



TC.
SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
HAYDARPAŞA NUMUNE
EğTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ
ANESTEZİYOLOğI VE REANİMASYON KLİNİğİ

Eğitim Sorumlusu: Prof. Dr. Osman EKİNCİ

MEKANİK VENTİLATÖR DESTEğİNDEKİ
HASTALARIN EKSTÜBASYON BAŞARISINI
ÖNGÖRMEDE DİYAFRAM ULTRASONUNUN
ROLÜ

Dr. Yener Aksoy

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL - 2024



TC.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
HAYDARPAŞA NUMUNE
EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ
ANESTEZİYOLOĞİ VE REANİMASYON KLİNİĞİ

MEKANİK VENTİLATÖR DESTEĞİNDEKİ
HASTALARIN EKSTÜBASYON BAŞARISINI
ÖNGÖRMEDE DİYAFRAM ULTRASONUNUN
ROLÜ

Dr. Yener Aksoy

Tez Danışmanı: Yandal Uzm. Dr. Yelda Balık

TIPTA UZMANLIK TEĞİ

İSTANBUL - 2024

TEŞEKKÜR

Anesteziyoloji ve Reanimasyon uzmanlık eğitimimde tecrübelerinden yararlandığım; idari becerileri ile yol gösteren, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Osman EKİNCİ' ye,

Yoğun bakıma bakış açısıyla ve bilime olan inancıyla her zaman örnek aldığım hiçbir konuda yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Asu ÖZGÜLTEKİN'e,

Akademik konularda ufkumu açan değerli hocam Prof. Dr. Nurgül YURTSEVEN'e,

Tezime katkılarından dolayı Uz. Dr. Yelda Balık'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım tüm hocalarım ve uzmanlarıma,

Birlikte çalıştığımız, saygı ve sevgi çerçevesinin her zaman daim olduğu sevgili asistan arkadaşlarıma,

İyi bir insan olarak yetiştirilmemi sağlayan, hep arkamda olan aileme,

Yol arkadaşım, her anımda yanımda bulunduğunu hissettiğim sevgili eşim Dr. Meltem YILMAZ AKSOY'a

En içten saygı, minnet ve teşekkürlerimle...

Dr. Yener AKSOY

İSTANBUL,2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
KISALTIMA DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Solunum Sistemi.....	3
2.1.1. Anatomisi.....	3
2.1.2. Fizyolojisi.....	4
2.2. İnvaziv Mekanik Ventilasyon.....	5
2.2.1. Endikasyon.....	5
2.2.2. Ayarlanması Gereken Parametreler.....	6
2.2.3. Mekanik Ventilasyon Temel Modları.....	9
2.3. Mekanik Ventilasyondan Ayırma (Weaning).....	12
2.3.1. Weaning için gerekli kriterler.....	13
2.3.2. Weaning başarısını öngörmeye kullanılan parametreler.....	14
2.3.2.1. Hızlı yüzeysel solunum endeksi.....	14
2.3.2.2. Oksijenasyon ve gaz değişim parametreleri.....	15
2.3.2.3. Solunum sistemi kapasitesi ve solunum yükü parametreleri.....	15
2.3.2.4. Çok bileşenli parametreler.....	17
2.3.2.5. Öksürük gücü.....	17
2.3.2.6. Diyafram ultrasonu.....	18
2.3.3. Spontan solunum denemesi.....	20
2.3.4. Ekstübasyon.....	21
2.3.5. Weaning başarısızlığı.....	21
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	23
4. BULGULAR.....	26

5. TARTIŞMA.....	39
6. SONUÇ	49
7. KAYNAKLAR.....	51



KISALTMA DİZİNİ

ALS	: Amyotrofik Lateral Skleroz
ARY	: Akut Renal Yetmezlik
AKC	: Akciğer
AKG	: Arter Kan Gazı
ARDS	: Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu (Acute Respiratory Distress Syndrome)
BPAP	: İki Seviyeli Pozitif Havayolu Basıncı (Bi-level Positive Airway Pressure)
C	: Kompliyans
Ca	: Kanser
CMV	: Sürekli Zorunlu Ventilasyon (Continuous Mandatory Ventilation)
CO₂	: Karbondioksit
CPAP	: Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı (Continuous Positive Airway Pressure)
CPF	: Cough Peak Flow (Öksürük Tepe Akışı)
DE	: Diyafram Yer Değişimi (Diaphragm Excursion)
DKA	: Diyabetik Ketoasidoz
D-RSBI	: Diyaframatik Hızlı Yüzeysel Solunum Endeksi
DTF	: Diyafram Kalınlık İndeksi (Diaphragm Thickening Fraction)
EAH	: Eğitim ve Araştırma Hastanesi
ETT	: Endotrakeal Tüp
FIO₂	: İnspire Edilen O ₂ Konsantrasyonu (Fraction of Inspired Oxygen)
GKS	: Glaskow Koma Skalası
I/E	: İnspiryum/ Ekspiryum oranı
IMV	: İnvaziv Mekanik Ventilasyon
IPAP	: İnspiratuvar Pozitif Havayolu Basıncı (Inspiratory Positive End-Expiratory Pressure)
EPAP	: Ekspiratuvar Pozitif Havayolu Basıncı (End positive expiratory pressure)
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı

MIP	: Maksimum İspiratuar Basıncı
MV	: Mekanik Ventilasyon
OR	: Olasılık Oranı (odd ratio)
P0.1	: Havayolu Tıkama Basıncı
PACO2	: Parsiyel Karbondioksit Basıncı
PAO2	: Parsiyel Oksijen Basıncı
PEEP	: Pozitif Ekspiryum Sonu Basıncı (Positive End Expiratory Pressure)
PO	: Post Operatif
ROC	: Receiver Operating Characteristic
RR	: Dakika Solunum Sayısı (Respiratory Rate)
RSBI	: Hızlı Yüzeysel Solunum Endeksi (Rapid Shallow Breathing Index)
RSDI	: Hızlı Yüzeysel Diyafragmatik Endeks (Rapid Shallow Diaphragmatic Index)
SCSS	: Semikantitatif Öksürük Gücü Skoru (Semi-quantitative cough strength score)
SIMV	: Senkronize Aralıklı Mekanik Ventilasyon
SOFA	: Sepsis Related Organ Failure Assessment
SpO2	: Oksijen Satürasyonu
SSD	: Spontan Solunum Denemesi
TEE	: Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı
TEİ	: İspiriyum Sonu Diyafram Kalınlığı
VD	: Ölü Boşluk (Death Volume)
VIDD	: Ventilatör İlişkili Diyafram Disfonksiyonu
VT	: Tidal Volüm
USG	: Ultrasonografi
ZOA	: Apozisyon bölgesi (Zone of Apposition)

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: Grupların Demografik Özellikler Açısından Değerlendirilmesi.....	26
Tablo 2: Gruplara Göre Primer Yatış Tanılarının Dağılımı.....	26
Tablo3: Hastane ve Yoğun Bakım Kalış Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	27
Tablo 4: Grupların Mekanik Ventilasyon Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	28
Tablo 5: Grupların Laboratuvar Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	28
Tablo6: Başarısız Ekstübasyon Tanısında Diyafram Ölçümleri İçin ROC Analizi.....	29
Tablo 7: Diyafram Ölçümleri ile Hastane ve YBÜ Parametrelerinin Korelasyonları.....	33
Tablo 8: Diyafram Ölçümleri İle MV Parametrelerinin Korelasyonları.....	34
Tablo 9: Diyafram Ölçümleri İle Laboratuvar Parametrelerinin Korelasyonları.....	36
Tablo 10: Diyafram Ölçümleri İle Öksürük Gücü Korelasyonları.....	37
Tablo 11: Ekstübasyon Başarısı Üzerine Etkili Olan Parametrelerin Lojistik Regresyon Analizi İle Değerlendirilmesi.....	38

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1: IMV Klinik Endikasyonlar.....	5
Şekil 2: Klinik Fizyopatolojiler.....	6
Şekil 3: Weaning Oksijenizasyon ve Gaz Değişim Parametreleri.....	15
Şekil 4: Weaning Çok Bileşenli Parametreler.....	17
Şekil 5: Semikantitatif Öksürük Gücü Skoru.....	18
Şekil 6: Weaning Başarısızlık Kriterleri.....	21
Şekil 7: Başarısız Ekstübasyon Tanısında DE İçin ROC Eğrisi.....	29
Şekil 8: Başarısız Ekstübasyon Tanısında TDİ İçin ROC Eğrisi.....	30
Şekil 9: Başarısız Ekstübasyon Tanısında TDE İçin ROC Eğrisi.....	30
Şekil 10: Başarısız Ekstübasyon Tanısında DTF İçin ROC Eğrisi.....	31
Şekil 11: Başarısız Ekstübasyon Tanısında RR/DE İçin ROC Eğrisi.....	32
Şekil 12: Başarısız Ekstübasyon Tanısında RSBI/ DE İçin ROC Eğrisi.....	32
Şekil 13: Başarısız Ekstübasyon Tanısında Öksürme Gücü İçin ROC Eğrisi.....	33

RESİM DİZİNİ

Resim 1: Diyafram Kasının ve Santral Tendonun Kostalar ile Anatomik İlişki.....	4
Resim 2: Diyafram Kasının İnciriyum ve Ekspiriyum Sırasındaki Hareketi.....	4
Resim 3 : Diyafram Apozisyon Bölgesi ve Ultrason Ölçümü Yeri.....	19
Resim 4 : Apozisyon Bölgesinde Diyafram Kalınlığını Gösteren Ultrason Görünümü.....	19
Resim 5 : TDİ ve TDE Ölçümleri Sırasında AKC ve Diyafram İlişkisi.....	20
Resim 6: Midklavikuler Hat Diyafram Ekskürsiyon Ölçümü Gösteren Ultrason Görünümü.....	20



ÖZET

Giriş ve Amaç: İnvaziv mekanik ventilatöre bağlı, entübe şekilde takip edilen hastaların, solunum cihazından ayrılma süreci doğru zamanda yapılmalıdır. Erken yapılan ekstübasyon, tekrarlayan entübasyonlara neden olarak hastalarda mortalite ve morbiditesini artırmaktadır. Uzamış weaning süresi ise yoğun bakım ve mekanik ventilasyon kaynaklı komplikasyonların artmasına ve hastane kaynaklarının efektif kullanılmamasına sebep olur. Diyafram, solunum eforunun %60'undan sorumlu esas solunum kasıdır. İnvaziv mekanik ventilasyon ile takip edilen hastalarda entübasyonun ilk gününden itibaren diyafram kasında atrofi gelişmeye başlar. Weaning başarısını öngörmek için farklı parametreler bulunmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanı, hızlı yüzeysel solunum endeksidir (RSBI). RSBI'nın özgünlük ve duyarlılığı hastaların doğru zamanda ekstübe edilmesi için yeterli olmamaktadır. Çalışmamızda RSBI ile diyafram ultrason parametrelerinin ekstübasyon başarısını öngörmedeki gücünü karşılaştırmayı amaçladık.

Gereç ve yöntem: Çalışmaya, Haydarpaşa Numune Eğitim Araştırma Hastanesi genel yoğun bakım ünitesinde invaziv mekanik ventilasyon ile takip edilen 72 olgu dahil edildi. Ekstübasyon planlanan hastalar, spontan solunum denemesi için, basınç destek moduna (PSV) alınıp, PEEP: 5 cmH₂O ve basınç desteği: 8 cmH₂O olarak ayarlandı. Spontan solunum denemesi sırasında olguların, RSBI değerleri hesaplandı ve diyafram ultrason ölçümleri kayıt altına alındı. Spontan solunum denemesini başarı ile tamamlayan hastalar çalışmaya dahil edilip planlı şekilde ekstübe edildi ve 72 saat gözlemlendi. Hastaların ekstübasyon başarılarına etkileyecek parametrelerden yaş, cinsiyet, yoğun bakıma yatış sebebi, ek hastalıkları, yoğun bakımda kalma süresi, yoğun bakım sıvı dengesi, entübasyon süresi, işlem günü mekanik ventilasyon değerleri, laboratuvar sonuçları ve SOFA skorları kaydedildi. Ekstübasyon sonrası; 72 saat içerisinde non-invaziv mekanik ventilasyon veya re-entübasyon ihtiyacı gelişen hastalar, başarısız ekstübasyon olarak kabul edildi.

Bulgular: Başarılı ve başarısız weaning grupları arasında, yaş, cinsiyet, SOFA skoru, günlük ortalama sıvı dengesi açısından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Başarısız olan grupta; hastane yatış günü (hastane yatışı ile spontan solunum denemesi günü arası toplam süre), yoğun bakım yatış süresi, entübe kalma süresi, yoğun bakımdaki total sıvı dengesi anlamlı yüksek bulundu ($p<0.05$). Mekanik ventilasyon parametrelerinden, solunum sayısı, tidal volüm, dakika volüm, p0.1 ve hızlı yüzeysel solunum endeksi arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$). Dinamik kompliyans başarılı olan grupta anlamlı düşük bulundu ($P<0.05$). Diyafram ölçüm parametrelerinden; başarılı olan grupta: Diyafram yer değişimi (DE), Diyafram Kalınlık İndeksi (DTF) ve İnspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı (TDI) anlamlı olarak yüksek iken RR(solunum sayısı)/DE anlamlı düşük bulundu ($p<0.05$). Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı (TDE) ve RSBI/DE parametreleri açısından iki grup arasında anlamlı sonuç bulunmadı ($p>0.05$). Hastalarda ölçülen semikantitatif Öksürük Gücü Skoru, başarılı olan grupta anlamlı olarak yüksek bulundu ($p<0.05$).

Laboratuvar düzeyleri açısından başarılı olan grupta CRP düzeyi anlamlı olarak düşük bulunurken; fosfor, total kalsiyum, iyonize kalsiyum ve magnezyum değerleri açısından anlamlı fark bulunmadı.

Diyafram ultrason parametreleri ile mekanik ventilasyon değerlerinin korelasyon analizi araştırıldığında, korelasyonun anlamlı olup ($p<0.05$) %50 ve üzeri olduğu durumlar; RR/DE ile RR, RR/DE ile RSBI, RR/DE ile dakika volüm, RSBI/DE ile RR, SSBI/DE ile RSBI ve DTF ile tidal volüm olarak bulunmuştur.

Serum elektrolit değerleri ile diyafram parametrelerinin korelasyonu karşılaştırıldığında; serum fosfor düzeyleri kalsiyum ve magnezyum elektrolitlerinin aksine DE, RR/DE ve RSBI/DE parametreleri ile anlamlı yüksek korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.

Öksürük gücü ile DE ve DTF arasında anlamlı pozitif; RR/DE ve RSBI/DE arasında anlamlı negatif korelasyon bulunmaktadır.

Ekstübasyon başarısı üzerine etkili olduğu bulunan parametrelerden, başarılı ekstübasyon modeli oluşturmak için, lojistik regresyon analizi ile değerlendirdiğimizde; DE, DTF, RR/DE ve dinamik kompliyans için sırasıyla p

değerleri (0.02, 0.06, 0.081, 0.015) ve OR (Olasılık Oranı) değerleri (1.493, 1.141, 0.794, 1.085) olarak bulunmuştur.

Sonuç: Çalışmamızda, diyafram ultrasonu ölçüm sonuçları hastaların doğru zamanda solunum cihazından ayrılmasında, RSBI değerine göre daha başarılı bulunmuştur. Ancak cut off, özgünlük ve duyarlılık gibi değerlerin belirlenmesi için yeterli sayıda standardize edilmiş çalışma protokolü bulunmamaktadır. Başarılı ekstübasyon, multifaktöriyel sebeplere bağlıdır. Ancak elde ettiğimiz başarılı ekstübasyon modelinde de olduğu gibi, doğru zamanda ekstübasyon için diyafram ölçümleri yol gösterici olmaktadır. Bu yüzden doğru zamanda weaning için diyafram ultrasonu yoğun bakımın rutin pratiğinde yer alması gerektiğini düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: Diyafram, ultrason, mekanik ventilasyon, weaning, ekstübasyon

ABSTRACT

Introduction and Objective: Weaning process for intubated patients should be performed at the right time. Early extubation leads to repeated intubations and increases mortality and morbidity in patients. Extended weaning time causes increased intensive care diseases and complications of mechanical ventilation with ineffective use of hospital resources. Diaphragm is a major muscle which is responsible for a breathing effort of %60. Atrophy of diaphragm muscle develops in the first day of intubation who were followed up with invasive mechanical ventilation. There are various parameters to predict weaning success. The most commonly used of these is the rapid shallow breathing index (RSBI). The specificity and sensitivity of RSBI are not sufficient to extubate patients at the correct time. In our study, we aimed to compare the power of RSBI and diaphragm ultrasound parameters in predicting extubation success.

Materials and methods: This study contained seventy two patients who were followed up with invasive mechanical ventilation in general intensive care unit of Haydarpasa Numune Training and Research Hospital. Patients who were planned to extubate by intensivist, were placed in pressure support mode (PSV) for spontaneous breathing trial with their PEEP level at 5 cmH₂O and pressure support level at 8 cmH₂O. During spontaneous breathing trials, their RSBI was calculated and diaphragm ultrasound parameters were measured. Patients who successfully completed spontaneous breathing trial were included in the study. They were extubated with observation for 72 hours. Weaning success could be affected by age, gender, reason for staying at intensive care unit, comorbidities, length of stay and fluid balance at intensive care unit, duration of intubated time and on the day of procedure mechanical ventilation parameters, laboratory results and SOFA scores were recorded. After extubation in the following 72 hours, patients who needed re-intubation or non-invasive mechanical ventilation were considered as failed extubation.

Results: There wasn't any significant difference between unsuccessful and successful weaning groups for age, gender, SOFA score, and average daily fluid balance ($p>0.05$). In the unsuccessful group, hospitalisation days (total time between hospitalisation and the day of spontaneous breathing attempt), intensive care unit hospitalisation days, intubation time, and total fluid balance in the intensive care unit were significantly higher ($p<0.05$). There was no significant difference in mechanical ventilation parameters such as respiratory rate, tidal volume, minute volume, $p_{0.1}$, and rapid shallow breathing index ($p>0.05$). Dynamic compliance was significantly lower in the successful group ($P<0.05$). Diaphragm excursion (DE), diaphragm thickness index (DTF) and diaphragm thickness of end of inspiration (TDI) were significantly higher, while RR (respiratory rate)/DE was significantly lower in the successful group ($p<0.05$). No significant results were found in end-expiratory diaphragm thickness (TDI) and RSBI/DE parameters ($p>0.05$). Semiquantitative cough strength score (SCSS) measured in patients was found to be significantly higher in the successful group ($p<0.05$). In terms of laboratory levels, the CRP level was significantly lower in the successful group, but there was no significant difference in phosphorus, total calcium, ionized calcium, and magnesium values.

When the correlation analysis of diaphragm ultrasound parameters and mechanical ventilation values was investigated, the correlations which was found significant ($p<0.05$) with a correlation of %50 and above were; RR/DE and RR, RR/DE and RSBI, RR/DE and minute volume, RSBI/DE and RR, SSBI/DE and RSBI, and DTF and tidal volume.

When the correlation between serum electrolyte levels and diaphragm parameters was compared, serum phosphorus levels had a significant high correlation with DE, RR/DE, and RSBI/DE parameters, unlike calcium and magnesium electrolytes.

There was a significant positive correlation between cough strength and DE and DTF, and a significant negative correlation between RR/DE and RSBI/DE.

When we evaluated the parameters found to be effective on extubation success with logistic regression analysis to create a successful extubation model, p values (0.02, 0.06, 0.081, 0.015) and OR (Probability Ratio) values (1.493, 1.141,

0.794, 1.085) were found for DE, DTF, RR/DE and dynamic compliance, respectively.

Conclusion: In our study, diaphragm ultrasound was found to be more successful than RSBI in patients for weaning from the mechanical ventilator at the correct time. However, there are not enough standardised study protocols to determine values such as cut off, specificity and sensitivity. Successful extubation depends on multifactorial reasons. However, as in the successful extubation model we obtained, diaphragm measurements are guiding for extubation at the right time. For this reason, we believe diaphragm ultrasound should be included in daily routine practice of intensive care unit for determining correct time of weaning.

Keywords: Diaphragm, ultrasound, mechanical ventilation, weaning, extubation

1. GİRİŞ ve AMAÇ

İnvaziv mekanik ventilasyon (IMV), hastanın endotrakeal tüpü veya trakeostomi kanülü yardımıyla, önceden belirlenmiş gaz karışımının pozitif basınç etkisiyle alveollere kadar ulaşmasını sağlar. Solunum iş yükünün arttığı, gaz değişiminin bozulmasına bağlı solunum yetmezliğinin geliştiği veya spontan solunumunu devam ettiremeyen hastalarda IMV endikasyonu mevcuttur. Hastaların bilinç gerilemesine bağlı hava yolu açıklığını koruyamadığı ve aspirasyon riskinin olduğu durumlarda da IMV endikasyonu vardır (1).

İnvaziv mekanik ventilasyondan ayırmak için hastalar günlük değerlendirilmelidir (2,3). Hastaların doğru zamanda ekstübe edilmesi, tekrarlayan entübasyonları engelleyip, mortalite ve morbiditenin azalmasına, hasta prognozunun iyileşmesine ve hastane kaynaklarının efektif kullanılmasına yardımcı olur (4,5). Uzamış entübasyon; akciğerde barotravmaya, ventilatör ilişkili pnömoniye ve diyafram disfonksiyonuna sebep olur (6). IMV altındaki hastalarda ilk 24 saat içinde diyafram atrofisi gelişmeye başlar (7). Entübe kalınan gün sayısı arttıkça diyafram kalınlığında azalma daha fazla olup, bu durum başarısız ekstübasyon riskini artırır (8).

Mekanik ventilasyondan ayırma weaning süreci olarak adlandırılır. Weaning sürecinde ilk aşama hastaların belirli objektif klinik kriterleri karşılamaıdır. Bunlar; altta yatan solunum yetmezliğinin düzelmesi, yeterli oksijenasyonun sağlanması, hastaların hemodinamik olarak stabil olması, spontan solunumu sürdürebilmesi ve arter kan gazında (AKG) Ph (potansiyel hidrojen) değerinin 7,25 üzerinde olmasıdır. Kriterlerin sınırda olması, hastanın spontan solunum denemesini başarı ile geçmesini engeller. Bu tarz hastalarda ekstübasyon başarısını artırmak için birtakım parametreler oluşturulmuştur. Bunlardan en sık kullanılanı, hızlı yüzeysel solunum endeksidir (RSBI) (9). Ancak başarılı ekstübasyonu belirlemede RSBI'nın duyarlılığı %83 iken özgünlüğü %58 gibi düşük bir değerdir (10).

Diyafram kası, inspiyum sırasında alınan havanın %60'ından sorumlu olan esas solunum kasıdır. Kritik hastalarda ekstübasyon öncesinde yapılan yatak başı diyafram ultrasonu, hastaların solunumsal eforunun değerlendirilmesine katkı sağlar (11).

Ultrasonun non-invaziv olması, kolayca tekrarlanabilir olması sebebiyle diyafram ultrasonuna karşı artan bir ilgi vardır. Ancak literatürde yöntem ve cut-off değerler ile ilgili yeterli veri ve standardizasyon bulunmamaktadır. Çalışmamızda klinik weaning parametreleri ile diyafram ultrasonunun, ekstübasyonu öngörmedeki başarısını karşılaştırmayı amaçladık.



2. GENEL BİLGİLER

2.1.SOLUNUM SİSTEMİ

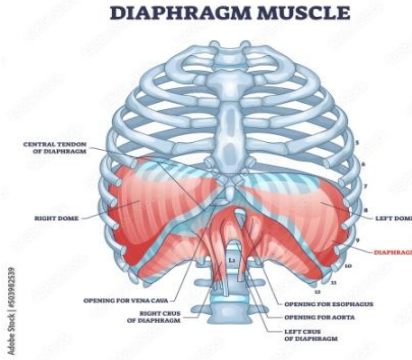
2.1.1. Solunum Sistemi Anatomisi

Sağlıklı erişkin insanlar, dakikada 12-20 defa nefes alıp vermektedir. Bunu sağlayan solunum sistemi; üst solunum yolları (burun ağız farinks larinks) ve alt solunum yolları (trake, akciğer, bronş, bronşiol, alveol) olarak 2 bölümden oluşur. Solunum sistemi, inspirasyon (soluk alma) ve ekspirasyon (soluk verme) olarak iki temel bileşenden oluşmaktadır. Soluk alma, aktif bir olaydır. Bu süreç, diyafram başta olmak üzere; eksternal interkostal, skalen ve sternokleidomastoid kaslar yardımcı olup kişilerin nefes alma işlemini gerçekleştirirler. Diyafram, vücuttaki en önemli solunum kasıdır ve istirahat halindeki nefes alımının %60-75' inden sorumludur. Aktif nefes alma sırasında kubbe şeklindeki diyafram düzleşir, eksternal interkostal kaslar sternumun öne, kostaların ise yana doğru açılmasını sağlar. Bu kova sapı hareketi plevra zarları arasında ve alveol içinde negatif basınç oluşturup atmosferden akciğerlere hava girmesini sağlar. Aktif inspirasyonla, elastik lifler üzerinde enerji birikir. Soluk verme sırasında, plevrayı dışarı doğru iten kas gücü azaldığında, elastik lifler üzerindeki enerji akciğerdeki havanın atmosfere iletilmesini sağlar (12).

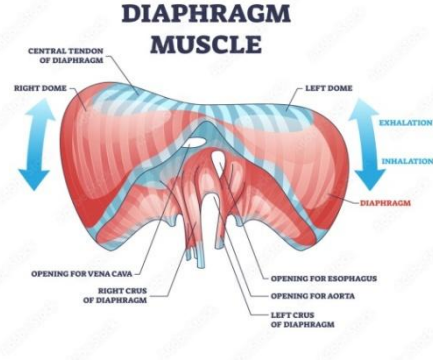
Diyafram, kubbe şeklinde olup abdominal ve göğüs boşluklarını birbirinden ayıran en önemli solunum kasıdır. İspirasyon sırasında abdominal boşluğa doğru ilerleyerek, toraks boşluğunun genişleyip akciğerlerin hava ile dolmasını sağlar. Bu kas sağ ve sol olmak üzere iki hemidiyafraktan oluşur. Sağ hemidiyafragma daha yukarıda yer almaktadır bu durumun sebebi; sağ hemidiyafragma karaciğerin alttan bastırması ve kalbin ağırlığı sebebiyle sol hemidiyaframı aşağı itmesidir.

Diyafram kas yapısı; sternal, kostal ve vertebral olarak üç bölgeden oluşur. Periferik kısmını oluşturan bu kas lifleri yukarı doğru birleşerek perikardiyum ile komşu olan santral tendonu oluşturur. Kontraksiyonu sırasında santral tendon t12 seviyesine kadar inebilir. Diyafram c3-5 ten köken olan frenik sinir tarafından uyarılır (13).

Diyafram normal şartlarda radyolojik olarak görülmez. Görünür kılmasını abdominal organların opasitesi ile akciğer dokusunun kontrast oluşturması ile sağlanır (14).



Resim 1



Resim 2

Resim 1: Diyafram kası ve santral tendonun kostalar ile anatomik ilişki (15).

Resim 2: Diyafram kasının inspiyum ve ekspiyum sırasındaki hareketi (16).

2.1.2. Solunum Sistemi Fiziyojisi

Akciğerler, parietal ve visseral olmak üzere iki plevra yaprağı ile sarılıdır. Parietal plevra göğüs duvarına, visseral plevra akciğer dokusuna yapışık olup arada plevra sıvısı vardır. Solunum mekaniğinde kompliyans, akciğer ve göğüs duvarının genişleyebilme; elastisite ise eski haline gelebilme özelliğidir. Fiziyojik koşullarda göğüs duvarı dışarı doğru genişleme, akciğer dokusu ise sönme eğiliminde olup, bu durum negatif intraplevral basınç sağlar. Nefes alma sırasında, göğüs hacmi artırılarak intraplevral basıncın daha fazla negatif olması sağlanır. Bu durum alveoler basıncın, atmosferik basıncın altına düşerek akciğerlerin hava ile dolmasını sağlar. Alveoller basınç atmosfere eşit olup 760 mmHg, intraplevral basınç ise atmosferden 4 mmHg (5 cmH₂O) düşük olup 756 mmHg'dir. Atmosfer basıncı 0 cmH₂O kabul edildiğinde intraplevral basınç -5 cmH₂O olur. İntraplevral basınç her zaman intraalveoler basınçtan daha negatiftir ve akciğerin açık kalmasını sağlar. İnspiryumla birlikte göğüs duvar hacmi genişler, sırasıyla intraplevral ve intraalveoler basınç düşer, alveoller basınç atmosferik basınca eşitlenesiye kadar akciğerlere hava dolar. Ekspiyum ile göğüs hacmi azalır, intraplevral ve intraalveoler basınç artar. Alveoler basınç atmosfer basıncına eşit olasıya kadar

atmosfere hava çıkışı olur. intrapulmoner ve intraplevral basınç farkına, transpulmoner ya da transmural basınç denir, fark ekspiryum sırasında daha fazla inspiryumda daha az olmak üzere, asıl amacı alveollerin kapanmasını engellemektir (17–19).

2.2.İNVAZİV MEKANİK VENTİLASYON

İnvaziv mekanik ventilasyon, hastalara pozitif basınçlı hava verilmesini sağlar. Bunu endotrakeal tüp ya da trakeostomi kanülü yardımıyla gerçekleştirir. Belirlenmiş olan gaz karışımı, alveollere kadar ulaşır inspirasyonu sağlarken; hedeflenen miktar; basınç, volüm ya da akış olarak istenen değere geldiğinde hava girişi durarak ekspirasyonun pasif olarak gerçekleşmesine izin verir.

2.2.1.Endikasyonlar

IMV, hastaların solunum parametrelerinin bozulmasına bağlı, solunumun tamamını ya da bir kısmını üstlenebilir. Bunun dışında bilinç gerilemesine bağlı hava yolu açıklığını koruyamayan, aspirasyon riski bulunan veya kas hastalığı olan hastalarda da invaziv mekanik ventilasyon endikasyonu olabilir (1).

Şekil 1: IMV Klinik Endikasyonlar

Alveollerin dolum defekti	Akc ödemi, akc hemoraji, tümör, alveoler proteinozis, aspirasyon, enfeksiyon, ARDS
Akc damarları	Tromboemboli, amniyon sıvı emboli
Hava yolu darlığı (proksimal)	Laringeal anjiyoödem, trakeal stenoz,
Hava yolu darlığı (distal)	Akut KOAH ve astım atakları
Santral solunum dürtüsünün azalması	Genel anestezi, ilaç intoksikasyonu
Solunum kas ve sinirleri etkileyen hastalıklar	ALS, Guillain Barre sendromu, myastenia gravis, müsküler distrofi, toksinler, intoksikasyonlar

Göğüs duvarı ve plevra sebepli hipoventilasyon durumları	Plevral efüzyon, pnömotoraks, travma
Ventilasyon ihtiyacının arttığı durumlar	Sepsis, septik şok, ciddi metabolik asidoz
Havayolunu korunması gereken durumlar	Koma, apne

Şekil 2: Klinik Fizyopatolojiler

Solunum rezerve kaybı	
Solunum sayısı	>35/dakika
Tidal volüm	<5 ml/kg
Vital kapasite	<10 ml/dk
Dakika volüm	<10 L/dk
Karbondioksit (CO ₂) yükselmesi bazale göre	>10 mmHg
Dirençli hipoksemi	
Yeterli oksijen desteğine rağmen PaO ₂	<55 mmHg (7.32 pka)
PaO ₂ /pAO ₂	<0.15
Alveoler arteriyal oksijen gradiyent (Fio ₂ :100)	>450

(1)

2.2.2. Ayarlanması Gereken Parametreler

İnspire edilen oksijen oranı (Fio₂) hastaya verilen havanın oksijen oranını gösterir. Belirlenirken kabul edilen Pao₂ ve satürasyon değerini (parmak ucu satürasyon: %90-96) sağlayan minimum Fio₂ ayarlanmalıdır. Entübasyon,

aspirasyon öncesi veya bronkoskopi sırasında FiO₂ saturasyon düşüklüğünü önlemek için %100 ayarlanmalıdır. Bunun dışında oksijen toksisitesini azaltmak için FiO₂ < %60 altında tutulmalıdır. Daha fazla FiO₂ ihtiyaç olduğu durumlarda ekspirasyon sonu pozitif hava yolu basıncı (PEEP) değerinin artırılması düşünülmelidir (20,21).

Solunum Sayısı

Solunum sayısı (RR), yeterli CO₂ uzaklaştırmak için dakikada ne kadar tidal volüm verileceğini belirler. Erişkin hastalarda genelde 12-16 solunum/dk şeklinde ayarlanır. Spontan modlar dışında kullanılan diğer modlar için, solunum frekansı ayarlanması gerekir ve frekansın belirlenmesinde; ventilasyon modu, istenen cO₂ değeri, tidal volüm, altta yatan hastalığın derecesi önemli rol oynamaktadır. Yüksek frekans oto-peep oluşturarak barotravma riskini artırır. ARDS gibi düşük tidal, yüksek solunum sayısı gerektiren hastalarda oto-peep gelişmemesine dikkat edilmelidir (22).

Tidal Volüm

Yeterli miktarda CO₂ uzaklaştırmak için inspiryum sırasında akciğerlere giren hava miktarıdır. Mekanik ventilasyon ihtiyacına ve altta yatan hastalığa bağlı değişmekle birlikte, ortalama 6 ml/kg (4-8 ml/kg) tidal volüm ile başlanır (23,24).

Dakika Volüm

Bir dakika içinde solunum yollarına giren hava miktarıdır. Tidal volüm ile frekansın çarpımı ile bulunur.

İ/E Oranı (İnspiryum/ Ekspiryum Oranı)

Solunum döngüsü sırasında inspiryum için geçen zamanın, ekspiryum için geçen zamana oranıdır. Genelde ½ olarak ayarlanır. Frekans ve İ/E oranının ayarlanması; inspiryum ve ekspiryum için harcanacak zamanı belirler. Bazı cihazlarda frekans ile birlikte, inspiryum için harcanacak süre (Ti) ya da inspiryumun ne zaman sonlanacağı (t pause) ayarlanır; böylece ekspiryum zamanı otomatik hesaplanır. Bazı durumlarda, İ/E oranının birden büyük olduğu ters orantılı

ventilasyon tercih edilir. Kullanıldığı durumlarda akciğerlerin aşırı şişmesi ve barotravma açısından dikkatli olmak gerekir (25).

Pozitif Ekspirasyon Sonu Hava Yolu Basıncı

Ekspirasyon bitiminde ölçülen PEEP değeri, alveollerde kalan pozitif basınçtır. Ekstresek ve intrinsek olarak iki çeşittir. Ekstresek peep, ventilatör parametresi olarak ortalama 3-5 cmH₂O olarak ayarlanır. ARDS gibi spesifik durumlarda, alveollerin kapanmasını önlemek ve oksijenasyonu düzeltmek için daha yüksek PEEP değerleri uygulanır (26). ARDS dışında; akciğer ödemi, atelektazi, oto-peep gelişmesi, KOAH alevlenmesinde de PEEP uygulaması önerilmektedir (27). İntrinsek PEEP (oto-peep) ise tamamlanmamış ekspirasyona bağlı olarak ortaya çıkar, barotravma ile ilişkilidir (28,29).

Pik İspirasyon Basıncı (PİP)

İspirasyon sırasında, hava yolunda gerçekleşen en yüksek basınçtır. Akciğerin rezistansı ve kompliyansı, basıncın ortaya çıkmasında önemli rol oynamaktadır. Yüksek basınç, barotravmaya sebep olup, PİP değerinin < 40 cmH₂O aşağısında olması istenir. Havayolu direncinin arttığı durumlarda PİP artmasına rağmen; alveollere aynı yükseklikte basınç iletilmez, akciğer hasarını önlemek için p-plato değeri PİP'e göre daha değerli bilgi vermektedir (30).

P Plato Basıncı

İspiratuvar volümün akciğerlerde tutulduğunda, zamanla oluşan kararlı hava yolu basınç düzeyidir. Göğüs duvarı ve akciğer dokusu ile ilişkili olup < 30 cmH₂O değerler istenir.

Tetikleme Duyarlılığı

Mekanik ventilasyonda, inspirasyonun ne zaman başlayacağını belirler. Zaman, akış ve basınç tetiklemeli olarak üç çeşittir. Zaman tetiklemeli durumda, inspirasyon mekanik ventilasyon tarafından başlatılır ve tetikleme hassasiyeti ayarlanmasına gerek yoktur, solunum frekansının ayarlanması yeterlidir. Akış ve basınç destekli durumda ise solunum hasta tarafından başlatılır. Solunum devresinde

belirlenen düzeyde akış veya basınç değişikliği gelişmesi ile inspirasyon tetiklenir. Burada ventilatörün kendini tetiklemesini engelleyip, spontan solunum da izin veren en duyarlı değer seçilir (31).

İnspirasyon Akış Hızı ve Paterni:

İnspirasyon akış hızı ve paterni IMV' nin volüm ya da basınç kontrollü olmasına göre değişir. Volüm kontrollü ventilasyonda, I/E oranı 1/2 ile 1/3 ve maksimum inspiratuvar akış hızı ortalama 40-60 L/dk olarak ayarlanır (32,33). Akut respiratuvar asidoz ile kendini gösteren obstrüktif akciğer hastalarında, maksimum inspirasyon akış hızını artırmak (ortalama 60-75 L/dk) gerekir. Böylece inspirasyon zamanı kısalır, ekspirasyon zamanı uzar ve CO₂ eliminasyonu için hastaya daha fazla süre kalır ve oto-peep gelişmesi engellenmiş olur (34).

Maksimum inspirasyon akış hızının artması, maksimum havayolu basıncını artırır ancak inspirasyon zamanının kısalması sebebiyle ortalama hava yolu basıncı düşer. Bu düşüş oksijenasyonu azaltır, bu durum gerekirse Fio₂' nin artırılması ile kompanse edilir (35).

Basınç kontrollü ventilasyonda, akım değişkendir. İnspirasyon zamanı, maksimum ölçülen hava yolu basıncı, hastanın akciğer kompliyansı ve rezistansına göre değişir.

2.2.3.Temel Modlar

MV modlarının hastanın klinik durumuna göre seçilir. Uygun ventilasyon modu, hastanın oksijenasyonunu sağlarken, hasta ile ventilasyon arasında oluşabilecek uyumsuzluğunu en aza indirir. Mod seçiminde en önemli kriterlerden birisi hastanın spontan solunumuna izin verilip verilmeyeceğidir. Ayrıca modun alt parametreleri ayarlanarak ventilasyonun; hangi koşullarda başlayıp, ne kadar devam edeceği ve nasıl sonlanacağı belirlenir.

Volüm Kontrollü

Volüm kontrollü ventilasyon, hastaya verilecek olan volüm miktarını garanti altına alır. Belirlenen volüm; kontrollü mekanik ventilasyon (CMV), asist kontrollü mekanik ventilasyon (AC), aralıklı zorunlu ventilasyon (IMV), senkronize aralıklı

mekanik ventilasyon (SIMV) modları ile hastaya iletilebilir. MV 'de tidal volüm, solunum frekansı, FiO₂, maksimum inspirasyon akış hızı, PEEP, İ/E oranı, izin verilen pik inspiratuar basınç miktarı ayarlanır.

Kontrollü mekanik ventilasyon (CMV): Hastaya ayarlanan tidal volüm ve frekansta, sabit akımda volüm verilir. Tüm kontrol, mekanik ventilatör cihazındadır. Hasta sedasyon, kas gevşetici ilaç etkisi ya da koma gibi farklı sebeplerden dolayı herhangi bir tetikleme yapamaz. Zorunlu soluklar dışında cihaz, hasta solumasına izin vermediği için, hastanın kendi eforunun olduğu durumlarda ventilatör-hasta uyumsuzluğu gelişir. Uzun süre kullanım solunum kas atrofisine sebep olur.

Asist kontrollü mekanik ventilasyon (AC): Klinisyen solunum frekansını ve tidal volümü belirleyerek minimum dakika volümünü ayarlamış olur. Hasta isterse kendi eforu ile bu değerin üzerinde dakika volüm oluşturabilir. Hasta kaynaklı başlayan her soluk belirlenen tidal volüm kadar gerçekleşir.

Aralıklı zorunlu ventilasyon (IMV): Klinisyen tarafında minimum dakika volümünün belirlenmesi (frekans ve tidal volüm ile) ve hastanın isterse bunun üzerinde dakika volüm oluşturması açısından AC moda benzemektedir. Farklı olarak, hasta başlangıçlı inspirasyonlar, ventilatör tarafından desteklenmez sadece hastanın spontan soluması mevcuttur.

Senkronize aralıklı mekanik ventilasyon (SIMV): IMV modunun varyasyonu olup ventilatör tarafından verilecek solukların hasta soluğu ile senkronize edilmesini sağlar. Ventilasyon desteğini titre etmemizi sağlar. Örneğin, cihaz üzerinde solunum sayısını yüksek ayarlandığında, ventilatör hasta başlangıçlı tüm solukları destekleyerek belirlenen seviyeye ulaşmaya çalışırken; sıfır ayarlandığında ventilatör hastanın hiçbir spontan solunumuna destek vermez (36).

Basınç Kontrollü Ventilasyon

Basınç kontrollü ventilasyon, belirli bir basınca karşılık gelen inspirasyon volümünü akciğere ileten moddur. Klinisyen tarafından inspiratuar basınç seviyesi, İ/E oranı, solunum frekansı, PEEP ve FiO₂ belirlenir (37,38). Bu modda en yüksek havayolu basıncı (peep+inspirasyon hava yolu basıncı) sabit iken verilen volüm

değişkendir. Volüm kontrollü ventilasyon gibi aynı çalışma mantığında; CMV, AC, IMV, SIMV olarak alt dalları mevcuttur.

Basınç kontrollü ile volüm kontrollü ventilasyon karşılaştırıldığında; mortalite, oksijenasyon ve solunum iş yükü açısından anlamlı fark bulunamamıştır. Ancak basınç kontrollü ventilasyonlarda; en yüksek hava yolu basıncı daha düşüktür, homojen gaz dağılımı ile artmış hasta-ventilasyon senkronizasyonu ve İMV'den erken ayrılma gibi avantajları vardır (39,40).

Basınç Destekli Ventilasyon

Basınç destekli ventilasyon (PSV) spontan soluyan hastalarda kullanılan, fizyolojik solunuma yakın olan bir moddur. Klinisyen; PEEP, inspiratuar basınç desteği (PEEP üstü basınç) ve FiO₂'yi ayarlar. Her solunumu hasta kendisi başlatır, bu sebeple apne gelişen hastalarda kullanılmamalıdır. Günümüz cihazlarında güvenlik için hasta tetiklemesinin olmadığı durumlar için apne ventilasyon ayarı eklenmiştir.

PSV modu; inspirasyon akışı tepe değerinin önceden belirlenmiş bir yüzdesine düşene kadar, inspirasyon basıncını ileten, akım-sınırlı bir ventilasyon modudur. Bu değer genelde %25 olarak ayarlanır. İspiratuar akımın artırılması, hedeflenen en yüksek basınca daha kısa sürede ulaşmayı sağlar ve solunum iş yükünü azaltır (41).

Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı

Sürekli pozitif havayolu basınç (CPAP), hava yoluna sürekli pozitif basınç iletilir. Hasta tüm inspirasyonu kendisi başlatır. PSV'den farklı olarak inspirasyon sırasında hastaya iletilen ek basınç desteği yoktur. Akciğer ödemi, apne, obezite hipoventilasyon sendromu gibi durumlarda kullanılır.

İki Seviyeli Pozitif Havayolu Basıncı

İki seviyeli pozitif havayolu basıncı (BPAP), non-invaziv şekilde gerçekleştirilen basınç destek ventilasyonudur. Önceden ayarlanmış; inspiratuar pozitif hava yolu basıncı (IPAP) ve ekspiratuar pozitif hava yolu basıncının (EPAP) iletilmesini sağlar. Tidal volümü, IPAP ve EPAP arasındaki basınç farkı sağlar (36).

Havayolu Basıncını Serbestleştirme Ventilasyonu

Hava yolu basıncını serbestleştirme ventilasyonu (APRV), spontan solunuma izin veren iki basınç seviyesi vardır. Yüksek pozitif basınç seviyesi hastaya daha uzun süre verilirken, düşük basınç düzeyi daha kısa süre iletilir. Alveoler açma manevrasının, daha efektif olması sebebiyle ARDS hastalarında tercih edilir. Yüksek basınçtan düşük basınca geçilmesi, akciğerdeki havanın dışarı çıkmasına ve CO₂ eliminasyonuna yardımcı olur. Her iki basıncın sürelerini ayarlamak için akış zaman dalga formu değerlendirilmelidir. Ekspirasyon süresi; maksimum ekspiratuar akış hızının %75' ine geldiğinde ekspirasyonu kesecek şekilde ayarlanır (42).

Adaptif Destek Ventilasyon

Hastanın tetiklemesine göre, basınç kontrol veya basınç destek modu olarak çalışır. Dakika ventilasyonu garanti altına alarak basınç desteği ve solunum frekansını belirler. KOAH gibi ekspirasyon zaman sabiti uzun olan hastalarda yüksek tidal, düşük frekans sağlar (43).

Ters Orantılı Ventilasyon

Mekanik ventilasyonda spesifik bir mod olmayıp, volüm ya da basınç kontrollü ventilasyonda inspirasyon oranının ekspirasyon oranından fazla olduğu durumu gösterir. Uygun PEEP ve FiO₂ değerine rağmen hipoksik seyreden hastalarda tercih edilir (44,45). Fizyolojik olmadığı için hastalarda sedasyon ve kas gevşetici uygulanır. Hastalarda gelişebilecek oto-PEEP ve barotravma açısından dikkatli olmak gerekir.

Yüksek Frekanslı Ventilasyon

Spesifik cihazlara ihtiyaç vardır. İlk aşamada tercih edilen bir mod değildir. Yüksek frekans (60-100/dk) ve düşük tidal volüm (3-4 ml /kg) ayarlanır. Ortalama havayolu basıncı yüksek tutularak alveollerin kapanması engellenir (46).

2.3. MEKANİK VENTİLYASYONDAN AYIRMA(WEANİNG)

Yoğun bakımda yatan kritik hastaların iyileşmesinde, invaziv mekanik ventilatörden ayırmak hastalar için önemli bir adımdır. İMV'den ayırmak için

hastalar günlük olarak değerlendirilmelidir. Hastaların doğru zamanda ekstübe edilmesi, tekrarlayan entübasyonları engelleyip, mortalite ve morbiditenin azalmasına, hasta prognozunun iyileşmesine ve hastane kaynaklarının efektif kullanılmasına yardımcı olur (5,47). Weaning adı verilen bu süreç; hazırlık testleri, solunum cihaz desteklerinin azaltılması ve ekstübasyon olarak 3 aşamada gerçekleşir.

2.3.1. Weaning İçin Gerekli Kriterler

Hazırlık testleri, mekanik ventilasyon ihtiyacı ortadan kalkmış hastaların, daha uzun süre entübe kalmasını önlemek ve İMV'ye bağlı komplikasyonların gelişmesini azaltmak amaçlanmaktadır. Hazırlık testleri aynı zamanda, weaning için hazır olmayan hastaların erken ekstübasyonunu ve gelişebilecek tekrarlayan entübasyonları önler.

İMV 'den ayırmada weaning için hastaların objektif klinik kriterleri karşılaması gerekmektedir.

Bu kriterler;

A-Entübasyona sebep olan solunum yetmezliğinin; klinik, radyolojik ya da laboratuvar parametreleri olarak düzelmesi.

B-Yeterli oksijenizasyonun sağlanması: Hastalarda $FiO_2 \leq \%40$ iken $SpO_2 \geq 90$, $PEEP \leq 5$ cmH₂O ve $PaO_2/FiO_2 \geq 150$ olmalıdır. Obezite, asit, abdominal distansiyon gibi durumlarda atelettaziyi engellemek için tercih edilebilir.

C-Hemodinamik olarak stabil olması: Ortalama arter basıncı > 60 mmHg , sistolik arter basıncı > 90 mmHg ve < 180 mmHg olması istenir. Bu değerler hastanın bazal değerlerine göre düzenlenmelidir. Düşük doz vazopressör ajanlar (dopamin < 5 mcg/kg/dk veya düşük doz dobutamin gibi) hemodinamiği sağladığı durumlarda kabul edilebilir.

D-Spontan solunumun sürdürebilmesi: Weaning planlanacak hastalarda spontan solunumun olması gerekmektedir. Mekanik ventilatörde solunum frekansını düşük ayarlayarak (örneğin 6/dk) bu değer üzerinde spontan solunum varlığı kontrol edilir.

E-Arter kan gazında (AKG), kanın hidrojen iyon seviyesini belirleyen Ph seviyesi > 7.25 olmalıdır. Hastalarda akut gelişen metabolik, respiratuvar veya mix

asit-baz dengesizlikleri düzeltilmelidir. Kronik asit-baz dengesizliği olan hastalarda bazal Ph değerine yakın tutmak gerekir (9,48)

Bunların yanında;

Hemoglobin > 7 g/dl: Hemoglobin dokulara oksijen taşınmasını sağlar. Çalışmalarda hemoglobin değerinin 7-9 g/dl ile 10-12 g/dl arasında weaning açısından fark bulunmamış olup 7 gr/dl üzeri güvenli değerlendirilmiştir (49).

Vücut sıcaklığı, 38.5 °C' nin altında olması istenir. Vücut sıcaklığının artması, solunum iş yükünün ve dakika ventilasyonun artmasına sebep olur (50).

Mental olarak hastaların uyanık ya da kolay uyandırılabilir olması weaning için tercih edilmesine rağmen her hastada bu durum mümkün değildir. Hava yolunu koruyabilen ve glaskow koma skalası (GKS) 8-15 arası hastalarda weaning denenebilir, GKS' nin direkt başarısız ekstübasyon ile ilişkili bulunmamıştır (47,51).

2.3.2. Weaning Başarısını Öngörmede Kullanılan Testler

Hazırlık testlerin yapılırken, hasta kriterlerinin sınırda olması, hastaların spontan solunum denemesinde başarısız olacağının öngörülmesi veya hastalarda ekstübasyon başarısını artırmak için birtakım parametreler oluşturulmuştur.

2.3.2.1. Hızlı Yüzeysel Solunum İndeksi

Hızlı yüzeysel solunum endeksi (RSBI); hastaları bir dakikadaki solunum sayısının, litre cinsinden tidal volüme oranıdır. Oda havasını tolere edebilen entübe hastalarda, tidal volümün hesaplanması için spirometre cihazı kullanılır.

Spirometrenin olmaması ya da hastanın oda havasında soluyamadığı durumlarda ventilatörde, basınç ya da akış tetiklemesi olmadan, PEEP ve basınç desteği sıfır olarak ayarlanır. Tidal volüm için mekanik ventilatörün ölçtüğü değer kullanılırken, solunum sayısı hastanın göğüs hareketleri sayılarak hesaplanır (52,53).

RSBI \geq 105 olması ekstübasyonun başarısız, RSBI < 105 olması ise başarılı olacağını düşündürür. Ateş, sepsis, KOAH, anksiyete, kadın cinsiyet, dar endotrakeal tüp çapı; RSBI' nin artmasına sebep olur (54,55). Başarılı ekstübasyonu belirlemede RSBI' nin duyarlılığı %83 iken özgünlüğü %58 gibi düşük bir değerdir (10).

2.3.2.2. Oksijenizasyon ve Gaz Değişim Parametreleri

Weaning için değerlendirilen hastalarda yeterli düzeyde oksijenasyon gereken kriterler arasında yer almasına rağmen tek başına kullanılması, başarılı ekstübasyonu öngörmeye yeterli değildir.

Şekil 3: Weaning Oksijenizasyon ve Gaz Değişim Parametreleri

Parsiyel Arteriyel Oksijen Basıncı/İnspire edilen oksijen	= PaO_2/FiO_2
Parsiyel arteriyel oksijen basıncı/Alveoler oksijen basıncı	= PaO_2/PAO_2
Alveole-arteriyel (A-a) gradient farkı:	=A-a. Alveol ve arteriyel parsiyel oksijen basınçları arasındaki farktır. Normal değeri 5-15 mmHg olup bu değer yaşla değişmektedir. Hipoksi durumunda yüksek P(A-a) intrapulmoner şanti gösterir (56)
Ölü boşluk hesaplanması:	Ölü boşluğun (VD) / tidal volüme (VT) oranını % 60 altında olması istenir.

(9)

2.3.2.3. Solunum Sistemi Kapasitesi ve Solunum Yükünün Hesaplanması

Solunum sistemi kapasitesi ve solunum yükünü değerlendirdiğimiz; dakika ventilasyon, solunum sistemi kompliyansı, statik kompliyans, p0.1 kapanma basıncı, tepe hava yolu basıncı, ortalama hava yolu basıncı, plato basıncı, maksimum inspiratuvar basınç gibi parametreler ekstübasyon öncesi değerlendirilmesine rağmen, ekstübasyon başarısını öngörmeye tek başına yeterli bulunamamıştır.

Dakika ventilasyon, 10-15 L/dk tercih edilir.

Solunum sistemi kompliyansı: Akciğerin, belirli bir basınç karşısında genişleyebilme durumudur. Göğüs duvarı ve akciğerin toplam kompliyansı

tarafından belirlenir. İnspiryum sırasında hava yolu basıncı; tidal volüm, akciğer göğüs duvarı kompliyansı ve toraks duvarı direncinden etkilenir.

Statik kompliyans ölçülmesi için, direncin elimine edilmesi dolayısı ile akımın durması gerekir. Oluşan değer statik kompliyanstır 50-100 ml/cmH₂O aralığında olmalıdır. Dinamik kompliyans ise tepe basınca ulaşıldığında ölçülen değerdir, normal aralığı 50-80 ml/cmH₂O' dur.

Statik kompliyans; akciğer ve toraks patolojilerinden, dinamik kompliyans endotrakeal tüp tıkanması, tüpün ısırılması, sekresyon, bronkospazm gibi parametrelerden etkilenir (57).

P0.1 kapanma basıncı: İspirasyonun 0,1. saniyesinde ölçülen negatif basınçtır. Hastaların solunum dürtüsünü gösterir ve normal değeri 0.5-1.5 cmH₂O'dur. Kapanma basıncı, santral solunum dürtüsünün bir göstergesidir. Solunum cihazı ölçümü, 0.1. saniye gibi çok kısa bir süre yaptığı için kas güçsüzlüğü ve bilinçli solunum eforundan etkilenmez (58).

Tepe havayolu basıncı: tidal volüm sırasında proksimal hava yolunda ölçülen maksimum basınçtır. Endotrakeal tüpün; küçük boyut seçilmesi, tıkanması, katlanması ya da hastada sekresyon, bronkospazm gelişmesi, nem tutucuların tıkanması gibi durumlar artışa sebep olabilir.

Ortalama havayolu basıncı, tidal volüm sırasında zamana bağlı değişen ortalama havayolu basıncıdır.

Plato basınç: Solunum sisteminin statik kompliyansını gösterir. Sedasyon altında değerlendirilmesi gerekir. Hava akımı durduğunda, inspirasyonun devamı için gerekli basıncı gösterir (59).

Maksimum inspiratuar basınç (MIP), bir diğer ismi negatif inspirasyon kuvvetidir. Cihazda ekspiratuar hold düğmesine basılarak hastanın, kapalı hava yoluna karşı yaklaşık 20-30 sn inspirasyon yapmasını isteriz. Peep değerinden, bu süreçte ölçülen en yüksek basınç düşüşünü çıkardığımızda MIP değeri elde ederiz. Uzun süre İMV ile takip edilen, ileri yaş ve KOAH gibi risk faktörü olan hastalarında prediktif değeri düşüktür. Başarılı weaning için -30 cmH₂O'dan daha düşük değerler istenir (60).

2.3.2.4 Çok Bileşenli Parametreler

Şekil 4: Weaning çok bileşenli parametreler

CROP indeksi	Kompliyans, solunum sayısı, oksijenizasyon ve basınç parametrelerinden oluşur. Başarılı weaning için, 13ml/soluk/dk 'nın üzerinde olması istenir.
CORE indeksi	Kompliyans, oksijenizasyon, solunum sayısı ve efor parametrelerinden oluşur
Weaning indeksi	Gaz değişiminin etkinliğini gösterir.

(9)

2.3.2.5 Öksürük Gücü

Öksürme gücünü değerlendirmek için tam bir inspirasyon sonrası hasta güçlü bir öksürük gerçekleştirir, öksürük tepe akışı flowmetre cihazı ile ölçülür. Ölçülen değer, 60 L/dk eşit ya da altında olması başarısız weaning ihtimalini artırır.

Öksürük gücünü değerlendirmek için kullanılan bir diğer yöntem ise semikantitatif öksürük gücü skoru (SCSS) olup, hastanın eforuna göre 0-5 arasında değerlendirilir ve skorun < 2 olması başarısızlık kriteridir.

Şekil 5: Semikantitatif Öksürük Gücü Skoru

0	=Komut ile öksürük yok
1	=Komut ile endotrakeal tüpten hava var ama duyulabilir öksürük yok
2	=Zor duyulabilen öksürük
3	=Açıkça duyulabilen öksürük
4	=Daha güçlü duyulan öksürük
5	=Tekrarlayan güçlü öksürükler

(61,62)

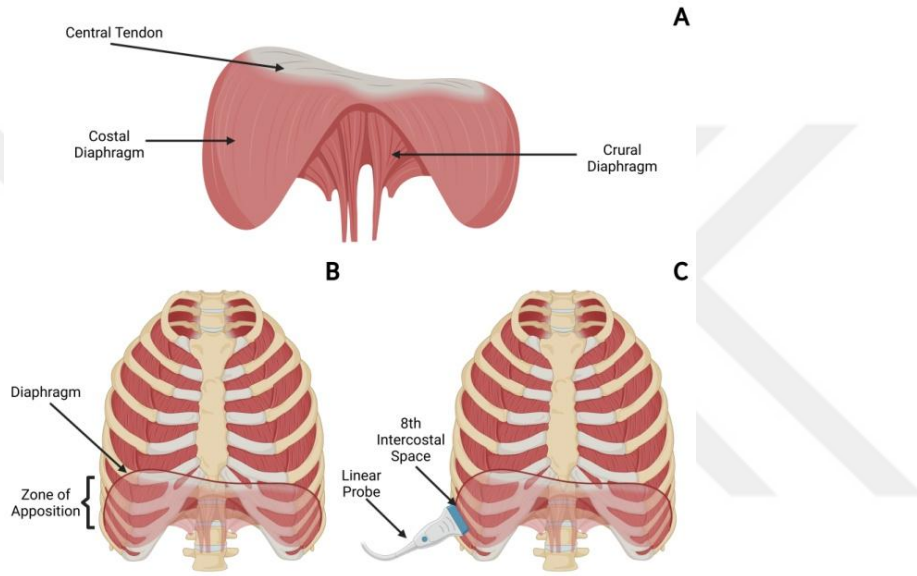
2.3.2.6. Diyafram Ultrasonu:

İnvaziv Mekanik ventilatör ile takip edilen hastalarda, entübasyonun ilk gününden itibaren hastaların solunum kaslarında ciddi güçsüzlükler meydana gelmeye başlar. Ayrıca, hastalarda solunum cihazına bağlı gün sayısı arttıkça ventilatör ilişkili diyafram disfonksiyonu (VIDD) daha da artmaktadır (7,63). Özellikle kontrollü mod ile takip edilen hastalarda, diyafram atrofisi daha hızlı gelişmektedir (64).

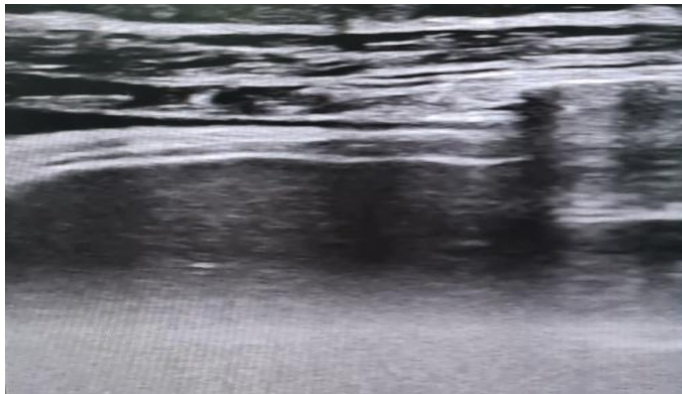
Diyafram ultrasonu yapılırken 3 parametreden yararlanır. İnspiryum sonu ve ekspiryum sonu diyafram kalınlığını değerlendirmek için lineer prob (7-10 Mhz) kullanılır. Prob 8.-10. interkostal ve ön-orta aksilla bölgesindeki apozisyon hattına dik şekilde yerleştirilir. B mod kullanılarak 3 tabakalı yapı görülür; hiperekoik olan periton ve plevra membranları arasındaki hipoekoik diyafram kası tespit edilir. İnspiryum sonu (TDİ) ve ekspiryum sonunda (TDE) ayrı ayrı diyafram kalınlıkları ölçülür. Diğer ölçülen parametre diyafram ekskürsiyon (yer değiştirme) değeridir. Diyaframın yer değişimini ölçmek için konveks prob (2-4 Mhz) kullanılır. Prob

hastanın orta klaviküler hat hizasında, subkostal bölgeye yerleştirilir. B mod kullanılarak diyafram görüntüledikten sonra, M mod ile diyafram yer değişimi ölçülür (65–67).

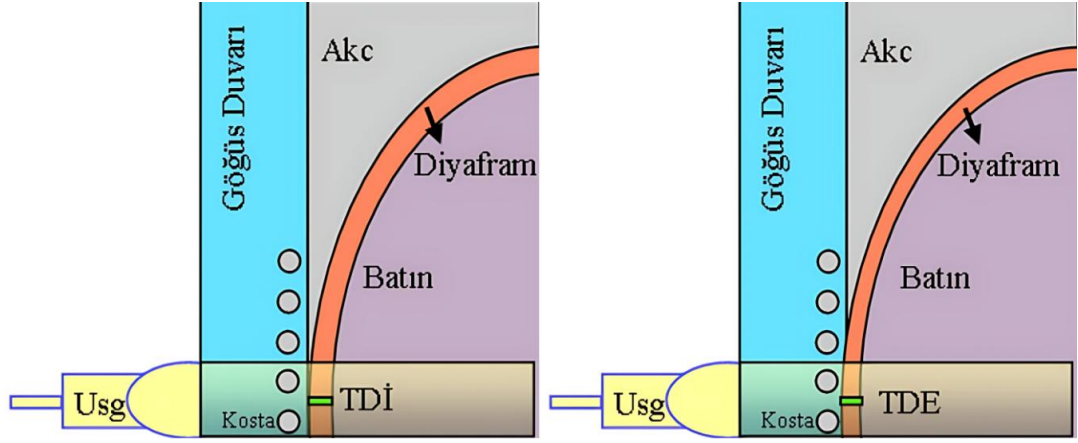
Ölçülen bu üç parametrenin farklı oranları ile elde edilen değerler ekstübasyon başarısını değerlendirmek için kullanılır. Bunlar, DE, DTE, DTİ, diyafram kalınlık endeksi (DTF) hesaplanması $\{(TDI-TDE)/TDE*100\}$, RR/DE ve RSBI/DE'dir.



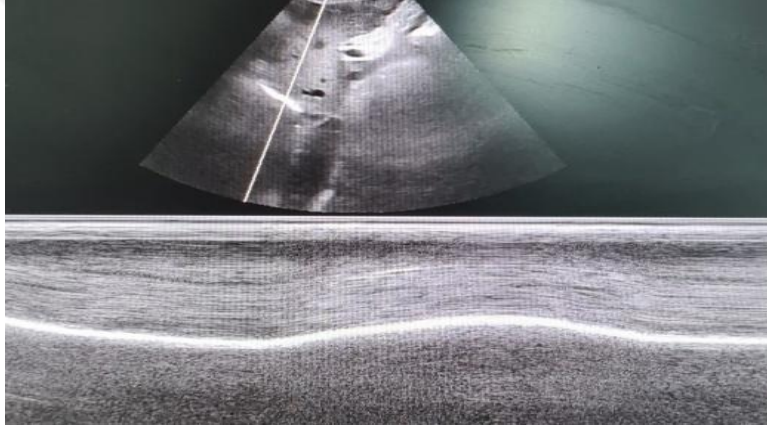
Resim 3 : Diyafram Apozisyon Bölgesi ve Ultrason Ölçümü Yeri (68)



Resim 4 : Apozisyon Bölgesinde Diyafram Kalınlığını Gösteren Ultrason Görünümü



Resim 5 : TDİ ve TDE Ölçümleri Sırasında Akc ve Diyafram İlişkisi



Resim 6: Midklavikuler Hat Diyafram Ekskürsiyon Ölçümünü Gösteren Ultrason Görünümü

2.3.3. Spontan Solunum Denemesi

Hazırlık testleri uygun bulunan ve 24 saatten fazla entübe kalmış hastalarda, weaning için deneme yapılması önerilir. Weaning işlemi sırasında, ventilatör desteği azaltılıp solunum işini hastanın kendisinin yapması beklenir. Spontan solunum denemesi (SSD) için, T-tüp ya da basınç destek ventilasyonu (PSV) kullanılabilir (69).

T tüp denemesi, entübasyon tüpüne bağlanan T tüp parçası ile hasta 30 dakika-2 saat arası, mekanik ventilatör desteği olmadan spontan solunumda takip edilir.

PSV modu için $FiO_2 < \%40$, PEEP: 5 cmH₂O, inspiratuar basınç: 5-8 cmH₂O arası tercih edilir. PSV mod ile weaning denemesinin, T-tüpe göre avantajları vardır. Bu mod hastanın tidal volümü, dakika volümü ve dakika solunum sayısının monitörize olmasını sağlar. Ayrıca endotrakeal tüp (ETT) sebepli oluşacak direnç, basınç desteği ile önlenir. PSV mod ile farklı protokoller mevcuttur. Örneğin; peep üstü basınç hastanın solunum sayısı 25/dk'dan küçük olacak şekilde 12-18 cmH₂O arasında ayarlanır. Günde en az iki defa 2-4 cmH₂O basınç desteği düşülerek basınç desteği 5-8 cmH₂O basınca kadar indirilir. Hastanın iki saatin üzerinde (genelde 24 saat) bu basıncı tolere etmesi beklenir (70).

2.3.4. Ekstübasyon

Hastaların mekanik ventilatörden ayırmanın son aşaması, endotrakeal tüpün çıkartılmasıdır. Ekstübasyon planlanan hastalar, klinik olarak stabil olmalıdır. 24 saatten uzun süre entübe kalan hastalarda spontan solunum denemesi yapılmalıdır. Hastalarda kaf kaçak testi yapıldıktan sonra, non-invaziv mekanik ventilasyon ya da entübasyonun tekrarlanma riskine karşı gerekli hazırlıklar yapılmalıdır. Hastalar ekstübe edildikten sonra, solunum sıkıntısı gelişme riski açısından yakın takip edilmelidir (71).

2.3.5. Weaning Başarısızlığı

Weaning başarısını değerlendirmek için klinisyen hastanın vital bulgularını, ventilatör parametre değerlerini ve kan gazını değerlendirip hastaya özgül karar vermesi gerekir.

Şekil 6: Weaning Başarısızlık Kriterleri

Klinik parametreleri	Yardımcı solunum kaslarını kullanması, solunum sayısı >35/dk
Hemodinami parametreleri	Kalp hızı >140 (bazalden >%20) ya da kalp hızı <50 Sistol kan basıncı >180 ya da < 90 mmHg
Gaz değişimi	Pao ₂ <50 mmHg ya da saO ₂ <90 Ph >0.1 artması ya da CO ₂ >10 mmHg artması

Nörolojik	Bilinçte gerileme Ajitasyon
Diğer	Terleme

(72)

Weaning denemesinde başarılı olan hastalar, hava yolunu koruyabilmesi ve hava yolu sekresyonlarını atabilmesi açısından değerlendirilip ekstübasyon planlanır. Hastaların hava yolunu koruyabilmesi için; hava yolu açıklığını sağlayan aspirasyonu engelleyebilecek yeterli bilinç düzeyi ve oluşan sekresyonları atabilecek düzeyde öksürük gücüne sahip olmalıdır.

Genel kural olmamasına rağmen, GKS 'nin 8'in altında olması, düşük öksürme gücü ve sık aspirasyon ihtiyacı (2-3 saatte 1) olan hastalarda ekstübasyon ertelenmelidir (73) .

Başarısız weaning durumu; mekanik ventilasyon ihtiyacına sebep olan klinik durumun düzelmediğini veya tedavi edilmemiş yeni bir klinik durumun geliştiğini gösterir. Tekrar SSD yapmadan önce, altta yatan sebebin değerlendirilip düzeltilmesi gerekir. En sık karşılaşılan sebepler; artan ventilasyon ihtiyacı, solunum yolu direncinin artması, solunum yolu elastikiyetinin artması, nöromüsküler kapasitenin azalması, solunum dürtüsünün azalması, kalp yetmezliği, psikiyatrik problemler, ventilatör ve solunum devresi problemleridir . Ayrıca protein katabolizması ya da yetersiz beslenme kas güçsüzlüğüne sebep olurken, aşırı beslenme yüksek cO₂ üretimi ile solunum iş yükünün artmasına sebep olur. Bu parametreler değerlendirilirken hastanın önceki mekanik ventilasyon modu ve ayarları devam ettirilir ve en az 24 saat tekrar SSD yapılmaz (72).

Weaning süreci; basit, zor ve uzamış olarak üç aşamada sınıflandırılır. Basit weaning, ilk SSD sonrası ekstübasyonun gerçekleştiği hastalardır. Zor weaning, ilk SSD başarısız olup, üç defaya kadar SSD denenmiş veya SSD'ne geçmek için 7 güne ihtiyacı olan hastalardır. Uzamış weaning ise tekrar SSD 'sine geçmek için 7 günden fazla zamana ihtiyacı olan ya da üçten fazla başarısız SSD gerçekleşen hastalardır (74).

3 GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamız, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi(EAH) yoğun bakım servislerinde, prospektif ve gözlemsel bir çalışma olarak planlandı. Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi etik kurulu tarafından 08.05.2023 tarihli HNEAH-KAEK 2023/82 karar nosu ile onay alındı.

Çalışmaya Haziran 2023 ile Aralık 2023 arasında Haydarpaşa Numune E.A.H genel yoğun bakımında en az 24 saat invaziv mekanik ventilasyon ile takip edilen ve yoğun bakım uzmanı tarafından ekstübasyon planlanan hastalar dahil edildi. Dahil etme kriterleri olarak; entübasyon sebebi tedavi edilmiş, GKS> 14, ramsey sedasyon skalası +1 + 3 seviye arası, öksürük refleksi yerinde ve hava yolu sekresyonlarının temizleyebilecek beceride olup, mekanik ventilator parametreleri; $FIO_2 < 0.4$ PEEP< 8, $PaO_2/FIO_2 > 150$ şeklinde ve ortalama arter basıncı> 60, idrar> 0.5cc/kg/h şeklinde belirlendi.

Çalışmaya, ultrason ile diyaframı görüntülenemeyen, BMI> 35 kg/m², gebe, bilinen diyafram hasarı, phrenik sinir hasarı olan, nöromusküler hastalığı bulunan, pnömotoraks, pnömomediastinum, ampiyem, göğüs yaralanması veya göğüs tüpü olan hastalar dahil edilmedi.

Yoğun bakım uzmanı tarafından ekstübasyon planlanan hastalar, spontan solunum denemesi için, basınç destek moduna (PSV) alınıp, PEEP: 5 cmH₂O ve basınç desteği: 8 cmH₂O olarak ayarlandı. Spontan solunum denemesi sırasında hastanın hemodinamik olarak stabil olduğu görüldükten sonra, RSBI değeri ve diyafram ultrason parametreleri ölçüldü.

Spontan solunum denemesi başarısızlık kriterleri; FIO_2 max %40 iken; $Sat < \%90$, $PaO_2 < 60$, $CO_2 > 50$ (bazalden 8 mmHg artış), $Ph < 7.20$ (bazalden 0.07 düşüş), solunum sayısı> 30 (bazalden %50 artış), kalp tepe atımı> 140 (bazalden > %20), sistol kan basıncı> 40 mmHg, Richmond ajitasyon ve sedasyon skalası +2 ve üzeri ile -3 ve aşağısı, artan yardımcı kas kullanımı olarak belirlendi.

Diyafram ultrasonu için hastalar, 20-40 derece baş yukarı pozisyona alındı. Hastaların sağ diyaframı görüntüledi. Diyafram ekskursion amplitüd ölçümü için konveks prob kullanıldı (2-4 mhz), prob hastanın midklaviküler hatta subkostal

bölgesine kaudal ve posterior açı ile yerleştirildi. B mod ile diyafram görüldükten sonra, M mod ile diyafram ekskursion amplitüd ölçümü yapıldı. Diyafram kalınlığı için linear prob kullanıldı (7-10 mhz). 8-10. interkostal ve ön-orta aksilla bölgesine apozisyon hattında prob dik şekilde yerleştirildi. B modu kullanılarak 3 tabakalı yapı olan, hiperekoik periton ve plevra membranları arasındaki hipoekoik diyafram kasının kendisi inspiryum ve ekspiryum sonunda ölçüldü. Diyafram ölçümlerinin her birinde 3 nefes siklusunun ortalaması alınarak kullanıldı.

Spontan solunum denemesini başarıyla tamamlayan hastalar planlı şekilde ekstübe edildi ve çalışmaya dahil edilip 72 saat gözlemlendi. Bu süre içerisinde; non invaziv mekanik ventilasyon veya re-entübasyon ihtiyacı gelişen hastalar, başarısız ekstübasyon olarak kabul edildi.

Çalışmamıza; weaning denemesi sonuçlarına göre 48'i başarılı, 24'ü başarısız olmak üzere 72 hasta dahil edilmiştir. Ekstübasyon başarısını öngörmeye kullanılan parametreler istatistiksel olarak değerlendirildi. Bu parametreler;

1-Diyafram ultrason ölçüm değerleri; diyafram hareketliliği (DE), inspirasyon(TDI) ve ekspirasyon(TDE) sırasındaki diyafram kalınlığı, diyafram kalınlık fraksiyonu (DTF)={ $(TDI-TDE)/TDE * 100$ },

2- D-RSBI=RR/DE ve RSDI=RSBI/DE oranları

3- RSBI

4- Diğer [solunum sayısı (RR), tidal volüm (VT), dakika volüm (MV), po.1, c dinamik, SCSS, ekstübasyon günü bakılan SOFA skoru ve serum elektrolit değerleri, sıvı dengesi, entübasyon ve yatış süresi]

olarak elde ettiğimiz her bir parametreyi ekstübasyon başarısını öngörmedeki gücü ayrı ayrı araştırıldı.

Ekstübasyon başarısında, istatistiksel olarak anlamlı olan parametreler için sensitivite, spesifite ve cut-off değerleri belirlendi. Ekstübasyon başarısı üzerine etkili olan parametreler kullanılarak; başarılı ekstübasyon modeli oluşturmak için, lojistik regresyon analizi ile, ekstübasyona olan etki güçleri karşılaştırıldı.

Ayrıca diyafram ultrason parametreleri ile hastaların mekanik ventilasyon parametreleri, serum elektrolit değerleri ve öksürük gücü arasında anlamlı korelasyon varlığı araştırıldı.

İstatistiksel İncelemeler

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirilmiştir. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların (minimum, maksimum, ortalama, standart sapma, medyan, frekans) yanı sıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında normal dağılım gösteren parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student t test, normal dağılım göstermeyen parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U test kullanıldı. Niteliksel verilerin karşılaştırılmasında Continuity (Yates) Düzeltmesi kullanıldı. Multivariate analiz için lojistik analiz uygulandı. En uygun kesim noktaları (cut-off point) ROC eğrisi analizine dayalı seçildi. Normal dağılıma uygunluk gösteren parametreler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde Pearson korelasyon analizi, normal dağılıma uygunluk göstermeyen parametreler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde Spearman'srho korelasyon analizi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi

4 BULGULAR

Çalışma, yaş ortalaması 66.33 ± 14.54 yıl olan toplam 72 olgu ile yapıldı. 48 (%66.7) olgu spontan solunum denemesi sonrası yapılan ekstübasyonu tolere ederken, 24 (%33.3) olgu başarısız oldu. Başarılı grupta; 26 erkek (%54.2), 22 kadın (%45.8); başarısız grupta 10 erkek (%41.7), 14 kadın (%58.3) olgu bulunmaktaydı.

Tablo 1: Grupların demografik özellikler açısından değerlendirilmesi

	Başarılı (n=48)	Başarısız (n=24)	p
Yaş Ort±SS	64,65±15,98	69,92±10,54	¹ 0,093
Cinsiyet n (%)			
Erkek	26 (%54,2)	10 (%41,7)	² 0,453
Kadın	22 (%45,8)	14 (%58,3)	

¹Student t test

²Continuity (yates) düzeltmesi

Gruplar arasında yaş ortalamaları ve cinsiyet dağılımları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Tablo 2: Gruplara göre primer yatış tanılarının dağılımı

Primer yatış tanısı	Başarılı	Başarısız
	n (%)	n (%)
Akut Pankreatit	2 (%4,2)	0 (%0)
ARY	2 (%4,2)	2 (%8,3)
DKA	0 (%0)	1 (%4,2)
Po. Fournier gangreni	1 (%2,1)	0 (%0)
Gis Kanaması	3 (%6,3)	0 (%0)
İntraserebral Kanama	1 (%2,1)	0 (%0)
İskemik Svo	3 (%6,3)	2 (%8,3)
KOAH Atak	2 (%4,2)	1 (%4,2)
Pankreas Ca	1 (%2,1)	0 (%0)
Plevral Efüzyon	0 (%0)	1 (%4,2)
Pnömoni	14 (%29,2)	9 (%37,5)
Po. Mide Ca	1 (%2,1)	0 (%0)

Po. İleus	6 (%12,5)	2 (%8,3)
Po. Kolon Ca	1 (%2,1)	0 (%0)
Po. Kalça Fx	4 (%8,3)	0 (%0)
Pulmoner Emboli	1 (%2,1)	0 (%0)
Subaraknoid Kanama	2 (%4,2)	1 (%4,2)
Sepsis	2 (%4,2)	4 (%16,7)
Siroz	1 (%2,1)	0 (%0)
Status Epileptikus	1 (%2,1)	1 (%4,2)

Tablo 3: Grupların Hastane ve yoğun bakım kalış parametreleri açısından değerlendirilmesi

	Başarılı		Başarısız		p
	Min-Max	Ort±SS (medyan)	Min-Max	Ort±SS (medyan)	
Hastane yatış günü**	1-26	9,19±5,74 (9,5)	2-25	12,54±6,72 (12,5)	0,043*
YBÜ yatış günü	1-19	7,33±4,83 (7,5)	2-20	11,17±5,43 (12,5)	0,005*
Entübasyon günü	1-19	7,19±4,93 (7)	2-19	10,75±5,38 (12)	0,007*
YBÜ total sıvı dengesi	80-25830	7634,17±7015,5 (5415)	-900-71000	17398,75±18318,9 (11695)	0,004*
YBÜ total sıvı/ybü yatış günü	80-3990	1132,2±919,83 (884,7)	-300 4160	1402,61±1022,35 (1192,9)	0,112
SOFA	1-5	2,27±1,11 (2)	1-5	2,13±1,12 (2)	0,576

Mann Whitney U Test * $p < 0.05$ ** Hastane yatış günü= hastane yatış ile SSD arası geçen süre

Başarılı olan grubun hastane yatış gün sayısı, Başarısız olan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısaydı ($p:0.043$; $p < 0.05$).

Başarılı olan grubun yoğun bakım ünitesi yatış gün sayısı, Başarısız olan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısaydı ($p:0.005$; $p < 0.05$).

Başarılı olan grubun entübasyon gün sayısı, Başarısız olan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısaydı ($p:0.043$; $p < 0.05$).

Başarılı olan grubun YBÜ total sıvı dengesi düzeyi, Başarısız olan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktü ($p:0.004$; $p < 0.05$).

Gruplar arasında YBÜ total sıvı/ybü yatış günü düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Gruplar arasında SOFA skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4: Grupların mekanik ventilasyon parametreleri açısından değerlendirilmesi

	Başarılı		Başarısız		p
	Min-Max	Ort±SS (medyan)	Min-Max	Ort±SS (medyan)	
Solunum sayısı/dakika	10-25	16,25±3,62 (16)	9-23	15,25±3,45 (15)	0,336
Tidal volüm (L)	0,29-0,63	0,5±0,07 (0,5)	0,38-0,65	0,49±0,06 (0,5)	[†] 0,664
RSBI	19,23-72,41	33,44±10,09 (31,5)	18-52,38	31,7±8,67 (32)	0,591
Dakika volüm (L/dk)	4,4-15,5	8,08±2,24 (7,6)	4,5-10,81	7,45±1,83 (7,4)	0,345
Po1 (cmH2O)	0,1-4,3	1±0,86 (0,6)	0,1-2,1	0,92±0,51 (0,9)	0,649
C dinamik (ml/cmh2o)	24-78	41,42±12,13 (40)	22-57	34,92±8,76 (33,5)	0,025*
<i>Mann Whitney U Test</i>	[†] <i>Student t test</i>		<i>*p<0.05</i>		

Başarılı olan grubun C dinamik düzeyi, Başarısız olan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksekti ($p:0.025$; $p<0.05$).

Gruplar arasında solunum sayısı, tidal volüm, RSBI, dakika volüm ve Po1 düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$).

Tablo 5: Grupların laboratuvar parametreleri açısından değerlendirilmesi

	Başarılı		Başarısız		p
	Min-Max	Ort±SS	Min-Max	Ort±SS	
Fosfor (mg/dl)	0,8-6,48	3,12±1,32	1,41-4,52	2,85±0,84	0,371
Ca total (mg/dl)	7-10,3	8,02±0,77	6,8-9,79	8,11±0,79	0,632
Ca iyonize (mmol/L)	0,76-1,38	1,03±0,12	0,66-1,29	1,05±0,15	0,545
CRP (mg/L)	10-210	78,13±55,86	27-253	122,38±59,02	0,003*
Magnezyum (mg/dl)	0,7-2,51	1,77±0,41	1,35-2,86	1,88±0,39	0,279
<i>Student t Test</i>	<i>*p<0.05</i>				

Başarılı olan grubun CRP düzeyi, Başarısız olan gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktü ($p:0.003$; $p<0.05$).

Gruplar arasında fosfor, Ca total, Ca iyonize ve magnezyum düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$).

Tablo 6: Başarısız ekstübasyon tanısında diyafram ölçümleri için Roc analizi sonuçları

	AUC	SE	95% CI	p	Cut off Point	Sensitivity	Specificity
DE (cm)	0,750	0,06	0,634-0,845	0,001*	≤1,85	83,3	66,7
tdı(cm)	0,639	0,07	0,517-0,749	0,034*	≤0,23	70,8	54,2
tde(cm)	0,534	0,07	0,412-0,652	0,622	-	-	-
dtf	0,756	0,06	0,640-0,849	0,001*	≤23,5	66,7	81,3
rr/de	0,649	0,08	0,528-0,758	0,040*	>11,05	58,3	87,5
RSBI /DE	0,640	0,08	0,518-0,750	0,075	-	-	-
Öksürme gücü	0,704	0,06	0,584-0,805	0,001*	≤3	83,3	43,7

AUC: Area Under Curve (Eğri altında kalan alan)

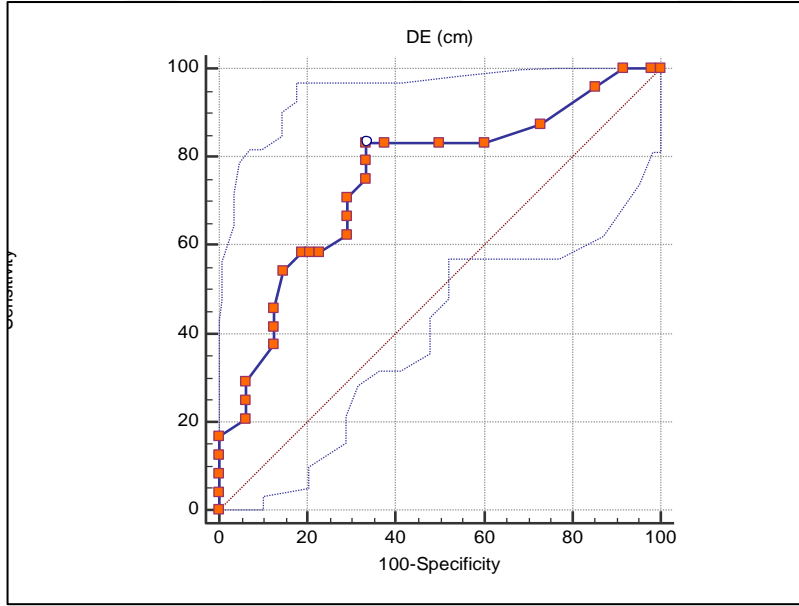
SE: Standart Error (Standart Hata)

CI: Confidenceinterval (Güven aralığı)

Cutoffpoint: Kesim noktası

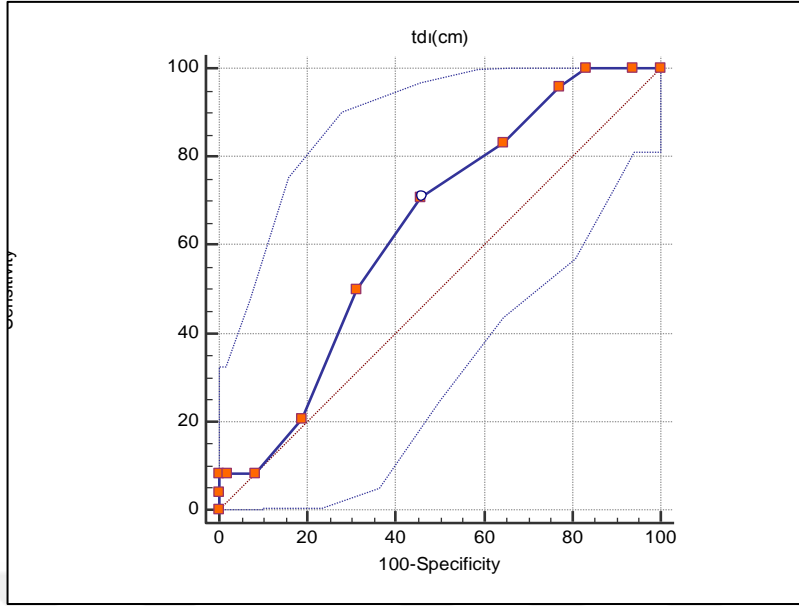
Sensitivity: Duyarlılık

Specificity: Özgüllük



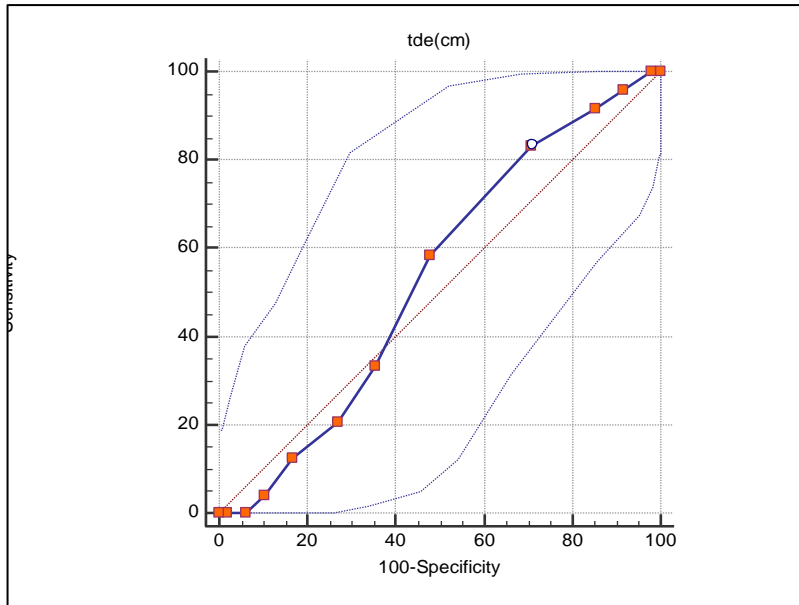
Şekil 7: Başarısız ekstübasyon tanısında DE için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında DE için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.750, standart hatası 0.06'dır. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur (p:0.001; p<0.05). Başarısız ekstübasyon tanısında DE için tespit edilen cut-off noktası ≤1,85'tir. Bu değer duyarlılığı %83.3, özgüllüğü %66.7 olarak bulunmuştur.



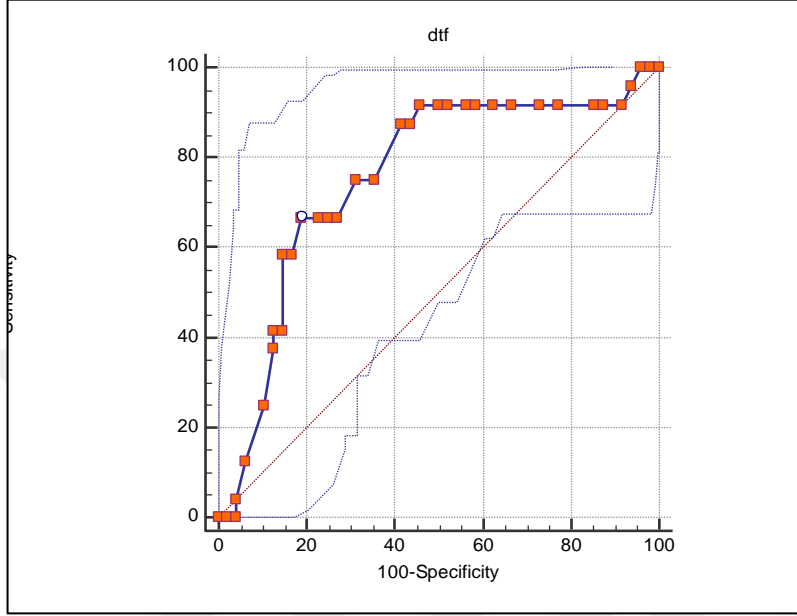
Şekil 8: Başarısız ekstübasyon tanısında tdi için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında tdi için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.639, standart hatası 0.07'dir. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p:0.034$; $p<0.05$). Başarısız ekstübasyon tanısında tdi için tespit edilen cut-off noktası ≤ 0.23 'tür. Bu değer duyarlılığı %70.8, özgüllüğü %54.2 olarak bulunmuştur.



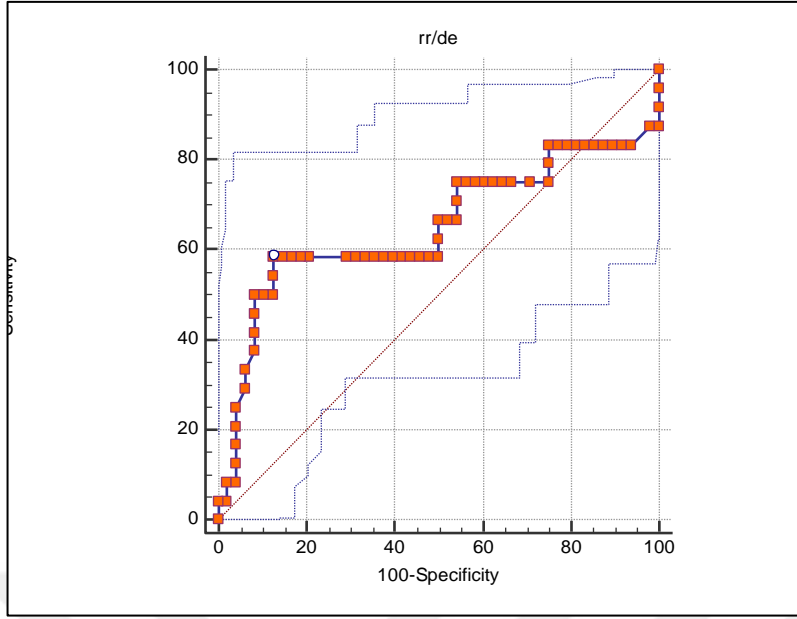
Şekil 9: Başarısız ekstübasyon tanısında tde için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında tde için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.534, standart hatası 0.07'dir. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmadığından kesim noktası belirlenememiştir (p:0.622; p>0.05).



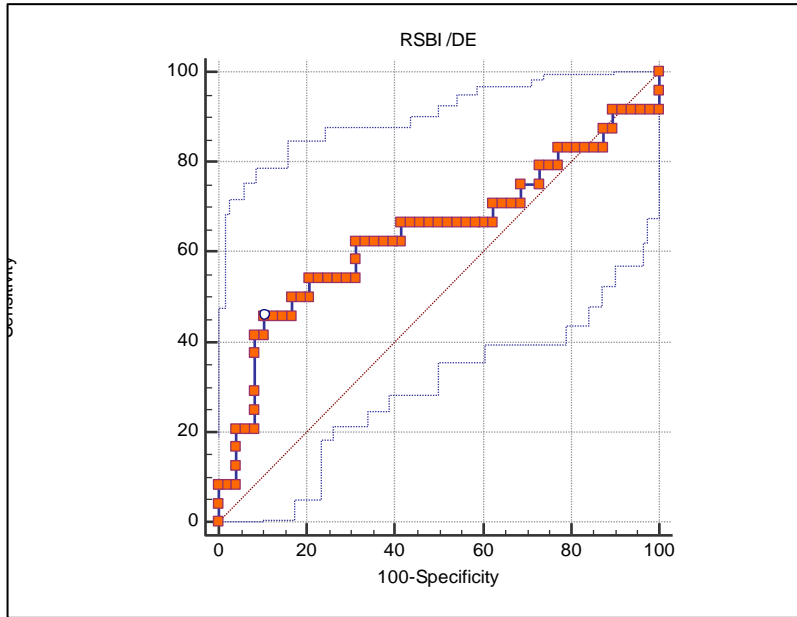
Şekil 10: Başarısız ekstübasyon tanısında dtf için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında dtf için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.756, standart hatası 0.06'dır. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur (p:0.001; p<0.05). Başarısız ekstübasyon tanısında dtf için tespit edilen cut-off noktası ≤ 23.5 'tir. Bu değer duyarlılığı %66.7, özgüllüğü %81.3 olarak bulunmuştur.



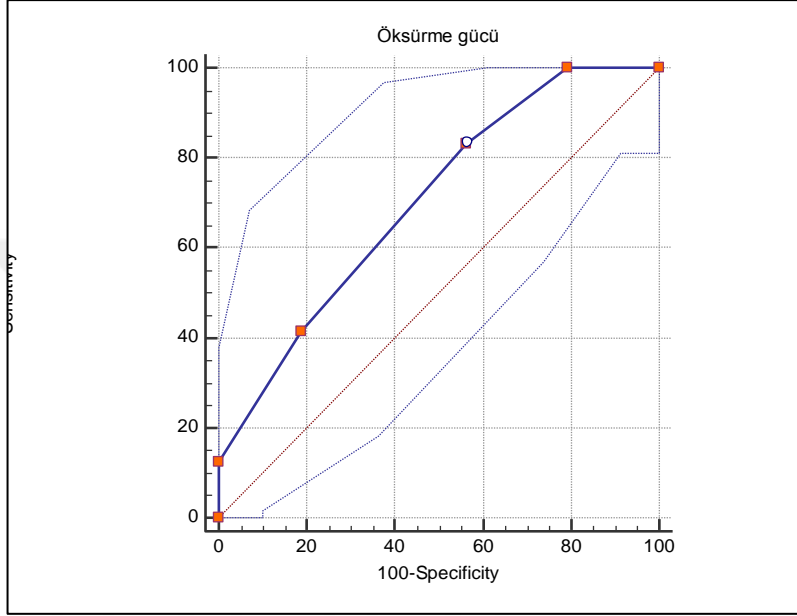
Şekil 11: Başarısız ekstübasyon tanısında rr/de için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında rr/de için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.649, standart hatası 0.08'dir. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p:0.040$; $p<0.05$). Başarısız ekstübasyon tanısında rr/de için tespit edilen cut-off noktası >11.05 'tir. Bu değerın duyarlılığı %58.3, özgülüğü %87.5 olarak bulunmuştur.



Şekil 12: Başarısız ekstübasyon tanısında RSBI/ DE için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında RSBI/DE için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.640, standart hatası 0.08'dir. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmadığından kesim noktası belirlenememiştir (p:0.075; p>0.05).



Şekil 13: Başarısız ekstübasyon tanısında öksürme gücü için Roc Eğrisi

Başarısız ekstübasyon tanısında öksürme gücü için ROC eğrisi çizilmiştir. Eğri altında kalan alan 0.704, standart hatası 0.06'dır. ROC eğrisi altında kalan alan 0.5'ten anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur (p:0.001; p<0.05). Başarısız ekstübasyon tanısında öksürme gücü için tespit edilen cut-off noktası ≤ 3 'tür. Bu değer duyarlılığı %83.3, özgüllüğü %43.7 olarak bulunmuştur.

Tablo 7: Diyafram ölçümleri ile hastane ve ybü parametrelerinin korelasyonları

Parametreler		DE (cm)	tdı(cm)	tde(cm)	dff	rr/de	RSBI /DE
Hastane yatış günü**	r	-0,237	-0,090	0,052	-0,118	0,132	0,085
	p	0,045*	0,451	0,667	0,322	0,268	0,475
YBÜ yatış günü	r	-0,288	-0,025	0,142	-0,185	0,123	0,055
	p	0,014*	0,836	0,234	0,119	0,304	0,648
Entübasyon günü	r	-0,285	0,000	0,153	-0,169	0,130	0,053
	p	0,015*	1,000	0,200	0,157	0,276	0,656

YBÜ total sıvı dengesi	r	-0,102	-0,058	0,119	-0,171	0,016	-0,031
	p	0,395	0,629	0,318	0,152	0,895	0,796
YBÜ total sıvı/ybü yatış günü	r	0,061	-0,146	-0,024	-0,099	0,020	0,045
	p	0,609	0,222	0,843	0,410	0,870	0,707
SOFA	r	-0,107	-0,159	-0,132	-0,029	0,029	0,048
	p	0,370	0,182	0,270	0,807	0,808	0,688

Spearman 'srhokorelasyon analizi

+Pearson korelasyon analizi

**p<0.05*

** Hastane yatış günü= hastane yatış ile SSD arası geçen süre

DE ile hastane yatış günü arasında ters yönlü, zayıf düzeyli (%23.7) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı (p:0.045; p<0.05).

DE ile YBÜ yatış günü arasında ters yönlü, zayıf düzeyli (%28.8) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı (p:0.014; p<0.05).

DE ile entübasyon günü arasında ters yönlü, zayıf düzeyli (%28.5) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı (p:0.015; p<0.05).

DE ile diğer yoğun bakım parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu (p>0.05).

Tdı, Tde, Dtf, Rr/de, Rsbı/de ile hastane ve yoğun bakım parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu (p>0.05).

Tablo 8: Diyafram ölçümleri ile MV parametrelerinin korelasyonları

Parametreler	DE (cm)	tdı(cm)	tde(cm)	dtt	rr/de	RSBI /DE	
Solunum sayısı/dakika	r	-0,219	0,231	0,209	-0,119	0,670	0,652
	p	0,064	0,051	0,078	0,319	0,001*	0,001*
+Tidal volüm (L)	r	-0,073	0,213	0,428	-0,500	0,071	-0,297
	p	0,545	0,073	0,001*	0,001*	0,554	0,011*
RSBI	r	-0,206	0,107	0,022	0,051	0,575	0,700
	p	0,083	0,369	0,854	0,668	0,001*	0,001*
Dakika volüm (L/dk)	r	-0,176	0,296	0,376	-0,296	0,572	0,406
	p	0,139	0,012*	0,001*	0,011*	0,001*	0,001*
Po1 (cmH2O)	r	-0,183	0,253	0,337	-0,268	0,295	0,183
	p	0,124	0,032*	0,004*	0,023*	0,012*	0,123
C dinamik (ml/cmh2o)	r	-0,004	0,155	0,115	0,010	0,020	-0,161
	p	0,975	0,195	0,337	0,932	0,865	0,177

Spearman 'srhokorelasyon analizi

+Pearson korelasyon analizi

**p<0.05*

DE ile mekanik ventilasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Tdı ile dakika volüm arasında pozitif yönlü, zayıf düzeyli (%26.9) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.012$; $p<0.05$).

Tdı ile Po1 arasında pozitif yönlü, zayıf düzeyli (%25.3) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.032$; $p<0.05$).

Tdı ile diğer mekanik ventilasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Tde ile tidal volüm arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%42.8) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

Tde ile dakika volüm arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%37.6) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

Tde ile Po1 arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%33.7) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.004$; $p<0.05$).

Tde ile diğer mekanik ventilasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Dtf ile tidal volüm arasında negatif yönlü, orta düzeyli (%50) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

Dtf ile dakika volüm arasında negatif yönlü, zayıf düzeyli (%29.6) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.011$; $p<0.05$).

Dtf ile Po1 arasında negatif yönlü, zayıf düzeyli (%26.8) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.023$; $p<0.05$).

Dtf ile diğer mekanik ventilasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

rr/de ile solunum sayısı arasında pozitif yönlü, iyi düzeyli (%67) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rr/de ile RSBI arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%57.5) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rr/de ile dakika volüm arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%57.2) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rr/de ile Po1 arasında pozitif yönlü, zayıf düzeyli (%29.5) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.012$; $p<0.05$).

rr/de ile diğer mekanik ventilasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

rsbı/de ile solunum sayısı arasında pozitif yönlü, iyi düzeyli (%65.2) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rsbı/de ile tidal volüm arasında ters yönlü, zayıf düzeyli (%29.7) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.011$; $p<0.05$).

rsbı/de ile RSBI arasında pozitif yönlü, iyi düzeyli (%70) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rsbı/de ile dakika volüm arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%40.6) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rsbı/de ile diğer mekanik ventilasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Tablo 9: Diyafram ölçümleri ile laboratuvar parametrelerinin korelasyonları

Parametreler	DE (cm)	tdı(cm)	tde(cm)	dtf	rr/de	RSBI/DE	
+Fosfor (mg/dl)	r	0,323	0,178	0,181	-0,115	-0,358	-0,414
	p	0,006*	0,135	0,127	0,334	0,002*	0,001*
+Ca total (mg/dl)	r	-0,162	0,130	0,090	-0,013	-0,073	-0,024
	p	0,173	0,278	0,451	0,911	0,545	0,840
+Ca iyonize(mmol/L)	r	-0,343	0,035	0,009	0,021	0,153	0,108
	p	0,003*	0,772	0,941	0,863	0,199	0,369
+CRP (mg/L)	r	-0,273	-0,033	0,125	-0,271	0,219	0,130
	p	0,020*	0,786	0,294	0,021*	0,064	0,275
+Magnezyum (mg/dl)	r	-0,134	0,065	-0,026	0,076	0,012	0,032
	p	0,261	0,585	0,830	0,523	0,921	0,790

Spearman's rho korelasyon analizi

+Pearson korelasyon analizi

**p<0.05*

DE ile fosfor arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%32.3) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.006$; $p<0.05$).

DE ile Ca iyonize arasında ters yönlü, orta düzeyli (%34.3) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.003$; $p<0.05$).

DE ile CRP arasında ters yönlü, zayıf düzeyli (%27.3) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.020$; $p<0.05$).

DE ile diğer laboratuvar parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Tdı ile laboratuvar parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Tde ile laboratuvar parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Dtf ile CRP arasında negatif yönlü, zayıf düzeyli (%27.1) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.021$; $p<0.05$).

Dtf ile diğer laboratuvar parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

rr/de ile fosfor arasında negatif yönlü, orta düzeyli (%35.8) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.002$; $p<0.05$).

rr/de ile diğer laboratuvar parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

rsbı/de ile fosfor arasında negatif yönlü, orta düzeyli (%41.4) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rsbı/de ile diğer laboratuvar parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$).

Tablo 10: Diyafram ölçümleri ile öksürük gücü korelasyonları

Parametreler	DE (cm)	tđı(cm)	tde(cm)	dtf	rr/de	RSBI/DE
Öksürme gücü	r 0,482	0,036	-0,205	0,435	-0,440	-0,351
	p 0,001*	0,761	0,084	0,001*	0,001*	0,003*

Spearman 'srhokorelasyon analizi [†]*Pearson korelasyon analizi* * $p<0.05$

DE ile öksürme gücü arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%48.2) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

Dtf ile öksürme gücü arasında pozitif yönlü, orta düzeyli (%43.5) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rr/de ile öksürme gücü arasında negatif yönlü, orta düzeyli (%44) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.001$; $p<0.05$).

rsbı/de ile öksürme gücü arasında negatif yönlü, orta düzeyli (%35.1) ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardı ($p:0.003$; $p<0.05$).

Tablo 11: Ekstübasyon başarısı üzerine etkili olan parametrelerin lojistik regresyon analizi ile değerlendirilmesi

	OR	95% C.I.for EXP(B)		p
		Lower	Upper	
Cdinamik (ml/cmH2O)	1,085	1,016	1,159	0,015*
DE(cm)	1,493	1,155	1,929	0,002*
dtf	1,141	1,040	1,253	0,006*
rr/de	0,794	0,612	1,029	0,081

OR: OddsRatio

CI: ConfidenceInterval (güven aralığı)

Başarılı ekstübasyon üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunan entübasyon günü, C dinamik, DE, dtf, rr/de ve öksürme gücü parametrelerinin etkilerini Backwardstepwise lojistik regresyon analizi ile değerlendirdiğimizde; modelin anlamlı ($p:0.001$; $p<0.05$) bulunduğu ve Negelkerke R square değerinin 0.526 olarak saptandığı, modelin açıklayıcılık katsayısının (%86.1) iyi düzeyde olduğu görüldü. Modele C dinamik, DE ve dtf parametrelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Cdinamikteki bir birimlik artışın 1.085 kat, DE deki artışın 1.493 kat ve dtf'deki artışın da 1.141 kat ekstübasyon başarısını arttırıcı etkisi olduğu görülmüştür. rr/de parametresinin modele etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte ($p>0.05$), rr/de'nin de modelde kaldığı ve 0.794 kat ekstübasyon başarısını azaltıcı etkisi olduğu görülmektedir.

5 TARTIŞMA

Başarılı ekstübasyon üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunan parametreler; entübe gün sayısı, C dinamik, SCSS, DE, DTF, RR/DE olarak bulunmuştur. Bu parametreler kullanılarak regresyon analizi ile başarılı ekstübasyonu öngörmeye yardımcı olacak çalışma modeli oluşturulmuştur. Modelin açıklayıcılık katsayısının (%86.1) iyi düzeyde olduğu ve modele; weaning parametrelerinden C dinamik, DE ve DTF 'nin etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

Diyafram ölçümleri; SSD için kullanılan ventilasyon modu, hasta pozisyonu, ölçüm yapılan diyafram ve ölçüm sırasındaki PEEP düzeyinden etkilenmektedir. Ancak bu konuda literatürde yapılan çalışmalarda tüm bu değişkenlerin belirtildiği standardize protokoller bulunmamaktadır. Ayrıca mekanik ventilasyon altındaki hastalarda, diyafram başta olmak üzere, diğer yardımcı solunum kaslarında zamanla atrofi gelişmektedir (75). Bu durum yoğun bakımda takip edilen hastaların diyafram ölçümlerinin standardize edilmesini daha da zorlaştırmaktadır.

Spontan solunum denemesi (SSD)'sine alınacak hastalar klinisyenin tecrübesine göre, solunum cihazına bağlı olarak PSV, SIMV mod ya da t tüp ile takip edilmektedir (76). Her üç yöntem için ekstübasyon başarısını ve diyafram ölçümlerini etkilediğine dair çalışmalar mevcuttur. Blackwood ve ark. tarafından 17 çalışmanın dahil ettiği meta-analizinde; PSV ve t tüp denemesi için her iki yöntemin weaning açısından etkili olduğu ve arasında anlamlı farklılık olmadığı belirtilmiştir (69). Esteban ve arkadaşları 546 hasta ile yaptıkları çalışmada, 2 saatlik SSD sonrası, başarılı olan hastalar ekstübe edilmiş, bu hastalardan t tüp ile takip edilen hastaların PSV grubuna göre daha erken ekstübe edildiği belirtilmiştir (77). Brochard ve ark. ise, 109 hasta ile yaptığı SIMV, PSV ve T tüpü karşılaştırdığı çalışmasında, PSV ile takip edilen hastaların ekstübasyon süresinin daha kısa olduğunu belirtilmiştir (78). Uzamış weaning ve SSD süreci hastalarda kas güçsüzlüğüne sebep olmaktadır ve gelişen kas güçsüzlüğünün düzelmesi zaman almaktadır. Laghi ve ark, 12 sağlıklı insan üzerinde yaptıkları çalışmada diyaframda gelişen kas yorgunluğunun, normale dönmesinin 24 saatten fazla zaman aldığını göstermişlerdir (79). Hastaların, SSD sırasında

kullanılan yöntemin diyafram güçsüzlüğüne etkisi ve ideal ekstübasyon zamanı için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

SSD'nin hangi metot ile yapıldığı, diyafram ölçüm parametrelerinin sonuçlarını da değiştirmektedir. Basınç destek modu kullanılarak ölçülen DE değeri, hastanın aktif diyafram kasılması ile ventilatörden kaynaklı pasif basınç desteğinin toplamını göstermektedir (80–82).

Etkiyi azaltmak için Emma ve ark, DE ölçümünün, t tüp denemesi sırasında yapılması ya da mekanik ventilasyon varsa ZEEP denemesi(PEEP= 0 cmH₂O ve minimal basınç destek) yapılmasını önermektedir (83). Tenza Lozano ve art ise, bu etkiyi minimize etmek için hastalarda aynı PEEP ve basınç desteğini kullanmıştır (8).

Henry ve arkadaşlarının 19 çalışmayı dahil ettiği meta analizinde, DE ve DTF ekstübasyon başarısını belirlemede istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Aynı çalışmada SSD, PSV ve t tüp olarak ayrı ayrı incelendiğinde, hastaların DE ve DTF'nin sensitivite ve spesifiteleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir (84). Çalışmamızda tüm SSD'leri için PSV modu kullanılmıştır. Hastalarda PEEP=5 cmH₂O, PEEP üstü =8 cmH₂O olarak belirleyip standardize edilmiştir. DE ve DTF değerlerinin weaning başarısını belirlemede istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Literatürde, ultrason ölçümü sırasında hasta pozisyonu, ölçüm yapılan diyafram ve ölçüm yeri açısından standardizasyon bulunmamaktadır. Bu durum ölçüm sonuçlarını etkilemektedir. DTF değeri için; inspiryum ve ekspiryum sonrası diyafram kalınlıkları ölçülmesi gerekir. Bu kalınlık ölçümlerinin güvenilirliğinin değerlendirildiği Goligher ve ark tarafından 96 hasta üzerinde yapılan çalışmada, probun ölçüm yerleri işaretlenmiş ve ölçümler tekrarlanmış. Sağ taraftan yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin daha yüksek olduğunu bulunmuştur. Sağ ve sol diyafram ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ancak tekrarlayan ölçümlerde, her bir taraf için 0.2 mm farklılık tespit edilmiş (85). Normal diyafram kalınlığı olan hastalarda bu değer total kalınlığın yaklaşık %10'una denk gelmektedir. Bu yüzden ölçüm yeri ve prob açısı gibi kullanıcı bağımlı faktörlerin, sonuçların değişmesine sebep olma riski yüksektir (86). Ayrıca yoğun

bakım hastalarında uzamış entübasyona bağlı diyafram kalınlığı sağlıklı erişkinlere göre daha ince olması sebebiyle, bu oran MV bağlı hastalarda daha fazla olabilir.

DTF ölçümünde bir diğer farklılık; inspiryum ve ekspiryum sonrası diyafram kalınlığı ölçülürken, çoğunlukla plevra ve peritonun yapraklarının orta kısmı baz alınırken, bazı çalışmalarda diyafram kası ile plevra periton yaprak sınırları baz alınmıştır (87).

Ayrıca Henry ve arkadaşlarının 19 çalışma ile yaptığı meta analizde DE ve DTF nin sensitivite, spesifite ve cut off değerlerindeki farklılığın primer olarak, ölçüm sırasındaki hasta pozisyonundan kaynaklandığı bulunmuştur (84).

Çalışmamızda ölçüm için hastalar, 20-40 derece baş yukarı pozisyona alındı. Hastaların sağ diyaframı görüntülendi, ölçüm için plevranın orta noktası kullanıldı ve her iki plevra arası mesafe ölçüldü ve ölçümleri 3 nefes siklusunda değerlendirilip bu 3 değerlerin ortalamasını alındı.

Mahmoodpoor ve ark tarafından 19 çalışma ile yapılan meta-analizde, DE ve DTF weaning başarısını belirlemede istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulunmuştur. Ayrıca DTF'nin tanısal değerinin DE ve RSBI'ye göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirtilmiştir (88). Çalışmamızda regresyon analiz yaptığımızda; DE nin diagnostik rolünün DTF den daha yüksek olduğunu sonucuna vardık.

Sparado ve ark, RSBI'da kullanılan tidal volüm yerine, diyaframı da değerlendirmek için DE değerinin kullanılmasını önermişler ve yeni parametreye diyafragmatik RSBI (D-RSBI) denilmiştir. 51 hastanın dahil edildiği çalışmada ekstübasyon başarısını öngörmede diagnostik rolünün geleneksel RSBI ya göre daha iyi olduğunu belirtmiştir (89). Shamil ve ark. 50 hasta (90); ve Mowafy ve ark. (91) 106 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada benzer şekilde geleneksel RSBI'ya göre, D-RSBI' nin ekstübasyon başarısını belirlemede tanısal rolü yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak D-RSBI tanısal rolünü, geleneksel RSBI'ya göre yüksek bulduk.

Bir diğer ultrason parametresi olarak Fossat ve ark. RSBI/DE'den elde ettikleri RSDI değerini önermişlerdir. 100 hasta ile yaptığı çalışmada SSD 'nin 5. ve 25. dakikasında değerlendirdikleri RSDI ölçümünde ekstübasyon başarısını belirlemede istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (92). Çalışmamızda, RSDI

değerinin ekstübasyon başarısını belirlemede bu çalışmayla uyumlu olarak istatistiksel olarak anlamlı fark bulmadık.

İnspiryum ve ekspiryum sonrası ölçülen diyafram kalınlıkları da ekstübasyon başarısını öngörmeye tek başına kullanılabilir. İnspiryum sonrası elde edilen ölçüm diyaframın kasılabilme gücünü göstermesi açısından daha değerlidir (93). Mccool ve ark 32 hasta ile yaptıkları çalışmada ekstübasyon başarısını belirlemede başarılı ve başarısız gruplar arasında TDİ ve TDE için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (94). Shereen ve ark 54 hasta ile yaptıkları çalışmada, TDİ($p<0.0001$) ve TDE($p<0.036$) değerleri başarılı olan grupta istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulunmuştur ve TDİ'nin, ROC analizinde eğri altında kalan alanı, TDE'ye göre daha yüksek olarak bulunmuştur (65) Stephen ve ark 18 hasta ile yaptıkları çalışmada SSD 'nin 5. ve 30. dakikasında yaptıkları ölçümde, iki zaman dilimi arasında TDİ ve TDE için istatistiksel anlamlı değişim olmamasına rağmen TDİ deki değişimin TDE'den daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir (66). Çalışmamızda ekstübasyon başarısını belirlemede başarılı ve başarısız gruplar arasında TDİ değeri başarılı grupta anlamlı yüksek bulunurken, TDE değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Başarısız ekstübasyonu belirlemede diyafram ultrasonu dışında kullanılan bir diğer yöntem, hızlı yüzeysel solunum endeksidir(RSBI). Trivedi ve ark. tarafından 48 çalışma ile yapılan meta analizde RSBI <105 için sensitivite %83 spesifite %58 bulunmuştur (10). Benzer şekilde Mahmoodpoor ve ark. tarafından 19 çalışma ile yapılan meta-analizinde; RSBI için sensitivite %74 spesifite %73 olarak bulunmuştur (88). Jia ve ark tarafından 79 çalışma ile yapılan meta analizde, sensitivite %60 spesifite %68 olarak bulunmuştur ve RSBI 'nin tek başına ekstübasyon başarısını belirlemede düşük güce sahip olduğu, tek başına kullanımı için yeterli veri olmadığı ve diğer parametrelerle kombinasyonlarının çalışılması gerektiği belirtilmiştir (95).

SSD sırasında, hastalarda diyafram disfonksiyonu olsa bile, hastalar yardımcı solunum kaslarını kullanarak, normal tidal volüm ve solunum sayısı oluşturarak RSBI'nın normal sınırdaki (<105) kalmasını sağlayabilir. Ancak bu kaslar diyaframa göre daha erken yorulmasından dolayı ekstübe edildikten sonra, hastalarda hızlı solunum yetmezliği gelişebilmektedir (90).

RSBI'nın tanısai rolünü azaltan bir diğeri etken ölçümlerin SSD 'nin hangi aşamasında yapıldığıdır. Marques ve ark. 26 çalışma ile yaptığı incelemede; ölçümlerinin çoğunluğunun SSD sırasında, daha az oranda SSD öncesi, sonrası veya ekstübasyon öncesi yapıldığını belirtmiştir. Aynı çalışmada; ölçüm ile ekstübasyon zamanı arasında standardize bir süre olmadığı belirtilmiştir (96).

Palkar ve ark. 73 hasta ile yaptığı çalışmada ölçümlerini; asist kontrollü mod, SSD sırasında ve ekstübasyon sonrası olarak 3 farklı zamanda gerçekleştirmiş. SSD sırasında yapılan ölçümün diğeri ikisine göre, ekstübasyon başarısını daha az tespit ettiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada RSBI başarılı ve başarısız gruplar için cut off değeri < 105 olarak bulunmuştur (67).

Başarısız weaning kriteri, ekstübe edilen hastalarda reentübasyon ya da non-invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı gelişmesi olarak belirlenirken, bazı çalışmalar başarısız spontan solunum denemesini de, başarısız weaning kriteri olarak kabul etmektedir. Tenza-lozano ve ark 69 hasta ile yaptığı çalışmada, başarısız weaning kriteri olarak; SSD ya da ekstübasyonun başarısızlığı olarak iki durumu da dahil etmiştir. RSBI açısından her iki grupta anlamlı farklılık bulunmamıştır (8).

Vivier ve ark tarafından yapılan çalışmada, SSD'yi geçen 191 hasta dahil edilmiş. RSBI ölçümleri ekstübasyon öncesi gerçekleştirilmiş, başarılı ve başarısız gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$) (97).

Biz çalışmamızda ölçümleri SSD sırasında yaptık. SSD'ni başarı ile geçen hastalar çalışmaya dahil edildi. Tam bir zamansal süre belirlenmemesine rağmen, başarılı SSD sonrası ortalama 4 saat içerisinde ekstübasyonları gerçekleştirmeye çalıştık. Çalışmamızda, RSBI açısından başarılı ve başarısız olan gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Bu durumun sebebi olarak, çalışmaya dahil edilen hastaların, klinisyen tarafından ekstübasyona uygun görülen hastalar olmasından ve SSD'yi geçemeyen hastaların çalışma dışı bırakılmasından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

Saravanan ve ark. 200 hasta ile yaptığı çalışmada RSBI değerinin tek başına anlamlı olmadığı; DE, DTF, RSBI-DE ve RSBI-DTF kombinasyonlarının RSBI 'ya göre daha başarılı olduğunu vurgulanmıştır (98).

Başarılı ekstübasyonu öngörmek için hastanın solunum sayısı ve tidal volüm değerlerini ayrı ayrı değerlendiren çalışmalarda vardır. Zhang ve ark 25 hasta ile

yaptıkları çalışmada SSD başlangıcında; RR ve VT değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı değilken, 5. ve 30. Dakikadaki ölçülen değerlerin anlamlı olduğu belirtilmiştir (99). Abbas ve ark 50 hasta ile yaptıkları çalışmada, ölçümleri SSD sırasında yapmış ve her iki grup arasında; RR'yi istatistiksel olarak anlamlı bulurken ve VT istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (100). Shereen ve ark 54 hasta ile yaptıkları çalışmada RR ve VT arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmamıştır (65). Çalışmamızda benzer şekilde RR ve VT değerleri açısından başarılı ve başarısız gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Ekstübasyon sonrası, re-entübasyona sebep olan durumlardan birisi, hastaların yeterli öksürük gücüne sahip olmayıp sekresyonlarının atamama durumudur. Duan ve ark. tarafından; 34 çalışmanın dahil edildiği meta analizde, ekstübasyon öncesi yarı kantitatif öksürük gücü skorunu (SCSS) değerlendirilmiş ve ekstübasyon başarısını belirlemede istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulunmuştur (61).

Sanson ve ark. tarafından 205 hasta ile yapılan SCSS çalışmasında weaning başarısı açısından sensitivite %80 ve spesifite %32 (101), Jaber ve ark 1505 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada ise sensitivite %78 ve spesifite %40 olarak bulmuşlardır (102). Çalışmamızda SCSS için literatürle uyumlu olarak weaning başarısı açısından sensitivite %83.3 ve spesifite %47.7 bulunmuştur.

Duan ve ark. 186 hasta ile yaptıkları çalışmada, CPF (öksürük tepe akışı) ile SCSS arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmuştur (103). Norisue ve ark. 252 hasta ile (104) ve 56 sağlıklı kişi ile (105) yaptıkları çalışmalarda, CPF ile DE arasındaki anlamlı korelasyon bulunmuştur. SCSS, CPF'ye göre ölçülmesi ve uygulanması daha kolaydır. Literatürde diyafram ölçüm parametreleri ile SCSS arasındaki korelasyonu değerlendiren çalışma bulunmamaktadır. Biz çalışmamızda SCSS ile DE arasında orta düzey, pozitif yönlü ve RR/DE ile RSBI/DE orta düzey, negatif yönlü istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulduk.

Hipofosfatemi, diyafram kontraktilitesini azalmasına sebep olarak, hastaların mekanik ventilasyondan ayrılma sürecini uzatmaktadır (106). Bao ve arkadaşlarının 90 hasta üzerinde yaptığı çalışmada hipofosfatemi grubunda TDI, TDE, DE, DTF değerlerinin normal fosfat seviyesi olan gruba göre anlamlı düşük

bulunmuştur ($p<0.01$) (107). Santibañez-Velázquez ve ark. 123 hasta (108) Kara ve ark. 76 hasta (109) ile yaptıkları çalışmada hipofosfateminin başarısız weaning için bağımsız risk faktörü olduğu tespit etmişlerdir. Alsumrain ve ark tarafından 66 hastanın 193 weaning denemesi araştırıldığında, hipofosfatemi ile başarısız weaning arasında ilişki tespit edilmiştir. Aynı çalışmada başarılı ve başarısız weaning denemelerinde kalsiyum seviyeleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (110). Biz de çalışmamızda fosfor, kalsiyum ve magnezyum seviyeleri ile diyafram parametrelerinin korelasyonuna baktığımızda, fosforun DE, RR/DE ve RSBI/DE ile anlamlı korelasyonunu olduğunu tespit ettik. Bu konuda daha büyük randomize kontrollü çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Ekstübasyon planlanan hastalarda, spontan solunum denemesi sırasında akciğerlerinin durumu hakkında dinamik kompliyans, bize önemli bilgiler sağlamaktadır. Aldabayan ve ark. 90 ARDS hastası üzerinde yaptığı çalışmada, dinamik kompliyansın weaningde başarılı(46.54+-6.4) ve başarısız(43.2+-7.47) gruplar arasında istatistiksel anlamlı bulmuştur, ayrıca çok değişkenli lojistik regresyon analizinde weaning başarısını belirlemede etkili olduğunu belirtmiştir (111). Çalışmamızda benzer şekilde, başarılı(41.42+-12.13) ve başarısız(34.92+-8.76) gruplar arasında, dinamik kompliyans, istatistiksel olarak anlamlı olup, lojistik regresyon analizinde weaning başarısını belirlemede etkili olduğunu bulduk.

P0.1 üzerine, Sato ve ark. 12 prospektif çalışma ile yaptıkları meta analizde, heterojen subgruplar sebebiyle sensitivite, spesifite ve prediktif değerler ölçülemedi ve klinik olarak weaning başarısını belirlemede daha fazla prospektif çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtilmiştir (112). Çalışmamızda p0.1 değerlerinin ekstübasyon başarısını belirlemede istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tenza-lozano ve ark. 69 hasta ile yaptığı çalışmada yoğun bakım ünitesinde yatış ve entübe gün sayısı başarılı olan grupta anlamlı şekilde düşük bulunmuş ancak hastane yatış süresinde anlamlı fark tespit edilmemiştir (8). Palkar ve ark 73 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, başarılı grupta; hastane yatış, YBÜ yatış süresi ve İMV ile takip süresi anlamlı düşük bulunmuştur (67). Çalışmamızda hastane yatışı ile SSD'sine kadar geçen süre toplamı, YBÜ yatışı süresi ve entübe gün sayısı başarılı olan grupta anlamlı olarak düşük bulunmuştur.

González-Aguirre ve ark. 82 hasta ile yaptıkları çalışmada yoğun bakımdaki total sıvı dengesi; başarısız olan grupta, istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulunmuştur (113).

Zapata ve ark 89 hasta ile yaptıkları çalışmada; yoğun bakımdaki ortalama sıvı dengesi (ybü total sıvı dengesi/ybü total yatış günü) başarılı weaning belirlemede etkisiz iken, ybü yatışından SSD'ne kadar geçen süre ile SSD ile ybü'den taburcu olduğu güne kadarki geçen süredeki ortalama sıvı dengesi anlamlı bulunmuştur (114). Çalışmamızda ybü yatışından SSD 'ye kadar olan sürede total sıvı ve ortalama sıvı dengesini hesapladık. Ortalama sıvı dengesi açısından anlamlı bir farklılık bulunmazken, total sıvı dengesi başarısız grupta, anlamlı yüksek bulunmuştur. Başarısız grupta, total sıvı dengesinin daha yüksek olması bu hastalarda uzamış YBÜ yatış süresi ve/veya entübasyon süresinin dolaylı olarak yüksek olduğunu göstermektedir.

Li ve ark. 101 hasta ile yaptıkları çalışmada başarılı ve başarısız olan gruplar arasında SOFA skoru istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (115). Çalışmamızda, SSD günü bakılan SOFA skoru açısından, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Mekanik ventilasyon parametreleri ile diyafram ölçüm değerleri arasındaki korelasyonlar bize solunum sistemi fizyopatolojisi ve ekstübasyon başarısı konusunda değerli bilgi sunmaktadır. Çalışmamızda, DTF ve tidal volüm çifti dışında, korelasyonun %50 ve üzeri değer alıp, istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) durumlar; RR/DE ile RR, RR/DE ile RSBI, RR/DE ile dakika volüm, RSBI/DE ile RR, RSBI/DE ile RSBI' dir. Bu çiftlerde korelasyonun yüksek olma sebebi, her birinin aynı parametreyi (RR) çarpan olarak kullanımından kaynaklanmaktadır. Sadece DTF ve tidal volüm çifti, aynı çarpana sahip olmamasına rağmen orta düzeyde anlamlı korelasyon sahiptirler. Literatürü incelediğimizde hastalarda kullanılan peep değerlerinin bu duruma sebep olacak şekilde, diyafram liflerinde ve akciğer hacimleri değişikliğe sebep olduğunu gösteren çalışmalara ulaştık.

Palac ve ark. 31 çalışmayı dahil ettikleri meta-analiz çalışmasında mekanik ventilasyon parametreleri ile diyafram ultrason değerlerinin korelasyon açısında heterojen sonuçlar bulunmuştur. Bu durumu çalışma protokolü, hasta seçimindeki

standardizasyonu eksikliğine bağlamışlardır ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (116). Janssen ve ark. tarafından 41 hasta ile yaptıkları çalışmada, DE ile tidal volüm korelasyonunu değerlendirilmiş. Sağlıklı ve invaziv mekanik ventilatöre bağlı hastalar ayrı ayrı değerlendirilmiş. Sağlıklı hastalarda DE ile tidal volüm korelasyonu belirgin iken, entübe hastalarda korelasyonun daha düşük olduğu bulunmuş. Hastalarda oksijenasyonu iyileştirmek için uygulanan PEEP'in bu duruma sebep olabileceği düşünülmüştür (117). Jansen ve ark, non invaziv şekilde farklı PEEP seviyeleri (2,5,10,15 cmH₂O) uygulanıp manyetik rezonans görüntüleme ile diyaframın değerlendirildiği sağlıklı bireylerde; uygulanan PEEP düzeyleri arttıkça diyaframın kaudale doğru yer değiştirdiği, diyafram kalınlığının inspiryum ve ekspiryum sonrasında arttığı, apozisyon bölgesindeki diyafram kas liflerinin kısaldığı bulunmuştur (118). Johan ve arkadaşları PEEP uygulanarak mekanik ventilasyonla takip edilen hastalar ve aynı koşullardaki deney fareleri üzerinde yaptığı çalışmada hasta ve deney farelerine PEEP uygulamışlar. Bu durumda ekspiryum sonu akciğer volümün arttığı, diyafram kubbesinin düzleştiği ve diyaframın kaudale hareket ettiği bulunmuştur. Aynı çalışmada solunum siklusu sırasında diyafram kasların daha kısa şekilde, kasılıp gevşemesi sebebiyle diyaframın sarkomer sayısının azalmasına ya da longitudinal kas atrofisine sebep olduğu bulunmuştur (119). Soilemezi ve ark 50 sağlıklı birey üzerinde yapılan çalışmada peep düzeyinin 0'dan 10 cmh₂O çıkarıldığı durumlarda; inspiryum ve ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, tidal volüm, DE ve DTF değerinde artış görülmüştür (120). Peep seviyelerinde artış; tidal volümü, inspiryum ve ekspiryum sonrası diyafram kalınlığını artırmaktadır. DTF ise TDİ ve TDE değerlerinin farkının oransal bir sonucudur. TDE deki artış durumu, TDİ ile arasındaki farktan daha fazla olduğu durumlarda TDF değeri düşebilir. Böylece spesifik peep seviyelerinde tidal volüm ile DTF negatif korelasyon gösterebilir. Çalışmamızda SSD sırasında, sabit PEEP ve PEEP üstü basınç uygulayarak, PEEP etkisini azaltmayı amaçladık.

Ekstübasyon başarısının sıvı yükü, kalp yetmezliği, sepsis, sekresyon, bilinç durumu gibi multifaktöriyel sebeplere bağlı olduğu unutulmamalıdır. Normal diyafram fonksiyonu olan hastalarda bile weaning başarısızlıkla sonuçlanabilir (121). Ancak diğer parametrelerin normal sınırlarda olduğu durumlarda diyafram

ultrasonunun weaning parametreler ile kombine kullanılması hastaların ekstübasyon başarısını artırıp, reentübasyonları azaltması açısından değerli bilgiler sunmaktadır.

Çalışmamızla ilgili limitasyonlarımız;

1-) Çalışmamıza, 18 yaşından büyük tüm erişkin hastalar dahil edildi, diyafram ölçüm sonuçları yaşla birlikte değişiklik gösterebilir.

2-) Çalışmaya farklı sebeplerden dolayı entübe edilen hastalar dahil edildi. Aynı sebeple entübe edilen hastaların değerlendirilmesi çalışmanın standardizasyonuna daha fazla katkı sağlayacaktır.

3-) Hastaların, SSD ile ekstübasyonu arasındaki süre her hasta için eşit değildir.

4-) Ekstübasyon öncesi her hasta için ayrıntılı kardiyak değerlendirme yapılmadı, kardiyak patolojiler weaning başarısını etkileyebilir.

5-) Entübasyon sonrası, hastalar belirli bir süre kontrollü mekanik ventilasyon ile takip edilmektedir. Bu süre içerisinde hastalarda kullanılan mekanik ventilasyonun modu, PEEP seviyeleri ve kas gevşetici uygulanma sıklığı açısından standardizasyon bulunmamaktadır.

6 SONUÇ

Çalışmamız boyunca, 151 genel yoğun bakım hastası mekanik ventilasyon ile takip edildi ve 43 hasta çalışma dışında bırakıldı (4 tane < 24 saat MV süresi, 3 tane BMI > 35 kg/m², 4 tane self ekstübasyon, 9 tane spontan solunum denemesi(SSD) yapılmadan ekstübasyon, 7 tane GKS < 14, 8 tane trakeostomi açılan, 2 tane nöromusküler hastalık, 6 tane SSD öncesi eksitus). Geriye kalan 108 hastadan 81 tanesi, SSD' ni başarı ile gerçekleştirdi. SSD sırasında 9 hastanın diyafram kası ultrason ile görüntülenemedi. Dahil edilme kriterlerine uyan toplamda 72 hasta çalışmaya alındı; 48 tanesi başarı, 24 tanesi başarısız ekstübasyon olarak değerlendirildi. Başarısız ekstübasyon hastalarından; 10 tanesinde re-entübasyon, 14 tanesinde ise non-invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı gelişti.

Yoğun bakım ünitesinde entübe şekilde takip edilen ve SSD'ni başarı ile geçen hastaların dahil edildiği başarılı ve başarısız weaning grupları arasında parametrelerinin karşılaştırıldığı çalışmamızda;

Her iki grup arasında; yaş, cinsiyet, ekstübasyon günü bakılan sofa skoru, yoğun bakımda günlük ortalama sıvı dengesi açısından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. (p>0.05).

Başarısız olan grupta; hastane yatış günü (hastane yatışı ile SSD günü arası toplam süre), yoğun bakım yatış günü, entübasyon süresi, yoğun bakımdaki total sıvı dengesi anlamlı yüksek bulunmuştur (p<0.05).

Mekanik ventilasyon parametrelerinden, solunum sayısı, tidal volüm, dakika volüm, po1 ve hızlı yüzeyel solunum endeksi açısından her iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p>0.05) .

Dinamik kompliyans, başarılı olan grupta anlamlı düşük bulunmaktadır (P<0.05)

Hastaların ekstübe edildiği güne ait laboratuvar düzeyleri değerlendirildiğinde, başarılı olan grupta CRP düzeyi anlamlı olarak düşük bulunurken; fosfor, total kalsiyum, iyonize kalsiyum ve magnezyum değerleri açısından anlamlı fark bulunmamaktadır (p<0.05).

Diyafram ölçüm parametrelerinden; başarılı olan grupta DE, DTF ve TDİ anlamlı olarak yüksek; RR/DE ise anlamlı düşük bulunmaktadır (p<0.05).

TDE ve RSBI/DE parametreleri açısından iki grup arasında anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Yarı kantitatif öksürük gücü skorunu, başarılı olan grupta anlamlı yüksek bulunmaktadı (p<0.05).

Hastaların diyafram ultrason ile mekanik ventilasyon parametrelerinin değerlendirildiği korelasyon analizinde, korelasyonun anlamlı olup($p<0.05$), %50 üzeri olduğu durumlar; RR/DE ile RR, RR/DE ile RSBI, RR/DE ile dakika volüm, RSBI/DE ile RR, SSBI/DE ile RSBI ve DTF ve tidal volüm olarak bulunmuştur.

Serum elektrolit değerleri ile diyafram parametrelerinin korelasyonuna baktığımızda; diğer bakılan elektrotların aksine, serum fosfor düzeyinin DE, RR/DE ve RSBI/DE ile anlamlı korelasyonuna sahip olduğu görülmüştür.

Öksürük gücü ile DE ve DTF arasında anlamlı pozitif; RR/DE ve RSBI/DE arasında anlamlı negatif korelasyon bulunmaktadır.

Ekstübasyon başarısı üzerine etkili olan parametrelerin lojistik regresyon analizi ile değerlendirdiğimizde; modelin anlamlı ($p:0.001$; $p<0.05$) bulunduğu ve Negelkerke R square değerinin 0.526 olarak saptandığı, modelin açıklayıcılık katsayısının (%86.1) iyi düzeyde olduğu görüldü. Ayrıca; DE, DTF, RR/DE ve dinamik kompliyans için sırasıyla p değerleri (0.02, 0.06, 0.081, 0.015) ve OR değerleri (1.493, 1.141, 0.794, 1.085) olarak bulunmuştur.

Diyafram ultrasonu, başarılı ekstübasyonu belirlemede hızlı yüzeyel solunum endeksine göre daha başarılı olduğu sonucuna vardık. Ayrıca başarılı ekstübasyon için oluşturulan modelde açıklayıcılık katsayısı (%86.1) iyi düzeyde olup diyafram ultrasonu parametreleri, ekstübasyon başarısını artırıcı etkisi bulunmaktadır.

Bu konuda, benzer protokoller ile oluşturulan, weaning başarısını belirlemede kullanılan parametrelerin kombinasyonlarının değerlendirildiği daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır.

7 KAYNAKLAR

1. Hyzy RC, McSparron JI. Overview of initiating invasive mechanical ventilation in adults in the intensive care unit. In: Burnham EL, editor. Uptodate. 2023.
2. Schmidt GA, Girard TD, Kress JP, Morris PE, Ouellette DR, Alhazzani W, et al. Official executive summary of an American thoracic society/American college of chest physicians clinical practice guideline: Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(1):115–9.
3. Girard TD, Alhazzani W, Kress JP, Ouellette DR, Schmidt GA, Truwit JD, et al. An official American thoracic society/American college of chest physicians clinical practice guideline: Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults. Rehabilitation protocols, ventilator liberation protocols, and cuff leak tests. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2017;195(1):120–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27762595/>
4. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2000;161(5):1530–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10806150/>
5. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart TE, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* [Internet]. 2002 Jan 16 [cited 2023 Apr 22];287(3):345–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11790214/>
6. Hyzy RC. Clinical and physiologic complications of mechanical ventilation: Overview. In: Parsons PE, editor. Uptodate. 2024.
7. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med* [Internet]. 2008 Mar 27 [cited 2023 Apr 22];358(13):1327–35. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18367735/>
8. Tenza-Lozano E, Llamas-Alvarez A, Jaimez-Navarro E, Fernández-Sánchez J. Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2018;10(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29911284/>
9. Epstein SK. Weaning from mechanical ventilation: Readiness testing. In: Parsons PE, editor. Uptodate. 2024.

10. Trivedi V, Chaudhuri D, Jinah R, Piticaru J, Agarwal A, Liu K, et al. The Usefulness of the Rapid Shallow Breathing Index in Predicting Successful Extubation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2023 Apr 22];161(1):97–111. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34181953/>
11. Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med* [Internet]. 2013;39(5):801–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23344830/>
12. Keçik Yüksel. *Temel Anestezi*. 2nd ed. Alkış Neslihan, Yörükoğlu Dilek, Alanoğlu Zekeriyya, Editors. Ankara; 2016. 1–1186 P.
13. Anraku M, Shargall Y. Surgical conditions of the diaphragm: anatomy and physiology. *Thorac Surg Clin* [Internet]. 2009 Nov [cited 2023 Apr 22];19(4):419–29. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20112625/>
14. Harrison GR. The anatomy and physiology of diaphragm. *Springer Specialist Surgery Series*. 2005;45–58.
15. Diaphragm muscle structure with transparent ribcage bones outline diagram. Labeled educational scheme with muscular system for central tendon, dome and openings for esophagus vector illustration. (n.d.). Adobe Stock. Retrieved January 15, 2024, from <https://stock.adobe.com/images/diaphragm-muscle-structure-with-transparent-ribcage-bones-outline-diagram-labeled-educational-scheme-with-muscular-system-for-central-tendon-dome-and-openings-for-esophagus-vector-illustration/503982539>
16. Diaphragm muscle with exhalation and inhalation movement outline diagram. Labeled educational scheme with isolated chest muscular system for respiratory breathing without ribs vector illustration. (n.d.). Adobe Stock. Retrieved January 15, 2024, from <https://stock.adobe.com/images/diaphragm-muscle-with-exhalation-and-inhalation-movement-outline-diagram-labeled-educational-scheme-with-isolated-chest-muscular-system-for-respiratory-breathing-without-ribs-vector-illustration/503982294>
17. Hall JE. *Guyton and hall textbook of medical physiology*, Jordanian edition. London, England: Elsevier Health Sciences; 2016.
18. Levitzky MG. *Pulmonary Physiology*. 7th ed. New York, NY: McGraw-Hill Medical; 2007.

19. West Jr J. Respiratory physiology: The essentials. 9th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
20. Chawla A, Lavania AK. OXYGEN TOXICITY. Med J Armed Forces India [Internet]. 2001 [cited 2023 Apr 22];57(2):131–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27407317/>
21. Wingelaar TT, van Ooij PJAM, Brinkman P, van Hulst RA. Pulmonary Oxygen Toxicity in Navy Divers: A Crossover Study Using Exhaled Breath Analysis After a One-Hour Air or Oxygen Dive at Nine Meters of Sea Water. Front Physiol [Internet]. 2019 [cited 2023 Apr 22];10(JAN). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30740057/>
22. Tobin MJ. Physiologic Basis of Mechanical Ventilation. Ann Am Thorac Soc. 2018;15:S49–52.
23. Dreyfuss D, Soler P, Basset G, Saumon G. High inflation pressure pulmonary edema. Respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure. Am Rev Respir Dis [Internet]. 1988 [cited 2023 Apr 22];137(5):1159–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3057957/>
24. Russell J, Slutsky A. International consensus conferences in intensive care medicine: Ventilator-associated Lung Injury in ARDS. This official conference report was cosponsored by the American Thoracic Society, The European Society of Intensive Care Medicine, and The Société de Réanimation de Langue Française, and was approved by the ATS Board of Directors, July 1999. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 1999 [cited 2023 Apr 22];160(6):2118–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10588637/>
25. Sembroski E, Sanghavi D, Bhardwaj A. Inverse Ratio Ventilation. 2023 [cited 2023 Apr 22]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30571016/>.
26. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke K, Hudson L, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 1994 [cited 2023 Apr 22];149(3 Pt 1):818–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7509706/>
27. Nieman GF, Satalin J, Andrews P, Aiash H, Habashi NM, Gatto LA. Personalizing mechanical ventilation according to physiologic parameters to stabilize alveoli and minimize ventilator induced lung injury (VILI). Intensive Care Med Exp [Internet]. 2017 Dec [cited 2023 Apr 22];5(1). Available from: [/pmc/articles/PMC5289131/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/305289131/)

28. Papadakos PJ, Lachmann B. *Critical Care. The Requisites in Anesthesiology*. Papadakos PJ, Szalados JE, editors. Elsevier Mosby; 2005.
29. Shelledy DC, Peters JI, Wilkins RL, Stoller JK, Scanlan CL. Initiating and adjusting ventilatory support. *Eight Edition Mosby*. 2003;1003–57.
30. Tuxen D V, Lane S. The effects of ventilatory pattern on hyperinflation, airway pressures, and circulation in mechanical ventilation of patients with severe air-flow obstruction. *Am Rev Respir Dis*. 1987;136(4):872–9.
31. Peters J, Stoller JK, Scanlan CL. Initiating and adjusting ventilatory support. *Eight Edition Mosby*. 2003;1003–57.
32. Marini JJ, Rodriguez RM, Lamb V. The inspiratory workload of patient-initiated mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis [Internet]*. 1986 [cited 2023 Apr 22];134(5):902–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3096177/>
33. Ward ME, Corbeil C, Gibbons W, Newman S, Macklem PT. Optimization of respiratory muscle relaxation during mechanical ventilation. *Anesthesiology [Internet]*. 1988 [cited 2023 Apr 22];69(1):29–35. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3389564/>
34. Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med [Internet]*. 1994 Apr 14 [cited 2023 Apr 22];330(15):1056–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8080509/>
35. Chiumello D, Pelosi P, Calvi E, Bigatello LM, Gattinoni L. Different modes of assisted ventilation in patients with acute respiratory failure. *Eur Respir J [Internet]*. 2002 Oct 1 [cited 2023 Apr 22];20(4):925–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12412685/>
36. Hyzy Robert C. Modes of mechanical ventilation. In: Parsons Polly E., editor. *Uptodate*; 2023 [cited 2023 Dec 31]. Available from: https://www.uptodate.com/contents/modes-of-mechanical-ventilation?source=bookmarks_widget
37. Macintyre NR. Pressure-limited versus volume-cycled breath delivery strategies. *Crit Care Med*. 1994;22(1):4–5.
38. Abraham E, Yoshihara G. Cardiorespiratory effects of pressure controlled ventilation in severe respiratory failure. *Chest [Internet]*. 1990 [cited 2023 Apr 22];98(6):1445–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2123150/>

39. Rappaport SH, Shpiner R, Yoshihara G, Wright J, Chang P, Abraham E. Randomized, prospective trial of pressure-limited versus volume-controlled ventilation in severe respiratory failure. *Crit Care Med* [Internet]. 1994 [cited 2023 Apr 22];22(1):22–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8124968/>
40. Prella M, Feihl F, Domenighetti G. Effects of short-term pressure-controlled ventilation on gas exchange, airway pressures, and gas distribution in patients with acute lung injury/ARDS: comparison with volume-controlled ventilation. *Chest* [Internet]. 2002 [cited 2023 Apr 22];122(4):1382–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12377869/>
41. Chiumello D, Pelosi P, Taccone P, Slutsky A, Gattinoni L. Effect of different inspiratory rise time and cycling off criteria during pressure support ventilation in patients recovering from acute lung injury. *Crit Care Med*. 2003;31(11):2604–10.
42. Kollisch-Singule M, Jain S, Andrews P, Smith BJ, Hamlington-Smith KL, Roy S, et al. Effect of Airway Pressure Release Ventilation on Dynamic Alveolar Heterogeneity. *JAMA Surg* [Internet]. 2016 Jan 1 [cited 2023 Apr 22];151(1):64–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26444302/>
43. Chen SC, Cheng WE, Shih CM, Chu CC, Liu CJ. Adaptive support ventilation: Review of the literature and clinical applications. *J Intern Med Taiwan*. 2008;19:465–71.
44. Mercat A, Graini L, Teboul JL, Lenique F, Richard C. Cardiorespiratory effects of pressure-controlled ventilation with and without inverse ratio in the adult respiratory distress syndrome. *Chest* [Internet]. 1993 [cited 2023 Apr 22];104(3):871–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8365303/>
45. Mercat A, Diehl JL, Michard F, Anguel N, Teboul JL, Labrousse J, et al. Extending inspiratory time in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* [Internet]. 2001 [cited 2023 Apr 22];29(1):40–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11176158/>
46. Marino PL. Mechanical Ventilation. In: Marino PL, editor. *The ICU Book*. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2014. p. 487–503.
47. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2000 [cited 2023 Apr 22];161(5):1530–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10806150/>

48. NR M, DJ C, EW E, SK E, JB F, JE H, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest* [Internet]. 2001 [cited 2023 Apr 22];120(6 Suppl). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11742959/>
48. Hébert PC, Blajchman MA, Cook DJ, Yetisir E, Wells G, Marshall J, et al. Do blood transfusions improve outcomes related to mechanical ventilation? *Chest* [Internet]. 2001 [cited 2023 Apr 22];119(6):1850–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11399714/>
50. Netzer G, Dowdy DW, Harrington T, Chandolu S, Dinglas VD, Shah NG, et al. Fever is associated with delayed ventilator liberation in acute lung injury. *Ann Am Thorac Soc* [Internet]. 2013 [cited 2023 Apr 22];10(6):608–15. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24360965/>
51. Beuret P, Roux C, Auclair A, Nouridine K, Kaaki M, Carton MJ. Interest of an objective evaluation of cough during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* [Internet]. 2009 Jun [cited 2023 Apr 22];35(6):1090–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19169666/>
52. El-Khatib MF, Zeineldine SM, Jamaledine GW. Effect of pressure support ventilation and positive end expiratory pressure on the rapid shallow breathing index in intensive care unit patients. *Intensive Care Med* [Internet]. 2008 Mar [cited 2023 Apr 22];34(3):505–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18060662/>
53. Patel KN, Ganatra KD, Bates JH, Young MP. Variation in the rapid shallow breathing index associated with common measurement techniques and conditions. *Respir Care*. 2009;54:1462–6.
54. Epstein SK, Ciubotaru RL. Influence of gender and endotracheal tube size on preextubation breathing pattern. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 1996 [cited 2023 Apr 22];154(6 Pt 1):1647–52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8970349/>
55. Seymour CW, Cross BJ, Cooke CR, Gallop RL, Fuchs BD. Physiologic impact of closed-system endotracheal suctioning in spontaneously breathing patients receiving mechanical ventilation. *Respir Care*. 2009;54:367–74.
56. Börekçi Ş, Umut S. Arter Kan Gazı Analizi, Alma Tekniği Ve Yorumlanması. *Türk Toraks Dergisi*. 2011;12(1):5–9.
57. Faffe DS, Zin WA. Lung parenchymal mechanics in health and disease. *Physiol Rev*. 2009;89(3):759–75.

58. Whitelaw WA, Derenne JP, Milic-Emili J. Occlusion pressure as a measure of respiratory center output in conscious man. *Respir Physiol* [Internet]. 1975;23(2):181–99. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1144940/>
59. Yehya N. Current concepts in pediatric critical care. MountProspect, IL: Society of Critical Care Medicine; 2020. Excellent review of waveforms and asynchrony in pediatric patients. EaB G, editor.
60. Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001;120(6):400S–424S.
61. Duan J, Zhang X, Song J. Predictive power of extubation failure diagnosed by cough strength: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2021;25(1):357.
62. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest*. 2001;120(4):1262–70.
63. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, Chanques G, Berthet JP, Rabuel C, et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2011 Feb 1 [cited 2023 Apr 22];183(3):364–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20813887/>
64. Itagaki T, Nakanishi N, Takashima T, Ueno Y, Tane N, Tsunano Y, et al. Effect of controlled ventilation during assist-control ventilation on diaphragm thickness: a post hoc analysis of an observational study. *J Med Invest* [Internet]. 2020 [cited 2023 Apr 22];67(3.4):332–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33148911/>
65. Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care* [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2023 Apr 22];30(1):37–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27112953/>
66. Whebell S, Sane S, Naidu S, White H. Use of Ultrasound to Determine Changes in Diaphragm Mechanics During A Spontaneous Breathing Trial. *J Intensive Care Med* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2023 Apr 22];36(9):1044–52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32723136/>
67. Palkar A, Mayo P, Singh K, Koenig S, Narasimhan M, Singh A, et al. Serial Diaphragm Ultrasonography to Predict Successful Discontinuation of Mechanical Ventilation. *Lung* [Internet].

2018 Jun 1 [cited 2023 Apr 22];196(3):363–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29556805/>

68. Bellissimo, C. A., Idunn S. Morris², Wong, J., & Goligher¹², E. C. (2023, November 3). Author spotlight: Unraveling the impact of mechanical ventilation on diaphragm function and patient outcomes. Jove.com; Journal of Visualized Experiments (JoVE). <https://app.jove.com/t/65431/measuring-diaphragm-thickness-and-function-using-point-of-care-ultrasound>

69. Blackwood B, Alderdice F, Burns KE, Cardwell CR, Lavery G, O’Halloran P. Protocolized versus non-protocolized weaning for reducing the duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2010 May 12 [cited 2023 Apr 22];(5). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20464747/>

70. Tobin MJ. Principles and practice of mechanical ventilation, 2nd edition. *Shock*. 2006;26(4):426.

71. Hyzy RC. Extubation management in the adult intensive care unit. In: Manaker S, editor. *Uptodate*. 2024.

72. Epstein SK, Walkey A. Initial weaning strategy in mechanically ventilated adults. *Uptodate*. 2024 Jan;

73. Salam A, Tilluckdharry L, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes. *Intensive Care Med* [Internet]. 2004 [cited 2023 Apr 22];30(7):1334–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14999444/>

74. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* [Internet]. 2007 May [cited 2023 Apr 22];29(5):1033–56. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17470624/>

75. Shi ZH, de Vries H, de Grooth HJ, Jonkman AH, Zhang Y, Haaksma M, et al. Changes in respiratory muscle thickness during mechanical ventilation: Focus on expiratory muscles. *Anesthesiology* [Internet]. 2021;134(5):748–59. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33711154/>

76. Esteban A, Alia I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. *Chest* [Internet]. 1994;106(4):1188–93. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7924494/>

77. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, Solsona JF, Valverdu V, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* [Internet]. 1995;332(6):345–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7823995/>
78. Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekić N, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 1994;150(4):896–903. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7921460/>
79. Laghi F, D'Alfonso N, Tobin MJ. Pattern of recovery from diaphragmatic fatigue over 24 hours. *J Appl Physiol* [Internet]. 1995;79(2):539–46. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7592215/>
80. Sferazza Papa GF, Pellegrino GM, Di Marco F, Imeri G, Brochard L, Goligher E, et al. A review of the ultrasound assessment of diaphragmatic function in clinical practice. *Respiration*. 2016;91(5):403–11.
81. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med*. 2017;43(1):29–38.
82. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: Systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2017;152(6):1140–50.
83. Sabourin E, Carpentier C, Lai C, Monnet X, Pham T. “Under pressure”: should we use diaphragm excursion to predict weaning success in patients receiving pressure support ventilation? *Crit Care* [Internet]. 2023;27(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37322500/>
84. Parada-Gereda HM, Tibaduiza AL, Rico-Mendoza A, Molano-Franco D, Nieto VH, Arias-Ortiz WA, et al. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* [Internet]. 2023;27(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37147688/>
85. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med* [Internet]. 2015;41(4):642–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25693448/>

86. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients—a narrative review. *Intensive Care Med* [Internet]. 2020;46(4):594–605. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31938825/>
87. Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, McCool FD, Mora J. Change in diaphragmatic thickness during the respiratory cycle predicts extubation success at various levels of pressure support ventilation. *Lung* [Internet]. 2016;194(4):519–25. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27422706/>
88. Mahmoodpoor A, Fouladi S, Ramouz A, Shadvar K, Ostadi Z, Soleimanpour H. Diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Anaesthesiol Intensive Ther* [Internet]. 2022;54(2):164–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35792111/>
89. Spadaro S, Grasso S, Mauri T, Dalla Corte F, Alvisi V, Ragazzi R, et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Crit Care* [Internet]. 2016;20(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27677861/>
90. Sen MK, Kumar R, Chakrabarti S, Ish P, Gupta N, Gupta NK, et al. Prediction of weaning outcome from mechanical ventilation using diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Indian J Crit Care Med* [Internet]. 2022;26(9):1000–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36213711/>
91. Mowafy SMS, Abdelgalel EF. Diaphragmatic rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome from mechanical ventilation: Comparison with traditional rapid shallow breathing index. *Egypt J Anaesth*. 2019;35(1):9–17.
92. Fossat G, Daillet B, Desmalles E, Boulain T. Does diaphragm ultrasound improve the rapid shallow breathing index accuracy for predicting the success of weaning from mechanical ventilation? *Aust Crit Care* [Internet]. 2022;35(3):233–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34340902/>
93. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax* [Internet]. 2014;69(5):431–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24365607/>

94. McCool FD, Oyieng'o DO, Koo P. The utility of diaphragm ultrasound in reducing time to extubation. *Lung* [Internet]. 2020;198(3):499–505. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32285195/>
95. Jia D, Wang H, Wang Q, Li W, Lan X, Zhou H, et al. Rapid shallow breathing index predicting extubation outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Intensive Crit Care Nurs* [Internet]. 2024;80(103551):103551. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37783181/>
96. Marques MR, Pereira JM, Paiva JA, de Casasola-Sánchez GG, Tung-Chen Y. Ultrasonography to access diaphragm dysfunction and predict the success of mechanical ventilation weaning in critical care: A narrative review. *J Ultrasound Med* [Internet]. 2023; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37915259/>
97. Vivier E, Muller M, Putegnat JB, Steyer J, Barrau S, Boissier F, et al. Inability of diaphragm ultrasound to predict extubation failure. *Chest* [Internet]. 2019;155(6):1131–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30910636/>
98. Saravanan R, Nivedita K, Karthik K, Venkatraman R. Role of diaphragm ultrasound in weaning mechanically ventilated patients: A prospective observational study. *Indian J Anaesth* [Internet]. 2022;66(8):591. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36274806/>
99. Zhang X, Yuan J, Zhan Y, Wu J, Liu B, Zhang P, et al. Evaluation of diaphragm ultrasound in predicting extubation outcome in mechanically ventilated patients with COPD. *Ir J Med Sci* [Internet]. 2020;189(2):661–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31691888/>
100. Abbas A, Embarak S, Walaa M, Lutfy S. Role of diaphragmatic rapid shallow breathing index in predicting weaning outcome in patients with acute exacerbation of COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* [Internet]. 2018;13:1655–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29849456/>
101. Sanson G, Sartori M, Dreas L, Ciraolo R, Fabiani A. Predictors of extubation failure after open-chest cardiac surgery based on routinely collected data. The importance of a shared interprofessional clinical assessment. *Eur J Cardiovasc Nurs* [Internet]. 2018;17(8):751–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29879852/>
102. Jaber S, Quintard H, Cinotti R, Asehnoune K, Arnal JM, Guitton C, et al. Risk factors and outcomes for airway failure versus non-airway failure in the intensive care unit: a multicenter observational study of 1514 extubation procedures. *Crit Care* [Internet]. 2018;22(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30243304/>

103. Duan J, Zhou L, Xiao M, Liu J, Yang X. Semiquantitative cough strength score for predicting reintubation after planned extubation. *Am J Crit Care* [Internet]. 2015;24(6):e86–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26523016/>
104. Norisue Y, Santanda T, Nabeshima T, Tomita S, Saito S, Kataoka J, et al. Association of diaphragm movement during cough, as assessed by ultrasonography, with extubation outcome. *Respir Care* [Internet]. 2021;66(11):1713–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34493609/>
105. Norisue Y, Santanda T, Homma Y, Tomita S, Saito S, Kataoka J, et al. Ultrasonographic assessment of passive cephalic excursion of diaphragm during cough expiration predicts cough peak flow in healthy adults. *Respir Care* [Internet]. 2019;64(11):1371–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31113859/>
106. Aubier M, Murciano D, Lecocguic Y, Viires N, Jacquens Y, Squara P, et al. Effect of hypophosphatemia on diaphragmatic contractility in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* [Internet]. 1985;313(7):420–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3860734/>
107. Bao Q, Zhou M, Liao W, Peng L, Zou Z. Impact of hypophosphatemia on weaning from mechanical ventilation. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* [Internet]. 2021;33(7). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34412751/>
108. Santibañez-Velázquez M, Medina G, Ocharán-Hernández ME. Association of independent risk factors with post-extubation failure in patients undergoing mechanical ventilation weaning. *Gac Med Mex* [Internet]. 2023;156(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33877109/>
109. Kara A, Kizilarslanoğlu MC, Bolayir B, Ortaç Ersoy E, Öcal S, Çakir B, et al. Effect of hypophosphatemia on weaning success from mechanical ventilation. *Tuberk Toraks* [Internet]. 2015;63(2):102–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26167967/>
110. Alsumrain MH, Jawad SA, Imran NB, Riar S, DeBari VA, Adelman M. Association of hypophosphatemia with failure-to-wean from mechanical ventilation. *Ann Clin Lab Sci* [Internet]. 2010;40(2):144–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20421625/>
111. Aldabayan YS, Tolba AA, Alrajeh AM, Ahmed AT, Mahgoub AA, Glalah AAA, et al. Factors affecting mechanical ventilator weaning success and 28-day survival among patients with acute respiratory distress syndrome secondary to COVID-19. *SAGE Open Nurs* [Internet]. 2023;9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37457616/>

112. Sato R, Hasegawa D, Hamahata NT, Narala S, Nishida K, Takahashi K, et al. The predictive value of airway occlusion pressure at 100 msec (P0.1) on successful weaning from mechanical ventilation: A systematic review and meta-analysis. *J Crit Care* [Internet]. 2021;63:124–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33012587/>
113. González-Aguirre JE, Rivera-Uribe CP, Rendón-Ramírez EJ, Cañamar-Lomas R, Serna-Rodríguez JA, Mercado-Longoria R. Pulmonary ultrasound and diaphragmatic shortening fraction combined analysis for extubation-failure-prediction in critical care patients. *Arch Bronconeumol* [Internet]. 2019;55(4):195–200. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30446249/>
114. Zapata L, Suarez-Montero JC, López-Garzón PA. Association between diastolic dysfunction and fluid balance in critically ill patients during weaning from mechanical ventilation. *Med Intensiva (Engl Ed)* [Internet]. 2023;47(12):708–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37380508/>
115. Li S, Chen Z, Yan W. Application of bedside ultrasound in predicting the outcome of weaning from mechanical ventilation in elderly patients. *BMC Pulm Med* [Internet]. 2021;21(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34243739/>
116. Pałac M, Rutka M, Wolny T, Podgórski M, Linek P. Ultrasonography in assessment of respiratory muscles function: A systematic review. *Respiration* [Internet]. 2022;101(9):878–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35760051/>
117. Janssen ML, Jonkman AH, Wennen M, Wils EJ, Endeman H, Heunks L. Diaphragm excursions as proxy for tidal volume during spontaneous breathing in invasively ventilated ICU patients. *Intensive Care Med Exp* [Internet]. 2023;11(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37891413/>
118. Jansen D, Jonkman AH, Vries HJ de, Wennen M, Elshof J, Hoofs MA, et al. Positive end-expiratory pressure affects geometry and function of the human diaphragm. *J Appl Physiol* [Internet]. 2021;131(4):1328–39. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34473571/>
119. Lindqvist J, van den Berg M, van der Pijl R, Hooijman PE, Beishuizen A, Elshof J, et al. Positive end-expiratory pressure ventilation induces longitudinal atrophy in diaphragm fibers. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2018;198(4):472–85. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29578749/>
120. Soilemezi E, Koco E, Tsimpos C, Tsagourias M, Savvidou S, Matamis D. Effects of continuous positive airway pressure on diaphragmatic kinetics and breathing pattern in healthy individuals.

Respirology [Internet]. 2016;21(7):1262–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27253912/>

121. Le Neindre A, Philippart F, Luperto M, Wormser J, Morel-Sapene J, Aho SL, et al. Diagnostic accuracy of diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: A systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud* [Internet]. 2021;117(103890):103890. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33588324/>

