



T.C.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

MEKANİK VENTİLATÖRE BAĞLI HASTALARDA  
İNSPIRATUAR KAS EĞİTİMİ VE DİYAFRAMA  
NÖROMUSKÜLER ELEKTRİK STİMÜLASYONUN  
ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uzm. Fzt. ALİ YALMAN

Aralık 2021

DENİZLİ

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**MEKANİK VENTİLATÖRE BAĞLI HASTALARDA  
İNSPİRATUAR KAS EĞİTİMİ VE DİYAFRAMA  
NÖROMUSKÜLER ELEKTRİK STİMÜLASYONUN ETKİLERİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Uzm. Fzt. Ali YALMAN**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Orçin TELLİ ATALAY**

**Denizli, 2021**

ONAY FORMU SAYFASI

Pamukkale Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uygulama Esasları Yönergesi Madde 24-(2) "Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora öğrencileri için: Doktora tez savunma sınavından önce, doktora bilim alanında kendisinin yazar olduğu uluslararası atıf indeksleri kapsamında yer alan bir dergide basılmış ya da basılmak üzere kesin kabulü yapılmış en az bir makalesi olan öğrenciler tez savunma sınavına alınır. Yüksek lisans tezinin yayın haline getirilmiş olması bu kapsamda değerlendirilmez. Bu ek koşulu yerine getirmeyen öğrenciler, tez savunma sınavına alınmazlar" gereğince yapılan yayın/yayınların listesi aşağıdadır (Tam metin/metinleri ekte sunulmuştur):

Ek- 1. Taşkin H, Telli Atalay O, Yuncu G, Taşpınar B, **Yalman A**, Şenol H. Postoperative respiratory muscle training in addition to chest physiotherapy after pulmonary resection: A randomized controlled study. ***Physiother Theory Pract*** 2020; 36 (3): 378-385. doi:10.1080/09593985.2018.1488189

Ek- 2. Unal A, Yalman A, Altuğ F, Cavlak U. Effectiveness of deep Brain Stimulation on early onset Dystonia: A Case Report. ***Open J Parkinsons Dis Treatm*** 2017; 1 (1): 027-029

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

Öğrenci Adı Soyadı: Ali YALMAN

İmza:

## ÖZET

# MEKANİK VENTİLATÖRE BAĞLI HASTALARDA İNŞPIRATUAR KAS EĞİTİMİ VE DİYAFRAMA NÖROMUSKÜLER ELEKTRİK STİMÜLASYONUN ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ali YALMAN

Doktora tezi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon AD.

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Orçin TELLİ ATALAY

Aralık 2021, 60 Sayfa

Çalışmamız mekanik ventilatöre bağlı hastalarda İnspiratuar Kas Eğitimi (İKE) uygulaması ile diyaframa Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu (NMES) uygulamasının solunum kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyon seviyesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması amacı ile yapıldı.

Yoğun bakımda yatan, mekanik ventilatöre bağlı 51 katılımcı çalışmaya dahil edildi. Katılımcılar blok randomizasyon ile İKE ve NMES gruplarına ayrıldı. Çalışma İKE grubu (n=16), NMES grubu (n=16) olmak üzere toplamda 32 katılımcı ile tamamlandı. İKE grubundaki katılımcılara göğüs fizyoterapisi, yatak içi EHA ve mobilizasyondan oluşan rutin yoğun bakım fizyoterapisine ek olarak günde 2 seans İKE uygulaması yapılırken; NMES grubuna ise rutin yoğun bakım fizyoterapisine ek olarak günde bir kez diyaframa 45 dk NMES uygulaması yapıldı. Sonuç ölçümlerinde; inspiratuar kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyon seviyesini değerlendirmek için Yoğun bakım fiziksel fonksiyon testi (PFİT) kullanıldı. Katılımcıların tedavi öncesi Negatif inspiratuar kuvvet (NİF), mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyon seviyeleri değerlendirilirken; ekstübasyon öncesi NİF ve mekanik ventilatör parametreleri değerlendirildi. Taburculuk öncesi ise NİF ve fiziksel fonksiyon seviyesi değerlendirmeleri yapıldı. İkincil sonuçlar olarak ekstübasyon başarısı, entübe kalınan süre, taburculuk süresi kaydedildi. Uygulamalar süresince katılımcıların vital bulguları kaydedildi.

Çalışmanın sonuçlarında, İKE grubu katılımcıların inspiratuar kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyon seviyelerinde istatistiksel anlamlı düzelme görülürken ( $p<0,05$ ), NMES grubunda inspiratuar kas kuvveti ve mekanik ventilatör parametrelerinde istatistiksel anlamlı iyileşme görüldü ( $p<0,05$ ), fiziksel fonksiyon seviyesinde ise, değişim görülmedi ( $p>0,05$ ). İki grubun karşılaştırmasında İKE grubu katılımcıların NİF ve fiziksel fonksiyon seviyesi parametrelerinde daha fazla artış görülürken ( $p<0,001$ ), mekanik ventilatör parametrelerindeki değişim açısından iki grup arasında istatistiksel anlamlı farklılık görülmedi ( $p>0,05$ ). Katılımcıların entübe kalınan süre ve taburculuk süresi karşılaştırmasında İKE grubu lehine istatistiksel anlamlı farklılık gözlenirken ( $p<0,05$ ) ekstübasyon başarısı parametresi için gruplar arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p>0,05$ ).

Çalışmamızın sonucunda; mekanik ventilatöre bağlı hastalarda İKE uygulaması NMES uygulamasında göre inspiratuar kas kuvveti ve fiziksel fonksiyon seviyesi üzerine daha etkili olduğu, mekanik ventilatör parametreleri üzerine ise benzer etkileri sağladığı sonuçlarına ulaşıldı.

**Anahtar kelimeler:** İnspiratuar kas eğitimi, mekanik ventilasyon, nöromusküler elektrik stimülasyonu, solunum kas kuvveti, yoğun bakım

## ABSTRACT

### COMPARISON OF THE EFFECTS OF INSPIRATORY MUSCLE TRAINING AND NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION TO DIAPHRAGM MUSCLE IN MECHANICALLY VENTILATED PATIENTS

Ali YALMAN

PhD. Thesis in Physical Therapy and Rehabilitation

Supervisor: Assoc. Prof. Orçin TELLI ATALAY

December 2021, 60 pages

The aim of this study was to compare the effects of inspiratory muscle training (IMT) and neuromuscular electrical stimulation to diaphragm muscle on inspiratory muscle strength, mechanical ventilator parameters and physical function levels in mechanical ventilated patients

Mechanically ventilated 51 patients were divided into two groups by block randomization. Study completed with 32 patients in total, n=16 in IMT group and n=16 in NMES group. Inspiratory muscle training group received inspiratory muscle training two times in a day in addition to routine intensive care physiotherapy and NMES group received 45 minutes of neuromuscular electric stimulation on diaphragm muscle in addition to routine intensive care physiotherapy. Primary outcomes were inspiratory muscle strength, mechanical ventilator parameters and physical function level which was evaluated using PFIT. Before the training programme (Negative inspiratory force) NIF, ventilatory parameters and PFIT; pre extubation NIF and respiratory parameters; pre discharge NIF and PFIT parameters were evaluated. In training session the vital signs of participants were also recorded.

A statistically significant increase was observed in the inspiratory muscle strength, mechanical ventilator parameters and physical function levels of the IMT group ( $p < 0.05$ ). In the NMES group, there was a statistically significant improvement in inspiratory muscle strength and mechanical ventilator parameters ( $p < 0.05$ ), while any change was not observed in the level of physical function ( $p > 0.05$ ). In the comparison of the two groups, there was a significantly higher increase in the NIF and physical function level parameters of the IMT group participants ( $p < 0.001$ ), while there was not any statistically significant difference between the mechanical ventilator parameters between two groups ( $p > 0.05$ ). A statistically significant difference was observed in favor of the IMT group in the comparison of the intubated time and discharge from ICU time of the participants ( $p < 0.05$ ), any statistically significant difference was not found between the groups for the extubation success parameter ( $p > 0.05$ ).

The IMT was more effective on inspiratory muscle strength and physical function level than NMES in mechanical ventilated patients, and the two therapy methods provides similar effects on mechanical ventilation parameters.

**Key words:** Intensive care, respiratory muscle strength, inspiratory muscle training, neuromuscular electrical stimulation, mechanical ventilation

## TEŞEKKÜR

Tezin planlanması, uygulaması, içeriğin düzenlenmesinde olduğu gibi lisans üstü eğitim hayatım boyunca desteğini sürekli yanımda hissettiğim, çalışma azmi ve akademik becerileriyle kendime örnek aldığım değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Orçin TELLİ ATALAY'a,

Tez çalışmama akademik katkıları ve tezin uygulanması için gereken şartları sağlayan Anesteziyoloji ve Reanimasyon anabilim dalı başkanı Sayın Prof. Dr. Hülya SUNGURTEKİN'e,

Tez uygulamalarında ve hasta takibinde destekleri için Sayın Uzm. Dr. Cansu ÖZGEN'e,

Tezin uygulaması ve tüm lisansüstü eğitim hayatım boyunca desteklerinden dolayı birlikte çalıştığımız Sayın Dr. Fzt. Harun TAŞKIN'a,

Tezin istatistiksel analizinde destekleri için Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hande ŞENOL'a,

Tez uygulaması için gösterdikleri iş birliği ve güzel çalışma ortamı için Pamukkale Üniversitesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Anestezi Yoğun Bakım Üniteleri personellerinin tümüne,

Tez döneminde ünitelerinde yaptığım rotasyonlarda tez uygulamalarına zaman ayırmama gösterdikleri anlayış için çok değerli hocalarım; Sayın Prof. Dr. Erdoğan KAVLAK'a ve Sayın Prof. Dr. Bilge BAŞAKÇI ÇALIK'a,

Hayatım boyunca olduğu gibi bu dönemde de desteklerini esirgemeyen aileme,

Saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.



**İÇİNDEKİLER DİZİNİ**

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESİMLER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Amaç .....	2
<b>2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1. Mekanik Ventilasyon (MV) .....	4
2.1.1. Mekanik ventikasyon amaçları .....	4
2.1.2. Mekanik ventilasyon parametreleri .....	5
2.1.3. Mekanik ventilasyon modları .....	6
2.1.3.1. Kontrollü mekanik ventilasyon (CMV) .....	7
2.1.3.2. Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV) .....	7
2.1.3.3. Sürekli spontan solunum (CSV) .....	7
2.1.4. Mekanik ventilasyona bağlı gelişebilecek komplikasyonlar .....	8
2.2. Yoğun Bakımda Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon .....	8
2.2.1. Göğüs fizyoterapisi .....	9
2.2.1.1. Solunum egzersizleri .....	9
2.2.1.2. Postüral drenaj .....	10
2.2.1.3. Perküsyon ve vibrasyon .....	10
2.2.1.4. Öksürme .....	11
2.2.1.5. Manuel hiperinfilasyon .....	11
2.2.1.6. Aspirasyon .....	12
2.2.1.7. Yardımcı cihazlar .....	12
2.2.2. Mobilizasyon .....	12
2.2.3. Kas eğitim .....	13

2.2.3.1. Periferik kas eğitimi .....	14
2.2.3.2. Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) .....	14
2.2.3.3. Solunum kas eğitimi .....	15
2.3. Hipotez .....	17
<b>3.GEREÇ VE YÖNTEMLER .....</b>	<b>18</b>
3.1. Çalışmanın Yapıldığı Yer .....	18
3.2. Çalışma Süresi .....	18
3.3. Katılımcılar .....	18
3.4. Değerlendirmeler .....	22
3.4.1. Solunum kas kuvveti ölçümü .....	22
3.4.2. Solunum parametrelerinin değerlendirilmesi .....	23
3.4.3. Fiziksel fonksiyon seviyesinin değerlendirmesi .....	24
3.5. Tedavi .....	25
3.5.1. İspiratuar kas eğitimi grubu tedavi programı .....	25
3.5.2. Nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu tedavi programı .....	26
3.6. İstatistiksel Analiz .....	27
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>29</b>
4.1. Grup İçi Tedavi Öncesi ve Sonrası Verilerin Karşılaştırılması .....	31
4.1.1. İspiratuar kas eğitimi grubu .....	31
4.1.2. Nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu .....	35
4.2. Gruplar Arası Verilerin Karşılaştırılması .....	40
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>46</b>
<b>6.SONUÇ .....</b>	<b>53</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>54</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>60</b>
<b>9. EKLER</b>	

Ek- 1. Taşkin, H., Telli Atalay, O., Yuncu, G., Taşpınar, B., **Yalman, A.**, Şenol, H. (2020). Postoperative respiratory muscle training in addition to chest physiotherapy after pulmonary resection: A randomized controlled study. *Physiotherapy theory and practice*, 36(3), 378-385.

Ek- 2. Unal, A., **Yalman, A.**, Altug, F., & Cavlak, U. (2017). Effectiveness of deep Brain Stimulation on early onset Dystonia: A Case Report. *Open J Parkinsons Dis Treatm*, 1(1), 027-029.

Ek- 3. Etik kurul onay formu

Ek- 4. Değerlendirme formu

Ek- 5. Resim ekimi ve Kullanımı Yayın Hakkı Devir Sözleşmesi Formu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 3.3.1.</b> Çalışmanın akış şeması .....	20
<b>Şekil 4.1.</b> Grupların cinsiyet dağılımı .....	29
<b>Şekil 4.2.</b> Grupların tanı dağılımı .....	29
<b>Şekil 4.1.1.1.</b> İKE grubu katılımcıların tedavi öncesi mekanik ventilasyon modu dağılımı .....	30
<b>Şekil 4.1.1.2.</b> İKE grubu katılımcıların ekstübasyon durumu dağılımları .....	33
<b>Şekil 4.1.2.1.</b> NMES grubu katılımcıların tedavi öncesi ve taburculuk öncesi mekanik ventilasyon modu dağılımları .....	35
<b>Şekil 4.1.2.2.</b> NMES grubu katılımcıların ekstübasyon durum dağılımları .....	38

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 4.1.</b> Katılımcıların sosyodemografik özellikleri gruplar arası karşılaştırılması ....	27
<b>Tablo 4.1.1.1.</b> İKE grubu katılımcıların mekanik ventilatör verilerinin tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi karşılaştırılması .....	30
<b>Tablo 4.1.1.2.</b> İKE grubu katılımcıların fiziksel fonksiyon seviyelerinin karşılaştırılması.....	30
<b>Tablo 4.1.1.3.</b> İKE grubu katılımcıların inspiratuar kas kuvveti değerlerinin karşılaştırılması .....	31
<b>Tablo 4.1.1.4.</b> İKE grubu katılımcıların entübe geçen gün sayısı, tedavi süresi, İKE uygulaması ve tedavi katılımı değerleri .....	31
<b>Tablo 4.1.1.5.</b> İKE grubu katılımcıların tedavi seansı sırasında kaydedilen vital bulguların karşılaştırılması .....	33
<b>Tablo 4.1.2.1.</b> NMES grubu katılımcıların mekanik ventilatör verilerinin tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi karşılaştırılması .....	35
<b>Tablo 4.1.2.2.</b> NMES grubu katılımcıların fiziksel fonksiyon seviyelerinin karşılaştırılması.	35
<b>Tablo 4.1.2.3.</b> NMES grubu katılımcıların inspiratuar kas kuvveti değerlerinin karşılaştırılması .....	36
<b>Tablo 4.1.2.4.</b> NMES grubu katılımcıların entübe geçen gün sayısı, tedavi süresi ve tedavi katılım oranı değerleri .....	36
<b>Tablo 4.1.2.5.</b> NMES grubu katılımcıların tedavi seansı sırasında kaydedilen vital bulguların karşılaştırılması .....	38
<b>Tablo 4.2.1.</b> Mekanik ventilatör parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması .....	41
<b>Tablo 4.2.2.</b> İspiratuar kas kuvveti değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması .....	41
<b>Tablo 4.2.3.</b> İspiratuar kas kuvveti tekrarlı ölçüm farklarının gruplar arası karşılaştırılması .....	42
<b>Tablo 4.2.4.</b> Fiziksel fonksiyon seviyesi parametresinin gruplar arası karşılaştırılması .....	42
<b>Tablo 4.2.5.</b> Entübe geçirilen süre, taburculuk süresi, tedavi katılım değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması .....	42

**RESİMLER DİZİNİ**

<b>Resim 2.1.3.1.</b> Mekanik ventilatör .....	6
<b>Resim 2.2.3.2.1.</b> NMES cihazı .....	15
<b>Resim 2.2.3.3.1.</b> Eşik dirençli inspiratuar kas eğitimi cihazı .....	16
<b>Resim 3.4.1.1.</b> Solunum kas kuvveti ölçümü uygulaması .....	22
<b>Resim 3.4.3.1.</b> PFİT uygulaması .....	23
<b>Resim 3.5.1.1.</b> İspiratuar kas eğitimi uygulaması .....	25
<b>Resim 3.5.2.1.</b> Nöromusküler elektrik stimülasyonu elektrot yerleşimi .....	26

**SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ**

%.....	Yüzde
>.....	Büyüktür
<.....	Küçüktür
BPAP.....	İki seviyeli pozitif havayolu basıncı
bpm .....	atım/dk
cm .....	Santimetre
CMV .....	Kontrollü mekanik ventilasyon
CPAP .....	Sürekli pozitif havayolu basıncı
CSV .....	Sürekli spontan solunum
dk .....	Dakika
DKb .....	Diastolik kan basıncı
F .....	Solunum frekansı
FiO <sub>2</sub> .....	İnspire edilen oksijen fraksiyonu
GİS .....	Gastro intestinal sistem
H <sub>2</sub> O .....	Su
Hg .....	Cıva
Hz .....	Hertz
İKE .....	İnspiratuar kas eğitimi
İ/E .....	İnspirasyon ekspirasyon oranı
KH .....	Kalp hızı
L .....	Litre
m <sup>2</sup> .....	Metre kare
mm .....	Milimetre
MİP .....	Maksimal inspiratuar basınç
MV .....	Dakika ventilasyonu
NİF .....	Negatif inspiratuar kuvvet
NMES .....	Nöromusküler elektrik stimülasyonu
PaO <sub>2</sub> .....	Parsiyel oksijene basıncı
PC .....	Basınç kontrolü

PCV .....	Basınç kontrollü ventilasyon
PEEP .....	Pozitif ekspirasyon sonu basıncı
PFİT .....	Yoğun bakım fiziksel fonksiyon testi
Ppeak .....	Zirve basıncı
Psupport .....	Destek basıncı
SIMV .....	Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon
SKb .....	Sistolik kan basıncı
T .....	Vücut sıcaklığı
TVi .....	İnspiratuar tidal volüm
TVe .....	Ekspiratuar tidal volüm
YB .....	Yoğun bakım
YBÜ .....	Yoğun bakım ünitesi



## 1. GİRİŞ

Yoğun bakımlar, kritik bakım gerektiren hastaların tedavi ve takibinin yapıldığı özelleşmiş birimlerdir. Yoğun bakım üniteleri (YBÜ) özel şartlara göre tasarlanmış, hastaların akut ya da kronik patofizyolojik sorunlarına cevap verecek cihazlar ve uzmanlaşmış personellerle yürütülür. Bu ünitelerde hastalar sürekli kardiyovasküler, respiratuar ve metabolik takip altındadır.

Yoğun bakım ünitesinde yatan hastalarda sıklıkla immobilizasyon komplikasyonları, mekanik ventilasyona (MV) bağlı respiratuar komplikasyonlar ve hastane ortamına bağlı olarak enfektif ve psikiyatrik komplikasyonlar görülmektedir. Bu komplikasyonlar uzamış mekanik ventilasyon süresi, fonksiyonel kapasite kaybı, uzamış yatış süresi gibi hem hastanın prognozunu etkileyecek hem de maddi kayıplara neden olabilecek sonuçlara yol açar (Peña-López vd 2018, Savcı 2001).

YBÜ'nde görev alacak fizyoterapistler hastanın temel hemodinamik takibini yapabilmeli, mekanik ventilatöre hakim olmalı, tedaviye dahil etme ve hastaya uygun tedavi modalitelerini seçme konusunda yeterli bilgiye sahip olmalıdır (Polat 2007).

Mekanik ventilasyon, solunum işlevinin mekanik ventilatörle yapay olarak sağlanmasıdır. MV yöntemleri pozitif basınçlı MV, negatif basınçlı MV ve yüksek frekanslı MV olmak üzere üçe ayrılır. Yoğun bakım ünitelerinde sıklıkla; pozitif basınçlı MV, durumu daha iyi olan hastalarda ise non-invazif olarak yüksek frekanslı MV yöntemleri kullanılmaktadır (Karakoç 2007).

Yoğun bakımda hastaların immobil kalması ve MV uygulamaları sonucunda antigravite kasları ve solunum kas kitlesinde kayıp ve güçsüzlük görülebilir. Bu komplikasyonları önlemek ve etkilerini azaltmak için YBÜ fizyoterapi uygulamaları yapılmaktadır. Literatür incelendiğinde YBÜ fizyoterapi programları; göğüs fizyoterapisi

uygulamaları, eklem hareket açıklığı egzersizleri, kuvvetlendirme egzersizleri, mobilizasyon, pozisyonlamalar, inspiratuar ve periferik kas eğitimi gibi tedavi modalitelerini içermektedir (Savcı 2001).

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde entübe hastalarda inspiratuar kas eğitiminin solunum kas kuvveti üzerine olumlu etkileri rapor edilmiş, ekstübasyon süresi ve başarısı, uygulamanın yoğunluğu ve süresiyle ilgili incelenmiş olsa da daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Moodie vd 2011, Bissett 2019, Bissett vd 2020, Worrapphan vd 2020). NMES uygulamasının entübe hastalarda; quadriceps, abdominal kaslarda kullanımıyla ilgili çalışmalar olsa da diyafram üzerine yapılan uygulamasının etkinliğiyle ilgili yeterli çalışma yoktur (Leite vd 2018).

Çalışmamızda YBÜ fizyoterapi programına ek olarak inspiratuar kas eğitimi ve diyafram üzerine uygulanacak nöromusküler elektrik stimülasyonu uygulamalarının etkinliği karşılaştırıldı.

## **1.1. Amaç**

Çalışmamızın amacı mekanik ventilatöre bağlı hastalarda inspiratuar kas eğitimi ve diyafram kası üzerine nöromusküler elektrik stimülasyonunun; solunum kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyon üzerine etkilerinin karşılaştırılmasıdır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

Yoğun bakım ünitesi kritik hastaların medikal tedavi ve bakımlarının sağlanması için organize olmuş alanında uzmanlaşmış personellerle yürütülen bir sistemdir. Akut organ yetmezliği döneminde hastanın yaşamının sürdürülmesini sağlayan modaliteleri içerir. YBÜ hastalarında 7/24 ihtiyaca göre invaziv (intrakranial basınç ölçümü, hemodinamik takip), veya non-invaziv (kan basıncı, oksijen saturasyonu, kalp hızı, solunum frekansı vb.) takip sağlanması esastır. Benzer şekilde oksijen desteği, akut değişimlere (kardiyak veya respiratuar arrest vb.) ani müdahale için gerekli ekipmanlar bulunmalıdır (Çelik 2007, George ve Quatrara 2018).

Yoğun bakım ünitesine hasta kabulünde Yoğun Bakım Tıp Derneği; öncelik modeli, tanı modeli ve objektif parametre modeli olmak üzere üç farklı model belirtmiştir. Üç model de incelendiğinde temel olarak hasta kabulünde hastanın tedaviye olan ihtiyacı, tedaviden elde edilebilecek olası sonuçlar ve kaynak yönetimi (personel, cihaz ve yatak sayıları) ön plana çıkmaktadır (American College of Critical Care Medicine 1999).

Yoğun bakım hasta profili akut metabolik bozukluklar, travmalar, post operatif komplikasyonlar, post resüstasyon, organ yetmezlikleri ve GİS kanamaları gibi farklı tanı gruplarından oluşabilir.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere YBÜ, bu alanda uzmanlaşmış profesyonellerle multidisipliner çalışmayı gerektirmektedir. YBÜ hasta kabulü sonrası monitörizasyonu yapılır ve vital değerleri anlık olarak takip edilir. Sonrasında hasta ihtiyacına göre ilaç tedavisi, girişimsel uygulamalar, hasta bakım, fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları koordine şekilde sürdürülmelidir.

## 2.1. Mekanik Ventilasyon (MV)

Mekanik ventilasyon (MV) solunum yetmezliği gelişmiş kişide solunum işlevinin yapay olarak mekanik ventilatör ile sürdürülmesidir. Negatif basınçlı mekanik ventilasyon ve pozitif basınçlı mekanik ventilasyon olarak olmak üzere ikiye ayrılır.

Negatif basınçlı MV; toraks ve abdomen etrafında negatif basınç oluşturularak havanın akciğerlere iletilmesi prensibine dayanır. Negatif basınç tankları ile uygulanır. Hastanın endotrakeal tüp yada maske kullanmaması beslenmesine ve konuşmasına izin verse de uygulama şekli hasta için rahatsız edicidir, nadiren kullanılır (Corrado ve Gorini 2002, Gattinoni vd 2017).

Pozitif basınçlı MV; havayollarına yüksek pozitif basınç verilmesi ile uygulanır. Endotrakeal tüp ve maskeler kullanılır. Uygulama sırasında sedasyon gereksinimi, beslenme ve iletişimi zorlasa da yaygın olarak kullanılmaktadır (Tobin 2006).

### 2.1.1. Mekanik ventikasyon amaçları

Mekanik ventilasyon amaçları fizyolojik ve klinik amaçlar olmak üzere iki başlıkta incelenebilir

#### Fizyolojik amaçlar

- Pulmoner gaz değişimini düzenlemek
- Akciğer volümlerini düzenlemek
- Solunum iş yükünü azaltmak

#### Klinik amaçlar

- Akut solunum yetmezliğini düzenlemek
- Hipoksemiye düzenlemek
- Atelektaziye önlemek
- Solunum kas yorgunluğunu düzenlemek

- İnttrakranial basıncı azaltmak
- Oksijen tüketimini azaltmak
- Toraks duvarını stabilize etmek

### 2.1.2. Mekanik ventilasyon parametreleri

Tidal Volüm (TV): Genellikle 5-12 mL/kg ayarlanır. Yüksek TV; volümtravma, solunumsal alkaloz ve karyak debi azalması risklerini teşkil eder. Düşük TV ise fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma, hipoksemi ve atelektazi oluşumuna neden olabilir. Basınç destekli modlarda TV; basınç, komplians, havayolu direnci ve akım hızı tarafından belirlenir

Inspire edilen oksijen fraksiyonu (FiO<sub>2</sub>): Başlangıçta %100 ile başlanabilir sonrasında %60'ın altında, kabul edilebilir PaO<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) sağlayacak en düşük düzeyin kullanılması önerilir. Yüksek değerler oksijen toksisitesine neden olabilir.

Solunum frekansı (F): Stabil hastalarda 10-16 soluk/dk değerleri kullanılırken, restriktif hastalıklarda yükseltilebilir. Respiratuar asidoz da yüksek solunum frekansı uygulanabilir. Yüksek frekansta; hiperventilasyon, hipokapni, oto-PEEP ve volümtravmalar görülebilir, düşük frekansta; hipoventilasyon, hipoksemi, solunum iş yükünde artma görülebilir.

Inspirasyon ekspirasyon oranı (I/E): Genellikle ekspiryum iki kat sürecek şekilde bu oran 1/2 olarak ayarlanır. Oranın artması ve birin üzerine çıkması ile ters orantılı ventilasyon gelişir ve oto-PEEP'e neden olur. İdeal oran belirlenirken, yüksek değerlerde sağlanan oksijenizasyon ve düşük değerlerde oluşacak hava hapsi riski değerlendirilmelidir.

Pozitif ekspirasyon sonu basınç (PEEP): Ekspirasyon sonunda pozitif basınç uygulanarak solunum döngüsü boyunca atmosferik basıncın üzerinde kalınmasını sağlar. Alveollerin kollabe olmasını önler ve açar; oksijenizasyon ve akciğer kompliyansını düzenler, akciğer ödeminin önlenmesine yardımcı olur. Yüksek değerlerde kardiyak debiyi bozabilir, intakranial basıncı arttırabilir, barotravma riskinini arttırır, portal ve renal kan akımını azaltır. 5-15 cmH<sub>2</sub>O ile başlanır PaO<sub>2</sub>>60 mmHg FiO<sub>2</sub><50 değerlerini koruyan hastada 2 cm H<sub>2</sub>O arttırıp azaltılabilir.

Zirve inspirasyon basıncı (Ppeak): İspirasyonda ventilatörle oluşturulan hava akımıyla gelişen en yüksek basınçtır. Havayolu direncinden etkilenir. Barotravma oluşmaması için  $<40-45 \text{ cmH}_2\text{O}$  olmalıdır. Akciğer hasarı için plato basıncı (Pplato) daha önemlidir  $<35 \text{ cmH}_2\text{O}$  seviyesinde tutulmalıdır.

Tetikleme duyarlılığı: MV sırasında hastanın spontan başlattığı solunum siklusları hasta belirli bir basınç ürettiğinde gerçekleşir. Genellikle  $(-0,5) - (-1,5)$  aralığında ayarlanır. Bu değer spontan solunumu destekleyecek, cihazın tetiklenmesini önleyecek en uygun değerde olmalıdır. Duyarlılığın azalması solunum iş yükünü artırır (Ansari ve Parotto 2018, Tobin 2006, Singer ve Corbridge 2011, Yılmaz Ak ve Yıldız 2018).

### 2.1.3. Mekanik ventilasyon modları

MV inspirasyonu başlatma şekli mod olarak isimlendirilir. Zorunlu solunum ve yardımcı solunum olmak üzere ikiye ayrılır.



**Resim 2.1.3.1.** Mekanik ventilatör

### **2.1.3.1. Kontrollü mekanik ventilasyon (CMV)**

Solunum siklusu mekanik ventilatör kontrolündedir ve hastanın katkısı yoktur. Basınç kontrollü (PCV) veya hacim kontrollü (CMV) olarak kullanılabilir.

Kontrollü mekanik ventilasyonda belirli tidal volüm ve solunum frekansıyla hedef dakika ventilasyonuna ulaşılır. Düşük solunum iş yükü ve hipoventilasyon riskinin az olması avantajlarından. Dezavantajı ise solunum işi ventilatörde olduğu için solunum kaslarında atrofiye neden olabilir, sedasyon ve paralizi gerektirir. Spontan solunum çabası olan hastalarda ventilatörle uyumsuzluk görülebilir (Garneroa vd 2013).

Basınç kontrollü ventilasyon (PCV); destek basınç, İ/E, PEEP ve solunum frekansı ayarlanır. Bu modda hacim değişken basınç sabittir. İnspiryumda önce zirve basıncına ulaşılır sonrasında plato basıncı korunur. Basınç kontrolü ile barotravma riski CMV'ye göre daha düşüktür; fakat CMV modu gibi belirlenen dakika ventilasyonu sağlanamayabilir. Kas atrofisine ve hasta ventilatör uyumsuzluğuna neden olabilir (Garneroa vd 2013, Singer ve Corbridge 2011).

### **2.1.3.2. Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon (SIMV)**

Hacim kontrollü (SIMV-VC) veya basınç kontrollü (SIMV-PC) olmak üzere uygulanabilir. Belirlenen soluklar, belirlenen hacim veya basınç ile hastaya verilir. Tetik eşliğini aşan spontan soluklara izin verir ve bu spontan soluklar desteklenmez. CMV ye göre avantajı hastanın spontan solumasına izin vermesidir. Asiste kontrollü moddan farkı ise spontan solukların desteklenmemesidir bu modda PSV ile spontan soluklar desteklenebilir. Spontan solunuma izin verdiği için; hasta ventilatör uyumu CMV ye göre daha iyidir ve kas atrofisi gelişimini geciktirir. Spontan soluklara izin verdiği için weaning modu olarak da kullanılmaktadır (Singer ve Corbridge 2011).

### **2.1.3.3. Sürekli spontan solunum (CSV)**

CPAP (Sürekli pozitif havayolu basıncı): Ayarlanmış sabit havayolu basıncı tüm solunum siklusu boyunca korunur. Spontan solunum modudur dolayısıyla kullanılması

için hasta yeterli solunum çabası göstermelidir. İnvazif ve noninvazif olarak uygulanabilir. CPAP kullanım amacı havayollarındaki basıncın sürekli atmosfer basıncından yüksek tutulup alveolar kollabasyonun engellenmesi ve gaz değişiminin iyileşmesidir. Ayrıca weaning sürecinde de kullanılır (Bacakoğlu 2002, Raof 1998).

BPAP (İki seviyeli pozitif havayolu basıncı): Spontan solunum modudur ve kullanılması için hastanın yeterli solunum çabası göstermesi gerekmektedir. İki farklı düzeyde pozitif havayolu basıncı uygulanır (İPAP, EPAP). Hasta bu iki düzeyde de solunum yapar. Basınç düzeylerinin uygulanacağı süre ayarlanabilir. Non invazif olarak uygulanır (Bacakoğlu 2002, Raof 1998).

#### **2.1.4. Mekanik ventilasyona bağlı gelişebilecek komplikasyonlar**

Mekanik ventilasyon yoğun bakım hastaları için kritik uygulamalardandır. Hem hastaların durumu hem de MV uygulamaları doğası gereği komplikasyonlara neden olabilir. Komplikasyonlar MV direkt bağlı olabileceği gibi bazen dolaylı yoldan MV ile ilişkili olabilir.

PEEP uygulamasıyla gerçekleşen, toraks içi basınç veya volüm artışlarıyla, sağ kalp önyükü azalması ve ardyük artışı, sağ ventrikül disfonksiyonu olan hastalarda yetmezlik görülebilir. İntrakranial basınç artışı, renal kan akımında azalma, GİS kanamaları, gastrik distansiyon ve çoklu organ yetmezliği genel komplikasyonlardır. Solunum sistemi organlarında; trakeal stenoz, volümtravmalar, barotravmalar, solunum kas atrofisi, dinamik hiperinflasyon, hipoksemi, oksijen toksisitesi, ventilatöre ilişkin pnömoni ve pulmoner emboliler görülebilir (Pierson 1990, Keith ve Pierson 1996, Abdelrazik Othman ve Salah Abdelazim 2017).

#### **2.2. Yoğun Bakımda Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon**

YBÜ hastaları genellikle; entübasyon hikayesi olan, sedatize, immobil ve düzenli ilaç tedavisi alan hastalardan oluşmaktadır. Bu etkenlerle hastalar kardiyovasküler, pulmoner ve nöromusküler komplikasyonlar geliştirmeye eğilimlidir.



YBÜ'nde immobilizasyona bağlı genel vaskülarizasyonda bozulmalar, derin ven trombozları, hipotansiyon/hipertansiyon, taşıkardi/bradikardi, miyokard disfonksiyonu gibi kardiyovasküler komplikasyonlar gelişebilir (Dittmer ve Teasell 1993).

Mekanik ventilasyona bağlı olarak gelişen barotravmalar, volümtravmalar, respiratuar asidoz/alkaloz veya renal sistem hasarıyla gelişebilecek metabolik asidoz tablosu, trakeal stenoz, hasta ventilatör uyumsuzluğu, kullanılan narkotik ajanlara bağlı solunum kasları ve silier aktivite bozuklukları, immobilizasyonla birlikte tüm vücutta gelişen kas atrofisi ile birlikte solunum kaslarında gelişebilecek atrofiler respiratuar sistem komplikasyonlarındandır (Pierson 1990).

Görülebilecek nöromusküler komplikasyonlar ise, kas atrofileri, tuzak nöropatiler ve kontraktürlerdir (Dittmer ve Teasell 1993, Wollersheim vd 2019).

YBÜ fizyoterapi uygulamalarının amacı bu komplikasyonların gelişmesini önlemek veya tedavisinin sağlanması, entübasyon süresinin azaltılması ve hasta maliyetlerinin azaltılmasıdır (Major vd 2020).

### **2.2.1. Göğüs fizyoterapisi**

Göğüs fizyoterapisi YBÜ'nde sık kullanılan fizyoterapi uygulamalarındandır. Endotrakeal entübasyonla öksürme ve yutma reflekslerinin zayıflaması, mekanik ventilasyon ve immobilizasyon nedeniyle solunum kaslarında zayıflık, bunlara bağlı olarak gelişen silier disfonksiyon, akciğer hacim ve akışlarında azalma, öksürme kuvvetinde azalma ile bronşiyal drenaj azalır. Göğüs fizyoterapisi uygulamaları solunum egzersizleri, manuel teknikler (perküsyon ve vibrasyon), postüral drenaj, öksürme eğitimi, aspirasyon ve manuel hiperinflasyon ile bronşiyal hijyen sağlanır, akciğer hacim ve akışlarında iyileşmeler meydana gelir.

#### **2.2.1.1. Solunum egzersizleri**

Solunum egzersizleri; solunum kontrolü, lokal torakal ekspansiyon egzersizleri, diyafragmatik solunum egzersizlerini içerir. Uygulanması için hastanın kooperasyon göstermesi gerekmektedir. Akciğer hacim ve akışlarında iyileşmeler, sekresyon

mobilizasyonu, göğüs duvarı hareketliliği, öksürme etkinliğinde artış sağlar. Göğüs duvarı hareketi ile toraks içi basıncı düzenleyerek kardiyak yükün de düzenlenmesini sağlar (Ciesla 1996, Arumugam vd 2019).

#### **2.2.1.2. Postüral drenaj**

Yerçekimi etkisi ile sekresyonların küçük havayollarından daha büyüğüne hareketlendirilip doğal yollardan uzaklaştırılmasıdır. Segmental bronşun vertikal olarak yerleştirilmesiyle uygulanır. Akciğer anatomisine göre segmentler için ayrı ayrı pozisyonlamalar yapılır (Nelson 1934).

Postüral drenaj ile fonksiyonel reziduel kapasite artar. Yapılan pozisyonlama sayesinde akciğer içi basınç değişimleri ve sekresyon temizliği ile ventilasyon perfüzyon oranı iyileşir, transpulmoner basınç artar, havayolu direnci azalır (Savcı 2001, Kuyrukluıldız vd 2016).

Yoğun bakım hastalarında pozisyonları tolere edememe, dren, damar yolu veya ventilatör kabloları gibi etkenler nedeni ile postüral drenaj pozisyonları modifiye edilebilir. Uygulama sırasında oksijen saturasyonunda değişimler görülebilir. Bu nedenle tedavi sırasında FiO<sub>2</sub> değerinin artırılması önerilir. Hasta başlangıç pozisyonuna alındıktan sonra genellikle saturasyon normale döner. Postüral drenaj uygulaması sırasında sekresyon mobilizasyonunun kolaylaşması için serum fizyolojik ve inhale bronkodilatör kullanılabilir. Postüral drenajla birlikte manuel teknikler de uygulanıp etkinliği artırılır (Kumar 2015).

#### **2.2.1.3. Perküsyon ve vibrasyon**

Perküsyon, etkilenmiş akciğer segmentleri üzerine clapping şeklinde ritmik olarak yapılan uygulamadır. Solunumun inspiryum ve ekspiryum fazında uygulanabilir. Literatür incelendiğinde sadece perküsyon uygulamasının küçük bir etkiye sahip olduğu, postüral drenajla birlikte uygulandığında çok daha etkili olduğu görülmektedir.

Vibrasyon, ellerin üst üste birleştirilerek solunumun ekspirasyon fazında (huffing manevrasıyla birlikte) ilgili segmentin üzerine basınçla birlikte titreşim uygulanmasıdır.

Manuel veya cihaz yardımıyla uygulanabilir. Cihaz kullanımında istenilen frekansta ritmik olarak uygulama yapılması avantajken, cihazın kullanım zorluğu ve diğer uygulamalarla birlikte uygulamanın zor olması dezavantajlarındandır.

Teorik olarak perküsyon büyük mukus plaklarının kopmasını sağlarken vibrasyon sekresyonun büyük bronşlara doğru mobilize olmasını sağlar. Her iki yöntem de kooperasyonu olmayan hastalarda kullanılabilmesi ile yoğun bakımda tedavinin önemli bir parçası olarak öne çıkmaktadır (Kumar 2015, Polat 2007, Sadprasid vd 2021).

#### **2.2.1.4. Öksürme**

Öksürük kapalı glotise karşı oluşan zorlu ekspiratuar hava akımıdır. Sekresyonun ekspektorasyonunu sağlar, göğüs fizyoterapisinin en önemli uygulamalarındandır. Silier aktivite bozukluklarında aktiviteyi uyarıcı etkisi olduğu belirtilmiştir. Öksürme manevrasında ekspiratuar kasların kuvvetli kasılması plevral basıncı artırır. Böylece distal segmentlerden proksimale sekresyon mobilizasyonu sağlanır (Erdoğan 2013). Zorlu ekspirasyon manevrası (huffing) sonrasında uygulanırsa daha etkili sonuçlar elde edilir. Bronkospazma eğilimli olan hastalarda tekrarlı uygulamadan kaçınılmalıdır. Uzun süreli uygulama solunum kaslarında yorgunluk, alveolar kollaps ve üst solunum yollarına hassasiyete neden olabilir (Partridge vd 1989). Öksürmeyi başlatamayan hastalarda üst solunum yollarını uyarmak için trakeal tickle manevrası kullanılabilir (Yu 1998).

#### **2.2.1.5. Manuel hiperinflasyon**

Endotrakeal tüp veya trakeostomisi olan hastalarda "inflasyon bag" yardımıyla akciğerlerin inflasyonu sağlanır. Uygulamada yavaş ve derin inspirasyon sonrasında tutma fazı son olarak da hızlı ekspirasyon yapılır. Bu yöntemle kollabe olmuş alveollerin reekspansiyonu, oksijenizasyonun artırılması, akciğer kompliyasyonunun artırılması ve sekresyon mobilizasyonu amaçlanır.

Pnömotoraks, bronkoplevral fistül ve bronkospazmın önlenmesi için inspiratuar basınç 40cmH<sub>2</sub>O'dan düşük tutulmalıdır. Uygulama yapılacak hasta seçimi önemlidir. Aritmi, bronkospazm ve plevral effüzyonu olan intakranial basınç artışı risk teşkil edecek hastalarda kullanılmamalıdır. Etkilenmiş segmentin yerleşimine göre yan yatış veya sırt üstü pozisyonda uygulama yapılabilir (Denehy 1999).

### 2.2.1.6. Aspirasyon

Aspirasyon, entübe hastalar ve öksürme refleksi azalmış – etkili öksüremeyen hastalar için tedavinin önemli parçalarındandır. Sekresyonlar distal havayollarından proksimale mobilize olduktan sonra büyük havayollarının temizliği için kullanılır. Uygulama sekresyon yoğunluğu ve miktarına göre farklı miktarlarda yapılabilir. Uygulama sonrası alveolar kollaps ve hipoksiyi engellemek için manuel hiperinflasyon uygulaması yapılabilir (Savcı 2001, Taşkın 2020).

### 2.2.1.7. Yardımcı cihazlar

Yoğun bakım göğüs fizyoterapisinde manuel yapılan uygulamaların yanında mekanik ve elektronik cihazlardan da faydalanılmaktadır. Bunlar zorlu ekspirasyon cihazları, göğüs duvarı osilasyonunu sağlayan yelekler, PEP ve osilasyon sağlayan mekanik cihazlardır (Murray vd 2009, Warnock ve Gates 2015).

Yardımcı cihazların kullanımında kontraendikasyonlar, cihaz maliyetleri, hastaların cihaz uyum sorunları, cihazın ortak kullanımı nedeni ile olabilecek çapraz kontaminasyonlar temel sorunlardır (Pryor ve Prasad 2008).

### 2.2.2. Mobilizasyon

Uzun süreli YBÜ'nde kalıfta en sık karşılaşılan sorunlar immobilizasyon komplikasyonlarıdır. Narkotik ajanların kullanımı ile birlikte %30'a varan kas kütlelerinde kayıplar görülebilmektedir (Tipping vd 2017). Mobilizasyon hastanın fonksiyonel seviyesine göre; ekstremitelerde egzersizleri, pozisyonlamalar, yatak içi uzun oturma, yatak kenarında oturma, transferler ve yürümeyi içerir.

Yoğun bakımda mobilizasyona başlanması için hastanın hemodinamik ve respiratuar olarak belirli şartları sağlamış olması gerekir (Hodgson vd 2014, Nydahl vd 2017) bunlar:

- Kalp hızı >40 ve <130 atım/dk arasında olması
- Ortalama kan basıncı >60mmHg <110mmHg arasında olması

- Oksijen saturasyonu >%85 olması
- Hasta entübe ise  $FiO_2 < 0,6$ , PEEP < 10 cmH<sub>2</sub>O olması
- Solunum frekansı < 40 soluk/dk olması
- Vücut sıcaklığı < 38°C olması
- Mobilizasyonu engelleyecek kırık, vücut bütünlüğü bozukluğu
- Hasta kooperasyonudur

Hastanın yatak içi mobilizasyon veya ambulasyonu tolere edememesi durumunda sürekli rotasyonel terapi tercih edilebilir. Sürekli rotasyonel terapi, önceden belirlenmiş derece ve hızda hastanın longitudinal aksta 60 derece döndürülmesiyle uygulanır, bu tedavinin amacı bronşiyal segmentlerin kapanmaması, mukus plaklarının oluşumunun engellenmesi, atelektazi oluşumunun engellenmesi ve sekresyon mobilizasyonu sağlanmasıdır (Savcı 2001).

Mobilizasyon uygulamasına olabildiğince erken başlanması önemlidir. Hospitalizasyon veya YBÜ yatışının 2-5 gün içerisinde mobilizasyona başlanması erken mobilizasyon olarak adlandırılır (Raouf vd 1999).

Mobilizasyon alveolar oksijenizasyonu düzenler ve ventilasyon perfüzyon oranını iyileştirir böylece oksijen transportasyonu iyileşir. Hastanın farklı pozisyonları alması toraks içi basınç değişimiyle her segmentte oksijenizasyon düzenlenir. Vücut sıvı dağılımı düzenlenerek hemodinamiye katkı sağlanır. Büyük kas grupları olan antigravite kaslarının aktivitesi ve vaskülerizasyonu artar, kardiyopulmoner uygunluk ve genel uygunluk seviyelerinde iyileşme görülür (Stiller vd 2004, Denehy ve Berney 2006, Tipping vd 2017).

### **2.2.3. Kas eğitimi**

Kas eğitimi, yoğun bakım fizyoterapi uygulamaları içinde önemli yer tutar. İmmobilizasyon ve nöromusküler blokaja neden olan narkotik ajanların kullanımı ile meydana gelen kardiyovasküler değişimler atrofi gelişimine neden olur. Uzun süre aynı

pozisyonda kalma nedeni ile kas kütlesinin deformasyonuna neden olan dekübit ülserleri görülebilir (Koukourikos vd 2014, Barreiro 2018).

Kas eğitimi uygulamaları ile etkilenmiş kas grupları rejenerasyonu ve rehabilitasyonu hedeflenir. Kas kütlesinin rejenerasyonunda fizyoterapi uygulamaları ile birlikte hasta beslenmesi de önemli yer tutar (Barreiro 2018, Vanhorebeek 2020).

### **2.2.3.1. Periferik kas eğitimi**

YB hastalarında kas eğitimi uygulamaları içinde alt ekstremite ergometreleri; pasif, aktif asistif, aktif ve rezistif uygulamalara olasılık sağladığı için sıkça kullanılır (Hodgson 2014). Cihaz sedatize veya koopere hastada kullanılabilir, uygulama için gereken alan çok büyük olmadığı için yatak içi egzersiz programlarına alınabilir, diyaliz uygulamaları sırasında kullanılabilirliğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Santos vd 2015, Matsuzawa vd 2017).

Sabit veya hareketli eğimli masa (tilt table) uygulamaları YBÜ'nde hastanın ilk ayağa kaldırılmasında parsiyel veya tam ağırlık aktarmasına yardımcı olur. Dinamik eğimli masa ile kalça, diz eklemine hakeret izni verir farklı pozisyonlarda yüklenmelere olanak sağlar. Uzun süreli immobilizasyonlarda quadriceps kası başta olmak üzere antigravite kasları en çok etkilenen kaslardır. Eğimli masa uygulaması ile antigravite kaslarının erken kullanıma başlanması sağlanabilir, atrofisi önlenebilir ve tedavide kullanılabilir (Chang vd 2004, Hashim vd 2012).

### **2.2.3.2. Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES)**

Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES), kas atrofisinin önlemesi, kas kuvvetlendirmesi ve enduransın geri kazanılmasında kullanılmaktadır (Dirks vd 2018). Kooperasyon eksikliği olan hastalarda kullanıma uygunluğu ile egzersize alternatif olarak farklı tanı gruplarında kullanılabilir. Literatürdeki erken bulgulara göre periferik kaslara uygulanan NMES; periferik mikrosirkülasyonu düzenleyebilir, kas protein yıkımını azaltarak atrofiyi önleyebilir, yoğun bakımla ilgili güçsüzlüğü önler ve ayırma süresini kısaltabilir (Wageck 2014, dos Santos 2020).

Geçmiş çalışmalar incelendiğinde, solunum kas eğitiminde NMES uygulamasının kullanıldığı nadir çalışmalar görülmektedir. Diyaframa NMES, quadricepse NMES ve kontrol grubunu içeren bir çalışmada maksimal inspiratuar basıncın her iki grupta da kontrol grubundan daha yüksek bulunduğu rapor edilmiştir. Entübe olmayan KOAH hastalarında yapılan başka bir çalışmada diyaframa yapılan NMES uygulamasının solunum kas kuvvetinde anlamlı artış sağladığı belirtilmiştir (Leite vd 2018).



**Resim 2.2.3.2.1.** NMES cihazı

### 2.2.3.3. Solunum kas eğitimi

Yoğun bakım hastalarında uzun süreli immobilizasyon ve mekanik ventilasyon solunum kas zayıflığına neden olur. Diyafram primer inspirasyon kasıdır, mekanik ventilasyona hızlıca atrofi ve miyofibril uzunluğundaki değişikliklerle yanıt verir (Schepens vd 2019). Solunum kas zayıflığı ayırmayı zorlaştırır. Yoğun bakımda kalış süresinin uzamasına ek olarak solunum kaslarının daha da zayıflaması, hastane enfeksiyonları, havayolu travmaları ve ölüm riskinin artmasıyla da ilişkilidir. Bunların yanı sıra solunum

kas kuvveti zayıflığı yoğun bakıma tekrarlı yatışların önemli nedenlerindedir (Daniel Martin vd 2013, Vorona vd 2018).

Son zamanlarda diyafram korumaya yönelik mekanik ventilasyon stratejileri ile diyafram aktivasyonunun korunması hedeflense de mekanik ventilatörün diyafram yükünü azaltması nedeniyle kas zayıflığı görülmektedir (Schepens vd 2019).

İnspiratuar kas eğitimi; eşik direnç, hava akımı kısıtlaması veya mekanik ventilatörün ayarlanmasıyla hastanın daha fazla negatif intratorasik basınç üretmesi için diyafram yükünün artırılması esasına dayanır.

Eşik dirençli inspiratuar kas eğitimi: En sık kullanılan solunum kas eğitimi yöntemidir. Hastanın spontan solunum yapabilmesi için önceden ayarlanmış direnç aşacak negatif basınç üretmesi gerekir. 9-41cmH<sub>2</sub>O basınç aralığında direnç ayarlanabilen, yay dirençli cihazlar yoğun bakım hastaları için yeterlidir (Sapienza 2008). Endotrakeal tüpe veya trakeostomi kanülüne doğrudan bağlanabilir. Uygulaması kolaydır ve çeşitli pozisyonlarda kullanılabilmesi avantajlarındandır.



**Resim 2.2.3.3.1.** eşik dirençli inspiratuar kas eğitimi cihazı

İnspiratuar akış kısıtlamalı eğitim: Endotrakeal tüp veya trakeostomi kanülü ucuna bağlanan inspiratuar kas eğitim cihazı hava akışını kısıtlar ve inspiratuar kasların iş yükünü artırır. Direnç solunum paternine bağlı olarak değişim gösterir (Aldrich ve Karpel 1985).

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde entübe hastalarda; İKE uygulamasıyla solunum kas kuvvetinde artış, ekstübasyon süresinde azalma, solunum



parametrelerinde iyileşmeler rapor edilmekle birlikte, tedavi uygulamasının hangi yoğunlukta uygulanacağı, hasta seçimi ve etkinliğini farklı uygulamalarla karşılaştırılması gibi konularda literatürde eksiklikler olduğu görülmektedir (Bissett 2019, Bisset vd 2020, Moodie vd 2011, Worrapphan vd 2020). NMES uygulamasında ise entübe hastalarda özellikle quadriceps ve abdominal kaslara yapılan uygulamalar öne çıkmaktadır. Sonuçlarında ise fonksiyonel seviyede periferik kas kuvvetinde iyileşmeler ekstübasyon ve taburculuk süresinde kısalma rapor edilse de diyafram üzerine yapılan NMES uygulamasının etkinliğini inceleyen tek çalışma mevcuttur (Akar vd 2017, dos Santos vd 2018, Leite vd2018).

### **2.3. Hipotez**

**H<sub>1</sub>:** Mekanik ventilatöre bağlı hastalarda inspiratuar kas eğitimi; solunum kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fonksiyonel seviye üzerine diyaframa NMES uygulamasından daha etkilidir

### **3.GEREÇ VE YÖNTEMLER**

#### **3.1. Çalışmanın Yapıldığı Yer**

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Eğitim Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Yoğun Bakım Ünitesi ve Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Kardiyopulmoner Rehabilitasyon Ünitesinde yapıldı. Etik kurul onayı 02.07.2019 tarih ve 12 sayılı kurul toplantısında verilmiştir (Ek-3)

#### **3.2. Çalışma Süresi**

Çalışma, Temmuz 2019 ile Eylül 2021 tarihleri arasında yapılmıştır.

#### **3.3. Katılımcılar**

Çalışmaya Pamukkale Üniversitesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Yoğun Bakım Ünitesinde yatan, onkolojik öyküsü olmayan, solunum sistemini etkileyecek nörolojik

veya ortopedik bozukluğu olmayan mekanik ventilatöre bağı hastalar dahil edildi. Katılımcılar bilgisayarlı blok randomizasyon ile inspiratuar kas eğitimi grubu (İKE grubu, n=16) ve nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu (NMES, n=16) olmak üzere iki gruba ayrıldı. MIP parametresi ile yapılan güç analizine göre çalışmaya toplamda 32 kişi alındığında %95 güvenle %90 güç elde edileceği hesaplandı (Leite vd 2018).

Çalışmada katılımcıların yoğun bakımdan taburculukları gerçekleşene kadar tedavi sürdürüldü, tedavi uygulama süresi maksimum 21 gün olarak belirlendi taburculuk gerçekleşmeyen hastalar son değerlendirmeleri taburculuk olarak alındı ve hasta çalışmadan taburcu edildi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Mekanik ventilasyon uygulanan
- 18 yaş üzerinde olan
- mekanik ventilatörü tetikleyebilen
- bilinci açık olan
- en az 1 motor komutu yerine getirebilen
- Psupport <15 cmH<sub>2</sub>O PEEP <10 cmH<sub>2</sub>O olan
- VKİ <40 kg/m<sup>2</sup>
- Vücut sıcaklığı 36-38,5 °C
- FiO<sub>2</sub> <%60
- PaO<sub>2</sub> >60 mmHg olan
- İlgili hekim tarafından solunum fizyoterapisi için yönlendirilmiş olan hastalar çalışmaya dahil edildi.

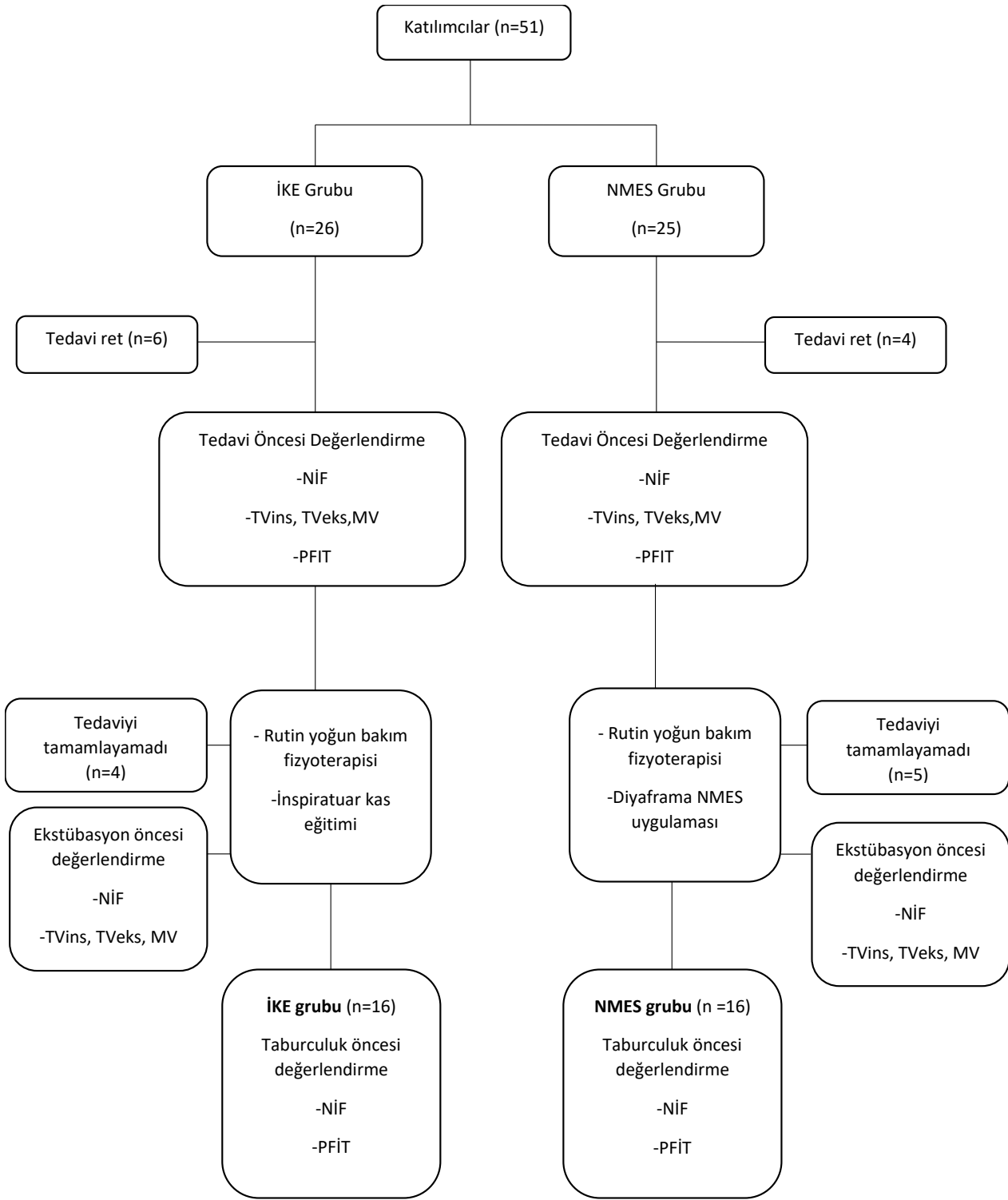
Hariç tutulma kriterleri:

- Onkolojik öyküsü bulunan
- Solunum sistemini etkileyen nörolojik veya ortopedik tanısı, sekeli bulunan

- Hemodinamik stabilitesi olmayan
- Çalışmaya katılmayı reddeden
- Kooperasyon bozukluğu olan
- Saatte birden fazla aspirasyon gerektirecek kadar sekresyonu olan
- Devamlı sedasyon altında bulunan hastalar çalışmadan hariç tutuldu.

*Çalışmadan çıkarılma kriterleri:*

- Üç günden az tedavi uygulanan
- Art arda iki günden fazla tedavi almayan
- Hemodinamik stabilizasyonu bozulan
- Kooperasyon bozukluğu olan
- GİS kanama, inme gibi yoğun bakım ünitesi içinde gelişebilecek komplikasyonlar gelişen
- İlgili hekimin tedaviyi sonlandırma kararı olan
- Çalışmadan ayrılmayı isteyen, katılımcılar tedaviden çıkarıldı.



**Şekil 3.3.1.** Çalışmanın akış şeması

### 3.4. Değerlendirmeler

Dahil etme kriterlerini karşılayan hastalara entübasyondan en az 48 saat sonra yapılan değerlendirmeler;

- Sosyodemografik ve fiziksel verilerin alınması
- Solunum kas kuvveti ölçümü
- Solunum parametrelerinin değerlendirilmesi
- Fonksiyonel durum değerlendirmesi
- Tedavi süresince vital bulguların kaydedilmesi

Sosyodemografik ve fiziksel veriler, oluşturulan formla tedavi öncesi alındı. Katılımcıların tedavi katılımları; gerçekleştirilen tedavi seanslarının toplam tedavi süresine oranlanması ile elde edildi. İKE katılım oranı da benzer şekilde İKE uygulamasına katılım sayısının toplam tedavi sayısına oranı ile hesaplandı. Solunum kas kuvveti değerlendirmesi tedavi başlangıcında, ekstübasyon öncesi ve taburculuk öncesi değerlendirildi. Solunum parametreleri ve fonksiyonel durum değerlendirmesi, tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerlendirildi. Her tedavi seansı öncesi ortası ve sonrasında vital bulgular kaydedildi.

#### 3.4.1. Solunum kas kuvveti ölçümü

Solunum kas kuvveti ölçümlerinde, Negatif inspiratuar kuvvet (NİF) değerlendirildi.

Tedavi öncesi solunum kas kuvveti mekanik ventilatör aracılığıyla alınmıştır. Ölçüm, mekanik ventilatör ara yüzünden; akciğer mekaniği, testler, negatif inspiratuar kuvvet (NIF) bölümünden yapıldı. Ölçüme başlarken ventilatör CPAP moduna alındı. Test sırasında sonuçların ventilatör devresinin fizyolojik direncinden etkilenmemesi için Psupport: 10 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 5cmH<sub>2</sub>O olarak ayarlandı. Hastadan derin ve kuvvetli nefes alması istendi. NİF testlerinin klinik başarısı için hastanın motivasyon ve koordinasyon göstermesi gerekir, bunun için hastaya uygun komutlar verilerek test uygulandı. Test en

az 3 tekrarlı uygulandı ve aralarında %5 ten az fark olan değerler arasında en yüksek değer  $\text{cmH}_2\text{O}$  olarak kaydedildi (Laveneziana vd 2019).



**Resim 3.4.1.1.** Solunum kas kuvveti ölçümü uygulaması

### 3.4.2. Solunum parametrelerinin değerlendirilmesi

Solunum parametreleri tedavi öncesi mekanik ventilatör arayüzünden akciğer mekaniği, testler, akış ve hacimler bölümünden değerlendirildi. Solunum kas kuvveti ölçümünde olduğu gibi cihaz CPAP moduna alındı, ventilatör devresinin fizyolojik direncini yenmek için P<sub>support</sub> 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ , PEEP 5  $\text{cmH}_2\text{O}$  olarak ayarlandı. Hastadan 1 dakika boyunca derin nefesler alıp vermesi istendi. Ölçümler hasta motivasyon ve koordinasyonunu gerektirdiği için hastaya uygun komutlar verilerek testler gerçekleştirildi. İnspiratuar tidal volüm (TV<sub>i</sub>) mililitre, ekspiratuar tidal volüm (TV<sub>e</sub>) mililitre, dakika ventilasyonu L/dk cinsinden kaydedildi.

### 3.4.3. Fiziksel fonksiyon seviyesinin değerlendirmesi

Yoğun Bakım Fiziksel Fonksiyon Testi (PFIT) 6 dakika yürüme testi ya da diğer submaksimal egzersiz testlerini gerçekleştiremeyecek kritik hastalara özgü geliştirilmiştir. Beş alt başlıktan oluşur:

- Oturmadan ayağa kalmaya yardım miktarı
- Omuz fleksiyon kuvveti
- Diz ekstansiyon kuvveti
- Yerinde sayma (adımlama)
- Üst ekstremitte enduransı (90 derece omuz elevasyonu)

Yerinde sayma (adımlama) başlığının yoğun bakımda fonksiyonel kapasiteyi belirlemede etkin olarak kullanılan alt ekstremitte enduransını değerlendirdiği belirtilerek Denehy vd (2013) üst ekstremitte enduransı başlığını çıkarmış ve testin dört alt başlıkta kullanılabileceğini rapor etmişlerdir. Testin içindeki objektif değerlendirme ile egzersiz programı oluşturulurken kullanılabileceği belirtilmiştir. Test öncesinde De Jounghe vd beş sorulu hastanın uyanıklık durumunu sorgulayan testin, en az iki sorusuna yanıt vermelidir, sonrasında hastanın vital bulguları kaydedilir. Test sonucunda hastalar 0 (sadece kuvvet testlerini 2/5 seviyesine kadar yapabilir) ile 10 (herhangi bir zorlukla karşılaşmadan, yardımsız tamamlar) arası puan alır (Skinner vd 2009).



**Resim 3.4.3.1.** PFİT uygulaması



### 3.5. Tedavi

Çalışmaya dahil edilen katılımcılar (n=32) İspiratuar Kas Eğitimi Grubu (İKE) (n=16) ve Nöromusküler Elektrik Stimulasyonu (NMES) (n=16) olmak üzere iki gruba ayrıldı.

Tedavi uygulamaları entübasyondan en az 48 saat sonra başladı, maksimum 21 gün olmak üzere haftada beş gün yapıldı. Tedavi sürecinde iki gün üst üste tedavi alamayan hastalar ve üç günden az tedavi alan hastalar çalışmadan çıkarıldı (Moodie vd 2011, Bisset vd 2016, Bisset vd 2019).

#### 3.5.1. İspiratuar kas eğitimi grubu tedavi programı

İKE grubu katılımcılara günde iki kez inspiratuar kas eğitimi, 1 kez diyafram solunumu, torakal ekspansiyon egzersizleri, postural drenaj, öksürme eğitiminden oluşan konvansiyonel göğüs fizyoterapisine ek olarak yatak içi EHA egzersizleri ve mobilizasyon uygulandı. Tedavi haftada 5 gün taburculuğa kadar aynı fizyoterapist tarafından uygulandı.

İspiratuar kas eğitimi Respirationics Threshold IMT, (Respirationics New Jersey, Inc NJ USA) cihazı kullanılarak, tedavi öncesi yapılan NİF ölçümü sonucunda elde edilen değerlerin %30'unda başladı ve hasta toleransına göre günlük 2 cmH<sub>2</sub>O artırılarak uygulandı (Vorona vd 2018).

Uygulama sırasında hasta dik ve rahat olacak şekilde pozisyonlandı. Endotrakeal tüp ya da trakeostomi kanülü ventilatörden ayrıldı, ventilatör sessiz moda alındı ve deve boynu (catether mount) aracılığıyla İKE cihazına bağlandı. Hastadan ayarlanan dirence uygun kuvvette nefes alması istendi, hasta 8 tekrar nefes alıp verdikten sonra ihtiyaca göre ventilatör devresi tekrar bağlandı 1-2 dakika dinlenme süresinden sonra diğer sete başlandı. Toplamda 8 tekrar 3 set olacak şekilde İKE uygulaması yapıldı.

Uygulama sırasında solunum frekansı >35 soluk/dk, SpO<sub>2</sub>< %85, KH> 130 atım/dk ya da başlangıç değerinin %30 üzerinde, SKb >150mmHg ve <80 mmHg, paradoksal solunum, ajitasyon, sekresyon miktarında artış (kısa sürede tekrarlı

aspirasyon gerektiren), ısrarlı öksürük, hemoptizi ve EKG de belirgin bozulmalar görüldüğünde tedavi sonlandırıldı ve ertesi seans direnç artırılmadan tedavi sürdürüldü.



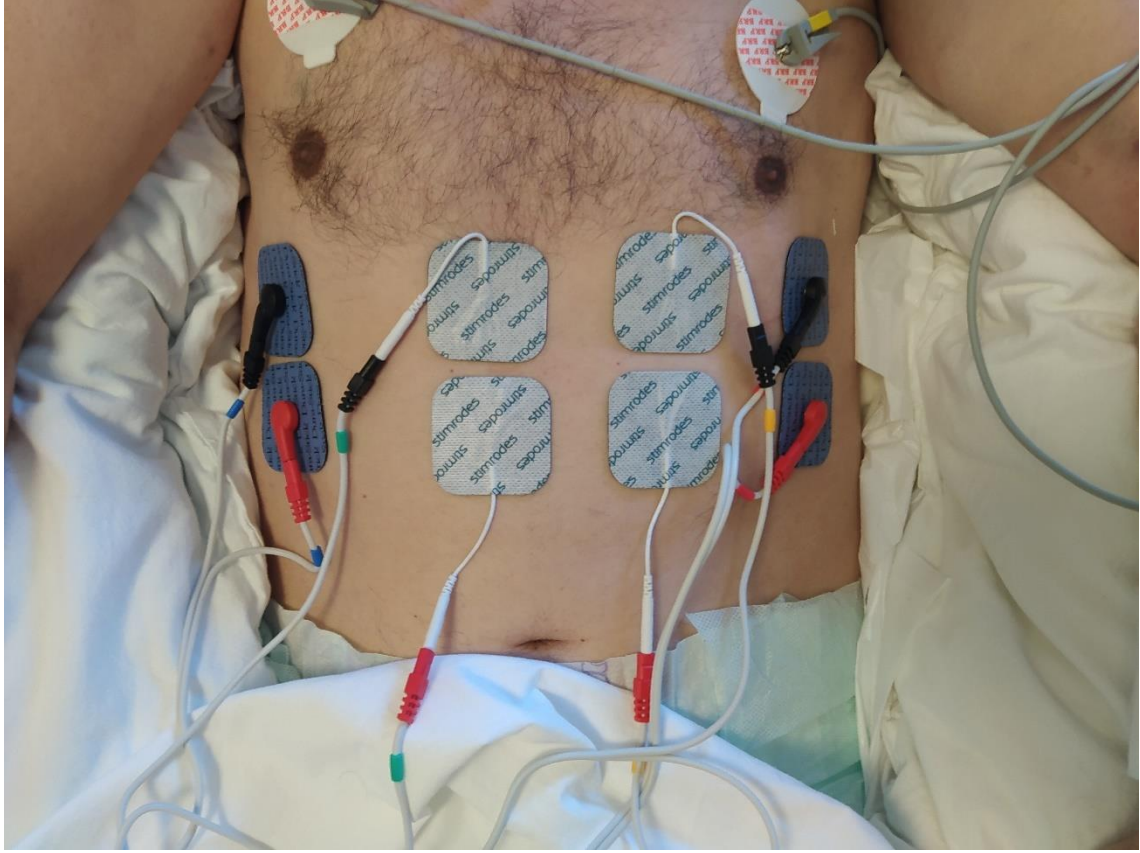
**Resim 3.5.1.1. İspiratuar kas eğitimi uygulaması**

### **3.5.2. Nöromusküler elektrik stimulasyonu grubu tedavi programı**

NMES grubu katılımcılara ilk değerlendirmeleri sonrasında; 45 dakikalık NMES uygulaması sonrası, solunum kontrolü, diyafram solunumu, torakal ekspansiyon egzersizleri, postüral drenaj ve öksürme eğitiminden oluşan göğüs fizyoterapisine ek yatak içi EHA egzersizleri ve mobilizasyondan oluşan tedavi programı günde 1 kez hasta çalışmadan taburcu olana kadar aynı fizyoterapist tarafından uygulandı.

NMES uygulaması 45 dk süre ile, toplamda 4 kanal 8 elektrotla; iki kanal iki elektrotlu olarak 7. ve 8. kostaların interkostal boşluk hizasında ksifoidin iki yanına alt üst olarak yerleştirildi, ek olarak 7. Ve 8. kostaların interkostal boşluğun midaksillar hizasına iki kanallı iki elektrot alt üst şekilde yerleştirilmiştir. Uygulamada; Aussie akım (Modifiye burst serili bifazik akım) 30 Hz frekans, 1 sn atım yükselme süresi, 1 sn "açık" (kas kasılması), 1 sn atım düşüş süresi ve 20 sn "kapalı" (ayırma) olacak şekilde kullanıldı.

Daha önce yapılan çalışmada diyaframa yapılan elektrik stimülasyonu uygulamasının solunum paternini gözlemlendiği için çalışmada güvenle kullanıldı (Leite vd 2018).



**Resim 3.5.2.1.** Nöromusküler elektrik stimülasyonu elektrot yerleşimi

### 3.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda elde edilen verilerin istatistiksel analizi IBM Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 21.0 (2020) paket programı ile yapıldı. Değişkenler ortalama  $\pm$  standart sapma, yüzde (%) ve minimum-maksimum olarak verildi. Çalışmada per-protokol analizi kullanıldı.

Değerlerin dağılımları Shapiro–Wilk testi ile değerlendirildi. Bağımsız grupların karşılaştırmalarında parametrik test varsayımları karşılandığında İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi, parametrik test varsayımları karşılanmadığında Mann-Whitney U testi; bağımlı grupların karşılaştırmasında parametrik test varsayımları karşılandığında

Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi (ANOVA) ve İki Eş Arasındaki Farkın Önemlilik Testi; parametrik test varsayımları sağlanmadığında ise Friedman Testi ve Wilcoxon Eşleştirilmiş İki Örnek Testi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin karşılaştırmasında ki-kare analizi kullanıldı.

Analizlerde p değeri 0,05'ten küçük olduğunda istatistiksel anlamlı kabul edildi.

#### 4. BULGULAR

Çalışmaya dahil etme kriterlerine uygun 51 hasta olduğu belirlendi, bu hastalardan 19 tanesi farklı nedenlerle çalışmaya dahil edilmedi. Çalışma İKE grubu (n=16), NMES grubu (n=16) olmak üzere toplamda 32 katılımcı ile tamamlandı.

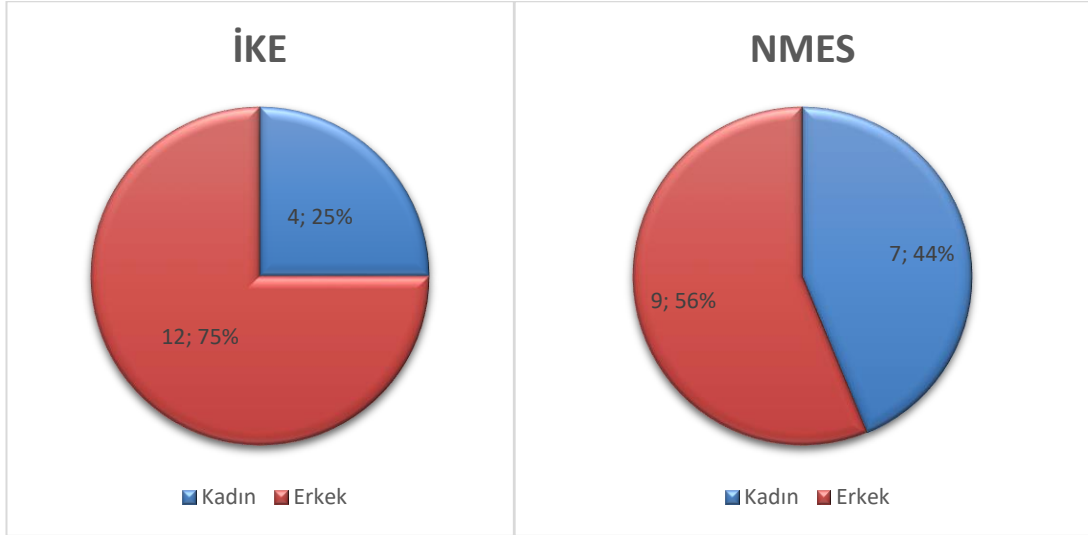
Katılımcıların genel yaş ortalaması 67,65±9,16 yıl, boy ortalaması 166,21±9,07 cm, vücut ağırlığı ortalaması 74,25±13,4 kg, vücut kitle indeksi (VKİ) 26,89±4,74 kg/m<sup>2</sup> olarak tespit edildi. Grup verilerinin ortalama ve standart sapması ve gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.1.'de gösterilmiştir. Grupların cinsiyet dağılımları incelendiğinde İKE grubu dört kadın 12 erkek katılımcıdan, NMES grubu yedi kadın dokuz erkek katılımcıdan oluşmuştur (Şekil 4.1.). Sosyodemografik ve fiziksel verileri iki grup arasında karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı (p>0,05).

**Tablo 4.1.** Katılımcıların sosyodemografik özellikleri gruplar arası karşılaştırılması

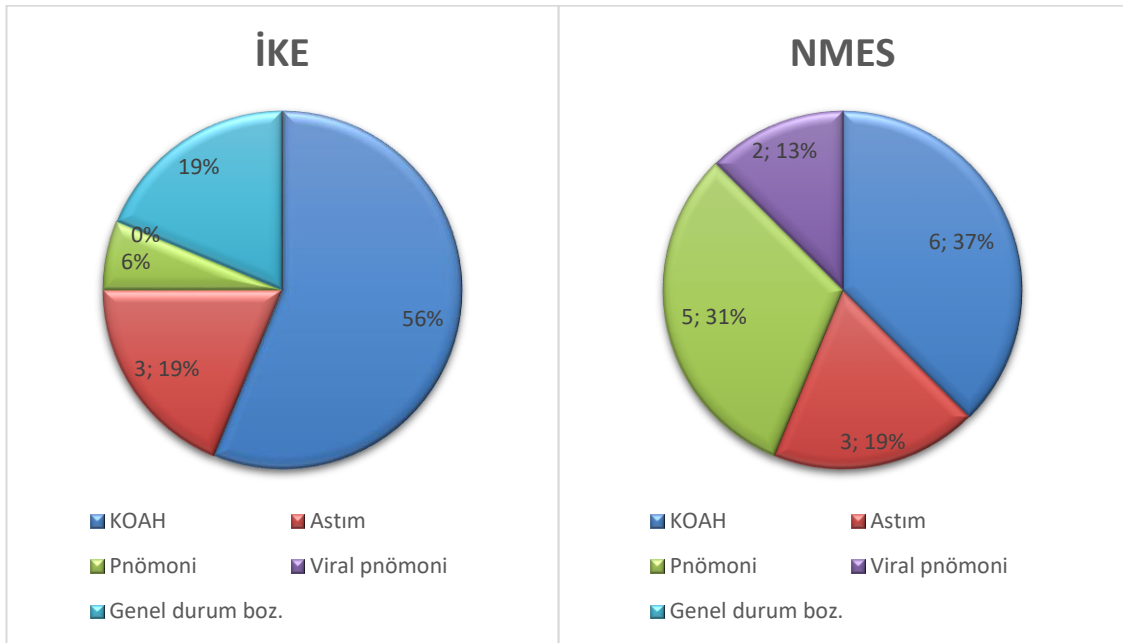
	İKE (n=16)	NMES (n=16)	p
	X±Ss	X±Ss	
<b>Yaş (yıl)</b>	70±9,57	65,31±8,38	0,151 <sup>a</sup>
<b>Boy (cm)</b>	164,69±9,76	167,75±8,36	0,348 <sup>a</sup>
<b>Vücut ağırlığı (kg)</b>	72,94±15,61	75,56±8,36	0,588 <sup>a</sup>
<b>VKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b>	26,85±5,28	26,93±4,31	0,780 <sup>b</sup>
<b>Cinsiyet</b>			
<b>Kadın</b>	4	7	0,229 <sup>c</sup>
<b>Erkek</b>	12	9	

<sup>a</sup> İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi <sup>b</sup> Mann-Whitney U testi <sup>c</sup> ki-kare testi

Katılımcıların sigara alışkanlıkları sorgulandı; İKE grubu katılımcıların üç kişi (%18,75) kullanıcı, dokuz kişi (%56,25) daha önce kullanmış, dört kişi (%25) hiç kullanmamış NMES grubu katılımcılarda yedi kişi (%43,75) kullanıcı, iki kişi (%12,5) bırakmış, yedi kişi (%43,75) hiç kullanmamış olarak belirlendi.



Şekil 4.1. Grupların cinsiyet dağılımı

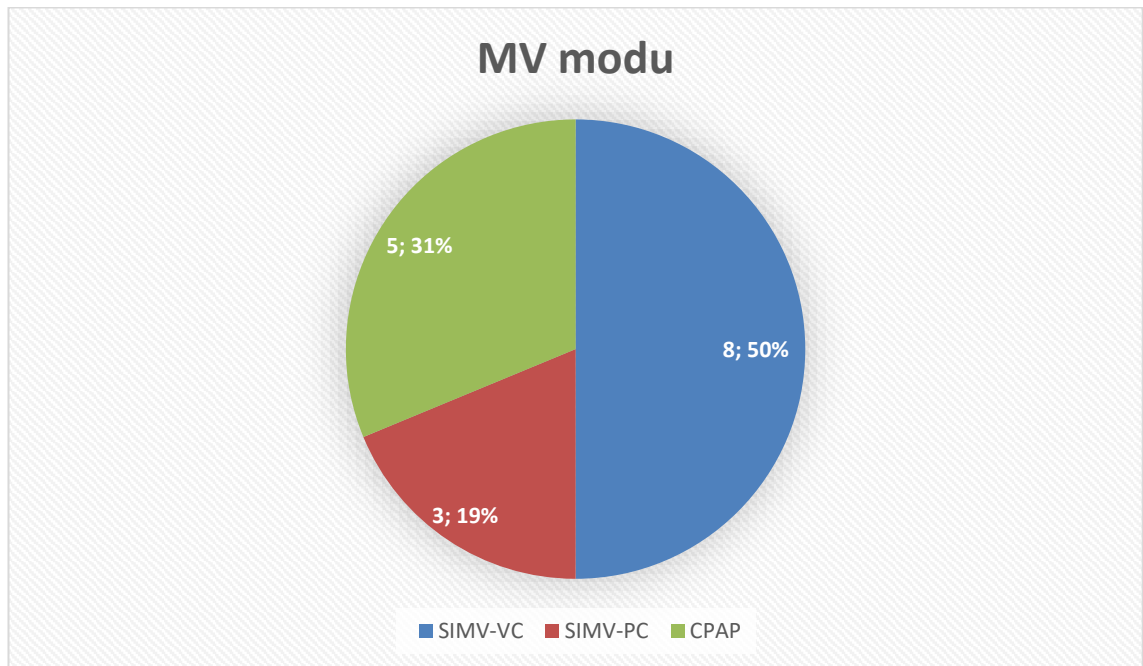


Şekil 4.2. Grupların tanı dağılımı

## 4.1. Grup İçi Tedavi Öncesi ve Sonrası Verilerin Karşılaştırılması

### 4.1.1. İspiratuar kas eğitimi grubu

Katılımcıların MV modu tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerlendirilmiştir. Tedavi öncesi MV modu dağılımları; 8 SIMV-VC, 3 SIMV- PC ve 5 CPAP şeklinde olurken (Şekil 4.1.1.1.), ekstübasyon öncesi İKE grubu tüm katılımcılar (n=16) CPAP modunda takip edilmekteydi.



**Şekil 4.1.1.1.** İKE grubu katılımcıların tedavi öncesi mekanik ventilasyon modu dağılımı

İKE grubu katılımcıların tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi mekanik ventilatör verileri değerlendirildi, elde edilen sonuçlar Tablo 4.2.'de gösterilmiştir. Tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerler karşılaştırıldığında;  $FiO_2$  ( $p=0,102$ ), PEEP ( $p=0,157$ ),  $P_{support}$  ( $p=0,317$ ) ve spontan soluk ( $p=0,769$ ) parametrelerinde istatistiksel anlamlı bir değişim görülmemiştir.

İspiratuar tidal volüm ( $TV_{ins}$ ) değeri  $634,875 \pm 219,85$  ml'den  $862,18 \pm 317,24$  ml'ye, ekspiratuar tidal volüm ( $TV_{eks}$ ) değeri  $660,87 \pm 211,23$  ml'den  $889,62 \pm 275,760$  ml'ye, dakika ventilasyonu (MV) değeri  $8,4 \pm 1,7$  ml/dk'dan  $9,36 \pm 1,17$  ml/dk'ya yükseldi. Yapılan istatistiksel analiz sonucu tedavi öncesi ve tedavi sonrası  $TV_{ins}$  ( $p=0,001$ ),  $TV_{eks}$

( $p < 0,001$ ) ve MV ( $p = 0,001$ ) değerleri arasında istatistiksel anlamı farklılık bulundu (Tablo 4.1.1.1.).

**Tablo 4.1.1.1.** İKE grubu katılımcıların mekanik ventilatör verilerinin tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi	Ekstübasyon öncesi	Değişim	p
	X±SS	X±SS	X±SS	
FiO <sub>2</sub> (%)	42,5±5,773	45±9,29	2,5 ± 5,77	0,102 <sup>a</sup>
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	5,25±0,577	5,12±0,5	0,13 ± 0,34	0,157 <sup>a</sup>
Psupport (cmH <sub>2</sub> O)	10,25±0,683	10,15±0,5	-0,13 ± 0,5	0,317 <sup>a</sup>
Spontan Soluk (soluk/dk)	18,687±7,03	19,25±4,711	0,56 ± 7,54	0,769 <sup>b</sup>
TVins (ml)	634,875±219,85	862,18±317,24	227,31 ± 227,43	0,001 <sup>b*</sup>
TVeks(ml)	660,875±211,23	889,625±275,760	228,75 ± 188,2	0,001 <sup>b*</sup>
MV (L/dk)	8,4±1,7	9,36±1,17	0,96 ± 0,96	0,001 <sup>b*</sup>

FiO<sub>2</sub>: İnspire edilen oksijen fraksiyonu, PEEP: Ekspirasyon sonu pozitif havayolu basıncı, Psupport: Destek basıncı TVins: İnspiratuar tidal volüm, TVeks: Ekspiratuar tidal volüm, MV:dakika ventilasyonu <sup>a</sup> Wilcoxon signed ranks test <sup>b</sup> İki eş arasındaki farkın önemlilik testi \*  $p < 0,05$  X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

Fiziksel fonksiyon seviyesi PFIT bataryası ile tedavi öncesi ve taburculuk öncesi değerlendirildi. Tedavi öncesi 4,68±1,54 olan grup ortalaması tedavi sonrası 6,5±2,06 olarak değerlendirilmiştir. Değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulundu ( $p = 0,002$ ) (Tablo 4.1.1.2.).

**Tablo 4.1.1.2.** İKE grubu katılımcıların fiziksel fonksiyon seviyelerinin karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi	Taburculuk Öncesi	Değişim	p
	X±SS	X±SS	X±SS	
PFIT	4,68±1,54	6,5±2,06	1,81 ± 1,33	0,002 <sup>*</sup>

PFIT: Yoğun bakım fiziksel fonksiyon testi \*  $p < 0,05$  Wilcoxon Signed Ranks Test X±SS: Ortalama ± Standart Sapma



Negatif inspiratuar kuvvet (NİF); tedavi öncesi, ekstübasyon öncesi ve taburculuk zamanında değerlendirildi. Tedavi öncesi NİF değeri  $19\pm 4,23$  cmH<sub>2</sub>O iken ekstübasyon öncesi  $27,43\pm 4,48$  cmH<sub>2</sub>O, taburculuk  $37,75\pm 8,37$  cmH<sub>2</sub>O, olarak ölçüldü. Sonuçların varyans analizinde değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulundu ( $p=0,001$ ). Değerlerin ikili karşılaştırılmasında tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi karşılaştırıldığında ( $p=0,001$ ), ekstübasyon öncesi ve taburculuk değerleri karşılaştırıldığında ( $p=0,001$ ) istatistiksel anlamlı farklılık gözlemlendi (Tablo 4.1.1.3.).

**Tablo 4.1.1.3.** İKE grubu katılımcıların inspiratuar kas kuvveti değerlerinin karşılaştırması

	<b>Tedavi Öncesi</b>	<b>Ekstübasyon öncesi</b>	<b>Taburculuk</b>	<b>p</b>
	<b>X±SS</b>	<b>X±SS</b>	<b>X±SS</b>	
<b>NİF (cmH<sub>2</sub>O)</b>	19±4,23	27,43±4,48	37,75±8,37	0,001*

NİF: Negatif inspiratuar kuvvet \* $p<0,05$  Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

İKE grubu katılımcıların entübe geçirilen gün sayısı, tedavi süresi, İKE uygulamasına katılım oranı ve tedaviye katılım oranları kaydedildi. Entübe geçirilen gün sayısı ortalaması  $9,18\pm 4,86$  gün, tedavi süresi  $9,62\pm 3,68$  gün, İKE katılım oranı  $87,48\pm 9,57$  ve tedavi katılım oranı  $90,84\pm 9,85$  olarak saptandı (Tablo 4.1.1.4.).

**Tablo 4.1.1.4.** İKE grubu katılımcıların entübe geçen gün sayısı, tedavi süresi, İKE uygulamasına katılım oranı ve tedavi katılım oranları

	<b>Min-max</b>	<b>X±SS</b>
<b>Entübe geçen gün sayısı (gün)</b>	3-21	9,18±4,86
<b>Tedavi süresi (gün)</b>	5-17	9,62±3,68
<b>İKE katılım (%)</b>	66-100	87,48±9,57
<b>Tedavi katılım (%)</b>	71,42-100	90,84±9,85

X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

İKE grubu katılımcıların weaning başarısı oranı (Şekil 4.4.) gösterilmiştir. 16 katılımcıdan 15'inde başarılı weaning sağlanmış olup bir tanesi tedavi süresini entübe olarak tamamlamıştır.



**Şekil 4.1.1.2.** İKE grubu katılımcıların ekstübasyon durumu dağılımları

Katılımcıların, tedavi seansı süresince; tedavi öncesi, tedavi sırasında ve tedavi sonrasında vital bulguları kaydedildi. Tedavi öncesi kalp hızı  $99,33 \pm 11,9$  atım/dk, tedavi sırasında  $101,34 \pm 14,32$  atım/dk, tedavi sonrası  $100,47 \pm 9,46$  atım/dk olarak kaydedildi değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,236$ ). Oksijen satürasyonu parametresi tedavi öncesi  $\% 96,81 \pm 1,65$ , tedavi sırası  $\%97,73 \pm 1,65$ , tedavi sonrası  $\%96,96 \pm 1,67$  olarak ölçüldü tedavi öncesi ve tedavi sırası değerler karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı farklılık bulundu ( $p=0,008$ ). Sistolik kan basıncı değeri ortalamaları tedavi öncesi  $113,41 \pm 9,83$  mmHg, tedavi sırası  $113,47 \pm 10,04$  mmHg, tedavi sonrası  $114,38 \pm 7,31$  mmHg olarak ölçüldü değerlerin istatistiksel analizinde anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,797$ ). Diyastolik kan basıncı değeri tedavi öncesi  $66,22 \pm 5,8$ , tedavi sırası  $65,67 \pm 6,76$ , tedavi sonrası  $67,31 \pm 5,45$  mmHg ölçüldü değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,305$ ). Solunum frekansı tedavi öncesi  $19,92 \pm 4,39$ , tedavi sırası  $21,72 \pm 2,94$ , tedavi sonrası  $21,07 \pm 5,1$  soluk/dk olarak kaydedildi değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,176$ ). Vücut sıcaklığı değerleri ortalaması tedavi öncesi  $36,68 \pm 0,33$ , tedavi sırası  $36,8 \pm 0,31$ , tedavi sonrası  $36,73 \pm 0,42^\circ\text{C}$  olarak ölçüldü değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,978$ ) (Tablo 4.1.1.5.).

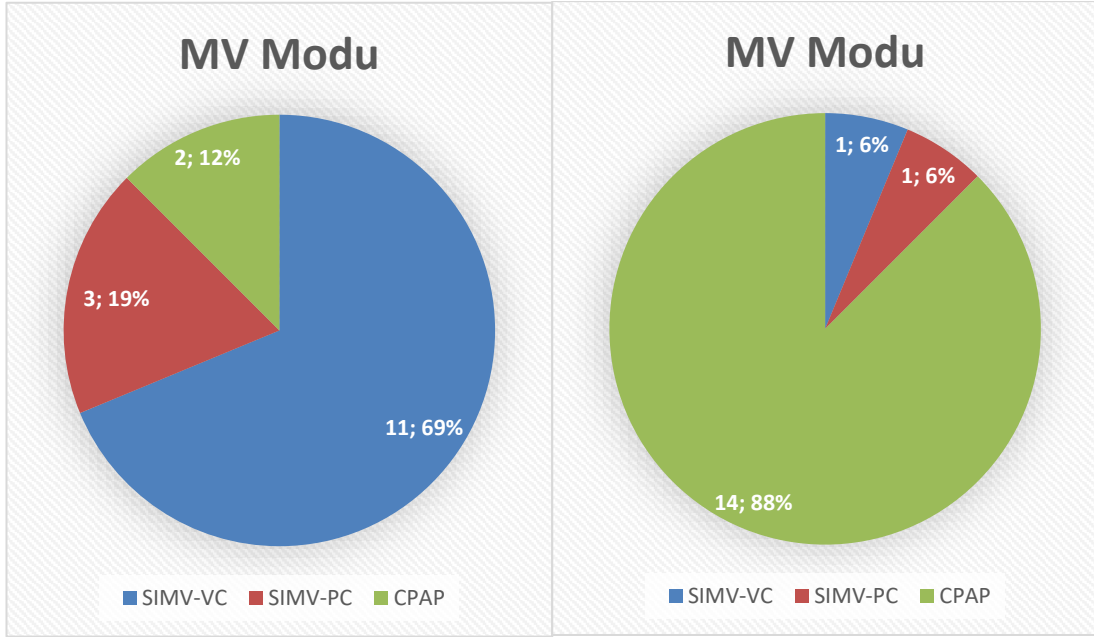
**Tablo 4.1.1.5.** İKE grubu katılımcıların tedavi seansı sırasında kaydedilen vital bulguların karşılaştırması

	Tedavi öncesi X±SS	Tedavi sırası X±SS	Tedavi sonrası X±SS	p
<b>KH</b> (atım/dk)	99,33 ± 11,9	101,34 ± 14,32	100,47 ± 9,46	0,236 <sup>a</sup>
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	96,81 ± 1,65	97,73 ± 1,65	96,96 ± 1,67	0,008 <sup>b*</sup>
<b>SKb</b> (mmHg)	113,41 ± 9,83	113,47 ± 10,04	114,38 ± 7,31	0,797 <sup>b</sup>
<b>DKb</b> (mmHg)	66,22 ± 5,8	65,67 ± 6,76	67,31 ± 5,45	0,305 <sup>a</sup>
<b>F</b> (soluk/dk)	19,92 ± 4,39	21,72 ± 2,94	21,07 ± 5,1	0,176 <sup>b</sup>
<b>T (°C)</b>	36,68 ± 0,33	36,8 ± 0,31	36,73 ± 0,42	0,978 <sup>a</sup>

KH: Kalp hızı, SpO<sub>2</sub>: Oksijen saturasyonu, SKb: sisiyolik kan basıncı, DKb: diyastolik kan basıncı, F: Solunum frekansı, T: Vücut ısısı <sup>a</sup>Friedman testi <sup>b</sup> Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi \*p<0,05  
X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

#### 4.1.2. Nöromusküler elektrik sitümülasyonu grubu

NMES grubu katılımcıların mekanik ventilasyon modu tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerlendirildi. Tedavi öncesi MV modu dağılımları 11 SIMV-VC, 3 SIMV-PC, 2 CPAP, ekstübasyon öncesi MV modu dağılımları 1 SIMV-VC, 1 SIMV-PC, 14 CPAP şeklinde oldu (Şekil 4.1.2.1.).



**Şekil 4.1.2.1.** NMES grubu katılımcıların tedavi öncesi ve taburculuk öncesi mekanik ventilasyon modu dağılımları

NMES grubu katılımcıların mekanik ventilatör parametreleri tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerlendirildi, elde edilen sonuçlar Tablo 4.1.2.1. gösterilmiştir. Katılımcıların  $FiO_2$  ( $p=0,132$ ),  $P_{support}$  ( $p=0,102$ ), PEEP ( $p=0,317$ ) ve spontan soluk ( $p=0,202$ ) değerlerinde istatistiksel anlamlı değişim görülmedi.

Katılımcıların inspiratuar tidal volüm (TVins) değerleri tedavi öncesi ortalaması  $637,31 \pm 247,13$  ml, tedavi sonrası  $780,18 \pm 257,06$  ml olarak ölçüldü. Ekspiratuar tidal volüm (TVeks) tedavi öncesi  $696,43 \pm 276,32$  ml den,  $851,5 \pm 269,14$  ml'ye yükseldi. Dakika ventilasyonu (MV) tedavi öncesi değeri  $8,1 \pm 2,02$  L/dk dan, ekstübasyon öncesi  $9,48 \pm 2,43$  L/dk ya yükseldi. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda TVins ( $p=0,001$ ), TVeks ( $p=0,001$ ) ve MV ( $p=0,001$ ) değerleri tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerleri arasında anlamlı farklılık bulundu (Tablo 4.1.2.1.).

**Tablo 4.1.2.1.** NMES grubu katılımcıların mekanik ventilatör verilerinin tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi karşılaştırması

	Tedavi Öncesi	Ekstübasyon öncesi	Değişim	p
	X±SS	X±SS	X±SS	
<b>FiO<sub>2</sub> (%)</b>	43,75±9,29	41,87±5,43	-1,88±9,65	0,132 <sup>a</sup>
<b>PEEP (cmH<sub>2</sub>O)</b>	5,25±0,68	5,12±0,5	0,13 ± 0,5	0,317 <sup>a</sup>
<b>Psupport (cmH<sub>2</sub>O)</b>	10,56±1,44	10,25±0,68	-0,31 ± 0,7	0,102 <sup>a</sup>
<b>Spontan Soluk (soluk/dk)</b>	14,5±4,85	16,62±5,32	2,13 ± 6,37	0,202 <sup>b</sup>
<b>TVins (ml)</b>	637,31±247,13	780,18±257,06	142,88 ± 129,76	0,001 <sup>b*</sup>
<b>TVeks(ml)</b>	696,43±276,32	851,5±269,14	155,06 ± 132,81	0,001 <sup>b*</sup>
<b>MV (L/dk)</b>	8,1±2,02	9,48±2,43	1,38 ± 1,52	0,001 <sup>a*</sup>

FiO<sub>2</sub>: İnspire edilen oksijen fraksiyonu, PEEP: Ekspirasyon sonu pozitif havayolu basıncı, Psupport: Destek basıncı TVins: İnspiratuar tidal volüm, TVeks: Ekspiratuar tidal volüm, MV:dakika ventilasyonu<sup>a</sup> Wilcoxon signed ranks test <sup>b</sup> İki eş arasındaki farkın önemlilik testi \* p<0,05 X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

Katılımcıların fiziksel fonksiyon seviyeleri tedavi öncesi ve taburculuk öncesi değerlendirildi. Tedavi öncesi grubun ortalaması 4,18±0,91 tedavi sonrası 4,93± 2,17 olarak ölçüldü (Tablo 4.1.2.2.). Sonuçların analizinde iki değer arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı (p=0,176).

**Tablo 4.1.2.2.** NMES grubu katılımcıların fiziksel fonksiyon seviyelerinin karşılaştırması

	Tedavi Öncesi	Taburculuk Öncesi	Değişim	p
	X±Ss	X±Ss	X±Ss	
<b>PFIT</b>	4,18±0,91	4,93± 2,17	0,75 ± 2,11	0,176 <sup>*</sup>

PFIT: Yoğun bakım fiziksel fonksiyon testi \* İki eş arasındaki farkın önemlilik testi

Katılımcıların negatif inspiratuar kuvvet (NİF) parametresi için; tedavi öncesi, ekstübasyon öncesi ve taburculuk öncesi ölçümler yapıldı. Tedavi öncesi, ekstübasyon öncesi ve taburculuk değerleri sırasıyla 17,25±2,84 cmH<sub>2</sub>O, 23,62±3,11 cmH<sub>2</sub>O ve

26,12±7,65 cmH<sub>2</sub>O olarak ölçüldü. Değerlerin üçlü analizi için kullanılan Friedman testi sonucu istatistiksel anlamlı farklılık bulundu (p=0,001). Tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerlerin karşılaştırılmasında istatistiksel anlamlı artış (p=0,001) görülürken, ekstübasyon öncesi ve taburculuk değerleri arasında anlamlı farklılık görülmedi (p=0,126). (Tablo 4.1.2.3.)

**Tablo 4.1.2.3.** NMES grubu katılımcıların inspiratuar kas kuvveti değerlerinin karşılaştırması

	Tedavi Öncesi	Ekstübasyon öncesi	Taburculuk	p
<b>NİF (cmH<sub>2</sub>O)</b>	17,25±2,84	23,62±3,11	26,12±7,65	0,001*

NİF: Negatif inspiratuar kuvvet \*Friedman test X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

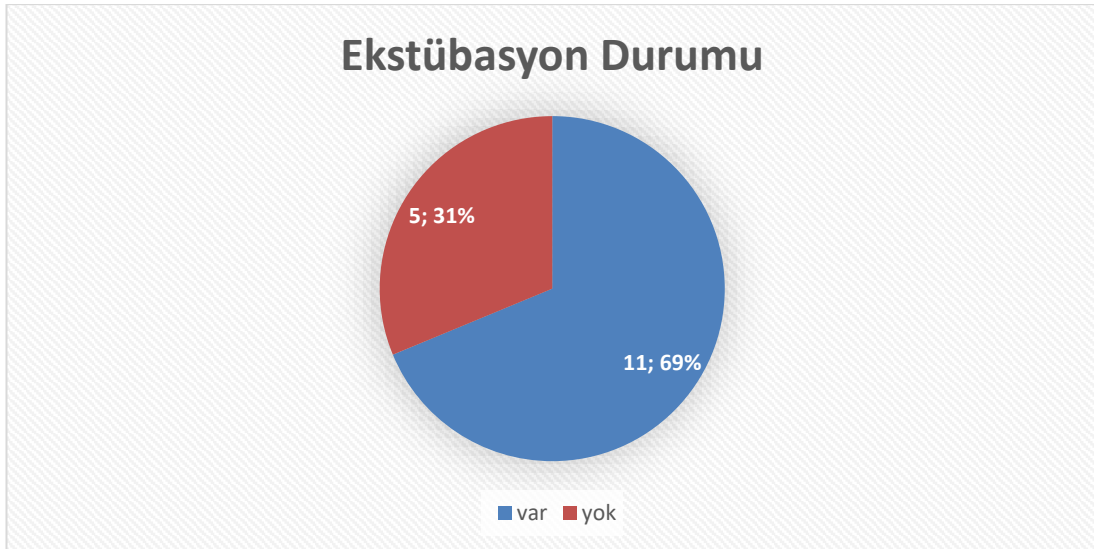
Katılımcıların entübe geçirdikleri gün sayısı, toplam tedavi süresi ve tedaviye katılım süreleri kaydedildi. NMES grubu katılımcılar ortalama 15,1±5,32 gün entübe geçirdi. Tedavi süreleri ortalaması 13,81±3,72 gün tedaviye katılım oranları ise %83,36±9,27 olarak kaydedildi. (Tablo 4.1.2.4.)

**Tablo 4.1.2.4.** NMES grubu katılımcıların entübe geçen gün sayısı, tedavi süresi ve tedavi katılım oranı değerleri

	Min-max	X±SS
<b>Entübe geçen gün sayısı (gün)</b>	3-21	15,1±5,32
<b>Tedavi süresi (gün)</b>	7-20	13,81±3,72
<b>Tedavi katılım (%)</b>	65-100	83,36±9,27

X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

Tedavi sonunda katılımcıların %68,8'i (n=11) ekstübe olurken %31,3'ü (n=5) tedaviyi entübe olarak tamamladı (Şekil 4.1.2.2.).



**Şekil 4.1.2.2.** NMES grubu katılımcıların ekstübasyon durum dağılımları

NMES grubu katılımcıların tedavi seansı süresince vital bulguları kaydedildi. Kalp hızı değerinin ortalaması tedavi öncesi  $108,27 \pm 10,96$  atım/dk, tedavi sırası  $113,1 \pm 7,16$  atım/dk, tedavi sonrası  $111,94 \pm 10,2$  atım/dk olarak ölçüldü, değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,236$ ).

Oksijen saturasyonu değerleri tedavi öncesi  $\%95,83 \pm 2,02$ , tedavi sırası  $\%96,22 \pm 2,78$ , tedavi sonrası  $\%95,63 \pm 3,61$  olarak kaydedildi. Tedavi öncesi ve tedavi sırası değerler arasında anlamlı farklılık bulundu ( $p=0,029$ ).

Sistolik kan basıncı değerleri tedavi öncesi  $121,33 \pm 15,93$  mmHg, tedavi sırası  $118,4 \pm 12,14$  mmHg, tedavi sonrası  $119,84 \pm 11,44$  mmHg kaydedildi değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,463$ ). Diyastolik kan basıncı değerleri tedavi öncesi  $72,68 \pm 10,2$  mmHg, tedavi sırası  $72,19 \pm 9,42$  mmHg, tedavi sonrası  $74,37 \pm 8,88$  mmHg olarak bulundu değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık görülmedi ( $p=0,246$ ).

Solunum frekansı tedavi öncesi  $21,09 \pm 4,57$  soluk/dk, tedavi sırası  $21,59 \pm 5,23$  soluk/dk, tedavi sonrası  $19,2 \pm 3,76$  soluk/dk kaydedildi değerler arası anlamlı farklılık saptanmadı ( $p=0,069$ ).

Vücut sıcaklığı tedavi öncesi  $36,69 \pm 0,21$  °C, tedavi sırası  $36,77 \pm 0,38$  °C, tedavi sonrası  $37,16 \pm 9,4$  °C olarak ölçüldü, değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,191$ ) (Tablo 4.1.2.5.).

**Tablo 4.1.2.5.** NMES grubu katılımcıların tedavi seansı sırasında kaydedilen vital bulguların karşılaştırılması

	Tedavi öncesi X±SS	Tedavi sırası X±SS	Tedavi sonrası X±SS	p
<b>KH</b> (atım/dk)	108,27 ± 10,96	113,1 ± 7,16	111,94 ± 10,2	0,236
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	95,83 ± 2,02	96,22 ± 2,78	95,63 ± 3,61	0,029
<b>SKb</b> (mmHg)	121,33 ± 15,93	118,4 ± 12,14	119,84 ± 11,44	0,463
<b>DKb</b> (mmHg)	72,68 ± 10,21	72,19 ± 9,42	74,37 ± 8,88	0,246
<b>F</b> (soluk/dk)	21,09 ± 4,57	21,59 ± 5,23	19,2 ± 3,76	0,069
<b>T (°C)</b>	36,69 ± 0,21	36,77 ± 0,38	37,16 ± 9,4	0,191

KH: Kalp hızı, SpO<sub>2</sub>: Oksijen saturasyonu, SKb: sisyalik kan basıncı, DKb: diyastolik kan basıncı, F: Solunum frekansı, T: Vücut sıcaklığı X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

#### 4.2. Gruplar Arası Verilerin Karşılaştırılması

Tedavi öncesi grupların mekanik ventilasyon modları dağılımları; İKE grubu 8 SIMV- VC, 3 SIMV- PC, 5 CPAP; NMES grubu 11 SIMV-VC, 3 SIMV-PC, 2 CPAP şeklinde olurken gruplar arası karşılaştırmada istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı (p=0,406). Tedavi sonrası grupların mekanik ventilasyon modları dağılımları; İKE grubu 16 CPAP; NMES grubu 14 CPAP, 1 SIMV-VC, 1 SIMV-PV şeklinde oldu ve gruplar arası yapılan karşılaştırmada istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı (p=0,234).

Katılımcıların ekstübasyon durumu karşılaştırıldığında; İKE grubu 15 katılımcıda başarılı ekstübasyon gerçekleştirilirken, NMES grubunda 11 başarılı ekstübasyon gerçekleştirildi. Veriler karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadı (p=0,172).

Tedavi öncesi mekanik ventilatör parametrelerinin gruplar arası karşılaştırmasında tüm değerler için istatistiksel anlamlı farklılık görülmedi (p>0,05).



Ekstübasyon öncesi mekanik ventilatör parametrelerinin karşılaştırılmasında da benzer şekilde istatistiksel anlamlı farklılık görülmedi ( $p>0,05$ ).

Tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi mekanik ventilatör parametrelerinin değişimi incelendiğinde;  $FiO_2$  İKE grubunda  $2,5 \pm 5,77$ , NMES grubunda  $1,88 \pm 9,65$ ; PEEP İKE grubunda  $0,13 \pm 0,34$  cmH<sub>2</sub>O, NMES grubunda  $0,13 \pm 0,5$  cmH<sub>2</sub>O; Psupport İKE grubunda  $-0,13 \pm 0,5$  cmH<sub>2</sub>O, NMES grubunda  $-0,31 \pm 0,7$  cmH<sub>2</sub>O; spontan soluk İKE grubunda  $0,56 \pm 7,54$  soluk/dk, NMES grubunda  $2,13 \pm 6,37$  soluk/dk; TVins İKE grubunda  $227,31 \pm 227,43$ ml, NMES grubunda  $142,88 \pm 129,76$  ml; TVeks İKE grubunda  $228,75 \pm 188,2$ ml, NMES grubunda  $155,06 \pm 132,81$ ml; dakika ventilasyonu İKE grubunda  $0,96 \pm 0,96$ L/dk, NMES grubunda  $1,38 \pm 1,52$  L/dk olarak bulundu. Değerlerin istatistiksel karşılaştırılmasında anlamlı farklılık bulunmadı ( $FiO_2$   $p=0,081$ , PEEP  $p=0,809$ , Psupport  $p=0,564$ , spontan soluk  $p=0,531$ , TVins  $p=0,209$ , TVeks  $p=0,210$ , MV  $p=0,926$ ) (Tablo 4.2.1.).

Katılımcıların solunum kas kuvveti tedavi öncesi ekstübasyon öncesi ve taburculuk öncesi değerlendirildi. Tedavi öncesi değerlerin karşılaştırılmasında gruplar arası anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,183$ ). Ekstübasyon öncesi değerlerin karşılaştırılmasında İKE grubu lehine ( $p=0,009$ ), benzer şekilde ekstübasyon değerlerinin karşılaştırılmasında İKE grubu lehine anlamlı farklılık bulundu ( $p=0,001$ ) (Tablo 4.2.2.). Tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi NİF değerleri ortalamasının değişimi İKE grubunda  $8,44 \pm 2,19$  cmH<sub>2</sub>O, NMES grubunda  $6,38 \pm 2,53$  cmH<sub>2</sub>O olarak bulundu değerler karşılaştırıldığında İKE grubu lehine istatistiksel anlamlı farklılık bulundu ( $p=0,02$ ). Ekstübasyon öncesi ve taburculuk NİF değerleri ortalamasının değişimi İKE grubunda  $10,31 \pm 6,43$  cmH<sub>2</sub>O, NMES grubunda  $2,5 \pm 6,18$  cmH<sub>2</sub>O olarak bulundu. Değerler karşılaştırıldığında İKE grubu lehine istatistiksel anlamlı fark bulundu ( $p=0,001$ ) (Tablo 4.2.3.).

Grupların fiziksel fonksiyon seviyeleri karşılaştırılmasında; tedavi öncesi değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık görülmezken ( $p=0,491$ ), tedavi sonrası İKE grubu ortalaması  $6,5 \pm 2,07$ , NMES grubu ortalaması  $4,94 \pm 2,17$  olarak ölçüldü değerlerin arasında İKE grubu lehine istatistiksel anlamlı farklılık görüldü ( $p=0,046$ ). Fiziksel fonksiyon seviyelerinin değişimi incelendiğinde; İKE grubu ortalaması  $1,81 \pm 1,33$ , NMES grubu ortalaması  $0,75 \pm 2,11$  olarak hesaplandı değerler arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,184$ ) (Tablo 4.2.4.).

Katılımcıların entübe kaldıkları süre İKE grubunda  $9,19 \pm 4,86$  gün iken NMES grubunda  $15,13 \pm 5,33$  gün olarak rapor edildi, değerler karşılaştırıldığında İKE grubunun daha kısa süre entübe kaldıkları bulundu ( $p=0,003$ ). Gruplar arası taburculuk süreleri

karşılaştırıldığında İKE grubu ortalaması  $13,44 \pm 4,23$  gün, NMES grubu ortalaması  $18,44 \pm 3,24$  gün olarak hesaplandı, değerler karşılaştırıldığında İKE grubu lehine istatistiksel anlamlı farklılık bulundu ( $p=0,001$ ) (Tablo 4.2.5.).

Katılımcıların tedavi katılım oranları İKE grubunda ortalama  $\%90,84 \pm 9,85$ , NMES grubunda ortalama  $\%83,37 \pm 9,27$  olarak hesaplandı. Değerler karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadı ( $p=0,061$ ) (Tablo 4.2.5.).

**Tablo 4.2.1.** Mekanik ventilatör parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi			Ekstübasyon Öncesi			Değişim		
	İKE	NMES	p	İKE	NMES	p	İKE	NMES	p
	X±SS	X±SS		X±SS	X±SS		X±SS	X±SS	
<b>FiO<sub>2</sub> (%)</b>	42,5±5,773	43,75±9,29	0,71 <sup>a</sup>	45±9,29	41,87±5,43	0,65 <sup>b</sup>	2,5 ± 5,77	-1,88±9,65	0,081 <sup>b</sup>
<b>PEEP (cmH<sub>2</sub>O)</b>	5,25±0,577	5,25±0,68	0,838 <sup>a</sup>	5,12±0,5	5,12±0,5	1,00 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,34	0,13 ± 0,5	0,809 <sup>a</sup>
<b>Psupport (cmH<sub>2</sub>O)</b>	10,25±0,683	10,56±1,44	0,402 <sup>a</sup>	10,15±0,5	10,25±0,68	0,780 <sup>a</sup>	-0,13 ± 0,5	-0,31 ± 0,7	0,564 <sup>a</sup>
<b>Spontan Soluk (soluk/dk)</b>	18,687±7,03	14,50±4,85	0,059 <sup>b</sup>	19,25±4,711	16,62±5,32	0,08 <sup>a</sup>	0,56 ± 7,54	2,13 ± 6,37	0,531 <sup>a</sup>
<b>TVins (ml)</b>	634,875±219,85	637,31±247,13	0,724 <sup>a</sup>	862,18±317,24	780,18±257,06	0,428 <sup>b</sup>	227,31 ± 227,43	142,88 ± 129,76	0,209 <sup>b</sup>
<b>TVeks(ml)</b>	660,875±211,23	696,43±276,32	0,867 <sup>a</sup>	889,625±275,760	851,5±269,14	0,695 <sup>b</sup>	228,75 ± 188,2	155,06 ± 132,81	0,210 <sup>b</sup>
<b>MV (L/dk)</b>	8,40±1,7	8,10±2,02	0,696 <sup>a</sup>	9,36±1,17	9,48±2,43	0,869 <sup>b</sup>	0,96 ± 0,96	1,38 ± 1,52	0,926 <sup>b</sup>

FiO<sub>2</sub>: İnspire edilen oksijen fraksiyonu, PEEP: Ekspirasyon sonu pozitif havayolu basıncı, Psupport: Destek basıncı TVins: İnspiratuar tidal volüm, TVeks: Ekspiratuar tidal volüm, MV:dakika ventilasyonu, <sup>a</sup> Mann-Whitney U testi <sup>b</sup> İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi X±SS: Ortalama ± Standart Sapma

**Tablo 4.2.2.** İspiratuar kas kuvveti değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi			Ekstübasyon Öncesi			Taburculuk		
	İKE	NMES	p	İKE	NMES	p	İKE	NMES	p
<b>NİF</b>	19 ± 4,27	17,25 ± 2,84	0,183 <sup>a</sup>	27,44 ± 4,49	23,63 ± 3,12	0,009 <sup>a*</sup>	37,75 ± 8,38	26,13 ± 7,66	0,001 <sup>b*</sup>

NİF: Negatif inspiratuar kuvvet <sup>a</sup>İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi <sup>b</sup> Mann-Whitney U testi \*p<0,05

**Tablo 4.2.3.** İspiratuar kas kuvveti tekrarlı ölçüm farklarının gruplar arası karşılaştırılması

	Tedavi öncesi		Değişim (Tedavi öncesi- Ekstübasyon)		p	Değişim (Ekstübasyon- Taburculuk)		p
	İKE	NMES	İKE	NMES		İKE	NMES	
<b>NİF</b>	19,00 ± 4,27	17,25 ± 2,84	8,44 ± 2,19	6,38 ± 2,53	0,02 <sup>a*</sup>	10,31 ± 6,43	2,5 ± 6,18	0,001 <sup>b*</sup>

NİF: Negatif inspiratuar kuvvet X±SS: Ortalama ± Standart Sapma <sup>a</sup>İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi <sup>b</sup> Mann-Whitney U testi \*p<0,05

**Tablo 4.2.4.** Fiziksel fonksiyon seviyesi parametresinin gruplar arası karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi			Taburculuk			Değişim		
	İKE	NMES	p	İKE	NMES	p	İKE	NMES	p
	X±SS	X±SS		X±SS	X±SS		X±SS	X±SS	
<b>PFIT</b>	4,69 ± 1,54	4,19 ± 0,91	0,491 <sup>a</sup>	6,5 ± 2,07	4,94 ± 2,17	0,046 <sup>b*</sup>	1,81 ± 1,33	0,75 ± 2,11	0,184 <sup>b</sup>

PFIT: Yoğun bakım fiziksel fonksiyon testi <sup>a</sup>İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi <sup>b</sup> Mann-Whitney U testi \*p<0,05

**Tablo 4.2.5.** Entübe geçirilen süre, taburculuk süresi, tedavi katılım değerlerinin gruplar arası karşılaştırılması

	<b>İKE</b> <b>X±Ss</b>	<b>NMES</b> <b>X±Ss</b>	<b>p</b>
<b>Entübe kalınan süre (gün)</b>	9,19 ± 4,86	15,13 ± 5,33	0,003*
<b>Taburculuk süresi (gün)</b>	13,44 ± 4,23	18,44 ± 3,24	0,001*
<b>Tedavi katılım (%)</b>	90,84 ± 9,85	83,37 ± 9,27	0,061

Mann-Whitney U testi X±SS: Ortalama ± Standart Sapma \* p<0,05

## 5. TARTIŞMA

Çalışmamızda göğüs fizyoterapisi ile birlikte uygulanan inspiratuar kas eğitimi ve diyafram kası üzerine uygulanan nöromusküler elektrik stimülasyonunun; inspiratuar – ekspiratuar tidal volümler, dakika ventilasyonu, solunum kas kuvveti ve fiziksel fonksiyon seviyesi, taburculuk süresi ve entübe kalınan süre üzerine etkileri incelendi. Tedavi süresince katılımcıların vital bulgularını kaydedip uygulamaların egzersiz seansı içindeki etkileri değerlendirildi.

Elde edilen verilere göre her iki uygulamada da katılımcıların inspiratuar tidal volüm, ekspiratuar tidal volüm, dakika ventilasyonu ve solunum kas kuvveti üzerine olumlu etkileri olduğu egzersiz süresince vital bulguların kabul edilebilir değerler içerisinde kaldığı bulundu. Uygulamaların fiziksel fonksiyon seviyesi üzerine etkileri incelendiğinde İKE grubunda başlangıç ve taburculuk arasında iyileşme görüldü NMES grubunda ise belirgin değişim görülmedi. Uygulama grupları arasında yapılan karşılaştırmada İKE'nin inspiratuar solunum kas kuvveti, fiziksel fonksiyon seviyesi, entübe kalınan süre ve taburculuk süresi üzerine NMES uygulamasından daha etkili olduğu sonucuna ulaşıldı. İKE grubunda ekstübasyon oranı NMES grubuna göre daha fazla olsa da gruplar arası farklılık bulunmadı.

Yakın zamanda entübe hastalarda yapılan çalışmalar incelendiğinde inspiratuar kas eğitimi yoğun bakım ünitelerinde sıklıkla kullanılmaktadır, kullanılan hasta grupları, uygulayıcılar için yönergeler farklı yüklenme prensipleri ve etkileri çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. (Bissett 2019, Bissett vd 2020, Moodie vd 2011, Taşkın 2020, Worrapphan vd 2020). Çalışmalarda solunum kas eğitimi için; eşik dirençli solunum kas eğitimi cihazı ve mekanik ventilatörler kullanılmış. Eşik dirençli solunum kas eğitimi cihazı, direncin kolay değiştirilebilir olması ve kullanılabilirliğiyle daha çok tercih edilmektedir.

İKE uygulamasında tedavi öncesinde uygulanan inspiratuar kas kuvveti ölçümünde elde edilen değerlerin %30' unda yapılan başlangıç yüklemesi çalışmalarda sıklıkla kullanılmış ve önerilmiştir. Katılımcı çalışmayı belirlenen yükte tamamlayabiliyorsa ertesi gün için %10 yada 2cm H<sub>2</sub>O artış önerilmiş, günde 2 seans İKE uygulanmıştır. Bununla birlikte farklı çalışmalarda MİP'in %50-20 yada maksimum tolere edilebilen şiddette uygulamaya başlanan çalışmalar da mevcuttur (Bissett vd 2019, da Silva Guimarães vd 2021). Bu çalışmada da eşik dirençli solunum kas eğitimi cihazı kullanıldı, sonuç ölçümlerinde mekanik ventilatör parametreleri, NİF, taburculuk süresi, fiziksel fonksiyon seviyesi, ekstübasyon süresi ve ekstübasyon başarısını değerlendirildi.

İKE uygulaması ve inspiratuar kas kuvveti ilişkisini ele alan çalışmalar incelendiğinde; sistematik derlemeler ve meta-analizlerde ağırlıklı olarak anlamlı iyileşmeler görüldüğü rapor edilmiştir. Çalışma sonuçlarında elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumludur. Mekanik ventilasyon uygulamasıyla inspiratuar kaslar üzerindeki iş yükünün azalması ve respiratuar kaslar arasındaki koordinasyon kaybı nedeniyle solunum kas kuvvetinde azalmanın görüldüğü bilinmektedir (Kallet 2011). İKE uygulamasıyla inspiratuar kaslara dirençli egzersiz yapılarak mekanik ventilasyon nedeniyle oluşacak atrofinin önlenmesi, progresif dirençli çalışmayla da solunum kas kuvvetinde iyileşme sağlanmaktadır (Moodie vd 2011). İKE uygulamasıyla inspiratuar kas kuvveti değerlerinde değişim görülmeyen bir çalışmada, İKE yöntemi olarak akım kısıtlaması ve mekanik ventilatör tetik-hassasiyet ayarlaması kullanılmıştır (Caruso 2005). Bunun nedeni olarak; eşik dirençli cihaz kullanımında egzersiz süresince hedef direnç seviyesinde yükleme yapılabilirken, diğer cihazlarda istenilen yüke ulaşmak daha uzun sürmekte ve sonraki tekrar için inspirasyon fazının sonunda akım miktarının azalmasıyla hedef yükte geçirilen sürenin azalması gösterilebilir. Bununla birlikte bu uygulamalar için; mekanik ventilasyon komplikasyonu olarak solunum kaslarında görülen atrofinin önlenmesi dolayısıyla NİF değerlerinde düşüş görülmemesi de göz ardı edilmemelidir.

Condessa vd (2013) yaptığı çalışmada İKE uygulamasının tidal volüm üzerine olumlu etkilerini rapor etmiş fakat inspiratuar ekspiratuar tidal volümleri ayrı olarak belirtmemiştir. Cader vd (2010) yaptıkları çalışmada sonuç ölçümlerinde solunum parametresi olarak solunum frekansının tidal volüme oranıyla elde edilen tobin indeksini kullanmışlardır; çalışmanın sonucunda İKE uygulamasının kontrol grubuyla karşılaştırıldığında tobin indeksi üzerinde olumlu etkilerini göstermişlerdir. Çalışmamızda

tidal volümler inspiratuar ve ekspiratuar olarak tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi değerlendirilmiş her iki grupta da anlamlı artış görülmüştür.

Yoğun bakım hastalarında fiziksel fonksiyon seviyelerini değerlendirmek için farklı hasta gruplarında kullanılan 6 dakika yürüme testi, zamanlı kalk yürü testi gibi testlerin kullanımı pratik görülmediği için alternatif testler kullanılmaktadır. Akut bakım fonksiyon indeksi, PFIT, Yoğun Bakım Ünitesi – Fonksiyonel Durum Skoru, fonksiyonel bağımsızlık ölçeği yoğun bakım hastalarında efektif olarak kullanılabilirdiği düşünülmüştür (Parry vd 2015, Roach ve Van Dillen 1988). Çalışmamızda fiziksel fonksiyon düzeyi tedavi öncesi ve taburculuk öncesi PFIT bataryası ile değerlendirildi. Bissett vd (2016) çalışmalarında rutin yoğun bakım fizyoterapisi ve rutin yoğun bakım fizyoterapisine ek olarak İKE uygulamasının etkinliklerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonuçlarında fiziksel fonksiyon seviyesi akut bakım fonksiyon indeksi ile değerlendirilmiş ve her iki grupta da anlamlı iyileşme görülürken gruplar arası anlamlı farklılık görülmemiştir. Çalışmanın sonuçlarında her iki gruptaki anlamlı artışın rutin fizyoterapi uygulamasıyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda da bulduğumuz İKE grubu fiziksel fonksiyon düzeylerindeki anlamlı iyileşme Deheny vd (2013) çalışmalarında hesapladıkları minimal klinik anlamlılık düzeyinin üzerinde ve literatürü destekler niteliktedir. İKE uygulamasında katılımcının aktif olması ve birlikte uygulanana diğer fizyoterapi uygulamalarının elde ettiğimiz sonuçla ilişkili olduğunu düşünmekteyiz.

İKE grubunda tedavi seansı öncesinde, sırasında ve sonrasında katılımcıların vital bulguları kaydedildi ve istatistiksel analize dahil edildi. Sonuçlarımız incelendiğinde tedavi süresince katılımcıların vital bulguları kabul edilebilir değerler içinde olduğu, katılımcıların tedavi seansına dahil olabilecek kriterleri sağladıktan sonra yapılan uygulamanın tedaviyi sonlandıracak bir etki göstermediği gözlemlendi.

Diyafram kası üzerine nöromusküler elektrik stimülasyonunun etkilerinin incelendiği tek çalışmada Leite vd (2018) Diyafram stimülasyon, quadiceps stimülasyon ve kontrol grubu olmak üzere 3 gruptan oluşan örneklemelerinde toplamda n=67 katılımcıyla çalışmıştır. Çalışma sonucunda tüm gruplarda MIP değerlerinde iyileşme görülürken diyafram stimülasyonu ve quadiceps stimülasyonu gruplarında kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Mekanik ventilasyon süresinin kontrol grubunda diğer gruplara göre daha kısa bulunduğu belirtilmiş, quadiceps stimülasyonu grubunda diğer gruplara göre daha kısa süre hastanede kalış süresi kaydedilmiştir. Yoğun bakım fonksiyonel skorlarının karşılaştırmasında, stimülasyon gruplarının kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar elde ettiği belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında veriler gruplar içerisinde katılımcıların nörolojik hasarı olan ve olmayan olarak ikiye ayrılmış



NMES etkileri nörolojik hasarı olmayan katılımcılarda daha belirgin olarak görüldüğü rapor edilmiştir. Çalışmamızın yönteminde NMES uygulaması bu çalışmadan referans alındı. Bu çalışmadan farklı olarak; kontrol grubu ya da farklı bir NMES uygulaması yerine İKE uygulaması ile karşılaştırma yapıldı ve sonuç ölçümlerinde respiratuar parametreler yereldi. Sonuçlarımızla karşılaştırdığımızda inspiratuar kas kuvveti artışı ilgili çalışma ile paralellik göstermektedir. NMES grubu katılımcılarımızda fiziksel fonksiyon seviyesinde istatistiksel anlamlı değişim görülmemesi bu çalışmayla çelişmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlarda NMES uygulamasının hastanın aktif katılımını gerektirmemesinin etkili olduğunu, bununla birlikte uygulanan rutin fizyoterapi programının da etkileriyle sonuçlarda iyileşme gözlenmesi de ortamala  $18,44 \pm 3,24$  gün süren yatışlarda fiziksel fonksiyon seviyesinde gerileme olmamasının da uygulamanın bir kazanımı olduğu düşünülebilir. TVi, TVe ve MV parametrelerindeki iyileşmeler NİF parametresindeki iyileşmelerle ilişkili olabileceği gibi NMES uygulamasının bir kas eğitimi uygulaması olarak düşünüldüğünde mekanik ventilasyon komplikasyonlarından olan respiratuar kas koordinasyon kaybının düzenlenmesinde etkili olmuş olabilir.

Çalışmamızdaki İKE ve NMES uygulamalarının karşılaştırması literatür incelendiğinde bilginiz dahilinde ilk çalışmadır. Sonuçlarımızda İKE uygulaması solunum kas kuvveti, fiziksel fonksiyon seviyesi, ekstübasyon süresi ve taburculuk süresi parametrelerinde daha etkili olduğu görüldü. Başarılı ekstübasyon sayısı İKE grubunda daha fazlayken istatistiksel anlamlı farklılık görülmedi.

Her iki uygulamada da solunum kas kuvveti değerlerinde tedavi öncesi ve ekstübasyon öncesi anlamlı iyileşmeler görüldü, İKE grubunda bu artış NMES grubundan istatistiksel anlamlı olarak daha fazlaydı, tedavi süresince katılımcıların uygulamaya daha aktif katılması İKE uygulamasında egzersiz şiddetinin düzenli olarak artırılmasının bu farklılığın nedeni olabilir. Ekstübasyon ve taburculuk sonuçlarının farkı karşılaştırıldığında İKE grubunda anlamlı artış varken NMES grubunda bir değişim görülmedi. Ekstübasyon ile taburculuk arasındaki bu dönem katılımcıların mekanik ventilatörden ayrıldığı; dolayısıyla daha az narkotik ajan kullanıldığı, katılımcının tüm süreçlere daha aktif katılabildiği bir dönemdir. Çalışmamızda İKE uygulamasında daha önce belirttiğimiz gibi progresif yüklenme prensibi uygulandı. Dolayısıyla ekstübasyon ve taburculuk arasında geçen, hastanın daha aktif olduğu dönemde İKE grubunun, bu progresif yüklenme sayesinde bu süreci daha verimli geçirmiş olabileceğini düşünmekteyiz. NMES grubunda bu dönemde artış olmaması, uygulamanın kas kontraksiyonu görülecek şekilde devam ettirilmesiyle yani direnç artışı gibi bir durumun olmamasıyla açıklanabilir. Bununla birlikte NMES uygulaması mekanik ventilasyonla

ilişkili olan solunum kas güçsüzlüğü gelişimini engellemiş olması ve ekstübasyon sonrasında da kas kuvvetinin korunmasını sağlamıştır.

Rutin fizyoterapi uygulamasına ek olarak İKE uygulamasının fiziksel fonksiyon seviyesi üzerinde olumlu etkileri olduğu buna karşı rutin fizyoterapiye ek olarak NMES uygulaması yapılan katılımcılarda istatistiksel anlamlı bir değişim görülmedi. İKE uygulamasında katılımcıların NMES uygulamasına göre daha aktif rol alması fiziksel fonksiyon seviyesindeki gelişimde etkili olabileceği gibi bulgularımızda belirttiğimiz; İKE grubunun entübe geçirdiği sürenin daha kısa olması, mekanik ventilatörden ayrılarak daha erken bağımsızlığın sağlanması, mobilizasyonunun hızlanması buna bağlı olarak fiziksel fonksiyon seviyesinin NMES uygulaması yapılan gruba göre daha iyi gelişim gösterdiğini düşünmekteyiz. Tüm bunlarla birlikte solunum kas kuvveti parametresi için de belirttiğimiz gibi yoğun bakım yatışlarıyla birlikte gelişen immobilizasyon komplikasyonlarından kardiyopulmoner endurans, fiziksel fonksiyon seviyesinde düşüş NMES grubumuzda görülmemiş olması çalışmamızın önemli sonuçlarından.

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz verilerle entübe kalınan sürenin İKE grubunda NMES grubundan daha kısa olduğu sonucuna ulaştık. Bu sonuçla ilgili İKE uygulamasının inspiratuar kas kuvveti üzerine daha etkili olmasının etkili olduğunu düşünüyoruz. Literatür incelendiğinde artmış solunum kas kuvveti ile ekstübasyon süresinin kısaltıldığını belirten çalışmalar ağırlıklı olmakla birlikte tersini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Cader vd (2012) 28 katılımcı ile tamamladıkları çalışmada entübe hastalarda rutin fizyoterapi ile rutin fizyoterapiye ek İKE uygulamasının etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada sonuçlarında tobin indeksi ve MİP parametrelerinde çalışma grubu lehine istatistiksel anlamlı farklılık saptandığını, uygulama grubunda daha kısa sürede ekstübasyon sağlandığını belirtirken ekstübasyon başarısında ise gruplar arasında farklılık olmadığını raporlamışlardır. Condessa vd (2013) yaptıkları çalışmada 92 katılımcı ile İKE uygulamasının mekanik ekstübasyon süresine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada rutin fizyoterapi ye ek olarak İKE uygulaması ile rutin fizyoterapi uygulamasının etkileri karşılaştırmıştır. Araştırmacılar çalışma grubunda MİP değerinde artış, kontrol grubunda ise azalma rapor etmiştir. Grupların entübe kaldıkları sürelerinin karşılaştırmasında ise istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Sonuçlarımızda gruplar arasında ekstübasyon başarısının istatistiksel olarak benzer olduğunu gördük. Elkins ve Dentice (2015) 6 çalışma 122 katılımcının sonuçlarının analizinde İKE uygulamasının daha kısa ekstübasyon süresi sağladığını, 5 çalışma 256 katılımcının sonuçlarının analizinde ekstübasyon süresinin İKE

uygulamasıyla azalabileceğini belirtmişlerdir. Cader vd (2012) çalışmalarında İKE uygulamasıyla MİP değerinde artış görülürken kontrol grubu ile çalışma grubu arasında ekstübasyon başarısında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmadığını belirtmişlerdir. Magalhães vd (2018) ekstübasyon başarısızlığı ve solunum kas fonksiyonlarının ilişkisi üzerine yayınladıkları derlemelerinde; azalmış inspiratuar kas kuvvetinin artan soluk frekansı ile ilişkili olduğunu dolayısıyla ekstübasyon başarısını üzerine olumsuz etkilerinin olacağı belirtmişlerdir. Literatürdeki sonuçları incelediklerinde ise solunum kas kuvvetindeki iyileşmenin ekstübasyon başarısıyla direkt ilgili olmadığını, solunum kas enduransının ekstübasyon başarısında daha önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma sonuçlarında İKE grubunda NMES grubundan daha kısa taburculuk süresi olduğu sonucuna ulaştık. İKE grubunun daha kısa süre entübe kalması dolayısıyla daha erken mobilize olması ve rutin fizyoterapi uygulamalarına daha aktif katılabilmesi böylece sonuçlarımızda belirttiğimiz üzere fiziksel fonksiyon seviyelerinde daha fazla iyileşme görülmesinin daha kısa sürede taburcu olmalarında etkili olduğunu düşünmekteyiz. Daha önce yapılan çalışmalarda da İKE ve NMES uygulamalarıyla daha kısa taburculuk sürelerinin sağlandığını rapor etmiştir bu çalışma entübe hastalarda iki uygulamayı karşılaştıran ilk çalışma olmakla birlikte sonuçlarımız literatürdeki sonuçlarla paralellik göstermektedir (Leite vd 2018, Elbouhy vd 2014, Taşkın 2020).

Mekanik ventilatöre bağlı hastalarda inspiratuar kas eğitimi ve diyaframa nöromusküler elektrik stimülasyonunun solunum kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyonel kapasite üzerine etkilerini karşılaştırdığımız çalışmamızın güçlü yönleri; yoğun bakımda inspiratuar kas eğitimi ve diyaframa NMES uygulamasının etkilerinin karşılaştırıldığı ilk çalışma olması, hasta takibinin ekstübasyona kadar değil yoğun bakımdan taburculuğa kadar sürdürülmesi, inspiratuar kas kuvveti ile birlikte respiratuar parametreler ve fiziksel fonksiyon seviyesi de değerlendirilmesi ve randomize çalışma olmasıdır. Çalışmamızın zayıf yönleri; çalışmada paralel grupların yanı sıra sadece rutin fizyoterapi uygulaması yada hiçbir uygulama yapılmayan kontrol grubunun olmaması, dahil edilme kriterleri daraltılmaya çalışılmasına rağmen tanı grubunun çeşitli olması, ekspiratuar solunum kas kuvveti ölçümü yapılmamasıdır.

Çalışmamızın sonucunda mekanik ventilatöre bağlı hastalarda rutin yoğun bakım fizyoterapisine ek olarak inspiratuar kas eğitimi ile diyaframa nöromusküler elektrik stimülasyonu etkileri karşılaştırıldığında;

- İspiratuar kas eğitimi uygulaması solunum kas kuvveti üzerine daha etkili olduğu

- İspiratuar kas eğitimi uygulamasının fiziksel fonksiyon seviyesi üzerine daha etkili olduğu
- Mekanik ventilatör parametreleri üzerinde her iki uygulamanın benzer şekilde etkili olduğu
- İspiratuar kas eğitimi uygulamasının ekstübasyon ve taburculuk sürelerini diyaframa NMES uygulamasına göre daha kısa olmasını sağladığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Buna göre “H<sub>1</sub>: Mekanik ventilatöre bağlı hastalarda inspiratuar kas eğitimi; solunum kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fonksiyonel seviye üzerine diyaframa NMES uygulamasından daha etkilidir” hipotezimiz, mekanik ventilatör parametreleri dışında doğrulanmıştır.

## 6.SONUÇ

Yoğun bakımda mekanik ventilatöre bağı hastalarda solunum kas kuvveti, respiratuar parametreler ve fiziksel fonksiyon seviyelerinde azalmalar olduğı yapılan çalışmalarca gösterilmiştir. İspiratuar kas eğitiminin çeşitli parametreler üzerine etkilerinin incelendiğı çalışmalar mevcuttur. Diyafram kası üzerine uygulanan nöromusküler elektrik stimülasyonunun ise etkilerinin incelendiğı çalışma sayısı yetersizdir.

Çalışmamız bu iki uygulamanın solunum kas kuvveti, mekanik ventilatör parametreleri ve fiziksel fonksiyon seviyesi üzerine etkilerini inceleyen ilk çalışmadır. Sonuçlarımızda inspiratuar kas eğitimi uygulamasının solunum kas kuvveti, fiziksel fonksiyon seviyesi NMES uygulamasına göre daha etkili olduğı ve mekanik ventilatör parametreleri üzerine benzer etkiler gösterdikleri bulundu. İkincil sonuçlarımızda ise inspiratuar kas eğitimi ile NMES uygulamasına göre daha kısa taburculuk ve ekstübasyon sürelerinin sağlandığı saptandı.

Sonuçlarımız, mekanik ventilatöre bağı uygun hastalarda İKE uygulamasının yoğun bakımda rehabilitasyonda etkin olarak kullanılabileceğı göstermektedir. Bununla birlikte İKE uygulamasında hastanın tedaviye aktif katılım göstermesi gerektiğı için kooperasyon eksikliği olan hastalar için NMES uygulamasının da yararlı sonuçları olabileceğini, bu nedenle bu tedavi yönteminin de rehabilitasyon programında yer alabileceğini düşünmekteyiz.

## 7. KAYNAKLAR

Abdelrazik Othman A, Salah Abdelazim M. Ventilator-associated pneumonia in adult intensive care unit prevalence and complications. *Egypt J Crit Care Med* 2017; 5 (2): 61-63. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejccm.2017.06.001>

Akar O, Günay E, Sarinc Ulasli S, Ulasli AM, Kacar E, Sarıaydın M. Efficacy of neuromuscular electrical stimulation in patients with COPD followed in intensive care unit. *Clin Respir J* 2017; 11 (6): 743-750. doi:<https://doi.org/10.1111/crj.12411>

Ansari B, Parotto M. Mechanical ventilation guidelines in lung lobectomy surgery and the quest to improve outcomes. *J Thorac Dis* 2018; 10 (12): 6396-6398. doi:[10.21037/jtd.2018.11.52](https://doi.org/10.21037/jtd.2018.11.52)

American College of Critical Care Medicine, Guidelines for intensive care unit admission, discharge, and triage. Society of Critical Care Medicine. *Crit Care Med* 1999; 27 (3): 633-638.

Arumugam M, Thangaraj M, Chandrasekaran B, Ramanathan P, Priyadharshini PK, Govindharaj P. A Practical Physiotherapy Approach in Intensive Care Unit. *Int J Heal Sci Res* 2019; 9: 311. [www.ijhsr.org](http://www.ijhsr.org).

Bacakoğlu F. Temel İnvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulama Yöntemleri. *Yoğun Bakım Derg* 2002; 2 (4): 215-224.

Barreiro E. Models of disuse muscle atrophy: therapeutic implications in critically ill patients. *Ann Transl Med* 2018; 6 (2): 29. doi:[10.21037/atm.2017.12.12](https://doi.org/10.21037/atm.2017.12.12)

Bissett BM, Wang J, Neeman T, Leditschke IA, Boots R, Paratz J. Which ICU patients benefit most from inspiratory muscle training? Retrospective analysis of a randomized trial. *Physiother Theory Pract* 2019; 36 (12): 1316-1321. doi:[10.1080/09593985.2019.1571144](https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1571144)

Bissett B, Leditschke IA, Green M, Marzano V, Collins S, Van Haren F. Inspiratory muscle training for intensive care patients: A multidisciplinary practical guide for clinicians. *Aust Crit Care* 2019; 32 (3): 249-255. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aucc.2018.06.001>

Cader SA, de Souza Vale RG, Castro JC, Bacelar SC, Biehl C, Gomes MCV, Cabrera WE, Dantas EHM. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure

and may assist weaning in older intubated patients: A randomised trial. *J Physiother* 2010; 56 (3): 171-177. doi:10.1016/S1836-9553(10)70022-9

Cader SA, Vale RG de S, Zamora VE, Costa CH, Dantas EHM. Extubation process in bed-ridden elderly intensive care patients receiving inspiratory muscle training: A randomized clinical trial. *Clin Interv Aging* 2012; 7: 437-443. doi:10.2147/CIA.S36937

Caruso P, Denari SDC, Ruiz SAL, Bernal KG, Manfrin GM, Friedrich C, Deheinzelin D. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clinics* 2005; 60 (6): 479-484. doi:10.1590/S1807-59322005000600009

Chang AT, Boots RJ, Hodges PW, Thomas PJ, Paratz JD. Standing with the assistance of a tilt table improves minute ventilation in chronic critically ill patients. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85 (12): 1972-1976.

Chatburn RL, El-Khatib M, Mireles-Cabodevila E. A taxonomy for mechanical ventilation: 10 fundamental maxims. *Respir Care* 2014; 59 (11): 1747-1763. doi:10.4187/respcare.03057

Ciesla ND. Chest physical therapy for patients in the intensive care unit. *Phys Ther* 1996; 76 (6): 609-625. doi:10.1093/ptj/76.6.609

Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: A randomised trial. *J Physiother* 2013; 59 (2): 101-107. doi:10.1016/S1836-9553(13)70162-0

Corrado A, Gorini M. Negative-pressure ventilation: Is there still a role? *Eur Respir J* 2002; 20 (1): 187-197. doi:10.1183/09031936.02.00302602

da Silva Guimarães B, de Souza LC, Cordeiro HF, Regis TL, Leite CA, Puga FP, Alvim SH, Lugon JH. Inspiratory Muscle Training With an Electronic Resistive Loading Device Improves Prolonged Weaning Outcomes in a Randomized Controlled Trial\*. *Crit Care Med* 2021; 49(4).

Daniel Martin A, Smith BK, Gabrielli A. Mechanical ventilation, diaphragm weakness and weaning: A rehabilitation perspective. *Respir Physiol Neurobiol* 2013; 189 (2): 377-383. doi:https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.05.012

Denehy L. The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J* 1999; 14 (4): 958-965. doi:10.1034/j.1399-3003.1999.14d38.x

Denehy L, Berney S. Physiotherapy in the intensive care unit. *Phys Ther Rev* 2006; 11 (1): 49-56. doi:10.1179/108331906X98921

Denehy L, de Morton NA, Skinner EH, Edbrooke L, Haines K, Warrillow S, Berney S. A physical function test for use in the intensive care unit: Validity, responsiveness, and predictive utility of the physical function ICU test (scored). *Phys Ther* 2013; 93 (12): 1644-1645. doi:10.2522/ptj.20120310

Dirks ML, Wall BT, Van Loon LJC. Interventional strategies to combat muscle disuse atrophy in humans: Focus on neuromuscular electrical stimulation and dietary protein. *J Appl Physiol* 2018; 125 (3): 850-861. doi:10.1152/jappphysiol.00985.2016

Dittmer DK, Teasell R. Complications of immobilization and bed rest. Part 1: Musculoskeletal and cardiovascular complications. *Can Fam Physician* 1993; 39: 1428-1437.

dos Santos FV, Cipriano Jr G, Vieira L, Güntzel Chiappa AM, Cipriano GFB, Vieira P. Neuromuscular electrical stimulation combined with exercise decreases duration of mechanical ventilation in ICU patients: A randomized controlled trial. **Physiother Theory Pract** 2020; 36 (5): 580-588. doi:10.1080/09593985.2018.1490363

Elbouhy MS, AbdelHalim HA, Hashem AMA. Effect of respiratory muscles training in weaning of mechanically ventilated COPD patients. **Egypt J Chest Dis Tuberc** 2014; 63 (3): 679-687. doi:10.1016/j.ejcdt.2014.03.008

Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: A systematic review. **J Physiother** 2015; 61 (3): 125-134. doi:10.1016/j.jphys.2015.05.016

Erdoğan M. Tanim, epidemiyoloji ve temel patofizyolojik mekanizmalar. **Turk Toraks Derg** 2013; 14 (SUPPL. 3): 1-5. doi:10.5152/ttd.2013.100

Garnero AJ, Abbona H, Gordo-Vidal F, Hermosa-Gelbard C. Pressure versus volume controlled modes in invasive mechanical ventilation. **Med Intensiva** 2013; 37 (4): 292-298. doi:10.1016/j.medine.2012.10.015

George KL, Quatrara B. Interprofessional Simulations Promote Knowledge Retention and Enhance Perceptions of Teamwork Skills in a Surgical-Trauma-Burn Intensive Care Unit Setting. **Dimens Crit Care Nurs** 2018; 37 (3).

Gattinoni L, Marini JJ, Collino F, Maiolo G, Rapetti F, Tonetti T, Vasques F, Quintel M. The future of mechanical ventilation: lessons from the present and the past. **Crit Care** 2017; 21 (1): 183. doi:10.1186/s13054-017-1750-x

Gosselink R, Langer D. Recovery from ICU-acquired weakness; Do not forget the respiratory muscles! **Thorax** 2016; 71 (9): 779-780. doi:10.1136/thoraxjnl-2016-208835

Hashim AM, Joseph LH, Embong J, Kasim Z, Mohan V. Tilt table practice improved ventilation in a patient with prolonged artificial ventilation support in intensive care unit. **Iran J Med Sci** 2012; 37 (1): 54.

Hearn E, Gosselink R, Freene N, Boden I, Green M, Bissett B. Inspiratory muscle training in intensive care unit patients: An international cross-sectional survey of physiotherapist practice. **Aust Crit Care** 2021. doi:https://doi.org/10.1016/j.aucc.2021.08.002

Hodgson CL, Stiller K, Needham DM, Tipping CJ, Harrold M, Baldwin CM, Bradley S, Berney S. Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults. **Crit Care** 2014; 18 (6): 1-9. doi:10.1186/s13054-014-0658-y

Hoffman M, Van Hollebeke M, Clerckx B, Muller J, Louvaris Z, Gosselink R, Hermans G, Langer D. Can inspiratory muscle training improve weaning outcomes in difficult to wean patients? A protocol for a randomised controlled trial (IMweanT study). **BMJ Open** 2018; 8 (6). doi:10.1136/bmjopen-2017-021091

Kallet RH. Patient-ventilator interaction during acute lung injury, and the role of spontaneous breathing: Part 1: Respiratory muscle function during critical illness. **Respir Care** 2011; 56 (2): 181-189. doi:10.4187/respcare.00964

Keith RL, Pierson DJ. COMPLICATIONS OF MECHANICAL VENTILATION: A Bedside Approach. **Clin Chest Med** 1996; 17 (3): 439-451. doi: 10.1016/S0272-5231(05)70326-9



- Koukourikos K, Tsaloglidou A, Kourkouta L. Muscle atrophy in intensive care unit patients. *Acta Inform Med* 2014; 22 (6): 406-410. doi:10.5455/aim.2014.22.406-410
- Kumar R. Manual Chest Physiotherapy in Ventilated Patients. *Man ICU Proced* 2015:218.
- Kuyruklyildiz U, Binici O, Kupeli İ, Erturk N, Gülhan B, Akyol F, Ozcicek A, Onk D, Karabakan G. What Is the Best Pulmonary Physiotherapy Method in ICU? *Can Respir J* 2016; 47 (5): 24-26. doi:10.1155/2016/4752467
- Leite MA, Osaku EF, Albert J, et al. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Quadriceps and Diaphragm in Critically Ill Patients: A Pilot Study. *Crit Care Res Pract* 2018 doi:10.1155/2018/4298583
- Major ME, Ramaekers SPJ, Engelbert RHH, Van Der Schaaf M. Preparing undergraduate students for clinical work in a complex environment: Evaluation of an e-learning module on physiotherapy in the intensive care unit. *BMC Med Educ* 2020; 20 (1): 1-10. doi:10.1186/s12909-020-02035-2
- Matsuzawa R, Hoshi K, Yoneki K, Harada M, Watanabe T, Shimoda T, Yamamoto S. Exercise Training in Elderly People Undergoing Hemodialysis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Kidney Int Reports* 2017; 2 (6): 1096-1110. doi:https://doi.org/10.1016/j.ekir.2017.06.008
- Moodie L, Reeve J, Elkins M. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *J Physiother* 2011; 57 (4): 213-221. doi:https://doi.org/10.1016/S1836-9553(11)70051-0
- Murray MP, Pentland JL, Hill AT. A randomised crossover trial of chest physiotherapy in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Eur Respir J* 2009; 34 (5): 1086-1092.
- Nelson HP. POSTURAL DRAINAGE OF THE LUNGS. *Br Med J* 1934; 2 (3840): 251-255. doi:10.1136/bmj.2.3840.251
- Nydahl P, Sricharoenchai T, Chandra S. Safety of patient mobilization and rehabilitation in the intensive care unit: Systematic review with meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc* 2017; 14 (5): 766-777. doi:10.1513/AnnalsATS.201611-843SR
- Parry SM, Denehy L, Beach LJ, Berney S, Williamson HC, Granger CL. Functional outcomes in ICU – what should we be using? – an observational study. *Crit Care* 2015; 19 (1): 127. doi:10.1186/s13054-015-0829-5
- Partridge C, Pryor J, Webber B. Characteristics of the forced expiration technique. *Physiotherapy* 1989; 75 (3): 193-194.
- Peña-López Y, Ramirez-Estrada S, Eshwara VK, Rello J. Limiting ventilator-associated complications in ICU intubated subjects: strategies to prevent ventilator-associated events and improve outcomes. *Expert Rev Respir Med* 2018; 12 (12): 1037-1050. doi:10.1080/17476348.2018.1549492
- Pierson DJ. Complications associated with mechanical ventilation. *Crit Care Clin* 1990; 6 (3): 711-724. doi:10.1016/s0749-0704(18)30362-2
- Polat MG. Yoğun Bakımda Fizyoterapi Uygulamaları. *Yoğun Bakım Derg* 2007; 7 (3): 357-361.
- Pryor JA, Prasad SA. Physiotherapy techniques. *Physiother Respir Card Probl Adults Paediatr* 4th ed Churchill Livingstone/*Elsevier*, Edinburgh. 2008: 134-217.

Roach KE, Van Dillen LR. Development of an Acute Care Index of Functional status for patients with neurologic impairment. *Phys Ther* 1988; 68 (7): 1102-1108. doi:10.1093/ptj/68.7.1102

Santos LJ, Aguiar Lemos F, Bianchi T, Sachetti A, Acqua AMD, Silva Naue D, Dias AS, Vieira SRS. Early rehabilitation using a passive cycle ergometer on muscle morphology in mechanically ventilated critically ill patients in the Intensive Care Unit (MoVe-ICU study): Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2015; 16 (1): 4-9. doi:10.1186/s13063-015-0914-8

Sapienza CM. Respiratory muscle strength training applications. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2008; 16 (3).

Sadprasid B, Eddy E, Tabor A, Scheme E, Bateman S. Percussion Hero: A Chest Physical Therapy Game for People with Cystic Fibrosis and their Caregivers. 2021: 361-367. doi:10.1145/3450337.3483508

Schepens T, Dres M, Heunks L, Goligher EC. Diaphragm-protective mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2019; 25 (1).

Singer BD, Corbridge TC. Pressure modes of invasive mechanical ventilation. *South Med J* 2011; 104 (10): 701-709. doi:10.1097/SMJ.0b013e31822da7fa

Skinner EH, Berney S, Warrillow S, Denehy L. Development of a physical function outcome measure (PFIT) and a pilot exercise training protocol for use in intensive care. *Crit Care Resusc* 2009; 11 (2): 110-115.

Stiller K, Phillips AC, Lambert P. The safety of mobilisation and its effect on haemodynamic and respiratory status of intensive care patients. *Physiother Theory Pract* 2004; 20 (3): 175-185. doi:10.1080/09593980490487474

Taşkın H. Mekanik Ventilatöre Bağlı Yoğun Bakım Hastalarında İnspiratuvar Kas Eğitiminin Solunum Kas Gücü Ve Diyafram Kalınlığı Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi *Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 2020, s. 80.

Tipping CJ, Harrold M, Holland A, Romero L, Nisbet T, Hodgson CL. The effects of active mobilisation and rehabilitation in ICU on mortality and function: a systematic review. *Intensive Care Med* 2017; 43 (2): 171-183. doi:10.1007/s00134-016-4612-0

Tobin MJ. Mechanical Ventilation. *N Engl J Med* 1994; 330 (15): 1056-1061. doi:10.1056/NEJM199404143301507

Vanhorebeek I, Latronico N, Van den Berghe G. ICU-acquired weakness. *Intensive Care Med* 2020; 46 (4): 637-653. doi:10.1007/s00134-020-05944-4

Vorona S, Sabatini U, Al-Maqbali S, Bertoni M, Dres M, Bissett B, et al. Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults a systematic review and meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc* 2018; 15 (6): 735-744. doi:10.1513/AnnalsATS.201712-961OC

Wageck B, Nunes GS, Silva FL, Damasceno MCP, de Noronha M. Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: Systematic review. *Med Intensiva* 2014; 38 (7): 444-454. doi:https://doi.org/10.1016/j.medin.2013.12.003

Warnock L, Gates A. Chest physiotherapy compared to no chest physiotherapy for cystic fibrosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; (12). doi:10.1002/14651858.CD001401.pub3

Wollersheim T, Grunow JJ, Carbon NM, Haas K, Malleike J, Ramme SF, Schneider J. Muscle wasting and function after muscle activation and early protocol-based physiotherapy: an explorative trial. **J Cachexia Sarcopenia Muscle** 2019; 10 (4): 734-747. doi:<https://doi.org/10.1002/jcsm.12428>

Yılmaz Ak H, Yıldız M. Practical Approach to Mechanical Ventilation. **Kosuyolu Hear J** 2018; 21 (1): 65-69. doi:10.5578/khj.53920

Yu J. Pulmonary rapidly adapting receptors and airway constriction. In: Advances in Modeling and Control of Ventilation. **Springer** 1998: 159-166.

Yurdalan SU. Yoğun bakım ünitelerinde güncel fizyoterapi yaklaşımları. **Clin Exp Heal Sci** 2011; 1 (3): 196-201-201.

## RESEARCH REPORT



## Postoperative respiratory muscle training in addition to chest physiotherapy after pulmonary resection: A randomized controlled study

Harun Taşkın PT, MSc<sup>c</sup>, Orçin Telli Atalay PT, PhD<sup>a</sup>, Gökhan Yuncu MD<sup>b</sup>, Betül Taşpınar PT, PhD<sup>c</sup>, Ali Yalman PT<sup>a</sup>, and Hande Şenol MSc<sup>d</sup>

<sup>a</sup>School of Physical Therapy and Rehabilitation, Pamukkale University, Denizli, Turkey; <sup>b</sup>Department of Chest Surgery, Kent Hospital, Izmir, Turkey; <sup>c</sup>Department of Physical Therapy and Rehabilitation, Dumlupınar University, School of Health Sciences, Kütahya, Turkey; <sup>d</sup>Faculty of Medicine, Department of Biostatistics, Pamukkale University, Denizli, Turkey

### ABSTRACT

**Purpose:** The effects of preoperative respiratory muscle training (RMT) on postoperative complications in patients with pulmonary resection have recently attracted the attention of researchers. More studies are obviously needed to clarify the effects of RMT after pulmonary resection. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of intense RMT in addition to chest physiotherapy after pulmonary resection in terms of respiratory muscle strength, exercise capacity, and length of hospital stay rather than postoperative complications. **Methods:** Forty subjects undergoing pulmonary resection were included in the study. Subjects were divided into two groups using a simple randomization method. The subjects in the study group (SG;  $n = 20$ ) received RMT in addition to regular chest physiotherapy in the postoperative period. The subjects in the control group (CG;  $n = 20$ ) received only regular chest physiotherapy. Respiratory muscle strength (maximal inspiratory and expiratory pressure [ $PI_{max}$  and  $PE_{max}$ ]) was measured pre-postoperatively and before discharge, and exercise capacity, which was measured by the 6-min walk test (6MWT), was assessed preoperatively and before discharge. The length of hospital stay was also recorded. **Results:** There were no differences between groups in terms of demographic and surgical characteristics. The nonsignificant change of  $PI_{max}$  from the preoperative to the discharge value was  $65.1 \pm 15.5$  to  $68.2 \pm 19.2$  cmH<sub>2</sub>O in SG and  $59.2 \pm 13.7$  to  $44.3 \pm 14.8$  cmH<sub>2</sub>O in CG ( $p > 0.05$ ,  $p > 0.05$ , respectively). The change of  $PE_{max}$  from the preoperative to the discharge value was  $80.4 \pm 24.9$  to  $81.5 \pm 24.9$  cmH<sub>2</sub>O in SG (nonsignificant) and  $85.4 \pm 38.2$  to  $61.3 \pm 25.4$  cmH<sub>2</sub>O in CG ( $p > 0.05$ ,  $p = 0.002$ , respectively). There was a significant difference between SG and CG in terms of RMT effect ( $PI_{max}$ :  $11.05$  [21.84; 0.25] cmH<sub>2</sub>O  $p = 0.045$ ;  $PE_{max}$ :  $25.23$  [42.83; 7.62] cmH<sub>2</sub>O  $p = 0.006$ ). A significant difference was found in the 6MWT when the mean differences were compared between the groups ( $85.72$  [166.15; 5.28] m  $p = 0.037$ ). The length of hospital stay was significantly shorter in the SG (number of days for SG  $9.1 \pm 3$  and for CG  $12.9 \pm 4.2$  [ $p = 0.002$ ]). **Conclusion:** The addition of RMT to chest physiotherapy after pulmonary resection can have positive effects on respiratory muscle strength, exercise capacity, and length of hospital stay.

### ARTICLE HISTORY

Received 6 September 2016  
Revised 30 April 2018  
Accepted 4 May 2018

### KEYWORDS

Pulmonary resection;  
respiratory muscle training;  
chest physiotherapy

### Introduction

Physiotherapy interventions are important for patients undergoing thoracic surgery. Physiotherapy methods, including bronchial drainage techniques, coughing, huffing, active cycle of respiratory techniques, respiratory exercises, incentive spirometer, positioning, early mobilization, and respiratory muscle training (RMT), are utilized in order to aid in the removal of secretions from the lungs following thoracic surgery and decrease the respiratory work load (Hajime et al, 2006; Nomori et al, 1994; Siafakas, Mitrouska, Bouros, and Georgopoulos, 1999).

Respiratory muscle strength (maximal inspiratory pressure [ $PI_{max}$ ] and maximal expiratory pressure

[ $PE_{max}$ ]) decreases following thoracic surgery, due to pain and ineffective coughing (Weissman, 1999). The respiratory muscles may be affected by different mechanisms following surgery. The surgical incision in the chest wall may affect the contraction of the respiratory muscles, and this directly impairs their function. Thoracic surgery injures the respiratory muscles of the chest wall and reduces the total chest compliance. The impairment of inspiratory and expiratory muscle strength after thoracic surgery may complicate the expectoration of sputum, especially in the postoperative period (Nomori et al, 1996). Also, pharmacological agents such as sedatives interfere with respiratory muscle function (Martinez et al,

**CONTACT** Orçin Telli Atalay, PT, PhD  [orcin\\_t@hotmail.com](mailto:orcin_t@hotmail.com)  School of Physical Therapy and Rehabilitation, Pamukkale University, Denizli 20070, Turkey.

Color versions of one or more of the figures in the article can be found online at [www.tandfonline.com/iptp](http://www.tandfonline.com/iptp).

© 2018 Taylor & Francis

1996; Neely, Robinson, and McMullan, 1970; Nimmo and Drummond, 1996).

There are many studies about inspiratory muscle training (IMT), used in a variety of conditions, such as neuromuscular diseases, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), kyphoscoliosis, quadriplegia, cystic fibrosis, and neurological diseases, in both healthy subjects and the subjects undergoing surgery (Brocki et al, 2016; Dronkers et al, 2008; Enright and Unnithan, 2011; Houston, Mills, and Solis-Moya, 2013; Lotters, Van Tol, Kwakkel, and Gosselink, 2002; Martin-Valero, Zamora-Pascual, and Armenta-Peinado, 2014; Savci et al, 2011; Sutbeyaz, Koseoglu, Inan, and Coskun, 2010; Van Houtte, Vanlandewijck, and Gosselink, 2006). Most of the studies about IMT in subjects undergoing surgery focused on preoperative training, and there are only a couple of studies about IMT after thoracic surgery (Brocki et al, 2016; Weiner et al, 1997).

The pulmonary functional reserve and exercise capacity of the patient decrease as a result of resection of the lung parenchyma after thoracotomy. Depending on the amount of lung tissue resected, a decrease in breathing capacity, in diffusion capacity, or maximal cardiac output occurs which limits maximum oxygen consumption (Degraff et al, 1965; Win et al, 2007). The maximal reduction in exercise capacity occurs immediately after surgery, as reported in a previous study (Nagamatsu et al, 2011). Another reason for the reduction in exercise capacity and functional reserve can be explained as pain and chest wall limitation due to surgical injury, besides lung parenchyma loss (Win et al, 2007). Despite the introduction of techniques that cause less injury to the chest wall, such as video-assisted thoracoscopic surgery, patients after lung resection experience a significant decrease in exercise tolerance (Sebio et al, 2014). It was found that selective RMT improved right ventricular function. Increased respiratory muscle strength resulted in enhanced right ventricular filling and ejection fraction which have been suggested to be strongly related to maximal exercise capacity (Mancini et al, 1995; Polak, Holman, Wynne, and Colucci, 1983). Some of the previous studies reported that expiratory muscle training (EMT) could improve expiratory muscle strength and this is associated with the sensation of respiratory effort during exercise leading to an increase in exercise performance (Suzuki, Sato, and Okubo, 1995; Weiner et al, 2003).

Although the number of studies focusing on the effects of RMT on pulmonary complications in the postoperative period has increased recently, more studies are obviously needed to clarify the effects of RMT after thoracic surgery (Barbalho-Moulim et al, 2011; Barros et al, 2010; Brocki et al, 2016; Casali et al, 2011; Dronkers et al, 2008; Hulzebos

et al, 2006; Kulkarni et al, 2010; Neto, Martinez, Reis, and Carvalho, 2017; Nomori et al, 1994; Weiner et al, 1997). Thus, the aim of this study was to evaluate the effectiveness of respiratory (inspiratory-expiratory) muscle training, performed in addition to chest physiotherapy after pulmonary resection. We hypothesized that postoperative RMT, in addition to chest physiotherapy, would result in improved respiratory muscle strength and exercise capacity, as well as shorten the length of hospital stays, compared with a CG not receiving RMT.

## Methods

### Subjects

Forty consecutive subjects who had undergone pulmonary resection in the Thoracic Surgery Department of Pamukkale University and who were referred to the Cardiopulmonary Rehabilitation Unit in the School of Physical Therapy and Rehabilitation for physiotherapy between May 2014 and March 2015 were included in this study. The Pamukkale University Non-Interventional Ethics Committee approved the study protocol (60116787/020/27542). All of the subjects gave informed consent. The study design was a 1:1 parallel-group, randomized controlled study. The subjects were randomly divided into two groups using a simple randomization method (the sealed envelope method). The sealed envelopes that determined which group the subjects were assigned to were randomly selected by the subjects. The assessment and treatment procedures were performed by two different physiotherapists. The assessor physiotherapist was blind to group allocation. The randomization was done after postoperative assessments, before treatment. The subjects in the study group (SG) were given RMT in addition to chest physiotherapy, whereas the subjects in the control group (CG) received only chest physiotherapy by the treating physiotherapist.

Subjects who were 18–65 years of age, who had stable symptoms without any other disease affecting respiratory function (e.g., scoliosis and ankylosing spondylitis) with good cooperation, and who were able to walk independently were included in the study. Those with contraindications to pulmonary physiotherapy (i.e., unstable cardiovascular disease, serious pulmonary hypertension, uncorrectable serious hypoxemia, exercise desaturation, rib fractures, subcutaneous emphysema, advanced level of osteoporosis, thrombocytopenia, orthopedic or neurological disorders that could prevent independent walking, effort dyspnea, and effort vertigo) and those who were required to undergo a reoperation with a history of thoracic surgery and subjects with poor cooperation were excluded.



### Outcome measurements

The primary outcome of the study was to determine the changes in respiratory muscle strength and exercise capacity after RMT. Respiratory muscle strength was assessed by measuring the maximal inspiratory pressure ( $PI_{max}$ ) and maximal expiratory pressure ( $PE_{max}$ ) using a portable spirometry with an additional flanged mouthpiece pressure measuring device (Pony Fx, COSMED, Rome, Italy). The subjects were encouraged to use their maximum strength and coordination in the  $PI_{max}$  and  $PE_{max}$  measurements. The maneuvers were performed at least three times and the average of the three best measurements was recorded. In order to avoid the short-term fatigue of the respiratory muscles, a rest break of 1 min was given between the measurements. The  $PI_{max}$  measurement was performed using the residual volume, whereas the  $PE_{max}$  was performed using the total lung capacity (American Thoracic Society/European Respiratory Society, 2002). The  $PI_{max}$  and  $PE_{max}$  values were given as the standard  $cmH_2O$  (Black and Hyatt, 1969).

Exercise capacity was measured using the 6-min walk test (6MWT). The test was performed preoperatively and before discharge, in a 30-m corridor in accordance with the testing guidelines (American Thoracic Society, 2002). Prior to the test, perceived fatigue and pain (visual analog scale [VAS]), resting heart rate, resting peripheral oxygen saturation, and resting blood pressure were measured.

The VAS was used prior to the measurement of respiratory muscle strength, with the aim of assessing the general pain and fatigue for performing the  $PI_{max}$  and  $PE_{max}$  tests. The level of fatigue was also measured before and after the 6MWT. The subjects were assessed preoperatively, postoperatively, and on the day of discharge. The length of the hospital stay was also recorded.

### Intervention procedures

Following surgery, the patients who had been discharged from the intensive care unit were included in a postoperative treatment program. The discharge of the subject was planned by the surgeon, who did not have any knowledge about the group allocation of the subjects. The study subjects were given general information about chest physiotherapy, early mobilization, and RMT (to only SG), and breath control and diaphragmatic breathing were also taught to the subjects preoperatively by the treating physiotherapist. Postoperatively, in addition to chest physiotherapy including diaphragmatic breathing, costal expansion exercises, postural drainage, effective coughing, and early mobilization, RMT was given to the SG by

the same physiotherapist until the time of discharge and all the sessions were supervised. IMT was given using the "Threshold Inspiratory Muscle Trainer" (Respironics New Jersey Inc., Philips, Eindhoven, Netherlands), and EMT was given using the "Threshold Positive Expiratory Pressure Device" (Respironics New Jersey Inc.).

IMT started at an intensity of 15% of the  $PI_{max}$  as determined in the preoperative assessment and incrementally increased by 2  $cmH_2O$  daily, according to the patients' tolerance, with a target training load of 45% of the preoperative assessment  $PI_{max}$ . EMT was applied at a beginning intensity of 15% of the preoperative assessment  $PE_{max}$  and incrementally increased by 2  $cmH_2O$  daily, according to the patients' tolerance. The target training load for EMT was 25% of the preoperative assessment  $PE_{max}$ . For the IMT, the subjects were asked to perform a strong inspiration in a comfortable seated position, at the adjusted pressure, followed by a normal expiration. Similarly, for the EMT, the subjects were asked to perform strong expirations after a normal inspiration. A total of six sessions were performed in a day, with each session consisting of three sets of 10 breaths with a 2-min rest between each set for both IMT and EMT (Weiner et al, 1998). Chest physiotherapy and early mobilization were given to the subjects in the CG once a day by the treating physiotherapist postoperatively until discharge. The subjects were also recommended to use incentive spirometer without supervision.

### Surgical procedure

After surgery, patients received water sealed drainage with chest tubes. Except in subjects with pneumonectomy, two drainage tubes apical and basal were inserted. Single-chest tube drainage was performed in subjects with pneumonectomy. The apical drain was removed when the bubbling completely ceased. The basal drain was removed when the amount of incoming fluid was less than 150–200 mL/day. A dose of 2.5 mg bupivacaine plus 7.5  $\mu g$  fentanyl was administered at 5 mL/h for 2–3 days by continuous thoracic epidural infusion for pain.

### Statistical analysis

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, IBM, Armonk, NY, USA), version 21.0, software was used for analysis. For sample size calculation, we used  $PI_{max}$  discharge results from the reference study. They found large effect size ( $d = 1.08$ ) for independent group  $PI_{max}$  discharge results. We used this effect size for sample size calculation; with power of 90% and a significance level of 0.05, at least 16 subjects in each group were needed (Barros et al, 2010). An additional four subjects were added to each group in

case of dropouts. Continuous variables are given as means  $\pm$  SDs and categorical variables as numbers (percentages). Analyses were conducted as per-protocol analysis. For comparisons of the independent groups, independent-samples *t*-test was used, when parametric test assumptions were met, and the Mann–Whitney U test was used for nonparametric data. For comparisons of the dependent groups, repeated measures analysis of variance and the Friedman test were used. Intergroup comparisons of categorical variables were done using chi-square testing.

**Results**

A flowchart of the study is shown in Figure 1. Forty-five subjects were assessed preoperatively. Subjects who were

eligible for the study were informed by the surgeon. Two of the subjects rejected postoperative physiotherapy, and respiratory infection was seen in three of the subjects before the surgery. Thus, five subjects dropped out after preoperative assessment, for a total of 40 subjects (age range 35–65 years, who had undergone pulmonary resection). The characteristics of the participating subjects are shown in Table 1. There were no significant differences between the two groups at baseline ( $p > 0.05$ ).

More than half of the subjects in both groups had lateral thoracotomy. All subjects stayed in the intensive care unit for 1 day postoperatively, except for one subject who stayed for 2 days. The surgical characteristics of the subjects, which were found to be similar in the two groups, are shown in Table 2 ( $p > 0.05$ ).

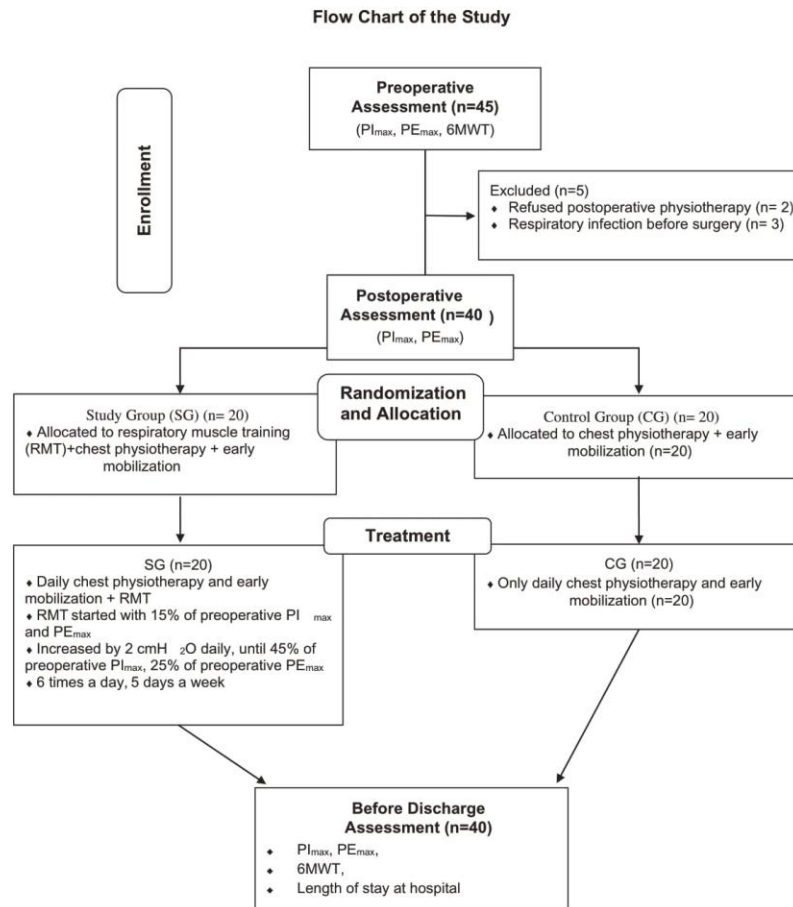


Figure 1. Flowchart of the study.

**Table 1.** Characteristics of subjects in the study and control groups.

Variables	SG (n = 20)	CG (n = 20)	p
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Age (years)	53.3 ± 10.4	57.1 ± 8.7	0.127*
Height (cm)	168.6 ± 8.6	165.2 ± 8.4	0.213**
Weight (kg)	75.1 ± 11.2	77.8 ± 15.9	0.531**
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.5 ± 4	28.4 ± 6.1	0.249**
Smoking (pack*years)	37.1 ± 26.5	50.7 ± 29.6	0.195**
<b>Smoking</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	
Yes	2(10)	1(5)	0.314***
No	3(15)	7(35)	
Ex-smoker	15(75)	12(60)	
<b>Gender</b>			
Male	15(75)	13(65)	0.490***
Female	5(25)	7(35)	
<b>ASA</b>			
1	5(25)	3(15)	0.673***
2	14(70)	16(80)	
3	1(5)	1(5)	
<b>DLCO % Predicted</b>	<b>Mean ± SD</b>	<b>Mean ± SD</b>	
	86.3 ± 19.8	93.5 ± 11.1	0.057*

SG: study group, CG: control group, SD: standard deviation, BMI: body mass index, \*Mann-Whitney U test, \*\*independent samples t test, \*\*\* chi-square test

**Table 2.** Surgical characteristics of the study and control groups.

Variables	SG	CG	p	
	n (%)	n (%)		
<b>Preoperative diagnosis</b>				
Lung tumor	16(80)	18(90)	0.661*	
Bronchiectasis	4(20)	2(10)		
<b>Surgery type</b>				
Thoracotomy	15(75)	13(65)	0.537*	
VATS+ thoracotomy	3(15)	3(15)		
Muscle sparing thoracotomy	2(10)	4(20)		
<b>Surgery method</b>				
Lateral	11(55)	14(70)	0.613*	
Posterolateral	4(20)	4(20)		
Axillar	3(15)	1(5)		
Utility	2(10)	1(5)		
<b>Resection degree</b>				
Wedge	6(30)	4(20)	0.299*	
Lobectomy	8(40)	8(40)		
Pneumonectomy	1(5)	3(15)		
Bilobectomy	1(5)	3(15)		
Lobectomy + wedge	3(15)	0(0)		
Lobectomy + costa Resection	0(0)	1(5)		
Atypical resection	0(0)	5(25)		
Lobectomy + wedge + chest Wall Resection	1(5)	0(0)		
<b>Duration of drainage tubes (day)</b>	<b>Mean± SD</b>	<b>Mean± SD</b>		
Apical Drain	4.7 ± 2.4	5.1 ± 2.8		0.793**
Basal Drain	3.9 ± 1.3	5 ± 3	0.491**	
<b>Length of stay at hospital (day)</b>	<b>Mean ± SD</b>	<b>Mean ± SD</b>		
	9.1 ± 3	12.9 ± 4.2	0.002**	

SG: study group, CG: control group, VATS: video-assisted thoracoscopic surgery, SD: standard deviation, \*chi-square test, \*\*Mann-Whitney U test

There were no significant differences between the groups in  $PI_{max}$  or  $PE_{max}$  preoperatively ( $PI_{max}$  in SG  $65.1 \pm 15.5$  cmH<sub>2</sub>O and in CG  $59.2 \pm 13.7$  cmH<sub>2</sub>O,  $PE_{max}$  in SG  $80.4 \pm 24.9$  and in CG  $85.4 \pm 38.2$  cmH<sub>2</sub>O  $p = 0.2$  and  $p = 0.6$ , respectively). On the postoperative first day,  $PI_{max}$  and  $PE_{max}$  significantly decreased in both groups. In the SG, there were no significant differences in  $PI_{max}$  and  $PE_{max}$  before discharge ( $PI_{max}$   $3.1 \pm 17.3$  cmH<sub>2</sub>O and  $PE_{max}$   $1.1 \pm 17.7$  cmH<sub>2</sub>O [ $p > 0.05$ ]). In the CG, there

was no significant decrease regarding  $PI_{max}$ , but  $PE_{max}$  decreased significantly before discharge compared with preoperative values ( $PI_{max}$   $-8 \pm 16.4$  and  $PE_{max}$   $-24.1 \pm 34.6$  cmH<sub>2</sub>O  $p > 0.05$  and  $p = 0.002$ , respectively). When the mean differences were compared between the groups before discharge, there was significant difference in  $PI_{max}$  and  $PE_{max}$  ( $p = 0.045$  and  $p = 0.006$ , respectively) (Table 3).

No significant differences were found between the groups in 6MWT preoperatively (in SG  $480 \pm 59.1$  m and in CG  $445.4 \pm 66.2$  m [ $p = 0.089$ ]). Compared with the preoperative values in the SG, 6MWT decreased, but there was not any significant difference ( $-29.5 \pm 122.3$  m [ $p > 0.05$ ]). In the CG, 6MWT decreased significantly ( $-115.2 \pm 128.9$  m [ $p = 0.001$ ]). A significant difference was found in the 6MWT when the mean differences were compared between the groups ( $p = 0.037$ ). The VAS scores for pain and fatigue were similar in both groups for all assessments ( $p > 0.05$ ) (Table 3).

The average length of stay in the hospital after surgery was  $9.1 \pm 3$  days in the SG and  $12.9 \pm 4.2$  days in the CG. A significant difference was observed in the length of stay in the hospital between the two groups (i.e., shorter for the SG) ( $p = 0.002$ ) (Table 2).

## Discussion

In our study, we found a greater increase in respiratory muscle strength, a faster recovery of exercise capacity, and a shorter length of hospital stay with the addition of RMT to chest physiotherapy after pulmonary resection. The majority of studies about RMT have focused only on IMT, and a limited number of studies have reported the effects of EMT (Suzuki, Sato, and Okubo, 1995; Weiner et al, 2003). Studies with both IMT and EMT have mostly been carried out in healthy individuals and in subjects with COPD (Barros et al, 2010; Forbes et al, 2011; Sasaki, 2007; Weiner et al, 2003). Our study, which was conducted in subjects undergoing pulmonary resection, differs from the others. While other studies of RMT in subjects undergoing surgery exist, there are methodological differences between those studies and ours. In a study by Brocki et al. (2016), IMT was given to high-risk patients after lung cancer surgery. They found that 2 weeks of postoperative IMT, compared with standard physiotherapy alone, did not enhance respiratory muscle strength but did improve oxygenation in high-risk patients following thoracic surgery due to suspected or confirmed lung cancer. In this study, IMT was given to patients twice a day every day for 1 week, starting 1 working day before surgery and continuing for 2 weeks after surgery. Most training sessions were supervised



Table 3. Preoperative values and postoperative and before discharge change from preoperative for study and control groups.

Variables	SG (n = 20)			CG (n = 20)			Mean difference of changes between groups before discharge [95% CI]	p
	Preoperative	Postoperative (change from preoperative)	Before discharge (change from preoperative)	Preoperative	Postoperative (change from preoperative)	Before discharge (change from preoperative)		
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
PI <sub>max</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	65.1 ± 15.5	-27.8 ± 14*	3.1 ± 17.3	59.2 ± 13.7	-18.9 ± 17.3***	-8 ± 16.4	11.05 [21.84; 0.25]	<b>0.045</b>
PE <sub>max</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	80.4 ± 24.9	-34.8 ± 21.6***	1.1 ± 17.7	85.4 ± 38.2	-44.4 ± 33.6***	-24.1 ± 34.6**	25.23 [42.83; 7.62]	<b>0.006</b>
VAS for pain(cm)	0.2 ± 0.9	5.4 ± 2.2***	2.1 ± 2.5	0.8 ± 1.7	4.6 ± 2.8**	0.5 ± 2.8	1.60 [-0.11; 3.31]	0.067
VAS for fatigue (cm)	1.3 ± 1.8	1.5 ± 2.8*	0.6 ± 2.2	1.5 ± 2.1	2.2 ± 2.6**	1.2 ± 3.1	0.60 [-1.11; 2.31]	0.484
6MWT (m)	480 ± 59.1		-29.5 ± 122.3	445.4 ± 66.2		-115.2 ± 128.9**	85.72 [166.15; 5.28]	<b>0.037</b>

SG: study group, CG: control group, CI: confidence interval, SD: standard deviation, PI<sub>max</sub>: maximal inspiratory pressure, PE<sub>max</sub>: maximal expiratory pressure, 6MWT: 6-min walk test, VAS: visual analog scale

\*p < 0.05, \*\* p < 0.01 \*\*\* p < 0.001 for comparison of change from preoperative within group.

during the hospital stay and unsupervised after discharge. Although the intensity of IMT in our study was similar to that in the Brocki et al. (2016) study, the frequency of training was higher in our study. Also, EMT was given, starting with 15% of the PE<sub>max</sub> in the preoperative assessment and incrementally increased by 2 cmH<sub>2</sub>O daily, according to the patient's tolerance. The higher frequency, the higher target training load, and EMT could be reasons for the increase in respiratory muscle strength, in exercise capacity, and for the shorter length of hospital stay in our study. Also, the application of the RMT under supervision might allow for correct and complete training, as well as the high rate of compliance seen in our study. Another reason for the different results of the two studies was the mean age of the subjects (69.7 ± 7.9 years in the Brocki et al. (2016) study and 53.3 ± 10.37 in our study). Nomori et al. (1996) found that elderly subjects suffered respiratory muscle weakness before and after surgery, and their postoperative recovery of respiratory muscle strength was slower than in younger subjects. In another study, Weiner et al. (1997) concluded that inspiratory muscle strength can be increased significantly when incentive spirometer and specific IMT are used before and after surgery. As in our study, the training was done under the supervision of a physiotherapist. However, the length of hospital stay and the inspiratory muscle strength value before discharge were not given in that study. Because of this, the effect of IMT on the early postoperative period is unclear.

RMT had been applied perioperatively in other types of surgery requiring thoracic intervention in previous studies. These studies reported that the respiratory muscle strength is decreased after surgery because respiration is suppressed due to anesthesia, postoperative pain, and incision. The importance of RMT has been emphasized in order to prevent the decrease in the strength of the respiratory muscle and to increase the muscle strength in the postoperative period (Barbalho-Moulim et al, 2011;

Barros et al, 2010; Casali et al, 2011; Dronkers et al, 2008; Kulkarni et al, 2010). In one study, IMT improved walking distance, quality of life, and the psychosocial health of the subjects (Savci et al, 2011).

In our study, exercise capacity, as assessed by the 6MWT, almost returned to preoperative levels in the SG receiving RMT, but it was found to be decreased at a significant level in the CG. In a previous study, when RMT was applied to subjects perioperatively, there was no decrease in exercise capacity soon after cardiac surgery (Savci et al, 2011). Also, in one study, the researchers suggested that inspiratory muscle strength is an important determinant of functional capacity, as they found an association between PI<sub>max</sub> and maximal exercise capacity (Stein et al, 2009). EMT could be another reason for the return of exercise capacity to preoperative levels in the SG when compared with the CG in our study. In a study by Suzuki, Sato, and Okubo (1995), EMT improved abdominal muscle strength, which has an active role in forced expiration, such as in exercise. In addition to their contribution to expiration, abdominal muscles work to stabilize the body during exercise. Thus, EMT may reduce the oxygen consumption of abdominal muscles for both functions during exercise. As the oxygen demand of ventilatory muscles may exceed oxygen delivery capacity to respiratory muscles which leads to muscle fatigue exercise capacity decreases after surgery (O'Donnell, 2009). We think that by increasing the strength of respiratory muscles the oxygen delivery to limb muscles increases and this may lead to an increase in exercise capacity. The effects of RMT on exercise capacity have been shown in previous studies as stated above but we think what needs to be determined is the mechanism or combination of mechanisms by which RMT improves exercise performance: relief of respiratory muscle fatigue, relief of limb muscle fatigue, or relief of the discomfort associated with high levels of respiratory muscle work.

In our study, when we compared the length of hospital stay in both groups, the subjects in the SG were found to be discharged sooner. The main reasons for this could be a greater increase in respiratory muscle strength and the return of the exercise capacity to preoperative levels. The effect of preoperative RMT on length of hospital stay has been investigated in only a few studies. Hulzebos et al. (2006) reported a decrease in the length of stay at hospital in subjects who underwent RMT prior to cardiac surgery. Regarding the length of hospitalization, as was emphasized in a recent review, IMT during the preoperative period yielded a significant reduction in hospital stay (Neto, Martinez, Reis, and Carvalho, 2017). Brocki et al. (2016) showed that postoperative IMT did not change the duration of the hospital stay. However, unlike our study, in that study postoperative IMT did not increase respiratory muscle strength or lead to recovered exercise capacity. The studies concerning the effects of RMT on length of hospital stay are insufficient.

The subjects included in our study had undergone different degrees of resection which was a weakness. Postoperative complications were not examined in this study. This might be a weakness too, but the primary aim of this study was to investigate the treatment effects of RMT rather than the preventive effects in the postoperative period after pulmonary resection. Another limitation is that there was not a group of subjects without any physiotherapy intervention in our study, because of ethical reasons, and the treating physiotherapist was not blinded.

There are few studies related to RMT in subjects undergoing thoracic surgery. In the majority of the existing studies, only IMT was examined and they were carried out in the preoperative period. The strength of our study is that it is the only study including both IMT and EMT in subjects who have undergone pulmonary resection in the postoperative period. And our study showed that EMT may be important for recovery of exercise capacity. Also, our study is a randomized controlled study.

In conclusion, the addition of RMT to chest physiotherapy and rehabilitation programs in patients undergoing pulmonary resection in both the pre- and postoperative periods can be useful for faster recovery and a shorter length of stay in the hospital. Further randomized controlled studies are needed on both IMT and EMT in different types of surgery with larger populations.

#### Declaration of interest

The authors declare no conflicts of interest.

#### Funding

This work was supported by the grant from Faculty Member Training Program of Council of Higher Education [2509201307].

#### References

- American Thoracic Society/European Respiratory Society 2002 ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166:518–624.
- ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories 2002 ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166:111–117.
- Barbalho-Moulim MC, Miguel GP, Forti EM, Campos FD, Costa D 2011 Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: Respiratory muscle strength, lung volumes, and diaphragmatic excursion. *Clinics* 66:1721–1727.
- Barros GF, Santos CD, Granad FB, Costa PT, Limaco RP, Gardenghi G 2010 Respiratory muscle training in patients submitted to coronary arterial bypass graft. *Revista Brasileira De Cirurgia Cardiovascular* 25:483–490.
- Black LF, Hyatt RE 1969 Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex. *American Review of Respiratory Disease* 99:696–702.
- Brocki BC, Andreassen JJ, Langer D, Souza DS, Westerdahl E 2016 Postoperative inspiratory muscle training in addition to breathing exercises and early mobilization improves oxygenation in high-risk patients after lung cancer surgery: A randomized controlled trial. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 49:1483–1491.
- Casali CC, Pereira AP, Martinez JA, De Souza HC, Gastaldi AC 2011 Effects of inspiratory muscle training on muscular and pulmonary function after bariatric surgery in obese patients. *Obesity Surgery* 21:1389–1394.
- Degraff AC, Taylor HF, Ord W, Chuang TH, Johnson RL 1965 Exercise limitation following extensive pulmonary resection. *Journal of Clinical Investigation* 44:1514–1522.
- Dronkers J, Veldman A, Hoberg E, Van Der Waal C, Van Meeteren N 2008 Prevention of pulmonary complications after upper abdominal surgery by preoperative intensive inspiratory muscle training: A randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation* 22:134–142.
- Enright SJ, Unnithan VB 2011 Effect of inspiratory muscle training intensities on pulmonary function and work capacity in people who are healthy: A randomized controlled trial. *Physical Therapy* 91:894–905.
- Forbes S, Game A, Syrotuik D, Jones R, Bell GJ 2011 The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Research in Sports Medicine* 19:217–230.
- Hajime K, Takumi Y, Madoka T, Yayoi I, Mio Y, Masahiko K 2006 Effectiveness of cough exercise and expiratory muscle training: A meta-analysis. *Journal of Physical Therapy Science* 18:5–10.
- Houston BW, Mills N, Solis-Moya A 2013 Inspiratory muscle training for cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 11:CD006112.



- Hulzebos EH, Helders PJ, Favié NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NL 2006 Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: A randomized clinical trial. *JAMA* 296:1851–1857.
- Kulkarni S, Fletcher E, McConnell A, Poskitt K, Whyman M 2010 Pre-operative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery - A randomised pilot study. *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 92:700–705.
- Lotters F, Van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R 2002 Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: A meta-analysis. *European Respiratory Journal* 20:570–576.
- Mancini DM, Henson D, La Manca J, Donchez L, Levine S 1995 Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation* 91:320–329.
- Martinez FJ, Orens JB, Whyte RI, Graf L, Becker FS, Lynch JP 1996 Lung mechanics and dyspnea after lung transplantation for chronic airflow obstruction. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 153:1536–1543.
- Martin-Valero R, Zamora-Pascual N, Armenta-Peinado JA 2014 Training of respiratory muscles in patients with multiple sclerosis: A systematic review. *Respiratory Care* 59:1764–1772.
- Nagamatsu Y, Iwasaki Y, Hayashida R, Kashihara M, Nishi T, Yoshiyama K, Yamana H, Shirouzu K 2011 Factors related to an early restoration of exercise capacity after major lung resection. *Surgery Today* 41:1228–1233.
- Neely WA, Robinson WT, McMullan MH 1970 Postoperative respiratory insufficiency: Physiological studies with therapeutic implications. *Annals of Surgery* 171:679–685.
- Neto MG, Martinez BP, Reis HF, Carvalho VO 2017 Pre- and postoperative inspiratory muscle training in patients undergoing cardiac surgery: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* 31:454–464.
- Nimmo AF, Drummond GB 1996 Respiratory mechanics after abdominal surgery measured with continuous analysis of pressure, flow and volume signals. *British Journal of Anaesthesia* 77:317–326.
- Nomori H, Horio H, Fuyuno G, Kobayashi R, Yashima H 1996 Respiratory muscle strength after lung resection with special reference to age and procedures of thoracotomy. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 10:352–358.
- Nomori H, Kobayashi R, Fuyuno G, Morinaga S, Yashima H 1994 preoperative respiratory muscle training assessment in thoracic surgery patients with special reference to postoperative pulmonary complications. *Chest* 105:1782–1788.
- O'Donnell CR 2009 Mechanics of breathing In: Shields TW, LoCicero J, Reed CE, Feins RH (Eds) *General Thoracic Surgery* (7th ed), p. p 119. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams and Wilkins.
- Polak J, Holman B, Wynne J, Colucci WS 1983 Right ventricular ejection fraction: An indicator of increased mortality in patients with congestive heart failure associated with coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology* 2:217–224.
- Sasaki M 2007 The effect of expiratory muscle training on pulmonary function in normal subjects. *Journal of Physical Therapy Science* 19:197–203.
- Savci S, Degirmenci B, Saglam M, Arikan H, Inal-Ince D, Turan HN, Demircin M 2011 Short-term effects of inspiratory muscle training in coronary artery bypass graft surgery: A randomized controlled trial. *Scandinavian Cardiovascular Journal* 45:286–293.
- Sebio R, Gimenez E, García A, Sanesteban Y, Yañez I 2014 Exercise capacity after video-assisted thoracic surgery (VATS) for lung cancer. *European Respiratory Journal* 44:P4291.
- Siafakas NM, Mitrouska I, Bouros D, Georgopoulos D 1999 Surgery and respiratory muscles. *Thorax* 54:458–465.
- Stein R, Maia CP, Silveira AD, Chiappa GR, Myers J, Ribeiro JP 2009 Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 90:1685–1691.
- Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, Coskun O 2010 Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* 24:240–250.
- Suzuki S, Sato M, Okubo T 1995 Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. *Thorax* 50:366–370.
- Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Gosselink R 2006 Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: A systematic review. *Respiratory Medicine* 100:1886–1895.
- Weiner P, Magadle R, Beckerman M, Weiner M, Berar-Yanay N 2003 Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. *Chest* 124:1357–1364.
- Weiner P, Man A, Weiner M, Rabner M, Waizman J, Magadle R, Zamir D, Greiff Y 1997 The effect of incentive spirometry and inspiratory muscle training on pulmonary function after lung resection. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 113:552–557.
- Weiner P, Zeidan F, Zamir D, Pelled B, Waizman J, Beckerman M, Weiner M 1998 Prophylactic inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass graft. *World Journal of Surgery* 22:427–431.
- Weissman C 1999 Pulmonary function after cardiac and thoracic surgery. *Anesthesia and Analgesia* 88:1272–1279.
- Win T, Groves AM, Ritchie AJ, Wells FC, Cafferty F, Laroche CM 2007 The effect of lung resection on pulmonary function and exercise capacity in lung cancer patients. *Respiratory Care* 52:720–726.

## Ek-2 Yayın Beyanı

## **Ek- 3 Etik Kurul Onayı**

Ek-4 Değerlendirme Formu

**Mekanik Ventilatöre Bağli Hastalarda İspiratuar Kas Eğitimi Ve  
Diyaframa Nöromusküler Elektrik Stimülasyonun Etkilerinin  
Karşılaştırılması**

**Hasta Değerlendirme Formu**

Değerlendirme Tarihi:

**Demografik Bilgiler**

Adı Soyadı:

Boy:

Yaşı:

Kilo:

Cinsiyeti:

VKI:

Tanı (yatış sebebi):

Eğitim Durumu:

Mesleği:

Özgeçmiş:

Soygeçmiş:

Hikaye:

İlaç Öyküsü:

Geçirdiği Operasyonlar:

Gördüğü Tedaviler:

Alışkanlıklar:

	Var	Yok	Bırakmış
Sigara	(paket*yıl)		(paket*yıl)
Alkol	(şişe*gün)		(şişe*gün)
Egzersiz	(gün*hafta)		

Mekanik Ventilasyon Parametreleri	Eğitim Öncesi	Eğitim Sonrası
Ventilasyon Modu		
FiO <sub>2</sub> (%)		
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)		
Tidal Volüm(ml/kg)		
Spontan Solunum Frekansı (soluk/dk)		
TVins		
TVexp		
MV		

**Solunum Kas Kuvveti Değerlendirmesi:**

Solunum Kas kuvveti	Tedavi Öncesi			Extubasyon Sonrası			Taburculuk		
NİF(cmH <sub>2</sub> O)									

**Beslenme Tipi ve Süresi:**

**Entübasyon süresi/ Tipi**





Yoğun Bakımda Fiziksel Fonksiyon Test Bataryası

Ad Soyadı:

Tarih:

<b>PFIT Kayıt Sayfası</b>		
<b>1.Kalp Hızı(atım/dk)</b>	Önce:	Sonra:
<b>2.SpO2(%)</b>	Önce:	Sonra:
<b>3.Oturmadan Ayağa Kalkma</b>		
<b>4. Yerinde Sayma</b>		
<b>4.1. Yapabiliyor mu?</b>	Evet	Hayır
<b>4.2. Adım</b>		
<b>4.3. Süre(saniye)</b>		
<b>5. Kuvvet</b>	Sol	Sağ
<b>5.1. Omuz Fleksiyonu</b>		
<b>5.2. Diz Ekstansiyonu</b>		
<b>6. Omuz Fleksiyonu</b>		
<b>6.1. Tekrar Sayısı</b>		
<b>6.2. Süre (saniye)</b>		

Testin Tamamlanamama nedeni:

Hasta Ex oldu

Hastanın takibi tamamlanamadı

Hasta reddetti

Hasta konfüze durumda

## **Ek-5. Resim Çekimi ve Kullanımı Yayın Hakkı Devir Sözleşmesi Formu**