

T.C
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ



**WEANING BAŞARISININ TAHMİNİNDE DİYAFRAM FONKSİYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİNİN KLASİK WEANING PREDİKTÖRLERİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

DR. BUKET YILDIZ SEREZ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

Uzmanlık Tezi

2019

KOCAELİ

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

WEANING BAŞARISININ TAHMİNİNDE DİYAFRAM FONKSİYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİNİN KLASİK WEANING PREDİKTÖRLERİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI

DR. BUKET YILDIZ SEREZ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı

PROF. DR. ZEHRA NUR BAYKARA

Anabilim Dalı Başkanı

PROF. DR. ZEHRA NUR BAYKARA

Etik Kurul Onayı: 2018

KAEK:404

2019

KOCAELİ

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimimi en iyi şekilde tamamlamamı sağlayan, eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra insani değerleri ve çalışma disipliniyle de örnek aldığım; tez çalışmam sırasında da benden yardım, deneyim ve desteğini esirgemeyen, özenle yol gösteren, değerli tez danışman hocam, Prof. Dr.Zehra Nur Baykara'ya;

Berber çalışma fırsatı bularak bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Mine Solak'a, Prof. Dr .Kamil Toker'e, Prof. Dr. Yavuz Gürkan'a;

Asistanlık eğitimim boyunca bilgilerinden ve deneyimlerinden faydalandığım değerli hocalarım; Prof. Dr. Tülay Şahin'e , Prof. Dr. Tülay Çardaközü'ne , Prof .Dr. Dilek İçli'ye , Doç. Dr. Murat Tekin'e , Doç. Dr. Alparslan Kuş'a , Doç. Dr. Z. İpek Aydın'a;

Asistan iken birlikte çalıştığım , sonrasında hocam olmalarından gurur duyduğum , her zaman bilgilerinden, arkadaşlıklarından , rehberliklerinden yararlandığım Dr. Öğr. Üyesi Can Aksu'ya, Dr. Öğr. Üyesi Sevim Cesur'a ;

Zorlu asistanlık sürecininin üstesinden gelmemde yardımcı olan Uzm. Dr.Volkan Alparsalan'a , Uzm. Dr. Neşe Türkyılmaz 'a , tüm asistan arkadaşlarıma; beraber çalıştığım anestezi teknisyen ve tekniker arkadaşlarıma, yoğun bakım hemşire ve sağlık personellerine teşekkür ederim.

Varlığını ve desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili eşim Can Serez'e ; bu hayattaki motivasyon kaynağım olan , yanında olmadığım her anından pişmanlık duyduğum biricik kızıma ; bu zamana kadar bana gösterdikleri sevgiyi ,sabrı ,desteği kızıma da gösteren anne ve babama ve tüm aileme ne kadar teşekkür etsem azdır.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa Numarası

1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler.....	3
2.1 Mekanik Ventilasyon	3
2.1.1 Mekanik Ventilasyon Endikasyonları.....	3
2.1.2 Mekanik Ventilatör Parametreleri.....	4
2.1.3 Mekanik Ventilatör Temel Modları.....	6
2.1.4 Mekanik Ventilasyon Komplikasyonları Ve Yan Etkileri.....	10
2.2 <i>Weaning</i>	12
2.2.1 <i>Weaning</i> İçin Gerekli Koşullar.....	13
2.2.2 <i>Weaning</i> Prediktörleri	14
2.2.2.1 Solunum İş Yüğü Ölçümleri.....	15
2.2.2.2 Solunum Kas Gücü Ölçümleri.....	16
2.2.2.3 Çok Değişkenli İndeksler	21
2.2.3 Spontan Solunum Denemeleri.....	25
2.2.4 <i>Weaning</i> Başarısızlığı	29

3. Gereç ve Yöntem.....	31
4. Bulgular.....	34
5. Tartışma.....	41
6. Sonuç.....	46
7. Özet.....	47
8. Abstract.....	49
9. Ekler.....	51
9.1 Ek 1: Hasta Onam Formu.....	51
9.2 Ek 2: Hasta Takip Formu.....	55
10. Kaynaklar.....	56

KISALTMALAR DİZİNİ

MV	Mekanik Ventilasyon
AC	Akciğer
PaCO₂	Parsiyel Karbondioksit Basıncı
PaO₂	Parsiyel Oksijen Basıncı
SaO₂	Oksijen Saturasyonu
FiO₂	İnspire Edilen Oksijen Konsantrasyonu
F	Solunum Frekansı
İ/E	İnspiryum , Ekspiryum oranı
VT	Tidal Volüm
VE	Dakika Ventilasyonu
PEEP	Pozitif Ekspiryum Sonu Basıncı
ARDS	Akut Respiratuar Distres Sendromu
FRK	Fonksiyonel Rezidüel Kapasite
SSD	Spontan Solunum Denemesi
NİV	Non – invaziv Ventilasyon
P0.1	Havayolu Tıkanma Basıncı
MİP	Maksimum İnspiratuar Basıncı
C	Kompliyans
RSBİ	Hızlı Yüzeysel Havayolu İndeksi
VILI	Ventilatör İlişkili Akciğer Hasarı
VAP	Ventilatör İlişkili Pnömoni
VIDD	Ventilatör ilişkili Diyafram Disfonksiyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Numarası	
Şekil 1. Diyaframın Topografik Görünümü.....	18
Şekil 2. Diyaframın Koronal Görünümü.....	19
Şekil 3. Diyafram Kalınlığının USG Prob Yerleşimi ve Görüntüsü.....	20
Şekil 4. Diyafram Ekskürsiyonu USG Prob Yerleşimi ve Görüntüsü.....	21
Şekil 5. Özafageal Katater Örnekleri.....	24
Şekil 6. Solunum Mekanikleri Dalga Formları.....	24
Şekil 7 . B - Mod USG Görüntüsü.....	32
Şekil 8. M - Mod USG Görüntüsü.....	32
Şekil9. Mekanik Ventilasyon Sürelerinin Gruplar Arası Karşılaştırması.....	37
Şekil 10. Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu Değeri Gruplar Arası Çizelgesi.....	39
Şekil 11. Diyafram Ekskürsiyon Değerinin Gruplar Arası Çizelgesi.....	40

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa Numarası

Tablo 1. <i>Weaning</i> Sürecine Göre Hastaların Sınıflandırılması.....	13
Tablo 2. <i>Weaning</i> Prediktörleri.....	14
Tablo 3. CROP Formülü.....	22
Tablo 4. <i>Weaning</i> Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajları.....	26
Tablo 5. Spontan Solunum Denemesi Başarısızlık Kriterleri.....	27
Tablo 6. <i>Weaning</i> Başarısızlığına Neden Olan Faktörler.....	29
Tablo 7. Hastaların Dermografik Özellikleri.....	34
Tablo 8. <i>Weaning</i> Başarılı ve Başarısız Grup Hastaların Yaş,Cinsiyet,Yatış sebebi,.....	36
APACHE 2, SOFA skorları,MV süresi,Enfeksiyon varlığı,kalsiyum, Fosfat Değerleri Açısından Karşılaştırılmaları	
Tablo 9. Mekanik Ventilator Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	38
Tablo 10. Diyafram USG Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	39

1.GİRİŞ

Mekanik ventilasyon (MV), sıklıkla akut solunum yetmezliği veya kronik solunum yetmezliğinin akut alevlenmesi nedeniyle yeterli oksijenasyon ve/veya ventilasyonun sağlanamadığı durumlarda; gaz değişiminin iyileştirilmesi, solunum iş yükünün azaltılması ve hava yolu açıklığının sağlanması amacıyla uygulanır. Mekanik ventilasyon; yukarıda belirtilen durumlarda hayat kurtarıcı olsa da, sebep olabileceği komplikasyonlardan dolayı mümkün olan en kısa sürede sonlandırılmalıdır. Mekanik ventilasyon desteğinin aşamalı olarak azaltılması ve sonlandırılması işlemi “*weaning*” olarak tanımlanmaktadır. *Weaning*, solunum yetmezliğine neden olan patolojinin düzelmesi veya iyileşme göstermesi ile başlanan ve zaman içinde solunum işinin tamamen hastaya bırakılmasıyla sonuçlanan bir süreçtir. Mekanik ventilasyonun uzaması laringeal hasar, nazokomial pnömoni, ventilatör ilişkili akciğer hasarı, solunum kaslarında disfonksiyon gibi birçok komplikasyonu da beraberinde getirmektedir.¹

Ventilatörden ayırma için en uygun zaman ve uygulama şeklinin seçiminde halen klinisyenin deneyim ve tercihleri önemli rol oynamaktadır. Görüş birliği sağlanan konu *weaning* işlemine başlamak için bazı şartların sağlanması gerekliliğidir. Ancak mekanik ventilatörden ayırma için gerekli şartların oluşması hastaların ventilatörden güvenle ayrılacakları anlamına gelmez. *Weaning* güçlüğüne patofizyolojisi karışıktır ve hastalar farklı nedenlerden dolayı *weaning* güçlüğü yaşamaktadırlar. Ancak, *weaning* başarısızlığında sıklıkla solunum işi ile bu işi gerçekleştirecek nöromusküler kapasite arasında uyumsuzluk vardır; solunum işi artmıştır ve/veya nöromusküler kapasite azalmıştır. Artmış solunum işi artmış elastans (kompliansın tersi olarak düşünülebilir) ve/veya havayolu direnci nedeniyledir. Nöromusküler kapasitede azalmada; kritik hastalık nöropatisi, elektrolit düzeyi anormallikleri, bazı ilaçlar (kortikosteroidler, nöromusküler blokörler), malnutrisyon, rol oynasa da ventilatörle ilişkili diyafram disfonksiyonu son senelerde en çok üzerinde durulan etkenlerden birisidir.²⁻¹⁰ Hasta mekanik ventilasyon desteği altında iken ventilatörden ayrılma başarısızlığını öngöreceği güvenilir parametrelere gereksinim vardır. Mevcut parametreler genel olarak solunum fonksiyonlarının ölçümlerini içermektedir.

Weaning başarısının tahmininde değişik sensitivite ve spesiviteye sahip PaO₂/FiO₂, solunum sayısı, dakika volümü, hızlı yüzeyel solunum indeksi (RSBİ), havayolu tıkanma basıncı (P_{0.1}), maksimum inspiratuar basınç (MIP) değeri gibi ¹⁰⁻¹¹ çeşitli parametreler kullanılmaktadır.

Ultrasonografik olarak diyafram disfonksiyonunun değerlendirilmesinin, *weaning* başarısının tahmininde kullanılabilir, pratik ve noninvaziv bir yöntem olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. ¹²⁻¹⁶

Bu çalışmada, diyaframın ultrasonografik olarak değerlendirilmesinin *weaning* başarısının tahmininde klasik *weaning* prediktörleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER:

2.1. MEKANİK VENTİLASYON

Mekanik ventilasyon, oksijenlenmesi yeterli olmayan hastalarda, hastanın kendi solunum fonksiyonları ile yeterli oksijenlenme sağlanana kadar, bu fonksiyonun cihaz aracılığı ile dışarıdan sağlanmasıdır. Günümüzde mekanik ventilasyon ameliyathane, yoğun bakım, acil servis ve ev gibi değişik ortamlarda çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Mekanik ventilasyon, endikasyon dahilinde kullanımı hastanın içinde bulunduğu solunum sıkıntısının yaratabileceği mortalite ve morbiditeyi önlemektedir.¹⁷

2.1.1 Mekanik Ventilasyon Endikasyonları

- Genel fizyopatolojik endikasyonlar:
 - Apne,
 - Akut solunum yetersizliği ($\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ ve $\text{pH} < 7.30$),
 - Tedaviye dirençli hipokarbi ve asidoz,
 - Ağır, akut hipoksemi ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ / $\text{SaO}_2 < 90$, $\text{FiO}_2 > \%60$)
 - Ağır solunum sıkıntısının klinik bulguları (bilinç kaybı, dispne , takipne , paradoksal solunum gibi).

- Sık rastlanan klinik endikasyonlar:
 - Akut solunum yetersizliği [akut respiratuar distress sendromu (ARDS), Kalp yetmezliği, pnömoni, sepsis, cerrahi komplikasyonlar, travma] (%66)
 - Koma (%15),
 - Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) alevlenmeleri (%13),
 - Nöromusküler bozukluklar (%5).

2.1.2 Mekanik Ventilatör Parametreleri

FiO₂ (inspire edilen O₂ konsantrasyonu):

FiO₂ 'yi ayarlarken hastaya kabul edilebilir PaO₂ (ya da SaO₂) değerini sağlayacak en düşük O₂ yüzdesini vermek gerekir. Hasta ventilatöre %100 O₂ ile bağlansa bile sonrasında FiO₂ < 0.6'da tutulmaya çalışılmalıdır. Oksijen toksisitesinden kaçınmak için hastaya uzun süre %100 O₂ verilmemelidir.

F (solunum frekansı):

Solunum frekansı seçilen ventilatör moduna, hastanın spontan solunum sayısına ve solunum eforuna, PaCO₂ seviyesine bağlıdır. Yetişkinlerde sıklıkla F 10-16/ dakika olarak ayarlanır. Yüksek frekanslarla oto-PEEP oluşabilir. Hiperventilasyonla hipokarbi (PaCO₂ < 25 mmHg) gelişebilir.

TV (tidal volüm):

Ventilatör kaynaklı akciğer hasarını en aza indirmek için düşük tidal volümler ve düşük ventilasyon basıncı önerilir. Birçok kaynakta ARDS'de özellikle 4-6 mL/ kg TV kullanılması önerilmektedir. TV çok düşükse atelektazi, hipoksemi, hipoventilasyon; çok yüksekse barotravma, solunumsal alkaloz ve kardiyak outputta azalma olabilir.¹⁸

İ/E oranı (inspiryum ekspiryum oranı):

Çoğu zaman inspirasyon ekspirasyon oranı 1:2 olarak ayarlanır. Ekspirasyonun inspirasyona göre biraz daha fazla olması beklenir. İ:E oranı direk ventilatörden ayarlanabildiği gibi bazı manevralarla da değişebilir. Akım hızı, solunum hızı, inspirasyon zamanı ve dakika ventilasyonunun değişmesiyle İ:E oranı da değişir. İ:E oranının 1'den büyük olduğu durumlarda ters orantılı ventilasyon gerçekleşir. Bu da oto-PEEP ve sonucunda hiperinflasyon ve barotravmaya neden olabilir.

PEEP (pozitif ekspiryum sonu basıncı):

Ekspiryum sırasında hava yolu basıncının atmosferik basıncın (0 cmH₂O) üzerinde tutulmasıdır. Diğer modlar ile birlikte uygulanır. PEEP akciğer kompliyansında azalma, rezidüel kapasitede azalma ve refrakter hipoksinin giderilmesi için kullanılır. PEEP kollabe olan akciğer alveollerinin açılmasını sağlar. Oksijenizasyonu ve akciğer kompliyansını iyileştirir. PEEP uygulamasına genellikle 5-10 cmH₂O ile başlanır. PO₂ > 60 ve FiO₂ < 0.50 olacak şekilde ikişer cmH₂O azaltılır veya arttırılır. ARDS, akciğer ödemi, atelektazi, oto-PEEP varlığında ve KOAH alevlenmesinde oldukça faydalıdır.¹⁹

Maksimum inspirasyon basıncı (MİP):

Hastaya ventilatör tarafından inspiryumda verilen soluk ile hava yolunda oluşan en yüksek basınç değeridir. MİP hava yolu rezistansından ve kompliyansından etkilenir. Hava yolu rezistansını arttıran ve kompliyansını azaltan durumlarda MİP artar. Barotravma sebebiyle dikkat edilmeli ve MİP 40 cmH₂O'un üzerine çıkmasına izin verilmemelidir.

Pplato (inspiratuvar plato basıncı):

İspiratuvar volüm akciğerlerde tutulduğunda hava yolu basıncı başlangıçta azalır ve daha sonra plato basıncı denen kararlı bir düzeye erişir. Pplato doğrudan göğüs duvarı ve akciğer ile ilişkilidir. Bu sebepten MIP ve Pplato arasındaki fark hava yollarında akım direnci ile orantılıdır. Pplato'nun < 28-30 cmH₂O olması istenir.

Tetikleme duyarlılığı (trigger sensitivity):

Hastanın solunum isteği belli bir akım seviyesinde ya da belirli bir basınç üreterek gerçekleştirdiğinde tetikleme gerçekleşir. Mekanik ventilatörün tetiklemesi hastanın spontan solunumunu tetikleyecek ; fakat ventilatörün kendini tetiklemesini önleyecek en hassas seviyede olmalıdır.

2.1.3 Mekanik Ventilatör Temel Modları

Günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle mekanik ventilatörlerde çok çeşitli modlar ortaya çıkmaktadır. Modların çeşitliliği attıkça klinisyenin hangi modu seçeceği zorlaşmaktadır. Temel modlar, günümüzde tüm modern ventilatörlerde standart olarak bulunmaktadır ; fakat farklı cihazlarda, farklı adlandırılmış olabilirler. Soluk içindeki kontrol değişkenlerine bağlı olarak ve soluk özelliklerine göre farklı modlardan yararlanılabilir.²⁰

- Soluk içindeki kontrol değişkenlerine göre:
 - Hacim kontrollü
 - Basınç kontrollü
- Soluk özelliklerine göre:
 - Sürekli zorunlu ventilasyon (CMV, continuous mandatory ventilation)
 - Eş zamanlı aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV, synchronized intermittent mandatory ventilation)
 - Basınç destekli ventilasyon (PSV, pressure support ventilation)
 - Sürekli spontan solunum (CSV, continuous spontaneous ventilation) (örneğin CPAP, BIPAP, APRV) olarak sınıflamak mümkündür.²¹

CMV; Hacim veya basınç kontrollü olabilir; VC-CMV, PC-CMV.

SIMV; Hacim veya basınç kontrollü olabilir; VCSIMV, PC-SIMV.

PSV ; Sadece basınç kontrollüdür.

❖ CMV (sürekli zorunlu ventilasyon):

VC-CMV (volüm kontrollü sürekli zorunlu ventilasyon):

Bu modda ventilatör klinisyenin ayarladığı frekansta istenen sabit volümü hastaya verir. Bu modda belirlenen hacim sabit tutulup basınç değişkendir. Zorunlu soluklar ister hasta tarafından [Asist kontrol ventilasyonda (ACV); hastanın soluklarını ventilatör destekler ve zorunlu soluklardan kabul eder], ister ventilatör tarafından tetiklensin ayarlanan soluk hacmine ulaştırılır. VC-CMV modun avantajları dakika ventilasyonun garantili olması,

hipoventilasyon riskinin çok az olması, hastanın soluma işinin az olmasıdır. CMV modunun dezavantajı, her ne kadar hasta solunumu tetiklese ve soluma işine bir ölçüde katılsa da bunun büyük kısmını ventilatör üstlenmiş durumdadır. CMV uzun süre kullanılacaksa solunum kaslarının güçsüzlüğü ve atrofisi ortaya çıkabilir. Aynı zamanda CMV’de zorunlu solukların dışında hastanın solumasına izin verilmez; bu da hasta ventilatör uyumsuzluğuna sebep olur. Bu sebeple bu modun genellikle sedatize hastalarda kullanılması önerilir.

PC-CMV (basınç kontrollü sürekli zorunlu ventilasyon):

Bu modda klinisyen inspiriyum basınç düzeyi, İ:E oranı, F_I, PEEP ve FiO₂ ’yi ayarlar. Basınç sabitken hacim değişkendir. Bu modda kontrol değişkeni basınçtır. Her soluk ayarlanan tepe hava yolu basıncına (PEEP + inspiratuar pressure) ulaştırılır ve inspiriyum süresince bu basınç düzeyi korunur. VC -CMV’de olduğu gibi zorunlu soluklar hasta (asist kontrol) ya da ventilatör tarafından tetiklenebilir. PC-CMV’de en büyük dezavantaj TV ve dakika ventilasyon değerinin sabit olmamasıdır. Solunum işinin büyük kısmını ventilatörün üstlendiği ve zorunlu soluklar dışında hastanın solumasına izin vermediği için VC-CMV’ de olduğu gibi solunum kaslarında atrofi ve hasta ventilatör uyumsuzluğu riski mevcuttur.

❖ SIMV (senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon):

VC-SIMV, PC-SIMV olarak iki farklı şekilde kullanılabilir. Önceden klinisyenin belirlediği zorunlu soluklar belirli hacimde (VC-SIMV) ya da belirli basınçta (PC-SIMV) hastanın solunum eforuyla senkronize olarak, istenen hacimde hastaya verilir. Hastanın spontan solunumu zorunlu soluklardan fazla ise hastanın solunumuna izin verilir ; ancak bu solukları cihaz desteklemez. CMV moduna üstünlüğü, hastanın spontan solumasına izin vermesidir. Bu sebeple hasta ventilatör uyumu CMV’ye göre daha iyidir. Aynı zamanda hastanın solumasına izin verildiği için solunum kaslarının atrofisi daha azdır. Bu özelliği ile uzun süreli mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalar için uygun bir moddur. Hastanın solunum eforuna göre zorunlu soluklar ayarlanmalıdır. Eğer spontan solunumu az ve

zorunlu soluklar da az ayarlandıysa hipoventilasyon meydana gelebilir; ya da tam tersi spontan solunumu fazla, zorunlu soluklar da fazla ise hiperventilasyonla sonuçlanabilir.

❖ **PSV (basınç destekli ventilasyon):**

Spontan soluyabilen hastalarda sıklıkla kullanılan bir moddur. PSV, soluyabilen hastada fizyolojik solunuma daha yakın bir moddur. Bu modda kullanıcı insipiryum basıncı, PEEP ve FiO₂ 'yi ayarlar. Modun en önemli özelliği, hastanın her soluma çabasının pozitif basınçla desteklenmesidir. Ekspirasyon ise pasiftir. Bu modda herhangi bir sebeple apne gelişimi hayati tehlike oluşturabilir. Bu riski ortadan kaldırmak için çeşitli ventilatörlerde bu moda apne ventilasyon desteği eklenmiştir. Hastanın soluma çabası yoksa, apne ventilasyon modu devreye girer ve hastaya zorunlu soluk verilir. Ancak ventilasyonun apne ventilasyon özelliği yoksa; PSV modunda takip edilen hastanın, spontan solunumunun olduğundan emin olunmalıdır.

SIMV + PSV:

SIMV modda, zorunlu soluklar dışında hastanın solumasına izin verilir; ancak bu soluklar ventilatör tarafından desteklenmez. SIMV + PSV modunda ise zorunlu soluklar dışındaki hastanın spontan solukları basınçla desteklenir. Kullanıcı bu modda SIMV moduna ek olarak insipiryum basıncını ayarlar.

❖ **CSV (sürekli spontan solunum) (örnekleri CPAP, BIPAP):**

CPAP (Sürekli pozitif hava yolu basıncı):

Spontan solunum modudur. Bu mod için hasta mutlaka yeterli solunum çabası yapmalıdır. Kullanıcı tarafından ayarlanan sabit bir hava yolu basıncı tüm spontan solunum döngüsü boyunca korunur. CPAP ile istenen; hava yolu basıncının atmosfer basıncının üzerinde tutularak alveollerin sönmesinin engellenmesi ve fonksiyonel rezidüel kapasite (FRK)' nin arttırılarak gaz değişiminde iyileşme sağlanmasıdır. CPAP noninvaziv

ventilasyon ile de uygulanabilir. Uyku apne sendromu, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) , akciğer ödemi gibi durumlarda son yıllarda daha sık kullanılmaktadır. Ayrıca bu mod mekanik ventilatörden ayırma sürecinde (*weaning*) geçiş modu olarak da kullanılmaktadır.

BIPAP (çift düzeyli pozitif hava yolu basıncı):

Klinisyen bu modda iki farklı seviyede pozitif hava yolu basıncını ayarlar (üst PEEP, alt PEEP). Hasta her iki basınç düzeyinde de spontan solunum yapar. Ayarlanan iki PEEP seviyesi ve bu seviyelerin ne kadar süre uygulanacağı kullanıcı tarafından belirlenir. Noninvaziv ventilasyonda sıklıkla kullanılan bir moddur.

CPAP ve PEEP'in pulmoner etkileri: CPAP ve PEEP modlarının akciğerler üzerine belirli etkileri vardır.

- Fonksiyonel rezidüel kapasite artar,
- TV artar,
- Kompliyans artar
- Ventilasyon/perfüzyon oranı düzelir,
- Şant oranı azalır,
- Oksijenizasyon düzelir.

Aşırı CPAP ve PEEP dezavantajları:

- Alveolleri aşırı şişirebilir.
- Bronşlar aşırı genişleyebilir.
- Kompliyans düşer.
- Solunum işi artar.
- Kapillerler üzerine aşırı basınç mikrosirkülasyonu bozar ve sağ ventrikül etkilenir.
- 20 cmH₂O'un üzerindeki basınç değerlerinde barotravma riski çok artar (pnömomediastinum , pnömoperitoneum , subkutanöz amfizem gibi).

PEEP'in düşük seviyeleri (örn. 5 cmH₂O) bile hipovolemi ve kardiyak disfonksiyonu olan hastalar için oldukça tehlikelidir.²²

2.1.4 Mekanik Ventilasyon Komplikasyonları ve Yan Etkileri

➤ Hasta – Ventilatör ilişkili komplikasyonlar

- Ventilatörden ayrılma veya tüpün çıkması
- Devre kaçağı
- Trakeal veya oral yaralanma
- Yetersiz nemlendirme
- Havayolu obstrüksiyonu

➤ Pulmoner Komplikasyonlar

- Ventilatör İlişkili AC Hasarı
 - Volüt travma
 - Baro travma
 - Biyotravma
 - Atektot travma
 - Oksijen Toksikitesi
- Ventilatör İlişkili Pnömoni
- Ventilatör İlişkili Diyafram Disfonksiyonu

➤ Kardiyovasküler ve Renal Komplikasyonlar

- Azalmış venöz dönüş , kardiyak output ve hipotansiyon
- İdrar çıkışında düşüş

➤ Gastrointestinal ve Nutrisyonel Komplikasyonlar

- Gastrit ve ülser oluşumu
- Malnütrisyon

➤ Nöromusküler ve Psikolojik Komplikasyonlar

- YBÜ kaynaklı edinsel güçsüzlük , DVT , bası yaraları
- Uyku bozukluğu, sedasyon, depresyon, deliryum

❖ Ventialtör İlişkili Akciğer Hasarı (VILI) :

VILI sağlıklı AC 'de veya önceden ALI veya ARDS gibi ağırlaştırıcı durum varlığında gelişebilir. MV 'a bağlı hastaların %25 'inde görülür. MV sırasında pozitif basınç verilmesi AC'in çeşitli şekillerde zarar görmesine neden olabilir.

Volütravma ve Barotravma: AC hasarı tekrarlayan transpulmoner basınç artışı ve alveollerin gerilmesiyle oluşur. Sonuç olarak plevral aralığa hava kaçağı oluşabilir pnömotoraks , pnömomediastinum , ciltaltı amfizem görülebilir. Transpulmoner basıncın 30-35 cmH₂O 'nun üstüne çıkmasıyla volütravma ; 50 cmH₂O'nun üstüne çıkmasıyla barotravma oluşur.

Biotravma : Yaygın alveoler hasar inflamatuvar sitokinlerde artışa sebep olabilir. Sistemik sitokin salınımı, sistemik inflamasyon yanıtı yaratabilir , çoklu organ yetmezliği ve artmış mortaliteyle ilişkilidir.

Atelektotravma: Atelektotravma, düşük hacimde ventile olan akciğer ünitelerinin tekrarlayan açılıp kapanmasına bağlı gerçekleşen akciğer hasarıdır. Bu hasar genellikle düşük tidal volüm ile ventile olan ARDS hastalarında yetersiz PEEP uygulaması sonucu görülür ve özellikle akciğerlerin dependent olarak adlandırılan yerçekiminin etkisi ile kollabe olma eğiliminde olan alanlarında belirgindir. Atelektotravma sonucu, alveollerin sıklık olarak açılıp kapanması, sürfaktan salınımında değişim ve mikrovasküler hasara yol açar.

Oksijen toksisitesi: % 100 oksijen konsantrasyonları havayollarında oksidan hasarlanmalara sebep olur. Reaktif oksijen radikallerinin artışı , inflamasyon ve sekonder doku hasarı ve sonuçta hücre ölümüyle sonuçlanır.

VILI en sık volütravma ve barotravma olarak görülür. AC koruyucu ventilasyon stratejileri bu komplikasyonların görülme sıklığını ve mortaliteyi azalttığı gösterilmiştir.²³

❖ Ventilatör İlişkili Pnömoni (VAP):

MV süresi 48 saati geçtikten sonra nazokomiyal enfeksiyon görülme sıklığı artar. Bu saatten sonra VAP görülme sıklığı %10-30 'a kadar artabilir. Komorbid hastalıklar ve etken olan organizmaya göre %25-70 arasında değişen mortaliteye sahiptir. Genellikle AC grafisinde yeni oluşan infiltratlar ,beyaz küre artışı ,pürülan sekresyonlar ,oksijenizasyonda

bozulma ve ateşle tanı konulur. %60 'ında etken gram negatifler bakteriler iken %20 'sinde gram pozitif bakteriler etkilidir. Vakit kaybetmeden bronkoalveoler lavajdan örnek alınıp, etken mikroorganizma tespit edilip antibiyoterapi başlanması mortalitenin azaltılması için önemlidir.²⁴

2.2 WEANING

Weaning; ventilatör desteğinin daha fazla gerekmediğinin öngörüldüğü koşullarda solunum işinin ventilatörden alınıp yeniden hastanın spontan solunumuna bırakılması sürecidir. Akut solunum yetmezliği nedeni ile mekanik ventilatöre bağlı hastanın tedavi süreci farklı basamaklardan oluşmaktadır.

1.Basamak: Akut solunum yetmezliğine neden olan patolojinin tedavisi ve mekanik ventilasyonun başlatılması,

2.Basamak: Klinisyenin *weaning* için hastanın hazır olabileceğinden şüphelenmesi,

3.Basamak: *Weaning* başarı ihtimalini değerlendirmek için fizyolojik ölçümlerin günlük olarak değerlendirilmesi,

4.Basamak: Hastanın spontan olarak soluyabilme kapasitesinin test edilmesi,

5. basamak: Endotrakeal tüpün çıkarılması ve hastanın spontan solunuma bırakılması²⁵

Weaning genellikle olması gerekenden daha geç gerçekleşmektedir.²⁶ Bu durum hastalarda komplikasyon riski ve tedavi maliyetlerinde artışa yol açmaktadır.²⁷ Planlanmamış ekstübasyon sıklığı yaklaşık % 0,3-16 arasında değişmektedir. Çoğu vakada (%83) planlanmamış ekstübasyon hasta tarafından başlatılırken %17'sinde olay kaza sonucu (hemşirelik bakım hizmetleri, pozisyon verilmesi, transferler sırasında vb.) gerçekleşmektedir.²⁸ Planlanmamış ekstübasyon vakalarının hemen hemen yarısında tekrar entübasyon gerekli olmamaktadır.²⁹ Mekanik ventilasyon süresinde uzamanın mortalitede artışa yol açtığı gösterilmiştir. Gereğinden fazla uzamış invaziv ventilasyon nazokomiyal enfeksiyon ve ventilatör ilişkili pnömoni riskinde artışa yol açmaktadır. Hasta hazır olmadan gerçekleştirilen *weaning* denemeleri ise artmış respiratuar ve kardiyak

dekompanzasyon riski , artmış re-entubasyon , uzamış YBÜ yatış süresi, artmış mortalite ile sonuçlanmaktadır.³⁰ Bu nedenle hastaların düzenli olarak her gün *weaning* için hazır olup olmadığını değerlendirmek ve bu değerlendirme için de geçerliliği ve güvenilirliği yüksek belirteçlere ihtiyaç vardır. *Weaning* başarısı, ekstubasyon ve ekstubasyon sonrası 48 saat boyunca ventilasyon desteği ihtiyacının olmaması olarak tanımlanmaktadır. *Weaning* başarısızlığı ise spontan solunum denemesi (SSD)'nin başarısız olması, ekstubasyon sonrası 48 saat içerisinde re-entübasyon veya ventilasyon desteği ihtiyacının olması veya ekstübasyon sonrası 48 saat içinde ölüm olması olarak tanımlanmaktadır. Ekstübasyon sonrası non – invaziv ventilasyon (NİV) ile solunum desteği sağlanan hastalar ise “*weaning in progress*” (devam eden *weaning*) olarak adlandırılmaktadır.³¹ *Weaning* sürecinin uzunluğu ve zorluğu göz önüne alınarak hastalar üç ayrı kategoride sınıflandırılmıştır (Tablo 1).³²

Tablo 1. *Weaning* sürecine göre hastaların sınıflandırılması

Basit <i>weaning</i>	İlk SSD'ni başarı ile geçen ve ekstübe edilen hastalar
Zor <i>weaning</i>	İlk SSD'den başarılı <i>weaning</i> 'e ulaşana kadar, üç kez SSD tekrarlanan veya 7 günden az süre geçmesi
Uzamış <i>weaning</i>	Başarılı <i>weaning</i> için üçten fazla SSD veya 7 günden fazla süre gereken hastalar

2.2.1 *Weaning* için gerekli koşullar

Hastanın akut solunum yetersizliğine yol açan patofizyolojik neden ortadan kalktığında ya da gerilediğinde, *weaning* için hastanın öncelikle klinik önkoşullara sahip olması gerekir.³¹

- Solunum yetersizliğine yol açan olay gerilemiş veya düzelmiş olmalı
- Yeterli gaz değişimi olmalı, yani arteriyel kan gazında hiperkarbi ve hipoksemi olmamalı
- Enfeksiyon, ateş, sepsis gibi durumlar olmamalı
- Solunum dürtüsü mekanizması normal olmalı
- Solunum mekanikleri yeterli olmalı

- Yeterli hemoglobin düzeyi olmalı
- Kardiovasküler stabilite sağlanmış olmalı (minimal inotrop veya vazopressör ajan kullanımı kabul edilebilir düzeyde olmalı)
- Elektrolit dengesi ve metabolik denge normal olmalı
- Yeterli uyku sağlanmalı
- Hasta psikolojik olarak *weaning*'e hazır olmalı
- 24-48 saat içinde genel anestezi altında cerrahi girişim beklentisi olmamalı
- $FiO_2 \leq 0.5$, $PEEP \leq 5$ cmH₂O iken;
- $PaO_2 \geq 60$ mmHg , $SaO_2 \geq 0.90$ ($PaO_2 / FiO_2 \geq 200$) olmalı.

2.2.2 Weaning Prediktörleri

Weaning başarısını göstermeye yönelik olarak çok sayıda parametre incelenmiştir. Bunların büyük çoğunluğu solunum mekanikleri ve ölçümleri ile ilgilidir (Tablo 2).³³

Tablo 2. *Weaning* prediktörleri

Oksijenizasyon ve gaz değişim ölçümleri
$PaO_2/FiO_2 \geq 200$
$PaO_2 \geq 60$ mmHg , $SaO_2 \geq 0.90$ ($FiO_2 \leq 0.5$, $PEEP \leq 5$ cmH ₂ O iken)
$PaO_2/PAO_2 \geq 0.35$
Alveolar-arterial (A-a) oksijen gradienti ≤ 350 mmHg ($FiO_2 = 1.0$)
$Q_s/ Q_t < \% 20$
Tek Değişkenli Kriterler
Soluk hacmi (VT) > 5 ml/kg
Vital kapasite (VC) > 10 ml/kg
Solunum frekansı < 35 /dak
Dakika ventilasyonu (VE) $< 10-15$ L/dak
Maksimum istemli ventilasyon (MVV) = $2 \times VE$
Maksimal inspirasyon basıncı (MIP) < -25 cm H ₂ O
$P_{0.1} \leq 4.2$ cmH ₂ O
Çok değişkenli kriterler
Hızlı-yüzeysel solunum indeksi (F/VT) < 105 soluk/dak/L
$P_{0.1} \times (F/VT) \leq 450$ cmH ₂ O/soluk/L
Ölü boşluk (V_D/V_T) $< \% 60$
$CROP[C_{dyn} \times MIP] \times PaO_2/PAO_2] > 13$ ml/soluk/dk
Solunum işi (WOB) > 5 J/dak
Basınç-zaman indeksi (PTI) < 0.15

Basitleştirilmiş Weaning İndeksi (SWI) < 9/dk
Gerilim zaman indeksi (TTI) < 0.15
Klinik Değerlendirme
Dispne,irregüler veya hızlı yüzeysel solunum olmaması
Yardımcı solunum kaslarının kullanılmaması
Abdominal paradoksun olmaması
Ajitasyon,anksiyete,taşikardi ve hipertansiyon olmaması

PaO₂: arterial oksijen basıncı ; PAO₂: alveolar oksijen ;

FiO₂: inspire edilen oksijen fraksiyonu ;

Q_s / Q_t: Şant yüzdesi

2.2.2.1 Solunum iş yükü ölçümleri:

Dakika ventilasyon:

Dakikada 35'in altında solunum sayısı, 5 mL/kg' dan büyük VT , 10 L/dak'dan küçük dakika ventilasyonu ve maksimal istemli ventilasyonu dakika ventilasyonunun iki katına çıkarabilme, hastanın ventilatörden ayrılabilceğini gösteren başlıca tek değişkenli yatak başı kriterlerdir. *Weaning* 'de kullanılan yatak başı kriterleri kolaylıkla saptanabilir, ancak zayıf prediktif değere sahiptir.³⁴

Kompliyans (C):

Akciğerlerde her birim basınçla oluşan hacim artışı olarak ifade edilebilir. Akciğerlere hava girişine karşı akciğerlerin ve toraksın elastik özelliklerinden kaynaklanan bir direnç oluşur. İnspirasyona karşı olan bu direnci yenmek için gereken basınç miktarı C'ı belirler. Akımın olmadığı (statik) ve olduğu (dinamik) anda yapılan ölçümlere göre farklı C türlerinden sözedilebilir. Matematiksel olarak [C= VT/P] formülü ile hesaplanır. Statik C hesaplanırken P= Pplato-PEEP, dinamik C hesaplanırken ise P = Ppik - PEEP eşitliği kullanılır. C normal değerleri 50-100 ml/cmH₂O'dur. Akciğer parankimi ne kadar hasarlı olursa C o derece düşük olacaktır. Bu da arzu edilen TV hastaya ulaştırabilmek için daha

yüksek basınç desteği uygulama gereksinimine yol açacak ve barotravmaya zemin hazırlayacaktır.³⁵

Hava Yolu Tıkanma Basıncı (Po.1):

Nöromusküler fonksiyonun değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerden biri de hava yolu tıkanma basıncı veya Po.1'dir. Hava yolu tıkanma basıncı, inspirasyonun başlangıcında geçici olarak ve gizlice hava yolunun tıkanması ile ölçülür ve hasta tıkamaya reaksiyon vermeden önce , inspiriyumun başlangıcından 0.1sn sonra hava yolunda meydana gelen basınç değişikliğinin ölçülmesi ile elde edilir. Entübe hastalarda Po.1, bir hava yolu basınç transducer'i ile ölçülürse de bazı modern ventilatörler Po.1'i ölçme kapasitesine sahiptir. Çeşitli çalışmalarda, $Po.1 \leq 4.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ 'nın *weaning* başarısını gösterirken, daha yüksek basınçların ise başarısızlığı gösterdiği saptanmıştır. KOAH'lı hastalarda ise eşik değerin $6.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ olduğu saptanmıştır. Po.1'in *weaning* sonucunun tahmin edilmesindeki duyarlılığını artırmak için P.o.1 ile F/VT'nin çarpımı araştırılmıştır. " $Po.1 \times F/VT \leq 450 \text{ cmH}_2\text{O/soluk/L'nin}$ " *weaning* başarısını gösterdiği ve bu çarpımın, çarpımı oluşturan parametrelerin her birinden daha yüksek pozitif ve negatif prediktif değerinin olduğu saptanmıştır.³⁶

2.2.2.2 Solunum Kas Gücü Ölçümleri:

Maksimum İspirasyon Basıncı (veya Negatif İspirasyon Gücü) (MİP):

MİP, hastanın rezidüel hacime kadar ekspirasyon yapmasından sonra, tıkalı hava yoluna karşı 20 sn'de yapabildiği maksimum inspirasyon gayreti sırasında bir basınç manometresi ile ölçülen basınçtır. MİP geleneksel olarak *weaning* başarısının saptanmasında standart ölçüm olarak yıllardan beri kullanılmaktadır. Genel olarak $-30 \text{ cmH}_2\text{O}$ 'dan daha negatif bir MİP değerinin *weaning* başarısını, $-20 \text{ cmH}_2\text{O}$ ve daha az negatif bir değerin ise başarısızlığı gösterdiği kabul edilir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, MV yapılan hastalarda ölçülen MİP 'in gerçek değerinin çok daha altında ölçüldüğünü ve *weaning* başarısı veya başarısızlığını ayırt ettirici gücünün de düşük olduğunu göstermiştir. Yalnızca VT, MİP ve VE'ye dayalı ölçümlerin kısa süreli MV yapılan hastalarda ve kas

gücünün tahmininde faydalı olmalarına karşın, uzamış MV hastaları, KOAH'lı hastalar ve yaşlılarda prediktif değerlerinin düşük olduğu, bazı hastalarda ekstübasyonda gecikmeye yol açtıkları, diğer bazı hastalarda ise *weaning*'den kısa süre sonra hastanın yeniden entübasyonuna neden oldukları saptanmıştır. Ayrıca maksimum istemli ventilasyon ve maksimal inspirasyon basıncı ölçümleri hastanın kooperasyon ve eforunu gerektiren ve bu nedenle de tekrarlanması güç ölçümlerdir.³⁷

Diyafram :

Diyafram, ventilasyonun temel kasıdır ve sağ ve sol hemidiyafram olarak ikiye ayrılır. Sağ hemidiyafram sola göre daha yukarda bulunur. Bunun sebebi sağ tarafta karaciğerin alttan basısı ve solda kalbin ağırlığı nedeniyle sol tarafın aşağıda olması şeklinde açıklanabilir.³⁸ Diyaframın periferik kısmını kas lifleri oluştururken orta kısmını, yani santral tendon adı verilen yapıyı non-kontraktıl aponevrozu oluşturmaktadır. Kas liflerini üç ayrı yapı oluşturur. Bunlar:

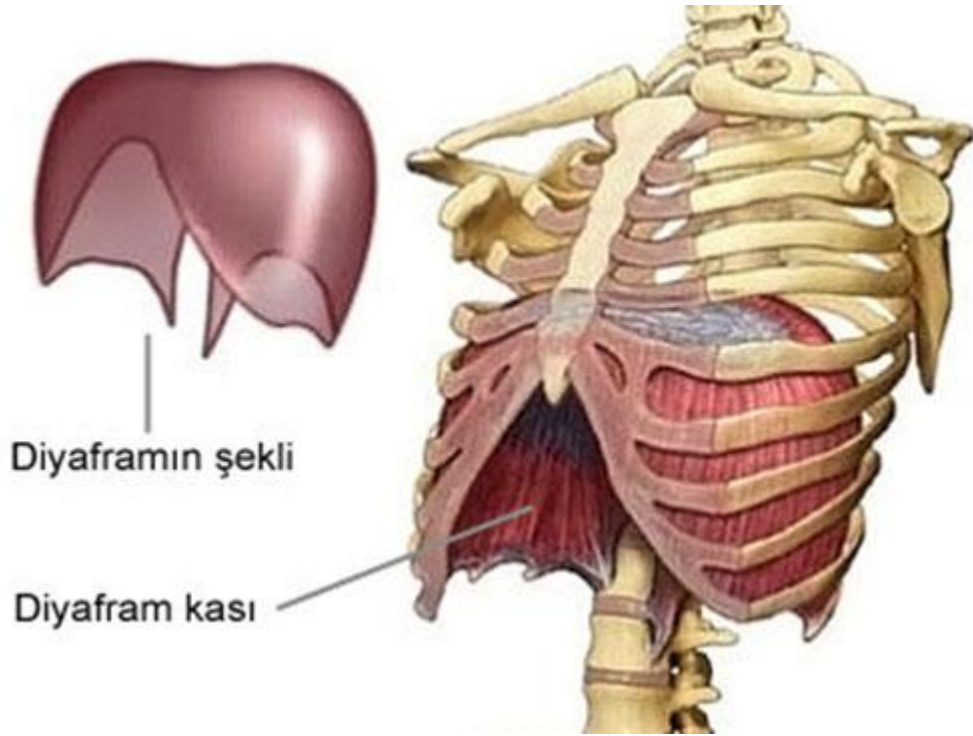
1-Vertebral kısım

2-Kostal kısım

3-Sternal kısımdır.

Vertebral kısmı iki adet krus ve arkuat ligamanlar meydana getirmektedir. Sağ krus L1-L3 vertebraların sağ ön yüzleri ve intervertebral disklerden köken alırken, sol krus L1-L2 vertebralardan köken alır. Arkuat ligamanlar ise fibröz yapılardır ve üç kısımları bulunmaktadır. Lateral arkuat ligamanlar kuadratus lumborum kasının üzerinde, mediyal arkuat ligamanlar ise psoas majör kasının üzerindeki fasya kalınlaşmalarıdır ve her iki tarafta birer adet mevcuttur. Medyan arkuat ligaman ise sağ ve sol krusların arasında kalan ve aortu önden saran fasya tabakasına verilen isimdir. Diyafram kas liflerinin kostal kısmı, alttaki altı kosta ve kostal kartilajlardan köken alırken, sternal kısmı ise sternumun ksifoid çıkıntısından başlamaktadır.³⁹ Periferik kas lifleri diyaframın orta kısmında birleşip santral tendonu oluştururlar. Bu tendon üç yapraklı bir yoncaya benzetilebilir. Sağ ve sol yaprakçığı kubbeyi oluştururken, ön yaprakçığın üst tarafı perikard ile kısmen birleşmiş halde bulunur. Diyaframın etrafı ise plevra ve peritonun ince tabakaları tarafından sarılmıştır.⁴⁰ Diyafram frenik sinirler tarafından innerve edilir. Bu sinirler C3-5'ten köken alır. Diyafram, en önemli solunum kasıdır ve vital kapasitenin yaklaşık % 65-80'inden tek

başına sorumludur. Kasıldığı zaman, lateral kenarlarının bağlı olduğu T12 seviyesine kadar santral tendon aşağı inebilir, toraks kavitesinin hacmini artırır ve intratorasik basınçta düşmeye sebep olup alveollere atmosferden hava akımı oluşmasına yol açar. Derin bir inspiryum - ekspiryum arasında pozisyonu 7-8 cm oynayabilir ve her 1 cm hareket, toraks hacmini yaklaşık 300-400 cc genişletmektedir.⁴¹



Şekil 1: Diyaframın topografik görünümü⁴²

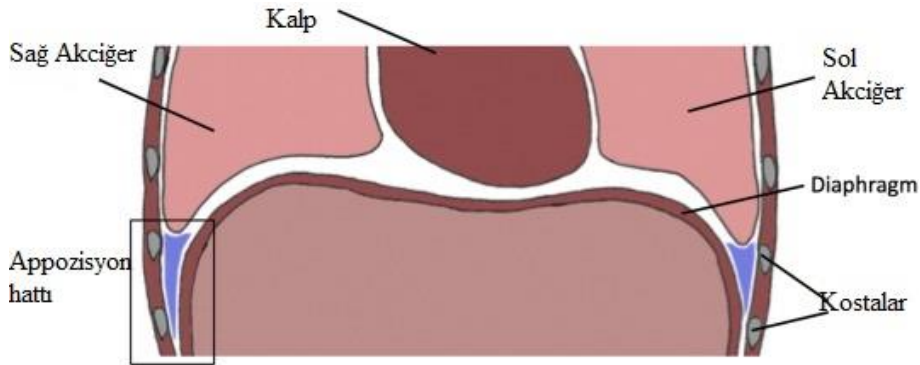
Ventilatör ilişkili diyafram disfonksiyonu:

Mekanik ventilasyonun ilk saatlerinden itibaren diyafram atrofisi başlar.⁴³ Hayvan deneylerinde, uzun süreli ventilasyon sonucunda diyafram disfonksiyonu kanıtlanmıştır ve bu durum “ventilator induced diaphragmatic dysfunction” (VIDD) olarak

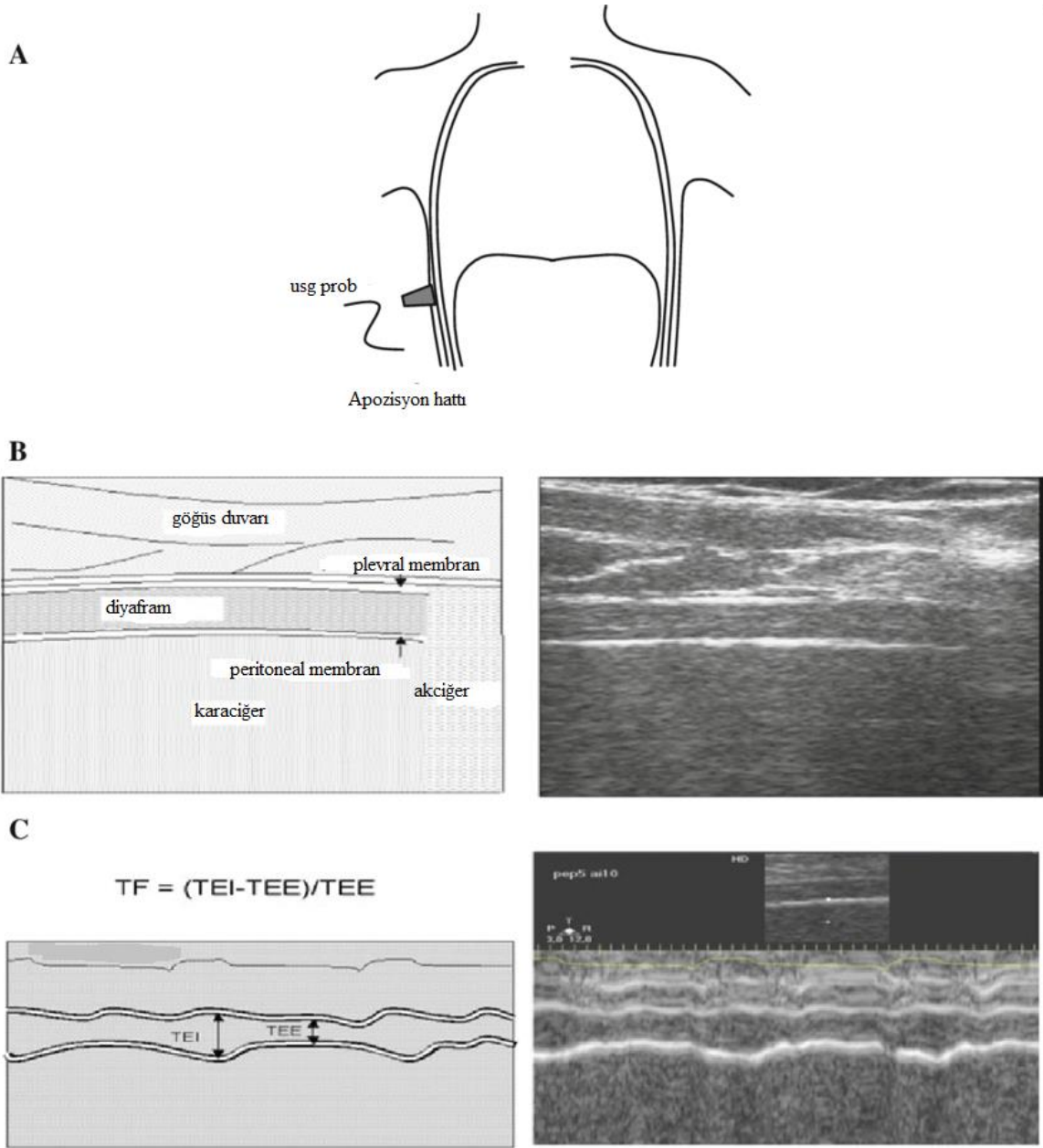
adlandırılmıştır.⁴⁴ Ancak bu durum insanlarda çok iyi tanımlanamamıştır. Ultrason ile yapılan diyafram değerlendirmesinde, ilk 72 saatte %32'lik bir diyafram zayıflığı tespit edilmiştir.⁴⁵

Diyafram Ultrason:

Transtorasik diyafragma ultrasonografisi MV sırasında diyafram monitorizasyonu için önemli ve kolay uygulanabilir bir tanısal metod olarak gözükmektedir. Diyafram kalınlaşması, lineer prob ile 8 ve 10. interkostal aralıktan orta aksiller hatta yakın noktadan göğüs duvarına dik açı yaparak ölçülmektedir. Bu noktada diyafram karaciğerin hemen üzerinde görece olarak ekojenik üç katmanlı bir kas yapısı olarak gözükmektedir. Diyafram kalınlaşması B -modda ekspiryum sonu kalınlık ve inspiryum sonu kalınlık olarak ölçülmekte ve diyafragma kalınlık fraksiyonu (DTF) = (inspiryum sonundaki kalınlık (TEİ) - ekspiryum sonundaki kalınlık (TEE)/ ekspiryum sonundaki kalınlık) ve yüzde olarak ifade edilmektedir.^{46,47} Diyafragma ekskursion , konveks prob ile midklavikular ve ön aksiller hat arasında subkostal alandan ölçüm yapılmaktadır. Ölçüm için iki boyutlu M- mod uygulanması karanio kaudal diyafram kubbe hareketinin izlenmesini kolaylaştırmaktadır.^{48,49,50}



Şekil 2. Diyaframın koronal görünümü

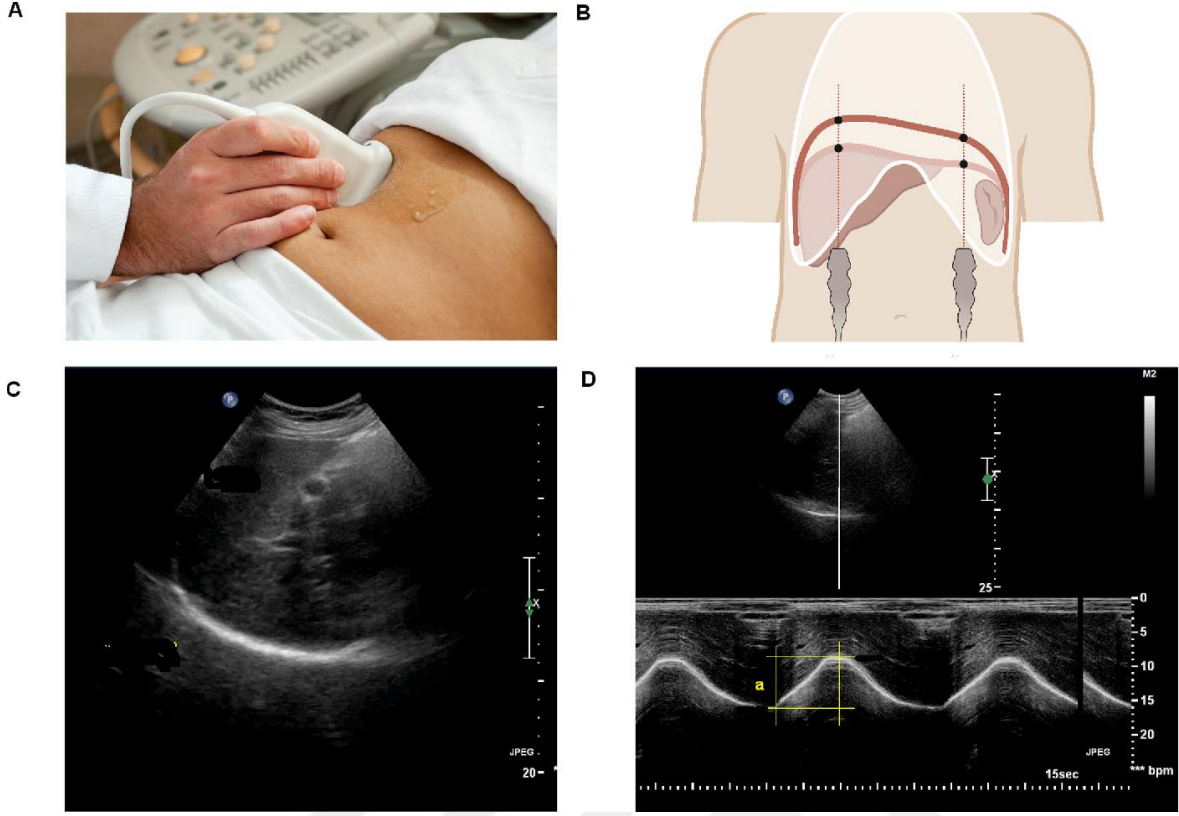


Şekil 3: Diyafram kalınlığının usg prob yerleşimi ve görüntüsü

A. Apozisyon hattından diyafram görüntülemek için prob yerleşimi

B. diyaframın ultrasonografik görünümü

C. Diyaframın TEI: inspiryum sonu kalınlığı ; TEE:expiryum sonu kalınlığı ölçümleri M-mode ile ⁴⁹



Şekil 4: Diyafram ekskürsiyonunun usg prob yerleşimi ve görüntüsü

- A. Konveks probun mid klavikular anterior subcostal yerleşimi
- B. Ultrasonografik dalgaların ve diyafram kubbesini görüntülemek için izlediği yol
- C. B- mode ile diyafram görünümü
- D. M-mode ile diyafram hareketinin görünümü a. Diyafram excursion amplitude ölçümü⁵¹

2.2.2.3 Çok Değişkenli İndeksler:

Çok değişkenli kriterler solunum sisteminin pompa veya gaz değişimi fonksiyonunun birden fazla boyutunu içlerine aldıklarından bu kriterlere bütünleyici indeksler adı da verilmektedir. Bütünleyici indeksler, tek değişkenli kriterlerin *weaning* sonucunu önceden tahmin ettirmedeki zayıf prediktif güçlerini kuvvetlendirmek üzere geliştirilmiştir.¹

Hızlı Yüzeysel Solunum İndeksi [Rapid Shallow Breathing Index (RSBI) - (F/VT)]:

RSBI *weaning* başarısını öngördürücü değeri en yüksek olan indekstir. Kısa sürede yapılır ve hastanın eforunu gerektirmeden tekrarlanabilir. Bir dakikalık bir testtir. Spontan

solunumda T-parçasında ya da 5 cmH₂O CPAP altında ölçülmesi önerilir (PEEP: 0 / PSV: 5cmH₂O) . Bir dakika sonunda dakika volümü solunum sayısına bölünerek ortalama VT bulunur. Solunum sayısı (F) ortalama VT'ye bölünerek bulunur. Yang ve Tobin'in orijinal çalışmasında *weaning*'in başarılı ya da başarısız olacağını öngördüren eşik değerin 105 olması mekanik ventilasyonu sonlandırma çabalarının % 95'inin başarısız olacağını, 105 'den küçük olması ise *weaning* denemelerinin % 80'inin başarılı olacağını gösterir.² Bu nedenle hatırdta kalmayı kolaylaştırmak için ortalama 100 eşik değeri, spontan solunum denemesinde hastanın başarılı ya da başarısız olacağını gösteren eşik değer olarak kabul edilir. Bazı çalışmalarda özel hasta gruplarında eşik değerin farklı olduğu saptanmıştır. Kadınlarda, küçük endotrakal tüp ile ventile olanlarda ve yaşlılarda F/VT oranı eşik değeri daha yüksektir. KOAH'lı hastalarda F/VT oranının eşik değerinin Yang ve Tobin tarafından bildirilen eşik değerden daha düşük olduğu gösterilmiştir. Ayrıca yalancı pozitifliği önlemek için test sedatif ve opioidlerin etkileri tamamen ortadan kalktıktan sonra uygulanmalıdır.^{2,52,53}

Komplians - Solunum Sayısı, Oksijenasyon ve Basınç (CROP) İndeksi:

Dinamik komplians, dakikadaki solunum hızı, PaO₂/PAO₂, MİP'ı içeren beş parametreden oluşan CROP indeksi, pulmoner gaz değişimini ve solunum gereksinimi ile solunumsal nöromüsküler rezerv arasındaki dengeyi değerlendirir, CROP'un formülü şu şekildedir.(Tablo 3)

Tablo 3. CROP Formülü

$\text{CROP} = \frac{C_{\text{DYN}} \times \text{MİP} \times (\text{PaO}_2/\text{PAO}_2) / \text{F}}{\text{PAO}_2 = (\text{PB}-47) \times \text{FiO}_2 - \text{PaCO}_2/0.85}$ <p>Formülde PB atmosferik basınçtır</p>

CROP indeksinin 13 ml/soluk/dak veya daha yüksek olması; 0.80 duyarlılık, 0.57 özgülük ile başarılı *weaning*'i gösterir. CROP "*weaning*" sonucunun tahmin edilmesinde güvenilir bir indeks olmasına karşın 5 değişkenin ölçülmesi ve daha sonra indeksin hesaplanmasını gerektirdiğinden biraz oyalayıcıdır. Üstelik F/VT gibi CROP'a alternatif olabilen ve hastanın eforuna bağımlı olmayan çok daha basit alternatifleri mevcuttur.^{54,56}

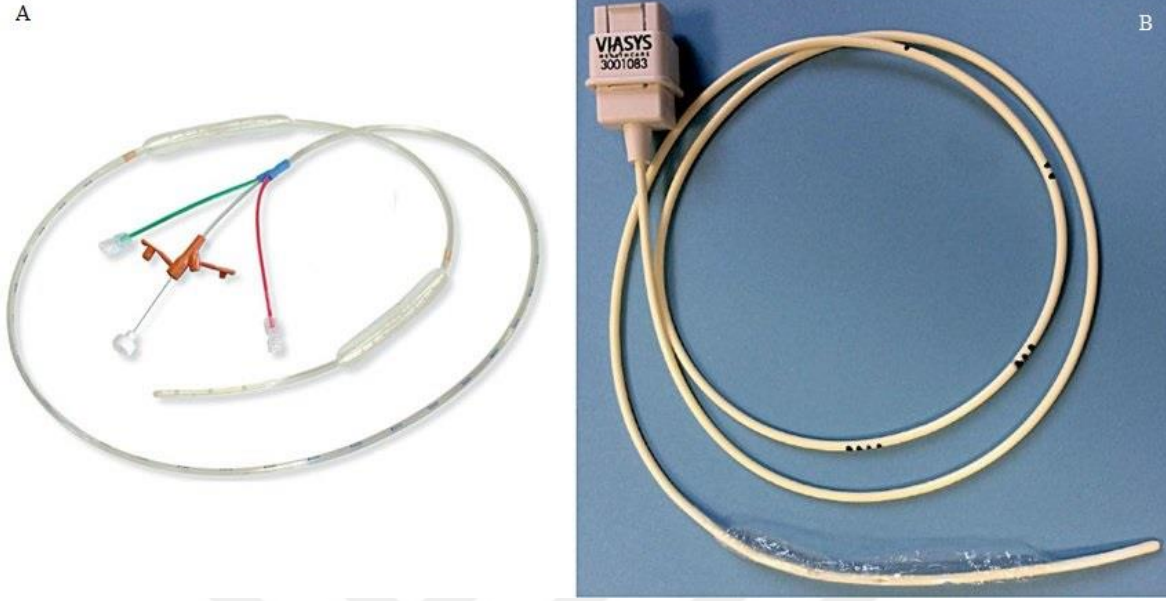
Solunum İşi (WOB), Gerilim Zaman İndeksi (TTI), Basınç Zaman Ürünü (PTP), Basınç Zaman İndeksi (PTI):

Solunum işi (WOB), gerilim zaman indeksi (TTI), basınç zaman ürünü (PTP), basınç zaman indeksi ve *weaning* indeksi (WI) gibi indeksler çok daha komplike indeksler olup solunum sisteminin yüke karşı oluşturduğu iş, diyafram veya inspirasyon kaslarının dayanma gücü, solunum kaslarının kontraksiyonlarının kuvveti ve süresi ile solunum kaslarının yorgunluğunun saptanması amacı ile geliştirilmiştir.^{57,59} Bu ölçümlerin yapılması ve hastanın kas yüklerinin saptanması için bir özafageal balon yerleştirilmesini gerektirir. Ölçümler rutin kullanım için zahmetli ve karmaşıktır.

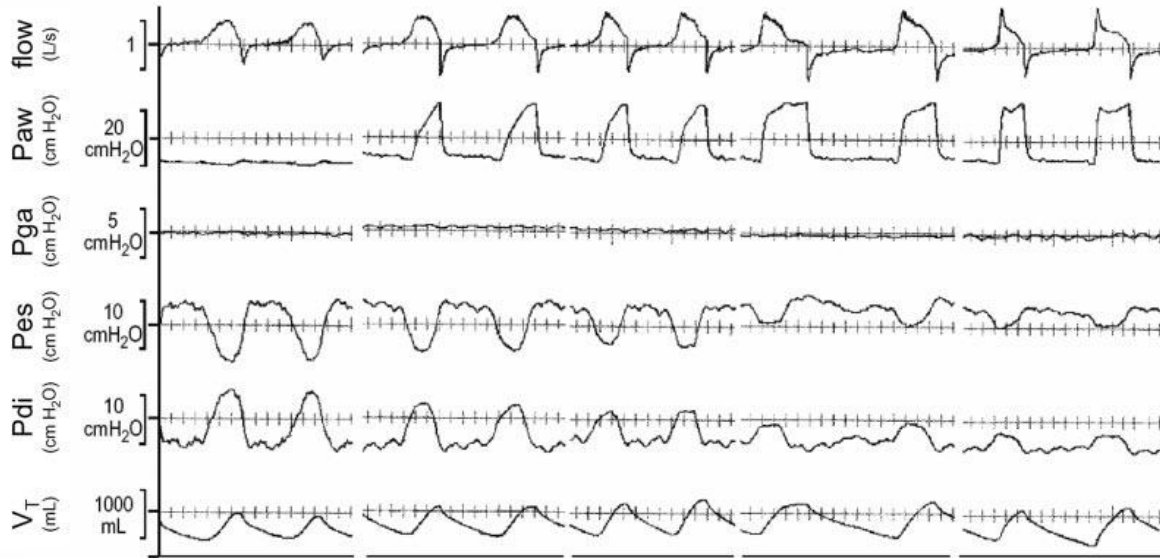
Transdiyafragmatik basınç (Pdi) :

Diyafragma boyunca oluşan basıncı gösterir ve abdominal basınç ile plevral basınç arasındaki fark ile hesaplanır. $Pdi = Pab - Ppl = Pga - Pes$; Pdi ölçümü için biri mideye diğeri özafagus olmak üzere iki balon katater yerleştirmek gerekir. Transpulmoner basınç (Pt), ağız içi basınç ve plevral basınç arasındaki farktır. Plevral basınç (Ppl) direkt olarak kolaylıkla ölçülemez. Özofagus gövdesi yutma işlevi haricinde pasif bir yapı olarak davrandığından, özofagusun 1/3 alt bölümündeki basıncın (özofageal basınç, Pes) hasta dik pozisyondayken ortalama plevral basıncı (Ppl) yansıttığı kabul edilmektedir. Ppl ölçmenin geleneksel yolu özofagusa balonlu katater yerleştirip özofageal basıncı ölçmektir. Katater ile yapılan bu ölçüm sayesinde Ppl değeri hakkında gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilir. Pes ölçümleri sayesinde de transpulmoner basıncın (Pt), hesaplanması mümkün olmaktadır.⁶⁰

Gastrik ve özafageal basınç ölçümleri arasındaki fark diyafram boyunca oluşan basıncı belirler, bu yüzden diyafram kasının gücü hakkında nicel bilgi edinmemizi sağlar. Diyafram fonksiyonunun değerlendirilmesinde en doğru yöntemin transdiyafragmatik basınç ölçümü olduğu bilinmektedir. İleri derecede diyafram güçsüzlüğü veya bilateral diyafram paralizisini gösterebilen bir yöntemdir. Pdimax, maksimum inhalasyondaki transdiyafragmatik (Pdi) basıncıdır. Pdi/Pdimax diyafragmanın kontraktil gücüdür.⁶⁰



Şekil 5: Özofageal katater örnekleri. A. Nutrivent (Sidam, Italy). Özofageal balon nazogastrik sonda ile birleştirildiğinden aynı zamanda beslenme için de kullanılmaktadır. Ayrıca, kataterde iki balon bulunduğundan hem özofageal basınç hem de karın içi basınç eş zamanlı ölçülmektedir. B. Standart özofageal balon katateri (Smart Cath Viasys, USA)⁶⁰



Şekil 6: Solunum mekanikleri dalga formları.⁶⁰

P_{aw}: Havayolu basıncı ; P_{ga}: Gastrik basınç ; P_{es}: Özofageal basınç ;

P_{di}: Transdiyafragmatik basınç ; V_T: Tidal volüm

2.2.3 Spontan Solunum Denemeleri(SSD):

Weaning parametrelerinin hiç biri tek başına *weaninge* ve ekstübasyona karar vermede yeterli değildir. Kurumsal olarak hangi parametre kullanılıyor olursa olsun mutlaka hastanın kliniği ile birlikte değerlendirilmelidir. Hastaya yapılacak işlem anlatılmalı, teşvik edilmeli ve cesaretlendirilmelidir. Hasta yatakta yarı oturur duruma getirilmeli ve ekstübasyon olasılığı yüksek olanlarda gastrik beslenmeye ara verilmelidir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın ayırma işlemleri sabah saatlerinde yapılmalı ve hastanın yorulmasına izin verilmemeli, gerekirse hasta gece dinlendirilmelidir.

•T-tüp denemeleri:

Spontan solunumu olan hasta MV den ayrılır; horizontal T şeklindeki devre ile oksijenden zengin (hastanın inspiratuar akım hızından daha yüksek akımda) ve nemlendirilmiş havayı solur, 30-120 dk uygulanır. İntolerans bulgusu yok ise ekstübe edilir. Kısa süreli mekanik ventilasyon desteğinden sonra genellikle ilk denemede başarı sağlanır. Uzamış mekanik ventilasyondan sonra sıklıkla ilk denemede başarılı olunamayabilir. İntolerans var ise hasta yeniden mekanik desteğe alınır ve en az 24 saat sonra SSD tekrarlanır. Ya da hasta gün içinde 3-4 kez , 5-60 dk sürelerle SSD'ye bırakılır; gece dinlenmesi sağlanır. Gün içindeki ayırma süreleri arttırılarak *weaning* sağlanır (aralıklı T-tüp denemesi). Pratikte en fazla kullanılan yöntem ise hastayı yorulmadığı ve tolere ettiği sürece T-parçasında tutmaktır.^{61,62}

•Basınç destekli ventilasyondan weaning (PSV):

20-25 solunum sayısı; 6-8 ml/kg Vt oluşturacak basınç düzeyi ile başlanır. Basınç desteği kan gazları analizi ve klinik değerlendirme temelinde periyodik olarak (saat- gün; ideal olan günde en az 2 kez) her basamakta 2-4 cm H₂O olacak şekilde 5-8 cm H₂O düzeyine kadar tedrici olarak azaltılır. Bu düzeyde hasta 2 saat süreyle hedef solunum paterni ve gaz değişimini sağladığında mekanik ventilasyon sonlandırılır. Uzamış MV'den sonra, kas yorgunluğu bulunan hastalarda her basamakta daha uzun süre beklemek gerekebilir. Bazen 5-8 cmH₂O'luk basınç desteğinde hastanın inspiratuar akım gereksinimi ventilatörün akım kapasitesini geçtikçe inspiratuar kas yorgunluğu gelişebilir. Bu durum takipneye yol açar ve takipne solunum yetmezliğinin bulgusu olarak yorumlanabilir. Böyle

bir durumda yanlış yorum basınç desteğinin artırılmasına yol açabilir. Bu durumda yapılması gereken, hastanın basınç desteğinin artırılması yerine ekstübe edilmesidir.⁶³

***Aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV)'dan weaning:**

Zorunlu soluk sayısı arteriyel kan gazları analizi ve klinik değerlendirme temelinde kademeli olarak azaltılır. Genellikle her basamakta 2 soluk/dk azaltılarak devam edilir. SIMV frekansı sıfıra düşürüldüğünde hasta ya T-parçasına bağlanır veya ventilatörde sıfır SIMV frekansında bir süre daha tutulur ve daha sonra ekstübe edilir. Bazı hastalar SIMV ile birkaç saatte ventilatörden ayrılırken bazılarında birkaç gün sürebilir. Klinik çalışmaların içinde en kötü *weaning* sonuçlarına sahiptir. T tüp ve basınç desteğinden ayırmaya göre *weaning* süresi daha uzundur.⁶⁴ Sık kullanılan bu 3 yöntemin avantaj ve dezavantajları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. *Weaning* yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları ⁶⁵

Yöntem	Avantaj	Dezavantaj
T-Parçası	Hastanın spontan solunum yeterliliği test edilir Çalışma ve istirahat periyotlarına izin verir SIMV'den daha hızlı weaning	Solunum iş yükünün aniden hastaya yüklenmesi Endotrakeal tüp direnci Alarm sistemleri devre dışı Dikkatli gözlem gerektirir
PSV	Senkronizasyon Artmış hasta konforu Solunum iş yükünün hastaya yavaş yüklenmesi SIMV'den daha hızlı weaning Kas yorgunluğunun önlenmesi	Dakika ventilasyonunda büyük değişiklikler

SIMV	Minimum dakika ventilasyonu garanti edilir. Alarm sistemlerinin kullanımına izin verir PSV/CPAP ile birlikte uygulanabilir	Desenkronizasyon Weaning süreci uzun Kas yorgunluğunu arttırabilir
------	--	---

SSD başarısızlık kriterlerinin (Tablo 5) izlenmediği hastalar ekstube edilebilir.⁶⁷

Tablo 5 . SSD başarısızlık kriterleri

Klinik değerlendirme ve subjektif bulgular
Ajitasyon, anksiyete Deprese mental durum Terleme Siyanoz Solunum çabasında artma bulguları Aksesuar kas kullanımı Yüzde stres bulguları Nefes darlığı
Objektif bulgular
FiO ₂ >%50 iken PaO ₂ <50-60mmHg veya SaO ₂ <%90 PaCO ₂ >50 mmHg veya 8 mmHg'dan fazla artış f /Vt >105 SS>35 veya %50'den fazla artma Nb>140/dk veya %20'den fazla artma SKB>180 mmHg veya %20'den fazla artma SKB<90 mmHg Kardiyak aritmiler

Nb: Nabız ; SKB: Sistolik kan basıncı ; FiO₂: Fraksiyone inspire edilen oksijen ;

SaO₂: Oksijen saturasyonu ; PaO₂: Parsiyel oksijen basıncı ;

PaCO₂: Parsiyel karbondioksit basıncı ; SS: Solunum sayısı ; VT: Tidal volüm

Aynı gün tekrar *weaning* denenmemelidir. Hasta kontrollü moda alınarak mekanik ventilasyon desteğine devam edilir. Gerekirse hasta tekrar sedatize edilerek en az 24 saatlik kas istirahati sağlanır. Bu arada *weaning* başarısızlığının nedenleri araştırılıp, çözülmeye

çalışılmalıdır. Ertesi gün hasta yeniden sedasyonu kesilerek günlük tarama testi ve diğer *weaning* parametreleri ile değerlendirilir.

2.2.4 Weaning Başarısızlığı:

Weaning başarısızlığı spontan solunum denemesi (SSD)'nin başarısız olması veya ekstübasyon sonrası 48 saat içinde re-entübasyon ihtiyacının ortaya çıkması olarak tanımlanmaktadır.⁷¹ *Weaning* başarısızlığın nedeni birden fazla faktöre bağlı olup sebepler arasında ventilasyon desteğine neden olan altta yatan hastalığın tam iyileşmemesi ve ventilatöre bağlı komplikasyonların gelişmesidir. *Weaning* başarısızlığı sıklığı ekstübasyon öncesi değerlendirmenin yetersiz yapılmasına bağlı olarak artmaktadır. Bunlarla birlikte hasta tipi , erkek cinsiyet, hastalığın şiddeti, MV süresi, *weaning* başlangıcında hastalığın şiddeti ve spontan solunum denemelerinin sayısı da ekstübasyon yetersizliğinde önemli faktörlerdir. *Weaning* solunum kas gücü, bu kaslara uygulanan yük ve solunum için gerekli olan dürtüye bağlıdır. Bu nedenlerden herhangi birine bağlı olarak (muskuler distrofi, solunum kas zayıflığı), bronkospazm (solunum iş yükünde artma) ve aşırı doz narkotik kullanımı (solunum dürtüsünde azalma) solunum yetmezliği ve *weaning* başarısızlığı meydana getirebilir (Tablo 6).³³

Tablo 6. *Weaning* başarısızlığına neden olan faktörler

<p>Yetersiz solunum dürtüsü</p> <ul style="list-style-type: none">• Yüksek doz sedatif ve opioidler• Metabolik alkalozis• Beyin sapı patolojisi <p>Solunum iş yükünde artma</p> <ul style="list-style-type: none">• Hava yolu direncinde artma• Bronkospazm, KOAH• Küçük çaplı endotrakeal tüp• Solunum işyükünü artıran ventilator devresi ve nemlendiriciler• Akciğer kompliyansında azalma• Sol kalp yetmezliği• Ventilatore bağlı pnomoniler• Akut akciğer hasarı• Göğüs kafesi kompliyansında azalma• Aşırı obezite• Abdominal gerginlik (postop ileus)• Alveoler olu boşlukta artma• Akut akciğer hasarı, akciğer embolisi• Metabolik talepte artma• Ateş• Aşırı beslenme (parenteral beslenme) <p>Solunum kaslarında zayıflık</p> <ul style="list-style-type: none">• Kritik hastalık noropatisi ve myopatisi• Elektrolit bozuklukları (hipofosfatemi, hipokalemi, hipomagnezemi)• Malnutrisyon• Frenik sinir paralizis (kalp cerrahisi sonrası)• Guillain-Bare sendromu• Myopati

Weaning başarısızlığına bağlı olarak reentubasyon maliyete, morbidite ve mortalitenin fazla olması *weaning* ve ekstubasyonun doğru değerlendirilmesini önemli kılmaktadır. *Weaning* başarısızlığın nedeni birden fazla faktöre bağlı olup sebepler arasında ventilasyon desteğine neden olan altta yatan hastalığın tam iyileşmemesi ve ventilatore bağlı komplikasyonların gelişmesidir. *Weaning* başarısızlığı sıklığı ekstubasyon öncesi değerlendirmenin yetersiz yapılmasına bağlı olarak artmaktadır. Bunlarla birlikte hasta tipi

(medikal, cerrahi), yaş (70y), erkek cinsiyet, hastalığın şiddeti, MV süresi, *weaning* başlangıcında hastalığın şiddeti ve spontan solunum denemelerinin sayısında ekstubasyon yetersizliğinde önemli faktörlerdir .⁷²⁻⁷⁵



3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul onayı (KOU GKAEK KİA 2018/404) ve hastaların yazılı onamları alındıktan sonra, prospektif gözlemsel olarak planlandı. Çalışmaya Ağustos 2018-Nisan 2019 tarihleri arasında Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi'ne yatıp , en az 24 saat invaziv mekanik ventilasyon uygulanan hastalardan yoğun bakım doktoru tarafından mekanik ventilatörden ayrılma aşamasına geldiği düşünülen, 18 yaş üstü hastalar dahil edildi. 18 yaşından küçük ,trakeostomize, Glaskow Koma Skalası <15 veya koopere olamayan, nöromuskuler hastalığı olan, diyafram paralizi olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

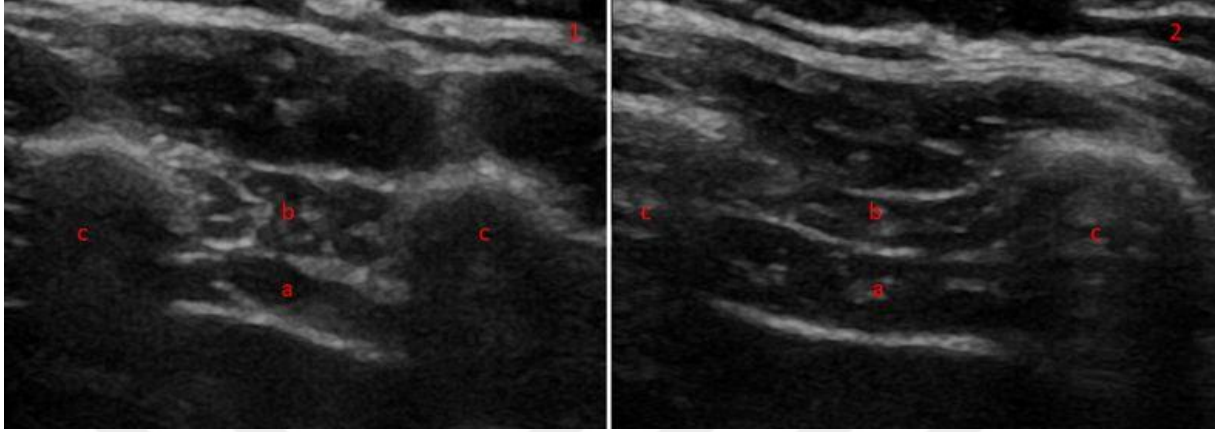
Klinisyenin çalışma protokolünden bağımsız olarak, *weaning* süreci için hazır olduğunu düşündüğü hastalarda mekanik ventilatörden ayrılmadan önce araştırmacı tarafından spontan solunum modunda solunum sayısı , dakika volumü , tidal volüm, MIP, RSBİ , P_{0.1}, PaO₂/FiO₂ , rezistans , kompliyans (statik, dinamik) değerleri belirlendi. Transdiafragmatik basınç ölçüm kateteri takıldı (Nutrivent). Osefagus basıncının (Pes) inspiratuar defleksiyonları belirlendi (P es -swing).

P es-swing = inspirium başlangıcındaki Pe-maksimum Pe.

Hasta T- parçasına alındı (SSD). SpO₂>94 olacak şekilde 5-10 L /dk'dan oksijen verildi. Hastaların ağız, orofarenks ve hava yolları SSD öncesi aspire edildi . 30 dakikalık stabilizasyon periyodundan sonra hastaya yapacağımız işlem anlatıldı ; hastanın başı 30 derece elevasyona alındı . Lineer prob sağ ön ve orta aksiller hatta 8-9. interkostal aralıklarda, apozisyon hattında göğüs duvarına yerleştirildi . B- mod uygulanarak sağ hemidiyafram üç tabakalı yapı olarak; iki paralel ekojenik çizgi (diyafragmatik plevra ve peritoneal membran) ve aralarında non-ekojenik bir yapı (kasın kendisi) olarak görüntülendi (Şekil 7). Diyaframın inspirasyon sonu kalınlığı(TEİ) ve ekspirasyon sonu kalınlığı (TEE) hastanın kendi spontan solunumu esnasında ölçüldü. Bunun için üç ölçüm yapılarak ortalaması alındı . Sonrasında bu ortalama ölçümler ile diyafram kalınlaşma fraksiyonu(DTF) hesaplandı ; $DTF = [(TEİ - TEE) / TEE] \times 100$.

Daha sonra konveks prob sağ subkostal midklavikular hatta kosta kenarına yerleştirildi , M-mod ile diyafram hareketi görüntülendi, ekskürsionun amplitüdü ölçüldü

(Şekil 8) . Üç ölçüm yapıldı ortalama değer hesaplandı. T- tüp ile 30 dakikalık SSD süresince başarılı olan hastalar, ekstube edildiler. 48 saat süreyle spontan solunum sürdürebilen hastalarda *weaning* başarılı kabul edildi.



Şekil 7 : B-modda diyaframın USG görüntüsü

1 : ekspirasyon sonu diyafram kalınlığı ;

2: inspirasyon sonu diyafram kalınlığı a: diyafram kası ; b: interkostal kas ; c : kosta



Şekil 8 : M-modda diyaframın USG görüntüsü 1: Diyafram ekscursiyon amplitüdü

P es-swing ölçümleri parçasında ve daha sonra 40 L , 20 L, 10 L high flow nazal oksijen kanülü uygulaması sırasında tekrarlandı.

Hastaların yatış günü APACHE 2, çalışma günü SOFA skorları , demografik verileri , komorbid hastalıkları, mekanik ventilasyon süresi , kullanılan mekanik ventilasyon modları , yoğun bakım ünitesinde yatış süresince enfeksiyon/ sepsis varlığı, kas gevşetici ve sedasyon alıp almadığı , steroid veya aminoglikozid türü antibiyotik kullanımı, ve çalışma gününe ait kalsiyum ve fosfat değerleri kaydedildi.

Weaning başarısını değerlendirmek için klasik *weaning* kriterleri ve diyafram ekskürsyonu ve diyafram kalınlaşma fraksiyonunun prediktif değerleri karşılaştırıldı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirme IBM SPSS 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) paket programı ile yapıldı.

Normal dağılıma uygunluk Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren nümerik değişkenler ortalama±standart sapma, normal dağılım göstermeyen nümerik değişkenler medyan (25.-75. %), kategorik değişkenler ise frekans (yüzde) olarak verildi.

Gruplar arasındaki farklılık normal dağılıma sahip olan nümerik değişkenler için student-t testi ile , normal dağılıma sahip olmayan nümerik değişkenler için Mann Whitney U testi ile belirlendi.

Kategorik değişkenler arasındaki ilişkiler Ki-kare analizi ile değerlendirildi.

İki yönlü hipotezlerin testinde $p < 0.05$ istatistiksel önemlilik için yeterli kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamıza Ağustos 2018-Nisan 2019 tarihleri arasında Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi'ne yatıp , en az 24 saat invaziv mekanik ventilasyon uygulanan hastalardan yoğun bakım doktoru tarafından mekanik ventilatörden ayrılma aşamasına geldiği düşünülen, toplam 50 hasta dahil edilmiştir. Hastaların demografik özellikleri, yatış sebebi , mekanik ventilasyon sürelerinin genel dağılımı tabloda belirtilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7 : Hastaların demografik özellikleri

	Hasta sayısı (N =50)
Yaş	61 ± 18
Cinsiyet	
Kadın	20 (40)
Erkek	30 (60)
Yandaş hastalık	
Hipertansiyon	24 (48)
Kalp yetmezliği	12 (24)
KOAH	11 (22)
SVH	4 (8)
Yatış sebebi	
Travma	3 (6)
Cerrahi	24 (48)
KOAH	11 (22)
SVH	4 (8)
GİS Kanama	5 (10)
Arret	3 (6)
Entübasyon sebebi	
Solunum sıkıntısı	15 (30)
Postoperatif	25 (50)
Arrest	5 (10)
GKS düşüşü	5 (10)
Mekanik ventilasyon süresi(gün)	5,4± 4,2
APACHE 2*	18,7 ± 5,2
SOFA°	3,1 ± 1,4

Değerler N (%), ya da, ortalama ± SS olarak verilmiştir.

KOAH : Kronik obstrüktif akciğer hastalığı ; SVH : Serebrovasküler hastalık ;

GİS : Gastrointestinal sistem ; GKS : Glaskow koma skalası

* Yatış günü hesaplanan APACHE 2 skoru

° Weaning günü hesaplanan SOFA skoru

Çalışmamıza dahil olan 50 hastanın 45'i başarılı bir şekilde mekanik ventilatörden ayrılmış, 5 hasta ekstubasyon sonrası solunum yetmezliği gelişmesi nedeniyle tekrar entube edilerek mekanik ventilatöre bağlanmıştır.

Weaning'in başarılı olduğu hastalarla yeniden mekanik ventilatöre bağlanması gereken (başarısız) hastalar arasında yaş , cinsiyet, yatış sebebi , entubasyon sebebi , yatış günü APACHE 2 skoru , *weaning* günü SOFA skorları, kalsiyum ve fosfat değerleri açısından istatistiki önemi olan fark saptanmadı. Mekanik ventilasyon süresi *weaning* başarısız grupta anlamlı olarak yüksek bulundu ($p = 0,032$). *Weaning* başarısız grupta enfeksiyon sıklığı başarısız gruba göre yüksek bulundu. ($p= 0,031$, Tablo 8)

Tablo 8: *Weaning* başarılı ve başarısız grup hastaların yaş,cinsiyet, yatış sebebi, APACHE 2, SOFA skorları , MV süresi , enfeksiyon varlığı, kalsiyum, fosfat değerleri açısından karşılaştırılmaları.

	Weaning Başarılı (N=45)	Weaning Başarısız (N=5)	P değeri
Yaş(yıl)	60±19	70±14	0,409
Cinsiyet N (%)			
Kadın	16(%35)	4(%80)	0,076
Erkek	29(%65)	1(%20)	
Yatış sebebi N (%)			
Travma	3(%6.7)	-	
Cerrahi	24(%53)	-	
SVH	3(%6.7)	1(%20)	0,072
KOAH	8(%17)	3(%60)	
Arrest	4(%8.9)	1(%20)	
Gis kanama	3(%6.7)	-	
Entübasyon sebebi N(%)			
Solunum sıkıntısı	12(%26)	3(%60)	0,058
Postoperatif	25(%54)	-	
Glasgow<8	4(%8.9)	1(%20)	
Kardiopulmoner arrest	4(%8.9)	1(%20)	
APACHE 2*	18(13-22)	25(20-26)	0,055
SOFA^o	3(2-4)	3(2-6)	0,376
MV süresi	3(2-6)	9(6-12.5)	0,032
Enfeksiyon			
Var	12(%27)	4(%80)	0,031
Yok	33(%73)	1(%20)	
Kalsiyum (mg/dl)	8,5 (7,9-9)	8,8 (8,6-10)	0,203
Fosfat (mg/dl)	2,7 (2,2-3)	2,4 (2-2,7)	0,311

Yaş ± SS ; Diğerleri N (%) , yada ortanca (% 25-75) olarak verilmiştir

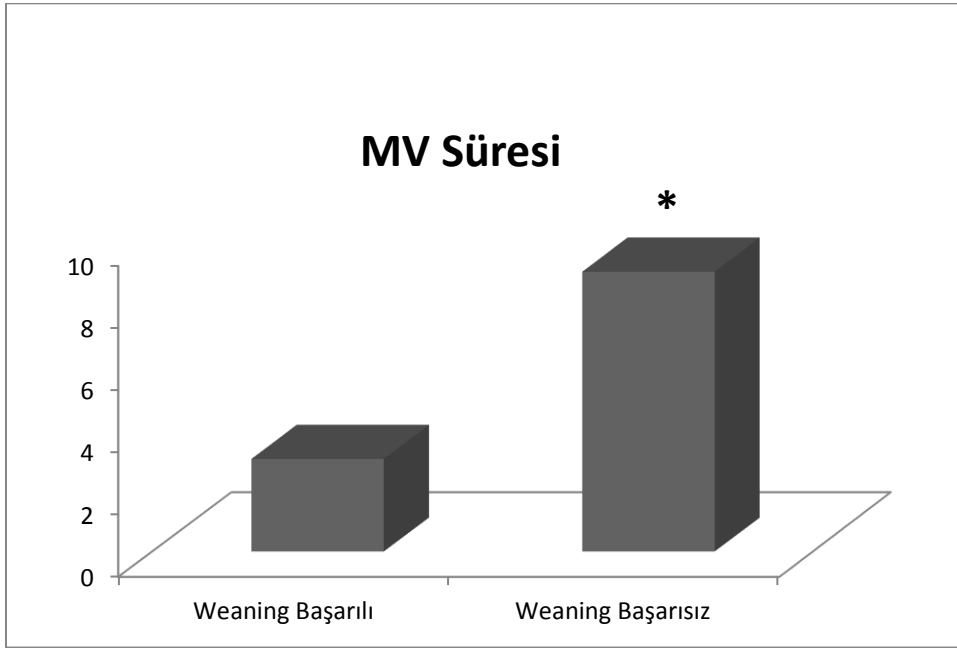
KOAH : Kronik obstrüktif akciğer hastalığı ; SVH : Serebrovasküler hastalık ;

GİS : Gastrointestinal sistem ; GKS : Glaskow koma skalası ; MV:Mekanik ventilasyon

* Yatış günü hesaplanan APACHE 2 skoru

° *Weaning* günü hesaplanan SOFA skoru

Şekil 9 : Mekanik ventilasyon sürelerinin gruplar arası karşılaştırması



***P < 0,05**

Hastaların 2'sinde sepsis mevcuttu. 9 hastada tedavi süresince inotrop /vasopressor ajan kullanıldı. 20 hastada kortikosteroid kullanıldı ,bir hastada *weaning* başarısız oldu.

Hastaların *weaning* günü mekanik ventilatör ölçümleri karşılaştırıldı ; statik kompliyans ve dinamik kompliyans değerleri *weaning* başarısız grupta anlamlı olarak düşük saptandı (Tablo 9, p<0.05). Hastalar arasında maximum inspiratuar basınç (MIP) , havayolu tıkanma basıncı (P_{0.1}) , solunum sayısı (SS) , parsiyel karbondioksit basıncı (PaCO₂) , PaO₂/FiO₂ , dakika volüm (MV) , tidal volüm (TV) , reazistans değerleri , hızlı yüzeysel solunum indeks hesaplaması (RSBI) açısından bir fark bulunmadı. (Tablo 9)

Tablo 9 . Mekanik ventilatör ölçümlerinin karşılaştırılması

	<i>Weaning</i> Başarılı	<i>Weaning</i> Başarısız	<i>P</i> değeri
MİP (cm/H ₂ O)	-20 (-28 - -15)	-15 (-26 - -12)	0,343
SS (n/dk)	18 (13-22)	21 (17-25)	0,180
PaCO₂ (mmHg)	34 (32-36)	36 (32-40)	0,327
PaO₂/Fio₂	317 (241-382)	260 (231-268)	0,100
MV (L/dk)	8,8 (7,3-10,5)	9,4 (7,75-12,4)	0,449
TV (ml/kg)	550 (466-699)	470 (442-525)	0,075
RSBİ (Soluk/dk/L)	34 (23-44)	41 (36-53)	0,123
P O.1 (cm/H ₂ O)	2 (1-3)	3 (2-3)	0,343
Rezistance (cmH ₂ O/L/sn)	7 (6-8)	8 (7-13)	0,087
C cst (ml/cmH ₂ O)	49 (42-57)	37 (35-44)	0,007
C dyn (ml/cmH ₂ O)	39 (35-43)	31 (29-37)	0,015

Değerler ortanca (25-75 persentil) olarak verilmiştir

MİP : maksimum inspiratuar basınç ; SS : Solunum sayısı,

PaCO₂: parsiyel karbondioksit basıncı ; PaO₂: parsiyel oksijen basıncı ;

FiO₂: inspire edilen oksijen konsantrasyonu ; MV: dakika volüm ;

TV: tidal volüm ; RSBİ: rapid shallow breathing index (hızlı yüzeysel solunum indeksi) ;

P O.1 : havayolu tıkanma basıncı ; C cst : statik kompliyans ; Cdyn: dinamik kompliyans.

Diyafram inspiryum ve ekspiryum kalınlıkları açısından *weaning*'in başarılı olduğu ve başarısız olduğu gruplar arasında fark yoktu. Diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram ekskürsion ölçümleri *weaning* başarısız olan grupta anlamlı olarak düşük saptandı (Tablo 10, Şekil 10-11).

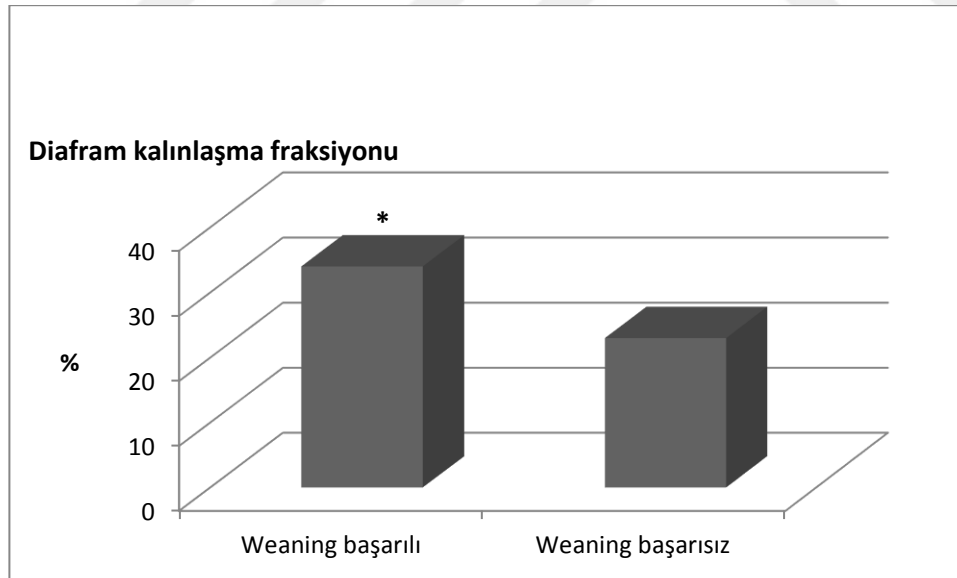
Tablo 10 : Diyafram ultrason ölçümlerinin karşılaştırılması

	<i>Weaning</i> Başarılı	<i>Weaning</i> Başarısız	<i>P</i> değeri
TEİ (mm)	3,6 (2,8-4,6)	2,8 (2,4-3,7)	0,132
TEE (mm)	2,7 (2,05-3,6)	2,2 (1,95-3)	0,343
Dtf (%)	34 (30,5-38,5)	23 (22,5-25)	0,002
D eks (mm)	16 (13-18,5)	10 (8,6-14,5)	0,016

Değerler sayı ortanca (25-75 persentil) olarak verilmiştir

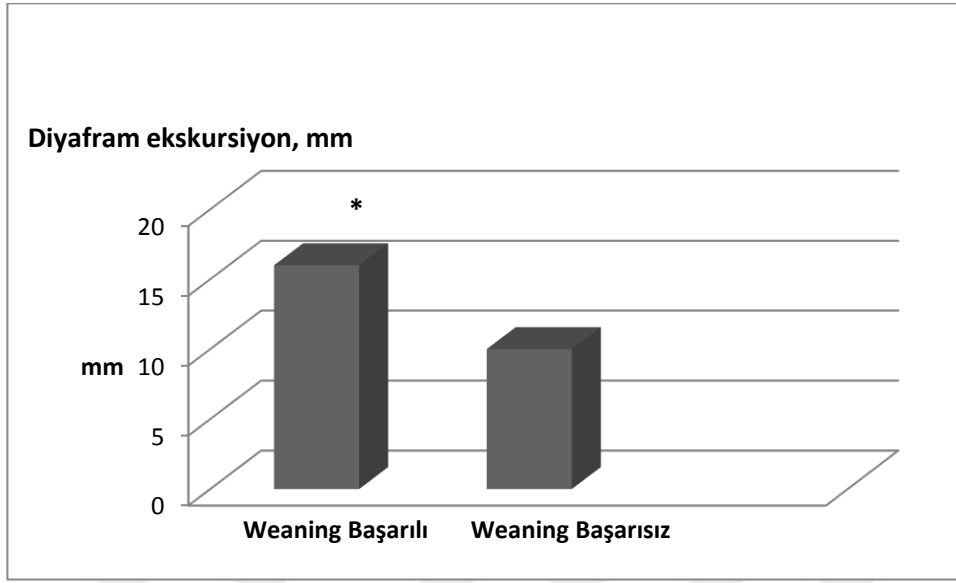
TEİ: inspirasyon sonu diyafram kalınlığı; TEE: ekspirasyon sonu diyafram kalınlığı;
Diyafram kalınlık fraksiyonu DTF= [(TEİ –TEE) / TEE] × 100
D eks:diyafram ekskürsyon

Şekil 10 : Diyafram kalınlaşma fraksiyonu değeri gruplar arası çizelgesi



***P < 0,05**

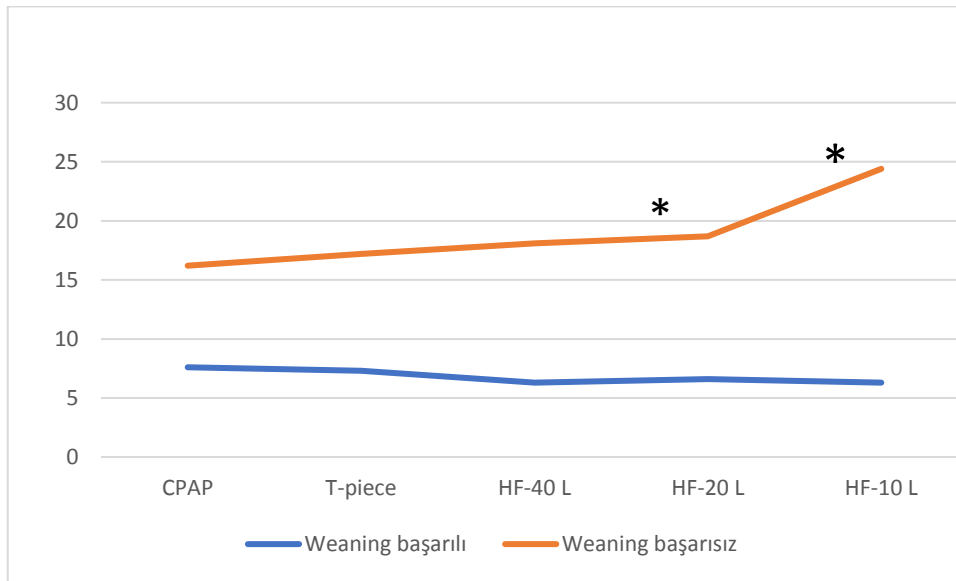
Şekil 11 : Diyafram ekskursion değerinin gruplar arası çizelgesi



***P<0.05**

CPAP ve T parçası sırasındaki Pes swing değeri, açısından weaning başarılı ve başarısız gruplar arasında istatistikî önemi olan fark yoktu. 20 L ve 10 L nazal high flow oksijen uygulaması sırasındaki Pes swing değeri weaning başarısız grupta weaning başarılı gruba göre anlamlı olarak yüksekti (Şekil 12, p<0.05).

Swing Pes (cmH₂O)



Şekil 12: Weaning başarılı ve başarısız hastalarda ortalama swing Pes (cm H₂O) değeri

***p<0.05**



5. TARTIŞMA

Hasta mekanik ventilasyon desteği altındayken *weaning* başarısını öngörecek yeterince güvenilir parametreler halen tanımlanamamıştır. Birçok prediktif kriter, *weaning* başarısının tahmininde kullanılabilir. Ancak bu prediktorlerin çoğunun iyi bir duyarlılığı (0,60-1,0 arasında değişen) varken, yetersiz özgüllüğe (0,10-0,80 arası değişen) sahip olduğu gösterilmiştir.^{2,76} Gerek erken gerekse geç *weaning* mortalite, uzamış yoğun bakımda kalış ve ekonomik maliyet ile ilişkilidir.⁷⁷ Son yıllarda yapılan çalışmalarda *weaning* başarısızlığında diyafram disfonksiyonunun rolü olduğu gösterilmiştir.⁴³

Biz bu çalışmayı, *weaning* planlanan yoğun bakım hastalarında ekstubasyon başarısının veya yetersizliğinin belirleyicisi olarak diyafragmatik fonksiyonun ultrasonografik indekslerinin (diyafragmatik ekskürsyonu ve kalınlaşma fraksiyonu) prediktif değerini değerlendirmek amacıyla yaptık. Ultrason ile yapılan ölçümlerde diyaframın inspirasyon kalınlığı ve ekspirasyon kalınlığı arasında fark bulunmadı. Diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram ekskürsyon ölçümleri *weaning* başarısızlığı olan grupta anlamlı derecede düşük bulundu ($p=0,002$ ve $p=0,016$, sırasıyla).

Bugüne kadar yapılan, diyafram fonksiyonu ile *weaning* başarısını araştıran çalışmalar arasında metodolojik olarak önemli farklılıklar vardır. Çalışmaya dahil etme kriterleri, *weaning* başarısızlığının tanımı, probun pozisyonu, frekansı, kullanılan USG cihazı, hastanın pozisyonu açısından çalışmalar farklıdır. Bazı çalışmalarda sağ taraf, diğerlerinde bilateral diyafram fonksiyonu ölçümü yapılmıştır, ölçüm zamanı bazı çalışmalarda *weaning* öncesi, bazılarında sonrasında yapılmıştır. Biz çalışmamızda sağ diyafram ölçümlerini hasta t- parçasına bağlı ve tidal solunumu esnasında *weaning* öncesinde yaptık.

Çalışmamızda sağ diyafram kalınlık fraksiyonu $>26\%$ olan hastalarda *weaning* başarısının yüksek olduğu görüldü. Bu sonuçlar Ferrari ve ark.⁷⁸ ($>36\%$), DiNino ve ark.⁷⁹ ($>30\%$), Dube ve ark.'nın⁸⁰ ($>29\%$), sonuçlarıyla tutarlıdır.

2017 yılından itibaren diyafram ultrasonu ile *weaning* başarısını değerlendiren üç metaanaliz yayınlanmıştır. Bu üç metaanalizin de sonuçları hemen hemen benzerdir. Llamas-Álvarez ve ark.¹³'nin yaptığı metaanalizde diyafram kalınlaşma fraksiyonu

weaning başarısını öngörmeye etkiliyken , Li ve ark.'nın¹⁴ yaptığı metaanalizde hem kalınlaşma fraksiyonu hem de ekskürsion başarılı bulunmuştur. Qian ve ark.'nın¹⁵ yaptığı metaanalizde de *weaning* başarısı olanlarda ekskürsion ve kalınlaşma fraksiyonunun yüksek olduğu sonucu çıkmıştır.

Diyafram ekskürsion ölçümlerini kullanan birçok çalışmada 10 mm ve üstündeki değerler başarılı *weaning* prediktörü olarak kabul edilmiştir.⁸¹⁻⁸³ Bizim çalışmamızda da diyafram ekskürsion *cut-off* değeri 9 mm bulundu. Boussuges ve ark.nın⁴⁸ sağlıklı gönüllülerde yaptığı çalışmada normal ve derin inspirasyonda diyafram ekskürsionu değerlerini sırasıyla 10 ve 47 mm bulunmuştur. Lerolle ve ark.nın⁸⁴ kardiyak hastalarda yaptığı çalışmada diyafram ekskürsionunun 25 mm'den küçük olması uzamış entubasyon prediktörü kabul edilmiştir. Hayat ve ark.⁸⁵ 'nin çalışmasında başarılı ekstübasyon için diyafram ekskürsion değerini 12 mm olduğu sonucuna varmıştır.

Theerawit ve ark.⁸⁶ nin yaptığı bir çalışmada diyafram ekskürsion ölçümleriyle diyaframın inspiratuar pik amplitüd zamanı (TPIA_{dia}) karşılaştırılmış ve benzer *weaning* öngörüsüne sahip olduğu bulunmuş. TPIA_{dia} her hastanın kendi tidal volümünü oluşturacak diyafram amplitüdü zamanının farklı olduğu hipotezi ortaya koyulmuştur.

Dres ve ark.⁸¹ frenik sinir stimülasyonu ile, diyafram ekskürsion ve kalınlaşma fraksiyonunu karşılaştırmış, aralarında güçlü bir korelasyon olduğunu bulmuştur. Diyafram kalınlaşma fraksiyonu > % 25.8 olan ölçümlerin frenik sinir stimülasyonu ile eşdeğer bir prediktif değere sahip olduğunu belirtmiştir. Vivier ve ark.⁸⁷'nin ekstübe edildikten sonra non-invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalarda yaptığı çalışmada trans diyaframatik basınç ile diyafram kalınlaşma fraksiyonu arasında güçlü korelasyon bulunmuştur.

Meade ve ark.'nın³³ bir derlemesinde, *weaning* başarısını gösteren parametreleri inceleyen 65 çalışmada 462 *weaning* parametresi kullanıldığını göstermişlerdir. Bu *weaning* kararı vermek için kullanılan birçok parametrenin tüm hastalarda aynı değere sahip olmadığı ve her hastanın ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.³³

Son yirmi yıl boyunca mekanik ventilasyon süresini azaltmak, *weaning* başarısını arttırmak için ; değişik spontan solunum deneme teknikleri, tarama yöntemleri ve ventilatör desteğinin azaltılması stratejileri ile ilgili birçok randomize kontrollü çalışmalar

yapılmıştır.⁸⁸⁻⁹¹ Blackwood ve ark.'nın⁹² yaptığı metaanalizde protokol ile yapılan *weaning* ile geleneksel yöntemler karşılaştırılmış ve protokol uygulandığında mekanik ventilasyon zamanında %26 azalma, *weaning* süresinde %70 kısalma ve yoğun bakımda kalış süresinde %11 azalma olduğu gösterilmiştir.

Weaning başarısını öngörmeye kullanılan parametrelerden en çok araştırılan RSBI olmuştur.⁹³ Yang ve ark.² yapmış olduğu prospektif bir çalışmada RSBI en doğru *weaning* başarısızlık belirteci olarak saptanmıştır. RSBI > 105 solunum / L / dakika ise %95 oranında *weaning* başarısızlığı başarısızlık saptanmıştır.² Yapılan bir çalışmada RSBI tek başına *weaning* başarısını öngörmeye diyafram ultasonuna üstün bulunmuşken⁹⁴, birlikte kombinasyon olarak yapılan çalışmada başarının özgüllüğünün arttığı gösterilmiştir.⁹⁵ Spadaro ve ark.⁹⁶ diyafragmatik RSBI adında yeni bir index yayınlamıştır . Bu ölçüm solunum sayısının diyafram ekskürsionuna bölünmesi olarak tanımlanmıştır. *Weaning* başarısını öngörmeye klasik RSBI 'den daha üstün olduğunu belirtmişlerdir Bizim çalışmamızda RSBI *weaning* başarısını öngörmeye başarılı bulunmadı. Ancak bunda *weaning* başarısız grubun vaka sayısındaki yetersizlik rol oynamış olabilir.

Bu tez çalışmasında *weaning* başarısızlığı olan hastalarda mekanik ventilasyon süresinin başarılı olanlara göre daha uzun olduğu görüldü. Goligher ve ark.⁹⁷ nin vurguladığı gibi mekanik ventilasyona sekonder gelişen diyafram atrofisi (diyafram kalınlığında > %10 düşüş) ; uzun süreli mekanik ventilasyon, artmış yoğun bakımda kalış süresi ve yüksek komplikasyon oranı ile ilişkilidir. Ventilatör ilişkili diyafram disfonksiyonda mekanik ventilasyon süresi ile diyafram miyofibrillerinde atrofi geliştiği daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir.^{43,98}

Bizim çalışmamızda *weaning* başarılı grupta komplians değerleri (dinamik ve statik) başarısız gruba göre anlamlı derecede yüksek bulundu (p = 0,015 , p = 0,007 , sırasıyla) . Aboussouan ve ark.'nın⁹⁹ yaptığı çalışmada statik kompliansın 20 mmHg 'nın üstünde olan hastalarda *weaning* süresinin kısaldığı görülmüştür.

Afessa ve ark.nın¹⁰⁰ çalışmasında APACHE II skorunun 3 günlük ve 7 günlük *weaning* prognozu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Vuagnat ve ark. nin¹⁰¹ bir çalışmasında ise uzamış mekanik ventilasyon (>14 gun) öncelikli olarak hastanın geliş tanısı ve APACHE II

skoru ile ölçülen fizyolojik kötüleşmenin derecesi ile ilişkili bulunmuştur. Çalışmamızda hasta grupları arasında APACHE II skoru açısından anlamlı farklılık izlenmemiştir.

Çalışmamızda iki grup arasında MIP değerleri arasında anlamlı fark izlenmemiştir. Birçok çalışmada -20 ile -30 cmH₂O arasında değişen MIP değerlerinin yüksek duyarlılığa (0,86 – 1,0) ancak yetersiz özgülüğe (0,07 – 0,69) sahip olduğu gösterilmiştir.^{2,102,103} Bruton ve ark.'nın¹⁰⁴ çalışmasında MIP < -17 cmH₂O cut-off değeri olarak alınmış ve başarılı ekstubasyonu öngörmede duyarlılık %100 ,özgüllük %50 bulunmuştur. Düşük özgülüğünden dolayı MIP değerinin tek başına geçerli bir *weaning* prediktörü olduğu söylenemez.

Mancebo ve ark.¹⁰⁵ yaptığı çalışmada P_{0.1} değerleriyle solunum iş yükü (WOB) arasında ilişki olduğunu göstermiştir. Vargas¹⁰⁶ ve ark.nın KOAH hastalarında yaptığı çalışmada P_{0.1} değerinin 3,3 cm/H₂O ün üzerinde olan ölçümlerde ekstubasyon sonrası solunum sıkıntısı görülme sıklığının arttığı gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda P_{0.1} ortalama değeri 2,1 cm /H₂O olarak bulundu, ve *weaning* başarılı ve başarısız gruplar arasında fark yoktu.

Khamiees M. ve ark.nın¹⁰⁸ yaptığı çalışmada mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda PaO₂/FiO₂ oranı 120 - 200 arası olanlar ile PaO₂/FiO₂ oranı 200 üzeri olanlar arasında ekstubasyon başarısı açısından belirgin fark izlenmemiştir. Bizim çalışmamızda iki grup arasında PaO₂/FiO₂ oranı açısından anlamlı farklılık izlenmedi .

Alsumrain ve ark.'nın¹⁰⁹ yapmış olduğu çalışmada hipofosfateminin ventilatörden ayrılmayı güçleştirdiği gösterilmiştir. Bu çalışmada hastaların her ayrılma denemesi sırasındaki fosfat değerlerine bakılmış ve başarısız denemelerde fosfat düzeylerinin ortalaması 3.3 ± 0.9 mg/dL, başarılı denemelerde ise 3.6 ± 0.8 mg/dL tespit edilmiştir. Aradaki fark anlamlı olup araştırmacılar 3.2 mg/dL'nin altındaki değerlerde ventilatörden ayrılma başarısızlığını belirlemede anlamlı olduğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda fosfat değerleri açısından iki grup arasında fark bulunmadı.

Çalışmamızın en önemli limitasyonu *weaning* başarısız gruptaki vaka sayısının yetersiz oluşudur.

Sonuç olarak *weaning*, MV süresinin önemli bir kısmını oluşturur. *Weaning* başarısızlığı ile ilgili son dönemde özellikle diyafram fonksiyonları ile ilgili çalışmalar önem kazanmaktadır. Diyafragma ultrasonunun *weaning* başarısının tahminindeki kullanılabilirliği yoğun olarak çalışılmış ve çalışmaya devam edilmektedir . Ultrasonografi aynı hastada tekrarlanabilir , non-invaziv ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Çalışma tasarımı ve popülasyondaki belirgin değişiklikler nedeniyle çalışmalardan genel sonuçlar çıkarmak zordur.



6.SONUÇ :

Weaning başarısının tahmininde klasik *weaning* prediktörleriyle diyafram ultrasonunu karşılaştırdığımız bu tez çalışmasında;

- *Weaning* başarılı ve başarısız grupta yaş, ek hastalık, APACHE II skoru, SOFA skorları benzer bulunmuştur.
- Her iki grupta inotrop, steroid, nöromuskuler bloke edici ajan, sedasyon, aminoglikozid kullanımı açısından fark bulunmamıştır.
- *Weaning* başarısız grupta mekanik ventilasyon süresi başarılı gruba göre daha uzun bulunmuştur.
- Kalsiyum ve fosfat değerleri her iki grupta benzerdir.
- Solunum sayısı, maksimum inspiratuar basınç, havayolu tıkanma bancı, parsiyel karbondioksit basıncı, dakika volüm, tidal volüm, hızlı yüzeyel solunum indeksi, rezistans her iki grupta benzer bulunmuştur.
- Kompliyans değerleri *weaning* başarılı grupta yüksek bulunmuştur.
- Rezistans değerleri her iki grupta benzerdir.
- Diyafram inspiratuar kalınlığı, ekspiratuar kalınlığı her iki grupta benzerdir.
- Diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram ekskürsiyonu değerleri *weaning* başarılı grupta yüksek bulunmuştur.
- Çalışmamız diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram ekskürsiyonu değerlerinin *weaning* başarısının tahmininde değerli göstergeler olabileceğini düşündürmektedir. Bu konuda geniş serilerle yapılacak çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.





7.ÖZET

Amaç: *Weaning* başarısızlığı, hastanın tekrar entübe edilerek MV'e bağlanmasını gerektirir ki bu komplikasyonu yüksek olan bir süreçtir. Bu nedenle *weaning* başarısını tahminde çeşitli testler geliştirilmiştir; PaO₂/FiO₂, solunum sayısı, dakika volümü, RSBI, PO.1, maksimum inspiratuar basınç (MIP) değeri gibi. Yapılan çeşitli çalışmalarda MV'e bağlı olarak gelişen diyafram disfonksiyonunun *weaning* başarısızlığında rol oynayabildiği gösterilmiştir. Bu çalışma, ultrasonografi yöntemiyle değerlendirilen diyafram fonksiyonunun *weaning* başarısının tahmininde kullanımını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Metod: Çalışmaya Ağustos 2018-Nisan 2019 tarihleri arasında KÜTF cerrahi YBÜ'ndeki MV'e bağlı olan ve yoğun bakım doktoru tarafından MV'den ayrılabilceği düşünülen hastalar dahil edildi. Klinisyenin *weaning* için hazır olduğu düşünülen hastalara ait yatış günü APACHE 2, çalışma günü SOFA skorları, demografik veriler, komorbid hastalıklar, MV süresi, MV modları, enfeksiyon/sepsis varlığı, kas gevşetici/sedasyon uygulaması, ve steroid kullanımı verileri kaydedildi. Hastalar MV'den ayrılmadan önce spontan solunum modunda solunum sayısı, dakika volümü, MIP, RSBI, PO.1, PaO₂/FiO₂ değerleri belirlendi. T parçasına alındıktan sonra SpO₂>94 olacak şekilde tüm hastalara 5-10 L /dk'dan oksijen verildi. 30 dk.lık stabilizasyon periodundan sonra lineer probe kullanılarak diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram ekskursiyonu belirlendi. 48 saat süreyle spontan solunum sürdürebilen hastalarda *weaning* başarılı kabul edildi.

Sonuçlar: *Weaning* başarılı ve başarısız olan hasta grupları yaş, cinsiyet, YBÜ'de yatış süreleri, APACHE 2 ve SOFA skorları açısından benzerdi. *Weaning* başarısız olan grupta mekanik ventilatör süresi belirgin olarak uzun bulundu (p=0,032). *Weaning* başarısız olan hastalarda enfeksiyon sıklığı artmış bulundu. *Weaning* başarılı ve başarısız olan hasta grupları arasında MIP, PO.1, solunum sayısı, RSBI skoru, dakika volümü, tidal volüm, rezistans değerleri açısından fark bulunmadı. Kompliyans değerleri *weaning* başarısız grupta, daha düşüktü (p=0,007). *Weaning* başarılı ve başarısız olan hasta grupları diyaframın inspiyum ve ekspiyum kalınlıkları açısından farklı değildi. Diyafram

kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram ekskürsiyon ölçümleri *weaning* başarısız grupta daha düşük bulundu ($p=0,002$, ve $p=0,016$, sırasıyla).

Tartışma: Çalışmamızda, ultrasonografi yöntemiyle değerlendirildiğinde, diyafram disfonksiyonu olan hastalarda, normal diyafram fonksiyonu olan hastalara göre *weaning* başarısının daha düşük olduğu görüldü. Diyafram fonksiyonunun ultrasonografik olarak değerlendirilmesi diğer invaziv yöntemlere alternatif olabilir. Ancak; bu konuda daha büyük örneklem büyüklüğüyle yapılacak olan geniş çalışmalara ihtiyaç vardır.



8. ABSTRACT

Objectives: *Weaning* failure requires the patient to be re-intubated and connected to MV, a process with a high complication rate. Therefore various tests have been developed to predict the success of *weaning*; PaO_2 / FiO_2 , respiration rate, minute volume, RSBI, $P_{0.1}$, maximum inspiratory pressure (MIP) value. Several studies have shown that diaphragmatic dysfunction due to MV may play a significant role in *weaning* failure. The aim of this study is the evaluation of diaphragm function in predicting *weaning* success using ultrasonographic method.

Methods: Between August 2018 and April 2019, the patients on invasive mechanical ventilation and considered to be able to wean from MV by intensive care physician were included in the study. APACHE 2 score on the day of admission, SOFA score on the study day, demographic data, comorbid diseases, duration of MV, length of ICU stay, MV modes used, presence of infection / sepsis, use of neuromuscular blocking agent, sedation, and steroid were recorded. Respiration rate, minute volume, MIP, RSBI, $P_{0.1}$, PaO_2 / FiO_2 values in spontaneous breathing mode were determined before weaning from MV. The patients were then placed on T-piece with 5-10 L / min O_2 flow, and O_2 flow was adjusted to obtain $SpO_2 > 94\%$. After a stabilization period of 30 minutes, diaphragm thickening fraction and diaphragm excursion were determined. *Weaning* was considered successful in patients who were able to sustain spontaneous breathing for 48 hours.

Results: The *weaning* failure and success groups were similar in terms of age, sex, APACHE 2 and SOFA scores, and length of ICU stay. Duration of MV was significantly longer in the *weaning* failure group ($p=0,032$). The frequency of infection was higher in patients who failed *weaning*. There was no difference in terms of MIP, $P_{0.1}$, respiratory rate, RSBI score, minute volume, tidal volume, and resistance values between the *weaning* failure and success groups. Compliance values were lower in the *weaning* failure group compared with the *weaning* success group ($p=0,007$). The diaphragm thickness at end-inspiration and end-expiration were not significantly different between the *weaning* success and failure groups ($p= 0,002$ and $0,016$, respectively). Diaphragm thickening

fraction and diaphragm excursion measurements were significantly lower in the *weaning* failure group ($p= 0,002$ and $p=0,016$, respectively).

Conclusion: We demonstrated that *weaning* success was lower in patients who had diaphragmatic dysfunction compared to patients with normal diaphragmatic function , when evaluated by ultrasonography method. Ultrasounographic evaluation of diaphragm function may be an alternative to other invasive procedures. However; new studies with larger sample sizes are needed on this subject.



9. EK 1: Hasta Onam Formu

GÖNÜLLÜ BİLGİLENDİRME FORMU:

1. **Çalışmanın adı:** *Weaning* başarısının tahmininde diafram fonksiyonunun değerlendirilmesinin klasik *weaning* prediktörleriyle karşılaştırılması.

Araştırmacıların adları, kurumları ve iletişim numaraları.

Prof.Dr.Zehra Nur BAYKARA Anesteziyoloji ve Reanimasyon BD. 3038248

2.Araştırma amacının anlaşılır ve özet açıklaması:

Bir araştırma projesine davet edilmektesiniz. Karar vermeden önce araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını anlamanız çok önemlidir. Lütfen biraz zaman ayırın ve aşağıdaki bilgileri dikkatlice okuyun, isterseniz başkalarıyla tartışın. Açık olmayan bir bölüm varsa ya da daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyuyorsanız lütfen bizi arayın. Ancak araştırmaya katılmak isteyip istemediğinize karar vermek için lütfen biraz düşünün.Yoğun bakımda yatan hastanın takibi ve tedavisi zorlu bir süreçtir. Yoğun bakımda solunum cihazına bağlı hastalarda bu makineden ayrılma zamanının belirlenmesi için çeşitli testler yapılır biz bu çalışmada en büyük solunum kası olan diyaframı ultrasound ile fonksiyonunu değerlendirip hastanın solunum cihazından ayrılıp ayrılmayacağını öngörülmesi üzerinde araştırma yapmayı planlıyoruz.

3. Neden ben seçildim?

Yoğun bakımda solunum cihazına bağlı yakınınız olduğu için

4. Araştırmaya katılmak / bir kez katıldıktan sonra sonuna kadar devam etmek zorunda mıyım?

Araştırmaya katılmak zorunda değilsiniz. Araştırmaya katılmamanız tedavinizi etkilemeyecektir. Ayrıca araştırmaya katılmayı kabul ettikten sonra da araştırmanın herhangi bir yerinde hiçbir neden göstermeksizin çekilebilirsiniz. Bu durumda da tedaviniz herhangi bir şekilde etkilenmeyecektir.

5. Katılmayı kabul edersem bana ne yapılacak?

Yoğun bakımda yatan solunum cihazına bağlı yakınınıza ultrasound yardımı ile diyafram kası kalınlığı ölçülecek.

6. Araştırmaya katılmanın olası dezavantajları ve riskleri nelerdir?

Araştırmaya katılmanızın herhangi bir riski ve ya dezavantajı bulunmamaktadır

7. Araştırmaya katılmanın olası yararları nelerdir?

Araştırmaya katılmanın sizin yoğun bakımda yatan hastanızın solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve solunum cihazında ayrılabilmesi öngörüsü sağlanacak. Bundan sonra yoğun bakımda yatacak hastalar için de bu değerlendirme yol gösterici olacak

8. **Araştırma masrafları:** Size bu araştırmadan dolayı ek bir masraf çıkmayacak.

9. Araştırmada ters giden bir şey olursa?

Çalışmaya bağlı terslik olması beklenmemektedir ancak ilaca bağlı beklenmeyen bir yan etki görülürse kurum (Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi) gerekli müdahaleyi yapacaktır.

10. Kimlik bilgilerim ve elde edilen verilerin gizliliği nasıl sağlanacak?

Gizlilik: Araştırma için veriler isimsiz toplanacaktır ve araştırma süresince elde edilen tüm bilgiler gizli kalacaktır.

Bilgilere giriş: Bilgiler araştırmacılar haricinde kimseyle paylaşılmayacaktır.

11. Araştırma sonunda bana bilgi verilecek mi?

Eğer isterseniz araştırmamızın sonucunu bizden öğrenebilir, yayının bir kopyasını bizden alabilirsiniz.

12. Araştırma sonuçlarına ne olacak?

Ulusal veya uluslar arası bilim dergilerinde yayınlanacaktır.

13. Daha ayrıntılı bilgi için,

Dr. Buket Yıldız Serez'i aramaktan çekinmeyin. Anesteziyoloji ve Reanimasyon 3038248

14. Teşekkür:

Araştırmanıza katıldığınız için teşekkür ederiz.

15. Şikâyet için başvuru adresi verilmelidir;

Araştırmaya katılımınızla ilgili herhangi bir şikâyetiniz varsa Kurula Etik Kurul raportörü Yrd. Doç. Dr. Aslıhan Akpınar (Tel: 02623037450) vasıtasıyla ulaşabilirsiniz. Her tür şikâyetiniz gizlilikle değerlendirilecek, araştırılacak ve sonuç hakkında tarafınıza bilgi verilecektir.



ONAM FORMU (D²)

16. Araştırmanın Adı: Çalışmanın adı: Weaning başarısının tahmininde diafram fonksiyonunun değerlendirilmesinin klasik weaning prediktörleriyle karşılaştırılması

	Evet	Hayır
Gönüllü Bilgilendirme Formunu okudunuz mu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Araştırma projesi size sözlü olarak da anlatıldı mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Size araştırmayla ilgili soru sorma, tartışma fırsatı tanındı mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sorduğunuz tüm sorulara tatmin edici yanıtlar alabildiniz mi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Araştırma hakkında yeterli bilgi aldınız mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herhangi bir zamanda herhangi bir nedenle ya da neden göstermeksizin araştırmadan çekilme hakkına sahip olduğunuzu anladınız mı?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Araştırma sonuçlarının uygun bir yolla yayınlanacağına katılıyor musunuz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Araştırmada elde edilen biyolojik örneklerin madde 6'da belirtilen şartlarda gelecekte de kullanılmasına onay veriyor musunuz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yukarıdaki soruların yanıtları size kim tarafından açıklandı?		

Gönüllü	Araştırmacı
İmza:	İmza:
Adı / Soyadı:	Adı / Soyadı:
Tarih:	Tarih:

9.EK.2

Weaning başarısının tahmininde diyafram fonksiyonunun değerlendirilmesinin klasik *weaning* prediktörleriyle karşılaştırılması

Hasta adı soyadı:

Yaş:

Yandaş hastalıklar:

Yatış sebebi:

Entübasyon sebebi:

Mekanik ventilasyon süresi:

Mekanik ventilasyon modu:

Apache skoru:

sofa skoru:

Enfeksiyon:

sepsis:

İnotrop kullanımı:

kortikosteroid kullanımı:

Kas gevşetici kullanımı:

Sedasyon:

Aminoglikozid kullanımı:

Daha önce weaning denemesi:

Kalsiyum düzeyi:

fosfat düzeyi:

MIP:

solunum sayısı:

PaCO₂:

PaO₂/FiO₂:

minute volume:

tidal volüm:

RSBI:

P0.1:

Rezistans:

Kompliyans(statik):

Kompliyans(dinamik):

Diyafram inspirasyon:

Diyafram ekspirasyon:

Diyafram thickness fraction:

Diyafram excursion:

Özefageal pressure:

Gastrik pressure:

Transdiafragmatik pressure:



10. KAYNAKLAR

1. Türk Yoğun Bakım Derneği Mekanik Ventilasyondan Ayırma (*Weaning*) Rehberi.2015
2. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. N Engl J Med. 1991 May 23;324(21):1445-50.
3. Bien Udós S, Souza GF, Campos ES, et al. Maximum inspiratory pressure and rapid shallow breathing index as predictors of successful ventilator weaning. J Phys Ther Sci. 2015 Dec;27(12):3723-7.
4. Heunks LM, van der Hoeven JG. Clinical review: the ABC of weaning failure--a structured approach. Crit Care 2010;14:245.
5. Zapata L, Vera P, Roglan A, et al. B-type natriuretic peptides for prediction and diagnosis of weaning failure from cardiac origin. Intensive Care Med 2011;37:477–85
6. Papanikolaou J, Makris D, Saranteas T, et al. New insights into weaning from mechanical ventilation: left ventricular diastolic dysfunction is a key player. Intensive Care Med 2011;37:1976–85.
7. Pirompanich P, Romsaiyut S. Use of diaphragm thickening fraction combined with rapid shallow breathing index for predicting success of weaning from mechanical ventilator in medical patients. J Intensive Care. 2018 Feb 2;6:6
8. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, et L Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. Crit Ultrasound J. 2014 Jun 7;6(1):8 Sade ultrason
9. Banerjee A, Mehrotra G. Comparison of Lung Ultrasound-based Weaning Indices Indian

J Crit Care Med. 2018 Jun; 22(6): 435–440.

10. Zhou P, Zhang Z, Hong Y, et al. The predictive value of serial changes in diaphragm function during the spontaneous breathing trial for weaning outcome: a study protocol . BMJ Open. 2017; 7:e015043.

11. Tenza-Lozano E, Llamas-Alvarez A, Jaimez-Navarro E, et al. Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation. Crit Ultrasound J (2018) 10:12.

12. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A (2017) Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. Intensive Care Med 43:29–38

13. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J (2017) Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome. Chest 152:1140–1150

14. Li C, Li X, Han H, Cui H, Wang G, Wang Z (2018) Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: a meta-analysis. Medicine(Baltimore) 97:e10968

15. Qian Z, Yang M, Li L, Chen Y (2018) Ultrasound assessment of diaphragmatic dysfunction as a predictor of weaning outcome from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open 8:21189

16. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D et al (2015) Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. Intensive Care Med 41:642–649

17. Weiss B, Kaplan LJ. Oxygen therapeutics and mechanical ventilation advances. Crit Care Clin 2017;33:293-310.

18. Bowton DL, Scott LK. Ventilatory management of the noninjured lung. *Clin Chest Med* 2016;37:701-10.
19. 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* 2017;5:8
20. MacIntyre NR. Patient-ventilator interactions: optimizing conventional ventilation modes. *Respir Care* 2011;56:73-84.
21. Botz GH, Sladen RN. Conventional modes of mechanical ventilation. *Int Anesthesiol Clin*. 1997;35:19-27.
22. Gannier M, Michelet P, Thirion X, Arnal JM, Sainty JM, Papazian L. Prone position and positive and expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2003;31:2719-26.
23. Gilstrap D, Davies J. Patient-ventilator interactions. *Clin Chest Med* 2016;37:669-81
24. Hess, D. R., MacIntyre, N. R., Mishoe, S. C., & Galvin, W. F. (2011). *Respiratory care: Principles and practice, Second edition (2nd ed.)*. Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers
25. Tobin MJ. Role and interpretation of weaning predictors. 5th International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: Weaning from Mechanical Ventilation. Budapest, April 28-29, 2005

26. Esteban A, Alía I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994;106(4):1188-93.
27. Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1994;330(15):1056-61.
28. Epstein SK. Decision to extubate. *Intensive Care Med* 2002;28(5):535-46.
29. Epstein SK, Nevins ML, Chung J. Effect of unplanned extubation on outcome of mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161(6):1912-6.
30. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart TE, et al.; Mechanical Ventilation International Study Group. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 2002;287(3):345- 55
31. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2007; 29(5):1033-56.
32. Brochard L. Pressure support is the preferred weaning method. 5th International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: Weaning from Mechanical Ventilation, April 28-29, 2005
33. Epstein SK. Weaning from ventilatory support. In: *Textbook of Pulmonary Diseases*, 7th Edition, Crapo JD, Glassroth J, Karlinsky J, King TE (eds), Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia 2003. p.1089
34. Meade M, Guyatt G, Cook D, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest* 2001; 120:400S.
35. Kallet RH. Pressure-volume curves in the management of acute respiratory distress syndrome. *Respir Care Clin N Am* 2003;9(3):321- 41

36. Sassoon CS, Mahutte CK. Airway occlusion pressure and breathing pattern as predictors of weaning outcome. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148:860
37. Multz AS, Aldrich TK, Prezant DJ, et al. Maximal inspiratory pressure is not a reliable test of inspiratory muscle strength in mechanically ventilated patients. *Am Rev Respir Dis* 1990; 142:529
38. Harrison GR. The anatomy and physiology of diaphragm. *Springer Specialist Surgery Series* 2005;45-58
39. Moore NA. Roy WA, ed. *Rapid review gross and developmental anatomy*, 2nd ed. California: Mosby; 2006:58-67
40. Shields TW. Embryology and anatomy of the diaphragm. In Shields TW, LoCicero J, Reed CE, Feins RH, ed. *General Thoracic Surgery*, 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009:690-2
41. Faller A. The diaphragm. In Faller A, Schuenke M, Schuenke G, ed. *The Human Body "An introduction to structure and function"*. Stuttgart-New York: Thieme; 2004:149
42. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/imagepages/19072.htm>
43. Levine Sanford, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *New Engl J Med* 2008; 358.13; 1327-35.
44. Jubran A. (2006). Critical illness and mechanical ventilation: Effects on the diaphragm. *Respiratory Care* 2006; 51: 1054-64.
45. Schepens T, Verbrugge W, Dams K, Corthouts B, Parizel PM, Jorens PG. The course

of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: A longitudinal cohort study. *Critical Care* 2015; 19: 422

46. Jung B, Moury PH, Mahul M, et al. Diaphragmatic dysfunction in patients with ICU-acquired weakness and its impact on extubation failure. *Intensive Care Med* 2016;42:853-61

47. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med* 2015;41:734

48. A. Boussuges, Y. Gole, P. Blanc Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values *Chest*, 135 (2009), pp. 391-400

49. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med*. 2012 May;38(5):796-803. doi: 10.1007/s00134-012-2547-7. Epub 2012 Apr 5.

50. A. Testa, G. Soldati, R. Giannuzzi, S. Berardi, G. Portale, N. Gentiloni Silveri Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects
Ultrasound Med Biol, 37 (2011), pp. 44-52

51. Neuromuscular Ultrasound for Evaluation of the Diaphragm NIHPA Author Manuscripts. 2013 Mar; 47(3)319

52. Tobin MJ, Jubran A. Variable performance of weaning-predictor tests: role of Bayes' theorem and spectrum and test-referral bias. *Intensive Care Med* 2006; 32:2002.

53. Tanios MA, Nevins ML, Hendra KP, et al. A randomized, controlled trial of the role of weaning predictors in clinical decision making. *Crit Care Med* 2006; 34:2530.
54. Mabrouk AA, Mansour OF, El-Aziz AA, Elhabashy MM, Alasdoudy AA (2015): Evaluation of some predictors for successful weaning from mechanical ventilation, *Egypt J Chest Dis Tuber.*, 4 (703):7703–707.
55. Savi A, Teixeira C, Silva JM, Borges LG, Pereira PA, Pinto KB et al. (2012): weaning predictors do not predict extubation failure in simple-to-wean patients. *J Crit Care*, 27:221.
56. Montaña-Alonso EA, Jiménez-Saab NG, Vargas-Ayala G, García-Sánchez JL, Rubio-Sánchez ME, ReynaRamírez MD et al. (2015): Usefulness of CROP index as prognosis marker of successful extubation, *Medicina Interna de México*, 31:164-73.
57. John PJ, Johnson S, Shenoy A (2013): Comparison of five weaning indices in predicting successful weaning from mechanical ventilation, *Indian Journal of Respiratory Care*, 2(2):299.
58. Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Care* 2009; 13:R152.
59. Delisle S, Francoeur M, Albert M, et al. Preliminary evaluation of a new index to predict the outcome of a spontaneous breathing trial. *Respir Care* 2011; 56:1500.
60. Akoumianaki E, Maggiore SM, Valenza F, et al; PLUG Working Group (Acute Respiratory Failure Section of the European Society of Intensive Care Medicine). The application of esophageal pressure measurement in patients with respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2014; 189: 520-31. doi: 10.1164/rccm.201312-2193CI

61. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, Solsona JF, Valverdu V, Carriedo D. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *New Engl J Med* 1995; 332: 345-50.
62. Ezingearde E, Diconne E, Guyomarc'h S, et al. Weaning from mechanical ventilation with pressure support in patients failing a T-tube trial of spontaneous breathing. *Intensive Care Med* 2006; 32:165.
63. Esteban A, Alía I, Gordo F, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156:459.
64. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, Haponik EF. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *New Engl J Med* 1996; 335: 1864-9.
65. Derneği, T.Y.B. & Klavuzları, Y. B. Mekanik Ventilasyondan Ayırma (Weaning) Rehberi.(2004)
66. Epstein SK. Extubation Failure: Can it be prevented or predicted?. In:Mechanical ventilation and weaning. Eds. Mancebo J, Net A, Brochard L.Springer NewYork 2003; P: 322-35.
67. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2007; 29(5):1033-56.
68. Blackwood B, Alderdice F, Burns K, Cardwell C, Lavery G, O'Halloran P. Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2011;342:c7237.

69. Esteban A, Alia I, Ibanez J, et al. Modes of mechanic ventilation and weaning: a national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994; 106: 1188-93.
70. Esteban A, Alia I, Tobin J, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 512-8.
71. Vallverdú I, Calaf N, Subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J. Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158(6):1855-62
72. Eskandar N, Apostolakos MJ. Weaning from mechanical ventilation. *CritCare Clin* 2007; 23: 263-74.
73. Epstein SK. Extubation Failure: Can it be prevented or predicted?. In: *Mechanical ventilation and weaning*. Eds. Mancebo J, Net A, Brochar L. Springer New York 2003; P: 322-35.
74. Lemaire F., Teboul J.L., Cinotti L., et al: Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1988; 69: pp. 171-179
75. Caroleo S., Agnello F., Abdallah K., Santangelo E., and Amantea B.: Weaning from mechanical ventilation: an open issue. *Minerva Anesthesiol* 2007; 73: pp. 417-427
76. Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilator weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med* 1992;18:327-33.
77. Epstein S.K., Ciubotaru R.L., and Wong J.B.: Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* 1997; 112: pp. 186-192

78. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, Panero F, Volpicelli G, Apra F. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*. 2014;6:8.
79. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014;69:423–7.
80. Dube BP, Dres M, Mayaux J, Demiri S, Similowski T, Demoule A. Ultrasound evaluation of diaphragm function in mechanically ventilated patients: comparison to phrenic stimulation and prognostic implications. *Thorax*. 2017;72:811–8.
81. M. Dres, B.P. Dubé, J. Mayaux, J. Delemazure, D. Reuter, L. Brochard, *et al.* Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients *Am J Respir Crit Care Med*, 195 (2017), pp. 57-66,
82. J.-R. Jiang, T.-H. Tsai, J.-S. Jerng, C.-J. Yu, H.-D. Wu, P.-C. Yang Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome *Chest*, 126 (2004), pp. 179-185,
83. W.Y. Kim, H.J. Suh, S.-B. Hong, Y. Koh, C.-M. Lim Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation *Crit Care Med*, 39 (2011), pp. 2627-2630
84. Lerolle N, Guérot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, Diehl JL. Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest*. 2009;135:401–407.

85. Hayat A, Khan A, Khalil A, Asghar A. Diaphragmatic Excursion: does it predict successful weaning from mechanical ventilation? *J Coll Physicians Surg Pak.* 2017;27:743–746.
86. Pongdhep Theerawit , Dararat Eksombatchai , Yuda Sutherasan Diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning outcomes *BMC Pulmonary Medicine* volume 18, Article number: 175 (2018)
87. E. Vivier, A. Mekontso Dessap, S. Dimassi, F. Vargas, A. Lyazidi, A.W. Thille, *et al.* Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation *Intensive Care Med*, 38 (2012), pp. 796-803
88. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, *et al.* Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864–1869
89. Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, St John RE, Prentice D, Sauer S, *et al.* A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997;25:567–574.
90. Marelich GP, Murin S, Battistella F, Inciardi J, Vierra T, Roby M. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses: effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2000;118:459–467.
91. Esteban A, Alía I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, *et al.*; The Spanish Lung Failure Collaborative Group. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:459–465.

92. Blackwood B, Burns K, Cardwell C, O'Halloran P. Protocolized vs. non-protocolized weaning for reducing the duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients. *Cochrane Database of Syst Rev* 2014;(11):CD006904.
93. Rafael Baptistella A, Sarmiento FJ, Ribeiro Da Silva K, et al. Predictive factors of weaning from mechanical ventilation and extubation outcome: A systematic review. *J Crit Care* 2018;48:56-62
94. Banerjee A, Mehrotra G (2018) Comparison of lung ultrasound-based weaning indices with rapid shallow breathing index: are they helpful? *Indian J Crit Care Med* 22:435–440
95. Pirompanich P, Romsaiyut S (2018) Use of diaphragm thickening fraction combined with rapid shallow breathing index for predicting success of weaning from mechanical ventilator in medical patients. *J intensive care* 6:6
96. 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*. 2016;20:305.
97. Goligher EC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS et al (2018) Mechanical ventilation–induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes. *Am J Respir Crit Care Med* 197:204–213
98. T. Vassilakopoulos, B.J. Petrof Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction *Am J Respir Crit Care Med*, 169 (2004), pp. 336-341

99. Aboussouan LS, Lattin CD, Anne VV: Determinants of time-to-weaning in a specialized respiratory care unit. *Chest*. 2005, 128: 3117-3126. 10.1378/chest.128.5.3117.
100. Afessa B, Hogans L, Murphy R. Predicting 3-day and 7-day outcomes of weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1999; 116: 456–461.
101. Vuagnat A, Chastre J, Trouillet JI et al. Predicting prolonged (>14 days) duration of mechanical ventilation in ICU patients. The importance of disease and patient characteristics. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:768.
102. Chatila W, Jacob B, Guaglianone D, Manthous CA: The unassisted respiratory rate:tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome. *Am J Med*. 1996, 101: 61-67. 10.1016/S0002-9343(96)00064-2.
103. Jacob B, Chatila W, Manthous CA: The unassisted respiratory rate/tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in post-operative patients. *Crit Care Med*. 1996, 25: 253-7. 10.1097/00003246-199702000-00010
104. Bruton A: A pilot study to investigate any relationship between sustained maximal inspiratory pressure and extubation outcome. *Heart Lung*. 2002, 31: 141-149. 10.1067/mhl.2002.122840.
105. Mancebo J, Albaladejo P, Touchard D, et al. Airway occlusion pressure to titrate positive end-expiratory pressure in patients with dynamic hyperinflation. *Anesthesiology* 2000;93:81-90.
106. Vargas F, Boyer A, Bui HN, et al. Respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease after extubation: value of expiratory flow limitation and airway occlusion pressure after one 0.1 second (p0.1). *J Crit Care* 2008;23:577-84.

107. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, et al. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest* 2001;120:1262-70.

108. 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* 2010;40:144-8.

