğun bakım ünitelerinin demografik özellikleri

	Ortalama± SD
Çocuk Yoğun Bakım Uzmanı	$2,35 \pm 1,03$
Son yılki hasta sayısı	$545,48 \pm 270,782$
Yatak sayısı	$13,09 \pm 5,74$
Hekim başına hasta sayısı	$3,39 \pm 2,21$
Hemşire başına hasta sayısı	$2,43 \pm 0,51$

Tablo 4.2. Takip edilen hasta grupları*

Hasta grubu	N (%)
Medikal tedavi	23 (100)
Cerrahi operasyon sonrası	22 (95,7)
Travma takibi	21 (91,3)
Kardiyovasküler cerrahi sonrası	10 (43,5)
Organ nakli sonrası	8 (34,8)

*: Bazı ünitelerde birden fazla hasta grubu takip edilmektedir

Çalışmaya dahil olan merkezlerde 22 ünite (%95,7) YANKO, 19 ünite (82,6) NİV ve 11 ünite (%47,8) HFOV tedavisi uygulanabilmekteydi (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Kullanılan tedavi ve monitörizasyon yöntemleri*

Yöntem ve cihazlar	N (%)
Yüksek akışlı nazal kanül oksijen	22 (95,7)
Noninvaziv mekanik ventilasyon	19 (82,6)
Yüksek frekanslı osilatuar ventilasyon	11 (47,8)
Plazmaferez	22 (95,7)
Sürekli renal replasman tedavisi	21 (91,3)
Elektroensefalografi	15 (65,2)
Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO)	13 (56,5)
Pulse contour kardiyak output (PiCCO)	4 (17,4)

*: Bazı ünitelerde birden fazla yöntem ve cihaz kullanılmaktadır

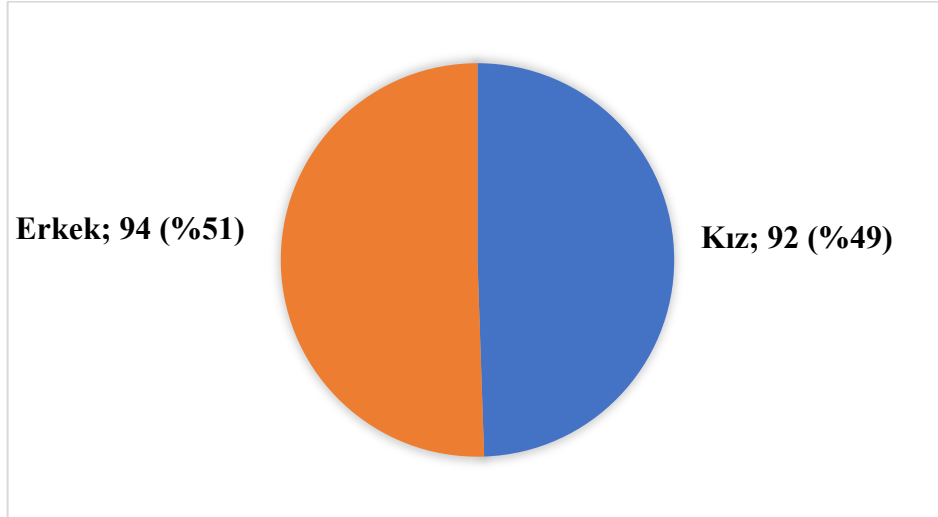
Hastaları mekanik ventilatörden ayırmada, 14 ünite (60,9) KOVA yöntemi kullanılmakta iken, 9 ünite (%39,1) günlük sedasyon molası işlemi ve sonrasında spontan soluma testi yapmayı tercih etmekteydi (Tablo 4.4). Ventilatörden ayırma kararında ise en çok tercih edilen kaf kaçak testi (%78,3) idi.

Tablo 4.4. Çalışmaya dahil olan merkezlerin mekanik ekstübasyon uygulamaları

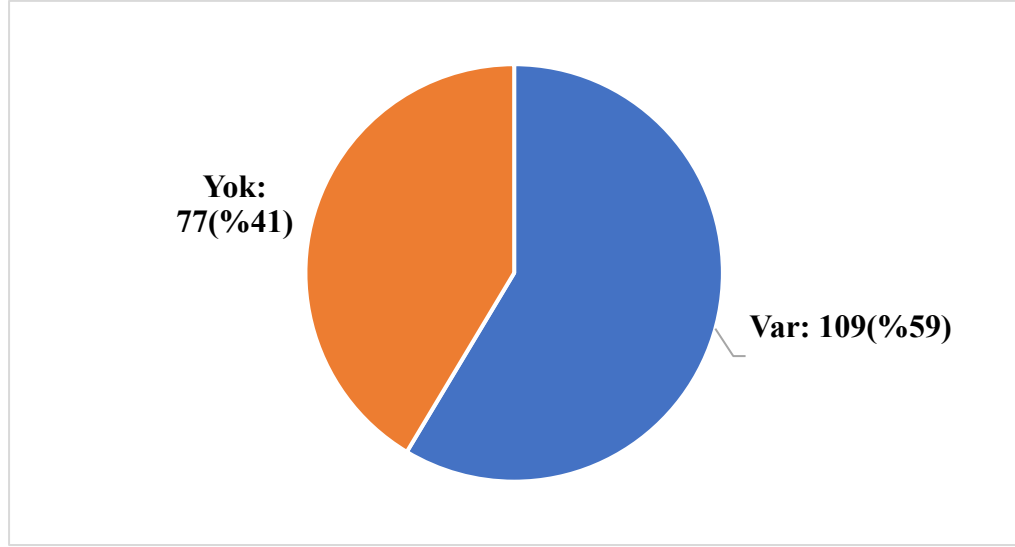
Ventilatörden ayırma yöntemi	N (%)
Kademeli olarak ventilatörden ayırma	14 (60,9)
Günlük sedasyon molası ve spontan soluma testi yapılarak	9 (39,1)
Ekstübasyon kararında kullanılan parametreler*	
Kaf kaçak testi	18 (78,3)
RSBİ (hızlı yüzeysel solunum indeksi)	11 (47,8)
SWI (basitleştirilmiş weaning indeksi)	8 (34,8)
CROP (Komplians, soluk sayısı, oksijenizasyon, basınç)	6 (26,1)
NIF (negatif inspiratuar kuvvet)	3 (13)
P01 (oklüzyon basıncı)	2 (8,7)

*Bazı üniteler birden fazla parametre kullanmaktadır

Çalışma gününde çalışmaya dahil olan merkezlerde toplam 186 hasta mevcuttu. Bu hastaların 92'si (%49) kızdı (Şekil 4.2). Daha önce ÇYBÜ yatış öyküsü hastaların 109'unda (% 59) mevcuttu (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Hastaların cinsiyet dağılımı



Şekil 4.3. Hastaların daha önceden yoğun bakım yatışı öyküsüne göre dağılımı

Hastaların ortalama yaşı 27 (IQR 9-98) ay ortalama vücut ağırlığı 12,5 (IQR 7-25) kg olarak bulundu (Tablo 4.5).

Tablo 4.5.Hastaların demografik özellikleri

	Ortanca (IQR)
Yaş (ay)	27 (9-98)
Vücut ağırlığı (kg)	12,5 (7-25)
PRISM 3	9 (5-16)
Yatış Süresi (gün)	11 (4-33)

En sık yatış tanısı solunum yetmezliği ve bronkopnömoni (%41,9) ikinci en sık ise akut bilinç değişikliği (%14) olarak saptandı. Çalışmada takip edilen hastaların %76,3'ünde kronik hastalık mevcut olup en sık saptanan kronik hastalık ise nörolojik sistem hastalıkları (74 hasta %52,1) idi (Tablo 4.6). 143 (%76.9) hastada solunum yetmezliği vardı ve tip 1 solunum yetmezliği olan hasta sayısı 59(%41,3), tip 2 solunum yetmezliği olan hasta sayısı 40 (%27,9) idi (Tablo 4.7).

Tablo 4.6. Hastaların yatış tanıları ve altta yatan kronik hastalıkları

	N (%)
Yatış tanısı	
Bronkopnömoni ve solunum sıkıntısı	78 (41,9)
Akut bilinç değişikliği	26 (14)
Post-operatif	17 (9,1)
Şok	14 (7,5)
Post-operatif kardiyak cerrahi	10 (5,4)
Nöbet	9 (4,8)
Travma	9 (4,8)
Sepsis	9 (4,8)
Kalp yetmezliği	5 (2,7)
Böbrek yetmezliği	4 (2,2)
Zehirlenme	3 (1,6)
Diğer	2 (1,1)
Kronik hastalık varlığı*	142 (76,3)
Nörolojik sistem hastalıkları	74 (52,1)
Metabolik genetik hastalıklar	36 (25,4)
Solunum sistemi hastalıkları	26 (18,3)
Hematolojik onkolojik hastalıklar	19 (13,4)
Gastrointestinal hastalıklar	17 (12)
Kardiyovasküler hastalıklar	17 (12)
Endokrinolojik hastalıklar	9 (6,3)
Nefrolojik hastalıklar	8 (5,6)
İmmünolojik hastalıklar	5 (3,5)

*: Bazı hastalarda birden fazla kronik hastalık mevcuttur

Tablo 4.7. Hastalarda solunum yetmezliği tiplerinin dağılımı

	N (%)
Var	143 (76,9)
Tip 1 Solunum yetmezliği	59 (41,3)
Tip 2 Solunum yetmezliği	40 (27,9)
Mix Solunum yetmezliği	44 (30,8)
Yok	43 (23,1)

Hastaların 97'sinde (%52,1) klinik durumlarına organ yetmezliği eşlik ettiği, bazı hastalarda birden fazla organ yetmezliği olduğu görüldü. En sık saptanan ise nörolojik yetmezlik (59 hasta, %60,8) idi (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Hastaların tedavi sürecinde saptanan organ yetmezliği durumu

Organ yetmezliği varlığı, N (%)	N=97
Nörolojik	59 (60,8)
Kardiyovasküler sistem	31 (31,9)
Böbrek yetmezliği	25 (25,8,4)
Hematolojik sistem	22 (22,7)
Karaciğer yetmezliği	12 (12,4)

Hastaların çalışma gününe kadar olan solunum destek yöntemleri sorgulandığında ortalama 26,33±21,81 gün ile en yüksek oranda İMV uygulandığı bunu sırayla YANKO, serbest oksijen ve NİV izlemekteydi (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Çalışma gününe kadar uygulanan solunum destek yöntemleri ve süreleri

Yöntem	N (%)	Süre (gün) *
İnvaziv mekanik ventilasyon	137 (73,7)	26,33±21,81
Yüksek akışlı nazal oksijen	71 (38,2)	5,00±3,52
Serbest oksijen	70 (37,6)	2,83±1,33
Noninvaziv mekanik ventilasyon	39 (21)	7,67±7,06

*: Veriler ortalama±SD olarak verilmiştir

Çalışma gününde ise 26 hasta (%14) spontan solunumda oksijen desteği olmadan izlenirken, 25'i (%13,4) serbest oksijen, 23'ü (%12,4) YANKO, 8'i (%4,3) NİV 104'ü (%55,9) İMV desteği almaktaydı. Serbest oksijen desteği alan hastalarda en sık tercih edilen sistem nazal kanül (%40) ve ortalama akış miktarı 3,5 (IQR 2-5) l/dk idi (Tablo 4.10.).

Tablo 4.10. Serbest oksijen desteği alan hastalarda tercih edilen sistem ve verilen oksijen desteği

Serbest oksijen desteği	N=25
Sistem, N (%)	
Nazal kanül	10 (40)
Basit oksijen maskesi	9 (26)
Geri solumasız maske	6 (24)
Oksijen akışı, l/dk *	3,5 (2-5)

*: Ortanca (IQR) olarak verilmiştir

YANKO desteği alan 23 hastadan 20'sinde (%87) spesifik cihaz kullanılırken ortalama FiO_2 40 (IQR 35-50), akış 1,5 l/kg/dk (IQR 1-2) ve S/F oranı 250 (200-280) olarak hesaplandı (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. YANKO desteği alan hastalarda kullanılan cihazlar, oksijen desteği ayarları ve oksijenizasyon

YANKO	N=23
Cihaz, N (%)	
Konvansiyonel mekanik ventilatör	3 (13)
Spesifik cihaz	20 (87)
Ayarlar*	
FiO_2 , %	40 (35-50)
Akış, L/kg/dk	1,5 (1-2)
Maksimum akış, L/dk	14 (2-25)
S/F oranı*	250 (200-280)

*: Ortanca (IQR) olarak verilmiştir

Çalışma gününde NİV desteği verilen 8 hastanın yarısında konvansiyonel mekanik ventilatör kullanılmaktaydı. En sık tercih edilen mod BİPAP-ST (%87,5) idi, ortalama S/F oranı ise 278 (232-306) idi. Hastaların NİV desteği ile ilgili özellikleri Tablo 4.12'de yer almaktadır.

Tablo 4.12. Hastalara verilen NİV desteğinin özellikleri

NİV	N=8
Cihaz, N (%)	
Konvansiyonel	4 (50)
Spesifik	4 (50)
Mod, N (%)	
BİPAP-ST	7 (87,5)
BİPAP-T	1 (12,5)
Ayarlar, ortalanca (IQR)	
FiO_2 , %	35 (30-40)
İPAP, cmH ₂ O	16 (14-17)
EPAP, cmH ₂ O	5,5 (5-6)
İnspiryum zamanı, sn	0,7 (0,6-0,8)
Solunum sayısı/dk	22,5 (18-30)
S/F oranı	278 (232-306)

Çalışma anında hastaların İMV desteği alan 104 hastadan %83,7'si konvansiyonel mekanik ventilatörde izleniyordu ve en sık tercih edilen mod SIMV-P (%73,1), Ortanca FiO_2 %40 (IQR 35-50) ve ortalama PİP 20 (IQR 18-23) cmH₂O ve PEEP 6 (IQR 5-7) olarak saptandı. İMV desteğinin özellikleri Tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Hastalara uygulanan İMV desteğinin özellikleri

İMV	N=104
Cihaz, N (%)	
Konvansiyonel mekanik ventilatör	87 (83,7)
Ev tipi ventilatör	18 (16,3)
Mod, N (%)	
SIMV-P	76 (73,1)
A/C	20 (19,2)
PRVC	6 (5,8)
SIMV-V	1 (0,9)
Ayarlar, ortalama (IQR)	
FiO_2 , %	40 (35-50)
PİP, cmH ₂ O	20 (18-23)
PS, cmH ₂ O	10 (9-14)
MAP, cmH ₂ O	12 (9-16)
PEEP, cmH ₂ O	6 (5-7)
İT, sn	0,80 (0,65-0,80)
Expiratuvar tidal volüm, ml	64 (40-130)

Çalışma gününde 32 (%17,2) hastada ARDS mevcuttu. ARDS hastalarında ortalama OSİ değeri 8 (IQR 5,9-11), 10 (%31) hastada ağır ARDS mevcuttu. Modifiye DP (PİP-PEEP) 20 (%76,9) hastada >15 idi ve FiO_2 /PEEP titrasyonu: 27 (%84,3) hastada pediatrik ARDS rehberi önerisiyle uyumlu değildi.

ARDS olan hastaların akciğer koruyucu ventilasyon uygulamaları ve tedavileri değerlendirildiğinde 28 hastada (%87,5) düşük TV ve yüksek PEEP uygulanırken, 27 hastada (%84,4) permisif hiperkapni, 18 hastada permisif hipoksemi uygulandığı görüldü (Tablo 4.14.)

Tablo 4.14. Çalışma anında hastalara uygulanan akciğer koruyucu uygulamalar ve tedaviler

Uygulamalar ve Tedaviler, N (%)	N=32
Düşük TV ve yüksek PEEP	28 (87,5)
Permisif hiperkapni	27 (84,4)
Permisif hipoksemi	18 (56,3)
Recruitment manevrası	17 (53,1)
Pron pozisyon	14 (43,8)
ECMO	2 (6,3)
NO kullanımı	2 (6,3)
Süpfaktan kullanımı	1 (3,1)
HFOV	1 (3,1)

Çalışma gününde hastaların 42'sinde (%22,6) trakeostomi mevcut olduğu bunların da 18'inin yatışı öncesinde trakeostomisi olduğu görüldü (%42,9). Trakeostomili 6 (%14,3) hastanın serbest oksijenle, 17 (%40,5) hastanın ev tipi ventilatörde izlendiği, 19 (45,24) hastanın ise konvansiyonel mekanik ventilatörde izlendiği saptandı. Hastaların ortalama trakeostomi açılma süresi 31,33±23,58 gün olarak saptandı.

Çalışmaya dahil olan 101 (%54,3) hasta sedasyon analjezi almaktaydı (Tablo 4.15). Bu hastalardan 22'si (%21,8) düşük ya da yüksek akışlı oksijen tedavisi alırken 5 (%4,9) hasta NİV, 74 (%73,3) hasta İMV desteği altındaydı. İMV desteği alan hastalarda en sık tercih edilen sedasyon analjezi midazolam (%89,2) ve fentanil (%90,5) olurken nöromusküler blokan 10 (%13,5) hasta almaktaydı

Tablo 4.15. Sedasyon ve analjezi uygulanan hastalarda ilaçların dağılımı

	N (%)
Tedavi alanlar*	101 (54,3)
Fentanil	76 (75,2)
Midazolam	75 (74,3)
Deksmedetomidin	17 (16,8)
Ketamin	15 (14,9)
Nöromusküler bloker	11 (10,9)
Parasetamol	3 (3,0)
Kloralhidrat	2 (2,0)
Tedavi almayanlar	85 (45,7)

*: Bazı hastalarda birden fazla tedavi uygulanmıştır

Ventilatörde izlenen hastaların 46'sında (%44,2) İMV ilişkili komplikasyon görüldü, 29 (%63)'unda ventilatör ilişkili pnömoni saptandı (Tablo 4.22).

Tablo 4.16. Mekanik ventilatör tedavisi sırasında gelişen durumlar ve komplikasyonlar

	N (%)
Ventilatör ilişkili pnömoni	29 (63,0)
Atelektazi	15 (32,6)
Pnömotoraks	6 (13,0)
Diyafram disfonksiyonu	2 (4,3)
Pnömomediastinum	2 (4,3)

*: Bazı hastalarda birden fazla komplikasyon görülmüştür

5. TARTIŞMA

Çalışmamız iki anketten oluşan kesitsel bir çalışma olup ilk anket ile Türkiye'deki ÇYBÜ'lerin demografik özellikleri değerlendirilmiştir. Kritik hasta çocukların yönetimi dünya çapında önemli bir yere sahiptir. Pollack ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise yoğun bakımda izlenen hastaların %27,7'si 1 yaş ve altında iken, en sık kardiyorespiratuvar sistem sorunları nedeniyle takip edildiği gözlenmiştir (63). Yılmaz ve arkadaşları tarafından 51 PYBÜ üzerinde yapılan çalışmada, hastaların %86'sında mekanik ventilatör kullandığını, %33 sıklıkla ARDS gözlenmediği söylenmiştir (64). Yine ülkemizde yapılan bir çalışmada yıllar içerisinde yoğun bakımda izlenen hasta sayısında artış olduğu gösterilmiştir (70). Çalışmamıza dahil olan 23 ÇYBÜ'nün ortalama yatak sayısı $13,09 \pm 5,74$, son bir yılda ortalama hasta sayısı $545,48 \pm 270,782$ olarak gözlemlendi. Ortalama ÇYBÜ uzman sayısı $2,35 \pm 1,03$ iken, hasta başına hemşire sayısı $2,43 \pm 0,51$ olarak saptandı. Dünya literatüründe, olduğu gibi ülkemizde de yıllar içinde ÇYBÜ ihtiyacında ve hizmet sunumunda artış olduğu görülmektedir. Çalışmamızda saptadığımız hasta başına hekim ve hemşire sayısı ortalama olarak kötü olmamakla beraber kronik bakım ihtiyacı olan çocuk hasta sayısındaki artış nedeniyle Türkiye genelinde çocuk yoğun bakım uzmanı ve bu alanda eğitilmiş hemşire ve personel ihtiyacında da artış olacağı görüşündeyiz.

Literatürde ülkemizde ÇYBÜ'de izlenen hastaların değerlendirildiği tek merkezli bir çalışmada, ortalama yaş 2,38 yıl, hastaların %94,37'sinin 5 yaş ve altında, %43,75'inin ise 1 ay ile 1 yaş arasında olduğu saptanmıştır (65). Literatüre benzer şekilde çalışmamıza dahil olan 186 hastanın ortanca yaşının 27 ay (IQR=90,5) olduğu saptanmıştır. İmmün sistemin gelişimini tamamlamamış olması, sepsis, çoklu organ yetmezliği açısından riskli ve solunum yetmezliği açısından anatomik ve fizyolojik olarak daha yatkın olmaları nedeniyle yoğun bakım ihtiyacının küçük yaş grubu hastalarda daha sık olduğu kanaatindeyiz.

Seifu ve arkadaşları ÇYBÜ'de takip edilen hastalarda en sık yatış nedenini septik şok (66), Bea ve arkadaşları ise respiratuvar sorunlar olarak belirtmişlerdir (67). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise en sık yatış nedeni solunum yolu problemleri olarak görülmüştür (65). Çalışmamızda da hastaların en sık yatış tanısı bronkopnömoni ve solunum sıkıntısıdır. Bununla bağlantılı olarak

hastalarda solunum yetmezliği oranları yüksek (%76,9) saptanmış, en sık da tip 1 solunum yetmezliği görülmüştür. Türkiye genelinde yapmış olduğumuz bu mekanik ventilasyon nokta prevelans çalışmasında İMV kullanım oranı %55,9, NİV kullanım oranı %4,3, YANKO kullanım oranı %12,4 olarak saptanmıştır. İMV uygulanma süresi NİV uygulanma süresine oranla daha yüksektir. Ünitelerde NİV ve YANKO cihazlarının bulunma oranlarının yüksek ancak kullanılma oranlarının düşüklüğünün çalışma günündeki hastaların özellikleri ile ilişkili olduğu görüşündeyiz.

Çocuklarda mekanik ventilasyon uygulamalarının değerlendirildiği bir çalışmada hastaların bizim çalışmamıza oranla daha düşük İMV (%45,5) uygulandığı bunların %23,2'sinin trakeostomisi olduğu, en sık endikasyonun ARDS, ikinci sıklıkta ise kronik solunum yetmezliği saptandığı belirtilmiştir. En sık kullanılan mod ise çalışmamıza benzer şekilde SIMV olarak gözlenmiştir (68). Ventilatörde ayarlanan parametreler açısından bakıldığında ise ortalama PİP değerleri literatüre oranla düşük, ortalama PEEP değeri ise benzer olarak gözlenmiştir. Bu durumun, takip edilen hastaların primer etiyolojilerindeki farklılıkların hasta ihtiyaçlarını belirlemesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Pujari ve arkadaşları merkezlerindeki ARDS gözlenme oranını %7,8 en sık etyolojik nedeni ise pnömoni olarak bildirmişlerdir(69). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise ARDS tanılı hastalarda en sık etyolojik neden pulmoner kaynaklı olup pulmoner dışı kaynaklı olan hastalarda daha fazla ağır ARDS görüldüğü saptanmıştır (70). Diğer bir çalışmada ise ARDS hastalarının %31,5'inde NİV tercih edildiği ARDS şiddetinde artış ile, İMV kullanma sıklığında artış olduğu gözlenmiştir (69). Yine ülkemizde 32 ARDS'li çocuğun değerlendirildiği bir çalışmada PIP ortanca değeri 26, OI ortanca değeri 8,6, OSI 7,6, PEEP ortanca değeri 7 olarak bildirilmiştir (70). Pediatrik ARDS ile ilgili en son rehber 2023 yılında güncellenmiş olup ARDS tanımı ile ilgili değişiklikler yapılmıştır. Bunula beraber akciğer koruyucu ventilatör stratejileri arasında DP <15 olacak şekilde düşük tidal volüm yüksek PEEP, permisif hiperkapni, permisif hipoksi önerilmektedir. FiO₂/PEEP titrasyonunun ARDS network önerileri doğrultusunda yapılması önerilmektedir. Çalışmamızda Türkiye genelinde dahil edilen ünitelerde çalışma gününde ARDS görülme oranı %17,2 olup en sık etyolojik

neden pnömonidir. NİV desteğinin 4 hastada (%12,5) tercih edildiği, 10 (%31) hastada ağır ARDS mevcut olduğu görüldü. Ortanca OSİ değeri 8 (IQR 5,9-11), en sık basınç ventilasyon tercih edildiği ve modifiye DP 20 (%76,9) hastada 15'in üzerindeydi. FiO₂/PEEP titrasyonu 27 (%84,3) hastada pediatrik ARDS rehberi önerisiyle uyumlu değildi. ARDS olan hastaların akciğer koruyucu ventilasyon uygulamaları ve tedavileri değerlendirildiğinde hastaların tamamına yakınında düşük TV yüksek PEEP, permisif hiperkapni uygulandığı görüldü. Ülkemizde daha önce yapılan ARDS hastalarında tedavi yaklaşımının değerlendirildiği kesitsel çalışmada hastaların %86'sında mekanik ventilasyonda basınç kontrol modları kullanıldığı akciğer koruyucu yöntemlerin bilindiği ancak çalışmamıza benzer şekilde ünitelerin ARDS kılavuzuna uyumunun düşük olduğu saptanmıştır (64). Ülkemizde rehberler doğrultusunda ünitelerin kendi protokollerini geliştirerek tedavi yaklaşımındaki farkındalığın artırılmasının sağlanabileceği görüşündeyiz.

Trakeostomi mekanik ventilatörden ayrılamayan, kronik solunum yetmezliği, nörolojik problemler, üst hava yolu obstrüksiyonu gibi endikasyonlarla tercih edilen bir yöntem olup ülkemizde Dursun ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada trakeostomi açılma sıklığı 5 yıllık periyotta %3,4; ortalama trakeostomi açılma günü 30 (1-115) gün olarak saptanmıştır (71). Çalışma gününde hastaların 42'sinde (%22,6) trakeostomi mevcut olduğu bunların da 18'inin yatışı öncesinde trakeostomisi olduğu görüldü (%42,9). Trakeostomili hastaların %95,7'si ventilatörde izlenmekteydi. Yeni açılan trakeostomi oranlarının yüksekliği ve tamamına yakınının ventilatörde izlenmesi ünitelerde kronik hastaların fazlalığı ile ilişkili olabilir. Hastaların ortalama trakeostomi açılma süresi 31,33±23,58 gün olup Dursun ve arkadaşlarının çalışması ile uyumluydu ancak literatürde farklı çalışmalarda daha kısa süreçte uygulandığı görülmektedir. Uzun süreli endotrakeal tüp kullanımı kalıcı hasarlar ve komplikasyonlar meydana getirebilir, bunu engellemek ve takibin kolaylaştırılmasında trakeostomi önemli bir yer tutmaktadır. Ancak çalışmamızda görüldüğü gibi, literatüre göre ülkemizde trakeostomiye geçiş süreci daha geç tercih edilmektedir. Bu durumun temelinde erişkinlerle karşılaştırıldığında

çocuklarda bir protokol bulunmaması ve hastanın takibine göre trakeostomi planlaması yapılmasının yer aldığı düşüncesindeyiz.

Shajan ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, ÇYBÜ’de takip edilen hastalarda uygulanan sedasyon ve bu sedasyonun hastalar üzerine etkisinin tanımlanması için gözlemsel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Hastaların takibi süresince midazolam, fentanil uygulandığı belirtilmiştir (72). Literatürde, hastaların ihtiyacına göre sedasyon ve analjezik uygulanması, sedasyon düzeylerinin izlenmesi önerilmektedir ve çalışmamızda da olduğu gibi en sık tercih edilen ajanların midazolam ve fentanil olduğu görülmüştür.

Principi ve arkadaşları çocuklarda İMV uygulamalarını değerlendirdikleri çalışmalarında, hastaların %40’ında komplikasyon geliştiğini ve en sık atelektazi, ikinci sıklıkta stridor geliştiğini belirtmişlerdir (73). Konca ve arkadaşları tarafından ülkemizde yapılan bir çalışmada ise, hastaların %24,1’inde komplikasyon geliştiği ve en sık komplikasyonun atelektazi olduğu, ventilatör ilişkili pnömonin %5,4 ile üçüncü sırada görüldüğü bildirilmektedir (74). Çalışmamızda en sık saptanan komplikasyon hastaların %63’ünde ventilatör ilişkili pnömoni olarak gözlendi. Bunu ikinci sıklıkta %32,6 ile atelektazi izledi. Hastaların %13’ünde pnömotoraks geliştiği saptandı. Literatürdeki çalışmalara göre çalışmamızda saptanan komplikasyonlar farklılık göstermektedir, bu durumun çalışma gününde birimlerde yatan hastaların özelliklerinden kaynaklı olabileceği görüşünderiz. Ventilatör ilişkili pnömoni yoğun bakımlarda morbidite ve mortalite açısından önemli komplikasyonlardan biridir. Çalışmamızda yüksek oranda görülmesi kronik hasta oranlarının yüksek olması ile ilişkili olabilse de ventilatör ilişkili pnömoni gelişimini önlemek adına protokollerin kullanılması gerektiği görüşünderiz.

Blackwood ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, mekanik ventilatörden ayırmak için sedasyonun azaltılmasının mekanik ventilasyon süresini azalttığı belirtilmektedir (75). Ferreira ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, spontan solunum çabasının sağlanması için sedasyonun azaltılması, ÇYBÜ kalma süresini azalttığı ve ekstübasyonu hızlandırdığı belirtilmektedir (76).

Hastalar ventilatörden ayrılırken %60,9 sıklıkla kademeli bir ayırma protokolü uygulandığı saptandı. Merkezlerin %39,1'inde ise günlük sedasyon molası ve spontan solunum testi yapıldığı belirtildi. Ventilatörden ayırma kararı verilirken en sık kullanılan parametre ise %78,3 ile kaf kaçak testi olarak saptandı. Çeşitli birimlerde farklı yöntemlerin etkinlikleri üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur ancak çalışmamızda görüldüğü gibi, sıklıkla kademeli ayırma protokolü kullanılmaktadır ve bu durumun temelinde hekimin tercihi ve deneyimin yer aldığı düşünülmektedir.

5.1. Kısıtlılıklar

Bu çalışma, ülkemizde yer alan ve çalışmaya katılmayı kabul eden merkezlerin seçili gündeki hastalarının incelenmesi ile gerçekleştirildi. Çalışmanın daha fazla merkezle ve daha uzun süreli olarak gerçekleştirilmesi, verilerin ayrıntılandırılmasında ve kapsayıcılığının artırılmasında yararlı olacaktır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Hastaların çoğunluğu 5 yaş ve altında yer almaktadır. Hastaların büyük çoğunluğunda daha önce yoğun bakım yatışı öyküsü mevcuttur. En sık yatış tanısı bronkopnömoni solunum sıkıntısıdır ve yatan hastaların çoğunda kronik hastalıklar eşlik etmektedir. Solunum yetmezliği sıklığı %41,3 ile en sık tip 1 solunum yetmezliğidir. En sık tercih edilen ventilatörden ayırma yöntemi kademeli ayırmadır. Takip edilen hastalara sıklıkla mekanik ventilasyon (%55.9) uygulanmakta iken NİV oranları oldukça düşüktür.

ARDS hastalarında akciğer koruyucu ventilasyon yöntemleri kullanılmakla beraber rehberlere uyum konusunda eksiklikler vardır.

Trakeostomisi bulunan veya yeni açılan hasta oranları yüksek olup trakeostomi açılma süresi uzundur. Bu da ünitelerde kronik hasta yoğunluğunun fazla olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda en sık saptanan komplikasyon, ventilatör ilişkili pnömoni (%63) olarak gözlendi. İkinci sıklıkta %32,6 ile atelektazi izledi. Hastaların %13'ünde pnömotoraks geliştiği saptandı.

Bu çalışma ile mekanik ventilasyon uygulamaları sırasında güncel bilimsel verilere dayalı rehberler kullanımının gerekliliği ortaya koyulmaktadır. Çocuk yoğun bakım üniteleri, etiyolojik faktörlerin zemininde, birçok sistemin regülasyonunun yakından takip edildiği özellikli birimler olarak karşımıza çıkmaktadır, bu alanda solunumsal patolojilerin özellikli olarak değerlendirilmesi mortalitenin azaltılmasında önemli sonuçlar meydana getirecektir.

ÖZET

Giriş: Solunum yetmezliği tüm dünyada ÇYBÜ yatışlarının en sık nedenlerindendir. Tedavide hastanın klinik durumuna hekimin tecrübesine göre düşük akış veya yüksek akış oksijen tedavileri, NİV, İMV gibi yöntemler tercih edilmektedir. Bu çalışma ile kesitsel olarak Türkiye’de ÇYBÜ’lerde uygulanan solunum destek yöntemlerinin araştırılması, literatür verileri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Metot: Çalışma kesitsel bir anket çalışmasıdır. Türkiye’de çalışmaya dahil olmayı kabul eden çocuk yoğun bakım ünitelerinin sorumlu hekimlerine iki anket elektronik ortamda iletilerek ünitelerin verileri, demografik yapısı, hastaların demografik özellikleri, yatış endikasyonları, solunum destek yöntemleri, ayarları cihazları, uygulama süreleri, ARDS olan hastaların özellikleri kayıt altına alındı. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri yapıldı.

Bulgular: Çalışmaya dahil olan 23 merkezde ortalama yatak sayısı $13,09 \pm 5,74$ ortalama uzman sayısı $2,35 \pm 1,03$ idi. Çalışma gününde 186 hasta mevcuttu. Hastaların %49’unu kız, ortalanca yaşı 27 (9-98) aydı. Ortanca PRISM-3 skoru 9, (5-16), ortalanca yatış süresi 11 (4-33) gün olarak gözlendi. En sık yatış tanısı bronkopnömoni (%41,9) iken hastaların %76,3’ünün kronik hastalığı mevcuttu. Çalışma gününde 26 (%14) hasta solunum desteği almazken 104 (%55,9) hastada İMV uygulanmaktaydı. En sık tercih edilen mod SIMV-P (%73,1) idi. Hastaların 32 hastada (%17,2) ARDS saptanırken bu hastaların da 10’u (%31), ağır ARDS idi. Modifiye DP (PİP-PEEP) 20 (%76,9) hastada >15 idi ve $FiO_2/PEEP$ titrasyonu: 27 (%84,3) hastada pediatrik ARDS rehberi önerisiyle uyumlu değildi. Ventilatörden ayırma için ünitelerin %60,9’unda KOVA yöntemi kullanılırken %39,1’inde günlük sedasyon molası ve spontan soluma testi uygulanmaktaydı. En sık karşılaşılan komplikasyon ventilatör ilişkili pnömoniydi (%63). Hastaların %22,6’sı trakeostomi ile takip edilmekteydi.

Sonuç: Bu çalışma ile mekanik ventilasyon uygulamaları sırasında güncel bilimsel verilere dayalı rehberler kullanımının gerekliliği ortaya koyulmaktadır. Mekanik ventilasyon uygulamalarında çeşitli düzenlemelerin ve geliştirilecek olan stratejilerin mortalite ve morbidite üzerine etkileri olacaktır, akciğer

koruyucu ventilasyon stratejilerinin uygulanması ve kronik hasta yükünün kontrol altında tutulabilmesi için palyatif bakım merkezlerinin artırılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi, Solunum Desteği, Mekanik Ventilasyon, ARDS



ABSTRACT

Introduction: Respiratory failure is one of the most common reasons for intensive care unit (ICU) admissions worldwide. Treatment options include low-flow or high-flow oxygen therapies, non-invasive ventilation (NIV), and invasive mechanical ventilation (IMV) depending on the patient's clinical condition and the physician's experience. This study aims to investigate the respiratory support methods applied in ICUs in Turkey and compare them with literature data.

Method: This is a cross-sectional survey study. Responsible physicians of pediatric intensive care units (PICUs) in Turkey who agreed to participate in the study were sent two electronic surveys. Data on unit characteristics, demographic structure, patients' demographic characteristics, admission indications, respiratory support methods, device settings, application durations, and characteristics of patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) were recorded. Descriptive statistics of the data were performed.

Results: The study included 23 centers with an average bed count of 13.09 ± 5.74 and an average specialist count of 2.35 ± 1.03 . On the day of the study, there were 186 patients, with 49.5% being female and a median age of 27 (9-98) months. The median PRISM-3 score was 9 (5-16), and the median length of stay was 11 (4-33) days. The most common admission diagnosis was bronchopneumonia (41.9%), and 76.3% of patients had chronic illnesses. On the study day, 26 (14%) patients did not receive respiratory support, while IMV was applied in 104 (55.9%) patients. The most preferred mode was SIMV-P (73.1%). ARDS was detected in 32 (17.2%) patients, with 10 (31%) of them being severe cases. Modified DP (PIP-PEEP) was >15 in 20 (76.9%) patients, and FiO_2/PEEP titration was not compliant with pediatric ARDS guidelines in 27 (84.3%) patients. The KOVA method was used for weaning in 60.9% of units, while daily sedation breaks and spontaneous breathing trials were applied in 39.1%. The most common complication encountered was ventilator-associated pneumonia (63%), and 22.6% of patients were followed with tracheostomy.

Conclusion: This study highlights the necessity of using current evidence-based guidelines during mechanical ventilation applications. Various adjustments and

strategies in mechanical ventilation practices will have effects on mortality and morbidity. Increasing the availability of palliative care centers is necessary for implementing lung-protective ventilation strategies and managing the burden of chronic illness.

Keywords: Pediatric Intensive Care Unit, Respiratory Support, Mechanical Ventilation, ARDS



KAYNAKLAR

1. Jackson M, Cairns T. Care of the critically ill patient. Surgery (Oxf). 2021;39(1):29-36.
2. Moerer O, Plock E, Mgbor U, Schmid A, Schneider H, Wischniewsky MB, et al. A German national prevalence study on the cost of intensive care: an evaluation from 51 intensive care units. Crit Care. 2007;11(3):R69.
3. Morton NS. Paediatric Intensive Care: Oxford medical publications; 1997.
4. Epstein D, Brill JE. A history of pediatric critical care medicine. Pediatr Res. 2005;58(5):987-96.
5. Downes JJ. The historical evolution, current status, and prospective development of pediatric critical care. Crit Care Clin. 1992;8(1):1-22.
6. Hilpertshauser M. Iron Lung. Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library; 2004.
7. Bakanlığı S. Yataklı Sağlık Tesislerinde Yoğun Bakım Hizmetlerinin Uygulama Usul Ve Esasları Hakkında Tebliğ: Resmi Gazete; 2011 [Erişim Tarihi:Eylöl 2023. Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15146&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5>.
8. Çocuk Yoğun Bakımı. Agop Çıtak , Rıza Dinçer Yıldızdaş , Karaböcüoğlu M, editors. Ankara Nobel Tıp Kitabevleri; 2023.
9. Haddad M, Sharma S. Physiology, Lung. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
10. Kempker JA, Abril MK, Chen Y, Kramer MR, Waller LA, Martin GS. The Epidemiology of Respiratory Failure in the United States 2002-2017: A Serial Cross-Sectional Study. Crit Care Explor. 2020;2(6):e0128.
11. Gupta S, Sankar J, Lodha R, Kabra SK. Comparison of Prevalence and Outcomes of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome Using Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Criteria and Berlin Definition. Front Pediatr. 2018;6:93.
12. Shaima SN, Alam T, Bin Shahid A, Shahrin L, Sarmin M, Afroze F, et al. Prevalence, Predictive Factors, and Outcomes of Respiratory Failure in Children With Pneumonia Admitted in a Developing Country. Front Pediatr. 2022;10:841628.
13. Başak Nur Akyıldız, Yeşilbaş O. Pediatrik Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu. In: Agop Çıtak , Rıza Dinçer Yıldızdaş , Karaböcüoğlu M, editors. Çocuk Yoğun Bakım. Ankara: Nobetl Tıp Kitap Evi; 2023.
14. Mirabile VS, Shebl E, Sankari A, Burns B. Respiratory Failure. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
15. Sharma S, Hashmi MF, Burns B. Alveolar Gas Equation. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
16. Hantzidiamantis PJ, Amaro E. Physiology, Alveolar to Arterial Oxygen Gradient. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
17. Bhutta BS, Alghoula F, Berim I. Hypoxia. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.

18. Powers KA, Dhamoon AS. Physiology, Pulmonary Ventilation and Perfusion. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
19. Shahjehan RD, Abraham J. Intracardiac Shunts. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
20. Schaeffer MR, Guenette JA, Jensen D. Impact of ageing and pregnancy on the minute ventilation/carbon dioxide production response to exercise. Eur Respir Rev. 2021;30(161).
21. Bascom AT, Sankari A, Goshgarian HG, Badr MS. Sleep onset hypoventilation in chronic spinal cord injury. Physiol Rep. 2015;3(8).
22. Chuang ML, Hsieh BY, Lin IF. Prediction and types of dead-space fraction during exercise in male chronic obstructive pulmonary disease patients. Medicine (Baltimore). 2022;101(6):e28800.
23. Rawat D, Modi P, Sharma S. Hypercapnea. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
24. Medscape. Pediatric Respiratory Failure 2023 [Erişim Tarihi: Ocak 2024. Erişim Adresi: <https://emedicine.medscape.com/article/908172-overview>.
25. Oxygen delivery 2023 [Erişim Tarihi: Ocak 2024. Erişim Adresi: https://www.rch.org.au/rchcpg/hospital_clinical_guideline_index/oxygen_delivery/#:~:text=Low%20flow%3A%20Low%20flow%20systems,of%20the%20lungs%20per%20minute.
26. Weekley MS, Bland LE. Oxygen Administration. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
27. Nazal Kanül [Erişim Tarihi: Kasım 2023. Erişim Adresi: <https://sedationresource.com/oxygen-nasal-cannula-adult-each/>.
28. Ebru Ortaç Ersoy AT. Oxygen Therapy Systems in Respiratory Failure. Yoğun Bakım Derg 2016;7:99-105.
29. De Jong A, Calvet L, Lemiale V, Demoule A, Mokart D, Darmon M, et al. The challenge of avoiding intubation in immunocompromised patients with acute respiratory failure. Expert Rev Respir Med. 2018;12(10):867-80.
30. Segovia B, Velasco D, Jaureguizar Oriol A, Diaz Lobato S. Combination Therapy in Patients with Acute Respiratory Failure: High-Flow Nasal Cannula and Non-Invasive Mechanical Ventilation. Arch Bronconeumol (Engl Ed). 2019;55(3):166-7.
31. Kwon JW. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children: a clinical review. Clin Exp Pediatr. 2020;63(1):3-7.
32. Sharma S, Danckers M, Sanghavi DK, Chakraborty RK. High-Flow Nasal Cannula. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
33. Lee MJ, Cha B, Park JS, Kim JS, Cho SY, Han JH, et al. Impact of High-Flow Nasal Cannula Oxygenation on the Prevention of Hypoxia During Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in Elderly Patients: A Randomized Clinical Trial. Dig Dis Sci. 2022;67(8):4154-60.
34. Gong Y, Sankari A. Noninvasive Ventilation. StatPearls. Treasure Island (FL) 2023.
35. Dinçer Yıldızdaş, Tanıl Kendirli, Oğuz Dursun, Ayşe Berna Anıl, Murat Anıl, Agop Çıtak, et al. Covid-19 Pediatrik Akut Respiratuvar Distress Sendromu (Pards) Protokolü. j Pediatr Emerg Intensive Care Med. 2020;7:34-44.

36. Silva RM, Timenetsky KT, Neves RC, Shigemichi LH, Kanda SS, Maekawa C, et al. Adaptation to different noninvasive ventilation masks in critically ill patients. *J Bras Pneumol*. 2013;39(4):469-75.
37. Thein OS, Niazi M, Ali A, Sahal A. Pneumomediastinum in patients with SARS-CoV-2 treated with non-invasive ventilation. *BMJ Case Rep*. 2021;14(3).
38. Kabi A, Kaeley N, Shankar T, Joshi S, Roul PK. COVID-19-Associated Pneumomediastinum and Pneumothorax: A Case Series. *Cureus*. 2021;13(9):e17715.
39. Northway WH, Jr., Rosan RC, Porter DY. Pulmonary disease following respirator therapy of hyaline-membrane disease. Bronchopulmonary dysplasia. *N Engl J Med*. 1967;276(7):357-68.
40. Cavalleri M, Barbagelata E, Diaz de Teran T, Ferraioli G, Esquinas A, Nicolini A. Noninvasive and invasive ventilation in severe pneumonia: Insights for the noninvasive ventilatory approach. *J Crit Care*. 2018;48:479.
41. Cronin JN, Camporota L, Formenti F. Mechanical ventilation in COVID-19: A physiological perspective. *Exp Physiol*. 2022;107(7):683-93.
42. Hallett S, Toro F, Ashurst JV. Physiology, Tidal Volume. *StatPearls. Treasure Island (FL)* 2023.
43. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical Ventilation: State of the Art. *Mayo Clin Proc*. 2017;92(9):1382-400.
44. Sagana R. Positive end-expiratory pressure (PEEP) 2024 [Erişim Tarihi:şubat 2024. Erişim Adresi: <https://www.uptodate.com/contents/positive-end-expiratory-pressure-peek>.
45. Driver BE, Atkins AH, Reardon RF. The Danger of Using Pop-Off Valves for Pediatric Emergency Airway Management. *J Emerg Med*. 2020;59(4):590-2.
46. Sembroski E, Sanghavi DK, Bhardwaj A. Inverse Ratio Ventilation. *StatPearls. Treasure Island (FL)* 2024.
47. Clement KC. Ventilator triggering. *J Pediatr Intensive Care*. 2013;2(1):11-8.
48. Lang H. IMV (Synchronized Intermittent Mechanical Ventilation). In: Lang H, editor. *Out-of Hospital Ventilation*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2023.
49. Sembroski E, Sanghavi DK, Bhardwaj A. Inverse Ratio Ventilation. *StatPearls. Treasure Island (FL)* 2023.
50. Lazoff SA, Bird K. Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation. *StatPearls. Treasure Island (FL)* 2023.
51. Daoud A, Haider S, Sankari A. Noninvasive Ventilation and Spinal Cord Injury. *Sleep Med Clin*. 2020;15(4):461-70.
52. Mey Talip, Karaböcüoğlu M. İnvaziv Mekanik Ventilasyon Yöntemleri. In: Agop Çıtak , Rıza Dinçer Yıldızdaş , Karaböcüoğlu M, editors. *Çocuk Yoğun Bakım: Nobel Tıp Kitapevi*; 2023.
53. Diamond M, Peniston HL, Sanghavi DK, Mahapatra S. Acute Respiratory Distress Syndrome. *StatPearls. Treasure Island (FL)* 2023.
54. In: Donald H. Shaffner. *KNM, Wynne Morrison*, editor. *Rogers Çocuk Yoğun Bakım El Kitabı*. 5 ed2021. p. 156-63.
55. Emeriaud G, Lopez-Fernandez YM, Iyer NP, Bembea MM, Agulnik A, Barbaro RP, et al. Executive Summary of the Second International Guidelines for the Diagnosis and Management of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome (PALICC-2). *Pediatr Crit Care Med*. 2023;24(2):143-68.

56. Elmer J, Scutella M, Pullalarevu R, Wang B, Vaghasia N, Trzeciak S, et al. The association between hyperoxia and patient outcomes after cardiac arrest: analysis of a high-resolution database. *Intensive Care Med.* 2015;41(1):49-57.
57. Shahab Noori MK. Pulmonary-Cardiovascular Interaction. *The Newborn Lung.* 3 ed 2018. p. 289-305.
58. Fadila M, Rajasurya V, Regunath H. Ventilator Weaning. *StatPearls.* Treasure Island (FL) 2023.
59. Baptistella AR, Mantelli LM, Matte L, Carvalho M, Fortunatti JA, Costa IZ, et al. Prediction of extubation outcome in mechanically ventilated patients: Development and validation of the Extubation Predictive Score (ExPreS). *PLoS One.* 2021;16(3):e0248868.
60. Karakurt Z. Kronik Solunum Yetmezliğinde Evde Mekanik Ventilasyon. *Turkish Thoracic Journal.* 2011;12:36-8.
61. Kaur A, Kaur G, Dhir SK, Rai S, Sethi A, Brar A, et al. Pediatric Risk of Mortality III Score - Predictor of Mortality and Hospital Stay in Pediatric Intensive Care Unit. *J Emerg Trauma Shock.* 2020;13(2):146-50.
62. Karen Marcdante RMK. *Nelson Essentials of Pediatrics.* 9 ed: Esevier; 2022.
63. Pollack MM, Holubkov R, Reeder R, Dean JM, Meert KL, Berg RA, et al. PICU Length of Stay: Factors Associated With Bed Utilization and Development of a Benchmarking Model. *Pediatr Crit Care Med.* 2018;19(3):196-203.
64. Yilmaz R, Turkyilmaz E, Karatas OU, Samanci HK. Acute Respiratory Distress Syndrome Management in Pediatric Intensive Care Units in Turkey: A Prospective Survey. *Turk Arch Pediatr.* 2022;57(2):216-21.
65. Durankuş F, SÜNnetçi E, Kibris A. Investigating Associated Factors Between Admission to Pediatric Emergency and Referral to Intensive Care Unit: A Retrospective Cohort Study. *Namık Kemal Tıp Dergisi.* 2020;8(3):344-50.
66. Seifu A, Eshetu O, Tafesse D, Hailu S. Admission pattern, treatment outcomes, and associated factors for children admitted to pediatric intensive care unit of Tikur Anbessa specialized hospital, 2021: a retrospective cross-sectional study. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):13.
67. Bae W, Kim K, Yoon J. Mortality of Children Treated in A Pediatric Intensive Care Unit Versus Other Intensive Care Units. 2020;30(2):e97584.
68. Balcells Ramirez J, Lopez-Herce Cid J, Modesto Alapont V, Grupo de Respiratorio de la Sociedad Espanola de Cuidados Intensivos P. [Prevalence of mechanical ventilation in pediatric intensive care units in Spain]. *An Pediatr (Barc).* 2004;61(6):533-41.
69. Pujari CG, Lalitha AV, Raj JM, Kavilapurapu A. Epidemiology of Acute Respiratory Distress Syndrome in Pediatric Intensive Care Unit: Single-center Experience. *Indian J Crit Care Med.* 2022;26(8):949-55.
70. Yöntem A, Turhan İ, Yildizdaş D. Evaluation of acute respiratory distress syndrome cases in a pediatric intensive care unit. *Cukurova Medical Journal.* 2021;46(2):516-22.
71. Dursun O, Ozel D. Early and long-term outcome after tracheostomy in children. *Pediatr Int.* 2011;53(2):202-6.
72. Shajan N, Sharma M, Kaur G. Sedation in pediatric intensive care unit and its impact on outcomes of ventilated children: a prospective observational study. *Egyptian Pediatric Association Gazette.* 2023;71(1):41.

73. Principi T, Fraser DD, Morrison GC, Farsi SA, Carrelas JF, Maurice EA, et al. Complications of mechanical ventilation in the pediatric population. *Pediatr Pulmonol.* 2011;46(5):452-7.
74. Capan Konca MT, Ahmet Kucuk. Incidence of Mechanical Ventilation Adverse Events in Critically Ill Children in a Tertiary Pediatric Intensive Care Unit. *Thorac Res Pract.* 2022;23:277-83.
75. Blackwood B, Tume LN, Morris KP, Clarke M, McDowell C, Hemming K, et al. Effect of a Sedation and Ventilator Liberation Protocol vs Usual Care on Duration of Invasive Mechanical Ventilation in Pediatric Intensive Care Units: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2021;326(5):401-10.
76. Ferreira FV, Sugo EK, Aragon DC, Carmona F, Carlotti A. Spontaneous Breathing Trial for Prediction of Extubation Success in Pediatric Patients Following Congenital Heart Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Pediatr Crit Care Med.* 2019;20(10):940-6.

