

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ



PROJE BAŞLIĞI
T.C.

ERCOYES ÜNÖVERSÖTESÖ
TIP FAKÜLTESÖ
ÇOCUK SA LI I VE HASTALIKLARI
ANABÖL ÖM DALI

Proje No:
TTU-2014/53333

Proje Türü
T. UZMANLIK

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Adı Soyadı
Birimi/Bölümü
Pediatri Yoğun Bakım Ünitesi
Doç. Dr. Ba_ak Nur AKYILDIZ

Araştırmacının Adı Soyadı
Birimi/Bölümü
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları
Dr. Sedat ÖZTÜRK

Pediatric yoğun bakıma yatan hastalarda yüksek akımlı akımlı oksijen tedavisinin ekstübasyon başarısına etkisinin değerlendirilmesi konulu tıpta uzmanlık tezimi başarıyla tamamlamış olup tezimin gerçekleşmesinde bana yardımcı olan ERÜ BAP bölümüne teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla

Dr. Sedat Öztürk

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	15
2. GENEL BİLGİLER.....	17
2.1.1. Etyoloji	18
2.1.2. Patogenez.....	20
2.1.3. Tanı ve Klinik Bulgular.....	21
2.1.4. Tedavi.....	22
2.2. Oksijenizasyon Takibi	23
2.2.1. Kan Gazları.....	23
2.2.2. Nabız Oksimetresi (Pulse Oksimetri)	24
2.3. Oksijen Tedavisi.....	25
2.3.1. Tarihçe	25
2.3.2. Oksijen Tedavisi Endikasyonları	25
2.3.3. Oksijen Tedavisinin Kontrendikasyonları	27
2.3.4. Oksijen Uygulama Yöntemleri.....	27
2.3.4.1. Basit Oksijen Maskesi	28
2.3.4.2. Yüksek Akımlı Oksijen Tedavisi	29
2.4. Kapnografi ve End-Tidal CO ₂	30

2.5. Mekanik Ventilasyon Tedavisi	31
2.5.1. MV Endikasyonları.....	31
2.5.2. MV uygulama yöntemleri.....	33
2.5.2.1. İnvaziv Mekanik Ventilasyon	33
2.5.2.2. Noninvaziv Mekanik Ventilasyon	34
2.5.3. Mekanik Ventilatörden Ayırma	34
2.5.4. Ekstübasyon Kriterleri	35
2.5.5. Spontan Soluma Testi.....	36
2.5.6. Weaning ve Ekstübasyon Başarısızlığın Nedenleri	37
2.5.7. Kovalama Başarısızlığında Yapılacak Uygulamalar.....	37
3. MATERYAL VE METOD	38
3.1. Çalışma Desteği.....	38
3.2. Çalışma Grupları.....	38
3.3. Çalışma Dışlanma Kriterleri	38
3.4. Spontan Soluma Testi.....	39
3.4.1. Spontan Soluma Testi Endikasyonları	39
3.4.2. Spontan soluma testi yapılışı	39
3.5. Ölçüm Sırasında Kullanılan Teknik Cihazlar.....	40
3.5.1. Kapnograf	40
3.5.2. Yüksek akımlı oksijen cihazı	40
3.5.3. Kan gazı cihazı	40
3.5.4. SpO ₂ ölçüm cihazı.....	40
3.6. Modifiye Radyolojik Atektazi Skoru	40
3.7. İstatiksel Analiz.....	41
4. BULGULAR	42
4.1. Çalışma Gruplarının Değerlendirilmesi	42

4.2. Takip Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	45
5. TARTIŞMA.....	55
KAYNAKLAR.....	59
TEZ ONAY SAYFASI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR

AaDO₂	: Alveoler Arteriyel Oksijen Farkı
ASY	: Akut solunum yetmezliği
BİPAP	: Bilevel Positive Airway Pressure
CO₂	: Karbondioksit
CPAP	: Continuous Positive Airway Pressure
CPAP/PS	: Devamlı Pozitif hava yolu basıncı/Basınç Desteği
DKB	: Diastolik Kan Basıncı
DSS	: Dakika Solunum Sayısı
FiO₂	: İnspire edilen havadaki oksijen fraksiyonu (%)
HCO₃	: Bikarbonat
HFNC	: High Flow Nasal Cannula
IPPV	: İntermittent Positive-Pressure Ventilation
KOT	: Konvansiyonel Oksijen Tedavsi
KTA	: Kalp Tepe Atımı
m-RAS	: Modifiye Radyolojik Atelektazi Skoru
MV	: Mekanik Ventilasyon
NPBV	: Noninvazif Pozitif Basıncılı Ventilasyon
O₂	: Oksijen
PaCO₂	: Parsiyel karbondioksit basıncı (mmHg)
PaO₂	: Parsiyel oksijen basıncı (mmHG)
PCV	: Basınç Kontrollü Mod
PEEP	: Positive End Expiratory Pressure
PELOD	: Pediatric Logistic Organ Dysfunction
PİP	: Peak İnspiratory Pressure
PRISM	: Pediatric Risk of Mortality

PRVC	: Basınç Regülasyonlu Volüm Mod
S/F	: Saturasyon/FiO ₂
SaO₂	: Arteriyel hemoglobin O ₂ saturasyonunu
SIMV	: Senkronize Aralıklı Zorunlu Ventilasyon
SKB	: Sistolik Kan Basıncı
SpO₂	: Nabız oksimetrenin ölçtüğü arteriyel oksijen saturasyonu
SS	: Solunum sayısı
SST	: Spontan Soluma Testi
VA	: Alveoler ventilasyon
VCV	: Volüm Kontrollü Mod
VD	: Ölü Boşluk Hacmi
VT	: Tidal Hacim
V/Q	: Ventilasyon Perfüzyon Oranı
YAOT	: Yüksek Akımlı Oksijen Tedavisi

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Yaş gruplarına göre akut solunum yetmezliğinin sebepleri	20
Tablo 2.	Solunumsal ve metabolik asit-baz bozukluklarının tanımlanması	24
Tablo 3.	Klinik bulguların hipoksemi ve mortalite ile ilişkisi.....	26
Tablo 4.	Modifiye Radyolojik Atelektazi Skoru	41
Tablo 5.	Grupların yaş ve cinsiyete göre değerlendirilmesi.....	42
Tablo 6.	Grupların kabul ve ekstübasyondaki PRISM ve PELOD skoru karşılaştırılması	43
Tablo 7.	Grupların yoğun bakımda yatış ve MV sürelerinin karşılaştırılması.....	43
Tablo 8.	Grupların primer tanılarının karşılaştırılması	43
Tablo 9.	Solunum yetmezliği tipine göre uygulana tedavi yöntemlerinin karşılaştırılması	44
Tablo 10.	Grupların reentübasyon oranlarının karşılaştırılması.....	44
Tablo 11.	Grupların ekstübasyon sonrası SpO ₂ değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	45
Tablo 12.	Grupların ekstübasyon sonrası S/F değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	46
Tablo 13.	Grupların ekstübasyon sonrası PCO ₂ değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	47
Tablo 14.	Grupların ekstübasyon sonrası et CO ₂ değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	48
Tablo 15.	Grupların ekstübasyon sonrası DSS değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	49
Tablo 16.	Grupların ekstübasyon sonrası KTA değerlerinin değerlendirilmesi.....	50
Tablo 17.	Grupların ekstübasyon sonrası SKB değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	51
Tablo 18.	Grupların ekstübasyon sonrası DKB değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	52

Tablo 19.	Grupların ekstübasyon sonrası m-RAS değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi.....	53
-----------	---	----

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Basit Oksijen Maskesi.....	28
Şekil 2.	Yüksek Akımlı Oksijen Tedavisi	29
Şekil 3.	Uygulanan yöntemlerin yaşlara göre dağılımı.....	42
Şekil 4.	SpO ₂ değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	46
Şekil 5.	S/F değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi.....	47
Şekil 6.	PCO ₂ değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	48
Şekil 7.	Et CO ₂ değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	49
Şekil 8.	DSS değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	50
Şekil 9.	KTA değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	51
Şekil 10.	SKB değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	52
Şekil 11.	DKB değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	53
Şekil 12.	m-RAS değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi	54

PEDİATRİ YOĞUN BAKIMA YATAN HASTALARDA YÜKSEK AKIMLI OKSİJEN TEDAVİSİNİN EKSTÜBASYON BAŞARISINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Amaç: Yüksek akımlı oksijen tedavisi (YAOT); Acil ve yoğun bakım ünitelerinde solunum yetmezliği olan olgularda kullanımı giderek artan yardımcı bir tedavi metodudur. Bununla birlikte çocuklarda yüksek akımlı oksijen tedavisinin ekstübasyon sonrası dönemde etkinliğinin değerlendirildiği herhangi çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda kritik hasta çocuklarda ekstübasyon sonrası dönemde yüksek akımlı oksijen tedavisinin ekstübasyon başarısına etkisinin değerlendirilmesi amaçlandı.

Materyal ve metod: Pediatri Yoğun Bakım Ünitesi'nde yatmakta olan 1 ay- 16 yaş arası mekanik ventilasyon tedavisi sonlandırılması planlanan (ekstübasyon) ve spontan soluma testini geçen 100 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastalar iki gruba ayrılarak, 1. gruba (n=50) yaklaşık 37 C⁰ sıcaklıkta, SpO₂ ≥ %92 tutacak şekilde, yaşına uygun aralıkta yüksek akımlı oksijen tedavisi verildi. İkinci gruba (kontrol grubu n=50) ise oronazal maske ya da nazal prong ile konvansiyonel oksijen tedavisi (KOT) uygulanarak SpO₂ ≥ %92 değeri hedefleyecek oksijen tedavisi verildi. Gruplar tedaviye alındıktan sonra başlangıç, 15.dk, 30.dk, 45.dk, 1.saat, 6.saat, 12.saat, 24.saat ve 48.saatlerde SpO₂, SpO₂/FiO₂ oranı, end-tidal karbondioksit (etCO₂)ve PCO₂, dakika solunum sayısı (DSS), kalp tepe atımı (KTA), değerlendirilmesi planlandı. Yine ek olarak ekstübasyon sonrası, 24. Saat ve 48. Saatte çekilen PA AC grafilere ile modifiye radyolojik ateletazi skoru (m-RAS) hesaplanması planlandı. Ayrıca çalışmaya alınan hastaların yaş, cinsiyet, yoğun bakıma yatış tanısı, mekanik ventilasyon uygulama nedeni ve süresi, toplam yatış süresi, Pediatrik risk of Mortality (PRISM) ve Pediatric Logistic Organ Dysfunction (PELOD) skorları kaydedildi.

Bulgular: Çalışmaya alınan hastaların 49'u kız, 51'i erkek olup median yaş 28 ay (1-182 ay) idi. YAOT ve KOT alan gruplar cinsiyet, yaş, mekanik ventilasyon nedenleri ve süresi, yatış ve ekstübasyon anındaki PRISM ve PELOD skorları açısından değerlendirildiğinde istatistiksel olarak

anlamalı fark tespit edilmedi. Her iki grupta karşılaştırmalı olarak SpO₂'de meydana gelen değişimlere bakıldığında sadece YAOT alan grupta 60.dk'dan itibaren istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış mevcuttu ($p<0,05$). Gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise yine YAOT alan grupta zamanla SpO₂ değerlerinde artış görüldü ($p=0,02$). S/F oranlarına bakıldığında ise KOT grubunda takipte istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşme gözlenirken ($p=0,009$), YAOT grubunda artış saptandı ($p<0,001$). Gruplar karşılıklı olarak değerlendirildiğinde ise YAOT grubunda 45.dk'dan itibaren istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış tespit edildi ($p=0,005$). PCO₂ değerlerine bakıldığında her iki yöntem arasında sadece 24.saat değerleri arasında fark varken ($p=0,008$), yöntemler kendi içlerinde zamana göre değerlendirdiklerinde bir fark tespit edilmedi ($p=0,300$, $p=0,357$). EtCO₂ değerlerinde ise hem yöntemler arası 24.saatte ($p=0,018$), hem de YAOT grubunda, zamana göre bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p=0,018$). Dakika solunum sayılarına (DSS) bakıldığında, sadece YAOT grubunda DSS'de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma tespit edildi ($p=0,048$). Yine benzer bir sonuç olarak kalp atım değerlerinde, YAOT grubunda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma mevcuttu ($p=0,001$). Sistolik ve diyastolik kan basıncına bakıldığında ise her iki grup arasında bir fark saptanmadı. Bununla birlikte her iki gruptaki m-RAS değerlerine zamana göre bakıldığında, YAOT alan grupta, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde m-RAS skorlarında azalma mevcuttu ($p=0,002$). Yöntemler arası m-RAS skoru değerlendirildiğinde ise ekstübasyon anında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde YAOT alan grupta daha yüksek m-RAS skorları mevcuttu ($p=0,003$). Takibin 24.saatinde her iki grup arasında m-RAS skorları arasında istatistiksel olarak fark yok iken ($p=0,824$), 48.saatte KOT alan grupta m-RAS skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yükseklik saptandı ($p=0,001$).

Sonuç: Klinik ve radyolojik parametreler üzerine olan olumlu etkisi yanısıra reentübasyon oranını azaltma açısından pediatrik hasta grubunda ekstübasyon sonrası dönemde yüksek akımlı oksijen sistemlerinin rutin izlemde yer alması gerektiği kanaatindeyiz.

Anahtar kelimeler: çocuk, ekstübasyon, yüksek akışlı oksijen tedavisi

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF HIGH FLOW OXYGEN THERAPY ON EXTUBATION SUCCESS FOR PATIENTS IN THE PEDIATRY INTENSIVE CARE UNIT

ABSTRACT

Objective: High flow oxygen therapy (HFOT) is an assistive treatment method of increasing prevalence for the cases of respiratory failure in the emergency and intensive care units. However, there exist no studies that assess the effectiveness of high flow oxygen therapy in the post-extubation period of children. This study of ours aims to assess the influence of high flow oxygen therapy on extubation success, in the post-extubation period of critically ill children.

Material and Methods: Out of the patients being treated in the pediatric intensive care unit aged between 1 months and 16 years, 100 patients were involved in the study for whom the mechanical ventilation treatment was planned to be terminated (extubation) and who succeeded on the spontaneous breathing trial. The patients were divided into two and the first group (n=50) was made subject to high flow oxygen treatment of appropriate interval for his/her age, keeping $\text{SpO}_2 \geq 92\%$ and temperature at approximately 37°C . Meanwhile, the second group (control group n=50) was subject to Conventional Oxygen Therapy (COT) through oronasal mask or nasal prong, aiming a level of $\text{SpO}_2 \geq 92\%$. When the treatments for the groups were initiated, SpO_2 , $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ ratio, etCO_2 and PCO_2 , rate of respiration per minute, peak heart rate, of it were planned to be assessed at the beginning of the treatment and at the 15th minute, 30th minute, 45th minute, 1st hour, 6th hour, 12th hour, 24th hour and 48th hour of it, as well. Modified radiologic atelectasis score was also calculated at baseline, 24th and 48th according to chest X-ray. Additionally; age, gender, diagnosis for being subject to intensive care, reason for the deployment of mechanical ventilation and its duration, total duration of hospitalization, reason of reintubation and timing, Pediatric Risk of Mortality (PRISM) and Pediatric Logistic Organ Dysfunction (PELOD) scores of the patients involved in the study were recorded.

Results: Out of the patients involved in the study, 49 were females and 51 were males where the median age was 28 months (1-182 months). When the groups subject to HFOT and COT were assessed according to gender, age, reasons of mechanical ventilation and its duration, PRISM and PELOD scores at the time of hospitalization and extubation, no statistically significant difference was found. When the changes in SpO_2 in both groups were monitored comparatively, there was a statistically significant rise only in the group subject to HFOT, starting from the 60th minute ($p < 0,05$). When the groups were assessed separately, a rise in the SpO_2 values was detected again in the group subject to HFOT ($p = 0,02$). When S/F ratios were monitored, statistically significant rise in the HFOT ($p < 0,001$) group was detected while statistically significant fall in the COT group ($p = 0,009$) was observed. When the groups were assessed comparatively (as for

S/F ratios), statistically significant increase in the HFOT group starting from the 45th minute was observed ($p=0,005$). As for the PCO_2 values, while there was a difference between the two methods only for the 24th hour values ($p=0,008$), there was no difference found when the methods were assessed according to time separately ($p=0,300$, $p=0,357$). As for $EtCO_2$ values, statistically significant difference was found both for the comparative 24th hour of the methods ($p=0,018$) and in the HFOT group when assessed according to time ($p=0,018$). When rates of respiration per minute for the groups were assessed, a statistically significant decrease of RPM was observed only in the HFOT group ($p=0,048$). Again as a parallel outcome, there was a statistically significant decrease in the heart rate for the HFOT group ($p=0,001$). As for systolic and diastolic blood pressures, there was no difference between the two groups. Nonetheless, when the m-RAS values of the two groups were assessed according to time, statistically significant decrease of m-RAS scores was present in the group subject to HFOT ($p=0,002$). When the m-RAS scores were assessed comparatively between the methods, statistically significantly higher levels of m-RAS scores existed in the HFOT group at the moment of extubation ($p=0,003$). While there was no statistically significant difference between the m-RAS scores of the groups at the 24th hour of the follow-up ($p=0,824$), at the 48th hour, a statistically higher level of m-RAS scores for the COT group was observed ($p=0,001$).

Conclusion: In addition to the positive effects of it on the clinical and radiological parameters, also for the lessening of the rate of reintubation, we hold the opinion that high flow oxygen systems are required to be included in the routine care of the pediatric patients during the post-extubation period.

Keywords: children, extubation, high flow oxygen therapy

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Mekanik ventilasyon tedavisi sonlandırılan hastalarda, yeniden entübasyon (reentübasyon) olasılığı nozokomiyal pnömoniye 8 kat, mortaliteyi ise 6-12 kat attırmaktadır. Bu nedenle kritik hastalarda reentübasyon olasılığını azaltmak amacıyla, bir takım noninvaziv yardımcı metodların kullanımı yaygın hale gelmiştir [1,2].

Ekstübasyon sonrası uygulanan oksijen tedavisinin pek çok farklı uygulama şekli bulunmaktadır. Oksijen tedavisi düşük akım sistemleri ve yüksek akım sistemleri olarak iki ana gruba ayrılabilir. Düşük akım sistemlerinden basit oksijen maskeleri, kullanımı kolay, etkin ve ucuz yöntemlerden biridir ve oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak basit oksijen maskelerinde hastaya ulaşan oksijen konsantrasyonunun hastanın solunum sayısı artışı ile belirgin oranda azaldığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir [1,2].

Bununla birlikte hastanın solunum sayısı ve inspiratuar akım hızından etkilenmeyen, hastaya ihtiyacı kadar oksijeni sabit FiO_2 ile ulaştırma amacıyla geliştirilmiş yüksek akım sistemleri de kullanılmaktadır. Akım hızını değiştirerek istenen FiO_2 'nin belirlenebildiği bu yöntemle hastanın ihtiyacı kadar oksijenin verilmesi de sağlanabilmektedir.

YAOT yeni bir oksijen uygulama sistemi olup, uygun nem ve ısıda oksijen sağlayarak kritik hastada ölü boşluğu azaltırken, aynı zamanda efektif mukosilyer klirens oluşturarak nazal rezistansı azaltır. Sistemin bir diğer avantajı ise pozitif end ekspiratuvar basınç (PEEP) oluşturma etkisidir. Bu sayede yeterli fonksiyonel rezidüel kapasite sağlayarak atelektazi

gelişimini önler. Yenidoğanlarda nazal CPAP uygulamalarına eş değer yaklaşık 2-5 cmH₂O, daha büyük çocuklarda ise 4.0±1.99 cmH₂O PEEP değeri yaratması açısından klasik oksijen uygulama yöntemlerine göre belirgin avantajlar sağlamaktadır [1,2]. Literatürde yukarıda belirtilen etkilerine dayanılarak, yenidoğanlar başta olmak üzere diğer yaş gruplarında çeşitli nedenlerle solunum yetmezliği gelişen olgularda etkinliğini değerlendiren çok az sayıda çalışma mevcuttur. Ancak çocuklarda literatürde ekstübasyon sonrası, oksijen uygulama yöntemlerini karşılaştıran bir çalışma yoktur. Bununla birlikte yoğun bakım hastaları, özellikle mekanik ventilasyon sonrası dönemde artmış solunum iş yükünü azaltmak amacıyla daha yüksek oranda oksijene ihtiyaç duymaktadır [1,2].

Bu çalışmada YAOT'un mekanik ventilasyon tedavisi sonlandırılmış pediatrik yoğun bakım hastalarında reentübasyon olasılığını azaltmadaki etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Akut Solunum Yetmezliği

Akut solunum yetmezliği (ASY); Solunum işlevine katılan organ veya organellerin (santral sinir sistemindeki solunum kontrol merkezi, sinirler, kaslar, plevra, solunum yolları ve akciğer parankimi) bir veya birkaçının fonksiyon bozukluğu sonucunda gelişen, pulmoner kapiller yataktan oksijenin dolaşım sistemine aktarılması ve/veya karbondioksitin atılmasında bozuklukla kendini gösteren acil bir durumdur. Akut solunum yetmezliği tanısı için kullanılan klinik ve laboratuvar kriterleri aşağıda özetlenmiştir.

Tanı için gerekli klinik bulgular aşağıda sıralanmıştır:

- Solunum seslerinin azalmış veya kaybolmuş olması.
- Ciddi çekilmeler ve yardımcı solunum kaslarının kullanılması.
- Oda havasında siyanozun varlığı.
- Bilinç kaybı ve ağırlı uyaranlara yanıtsızlık.
- Kas tonusunun azalması.

- Hırıltılı, inlemeli solunum.
- Öksürük veya öğürme refleksinin kaybolması.
- Apne gelişimi.

Tanı için gerekli laboratuvar kriterleri ise aşağıda sıralanmıştır:

- $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg (oda havasını solurken), $\text{PaCO}_2 > 55$ mmHg, hipoksemi (oda havası oksijen saturasyonunun %92 ve altı olması)
- Solunumsal asidozun olması.
- Vital kapasitenin 15cc/kg'ın altında olması.
- Maksimal inspiratuvar kuvvetin -20 cm H_2O 'dan küçük olması.
- Ölü boşluk/tidal volüm oranı (V_d / V_t) $> 0,75$ olması [3,4].

2.1.1. Etyoloji

ASY tip I ve tip II olarak ikiye ayrılırsa, ağır solunum yetmezliği olan birçok çocuk hastada her iki tipte bozuklukda aynı anda bulunabilmektedir [3].

Tip I solunum yetmezliği, nonventilatuvar veya normokapnik solunum yetmezliği olarak da adlandırılabilir. PaO_2 'nin çok düşük olması ve PaCO_2 'nin normal veya düşük olması ile karakterizedir. Tip II solunum yetmezliği ise ventilatuvar veya hiperkapnik solunum yetmezliği olup PaCO_2 'nin artması ile karakterizedir. Tip I solunum yetmezliği genellikle akciğer'deki hastalıklardan kaynaklanmaktadır. Tip II solunum yetmezliğinde ise alveoler ventilasyonda sorun olup, dakikadaki ventilasyonda azalma ya da ölü boşlukta artma sonucunda ortaya çıkmaktadır. Santral sinir sisteminde ventilasyon kontrolünün depresyonu ve kronik obstrüktif akciğer hastalığının alevlenmesi tip II solunum yetmezliğinin en sık nedenleri arasındadır. Akut solunum yetmezliğinin sebepleri aşağıda kısaca özetlenmiştir [3].

Tip I solunum Yetmezlik: Akut solunum sıkıntısı sendromu, aspirasyon, ateletazi, bronşiyolit, kardiyojenik pulmoner ödem, kistik fibrozis, emboli (hava, kan, yağ), interstisyel akciğer hastalığı, pulmoner ödem, radyasyon, sepsis, ağır pnömoni (bakteriyel, viral, fungal, parazitik), toksik gaz inhalasyonu, transfüzyona bağlı akut akciğer hasarı, travma (kontüzyon) gibi nedenler sayılabilir.

Tip II solunum Yetmezlik: İlaçlar (opiat, barbitürat, anestezi ilaçları), santral alveolar hiperventilasyon sendromu.

- Üst motor nöron: Servikal spinal kord travması, siringomyeli, demyelinizan hastalıklar, tümörler.
- Ön boynuz motor hücresi: Poliomyelit, Werding-Hoffman sendromu.
- Alt motor nöron: Trakotomi sonrası frenik sinir paralizi, Guillain-Barré sendromu.
- Nöromusküler kavşak: Botulizm, multipl skleroz, myastenia gravis, nöromusküler blok yapan ilaçlar, organofosfat zehirlenmesi, tetanoz.
- Göğüs duvarı ve plevra: yanık skarı, kifoskolyoz, masif plevral efüzyon, obezite, musküler distrofi, pnömotoraks.
- Artmış solunum yolu rezistansı: Larengeal obstrüksiyon (krup, difteri, epiglottit, yabancı cisim aspirasyonu, vokal kord paralizi), altsolunum yolu obstrüksiyonu (astım, amfizem) gibi nedenler sayılabilmektedir [5].

Çocuklarda yaş grubuna göre akut solunum yetmezliğinin nedenleri Tablo 1’de özetlenmiştir [6].

Tablo 1. Yaş gruplarına göre akut solunum yetmezliğinin sebepleri

Yaş	Sık	Daha Nadir
Yeni doğan	Respiratuar distres hastalığı	Diafram hernisi
	Yenidoğanın geçici taşipnesi	Konjenital havayolu anomalisi
	Mekonyum aspirasyonu	Pulmoner hipoplazi
	Pnömoni/Sepsis	Kistik adenomatoid malformasyon
Süt çocuğu	Pnömoni	Bronşiyolit
	Bronkopulmoner displazi	Astım
	Sepsis/menenjit	Travma
	Konjestif kalp yetersizliği	Epiglotit
Oyun çocuğu	Astım	Yabancı cisim aspirasyonu
	Pnömoni	Hidrokarbon/kostik madde içme
Çocuk	Astım	Göğüs kafesinde şekil bozukluğu
	Pnömoni	Kas güçsüzlüğü
	Travma	
Adölesan	Astım	Göğüs kafesinde şekil bozukluğu
	Pnömoni	
	Travma	

2.1.2. Patogenez

ASY’de ortaya çıkan hipokseminin en sık nedeni alveoler ventilasyonun, perfüzyona göre rölatif olarak bozulmasıdır. Normal ventilasyon ve perfüzyonun oluşması için alveoler ventilasyon ve pulmoner kan akımının normal olması, dolayısıyla normal gaz alışverişinin gerçekleşmesi gerekmektedir. İdeal Ventilasyon/Perfüzyon (V/Q) oranının bir olması gerekir. V/Q oranını bozan durumlar alveoler ventilasyonu bozarak ya da pulmoner kan akımını azaltarak hipoksemiye yol açar. Pnömoni, pulmoner ödem bu durumlara örnek olarak verilebilir. Hipokseminin bir diğer nedeni de intrapulmoner şantlardır. Ventile olmayan bir akciğer alanında perfüzyon olmasıyla kanın oksijenizasyonu bozulur, bu da intrapulmoner şant olarak adlandırılır. Diğer bir neden ise Alveoler-Kapiller membrandan oksijen difüzyonunun bozulmuş olmasıdır. Bu durumda da pulmoner kapiller kan akımı ve alveoler havalanma arasındaki denge bozularak, oksijenizasyonun yetersiz hale gelmesine neden olur. Alveoler kapillerlerin kalınlığı arttığında, ağır akciğer fibrozisi, interstisyel pnömoni ve interstisyel ödem gibi durumlarda difüzyon defektleri ortaya çıkar. Yine yüksek irtifada yaşayan kişilerde görüldüğü gibi,

inspire edilen parsiyel oksijen basıncının düşük olması da hipoksemiye yol açan bir diğer nedendir. Ayrıca santral hipoventilasyon, üst solunum yolu obstrüksiyonu gibi hipoventilasyon durumlarında da hipoksemi ortaya çıkmaktadır [7]. Hiperkarbinin mekanizmasını anlayabilmek için kanda normal CO₂ parsiyel basıncının nasıl sağlandığını bilmek gereklidir. Kandan CO₂ eliminasyonu için normal bir alveoler ventilasyon gereklidir. Normal alveoler ventilasyon için öncelikle santral sinir sisteminin sağlıklı olması ve normal fonksiyon gören bir respiratuar pompa ve akciğer bulunmalıdır. Alveoler ventilasyon (V_A); Tidal hacim (V_T), ölü boşluk hacmi (V_D) ve solunum sayısı (SS)'na bağlı olup aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$V_A = (V_T - V_D) \times SS.$$

Bu nedenle, normal alveoler ventilasyon olabilmesi için tidal hacmin yeterli, ölü boşluğun azalmış ve solunum hızının normal olması gereklidir. Alveoler ventilasyonun azaldığı ya da CO₂ yapımının arttığı durumlarda hiperkapnik solunum yetmezliği ortaya çıkmaktadır [4,7].

2.1.3. Tanı ve Klinik Bulgular

Tanı için öncelikle iyi bir hikaye alınması gereklidir. Yabancı cisim aspirasyonu açısından dikkatli bir hikaye, epiglotit, pnömoni ve bronşiyolit için infeksiyon bulgularının sorgulanması, kistik fibrozis, bronkopulmoner displazi, astım gibi kronik bir hastalığı olduğu bilinen hastalarda ise araya giren bir infeksiyon hikayesi, tanıda önemli ipuçlar olabilir. Çocuklarda ASY'nin ilk klinik bulgusu takipnedir. Göğüs duvarında retraksiyonlar ve burun kanatlarının solunuma katılması solunum iş yükünün arttığının göstergesidir. İnspiratuar stridor üst solunum yolu obstrüksiyonunun işaretidir. Ekspiryumun uzaması ve hışıltının (wheezing) ortaya çıkması, alt solunum yollarında obstrüksiyon olduğunu gösterir. Siyanoz ise solunum yetmezliğinin geç bir bulgusudur. Bu bulguların hepsi her hastada olmayabilir. Ayrıca bu bulguların varlığı solunum sistemine ait olmayan bir bozuklukta da ortaya çıkabilir. Bu nedenle klinik değerlendirmenin yanında mutlaka laboratuvar testleri de yapılmalıdır [7].

ASY ile başvuran hastada klinik ve laboratuvar bulgularını değerlendirdikten sonra etyolojiye yönelik ek tetkikler (tam kan sayımı, akciğer grafisi, plevral sıvının incelenmesi gibi) yapılmalıdır. Bazı hastalarda akciğer tomografisi çekirmek te faydalı olabilir. Nedeni bulunamayan hastalarda fleksibl bronkoskopi yapmak; Bronkoalveoler lavaj ile diagnostik materyalin elde edilmesini, sekresyonların temizlenerek endobronşiyal obstrüksiyonun açılmasını, endotrakeal tüp yerleştirilmesini, travma varsa yerinin belirlenmesini veya kanamanın yerinin bulunmasını sağlayacaktır [7].

Solunum yetmezliğinden şüphelenilen çocuk, altta yatan akciğer hastalığına sekonder solunum sıkıntısıyla (solunum yolu, parankimal ya da plevral hastalık), altta yatan akciğer hastalığı olmadan solunum sıkıntısıyla (metabolik asidoz ya da santral sinir sistemi hastalığı) ya da solunum sıkıntısı olmadan (santral hipoventilasyonu olup kan gazlarında artmış PaCO_2 düzeyi) karşımıza gelebilir. Bu nedenle ASY bulguları olan bir hastada hemen tanıyı koymak ve nedenini bulmak, hastalığın şiddetini saptamak ve girişime ihtiyacı olup olmadığını belirlemek, ardından spesifik ve destekleyici tedaviyi vermek ve hastalığın gidişi ile tedaviye cevabını monitörize etmek çok önemlidir [7].

2.1.4. Tedavi

ASY'de tedavinin temel ilkeleri etyolojiyi ortadan kaldırmak, genel önlemlerle ısı, postür, beslenme, anemi, kalp yetersizliği ve şok varsa bunların tedavisi, monitorizasyon ve yakın izlem, oksijen tedavisi ve ilaç tedavisinden oluşur [6].

Üst solunum yolu obstrüksiyonu düşünülüyorsa üst solunum yolları aspire edilmeli, aerosolize adrenalin verilmeli, oksijen tedavisi verilmeli ve hastalar gereğinde entübe edilmeli veya trakeostomi açılmalıdır. Alt solunum yollarına ait artmış rezistans durumlarında ise beta₂-agonistler, steroid ve postural drenajdan faydalanılabilir [6].

Oksijen tedavisi endikasyonları, oksijen saturasyonunun %90'ın altında olması ya da PaO_2 'nin 60mmHg'dan düşük olmasıdır. Ayrıca oksijen saturasyonu normal olsa bile kalp yetmezliği, şok gibi kardiyak disfonksiyonu olan hastalarda dokulara oksijen gidişini arttırmak amacıyla oksijen kullanılır. İyi gaz değişimi olan kişide oksijen saturasyonu %97 ile %100 arasındadır. SpO_2 düzeyi %95 in altına düştüğünde hipoksiden söz edilir. Oksijen saturasyonu %90'ın altında ise ciddi hipoksi anlamına gelir. SpO_2 düzeyi < %92 olan çocuklar oksijen tedavisine gereksinim duyarlar [4,6,7].

Solunum yetmezliği olan hastada yakın izlem ve hücrel hipoksiye izin vermemek, kan gazları ve nabız oksimetresi ile transkutan oksijen monitörizasyonu ile takip edilmesi çok önemlidir [6,8].

Gaz değişimi monitorizasyonunda kullanılan kangazlarında, kanın kısmi CO_2 basıncı ile arteriyel pH arasındaki yakın ilişki nedeniyle arteriyel CO_2 'nin fizyolojik sınırlarda kalmasını sağlamak amaçlanır. Bunun yanında yeterli oksijen sunumunun sağlanması gerekmektedir. Arteriyel hemoglobin O_2 saturasyonunu (SaO_2) %90'ın üstünde tutmak pratikte sıkça kabul edilen bir uygulamadır. Bunun iki nedeni vardır; Birincisi, yeterli oksijen sunumunun, hemoglobinin O_2 ile %90 doymuş olduğu düzeyde

ve yeterli kalp debisinin varlığında gerçekleştiği gösterilmiştir. İkinci olarak Hb-O₂ ayrışma eğrisi, O₂ saturasyonu düzeyi %90'nın altına inince ani azalma gösterdiğinden PaO₂'deki daha fazla düşme oksijen miktarını ve dokuya sunumunu azaltacaktır. Yeterli oksijen sunumunun sağlanması SaO₂'ye ek olarak, kan akımı ve Hb konsantrasyonuna da bağlıdır [4,6].

ASY olan hastalarda oksijen uygulama yöntemlerinden biri basit oksijen maskesidir. Bu maskeler burun ve ağızı kapatan %50-60'a kadar oksijen konsantrasyonları verebilen maskelerdir. Nazal kanül kullanamında olduğu gibi bu maskelerde solunan oksijenin bir kısmı oda havasından sağlandığından ve dakika ventilasyonundaki değişiklikler sonucunda alınan FiO₂ değişkenlik göstermektedir. Basit yüz maskeleri ile oksijen tedavisi sırasında, maske içerisinde CO₂ birikimini önlemek için oksijen akımı en az 4-6 L/dk olmalıdır. Bu maskelerin yeme, içme, ekspektorasyona engel olabilmesi ve uyku sırasında yerinden çıkabilmesi diğer olumsuz yönlerini oluşturmaktadır [9].

Eğer hastada mental durum bozuluyorsa, beslenememe ya da uyuyamama varsa, kalp hızı artmışsa, sistemik perfüzyon bozulmuşsa, siyanozu oksijen tedavisi ile düzeltilemiyorsa, hava yolunun bütünlüğü bozulmuşsa, ağır inspiratuar ve ekspiratuar stridor varsa, solunum hızı artmış ya da azalmışsa, hastada yorulma belirtileri varsa, apneleri oluyorsa ya da abdominal-toraksik solunum bütünlüğü bozulmuşsa hasta kan gazı ile de değerlendirilerek hemen mekanik ventilatör uygulaması başlanmalıdır [5,7].

2.2. Oksijenizasyon Takibi

2.2.1. Kan Gazları

Gaz değişiminin en iyi göstergelerinden biri arteriyel kan gazlarının ölçümüdür. Kritik hastalardaki ani değişikliklerde yapılacak tedavileri belirlemek için yakın kan gazı takipleri gerekmektedir. En uygun kan gazı incelemesi arteriyel örneklemedir. Kapiller ve venöz kan örnekleri de izlemde kullanılabilir. Kapiller ile arteriyel örnekler arasındaki korelasyon değişkenlik gösterir. Genel olarak bu korelasyon pH için oldukça iyi, PCO₂ için orta derecede, ve PO₂ için kötüdür [5,6,8].

pCO₂'nin akut yükselmesinde, karbonik asit konsantrasyonu da orantılı olarak artar ve bu da plazma serbest hidrojen iyonu konsantrasyonunu yükselterek, plazma pH'sını düşürür. Böbrekler azalmış pH'da daha fazla hidrojen atarak ve daha fazla bikarbonat absorbe ederek yanıt verirler [6,8].

Karbondioksitin kanda artması, pulmoner sistemin solunum metabolizmasının artık ürününü atmadaki

yetersizliği anlamına gelir. Karbondioksit artmasına neden olan patoloji akciğer dışı dahi olsa, pulmoner sistemin karbondioksit atılımındaki metabolik gereksinimlere yanıt verememesi birincil sorundur. Basitçe ifade etmek gerekirse solunumsal asit-baz bozukluğu klinikte karbondioksit eliminasyonundaki yetersizliğin derecesini belirlemek ve gerekli tedavi yaklaşıma karar vermek için kullanılır [6,8].

Tablo 2’de solunumsal, metabolik asidoz ve alkalozda beklenenler tanımlanmıştır.

Tablo 2. Solunumsal ve metabolik asit-baz bozukluklarının tanımlanması

	PH	PCO ₂	HCO ₃
Solunumsal asidoz	Azalıır	Artar	Normal
Solunumsal alkaloz	Artar	Azalıır	Normal
Metabolik asidoz	Azalıır	Normal	Azalıır
Metabolik alkaloz	Artar	Normal	Artar

2.2.2. Nabız Oksimetresi (Pulse Oksimetri)

Nabız oksimetresi; Birçok klinik durumda oksijenizasyonun belirlenmesinde büyük rol oynar. Nabız oksimetresi invazif değildir, kullanımı ucuz ve kolaydır. Arteriyel oksijen saturasyonu hakkında devamlı bilgi verir ve perfüzyonun azaldığı durumların erken tanısında yol gösterici olabilir [5].

Nabız oksimetrenin ölçtüğu arteriyel oksijen saturasyonu SpO₂ olarak ifade edilir. Genel anestezi ortamlarında, yoğun bakım ünitelerinde ve diğer klinik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde kullanımda olan nabız oksimetreleri %80-100 saturasyon aralığında oldukça doğru ve güvenilir sonuçlar vermektedirler. Bu aralıkta doğru ve güvenilir sonuç vermesi, hastaların oksijen ihtayıcını belirlemek için yeterlidir. Çünkü birçok hastada saturasyonun %92’nin altına düşmesi oksijen tedavisi gerektirmektedir ve %80’lerde saturasyonu olan hastalarda ise acil bir durumu göstermektedir [8].

Nabız oksimetre sonuçları beşinci vital bulgu olarak tanımlanmaktadır. SpO₂ hakkında devamlı veya sık aralıklarla bilgi verebilen nabız oksimetrisi, oksijenizasyonun yeterliliği konusunda arteriyel kan gazlarından daha faydalı olabilmektedir. Kan gazı tayini için arterden örnek alınmalı ve tekniğe uygun bir şekilde hızlıca makineye götürülmelidir. Oysa nabız oksimetrisi ile invazif arteriyel girişime gerek

olmadan hasta başında değerlendirme yapmak mümkündür [8].

2.3. Oksijen Tedavisi

2.3.1. Tarihçe

Oksijen ilk olarak 1772 yılında İsveçli eczacı Scheele tarafından bulunmakla birlikte inhale oksijenin tıp tarihinde ilk kullanımı Fransız doktor Caillens tarafından 1783 yılında olmuştur [10].

Sonraki 100 yıl boyunca oksijenin tedavideki yeri dalgalanan bir popülerite ile devam etmiştir [10].

Maskelerin icadı ise ilk olarak kömür ocakları ve yangınlardan korunma amacıyla 1847 yılında başlamıştır. Lewis Haslett'in inhaler ve akciğer protektörü isimli buluşundan sonra, 1854'te Jhon Stenhouse toksik gazları temizleyen ağız ve burnu kapatan maskeyi bulmuştur.

Aynı amaçlarla geliştirilmiş, pek çok farklı tür maskeden biri de, 1879'ta Hudson R.Hurd tarafından bulunan (cup shaped mask) kap şeklindeki maskelerdir. Literatürde de basit oksijen maskeleri halen Hudson maskesi olarak ta tanımlanmaya devam etmektedir [10].

Yüksek akışlı sabit konsantrasyonda oksijen veren maske ise 1960 yılında Edward James Campbell tarafından bulunmuştur.

Özellikle kronik akciğer hastalarında solunum yetmezliği üzerinde çalışarak, $p\text{CO}_2$ 'yi ölçecek basit teknikler ve yüksek akışlı sabit konsantrasyonda oksijen veren maskesini geliştirmiştir [11].

2.3.2. Oksijen Tedavisi Endikasyonları

Solunum yetmezliği ile uğraşan doktorların O_2 'yi bir ilaç olarak kabul etmeleri gerekir. Ancak oksijen reçete edilmesi az hatırlanan bir ilaç olmuştur [12].

Hb'nin oksijenle saturasyonu arteriyel PaO_2 ile ilişkilidir. Hemogloblin oksijen saturasyonu (SaO_2) arteriyel PaO_2 değerine bağlı olarak artar. Bu artış doğrusal değildir. PaO_2 100mmHg olduğunda SaO_2

%97 iken, PaO₂ 65mmHg'e düştüğünde SaO₂ %90'dır. PaO₂'de FiO₂'ye bağlı olarak artmaktadır [13].

Oksijen tedavisinde temel amaç kardiyopulmoner işi en aza indirerek yeterli doku oksijenizasyonunu sağlamaktır. Hipokseminde solunum işinin artmasının yanı sıra kalbin işi de artar. Oksijen tedavisi kalbin iş yükünü azaltır [6].

Oksijen tedavisi endikasyonları iki ana başlık altında özetlenebilir.

- **Dökümente edilmiş hipoksemi:** Kanıtlanmış hipoksemi kriterleri; Yenidoğan dönemi dışında oda havası solurken, arteriyel kan gazında oksijen parsiyel basıncının 60mmHg'nın, oksijen saturasyonunun %90'nın altında olmasıdır.
- **Hipokseminde şüphelenilen acil durumlar:** Akut hipoksemi ile spesifik klinik bulguların ilişkisini araştıran çok az çalışma vardır. Bu çalışmalar 1990 yılında Dünya Sağlık Örgütü tarafından özetlenmiştir [6] (Tablo 3).

Tablo 3. Klinik bulguların hipoksemi ve mortalite ile ilişkisi

Klinik bulgu	Hipoksemi ile ilişkisi	Mortalite ile ilişkisi
Santral siyanoz	Kesin ilişkili	Kesin ilişkili
Beslenme güçlüğü	Bilgi yetersiz	İlişkili
Çekilmeler	Zayıf ilişki	Zayıf ilişki
DSS>70	Olası ilişkili	İlişkisiz
Hırıltılı solunum	Zayıf ilişki	İlişkisiz
Huzursuzluk	İlişkisiz	İlişkisiz

Tablodan da anlaşıldığı üzere, hipokseminin belirlenmesi açısından klinik bulgular yeterli değildir. Hipoksemiyle en yakın ilişkili olan klinik bulgu santral siyanozdur. Ancak santral siyanoz hipokseminin geç bir bulgudur ve özgünlüğü düşüktür. Bu nedenle acil durumlarda (şok, konvülsiyon, travma,

bilinç değişikliği vb.) eğer hipoksi olasılığı varsa oksijen tedavisi başlanmalı ve acil girişimlerin yapılmasından sonra, uygun bir süre içinde hastanın kan gazları ya da nabız oksimetre sonuçlarına göre oksijen tedavisi gözden geçirilmelidir [14].

2.3.3. Oksijen Tedavisinin Kontrendikasyonları

Oksijen tedavisinin bilinen bir kontrendikasyonu yoktur. Oksijen uygulama yöntemlerinin, yöntemle özgü kontrenikasyonları (nazal obstruksiyonda nazal ve nazofaringeal kanüller kontrendike, maksillofasiyal travmalarda nazo farengeal kanül takılmamalıdır) olabilir [15,16].

2.3.4. Oksijen Uygulama Yöntemleri

Oksijenizasyon, çocuklarda hastanın tolerasyonuna ve acil servisin uygulama koşullarına göre farklı yöntemlerle uygulanabilir [14].

Oksijen uygulamasında farklı uygulama seçenekleri bulunmaktadır. Oksijen uygulaması genelde düşük akım sistemleri ve yüksek akım sistemleri olarak iki ana grupta sınıflandırılır. Düşük akım sistemleri içinde; Basit oksijen maskeleri, nazal kanül, nazofaringeal kanül, nazal prong sayılabilir. Yüksek akım sistemlerinde; HFNC ve oksijen başlığı sayılabilir. Düşük akım sistemlerinde hastaya uygulanan FiO_2 , hastanın inspiratuar hava akımına ve gaz akımına göre değişir. Bu nedenle değişken performanslı sistemler olarak tanımlanırlar. Buna karşılık yüksek akım sistemleri ile hastaya istenen oranda, sabit FiO_2 sunmak mümkündür.

Oksijen başlığı (oxygen hood); Özellikle yenidoğan ve küçük süt çocukları için uygundur. Daha büyük çocuklarda yüz çadırı (face tent) kullanılabilir. Bu iki yöntemde de şeffaf plastikten yapılmış başlıklar kullanılır ve FiO_2 en fazla 0,6-0,7'ye kadar çıkarılabilir.

Daha büyük çocuklarda ise burun içine yerleştirilen burun kanülleri ya da yumuşak damağı geçerek trakea ağzına yakın bir yere kadar itilen nazofaringeal kateterler kullanılabilir. Düşük akım sistemleri olan; Nazal ve nazofaringeal kanüller, en fazla 4 L/dk oksijenle 0,21-0,44 arası FiO_2 oluştururlar. Akım hızı 5 L/dk'yı geçtiği takdirde burun ve trakeada irritasyon, trakeit ve kanama yapabilir. Ayrıca ısıtma ve nemlendirme fonksiyonlarının olmaması bu sistemlerin diğer olumsuz yanlarıdır [12].

Maskeler basit yüz maskeleri ve rezervuarlı maskeler olarak ikiye ayrılırlar. Basit yüz maskeleri ağız ve burun çevresini kaplayan şeffaf ve yumuşak plastikten yapılmıştır. Rezervuarlı maskeler ise basit

maskeye bir rezervuar eklenmiş şeklidir. Rezervuarlı maskeler de kısmi geri solumalı (partial rebreathing) ve geri solumasız (nonbreathing) maskeler olarak ikiye ayrılırlar. Kısmi geri solumalı maskelerde ekspiriyum havasının bir kısmı hasta tarafından geri solunurken, geri solumasız maskelerde özel bir kapak sistemi ile hastanın ekspiriyum havasının tamamen dışarı atılmasını sağlar. Bu sistem sayesinde maskenin rezervuarı %100'lük oksijen ile doldurulduğunda, entübe olmayan hastalarda FiO_2 'yi 1,0'e ulaşabilir. Kısmi geri solumalı maskelerde ise FiO_2 'yi en fazla 0,6-0,8'e kadar çıkarabilir [6].

2.3.4.1. Basit Oksijen Maskesi

Basit oksijen maskeleri; Hastanın burun ve ağız bölgesine yerleştirilen şeffaf plastikten yapılmış rezervuarlardır [14,17]. Hastanın başına elastik bir şerit ile sabitlenir. Oksijen küçük bir bağlantı tüpüyle maskeye ulaşır. Maskenin iki yanında, ekspire edilen havanın atılımını sağlayan delikler mevcuttur. Bu delikler aynı zamanda oda havasının rezervuara karışmasını sağlar [14,17] (Şekil 1).



Şekil 1. Basit Oksijen Maskesi

Basit oksijen maskesiyle 4-5L/dk hızında oksijen verildiğinde FiO_2 'yi hastanın inspiratuar akım hızına, dakika hacmine ve solunum şekline göre 0,28-0,60 arasında değiştirir. Aynı zamanda yenidoğan, infant ve çocuklarda ulaşabileceği maksimum FiO_2 ise belirlenememiştir [14].

Basit oksijen maskesinin bir takım olumsuzlukları vardır. Bunlar, oksijen akım hızının yetersiz kaldığı durumlarda karbondioksit geri solunabilir, ayrıca maskenin performansı hava çıkış ve girişini sağlayan deliklerin tıkanmasıyla da değişiklik gösterebilir, bunların dışında maskeyle hasta beslenemez, kusma sonrası aspirasyon riski yüksektir, her yüze uygun boyutta maske

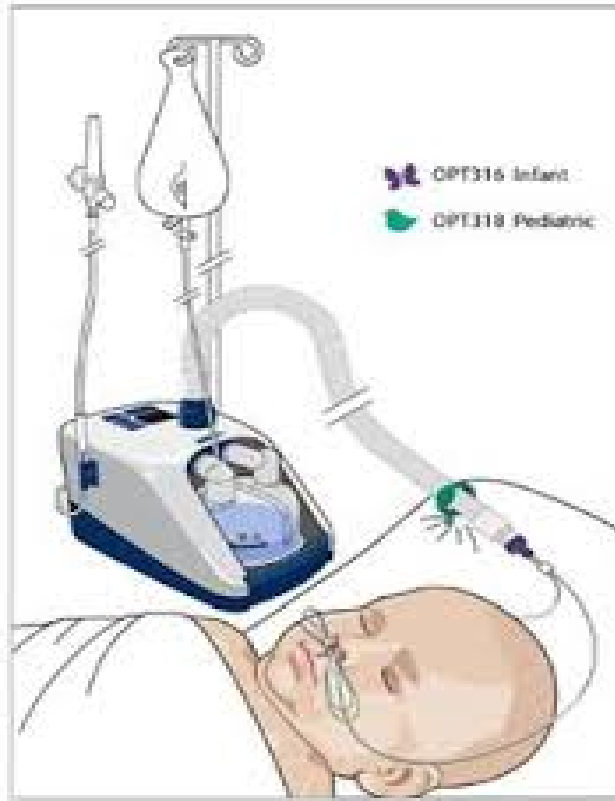
bulunamayabilir, sıkı takıldığında irritasyon yapabilir.

Ancak uygulanımı kolay ve ucuz olan basit oksijen maskeleri halen oldukça etkin ve yaygın kullanılan bir yöntemdir. Bu nedenle uygulama esnasında hastanın vital bulguları, saturasyonu ve kan gazı parametreleri, etkinlik takibi açısından yakından izlenmelidir [14].

2.3.4.2. Yüksek Akımlı Oksijen Tedavisi

Oksijen tedavisi; Endotrakeal ekstübasyon sonrası da dahil olmak üzere solunum yetmezliği olan hastalarda önemli bir tedavi yöntemidir.

Geri dönüşüm maskesi ile oksijen tedavisi hastalarda rutin olarak kullanılmaktadır. Ancak, yüksek inspiratuar akım hızı gerektiren bazı hastalarda yetersiz olabilir [14].



Şekil 2. Yüksek Akımlı Oksijen Tedavisi

Geri dönüşüm soluma maskesi ile hastalara sadece 10-15 L/dk, maksimum oksijen akış hızı 30 L/dk oksijen verir. YAOT ise akut solunum yetmezliği olan hastalarda

120 L/dk ya kadar oksijen verilebilir. Geri dönüşüm oksijen maskesinden farklı olarak, daha fazla oksijen akışı ve hastanın solunum modeline göre değişkenlik gösterebilmesidir. Yüksek akışlı nazal kanül; 55 L/dk ya kadar ısıtılmış gaz akış hızı sağlamaktadır. Bu sistemler hastanın solunum çabalarını azaltmak için çeşitli avantajlara sahiptirler [18].

Bu yöntem, nazofarenks direncini azaltarak ölü boşlukları azaltır. Bunu uygun PEEP etkisi oluşturarak ve sabit nemlendirilmiş FiO_2 ile sağlar (Şekil 2).

YAOT, akut solunum yetmezliği olanlarda ve post-kardiyak cerrahi sonrası gibi bir çok hasta grubu üzerinde değerlendirilmiştir. Ekstübasyon sonrası hastalarda solunum çabaları olduğundan, bu hastalara yüksek inspiratuar akım hızı ve yeterli oksijen takviyesi gerekmektedir. Bundan dolayı YAOT birçok mekanizmayla ekstübe hastalarda önemli bir role sahip olabilir [19,20].

Bu nedenle çalışmamızda kritik çocuk hastalarda ekstübasyon sonrası dönemde YAOT'un ekstübasyon başarısına etkisinin değerlendirilmesi amaçlandı.

2.4. Kapnografi ve End-Tidal CO_2

Kapnografi: Respiratuvar döngü boyunca karbondioksit konsantrasyonundaki değişikliklerin gösterilmesini sağlayan grafiklerdir.

Kapnografi ölçümleri; Kızıl ötesi spektroskopisi ve kitle spektrometresi olarak iki ana teknikte yapılmaktadır.

Kullanım alanları

- End-tidal CO_2 nin belirlenmesi
- Respiratuvar özelliklerin belirlenmesi (hız, ritim vb.)
- Ölü boşluk ventilasyonunun belirlenmesi
- Doku perfüzyonu ve kardiyak debinin belirlenmesi

- Endorakeal tüp yerleşiminin doğrulanması
- Mekanik ventilatör yetersizliğin tanımlanması
- Hasta-ventilatör uyumsuzluğun belirlenmesi [6].

End-tidal CO₂: Ekspiratuvar fazdaki zirve CO₂ olarak belirlenir. Sağlıklı bireylerde etCO₂ düzeyi, PaCO₂'den 5mm Hg daha düşüktür.

Kullanım alanları:

- Mekanik ventilasyon sırasında, alveolar ventilasyonun yeterliliğinin saptanması
- Spontan nefes alan çocuklarda, solunum monitörizasyonu
- Hasta-ventilatör uyumu ve endotrakeal tüp bütünlüğünün belirlenmesi [6].

2.5. Mekanik Ventilasyon Tedavisi

2.5.1. MV Endikasyonları

Mekanik ventilasyonda amaç, pulmoner gaz alışverişini sağlamak, akciğer hacmini arttırmak ve solunum işini azaltmaktır. Ancak mekanik ventilasyonun birçok komplikasyonunun olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Trakeal ödem, stenoz, obstrüksiyon, perforasyon gibi durumlar, trakeit, pnömoni, pnömotoraks, pnömomediastinum, interstisyel amfizem, hava hapsi, atelektazi, pulmoner kanama, oksijen toksisitesi, kardiyak outputta azalma, sistemik hipotansiyon, intrakranial kanama ve ventilatörün kendisinden kaynaklanabilen kaçaklar, uygunsuz nemlendirme ve bağlantılarda bozulma komplikasyonlardan bazılarıdır [3].

Son zamanlarda invaziv olmayan pozitif basınçlı mekanik ventilatörler (NPBV) de çocuklarda ve erişkinlerde ASY tedavisinde kullanılabilmektedir. Bu tip ventilatörler, nazal ya da oral-nazal maske vasıtasıyla, sabit akım hızı olan pozitif basınç veren cihazlardır. İnvaziv olmayan ventilatörler; Hipokseminin eşlik ettiği akut respiratuvar bozukluğu olan çocuklarda oksijenizasyonu düzelttiği bilinmektedir. Ayrıca fonksiyonel rezidüel kapasitedeki azalmanın eşlik ettiği, pnömoni ve atelektazi

gibi restriktif hastalığı olan çocuklarda daha fazla etkili olmaktadır. Yine status astmatikus olan çocuklarda da, özellikle atelektazi ile birlikte olduğu durumlarda faydalı olabilir. Akut solunum yetmezliği olan hastalarda, dakikalar içinde oksijenizasyonda ve asit baz dengesinde hayatı tehdit edici değişiklikler olabileceğinden, yoğun bakım ünitesinde izlenmelidir [21].

- **Kesin Endikasyonlar**

- **Yetersiz Alveolar Ventilasyon**

Apne, PaCO₂'in 55-60 üzerinde olması (kronik hiperkarbi düşünülüyorsa)

Hipoventilasyon Düşündüren Bulgular Varsa

PaCO₂ giderek artıyorsa

Vital Kapasite 15 L/kg altında ise

Ölü Boşluk/Tidal Volüm Oranı > 0.6

- **Yetersiz arterial oksijenizasyon**

FiO₂ > 0.6 iken PaO₂ < 70

FiO₂ > 0.6 iken siyanozun olması (Siyanotik kalp hastalığı yoksa)

FiO₂ = 1 iken AaDO₂ > 300 olması

- **Rölatif Endikasyonlar**

- Hastanın solunum patternini veya fonksiyonunu kontrol etmen gereken durumlarda

- İntrakraniyal Basınç Artışı Düşünülüyorsa [22].

2.5.2. MV uygulama yöntemleri

2.5.2.1. İnvaziv Mekanik Ventilasyon

Modlar, mekanik ventilasyonun uygulanma yöntemleri olarak tanımlanabilir. Modları belirleyen temel özellikler solunumun nasıl başladığı, sürdürüldüğü, sonlandırıldığı ve uygulanan modun spontan solunuma izin verip vermediğidir. Bunlar dışında ventilatörün özelliğine göre bu modlara farklı özellikler eklenmiş olarak bulunabilirler. Temel modlar günümüzde tüm modern ventilatörlerde standart olarak bulunmaktadır [16].

Mekanik Ventilatör Modları

Volüm kontrollü mod (VCV): Assist kontrollü bir moddur. Tüm solunumları verir, hastanın solunumunu beklemez. Genellikle 10 kg üzerindeki çocuklarda tercih edilir. 10 kg altındaki çocuklarda, bronşiolit ve astım gibi hava hapsi olan durumlarda kullanılır.

Basınç Kontrollü Mod (PCV): Assist kontrollü bir moddur. Tüm solunumları verir, hastanın solunumunu beklemez. 10 kg altındaki çocuklarda genellikle tercih edilir.

Basınç regülasyonlu volüm mod (PRVC): Assist kontrollü bir moddur. İlk solunum, test solunum olup, 10 cmH₂O üzerinde PEEP uygulanır. Daha önceki solunumun basınç/volüm ilişkisini temel alarak hedef TV sağlamak için, her solunumda +/- 3 cmH₂O içersinde bir basınç uygular. PIP alt set yüksek basınç alarm limitinden 5 cmH₂O büyük olamaz. İnspiratuvar fazı zaman siklusuudur.

Pressure support/CPAP: Spontan soluma modudur. Solunum hasta tarafından sağlanmak zorundadır. Ventilatör yeterli idame basınç limitine ulaşana kadar yardımcı olur. Weanning modudur.

SIMV/VC +PS: Hastaya ayarlanan solunum sayılarını verir, ama spontan solunumu PS yapar [16].

2.5.2.2. Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

Noninvaziv pozitif basınçlı ventilasyonun uygulanma yöntemlerinden biride yüksek akımlı oksijen tedavisidir. Noninvazif ventilasyon (NIMV), alveolar ventilasyon, endotrakeal tüp ya da trakeostomi gibi invazif yöntem kullanılmadan gerçekleşmesidir [23].

NIMV erişkin kronik solunum yetmezliği tedavisinde yaygın olarak kullanılmakta iken, çocuklardaki kullanımı 1950'li yıllardaki poliomiyelit epidemisi sırasında, noninvazif negatif basınçlı ventilasyonun (demir akciğer) kullanımıyla başlamıştır. 1950'li yıllardan itibaren ise, negatif basınçlı ventilasyonun kullanımı hızla azalarak, yerini endotrakeal tüp ya da trakeostomi aracılığı ile yapılan invazif pozitif basınçlı ventilasyona bırakmıştır. Son yıllarda bu eğilim tekrar değişmiş, noninvazif ventilasyon akut ve kronik solunum yetmezliği olan çocuk hastalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Noninvazif pozitif basınçlı ventilasyon (NPBV) yöntemleri; CPAP (continuous positive airway pressure), IPPV (intermittent positive-pressure ventilation) ve BİPAP (Bilevel positive airway pressure)'dan oluşmaktadır. CPAP; Hem inspirasyon hem de ekspirasyon sırasında sabit basınç sağlayıp, oksijenasyonu artırır ve solunum işini azaltırken, IPPV; Aralıklı olarak pozitif basınç verir, özellikle ateletazi gibi postoperatif akciğer komplikasyonlarında kullanılır. En sık kullanılan yöntem olan BİPAP ise inspiryum ve ekspiryumda iki değişik düzeyde basınç sağlar [24].

2.5.3. Mekanik Ventilatörden Ayırma

Hastaya MV uygulamasının tereddütsüz en önemli kısmı MV'den ayrıldığı bölümdür. MV'nin gereksiz uzaması hasta, hasta ailesi ve yoğun bakım ekibi için zor bir süreç olup, finansmanı sağlayan kişi veya kurumlar için büyük bir maddi külfettir. Bu destek tedavisinin uzaması ile oluşabilecek komplikasyonlar nedeniyle mümkün olan en kısa sürede sonlandırılmalıdır. Ancak başarısızlıkla sonuçlanmış bir ekstübasyonda uzamış entübasyonda olduğu gibi, nazokomiyal pnomoni sıklığında artış, yoğun bakım yatış süresinde uzama, artmış morbidite ve mortalite risklerini taşır [22].

Bu nedenle, hastanın kliniği ve yardımcı parametreler dikkatle izlenip mümkün olan en kısa ve en uygun zamanda, verilen mekanik destek azaltılarak ekstübasyon denenmelidir. Hem erken ekstübasyondan, hemde gereksiz uzamış mv'den kaçınılmalıdır. Gereksiz yere ventilatörde geçen her gün mortalite riskini %8 artırırken, tekrarlayan entübasyonunda ise mortalite riskini %8-12 oranında artırdığı bildirilmiştir [22].

Weaning: MV desteğinin kademeli olarak azaltılması ve hastanın spontan solumasına izin verilmesidir. Hastanın hiçbir mv desteği olmadan soluyabilmesi, başarılı weaning olarak değerlendirilirken, kendi başına spontan solunumu yeterli gaz değişimi sağlayamazsa, başarısız olarak kabul edilir [22]. Ekstübasyon basitçe endotrakeal tüpün çıkarılmasıdır. Weaning başarılı olduğu halde, ekstübasyon başarısız olabilmektedir. Bu durumda trakeostomi gibi yardımcı yöntemler düşünülebilir. MV süresi uzadıkça, weaning için gereken sürede uzamaktadır.

Özetle mekanik ventilasyondan ayırma iki basamaktan oluşmaktadır:

1. Hastanın MV desteğinin azaltılmasına ve sonlandırılmasına karar verilmesidir. Karar vermekte spontan soluma testi yol gösterici olabilir.

$S.S/(TV/Kg) < 8$ olması, spontan soluma testinin iyi olduğunu gösterir

2. Hastanın ekstübasyona hazır olup olmadığına karar verilmesidir. Spontan soluma testini tolere eden bütün hastalarda ekstübasyon denenmelidir [22].

2.5.4. Ekstübasyon Kriterleri

- Mekanik ventilasyon gerektiren sebebin ortadan kalkması
- Enfeksiyonun kontrol altında olması
- Nöromusküler blokajın sonlandırılması
- Efektif solunum çabası belirtileri
- $FiO_2 < 0.5$, PEEP $< 6-8$ mmHg
- Yaş ve hastalık süreci ile uyumlu vital bulgular
- Minimum inotropik ajan gereksinimi dopamin doputamin $< 5mcg/kg/dk$
- Metabolik dengesizliğin olmaması (kan gazı ve elektrolitler)

- Bilinç ve kas gücünün yeterli olması
- Benzodiazepin veya opiat yoksunluk semptomlarının olmaması [22].

2.5.5. Spontan Soluma Testi

Mekanik ventilasyondan ayırma kriterlerine uyuyorsa, T tüp tekniğiyle 2 saat solutulmalıdır. Eğer bunu tolere ederse, hastanın extubasyonu %80 oranında tolere edeceği düşünülür. Hastanın ekstübasyona hazır olup olmadığı şu kriterlerle değerlendirilir.

- **Oksijenizasyonu, idame ettirebiliyor mu?**

- Bazal değerine göre SpO_2 %5'den fazla azalmamalıdır
- $FiO_2 < 0.5$ iken $SpO_2 > \%95$ olmalıdır

- **Etkin ventilasyonu, sürdürülebiliyor mu ?**

- $VT > 5ml /kg$ olmalıdır
- $PaCO_2 < 60mmHg$ olmalıdır
- Solunumsal asidoz olmamalıdır

Weaning sırasında, ventilatör parametreleri belli aralıklarla azaltılarak minimum desteğe inilir ve ekstübasyon denenir.

Genelikle ilk önce FiO_2 azaltılır. Sonrasında frekansı 4-8 saatte bir, 2-5/dk azaltılır. Daha sonra PİP(tepe inspiratuar basınç) 3-4 saatte bir, 2-3 cm H_2O azaltılır. PEEP etkisi geç olacağı için ve akciğerler kollabe olduktan sonra açılması zor olacağından, 6-12 saatte bir 1-2 cm/ H_2O azaltılmalıdır. Basınç desteğinde 2-4 saatte bir, 2-4 cm H_2O azaltılır, basınç 6-8 cm H_2O olunca ekstübasyon denenebilir [22].

Ekstübasyon öncesinde weaning işlemi bitmiş, sedasyonu kesilmiş, mide boşaltılmış, kısa süre önce çekilmiş akciğer grafisinde atelektazi ya da pnomotoraks gibi sorunların olmadığı belirlenmiş olmalıdır. Ekstübasyon sonrası gelişebilecek laringeal ödem için, profilaktik olarak dexametazon ve inhale adrenalin yapılır. Eğer ekstübasyon başarısız olduğunda en erken 48 saat sonra tekrar denenmelidir. Ekstübasyon başarısızlığı pediatrik literatürde %16-22 arasındadır [22].

2.5.6. Weaning ve Ekstübasyon Başarısızlığın Nedenleri

ABD de yapılan bir çalışmada ekstübasyon başarısızlığın nedenleri şöyledir

- Üst sonum yolu tıkanıklığı: %37.3
- Pulmoner disfonksiyon: %27.2
- Solunum kas zayıflığı: %13
- Hemodinamik bozukluk: %9.5
- Nörolojik faktörler: %9.5
- Birden fazla neden: %3.5 [22].

2.5.7. Kovalama Başarısızlığında Yapılacak Uygulamalar

Kovalama ve ekstübasyon başarısızlığında olası neden araştırılmalı, mümkünse neden ortadan kaldırılarak tekrar denenmelidir.

Her ne kadar 15 günden uzun süre MV desteği gereken hastalarda trakeotomi için değerlendirilmesi gerektiği söyleniyorsa da, süt çocukluğu döneminde geriye dönüşü olmayan ventilasyon bağımlılığına ilişkin aşikar bir neden yoksa, daha uzun süre beklenebilir.

SST’de başarısız olan hastaların büyük çoğunluğunda, solunum sistemine ait mekanik sorunlar devam etmektedir. Mekanik sorunlar optimize edildikten 24 saat sonra tekrar denenmelidir. Eğer tekrar başarısız olunursa, hasta PS’ye alınarak desteklenmelidir. SST’inde PS’nin SIMV ye üstünlüğü kanıtlanmıştır [22].

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Çalışma Desteği

Çalışma Temmuz 2014-Kasım 2015 tarihleri arasında, Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatri Yoğun Bakım Ünitesi'nde yatmakta olan, 1 ay- 16 yaş arası hastalardan, mekanik ventilasyon endikasyonu sonlandırılması planlanan (ekstübasyon) ve spontan soluma testini geçen 100 hastada gerçekleştirildi. Çalışma protokolü Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Yerel Etik Kurulu'na sunuldu ve 2014/343 protokol numarası ile 23.05.2014 tarihinde onay alındı. Tüm hasta grubuna çalışma hakkında bilgi verildi ve bilgilendirilmiş gönüllü olur formları (BGOF) imzalatıldı.

3.2. Çalışma Grupları

Pediatri Yoğun Bakım Ünitesi'nde, 1 ay- 16 yaş arası mekanik ventilasyon tedavisi sonlandırılması planlanan (ekstübasyon) ve spontan soluma testini geçen 100 hasta çalışmaya dahil edildi. Spontan soluma testini geçen 100 hasta ekstübasyon sonrası iki gruba ayrılarak, 1. gruba (n=50) yaklaşık 37C° sıcaklıkta $SpO_2 \geq \%92$ tutacak şekilde yaşına uygun aralıkta YAOT verildi. İkinci gruba (kontrol grubu n=50) ise oronazal maske yada nazal kanül ile KOT uygulanarak, $SpO_2 \geq \%92$ değeri hedefleyecek oksijen tedavisi verildi. Gruplar oksijen tedavisine alındıktan sonra başlangıç, 15. dk, 30. dk, 45. dk, 1. saat, 6. saat, 12. saat, 24. saat ve 48. saatlerde SpO_2/FiO_2 oranı, PCO_2 , $etCO_2$, kan gazı, dakika solunum sayısı, kalp tepe atımı değerlendirilmesi planlandı. Yine ek olarak ekstübasyon sonrası, 24. Saat ve 48. Saatte çekilen PA AC grafileri ile modifiye radyolojik atelektazi skoru (m-RAS), hesaplanması planlandı. Çalışmaya alınan vakalar ayrıca yaş, cinsiyet, yoğun bakıma yatış tanısı, mekanik ventilasyon uygulama nedeni ve süresi, toplam yatış süresi, reentübasyon nedeni ve zamanı, Pediatrik Risk of Mortality (PRISM)/Pediatric Logistic Organ Dysfunction (PELOD) skorları kaydedildi.

3.3. Çalışma Dışlanma Kriterleri

1. Mekanik ventilasyon uygulaması gerektiren sebebin devam etmesi
2. Enfeksiyonun kontrol altında olmaması
3. Nöromusküler blokajın devam etmesi

4. Etkifif solunum çabasının olmaması

5. $FiO_2 > 0.5$, PEEP $> 6-8$ mmHg

6. İnotropik ajan gereksinimi devam etmesi(dopamin ve/veya dobutamin $> 5\mu/kg/dk$)

7. İleri metabolik dengesizliğin olması (hipokalsemi, hipokalemi, hipofosfatemi, hipomagnezemi vb)

8. Bilinç düzeyi ve kas gücünün yeterli olmaması.

3.4. Spontan Soluma Testi

3.4.1. Spontan Soluma Testi Endikasyonları

1. Mekanik ventilasyon uygulaması gerektiren sebebin ortadan kalması veya düzelme göstermesi

2. İnfeksiyonun kontrol altında olması

3. Nöromusküler blokajın ortadan kalkması

4. Etkifif solunum çabası belirtileri.

5. $FiO_2 \leq 0.5$, PEEP $< 6-8$ mmHg

6. Minimum inotropik ajan gereksinimi (dopamin ve/veya dobutamin $\leq 5\mu/kg/dk$)

7. İleri metabolik dengesizliğin olmaması (hipoklasemi, hipoklaemi, hipofosfatemi, hipomagnezemi vb)

8. Bilinç düzeyi ve kas gücünün yeterli olması.

3.4.2. Spontan soluma testi yapılışı

Yukarıda belirtilen koşulları sağlayan hastalar en az 30 dk süre ile T tüp, sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) ya da basınç desteği (PS) yöntemi ile, solunum paterni, kalp tepe atımı, tansiyon ve kan

gazı değerleri gözlenerek, takip sırasında herhangi bir patoloji saptanmayan hastaların ekstübasyonu planlandı.

3.5. Ölçüm Sırasında Kullanılan Teknik Cihazlar

3.5.1. Kapnograf

End tidal karbondioksit ölçümü *Capnostream 20 p* marka cihaz ile, microstream yöntemi kullanılarak, *Smart Capnoline H Plus* ve *Smart Capnoline Plus* örnekleme kanülleri ile yapıldı. Hasta ekstübe edildikten sonra; 0. dk, 15. dk, 30. dk, 45. dk, 1.saat, 6.saat, 12.saat, 24 ve 48.saat et CO₂ ölçülerek, kayıt alındı.

3.5.2. Yüksek akımlı oksijen cihazı

Airvo 2 marka; Akım hızı 0-20 L/dk olan yüksek akışlı oksijen cihazı ve hastaya uygun optiflow nazal kanüller kullanıldı. Grup 1 olarak planlanan gruba ekstübasyon sonrası SpO₂ ≥ %92 olacak şekilde FiO₂ ve akım düzeyi titre edildi.

3.5.3. Kan gazı cihazı

Siemens Rapidlab 1265 marka kan gazı ölçüm cihazı ile; 0.dk, 30.dk, 1.saat, 6.saat, 12.saat, 24.ve 48.saatte kapiller örnekleme yapılarak, PCO₂ değerleri ölçüldü.

3.5.4. SpO₂ ölçüm cihazı

Oksijen saturasyonları GA 450 marka monitör cihazla ölçüldü. Çalışmada; Başlangıç, 15.dk, 30.dk, 45.dk, 1.saat, 6.saat, 12.saat, 24.saat ve 48.saatte SpO₂ ölçülerek kayıt alındı.

3.6. Modifiye Radyolojik Atelektazi Skoru

Ameliyat sonrası hastalarda atelektazinin derecesini tanımlamak için kullanılmıştır [25,26].

Daha sonra Hendriks ve ark. Modifiye radyolojik atelektazi skorunu tanımlamış ve pratik uygulamaya koymuştur [27,28]. (Tablo 4)

Tablo 4. Modifiye Radyolojik Atelektazi Skoru

Skor 0	Normal
Skor 1	Lineer atelektazi
Skor 2	Parsiyel veya lobar atelektazi
Skor 3	Bilateral veya total atelektazi

Modifiye radyolojik atelektazi skorları, ekstübasyon sonrası, birinci gün ve 48.saat sonrasında pediatri yoğun bakım ünitesinde, portabl röntgen cihazı ile çekilen PA AC grafileri birbirinden bağımsız iki radyolog tarafından ayrı ayrı değerlendirildi. Elde edilen sayısal değerlerin aritmetik ortalamaları hesaplanarak, skorlandı.

3.7. İstatiksel Analiz

Tüm istatiksel analizler; SPSS 22.0 paket programında yapıldı. Tüm değişkenlere öncelikle Shapiro–Wilk testi uygulanarak normal yada anormal dağılım olup olmadığı belirlendi. Normal dağılımlı değişkenler ortalama±standart sapma, anormal dağılımlı değişkenler, ortanca (minimum-maksimum) olarak ifade edildi. Parametrik dağılım gösteren bağımsız iki grup ortalamalarının karşılaştırılmasında Independent-Samples T-test, non parametrik dağılım gösteren bağımsız iki grup ortalamalarının karşılaştırılması ise Mann-Whitney U testi ile yapıldı. Kategorik verilerin analizi için ki-kare testi, sıralı ölçümlerin zamana göre analizinde ise karma etkili doğrusal model analizi kullanıldı. $p < 0.05$ anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

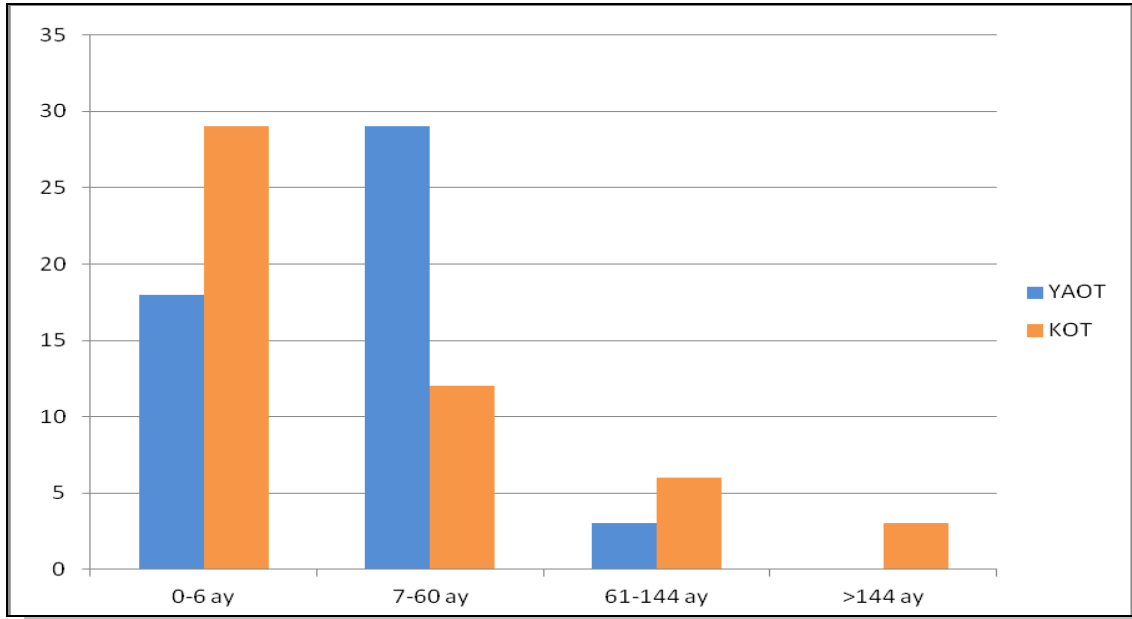
Bu çalışmaya Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Yoğun Bakım Ünitesine solunum yetmezliği nedeni ile mekanik ventilasyon tedavisi uygulanarak, spontan soluma testini başarı ile geçen yaşları 1-182 ay arasında değişen 51'i kız, 49'u erkek toplam 100 hasta dahil edildi.

4.1. Çalışma Gruplarının Değerlendirilmesi

Ekstübasyon sonrası YAOT ve KOT uygulanan hastaların yaş, cinsiyet, PRISM, PELOD, yoğun bakım ve mekanik ventilasyon sürelerine bakıldığında, istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi (Tablo-5). Uygulanan yöntemlerin yaşlara göre dağılımına bakıldığında 0-6 ay arası hastaların 18'ine YAOT, 29'una KOT; 7-60 ay arası hastaların 29'una YAOT, 12'sine KOT; 61-144 ay arası hastaların 3'üne YAOT, 6'sına KOT; > 144 ay olan hastaların ise 3'üne sadece KOT uygulanmıştı (Şekil-3).

Tablo 5. Grupların yaş ve cinsiyete göre değerlendirilmesi

Değişkenler	Gruplar		p
	YAOT	KOT	
Yaş (ay)	12 (1-120)	5 (1-182)	0,614
Cinsiyet (kız/erkek)	24/26	27/23	0,548



Şekil 3. Uygulanan yöntemlerin yaşlara göre dağılımı.

Hastaların yoğun bakıma yatış ve ekstübasyon öncesi PRISM ve PELOD skorları değerlendirildiğinde, YAOT uygulanan grupta yoğun bakıma kabuldeki PRISM skoru;

17,78±6,66, ekstübasyon öncesi PRISM skoru 5,43±4,43 olarak hesaplandı. KOT uygulanan grupta ise yoğun bakıma kabuldeki PRISM skoru 18,3±7,23, ekstübasyon öncesi ise 6±4,38 olarak hesaplandı. PELOD skorları açısından değerlendirildiğinde YAOT uygulanan grupta yoğun bakıma kabuldeki PELOD skoru 15,9±6,9, ekstübasyon öncesi PELOD skoru 3,5±3,42 idi. KOT uygulanan grupta ise yoğun bakıma kabuldeki PELOD skoru 16,4±7 iken, ekstübasyon öncesi PELOD skoru 5,8±4,4 olarak hesaplandı. Gruplar yoğun bakıma kabulde ve ekstübasyon öncesi PRISM ve PELOD skorları açısından değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi (Tablo 6).

Tablo 6. Grupların kabul ve ekstübasyondaki PRISM ve PELOD skoru karşılaştırılması

	Gruplar		
	YAOT	KOT	p
PRISM kabul	17,78±6,66	18,3±7,23	0,72
PRISM ekstübasyon	5,43±4,43	6±4,38	0,053
PELOD kabul	15,9 ± 6,9	16,4±7	0,981
PELOD ekstübasyon	3,5±3,42	5,68±4,4	0,057

Hastalar mekanik ventilasyon uygulanma süresi ve yoğun bakım yatış süreleri açısından değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi (Tablo7).

Tablo 7. Grupların yoğun bakımda yatış ve MV sürelerinin karşılaştırılması

	Gruplar		
	YAOT	KOT	p
Yoğun bakım yatış süresi	13 (3-120)	16,5 (3-147)	0,327
Mekanik ventilasyon süresi	7,48±5,51	6,22±4,67	0,225

Mekanik ventilasyon uygulama endikasyonlarına göre değerlendirildiğinde, YAOT alan grupta 13 olguya enfeksiyon, 7 olguya nörolojik, 5 olguya kardiyolojik, 25 olguya ise respiratuvar nedenlere bağlı solunum yetmezliği sonucu mekanik ventilasyon tedavisi uygulandı. KOT uygulanan grupta ise 10 olgu enfeksiyon, 3 olgu nörolojik , 30 olgu ise respiratuvar nedenler ile gelişen solunum yetmezliği sonucu mekanik ventilasyon tedavisi uygulandı. Primer tanılarına göre, uygulanan yöntemler arasında istatistiksel fark saptanmadı (Tablo 8).

Tablo 8. Grupların primer tanılarının karşılaştırılması

Yöntem

Primer tanı	YAOT	KOT	Total	<i>p</i>
Respiratuvar	25	30	55	0.545
İnfeksiyon	13	10	23	0.457
Nörolojik	7	3	10	0.605
Kardiyolojik	5	5	10	0.349
Diğer	0	2	2	0.54
Total	50	50	100	

$p<0,05$

Hastalar solunum yetmezliği tipine göre mekanik ventilasyon uygulama endikasyonları açısından değerlendirildiklerinde YAOT uygulanan 50 hastanın 46'sına tip 1 solunum yetmezliği, 4'üne tip 2 solunum yetmezliği nedeni ile mekanik ventilasyon tedavisi uygulandı. KOT alan grupta ise 41 hastaya Tip 1 solunum yetmezliği, 9 hastaya ise tip 2 solunum yetmezliği nedeni ile mekanik ventilasyon tedavisi uygulandı. Solunum yetmezliği tipi ile ekstübasyon sonrası uygulanan tedavi yöntemleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Tablo 9).

Tablo 9. Solunum yetmezliği tipine göre uygulana tedavi yöntemlerinin karşılaştırılması

Solunum yetmezliği tipi	Yöntem		Total	<i>p</i>
	YAOT	KOT		
Tip 1 (hipoksik solunum yetmezliği)	46	41	87	0,137
Tip 2 (hiperkarbik solunum yetmezliği)	4	9	13	0,321
Total	50	50	100	

$p<0,05$

Çalışmaya alınan hastalardan 13'ü takipte yeniden entübe edildi. Bunların 4'ü uzamış mekanik ventilasyona bağlı trakeal stenoz, 5'i devam eden mekanik ventilasyon ihtiyacı, 3'ü nörolojik ve 1'de kardiyolojik nedenlere bağlı yeniden entübe edilmişti. Yeniden entübe olma süresi ortalama $17.2\pm9,5$ saat olup 6-36 saat arasında değişmekteydi. Hastalar yeniden entübe olma durumuna göre değerlendirildiğinde YAOT uygulanan olguların 2'si, KOT uygulanan olguların ise 11'i yeniden entübe edildi. Her iki grup arasında yeniden entübe olma açısından istatistiksel fark saptandı (Tablo 10).

Tablo 10. Grupların reentübasyon oranlarının karşılaştırılması

Reentübasyon	Gruplar		Total	<i>P</i>
	YAOT	KOT		
Yok	48	39	87	0,345
Var	2	11	13	0,007

Total	50	50	100	
--------------	----	----	-----	--

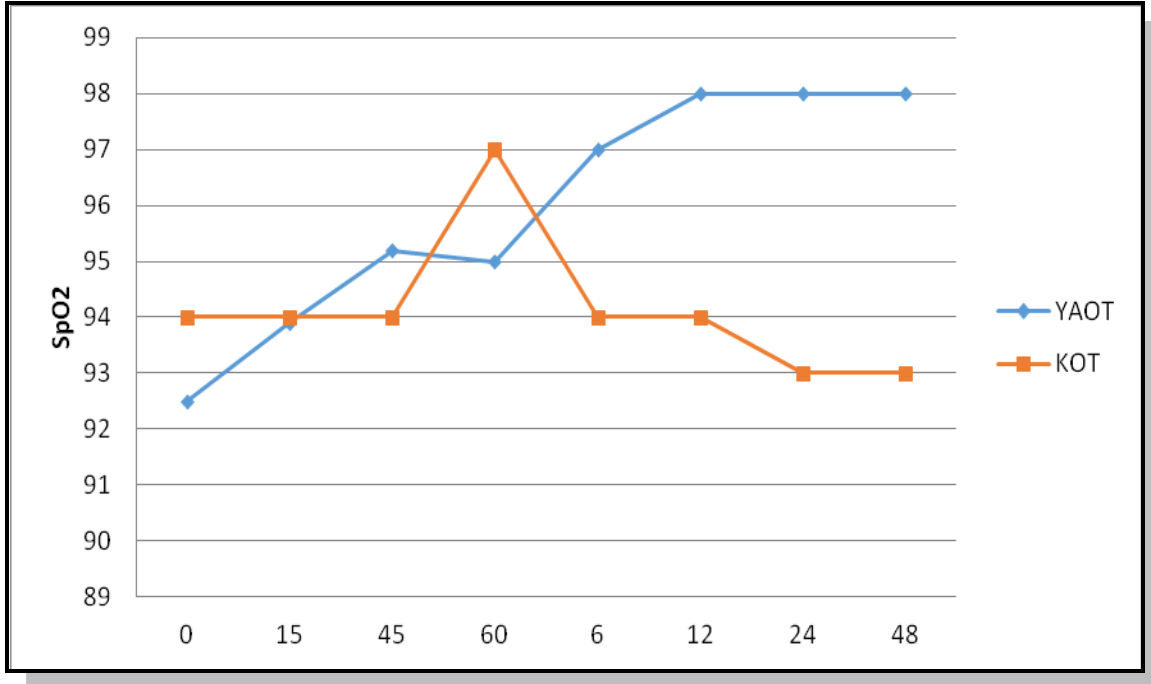
4.2. Takip Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Hastaların ekstübasyon sonrası SpO₂ değerlerine bakıldığında, ekstübasyon sonrası 0. dk, 15. dk, 30. dk ve 45. dk takip parametrelerinde YAOT ve KOT alan grup arasında, istatistiksel fark saptanmadı. Bununla birlikte 60.dk'dan sonraki takip parametrelerinde YAOT alan grupta, KOT alan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde SpO₂ oranında artış saptandı. Gruplara kendi içlerinde, zamana göre SpO₂ değerlerinde meydana gelen değişiklikler açısından bakıldığında sadece YAOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış saptandı (Tablo 11, Şekil 4).

Tablo 11. Grupların ekstübasyon sonrası SpO₂ değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem SpO₂	0.dk	15.dk	30.dk	45.dk	60.dk	6.saat	12.sa	24.sa	48.sa	p
YAOT	92.5±1,4	93.9±1,2	95,2±1,1	95±0,9	95±0,2	97±1,3	98±0,6	98±0,4	98±0,8	0,02
KOT	94,1±0,8	94±0,9	94,08±0,3	94±0,8	94±0,7	94±0,7	94±1,2	93±1,1	93±2,6	0,06
p*	0,51	0,43	0,08	0,09	<0,05	0,02	<0,01	<0,01	0,001	

p*: grup içi karşılaştırmalar



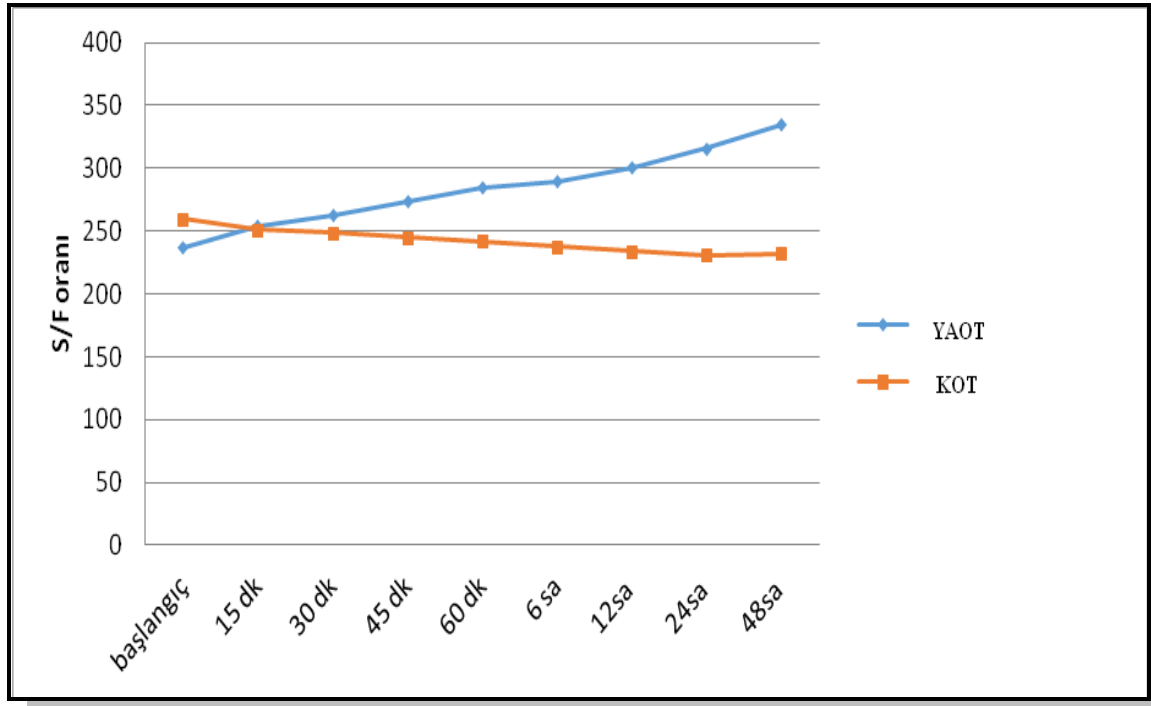
Şekil 4. SpO₂ değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası takip parametrelerinden S/F oranlarına bakıldığında, ekstübasyon sonrası 0.dk, 15.dk ve 30.dk takip parametrelerinde YAOT ve KOT alan grupta istatistiksel fark saptanmadı. Bununla birlikte 45.dk'dan sonraki takip parametrelerinde istatistiksel olarak YAOT alan grupta KOT alan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde S/F oranında artış saptandı (Tablo 12, Şekil 5).

Tablo 12. Grupların ekstübasyon sonrası S/F değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem S/F	0.dk	15.dk	30.dk	45.dk	60.dk	6. sa	12.sa	24.sa	48.sa	p
YAOT	237±8	254±6,2	263±6,4	274±7	285±7	290±6,7	301±7,1	316±7,9	335±7,4	<0,001
KOT	260±8	251±6,2	249±6,4	245±7	242±7	238±6,7	234±7,1	231±8	232±7,6	0,009
p*	0,40	0,784	0,122	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	

p*: grup içi karşılaştırmalar



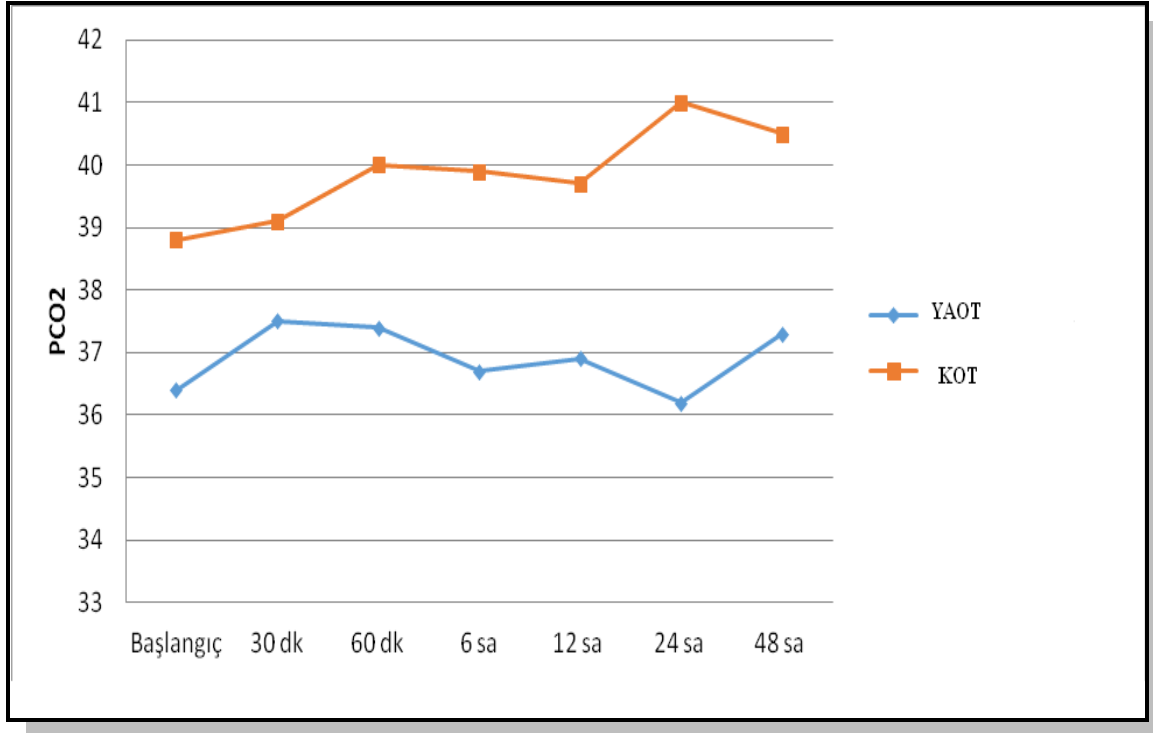
Şekil 5. S/F değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası takip parametrelerinden PCO_2 oranlarına bakıldığında, zamana göre her iki grupta da PCO_2 değerlerinde istatistiksel anlamlılık saptanmadı. Bununla birlikte uygulanan yöntemlerin zamana göre PCO_2 üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde ise, sadece 24.saatte bakılan PCO_2 değerlerinde her iki grup arasında istatistiksel bir fark saptandı (Tablo 13, Şekil 6).

Tablo 13. Grupların ekstübasyon sonrası PCO_2 değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem PCO ₂	0.dk	30.dk	60.dk	6.sa	12.sa	24.sa	48.sa	p
YAOT	36,4±1,16	37,5±1,12	37,4±1,14	36,7±1,13	36,9±1,2	36,2±1,2	37,3±1,13	0,300
KOT	38,8±1,15	39,1±1,12	40±1,14	39,9±1,13	39,7±1,21	41±1,27	40,5±1,19	0,357
p*	0,142	0,290	0,103	0,051	0,105	0,008	0,063	

p*: grup içi karşılaştırmalar



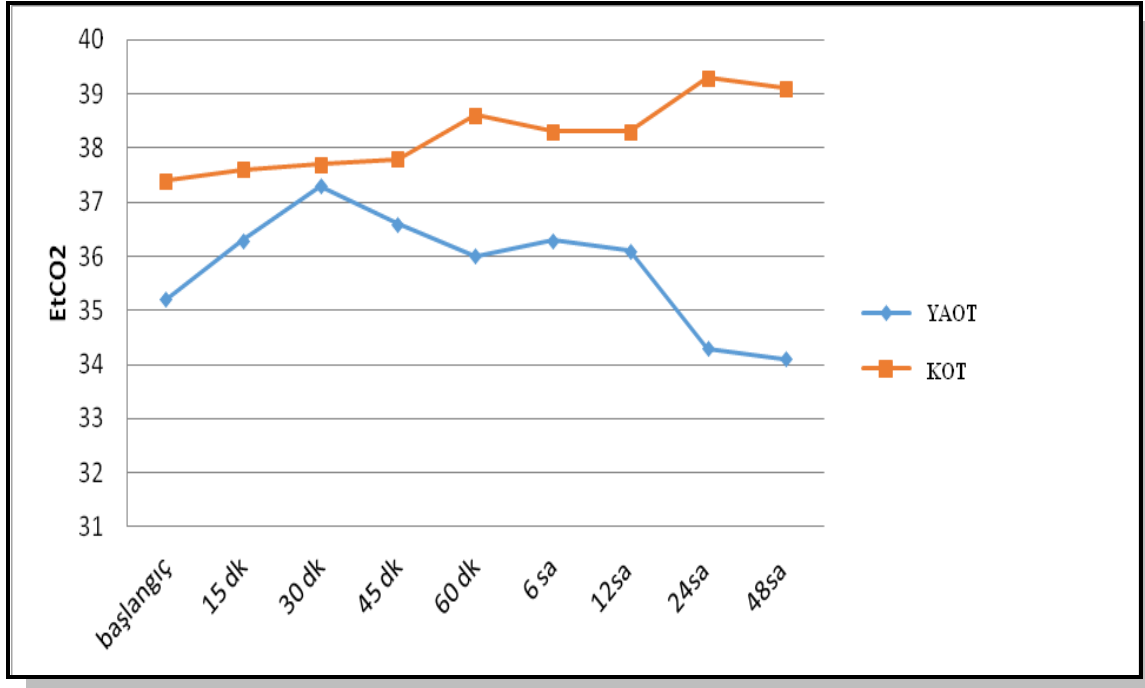
Şekil 6. PCO₂ değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası takip parametrelerinden etCO₂ oranlarına bakıldığında, zamana göre YAOT alan grupta etCO₂ değerlerinde istatistiksel anlamlılık saptandı. Bununla birlikte uygulanan yöntemlerin zamana göre etCO₂ üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında ise 24. saatte istatistiksel olarak anlamlılık saptandı (Tablo 14, Şekil 7).

Tablo 14. Grupların ekstübasyon sonrası et CO₂ değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem EtCO ₂	0.dk	15.dk	30.dk	45.dk	60.dk	6. sa	12.sa	24.sa	48.sa	p
YAOT	35,2±8	36,3±6,2	37,3±6,4	36,6±7	36±7	36,3±6,7	36,1±7,1	35,3±7,9	36,3±7,4	0,018
KOT	37,4±8	37,6±6,2	37,7±6,4	37,8±7	38,6±7	38,3±6,7	38,3±7,1	39,3±8	39,1±7,6	0,391
p*	0,165	0,389	0,813	0,447	0,095	0,210	0,163	0,018	1,126	

p*: grup içi karşılaştırmalar



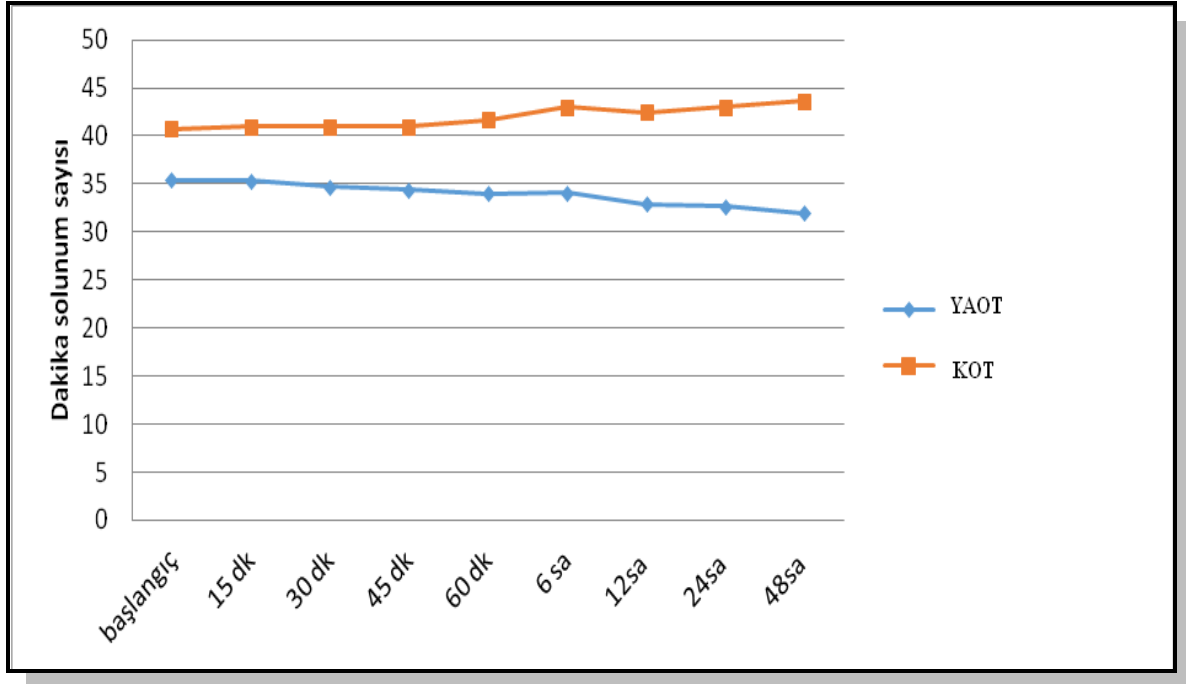
Şekil 7. Et CO₂ değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası takip parametrelerinden dakika solunum sayısı yöntem ve zamana göre değerlendirildiğinde sadece YAOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma saptandı. KOT alan grupta ise DSS zamana göre değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark saptanmadı. Uygulanan yöntemlerin zamana göre dakika solunum sayısı üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, her iki grup arasında ekstübasyon anından itibaren KOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek değerler tespit edildi (Tablo 15, Şekil 8).

Tablo 15. Grupların ekstübasyon sonrası DSS değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem DSS	0. dk	15. dk	30. dk	45. dk	60. dk	6. sa	12.sa	24. sa	48. sa	p
YAOT	35,4±1,8	35,3±1,7	34,7±1,7	34,4±1,7	34±1,8	34,1±1,8	32,9±1,7	32,7±1,7	32±1,8	0,048
KOT	40,7±1,8	41±1,7	41±1,7	41±1,6	41,7±1,8	43±1,8	42,5±1,7	43±1,8	43,6±1,8	0,340
p*	0,04	0,023	0,009	0,006	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	

p*: grup içi karşılaştırmalar



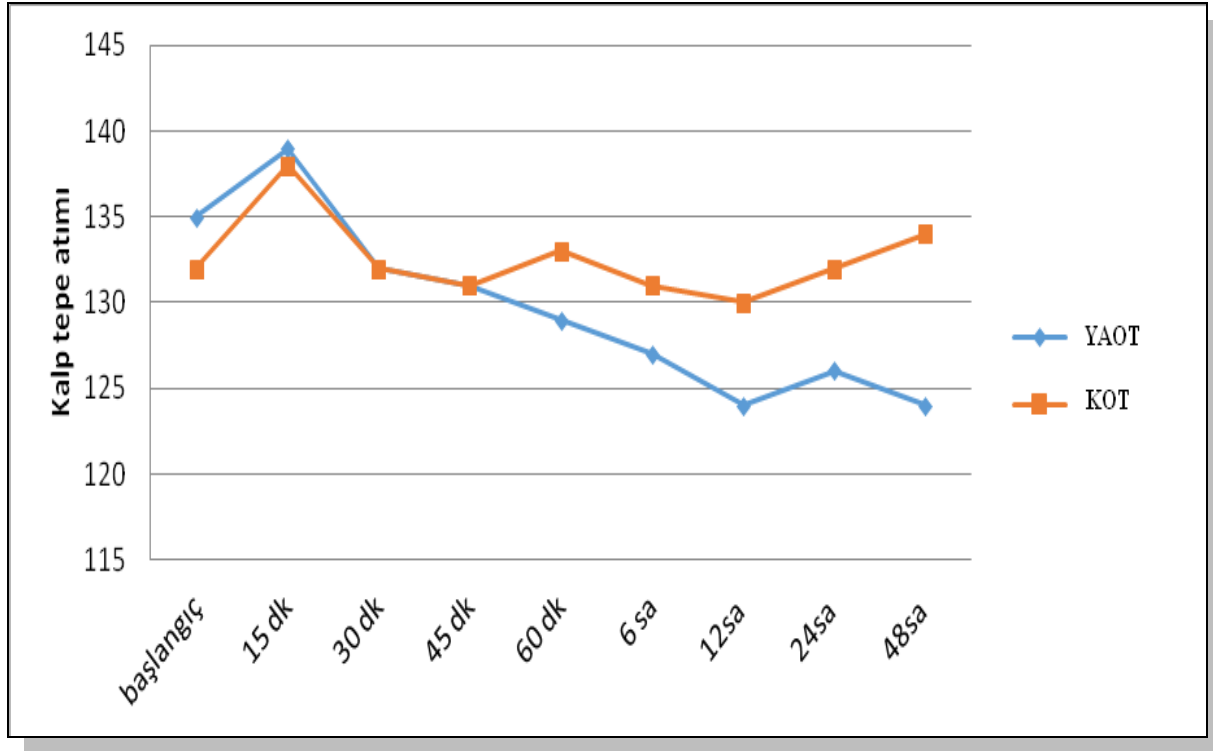
Şekil 8. DSS değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası kalp tepe atımında (KTA) yöntem ve zamana göre meydana gelen değişikliklere bakıldığında, YAOT alan grupta ölçümlerde zaman içerisinde azalma gözlenmiş olup istatistiksel açıdan anlamlı olarak değerlendirildi. KOT alan grupta ise zamana göre KTA değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Yöntemler zamana göre karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde ise sadece 12.saat ve 48.saatte KTA YAOT alan grupta, KOT alan grubuna göre istatistiksel olarak düşük saptandı (Tablo 16, Şekil 9).

Tablo 16. Grupların ekstübasyon sonrası KTA değerlerinin değerlendirilmesi

Yöntem KTA	0 .dk	15.dk	30.dk	45.dk	60.dk	6. sa	12.sa	24.sa	48.sa	p
YAOT	134.8±3	138.8±3	132.2±4	131±3	129±3	127±3	124±3	126±3	124±3	0,001
KOT	132±3	138±3	132±3	131±3	133±3	131±3	130±3	132±3	134±3	0,103
p*	0,535	0,952	0,308	0,685	0,354	0,298	0,047	0,111	0,01	

p*: grup içi karşılaştırmalar



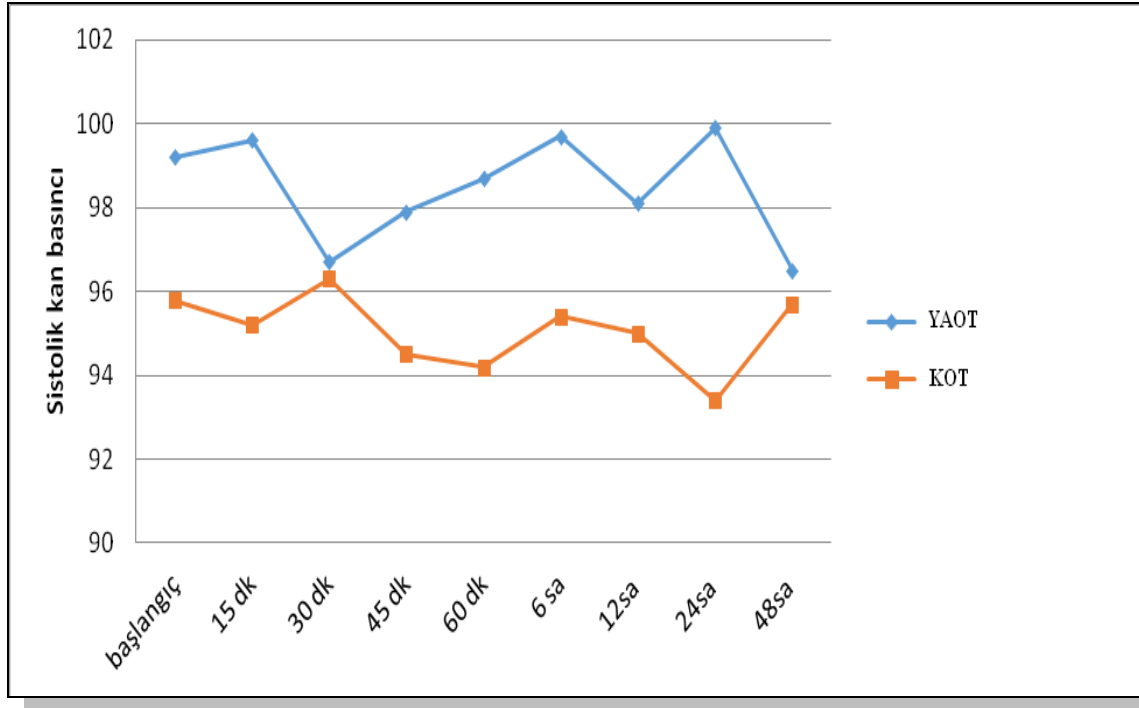
Şekil 9. KTA değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası sistolik kan basıncı yöntem ve zamana göre meydana gelen değişikliklere bakıldığında, YAOT ve KOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı değerler saptanmadı. Yöntemler zamana göre karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde de yine istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 17, Şekil 10).

Tablo 17. Grupların ekstübasyon sonrası SKB değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem SKB	0.dk	15.dk	30.dk	45.dk	60.dk	6. sa	12. sa	24. sa	48. sa	p
YAOT	99,2±2,5	99,6±2,5	96,7±2,9	97,9±2,4	98,7±2,4	99,7±2,4	98,1±2,5	99,9±2,6	96,5±2,7	0,058
KOT	95,8±2,6	95,2±2,5	96,3±2,9	94,5±2,4	94,2±2,4	95,4±2,4	95±2,6	93,4±2,7	95,7±2,7	0,340
p*	0,341	0,218	0,910	0,333	0,190	0,211	0,358	0,085	0,828	

p*: grup içi karşılaştırmalar



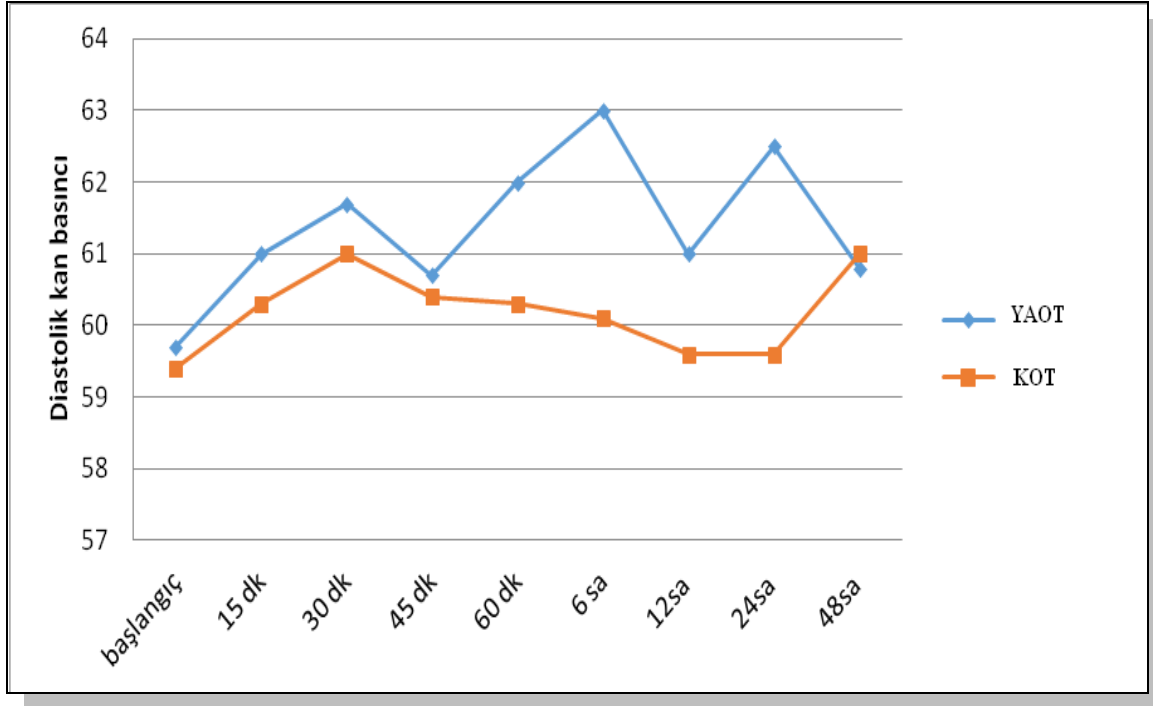
Şekil 10. SKB değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Hastaların ekstübasyon sonrası diastolik kan basıncında yöntem ve zamana göre meydana gelen değişikliklere bakıldığında YAOT ve KOT alan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı değerler saptanmadı. Yöntemler zamana göre karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde de yine istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 18, Şekil 11).

Tablo 18. Grupların ekstübasyon sonrası DKB değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem DKB	0.dk	15.dk	30.dk	45.dk	60.dk	6. sa	12.sa	24.sa	48.sa	p
YAOT	59,7±1,7	61±1,6	61,7±1,5	60,7±1,6	62±1,5	63±1,4	61±1,4	62,5±1,6	60,8±1,8	0,302
KOT	59,4±1,7	60,3±1,6	61±1,5	60,4±1,6	60,3±1,5	60,1±1,4	59,6±1,4	59,6±1,7	61±1,9	0,943
p*	0,876	0,747	0,722	0,878	0,455	0,141	0,408	0,215	0,973	

p*: grup içi karşılaştırmalar



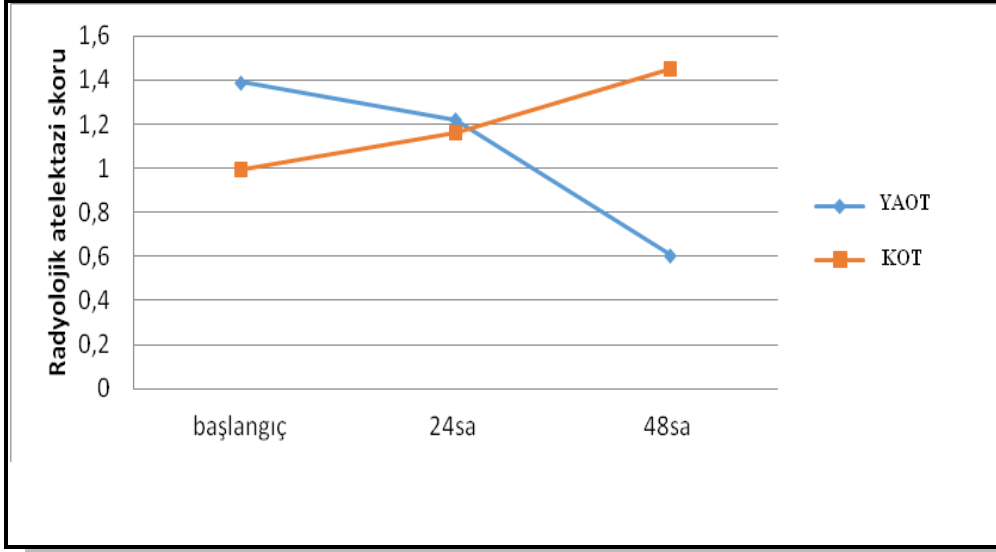
Şekil 11. DKB değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

Modifiye radyolojik atelektazi skorlarına göre YAOT alan grupta ekstübasyon anında m-RAS skoru; $1,391 \pm 0,9$, 24. saatte; $1,221 \pm 0,17$ ve 48. saatte ise $0,607 \pm 0,1$ idi. Zaman göre bakıldığında YAOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde m-RAS skorlarında azalma saptandı. KOT alan grupta ise ekstübasyon anında m-RAS skoru; $0,997 \pm 0,09$, 24. saatteki m-RAS skoru; $1,164 \pm 0,19$, 48. saatteki m-RAS skoru ise $1,451 \pm 0,108$ idi. Zaman göre bakıldığında KOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde m-RAS skorlarında artma mevcuttu. Yöntemler arası m-RAS skoru değerlendirildiğinde ise ekstübasyon anında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde KOT alan grupta daha düşük m-RAS skorları saptandı. Takibin 24.saatinde her iki grupta da m-RAS skorları arasında istatistiksel olarak bir fark yok iken, 48. saatte KOT alan grupta m-RAS skorlarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yükseklik saptandı (Tablo 19, Şekil 12).

Tablo 19. Grupların ekstübasyon sonrası m-RAS değerlerinin zamana göre değerlendirilmesi

Yöntem \ RAS	Ekstübasyon	24. sa	48. sa	p
YAOT	$1,391 \pm 0,9$	$1,221 \pm 0,17$	$0,607 \pm 0,1$	$0,001$
KOT	$0,997 \pm 0,09$	$1,164 \pm 0,19$	$1,451 \pm 0,108$	$0,002$
p*	0,003	0,824	0,001	

p*: grup içi karşılaştırmalar



Şekil 12. m-RAS değerlerinin zamana ve uygulanan yöntemlere göre değişiminin grafik ile analizi

5. TARTIŞMA

Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda ekstübasyon sonrası takipte çeşitli nedenler ile akut solunum yetmezliği gelişmesi sık görülmektedir. Bu durum, artmış morbidite ve mortalite ile ilişkilidir [29]. Düşük akımlı oksijen tedavisi hipoksemiye düzeltmede yeterli olmadığında, noninvaziv mekanik ventilasyon, reentübasyonu önlemek ve sonuçları iyileştirmek için kullanılır. Bununla birlikte pediatrik hastada noninvaziv mekanik ventilasyon uygulaması zor, kaynak gerektiren ve hastada rahatsızlık hissi yaratabilen bir uygulamadır [30,31]. Mekanik ventilasyon sonrası hastaların %10-20'sinde NIMV başarısız olmakta ve reentübasyon gerekmektedir [32]. Son yıllarda ise ısıtılmış ve nemlendirilmiş yüksek akımda oksijen verilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış nazal kanüllerin piyasaya sürülmesi, bu sistemlerin yüksek akımlı oksijen tedavisi ile ilgili uygulanmasının popülerite kazanmasını sağlamıştır [33]. Mevcut verilerin çoğu yenidoğanlarda solunum sıkıntısı konusunda yayınlanmıştır [34]. Kritik pediatrik hastalarda yapılan çalışmalar ise son derece azdır ve yeni yeni popülerite kazanmaktadır. Bununla birlikte klinisyenler yüksek akımlı oksijen sistemleri ile yapılan tedaviyi hipoksemik solunum yetersizliğinde, KOAH'ın akut alevlenmesinde, entübasyon öncesi veya ekstübasyon sonrası hipokseminin önlenmesi için profilaktik olarak (yoğun bakımda ve ameliyathanelerde), uyku apnesinde, akut kalp yetersizliğine bağlı solunum yetersizliğinde, "entübasyon yapmayın" order'ı olan hastalarda kullanmıştır [33]. Mevcut çalışmaların çoğunda bu yüksek akımlı nazal oksijen tedavisinin, nazal maskeler ve geri solunumsız maskelerle yapılan geleneksel oksijen tedavisine göre hastaların konforunu ve toleransını arttırdığı, solunum işini ve sayısını azalttığı ve değişik etiyolojilere bağlı solunum yetersizliklerinde solunum desteğini arttırma gereksinimini azalttığı saptanmıştır.

Çalışmamız ekstübasyon sonrası dönemde her iki yöntemin etkinliğini solunum, hemodinamik ve radyolojik parametreler üzerinden değerlendiren ilk pediatrik çalışma olması açısından önemlidir.

Yüksek akımlı oksijen tedavisinde, hastanın soluk akım hızından daha yüksek akım hızı sağlayabilmesi nedeni ile oda havasının soluk havasına karışması engellenir. Bu nedenle istenilen düzeyde oksijen konsantrasyonlarına KOT'a göre daha kısa sürede ulaşılabilir. Sztrymf ve ark.ları, 38 akut solunum yetmezlikli erişkin hastada YAOT tedavisinin etkinliğini değerlendirdiklerinde 15.dk dan itibaren; SpO_2 ve PaO_2/FiO_2 oranlarında düzelme olduğunu bildirmişlerdir [35,37]. Çalışmamızda hastaların SpO_2 değerleri bakıldığında 60.dk'dan itibaren istatistiksel olarak anlamlı düzeyde YAOT lehine artış saptadık. Bununla birlikte hipokseminin daha iyi değerlendirilmesi için PaO_2/FiO_2 oranı yerine, hastalarımızın çocuk yaş grubu olması nedeni ile non invaziv ve PaO_2/FiO_2 ile korele olan S/F oranını kullandık [36,38]. Yüksek akımlı oksijen tedavisi alan grupta başlangıçtaki S/F oranları, KOT alan gruba göre

belirgin düşüktü. Bu durumu, YAOT tedavisine alınan hastaların solunum yetmezliğinin daha ciddi olması ile açıklayabiliriz. Yine 45.dk'dan itibaren ise YAOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yükselme saptadık. Yüksek akımlı oksijen tedavisinin oksijen düzeyini titre edebilme imkanı sağlayabilmesi nedeni ile hastalara daha düşük FiO_2 oranlarını uygulayarak daha yüksek S/F oranları gözlemledik. Yine Frat ve ark. akut solunum yetersizliği olan 310 erişkin hastada ($PaO_2/FiO_2 \leq 300$ mmHg) yüksek akımlı nazal oksijen tedavisini, noninvazif ventilasyon ve standart oksijen tedavisinin klinik sonuçlarını incelemek üzere tasarladıkları çalışmalarında, yüksek akımlı nazal oksijen tedavisinin diğer tedavi yöntemlerine göre endotrakel entübasyon sıklığında istatistiksel önemi olmayan azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir [39].

End tidal karbondioksit ölçümü gerek noninvaziv bir metod olması gerekse de ventilasyon durumu hakkında SpO_2 değerlerine göre daha önceden haber vermesi nedeni ile yoğun bakımlarda uzun zamandan beri kullanılan bir ölçüm metodudur [40]. Bununla birlikte normal ventilasyon/perfüzyonu oranı olan kişilerde $etCO_2$ ile arterioller PCO_2 arasında 2-5 mmHg'lık bir fark vardır. Bu nedenle sık örneklemeye gerek olmadan, hastalar noninvaziv olarak $etCO_2$ ile takip edilebilir [41]. Günümüzde side stream metodu ile ölçüm alabilen cihazlar sayesinde entübe olmayan hastalarda da güvenli ölçümler yapılabilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız micro side-stream metodu ile yaptığımız ölçümler çok daha küçük gaz örneklemeleri ile sonuç vermesi sebebi ile oldukça avantajlı idi. Farklı zaman aralıklarında her iki yöntemle de yaptığımız $etCO_2$ ölçümlerine bakıldığında, YAOT tedavisi alan grupta $etCO_2$ değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma mevcuttu. Her iki yöntem karşılaştırıldığında ise 24.saatte gruplar arası $etCO_2$ arasında anlamlı fark saptadık. Bu durum YAOT'nin anatomik ölü boşlukta yüksek akım hızı nedeni ile yıkayıcı etki yapması yanı sıra akciğer parankiminde 1,5-7 cmH_2O PEEP oluşturmaları sonucu, mikroatelektaziyi önleyerek daha etkin bir ventilasyon sağlaması şeklinde açıklanabilir. [42,43]. YAOT'un etkinliği birçok yaş grubunda ve farklı hastalık gruplarında çok sayıda çalışma ile değerlendirilmekle birlikte, $etCO_2$ ölçümlerinin de değerlendirmede kullanıldığı sadece bir çalışmaya rastladık. Bresan ve ark. bronşioliti olan 27 hastada YAOT uygulaması sonrası gözlemlerinde $etCO_2$ deki düşmeleri tedavinin erken dönemlerinde tespit ettiklerini bildirmişlerdir [44]. Çalışmamızda ise grafiklerde de görüldüğü gibi yaklaşık 6.saatten itibaren $etCO_2$ düzeylerinde azalma görülmekle beraber istatistiksel olarak anlamlı değerleri 24. saatteki ölçümlerde tespit ettik. Literatürdeki diğer çalışmalara göre daha geç dönemde $etCO_2$ 'de azalma tespit etme nedenlerimizi gruplarımızın homojenize olmaması, yaş grubu aralığımızın çok geniş olması, farklı akım hızları kullanmamız ve nazal kanül etrafından olabilecek kaçakların etkisi şeklinde yorumladık.

PCO_2 değerlerinde ise her iki grubu kendi içlerinde zamana karşı değerlendirdiğimizde başlangıçtan itibaren bir fark gözlemlemedik. Bununla birlikte $etCO_2$ düzeyleri ile korele olarak PCO_2 düzeylerinde

de 24. ve 48.saatte yöntemler arası değerlendirmede YAOT grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı düşük değerler tespit ettik. Her iki değer arasında aynı döneme denk gelen istatistiksel anlamlılıkların saptanması, micro side-stream yönteminin pediatrik yaş grubunda güvenilir ve doğru bir ölçüm metodu olduğunu kanıtlar nitelikteydi. Roca ve ark.ları basit yüz maskesi ve YAOT etkinliğini ardışık uygulama sonrası değerlendirdikleri erişkin çalışmasında, PCO_2 değerleri arasında herhangi bir fark olmadığını, sadece dispne ve hasta konforu üzerine olumlu etkileri olduğunu bildirmişlerdir [45]. Tesca ve ark.ları da, kardiyak cerrahi uygulanan 18 ay altı 89 hasta da, PaO_2/FiO_2 ve PaO_2 düzeylerinde, ekstübasyon sonrası 1. ve 6.saatlerde belirgin bir düzelme gözlemlediklerini buna rağmen beklenilenin aksine PCO_2 düzeylerinde herhangi azalma tespit etmediklerini bildirmişlerdir [46].

YAOT'un, KOT'a göre daha yüksek akım hızlarına ulaşması, uygun seviyede nemlendirme yapabilmesi ve değişen oranlarda PEEP uygulayabilmesi nedeni ile atelektazi gelişimini önler ve solunum iş yükünü azaltır [33].Bu durum klinik olarak solunum paterninde düzelme ve solunum hızında azalma şeklinde kendini gösterir [47]. Rittayamai ve ark.ları ekstübasyon sonrası ardışık YAOT ve KOT tedavisinin etkinliğini değerlendirdikleri erişkin çalışmasında, YAOT ile tedaviye başlanılan grupta, dispne skoru ve dakika solunum sayısı açısından belirgin azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak YAOT'un takipte önemli bir yeri olabileceğini ve geniş bir çalışma grubu oluşturularak olumlu etkileri hakkında daha net bilgiler elde edilebileceğini bildirmişlerdir [48]. Çalışmamızda, her iki grupta solunum sayıları açısından değerlendirildiğinde KOT alan grupta başlangıç dakika solunum sayıları yüksekti. Bu durumu KOT uyguladığımız grubun yaş ortalamasının daha düşük olması ile açıklayabiliriz.

Takipte ise her iki grupta solunum sayıları arasında meydana gelen değişikliklere baktığımızda, YAOT alan grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde dakika solunum sayılarında azalma tespit ettik. Her iki tedavi yönteminin hemodinamik parametreler üzerine olan etkisi değerlendirildiğinde, kan basıncında meydana gelen değişiklikleri, hastanın ölçüm anında ağrı, anksiyete, almakta olduğu ilaçlar ve intravasküler sıvı durumu gibi faktörler de etkileyebildiğinden optimal değildi. Sistolik ve diyastolik kan basıncı değerlerine göre her iki grup hem kendi içlerinde hem de gruplar arası zaman göre değerlendirildiğinde herhangi bir fark bulamadık. Bununla birlikte, kalp akciğer etkileşimi nedeniyle, yukarıda bahsettiğimiz nedenlere ek olarak kalp atım hızında da YAOT alan grupta takipte belirgin azalma tespit ettik. Rittayamai ve ark. ları da, çalışmamıza benzer şekilde kalp atım hızında azalma gözlediklerini bildirmişlerdir [48]. Boratfain ve ark.ları ise benzer şekilde ardışık olarak YAOT ve KOT uygulayarak, ekstübasyon başarısına olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada sonuçlarımızdan farklı olarak hemodinamik parametreler ile ilgili anlamlı fark tespit etmediklerini bildirmişlerdir [49].

Literatürde YAOT ve KOT tedavisinin radyolojik parametreler üzerine etkisini değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlamadık. Ekstübasyon sonrası gelişen solunum yetmezliğinin etyolojisinde, uzamış mekanik ventilasyon ve sedasyon süresi, üst hava yolu obstrüksiyonu, konjenital anomaliler, altta yatan hastalık varlığı gibi birçok farklı neden gösterilmekle birlikte barotravma/volumtravmaya bağlı gelişen atelektaziler de ekstübasyon sonrası dönemde oldukça önemlidir [50]. Bu nedenle çalışmamızda m-RAS'ı ekstübasyon anında, 24.saatte ve 48.saatte akciğer grafisi çekerek hesapladık. İlginç olarak YAOT tedavisi alan grup, ekstübasyon anında daha yüksek m-RAS skoruna sahipti. Diğer taraftan 24.saatte her iki yöntem arasında m-RAS skorları açısından bir fark olmamakla birlikte 48.saatte YAOT lehine m-RAS skorlarında belirgin azalma tespit ettik. Solunum parametrelerinde, daha erken dönemde tespit ettiğimiz olumlu değişiklikler, klinik bilgilerimizle uyumlu olarak radyolojik olarak daha geç dönemde görüldü. Parke ve ark. ları ise konjenital kalp cerrahisi sonrası YAOT uyguladıkları hastalarda, yüksek m-RAS değerlerinin, $S/F < 445$ yada $sPO_2 < \%94$ ile oldukça iyi korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Spentaz ve ark.ları akut solunum yetmezliği olan 46 hastada YAOT ile oluşan PEEP etkisini, nazofarengeal boşluğa yerleştirdikleri bir kateter yardımı ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada oluşan PEEP'in radyolojik etkisine herhangi bir skorelama sistemi kullanmadan bakıldığında YAOT uygulanan 46 hastanın 40'ında aerasyonda düzelme tespit etmişlerdir [51,52].

Tüm bunlara ek olarak, her iki grupta reentübasyon oranlarını da değerlendirdik. Çalışmamızda takipte tekrar entübe olan hasta sayısı 13 (%13) olup, bunların 11'i KOT, 2'si de YAOT alan gruptaydı. Hastalarımızın 4'ü uzamış mekanik ventilasyona bağlı trakeal stenoz, 5'i devam eden mekanik ventilasyon ihtiyacı, 3'ü nörolojik ve 1'de kardiyolojik nedenlere bağlı yeniden entübe edilmişti. Reentübasyon oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı. Literatürde de çalışmamızla uyumlu olarak, YAOT'nin entübasyon oranını azalttığına dair çok sayıda çalışma mevcuttur. Diğer yandan ekstübasyon sonrası dönemde uygulanan yöntemlere ait herhangi bir komplikasyon görülmedi. Brink ve ark.ları, pediatrik yaş grubunda nazal prong ile CPAP ve YAOT etkisini değerlendirdikleri bir başka çalışmada da 2 hastada pnömotoraks geliştiğini ve CPAP uygulanan grupta daha fazla sedasyon gereksinimi olduğunu bildirmişlerdir [53].

Çocuk yoğun bakım ünitelerinde ekstübasyon başarısını arttırmak için uygulanan tedavi yöntemleri, hastaya ve klinisyenin tecrübesine göre farklılık göstermektedir. Kesin yanıtı olmayan bu soru üzerine halen çok sayıda çalışma ile arayışlar devam etmektedir. Bu noktadan yola çıkarak planladığımız çalışmanın sonuçlarına göre gerek klinik ve radyolojik parametreler üzerine olan olumlu etkisi gerekse de reentübasyon oranını azaltma açısından pediatrik hasta grubunda ekstübasyon sonrası dönemde yüksek akışlı oksijen sistemlerinin rutin izlemde yer alması gerektiği kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

1. Sim, MA., 2008. Performance of oxygen delivery devices when the breathing pattern of respiratory failure is simulated. *Anaesthesia*, 63(9): 938-40.
2. Chiu Elley, H., 2006. Venturi mask adjuvant oxygen therapy in sever acute ischemic stroke. *Arch Neurology*, 63: 741-744.
3. Durmowicz, A., Stenmark, KR., 2006. Acute respiratory failure, 265-83. In: Kendig's disorders of the respiratory tract in children. (Eds: Chernick V, Boat T) Philadelphia:
4. Ersöz, D., 2008. Akut solunum yetmezliği. *Katkı Pediatri Dergisi*, Cilt: 30, Sayı: 5, : 625-637
5. Ranjit, S., 2001. Acute respiratory failure and oxygen therapy. *Indian J Pediatr*, 68: 249-55.
6. Karaböcöğlu, M., 2008. Mekanik ventilasyondan ayırma, 387-94. In: *Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar*. (Eds. M., Karaböcöğlu, T. F., Köroğlu). İstanbul.
7. Raju, P., Manthous, CA., 2000. The pathogenesis of respiratory failure, an overview. *Respir Care Clin North Am*, 6: 195-212.
8. Karaböcöğlu, M., Demirkol, D., 2004. Çocuk Acil Tıp Kitabı, syf:116-117, Çocuk Acil Tıp ve Yoğun Bakım Derneği Yayın No:6.
9. Özlü, T., Çiledağ, A., Kaya, A., 2010. Oksijen tedavisi ve diğer solunumsal tedaviler, 1861-74. In: *Solunum Sistemi Hastalıkları*. (Eds. T., Özlü, M., Metintaş, M., Karadağ, A., Kaya). İstanbul Tıp Kitabevi, İstanbul.

10. Prasad, G.K., Beer,S., vijayaraghavan, R., 2008. Respiratory protection againts chemical and biological warfare agents. Defence science jounai, 58: 686-97.
11. Kumar, R.M., 1997. Efficacy and Acceptability of Different Modes of Oxygen Administration in Children. Implications for a Community Hospital Journal of Tropical Pediatrics, 43(1): 47-49.
12. Cooper, N., 2004. Acute care. Treatment with oxygen. student BMJ.volume. 12: 333334
13. Dysart, K., Miller, T.L., Wolfson, M.R., et al. 2009. Research in high flow theraphy:mechanism of action. Respir Med. 103: 1400-1405.
14. Kallstrom, T.J., 2002. American Association for Respiratory Care (AARC). AARC Clinical Practice Guideline. oxygen therapy for adults in the acute care facility. 47(6):717-20.
15. Ely, J.,Clapham, M., 2003. Delivering oxygen to patients. British Journal of Anaesthesia,Vaolume 3, Number 2: 43-45.
16. Barker, M.E., 2004. Gas Mask Development. Chemical Warfare, 12(7):11-15.
- 17.Thalken, F.R., 1990. Medical gas therapy. In: Egan's fundamentals of respiratory care. (Eds: C.L. Scanlan., C.B. Spearman., R.L. Sheldon). St Louis: 606-632.
18. L.Her, E., Deye, N., Lellouche, F., et al. 2005. Physiologic effects of noninvasive ventilation during acute lung injury. Am J Respir Crit Care. 172(9): 1112-1118.
19. Ritchie, J.E., Williams, A.B., Gerard, C., et al. 2011. Evaluation of a humidified nasal high-flow oxygen system, using oxygraphy, capnography and measurement of upper airway pressures. Anaesth Intensive Care. 39(6): 1103-1110.
20. Buckley,T., Dudley, J., Ebehart, M., et al. 2007. AARC Clinical Practice Guideline. Oxygen Therapy in the Home or Alternate Site Health Care Facility. 52(1): 1063-1068.
21. Bone, R.C., Hanley M.E., 1986 Acute respiratory failure. Pathophysiology, causes, and clinical manifestations. Postgrad Med. 79(1): 166-9, 172-6.
22. Öztürk, N.Y., 2003. Çocuk mekanik ventilasyon, 241-48. In: mekanik ventilatörden ayırma. (Eds: M .Karaböcüoğlu., T.F. koroğlu). İstanbul

23. O'Neill, N., 1998. Improving ventilation in children using bilevel positive airway pressure. *Pediatr Nurs.* 24: 377-382.
24. Karaböcüoğlu, M., 2008. Mekanik ventilasyondan ayırma, 341-46. In: *Çocuk Yoğun Bakım Esaslar ve Uygulamalar.* (Eds. M., Karaböcüoğlu, T. F., Köroğlu). İstanbul.
25. Parke, R. L., McGuinness, S. P., Milne D., 2014. A new system for assessing atelectasis on chest x-ray after sternotomy for cardiac surgery. *Medical Imaging and Radiology.* ISSN 2054-1945
26. Richter, L. K., Ingwersen, U., Thode, S., et al. 1995. Mask physiotherapy in patients after heart surgery. a controlled study. *Intensive Care Med.* 21: 469-74.
27. Parke, R.L., McGuinness, S.P., Milne, D., et al. 2014. A new system for assesing for surgery atelectasis on chest x-ray after sternotomy for cardiac surgery. *Med Imag and Radiol.* 2:1-5.
28. Hendriks, T., De Hoog, M., Lequin, M.H., et al. 2005. DNase and atelectasis in non-cystic fibrosis pediatric patients. *Crit Care.*9: R351-6.
29. Edmunds, S., Weiss, I., Harrison, R., 2001. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest.* 119(3): 897-900.
30. Akingbola, O.A., Hopkins, R.L., 2001. Pediatric noninvasive positive pressure ventilation. *Pediatr Crit Care Med.* 2(2): 164-9.
31. Essouri, S., 2015. Physiological basis for using contious positive airway pressure in acute respiratory failure. p.7-10. In: *Noninvasive Ventilation in Pediatrics 3 nd edition.* (Eds: A. Medina, O.M-Pons, F.T.Martinon). Barcelona.
32. Hill, N.S., 2000. Noninvasive ventilation has been shown to be ineffective in stable COPD. *Am J Respir Crit Care Med.* 161(3 Pt 1): 689-90.
33. Gotera, C., Díaz Lobato, S., Pinto, T., et al. 2013. Clinical evidence on high flow oxygen therapy and active humidification in adults. *Rev Port Pneumol.* 19(5): 217-27.
34. Bradley, A.E., White, M.C., Engelhardt, T., et al. 2013. Current UK practice of pediatric supraglottic airway devices - a survey of members of the Association of Paediatric Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Paediatr Anaesth.* 23(11): 1006-9.
35. Sztrymf, B., Messika, J., Bertrand, F., et al. 2011. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygenin critical care patients: a prospective pilot study. *Intensive Care Med.* 37: 1780-86

36. Neto, A.S., Schultz, M.J., 2013. Lower tidal volumes in Brazil, also in patients without acute respiratory distress syndrome. *Crit Care*.12;17(3): 436.
37. Rice, T.W., Wheeler, A.P., Bernard GR, et al. 2007. National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute ARDS Network. Comparison of the SpO₂/FIO₂ ratio and the PaO₂/FIO₂ ratio in patients with acute lung injury or ARDS. *Chest*. 132(2): 410-7.
38. Lobete, C., Medina, A., Rey, C., et al. 2013. Correlation of oxygen saturation as measured by pulse oximetry/fraction of inspired oxygen ratio with Pao₂/fraction of inspired oxygen ratio in a heterogeneous sample of critically ill children. *J Crit Care*. 28(4): 538.e1-7.
39. Frat, J.P., Ragot, S., Thille, A.W., 2015. High-Flow Nasal Cannula Oxygen in Respiratory Failure. *N Engl J Med*. 373(14):1374-5.
40. Burton, J.H., Harrah, J.D., Germann, C.A., et al. 2006. Does end-tidal carbon dioxide monitoring detect respiratory events prior to current sedation monitoring practices. *Acad Emerg Med*. 13(5): 500-4.
41. Arnold, J.H., Stenz, R.I., Thompson, J.E., et al. 1996. Noninvasive determination of cardiac output using single breath CO₂ analysis. *Crit Care Med*. 24(10): 1701-5.
42. Ritchie, J.E., Williams, A.B., Gerard, C., et al. 2011. Evaluation of a humidified nasal high-flow oxygen system, using oxygraphy, capnography and measurement of upper airway pressures. *Anaesth Intensive Care*. 39(6): 1103-1110.
43. Riera, J., Pe´rez, P., Corte´s, J., et al. 2013. Effect of high-flow nasal cannula and body position on end-expiratory lung volume: a cohort study during electrical impedance tomography. *Respir Care*; 58(4): 589-596.
44. Bressan, S., Balzani, M., Krauss, B., et al. 2013. High-flow nasal cannula oxygen for bronchiolitis in a pediatric ward: a pilot study. *Eur J Pediatr*. 172(12): 1649-56.
45. Roca, O., Riera, J., Torres, F., et al. 2010. High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. *Respir Care*; 55(4): 408-413.
46. Testa, G., Iodice, F., Ricci, Z., et al. 2014. Comparative evaluation of high-flow nasal cannula and conventional oxygen therapy in paediatric cardiac surgical patients: a randomized controlled trial. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 19(3): 456-61.

47. Hutchings, F.A., Hilliard, T.N., Davis PJ. 2015. Heated humidified high-flow nasal cannula therapy in children. *Arch Dis Child*. 100(6): 571-5.
48. Rittayamai, N., Tscheikuna, J., Rujivit, P., 2014. High flow nasal oxygen cannula versus conventional oxygen therapy after endotracheal extubation:a randomized cross ove physiologic study. *Respir Care*. 59(4): 485-490.
49. Brotfain, E., Zlotnik, A., Schwartz A, et al. 2014. Comparison of the effectiveness of high flow nasal oxygen cannula vs. Standard non-rebreather oxygen face mask in post-extubation intensive care unit patients. *Isr Med Assoc J*. 16(11):718-22.
50. Kurachek, S.C., Newth, C.J., Quasney, M.W., et al. 2003. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med*.31(11): 2657-64.
51. Parke, R.L., Bloch, A., McGuinness, S.P., 2015. Effect of Very-High-Flow Nasal Therapy on Airway Pressure and End-Expiratory Lung Impedance in Healthy Volunteers. *Respir Care*. 60(10): 1397-403.
52. Spentzas, T., Minarik, M., Patters, A.B., et al. 2009. Children with respiratory distress treated with high-flow nasal cannula. *J Intensive Care Med*. 24(5): 323-8.
53. Ten Brink, F., Duke, T., Evans J. 2013. High-flow nasal prong oxygen therapy or nasopharyngeal continuous positive airway pressure for children with moderate-to-severe respiratory distress. *Pediatr Crit Care Med*. 14(7): e326-31.

