

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**LAPAROSKOPİK SLEEVE GASTREKTOMİ GEÇİREN
MORBİD OBEZ HASTALARDA SOLUNUM FONKSİYON
TESTLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

**UZMANLIK TEZİ
Dr. Fethi GÜNAY**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. İsmail DEMİREL**

**ELAZIĞ
2023**

DEKANLIK ONAYI

Prof. Dr. Metin Kaya GÜRGÖZE

DEKAN

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur

Doç. Dr. Aysun YILDIZ ALTUN

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Başkanı V.

Tez tarafımdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmail DEMİREL

_____ Danışman

Uzmanlık Tezi Değerlendirme Jüri Üyeleri

.....	_____
.....	_____
.....	_____
.....	_____
.....	_____

TEŞEKKÜR

Fırat Üniversitesi Tıp Fakóltesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'ndaki ihtisas sürecim boyunca her konuda sabır ve içtenlikle desteğini gördüğüm, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, bugünlere gelmemde çok büyük emeği olan ve tezimin hazırlanması sırasında beni cesaretlendiren, her türlü destek ve yardımını esirgemeyen Prof. Dr. İsmail DEMİREL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca her türlü destek ve yardımlarını gördüğüm, yetişmemde emeği geçen saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Azize BEŞTAŞ, Doç. Dr. Aysun YILDIZ ALTUN, Doç. Dr. Sibel ÖZCAN, Doç. Dr. Fatma ÇELİK, Dr. Öğr. Üyesi Eşef BOLAT, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKSU ve Dr. Öğr. Üyesi Gülsüm ALTUNTAŐ'a sonsuz teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığım araştırma görevlisi arkadaşlarıma, ameliyathane, Anesteziyoloji ve Reanimasyon yoğun bakım ve Algoloji kliniği çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezimin veri toplama aşamasında yardımlarını esirgemeyen başta Uzm. Dr. Gökhan URHAN, Arş. Gör. Dr. İsmail Cem TÜRKOĞLU, Arş. Gör. Dr. Furkan DOĞAN, Arş. Gör. Dr. Savaş KAVAK, Arş. Gör. Dr. Necat ELPEZE, Arş. Gör. Dr. Muhammed ACAR olmak üzere tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimim süresince hep yanımda olan, sevgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Obezite; ilerleyici, kronik ve eşlik ettiği hastalıklar sebebiyle yaşamı tehdit eden bir hastalıktır. Obez hastalarda mekanik ventilatör ayarlarında özellikle düşük driving pressure değerlerinin iyi prognozla ilişkisi gösterilmiştir. Bizde çalışmamızda laparoskopik sleeve gastrektomi (LSG) cerrahisi uygulanan morbid obez hastalarda farklı ekspirasyon sonu pozitif basınç (PEEP) değerleriyle oluşan farklı driving pressure uygulamasının akciğer fonksiyonlarında yaptığı değişimi solunum fonksiyon testleri (SFT) ile göstermeyi amaçladık.

Prospektif, randomize kontrollü olan klinik çalışmamızda; etik kurulu onayı alındıktan sonra 01/01/2022 – 01/08/2022 tarihleri arasında yazılı onamları alınan toplam 128 hasta ile çalışma tamamlandı. Hastaların yaş, cinsiyet, vücut kitle endeksi (VKİ), Amerikan anesteziyologlar derneği (ASA) skoru, eşlik eden ek hastalıkları, hastalara uygulanan mekanik ventilatör parametreleri ve hastalara preoperatif dönemde ve postoperatif dönem 3. günde yapılan solunum fonksiyon testlerindeki parametreler kayıt altına alındı.

Operasyonda uygulanan mekanik ventilatör stratejilerine göre hastalar, Grup 1 Driving Pressure Değeri (ΔP) >15 , uygulanan PEEP 5 cm H₂O ve Grup 2 Driving Pressure Değeri (ΔP) <15 , uygulanan PEEP 10 cm H₂O olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Hastalara preoperatif ve postoperatif solunum fonksiyon testleri yapıp mekanik ventilasyon stratejilerinin etkileri prospektif olarak değerlendirildi.

Her iki gruptaki hastaların FVC, FEV₁, FEF %25, FEF %75, FEF %25-%75, FEF_{max}, FIVC ve FIF_{max} değerlerinin ameliyat sonrasında anlamlı şekilde düştüğü saptandı. Driving pressure değeri 15 cm H₂O'dan küçük olan hastaların, driving pressure değeri 15 cm H₂O'dan büyük olan hastalara göre, SFT değerlerinin daha az etkilendiği saptandı.

Genel anestezi alan hastaların SFT değerlerinde preoperatif döneme göre postoperatif dönemde meydana gelen bozulma, uygulanacak olan akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejileri ile azaltılabilir. Sonuç olarak; LSG cerrahisi geçirecek obez hastalarda uygulanan daha yüksek PEEP değerleriyle elde edilen daha düşük driving pressure değerlerinin akciğer koruyucu ventilasyon sağlayabileceğini düşünmekle beraber uygulanan stratejilerin optimizasyonu için daha geniş çaplı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Driving Pressure, PEEP, LSG, SFT

ABSTRACT

FACTORS AFFECTING RESPIRATORY FUNCTION TESTS IN MORBID OBESE PATIENTS PURCHASING LAPAROSCOPIC SLEEVE GASTRECTOMY

Obesity is a progressive, chronic and life-threatening disease due to its accompanying diseases. In obese patients, low driving pressure values in mechanical ventilator settings have been shown to be associated with good prognosis. In our study, we aimed to show the change in lung functions caused by different driving pressure application with different end-expiratory positive pressure (PEEP) values in morbidly obese patients who underwent laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG) surgery with pulmonary function tests (PFT.)

In our prospective, randomized controlled clinical study - after the approval of the ethics committee- was completed with a total of 128 patients whose written consents were obtained between 01/01/2022 and 01/08/2022. The patients age, gender, body mass index (BMI), American Society of Anesthesiologists(ASA) score, comorbidities, mechanical ventilator parameters applied to the patients, and the parameters in the pulmonary function tests performed in the preoperative period and on the 3rd day of the postoperative period were recorded.

According to the mechanical ventilator strategies applied during the operation, the patients were divided into 2 groups as Group 1 Driving Pressure Value (ΔP) >15 , PEEP applied 5 cm H₂O and Group 2 Driving Pressure Value (ΔP) <15 , applied PEEP 10 cm H₂O. Preoperative and postoperative pulmonary function tests were performed on the patients and the effects of mechanical ventilation strategies were evaluated prospectively.

It was determined that the FVC, FEV₁, FEF 25%, FEF 75%, FEF 25%-75%, FEF_{max}, FIVC and FIF_{max} values of the patients in both groups decreased significantly after surgery. It was determined that the PFT values of the patients with a driving pressure value less than 15 cm H₂O were affected less than the patients with a driving pressure value greater than 15 cm H₂O.

Postoperative deterioration in PFT values of patients receiving general anesthesia can be reduced by lung protective mechanical ventilation strategies. In conclusion; Although it is thought that lower driving pressure values obtained with higher PEEP values applied in obese patients who will undergo LSG surgery may

provide lung protective ventilation, more extensive research is needed for the optimization of the applied strategies.

Key words: Driving Pressure, PEEP, LSG, PFT



İÇİNDEKİLER

DEKANLIK ONAYI	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Obezite	1
1.1.1. Tanım	1
1.1.2. Epidemiyoloji	1
1.1.3. Sistemik Etkiler	2
1.1.3.1. Kardiyovasküler sistem	2
1.1.3.2. Respiratuar sistem	4
1.1.3.3. Renal sistem	5
1.1.3.4. Gastrointestinal Sistem	5
1.1.3.5. Hematolojik Sistem	6
1.1.3.6. Endokrin Sistem	6
1.1.4. Tedavi	6
1.1.4.1. Bariatrik Cerrahi Teknikleri	7
1.1.4.1.1. Sleeve Gastrektomi	7
1.1.4.1.2. Roux-En-Y Gastrik By-Pass	7
1.1.4.1.3. Ayarlanabilir Mide Bandı	8
1.2. Obezite ve Anestezi	8
1.2.1. Obezite Cerrahisinde Anestezinin Solunum Mekaniklerine Etkisi	9
1.2.2. Preoperatif Hazırlık	11
1.2.3. Anestezik Ajan Seçimi ve Doz Ayarlaması	12
1.2.4. Hasta Pozisyonunun Etkileri	14
1.2.5. Hava Yolu Yönetimi	14
1.2.6. Monitorizasyon	15

1.2.7. Postoperatif bakım	15
1.2.8. Postoperatif Komplikasyonlar	15
1.3. Laparoskopi ve Anestezi	16
1.4. Anestezinin Solunum Mekaniklerine Etkisi	18
1.4.1. PEEP	19
1.4.1.1 Klinikte PEEP Uygulaması	19
1.4.1.2 PEEP Endikasyonları	20
1.4.1.3 PEEP Göreceli Kontrendikasyonları	20
1.4.1.4 PEEP Kesin Kontrendikasyonları	20
1.4.2 Tepe İspiratuar Basınç (PIP; P _{tepe})	21
1.4.3 Plato Basıncı (P _{plato})	21
1.4.4 Kompliyans	21
1.4.1.1 Total Akciğer Kompliyansı (CTL)	22
1.4.5 Recruitment	23
1.5. Driving Pressure (Sürücü Basıncı)	28
1.6. Solunum fonksiyon testleri	29
1.6.1. Spirometre	29
1.6.1.1. Statik Akciğer Volümleri	30
1.6.1.1. Dinamik Akciğer Volümleri	31
2. GEREÇ ve YÖNTEMLER	344
2.1. İstatistiksel analiz	366
3. BULGULAR	377
4. TARTIŞMA	555
5. KAYNAKLAR	667
6. ÖZGEÇMİŞ	82

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Grupların demografik ve antropometrik ölçümlerinin karşılaştırılması	37
Tablo 2.	Grupların ek hastalıklarının karşılaştırılması	37
Tablo 3.	Grupların SpO ₂ değerlerinin karşılaştırılması	38
Tablo 4.	Grupların nabızlarının karşılaştırılması	38
Tablo 5.	Grupların ortalama arter basınçlarının karşılaştırılması	39
Tablo 6.	Grupların tepe basıncı değerlerinin karşılaştırılması	39
Tablo 7.	Grupların end-tidal CO ₂ değerlerinin karşılaştırılması	40
Tablo 8.	Grupların inotrop ihtiyaçlarının karşılaştırılması	40
Tablo 9.	Grupların preoperatif ve postoperatif SFT değerlerinin karşılaştırılması	41
Tablo 10.	Grupların SFT değişimlerinin karşılaştırılması	45
Tablo 11.	Tüm hastaların preop SFT değerleri ile postop SFT değerlerinin karşılaştırılması	50

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Grupların Postop FVC değerlerinin karşılaştırılması	41
Şekil 2.	Grupların Postop FEV1 değerlerinin karşılaştırılması	42
Şekil 3.	Grupların Postop FEF %25 değerlerinin karşılaştırılması	42
Şekil 4.	Grupların Postop FEF %75 değerlerinin karşılaştırılması	43
Şekil 5.	Grupların Postop FEF %25-%75 değerlerinin karşılaştırılması	43
Şekil 6.	Grupların Postop FEF _{max} değerlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 7.	Grupların Postop FIVC değerlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 8.	Grupların Postop FIF _{max} değerlerinin karşılaştırılması	45
Şekil 9.	Grupların FVC değişimlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 10.	Grupların FEV1 değişimlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 11.	Grupların FEF %25 değişimlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 12.	Grupların FEF %75 değişimlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 13.	Grupların FEF %25-%75 değişimlerinin karşılaştırılması	48
Şekil 14.	Grupların FEF _{max} değişimlerinin karşılaştırılması	48
Şekil 15.	Grupların FIVC değişimlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 16.	Grupların FEF _{max} değişimlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 17.	Tüm hastaların preop ve postop FVC değerinin karşılaştırılması	50
Şekil 18.	Tüm hastaların preop ve postop FEV1 değerinin karşılaştırılması	51
Şekil 19.	Tüm hastaların preop ve postop FEF %25 değerinin karşılaştırılması	51
Şekil 20.	Tüm hastaların preop ve postop FEF %75 değerinin karşılaştırılması	52
Şekil 21.	Tüm hastaların preop ve postop FEF %25-%75 değerinin karşılaştırılması	52
Şekil 22.	Tüm hastaların preop ve postop FEF _{max} değerinin karşılaştırılması	53
Şekil 23.	Tüm hastaların preop ve postop FIVC değerinin karşılaştırılması	53
Şekil 24.	Tüm hastaların preop ve postop FEF _{max} değerinin karşılaştırılması	54

KISALTMALAR LİSTESİ

ARDS	: Akut Respiratuar Distres Sendrom
BPD	: Biliyopankreatik Diversiyon
CPAP	: Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı
C_s	: Statik Kompliyans
DM	: Diyabetes Mellitus
EKG	: Elektrokardiyografi
ERV	: Ekspiratuar Rezerv Volüm
FEF	: Zorlu Ekspiratuar Akım
FET	: Zorlu Ekspirasyon Süresi
FEV1	: Birinci saniyedeki Zorlu Ekspiratuar Volüm
FRC	: Fonksiyonel Rezidüel Kapasite
FVC	: Zorlu Vital Kapasite
GÖRH	: Gastroözofageal Reflü Hastalığı
HT	: Hipertansiyon
IBW	: İdeal Vücut Ağırlığı
IC	: İspiratuar Kapasite
IRV	: İspiratuar Rezerv Volüm
İMV	: İnvazif Mekanik Ventilasyon
MV	: Mekanik Ventilasyon
mvPCO₂	: Miks Venöz Parsiyel Karbondioksit Basıncı
OSAS	: Obstrüktif Uyku Apne Sendromu
PACO₂	: Parsiyel Alveolar Karbondioksit Basıncı
PC	: Pressure Control
PEEP	: Yüksek Pozitif Ekspirasyon Sonu Basıncı
PEF	: Tepe Ekspiratuar Akımı
RBW	: Gerçek Vücut Ağırlığı
RM	: Recruitment Manevrası
RV	: Rezidüel Volüm
SFT	: Solunum Fonksiyon Testleri
TLC	: Total Akciğer Kapasitesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

TV	: Tidal Volüm
V/Q	: Ventilasyon ve Perfüzyon Oranı
VC	: Vital Kapasite
VİLİ	: Ventilatörün İndükleyici Akciğer Hasarı
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
YFV	: Yüksek Frekanslı Ventilasyon
ΔP	: Driving Pressure



1. GİRİŞ

1.1. Obezite

1.1.1. Tanım

Obezite, kökeni Latince'den gelen "obesitas" sözcüğü olup, aşırı yemek yiyen anlamında kullanılmaktadır. Obezite; vücut ağırlığındaki artış ile karakterize, ilerleyici, kronik ve eşlik ettiği hastalıklar sebebiyle yaşamı tehdit eden bir hastalıktır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) obeziteyi "adipoz dokularda sağlığı bozacak miktarda aşırı veya anormal yağ birikimi" olarak tanımlamaktadır (1).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Obezite ve Metabolik Bozukluklar Cerrahi Fedarasyonu (IFSO) gibi öncü dernekler obezite sınıflamasında Vücut Kitle İndeksini (VKİ) tercih etmektedir. Obezitede tanı amaçlı kullanılan en güvenilir ve basit yöntem olan VKİ; kg cinsinden vücut ağırlığının, metre cinsinden boy uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplanmaktadır (2).

Vücut kitle indeksi (VKİ);

25-29,9 kg/m² arasında olması Aşırı Kilolu,

30 kg/m² ve üzeri olması Obez,

35 kg/m² ve üzeri olması Ciddi Obez,

40kg/m² ve üzerinde olması Morbid Obez

50 kg/m² ve üzeri olması Süper Obez olarak tanımlanmaktadır.

Obezitenin; hipertansiyon, tip II diyabet, koroner arter hastalığı, hiperlipidemi, obstrüktif uyku apnesi, pulmoner disfonksiyon, serebrovasküler olay, alt ekstremitelerde dejeneratif osteoartrit, safra kesesi hastalıkları, non-alkolik steatohepatit ve bazı kanser tipleri ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (3).

1.1.2. Epidemiyoloji

Obezite; organizmanın fizyolojik durumunu bozması nedeniyle "hastalık" olarak tanımlanan epidemik bir problemdir. Obezite, başlangıçta sadece gelişmiş ülkelerin bir sıkıntısıymış gibi görülürken, obezitenin prevalansı giderek tüm dünyada hızla artmış ve obezite en önemli sağlık problemleri arasına girip pandemi halini almıştır (4).

Dünyada obez sayısı 1980'den 2008 yılına kadar iki kat artış göstererek, 500 milyonu aşmış ve obezitenin prevalansı %11'e ulaşmıştır. Obez birey sayısının 2016 yılında 650 milyonun üzerine çıktığı bildirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) nüfusun %67'si aşırı kilolu veya obez olarak tanımlanırken, Avrupa ülkelerinde bu oran %40–50 düzeyine kadar yükselmiştir (5).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ülkemizde 15 yaş ve üstü obez bireylerin oranının 2014 yılında %19,9 iken, 2016 yılında %19,6 olduğunu bildirmiştir. 1997-98 yıllarında 540 merkezde, 20 yaş ve üzeri 24788 kişinin incelendiği Türkiye Diyabet, Obezite, Hipertansiyon ve Endokrinolojik Hastalıklar Prevelans Çalışması-1 (TURDEP-1) ile kadınlarda %32,9, erkeklerde %13,2, genelde ise %22,3 düzeylerinde obezite prevalansı olduğu bildirilmiş ve yaş dağılımı incelendiğinde obezite sıklığının 30'lu yaşlarda arttığı, 45-65 yaşları arasında pik yaptığı gösterilmiştir. Türkiye Diyabet, Obezite, Hipertansiyon ve Endokrinolojik Hastalıklar Prevelans Çalışması-1 çalışmasından 12 yıl sonra, 26500 erişkinin katılımı ile yapılan TURDEP-II çalışmasında, kadınlarda obezite sıklığı %44, erkeklerde %27 ve genel toplumda ise %35 olarak bulunmuş ve son 12 yılda kadınlarda obezitenin %34, erkeklerde ise %107 oranında artmış olduğu belirtilmiştir (6-8).

Obezite, önlenabilir ölümlerin sigaradan sonra gelen ikinci önemli nedenidir. Morbid obez bireylerin sağlıklı bireylere göre yaşam beklentisi ortalama 10-12 yıl daha azdır ve kadın cinsiyette bu süre daha da kısadır. Obezite, neden olduğu psikososyal problemler ve sebebiyet verdiği ek hastalıklarla, yüksek sağlık giderleri ortaya çıkardığı için mücadele edilmesi gereken bir hastalıktır. Obezitenin eşlik ettiği ek hastalıklar nedeniyle erken ölümlere sebep olması ve epidemik bir sorun haline gelmesiyle, obezite tedavisinde cerrahi seçenekler ön plana çıkmaya başlamıştır (9).

1.1.3. Sistemik Etkiler

1.1.3.1. Kardiyovasküler sistem

Obezitede artmış vücut kitlesine bağlı olarak kardiyak output ve intravasküler volüm artışı ortaya çıkar. Obezlerde toplam kan hacmi artmasına rağmen, vücut ağırlıklarına göre hesap yapıldığında, normal kilodaki hastalarda 70 ml/kg'lık kan hacmi sonucu çıkarken, obez hastalarda bu değer yaklaşık 45 ml/kg olduğu gösterilmiştir. İntravasküler volüm ve kardiyak output artışına bağlı olarak sol

ventrikül hipertrofisi ve hipertansiyon ortaya çıkmaktadır. Sol ventrikül hipertrofisi; ventrikül kompliyansında azalmaya ve sol ventrikül dolum basıncında artışa neden olarak kalp yetmezliği ve pulmoner ödem oluşmasına sebep olabilir. Normal kilodaki bireylerle VKİ > 30 kg/m² olanlar karşılaştırıldığında; sol ventrikül hipertrofisi, obezlerde 16 kat daha fazla görülmektedir. VKİ'deki her 1 birimlik artış kardiyak outputta 80 ml/dak artışa sebep olur (10).

Obeziteyle en sık birliktelik gösteren hastalık hipertansiyondur. Obez bireylerde hipertansiyon görülme sıklığı, obez olmayanlara göre artmıştır. Obez bireylerdeki 1 kilogramlık kilo kaybının, kan basıncını ortalama 0.3-1 mmHg düşürdüğü gösterilmiştir. Hipertansiyonun obeziteye sık eşlik etmesindeki en önemli iki neden; renin anjiyotensin aldosteron sistem aktivitesinde ve intravasküler volümde artıştır (11).

Obezite; diyabet ve hipertansiyon gibi risk faktörlerinden bağımsız bir şekilde konjestif kalp yetmezliği riskini artırmakta olup, bununla birlikte obezitenin miyokard enfarktüsüne eşlik etme ihtimalinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Obez hastaların kilolarındaki %10'luk artış, koroner arter hastalığı riskinin % 20 artmasına sebebiyet verir. Obezite sol atrium büyümesine sebep olarak atiyal fibrillasyon riskini artırmaktadır (12).

Obez hastalarda; elektrolit bozukluğu, koroner arter hastalığı, artan katekolamin miktarı, hipoksemi, hiperkapni, obstrüktif uyku apne sendromu (OSAS), miyokard hipertrofisi ve ileti sistemindeki yağ infiltrasyonu görülmesi nedeniyle disritmi oluşabilir. Bu faktörler, obezlerde kardiyak rezervi sınırlı hale getirerek hastayı; hipotansiyon, hipertansiyon (HT), taşikardi ve volüm yüklemesine duyarlı bir hale getirir. Azalmış aktiviteden dolayı, obez hastalarda ateroskleroz gelişme riski yüksek olmasına rağmen, anjina ve efor dispnesi gözlemlenmeyebilir (13).

Preoperatif hazırlık aşamasında dikkatli bir elektrokardiyografi (EKG) değerlendirmesi, obezitenin kardiyak etkilerinin tespit edilebilmesi için değerlidir.

Morbid obezlerde EKG' de sıklıkla görülen anormallikler;

- QRS kompleksinde, P dalgasında ve T dalgasında sola kayma,
- Düşük voltajlı QRS,
- P dalgası morfolojisinde değişiklik,
- İnférieur ve lateral derivasyonlarda T dalgasında düzleşme,

- Uzamış QT intervali,
- Sol veya sağ ventrikül hipertrofisi bulguları,
- Ritim bozukluğu ve kalp yetmezliği bulgularıdır.

Bu anormalliklerin birçoğu ciddi kilo kaybı sonrası düzelebilir (13).

1.1.3.2. Respiratuar sistem

Obezitenin solunum mekaniği ve akciğer fonksiyonları üzerine olumsuz etkileri uzun yıllardır bilinmektedir. Obezitenin yol açtığı pulmoner değişiklikler, bulgu vermeyen anormalliklerden ağır semptomatik durumlara kadar farklı boyutlarda görülebilir ve tüm hastalıklara bağlı mortalite ve morbiditeyi etkiler.

Obezitenin, solunum mekanikleri, havayolu rezistansı, solunum kas fonksiyonları, akciğer volümleri, solunum kontrolü ve gaz değişimi üzerine istenmeyen etkileri sonucu solunum fonksiyonları olumsuz etkilenmektedir. Toraks ve abdomende cilt altı yağ dokusundaki artış, göğüs duvarı kompliyansı ve solunum kas fonksiyonlarının azalmasına neden olarak göğüs duvarı mekaniğini olumsuz etkiler. Obezlerde artmış respiratuar iş bildirilmiş ve hem akciğer hem de göğüs duvarı kompliyansının azaldığı gösterilmiştir. Obez bireylerde solunum kaslarının dayanıklılığı daha belirgin derecede azalmıştır. Obez hastalar artan vücut kitle indeksi ve yüzey alanına bağlı olarak daha yüksek bazal metabolik hıza sahiplerdir; dolayısıyla daha çok oksijen tüketilir ve karbondioksit oluşturulur. Göğüs duvar hareketleri ve diyafram ekspansiyonunun bozulması ve total akciğer kapasitesinin azalması nedeniyle artmış solunum iş yükü, artmış oksijen tüketimi ve ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğu ortaya çıkar. Bunların sonucu solunum sayısı artar, FRK ve ekspiratuar rezerv volüm azalır, kompliyans düşer. FRK'nin azalması küçük hava yolları ve alveollerde kapanmaya eğilim ve intrapulmoner şantlar oluşturur. Bu şantlar ve oksijen ihtiyacının artmış olması nedeniyle obezlerde hipoksemi yaygın görülür. Supin pozisyon ve anestezi de hipoksemiye derinleştirir (14).

Obstrüktif uyku apne sendromu; faringeal bölgede aşırı biriken yağ dokusunun hava yolunu daraltması ve uykuda üst hava yollarındaki kas tonusunun azalması sonucu horlama ve aralıklı havayolu tıkanıklığı ile karakterize ciddi bir havayolu problemidir. Obez hastalarda ortaya çıkan boyun bölgesindeki yağlanma, üst solunum yolunda baskı oluşturarak solunumu zorlaştırır. Bu durum nedeniyle OSAS, obeziteye

sık sık eşlik eder. OSAS için en sık görülen risk faktörü obezite olup obez hastaların % 70'ine OSAS eşlik etmektedir (15).

OSAS'ın şiddetini belirleyen en önemli kriterler gündüz daha sık görülen hipoksemi, pulmoner HT ve kor pulmonalenin varlığıdır (15). Hastalarda hipokseminin belirteçleri oda havasındaki pulse oksimetre (SpO₂) değerinin %96'dan az ve hemotokrit değerindeki yükselmedir. Sık apneik ataklar ve bunu takip eden klinik bulgular OSAS olarak tanımlanır. Obez hastalarda; VKİ hesaplama, boyun çevresi ölçümü, solunum fonksiyon testleri, arteriyel kan gazı ve uyku problemleriyle ilgili anamneze rağmen OSAS, obez hastaların %80-90'ında teşhis edilemez. Obstrüktif uyku apne sendromu için altın standart tanı testi polisomnografidir (15, 16).

OSAS olan hastalar üst hava yolu obstrüksiyonu, azalmış solunum güdüsü ve bozulmuş akciğer mekanikleri nedeniyle sedatif ve opioidlere bağlı solunum depresyonu açısından artmış risk taşırlar. Bu hastalarda anestezi indüksiyonunu takiben apne sırasında desatürasyon daha kısa zamanda gerçekleşeceği için preoksijenizasyon önemlidir(17).

1.1.3.3. Renal sistem

Obez hastaların; %56'sında hipertansiyon, %21'inde tip 2 diyabet ve %1.8'inde kronik böbrek yetmezliği ek hastalık olarak görülmektedir. Obezite; diyabetik nefropati, glomerülomegali, hipertansif nefroskleroz ve fokal segmental glomerüloskleroz riskini artırmakla birlikte, kronik böbrek yetmezliği açısından da bağımsız bir risk faktörüdür (18).

Obezitede; glomerüloskleroz ve artan glomerüler filtrasyon hızına bağlı nefron kaybı, HT ve Tip 2 Diyabetes Mellitus (DM) sonucu kronik böbrek yetmezliği ortaya çıkar. Renal disfonksiyonun ilerlemesi sodyum retansiyonu, hipervolemi ve HT'a sebep olarak glomerüler hasarı derinleştirir (11).

1.1.3.4. Gastrointestinal Sistem

Obez hastalarda, gastroözofageal reflü hastalığı (GÖRH) ve diafragmatik hiatus hernisi görülme sıklığı artmış olup, artan intrabdominal basınç nedeniyle de aspirasyon pnömonisi oluşması daha kolaydır. Bu durumla birlikte mide içeriğinin pH'ı azalmış ve miktarı ise artmıştır (17).

1.1.3.5. Hematolojik Sistem

Obezitede ortaya çıkan derin ven trombozu ve tromboemboli riskindeki artışın nedenleri; bozuk fibrinolize bağlı hiperkoagülabilité, kronik hipoksemiye bağlı polistemi, vena kava kompresyonuna ve hareketsizliğe bağlı venöz göllenmedir (11).

1.1.3.6. Endokrin Sistem

Obezitede; glukoz toleransında bozulma, hiperglisemi ve artmış insülin direnci görülmesinden dolayı sıklıkla Tip 2 DM ve Metabolik Sendrom obeziteye eşlik etmektedir (11). Tip 2 DM olan hastaların %80'inde obezite mevcuttur. Tedavi edilen obezite, Tip 2 DM tedavisine büyük oranda katkı sağlar.

Obezitede ortaya çıkan insülin rezistansı ve dislipidemi nedeniyle karaciğerde non-alkolik steatohepatoz ve fibrozise bağlı siroz gelişme ihtimali vardır. Hirsutizm, polikistik over, erektil impotans, infertilite gibi hormonal problemlerin obeziteyle beraber görülme sıklığı artmıştır (19).

1.1.4. Tedavi

Obezite tedavisindeki yöntemler; diyet, spor, psikolojik destek, davranış terapisi, medikal tedavi ve cerrahi olarak sıralanmaktadır. Birçok hastaya uygulanan diyet, egzersiz ve çeşitli ilaç tedavilerine rağmen kalıcı sonuçlar elde edilememiştir. Obezite, eşlik eden hastalıklar sebebiyle erken yaşta ölüme yol açması, epidemik bir sorun olması ve tedavisinde cerrahi dışı yöntemler kullanıldığında kilo veren kişilerin 24 ay içerisinde %66'sının eski kilolarını geri alması nedeniyle tedavi seçenekleri arasında cerrahi prosedürler ön plana çıkmaya başlamıştır (20).

Obezitede kilo verilmesi amacıyla yapılan cerrahi işlemler, bariatrik cerrahi olarak adlandırılır. Bariatrik cerrahinin; kilo kaybının kalıcı olmasında, yaşam kalitesi ve süresinin artışında oldukça etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Bariatrik cerrahi teknikleri laparoskopik olarak uygulanabilmekte olup laparoskopik uygulamalarla açık cerrahi yaklaşımlar kadar efektif sonuçlar elde edilmektedir (20).

Yaşı 18-65 arası, VKİ ≥ 40 kg/m² olan veya VKİ 35-40 kg/m² olmakla beraber obeziteyle ilişkili tip 2 DM, hipertansiyon, hiperlipidemi, non-alkolik karaciğer yağlanması, kardiyovasküler hastalıklar ve OSAS gibi respiratuar sistem bozukluğu olan hastalar bariatrik cerrahiye aday durumundadır. Obezitenin psikiyatrik veya başka

ilaçla ilişkili olmaması, 2 yıldan uzun süredir cerrahi dışı yöntemlerle kilo verilememesi, obeziteye bağlı ortaya çıkan ve hayati risk oluşturan ek hastalıkların varlığı, gebeliğin olmamasıyla beraber 2 yıl süreyle planlanmaması ve hastaya süreçle ilgili yeterli bilginin verilmiş olması gibi konular bariatrik cerrahi planlanırken dikkat edilmesi gereken hususlardır (21).

1.1.4.1. Bariatrik Cerrahi Teknikleri

- **Restriktif yöntemler;** Ayarlanabilir gastrik band, Sleeve gastrektomi
- **Malabsorbif yöntemler;** Biliyopankreatik diversiyon (BPD), Jejunioileal bypass
- **Restriktif ve malabsorbif yöntemler;** Roux-en-Y gastrik bypass, BPD ile beraber duodenal switch

Hastaya cerrahi işlemden önce tedavi yöntemiyle ilgili neler yapılacağı, tedavinin faydaları ve gelişebilecek komplikasyonlar anlatılarak uygun yöntemin belirlenmesi önerilmektedir. Roux-en-Y gastrik bypass, sleeve gastrektomi ve ayarlanabilir gastrik band en sık uygulanan bariatrik cerrahi seçenekleridir (22).

1.1.4.1.1. Sleeve Gastrektomi

Sleeve Gastrektomi; midenin fundus ile beraber lateral bölgeden %80'inin alınıp pilorun korunduğu ve tüp şeklinde yeni bir mide yapıldığı laparoskopik cerrahi işlemdir. Uygulama sıklığı giderek artan sleeve gastrektomi, güvenli ve etkili bir yöntem olarak bariatrik cerrahi seçenekleri arasında yerini almıştır (22).

Sleeve gastrektomi, uzun süreli cerrahi işlemi tolere edemeyecek yüksek riskli hasta gruplarında riski azaltmak amacıyla tercih edilen bir tekniktir. Sleeve gastrektomi sonrası tip 2 DM remisyon oranı %66,2 olduğu, hastaların %15'inde ise yeni bir bariatrik cerrahi gerektiği belirtilmektedir. Sleeve gastrektomi geçiren hastaların, cerrahiden 2 yıl sonra %50'sinde komorbiditelerinin gerilediği gösterilmiştir (23).

1.1.4.1.2. Roux-En-Y Gastrik By-Pass

Morbidite ve mortalitesinin diğer tekniklere göre benzer oranlarda olması ve kalıcı kilo kaybını desteklemesi sebebiyle Roux-en-Y gastrik by-pass, bariatrik cerrahi seçenekleri arasında altın standart olarak kabul edilmektedir. Mideden tamamen bağımsız küçük hacimli (<20 mL) bir mide poşu yapıldıktan sonra gastrojejunostomi

ve jejunioileal anastomoz yapılır. Operasyon sonrası ilk yıl içerisinde hastalar istenmeyen kiloların %60-80'inden kurtulur. Verilen kilolar sayesinde eşlik eden hastalıklarda belirgin düzeltilmeler görülür, buna bağlı olarak mortalite <%1 ve morbidite %15 seviyelerine geriler (23).

1.1.4.1.3. Ayarlanabilir Mide Bandı

En az invaziv olan bariatrik cerrahi tekniktir. Mide kelepçesi olarak da adlandırılan bu teknikte midede herhangi bir kesi yapılmaz. Midenin girişine yakın ve 25-30 ml hacim kalacak şekilde, mide etrafına ayarlanabilir silikon bir band yerleştirilir. Ayarlama yapılabilmesi için cilt altına uzanan bir port yerleştirilir. Ayarlanabilir mide bandı operasyonundan sonra verilen kilo miktarı diğer bariatrik cerrahi tekniklerine göre daha azdır. Ayda ortalama 2-3 kg'lık kilo kaybına neden olur (23).

Ayarlanabilir mide bandı operasyonu, diğer bariatrik cerrahi tekniklere göre daha az morbidite ve mortaliteye sebep olmasına rağmen uzun süreli takiplerde bandın çıkarılma oranı çok fazladır, bu yüzden de rutin kullanımdan giderek uzaklaşmaktadır (23).

1.2. Obezite ve Anestezi

Obezite; anatomik, fizyolojik ve sistemik farklılıklara sebep olduğundan, obez hastalar anestezi açısından yüksek riskli olarak kabul edilmelidir. Bariatrik cerrahide anestezi yönetimi, normal kilolu hastalara göre daha zordur ve ekip çalışmasına ihtiyaç vardır. Bariatrik cerrahi yapılan merkezlerde laparoskopik tekniklerin tercih edilmesi, anestezi yönetiminde kısa etkili ilaçların tercihi, kardiyovasküler stabilite, hızlı derlenme, erken mobilizasyon, postoperatif bulantı, kusma ve ağrının önlenmesi gibi konular ön plana çıkmaktadır. Bariatrik cerrahide anestezi açısından dikkat edilmesi gereken hususlar; anestezi indüksiyonunda ve idamesinde kullanılan ilaçların seçimi ve dozları, entübasyon, ventilasyon stratejisi, oksijenasyon, sıvı yönetimi, ekstübasyon ve postoperatif analjezi sağlanması şeklinde sıralanabilir. Obez bireylerde yapılacak olan işlemler normal bireylere göre daha komplike olabilir ve bu ihtimale karşı işlem öncesi gerekli malzeme ve fiziki koşullar denetlenmelidir (24).

Bariatrik cerrahi uygulanacak OSAS'lı hastalarda ameliyat öncesi sürekli pozitif havayolu basıncı (CPAP) veya iki seviyeli pozitif havayolu basıncı (BİPAP)

uygulaması önerilmektedir. Solunumu baskılayan ajanlarla premedikasyon yapılması; peroperatif hipoksi, hiperkapni ve OSAS görülme riskini artırabilir. Kan basıncı ölçümünden sağlıklı sonuçlar elde etmek için uygun boyuttaki bir manşon tercih edilmelidir (13).

1.2.1. Obezite Cerrahisinde Anestezinin Solunum Mekaniklerine Etkisi

Obezite; solunum mekaniği, hava yolu ve göğüs duvarı rezistansı, solunum kaslarının fonksiyonları, akciğer volümleri, solunum kontrolü ve gaz değişimi üzerine olumsuz etkiler oluşturarak, efor kapasitesini düşürür. Zor hava yolu yönetimi, fonksiyonel rezidüel kapasite kaybı, anestezi indüksiyonuna bağlı hızlı desatürasyon, OSAS, kronik solunum yetmezliği, pulmoner hipertansiyon, derin ven trombozu gibi nedenlerden ötürü obezitede solunum mekaniği bozulmuştur (25).

Vücut ağırlığında oluşan artış nedeniyle obezlerde hem göğüs duvarı, hem akciğer kompliyansındaki azalmaya bağlı olarak total akciğer kompliyansında azalma oluşmaktadır. Bu durum artmış pulmoner kan akımı ve artmış kapanış volümüyle açıklanabilir. Artmış yağ dokusunun toraks ve abdomene uyguladığı baskı elastik yükü arttırarak kompliyansın azalmasına neden olabilir (25, 26).

Obez bireylerde solunum kaslarının dayanıklılığı daha belirgin derecede azalmıştır. Ayrıca, morbid obezlerde diafragmada oluşan yağ infiltrasyonunun kas gücünde azalmadan sorumlu olduğu gösterilmiştir (25). Morbid obezlerde en önemli solunum kası olan diafragmanın aşırı gerilmesine bağlı olarak kas gücü ve aktivitesinde azalma meydana gelir. Solunum kaslarının efektif çalışmamasının bir sonucu olarak da solunum işi artar ve bu da solunum kaslarında yorgunluk ile sonuçlanır (26).

Obezlerde Ventilasyon / Perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu ve artmış solunum işi sık rastlanılan bir bulgudur. Obez bireylerde ventilasyon üst loblarda baskın, perfüzyon ise alt loblarda baskın olduğundan V/Q uyumsuzluğu ve hipoksemi söz konusudur. Bununla birlikte ventilasyonda da azalma mevcuttur ve hiperkarbi de saptanır. Hipoksi ve hiperkarbiye ventilasyon yanıtının düşük olması, mekanik faktörler ve solunum kas güçsüzlüğü hipoventilasyonun nedeni olarak gösterilmektedir (25). V/Q uyumsuzluğunun da katkısıyla obezlerde görülen

hipoksida ve P(A-a)O₂ gradyentinde kilo kaybını takiben belirgin düzelme gözlenmiştir.

Obez bireylerde, artmış solunum işini kompanse etmek amacıyla, solunum paterninde değişiklikler izlenmektedir. Obez hastalarda görülen metabolizma hızlanması ve dokuların iş yükü artışı nedeniyle hem oksijen tüketimi hem de karbondioksit üretimi artmaktadır. Obez bireylerde; VKİ arttıkça total solunum sistemi rezistansında artma, total solunum sistemi kompliyansında ve akciğer volümlerinde azalma ile ortaya çıkan solunum iş yükü, normal bireylere göre %70 daha fazla ve harcanan oksijen miktarı ise 4 kat daha fazladır (25). Bu durum kardiyak debi ve alveolar ventilasyon ihtiyacında artışa sebep olarak çoğunlukla dakika ventilasyon artışıyla tolere edilmeye çalışılır. Solunum frekansı normal bireylerden %40 daha fazladır. Ekspirasyon süresinin belirgin derecede kısılmasıyla birlikte inspirasyon süresinin solunum süresine oranı normal düzeylerde (27).

Hiperkapnik stimülasyon sonrasında obez olmayan kontrol grubuyla kıyaslandığında obezlerin solunum frekansının daha fazla olduğu, ekspirasyon süresinin daha kısa olduğu, ekspirasyon sonu akciğer volümü ve PEEPi artışı gösterilmiştir. Aynı zamanda normokapnik obez bireylerde de solunum frekansının ve beraberinde solunum iş yükünün de arttığı gösterilmiştir. Hipoksiye cevap, morbid obez hastalarda azalmasına karşın basit obezitede normal ya da artmış olarak bulunmuştur. Progresif egzersiz sırasında santral obezitesi olan bireylerde daha yüksek O₂ ihtiyacı, daha hızlı ve yüzeysel solunum, daha düşük bir anaerobik eşik gözlenmiştir (25- 28).

Obez hastalarda çabuk yorulma ve nefes darlığı şikayetleri en sık hastaneye başvuru sebeplerindedir. Obezitede ortaya çıkan pulmoner kan akımı artışı ile periferik hava yollarındaki kollaps, akciğer kompliyansında azalmaya neden olur. Torakal bölgede artan yağ dokusu, göğüs duvarı ekspansiyonunu ve kompliyansını azaltır. Sonuç olarak obezite hem göğüs duvarı kompliyansını hem de akciğer kompliyansını azaltarak total solunum sistemi kompliyansında azalmaya neden olmaktadır. Obez bireylerdeki pulmoner kompliyansın normal bireylere kıyasla %35 oranında daha az olduğu gösterilmiştir (29).

Anestezi altındaki hastalarda VKİ arttıkça fonksiyonel rezidüel kapasitede (FRC), akciğer kompliyansında ve oksijenizasyonda azalma hava yolu direncinde ise artış olduğu bilinmektedir. Obezitede; ekspiratuar rezerv volüm (ERV), FRC ve total

akciğer kapasitesinde (TLC) azalma olduğu bilinmektedir. Obez hastalardaki ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğu sonucunda solunum frekansı artar, kompliyans, FRC ve ERV azalır. Obez hasta akciğerinde, ERV ve FRC en fazla sınırlanan volümlerdir. Genel anestezi altında obez olmayan hastalarda FRC'de %20 bir azalma görülürken, obezlerde bu oran %50'ye kadar çıkabilir. Ekspiratuar rezerv volüm, kapanma volümünün altına düştüğünde; normal solunum esnasında havayolu kapanır ve alveollerde yetersiz havalanma başlar. Bu durumda ventilasyon-perfüzyon bozukluğu, sağdan sola şant ve arteriyel hipoksemi ortaya çıkar (30).

Ayrıca obez hastalarda ekspiryum sonu akciğer volümü ve ekspirasyon sonu pozitif basınç (PEEP) artışı gösterilmiştir. VKİ'ndeki artış, birinci saniyedeki zorlu ekspiratuar volumde (FEV1) ve zorlu vital kapasitede (FVC) azalmaya neden olur. Bu azalma orantılı olduğundan FEV1/FVC değeri sabit kalır. Obez hastalarda VKİ'ndeki azalmayla birlikte zorlu ekspirasyon ortası akım hızı (FEF 25-75) değerinde artış olduğu ve nefes darlığı şikayetinde azalma olduğu gösterilmiştir (31).

Ekspiratuar rezerv volüm hasta apnedeiken kullanılan oksijen kaynağı olup obez hastalarda bu değer azalmasına bağlı preoksijenizasyonun etkisi azalmaktadır. Hemoglobinin desatüre olması (SpO₂'nin % 90'ın altına inmesi) için geçen süre kısalmıştır. Obez hastalarda anestezi indüksiyonunun hemen ardından apne sürecindeki desatürasyon zamanı daha kısa olacağından preoksijenizasyona önem verilmesi gerekir. Obez hastalarda kısıtlı olan akciğer kapasitesi supin pozisyonda belirgin bir şekilde azalır. Obezitede perioperatif dönemde atelettazi, hipoksemi, pulmoner tromboemboli, aspirasyon pnömonisi ve akut solunum yetersizliği gibi komplikasyonların görülme riski artmıştır (32).

1.2.2. Preoperatif Hazırlık

Preoperatif değerlendirmede ekokardiyografi ile pulmoner hipertansiyon, sağ ventrikül hipertrofisi veya sağ ventrikül yetmezliğinin varlığı değerlendirilmelidir ve gerekirse hastaların operasyon öncesi uygun tedavileri yapılmalı, ayrıca postoperatif dönem hasta bakımı planlanmalıdır (33).

Üst torasik ve alt servikal bölgedeki yağ birikimi sonucu atlanto-aksiyel eklem ve servikal omurda hareket kısıtlılığı, faringeal bölgedeki yağ birikimi sonucu hava yolunun daralması ve kısa kalın boyun varlığı sebebiyle zor entübasyon ve/veya zor maske ventilasyonu düşünülerek hazırlıklı olmak gerekir (34).

1.2.3. Anestezi Ajan Seçimi ve Doz Ayarlaması

Obezitede kullanılan anestezi ajanlarının farmakokinetikleri ve farmakodinamikleri değişkenlik göstermektedir. Anestezi ajanlarının birçoğunun doz ayarlaması yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Obez hastalarda bazı ilaç dozlarının gerçek vücut ağırlığına (RBW) göre hesaplanmasının sebebi; yağ oranındaki artışın yağda çözünen ajanların dağılım hacmini artırarak hedeflenen plazma konsantrasyonuna ulaşmak için daha yüksek miktarlarda ilaç yükleme dozu ihtiyacının ortaya çıkmasıdır (35).

Morbid obez bireylerde anestezi ilaçlarının uygun ve güvenli doz aralığında uygulanması önemli bir sorundur. Normal kilolu bireylerde anestezi ilaç dozu total vücut ağırlığı baz alınarak hesaplanır. 160 kg olan bir obez bireyde 80 kg olan bir bireye göre dağılım hacmi ve klerens değeri iki kat fazladır. Obez bireyler lipofilik ilaçları hidrofilik ilaçlara göre daha iyi metabolize ederler. Anestezi ilaçlarının yağdaki çözünürlüğü ve dokulardaki dağılımına bağlı olarak obezitenin farmakokinetik parametrelere etkisi değişir. Obezlerde, ilaç dozlarının ayarlanması yükleme dozu için dağılım hacmi, idame dozu için klerens göz önüne alınarak yapılmalıdır. İdeal ilaç dozunun ayarlanması hastanın ideal vücut ağırlığı, yaşı, cinsiyeti ve hastanın durumuna göre yapılmalıdır.

Farmakokinetik çalışmalar, zayıf ya da orta derecede lipofilik ilaçların (vekuronyum gibi) esas olarak yağsız dokularda dağıldığını ve ideal vücut ağırlığı baz alınarak doz hesabı yapılması gerektiğini vurgular. Eğer klerens, obez olmayanlardaki kadar veya azalmışsa, idame dozu için ideal vücut ağırlığı esas alınır. Eğer klerens obezite ile artmışsa, o zaman idame için total vücut ağırlığı esastır. Adipoz dokuda kısmen dağılan ilaçlar değişken farmakokinetiğe sahiptir, genellikle dağılım hacminin değişikliği nedeniyle etkileri uzamıştır ve klerens oranlarındaki değişiklikler nedeniyle de etkileri tahmin edilemeyebilir (35).

Barbitürat gibi yüksek yağ çözünürlüğü olan ilaçlar artmış dağılım hacmi ile ilişkili artmış yarılanma ömrüne sahiptir. Tiopentalin eliminasyon yarı ömrü, obez hastalarda (27,8/saat), obez olmayanlara göre (6.33/saat) belirgin uzun bulunmuştur. Benzodiazepinler de daha lipofiliktir ve tek intravenöz dozları total vücut ağırlığına, infüzyon dozları azalmış klerensleri nedeniyle ideal vücut ağırlığına göre yapılır (36).

Teorik olarak, yağ depolarındaki artış yağda çözünen ilaçların (benzodiyazepinler, opioidler gibi) dağılım hacimlerini artırdığı bilinmektedir. fentanil ve sufentanil gibi yağda çözünür opioidlerin doz ayarlaması total vücut ağırlığına göre, morfin, hidromorfon, alfentanil ve remifentanil gibi lipid çözünürlüğü olmayan opioidlerin doz ayarlaması ideal vücut ağırlığına göre yapılmalıdır. Remifentanil dozunun yüksek uygulanması apne, toraks rijitidesi, bradikardi ve hipotansiyon gibi yan etkilerle sonuçlanır (37).

Propofol, lipofilik olup hızlı etki başlangıcı ve kısa etki süresinden dolayı genel anestezi için ideal bir indüksiyon ajanı olarak kullanılmaktadır. propofolun yağda çözünürlüğü fazla olmasına rağmen, yüksek klerensi nedeniyle doz ayarlaması total vücut ağırlığına göre yapılmalıdır. desfluran ve sevofluran gibi volatil anestezipler, eski inhalasyon anestezipleri ile kıyaslandığında daha az lipid çözünürlüğüne sahiptir ve anestezinin idamesinde kullanılabilir. Tiyopental dozu ise ideal vücut ağırlığına göre hesaplanmalıdır (38).

Kas gevşeticiler hidrofilik ilaçlardır. Süksinilkolinin doz ayarlanması obezlerde psödokolinesteraz aktivitesinin artmasından dolayı total vücut ağırlığına göre yapılır. Veküronyum, roküronyum ve cisatraküryum gibi non-depolarizan nöromusküler blokörlerin hidrofilik ve polar yapıda olması dağılım hacimlerini sınırladığından, uzayan etki sürelerinden sakınmak için bu ajanların doz ayarlaması ideal vücut ağırlığına (IBW) göre hesaplanmalıdır. Klinik kullanımda hızlı etki başlangıcı için yüksek doz nöromusküler blokör ajan tercih edilmesi sonucunda bu ilacın etki süresinin uzayabileceğini göz önünde bulundurmak gerekir (39).

Sugamadeks, roküronyum gibi steroid yapılı nöromusküler bloker ajanların etkilerini sonlandıran, zayıf lipofilik farmakokinetik profile sahip yeni bir moleküldür. Genel kanı, roküronyum gibi sugamadeksin de doz ayarlamasının ideal vücut ağırlığına göre yapılmasıdır. Obez bireylerde kas gevşeticileri mutlaka antagonize edilmesi gerekir, kas gevşeticilerin artık etkisi ölümcül olabilir.

1.2.4. Hasta Pozisyonunun Etkileri

Özellikle morbid obez hastalarda pozisyon özel bir dikkat gerektirir. Laparoskopik cerrahi sırasında hastaya, yerçekiminin de yardımıyla abdominal organların cerrahi alandan uzaklaşacağı biçimde pozisyon verilir. Mümkünse, belirgin hemodinamik ve solunumsal değişiklikleri engellemek için baş-aşağı veya baş-yukarı eğim 15°'yi geçmemeli ve yavaşça kademeli olarak arttırılmalıdır (40).

Supin pozisyon ventilatuvar yetmezliğe, inferior vena kava ile aorta kompresyonuna neden olur. Supin pozisyonda gluteal kaslara basıdan dolayı rabdomiyoliz, renal yetmezlik ve ölümlü sonuçlanan komplikasyonlar bildirilmiştir. Trendelenburg pozisyonu FRK'yi daha da kötüleştirir.

Ters Trendelenburg pozisyonu ise anestezi indüksiyonu sırasında en uzun ve güvenilir apne periyodunu sağlar. Ters Trendelenburg pozisyonunda venöz dönüş azalması ile kalp debisi, ortalama arteriyel basınç ve kardiyak indekste oluşan azalmaya bağlı olarak hemodinamik değişikliklerde kötüleşme görülmektedir. Ayrıca alt ekstremitelerde kan göllenmesi ve böylece venöz tromboz ve pulmoner emboli riski artar. Trendelenburg pozisyonunda ise venöz dönüş ve kardiyak debinin artması alveolar ölü boşluğu azaltır, pnömoperitonyumun olumsuz kardiyovasküler etkilerini bir dereceye kadar hafifletir. Ancak baş ve boyun bölgesinde gelişen venöz konjesyon serebral perfüzyonu bozabilir, intrakraniyal ve intraoküler basınç artar.

1.2.5. Hava Yolu Yönetimi

Obez hastalarda solunum mekaniklerinde oluşan değişikliklere ilave olarak maske ventilasyonu, laringoskopi ve entübasyon kolay değildir. VKİ>26 olanlarda maske ventilasyonundaki güçlük 3 kat artmıştır. Bunun nedenleri; boyun bölgesinde artmış yağ depolanması, orofaringeal anatomideki oluşan değişiklikler ve büyük dil, ayrıca servikal ve torakal bölgede biriken yağ dokusu nedeniyle atlantoaksiyal eklem kısıtlılığı laringoskopi uygulaması sırasında kısıtlılıklara neden olur ve direkt laringoskopi güçleşir (41). Güç entübasyonun geleneksel belirteçleri obezlerde daha az yol gösterici olduğu için tahmin etmek de zordur. Mallampati skorlaması, tiromental ve sternomental mesafe, ağız açıklığı, uzun ve önde dişler, boyun hareketlerinde kısıtlılık, retrognati ve Wilson sum skoru mutlaka obez hastalarda değerlendirilmelidir. Acil havayolu geçişlerinin hazır bulundurulması gerekir. Bunların

içinde larengeal maske ve fiberoptik bronkoskop bulunmalıdır. Zor entübasyon düşünülen hastada fiberoptik ile uyanık entübasyon düşünülebilir. VKİ>46 olan hastalarda zor entübasyon olma riski %13'tür (42).

1.2.6. Monitorizasyon

Laparoskopik anestezide monitorizasyonda oksijenizasyon ve ventilasyon parametreleri, EKG, noninvaziv kan basıncı ve ısı izlemine içeren rutin monitorizasyon yeterli olur. İnvaziv arteriyel basınç ölçümü noninvaziv basınç kafi uygun yerleştiremeyen veya laparotomi yapılacak obez bireylerde uygulanmalıdır ve bu amaçla ön kol, bacak gibi alternatif bölgeler kullanılabilir. Venöz damar yolu açmanın ve noninvaziv kan basıncı izlemine mümkün olmadığı morbid obez hastalarda, ultrason eşliğinde santral venöz kateterizasyon ve arter kanülasyonu düşünülebilir. Nöromusküler blokajın takibi için sinir stimülatörü kullanılabilir. Morbid obez hastalarda anestezi derinliğinin de monitörize edilmesi uygundur. BIS monitorizasyonu yapılabilir (43).

1.2.7. Postoperatif Bakım

Ameliyat sonrası iyileşme dönemi, açık cerrahilere göre laparoskopik cerrahilerde daha kısa sürmektedir. Bulantı ve kusma postoperatif dönemdeki en sık karşılaşılan komplikasyonlar arasında olup, hastaların % 40-75'inde ortaya çıkabilir. Postoperatif bulantı ve kusma; ağrının şiddetini artırabilir, sıvı – elektrolit dengesini bozabilir, kanamaya neden olabilir ve bu durumlara bağlı olarak hastanede yatış süresini uzatabilir. Preoperatif dönemde profilaktik olarak antiemetik ilaç uygulaması, hastaların bulantı ve kusma şikayetlerini azaltabilir.

Laparoskopik cerrahilerde batın içindeki irritasyona bağlı ortaya çıkan karın ve omuz ağrısı ile cerrahi alandaki ağrının tedavisi için opioid ve/veya NSAİ ilaçlar kullanılabilir (44).

1.2.8. Postoperatif Komplikasyonlar

Obez hastalarda ekstübasyon sonrası solunum komplikasyonları görülme olasılığı fazladır. Bu hastalar desatüre olmaya ve atelettazik olmaya daha eğilimli olup, bazen reentübasyon ve mekanik ventilasyon tedavisi gerekebilir. O yüzden bu hastalar nöromusküler aktivite tamamen normale gelene dek ekstübe edilmemelidir.

Bariatrik cerrahi sonrası karşılaşılan pulmoner emboli, derin ven trombozu ve yara yeri enfeksiyonu gibi durumlar sık görülen komplikasyonlar arasındadır (36).

Preoksijenasyon, CPAP ve intraoperatif PEEP gibi uygulamalar postoperatif solunumsal komplikasyonları azaltır. Preoksijenasyonun etkili olması için, baş 25 derece yukarıda CPAP uygulayarak yapılmalıdır. Tidal volüm ya da solunum sayısını değiştirmek arteriyel oksijenizasyonu düzeltmez. Genel anestezi uygulanan morbid obez hastalarda postoperatif solunumsal komplikasyonlar daha sık görülür, bunu engellemek için akciğer recruitment manevrası ve PEEP uygulanabilir. Anestezi indüksiyonu sırasında uygulanan 10 cm H₂O PEEP atelektaziyi önler, daha iyi oksijenizasyon sağlar ve hipoksi gelişmeden önceki apne süresini uzatabilir (45). Obez hastalarda OSAS'ın varlığı önemlidir. OSAS olan hastalar hipnotiklerin ve opioidlerin solunum yolu kas tonusu ve solunum üzerine etkili olan depresan etkilerinin sonuçlarına daha duyarlıdır.

Obez hastalarda cerrahi sonrası oluşan stres yanıtı eşlik eden hipermetabolizma ve hiperkatabolizma nedeniyle oksijen gereksinimi artmaktadır. Bu artış postoperatif dönemin erken evresinde %50'ye ulaşır. Obez hastalarda anestezi indüksiyonu ile normal kilodaki bireylere göre kardiyak indekste daha büyük bir azalma olur. Obez hastalarda, myokard enfarktüsü ve postoperatif dönemde yeni gelişen atrial fibrilasyona rastlanabilir. Bu hastalarda ameliyat sonrası dönemde de yakın kardiyak monitorizasyona devam edilmelidir (46). Obezite ve postoperatif mortalite ile ilişkili çalışmalarda herhangi bir ilişki gösterilememiştir. Obezite hipoventilasyon sendromu, OSAS veya solunum mekaniklerindeki bozulma nedeniyle postoperatif pnömoni, atelektazi ve pulmoner emboli gelişme riski fazladır. Bu riskler nedeniyle obez hastalarda postoperatif yoğun bakıma desteği gerekebilir (47).

1.3. Laparoskopi ve Anestezi

Laparoskopik cerrahide anestezi ve cerrahi teknikteki gelişmeler, son yıllarda büyük ölçüde artmıştır. Laparoskopi daha düşük riskler taşımakla beraber klinisyenler bazı komplikasyonlar açısından uyanık olmalıdır, bunlar; gaz embolisi, kontrol edilemeyen kanama, artmış parsiyel karbondioksit basıncı, arteriyel kan basıncı ve kalp hızındaki değişikliklerdir (48).

Günümüzde laparoskopik cerrahi girişimler, safra kesesi patolojileri yanında gastrik, kolorektal, splenik hastalıklar ve abdominal duvar hernilerinin tedavisinde, ayrıca karaciğer hastalıklarının teşhisinde ve abdominal travmada kullanılmaktadır. Aorta-mezenterik bypass, radikal sistektomi, radikal prostatektomi, distal pankreatektomi gibi ileri düzey cerrahiler de artık laparoskopi ile yapılabilmektedir (48).

Laparoskopik cerrahi girişimlerde, abdomenin görüntülenebilmesi ve manipülasyon için periton boşluğuna gaz insüfle edilerek abdominal organların karın ön duvarından uzaklaşması amacıyla pnömoperitonyum oluşturulur. Pnömoperitonyum oluşturmak için kullanılacak ideal gaz; minimal peritoneal absorpsiyonu ve minimal fizyolojik etkisi olan, hızlı atılan, yanıcı özellikte olmayan, yüksek kan çözünürlüğüne sahip ve intravasküler emboli riski düşük olan gazdır.

İnsüflan gazın seçimi; kandaki çözünürlük, dokulardaki geçirgenlik, yanıcı özellik, maliyet ve diğer sistemik yan etkiler göz önüne alınarak yapılır.

İnsüflasyon için en sık kullanılan gaz, ideal gazın özelliklerine en yakın olduğu ve güvenilirliği kanıtlanmış olduğu için karbondioksittir. CO₂'nin yanıcı özelliği yoktur. Çözünürlüğü yüksek olduğu için işlem sonrasındaki rezidüel CO₂ diğer gazlara göre daha hızlı ve güvenli bir biçimde, solunum yoluyla temizlenir. Postoperatif rahatsızlık süresi kısadır. Ancak, CO₂'nin transperitoneal emilimi nedeniyle önemli dezavantajı hiperkapni ve respiratuar asidozdur (49).

CO₂ absorpsiyonu gazın çözünürlüğüne, peritoneal kavitenin perfüzyonuna ve pnömoperitonyumun süresine bağlıdır. İşlem sırasında; arteriyel karbondioksit basıncı (PaCO₂), miks venöz kan karbondioksit basıncı (mvPCO₂) ve alveolar karbondioksit basıncı (PACO₂) gaz insüflasyonunun 5. dakikasında 10 mmHg artar. Arteriyel karbondioksit basıncı, CO₂ pnömoperitonyumundan yaklaşık 15-30 dakika sonra progresif olarak plato düzeyine ulaşır. Bu nedenle PaCO₂'de bu düzeyden sonra ortaya çıkan belirgin artışların CO₂ insüflasyonu ile ilişkili olup olmadığı araştırılmalıdır.

Peritoneal absorpsiyon sonrasında CO₂ akciğerlere taşınır ve buradan solunum yoluyla atılır. Endojen tampon sistemleri yüksek CO₂ basınçlarına uyum sağlamayı kolaylaştırır ve akciğer yoluyla CO₂ atılımını hızlandırır, çoğu sağlıklı insanda CO₂ basıncındaki artış ve buna bağlı pH'daki azalma klinik olarak bir önem taşımaz; ancak

nadir görülmesine karşın uzun süren CO₂ pnömoperitonyumu laktik asidoz ile sonuçlanabilir (50).

Kronik obstrüktif akciğer hastalıkları, restriktif akciğer hastalıkları, morbid obezite gibi akciğer rezervi kötü olan hastalarda CO₂ pnömoperitonyumuna bağlı hiperkapni ve asidoz riski daha yüksektir (50).

Laparoskopik cerrahi sırasında intraabdominal basınç artışına bağlı olarak akciğer volümü ve pulmoner kompliyans azalır, tepe inspiratuar basıncı artar. Artmış İAB sonucu diyafragma hareketlerini kısıtlamasına bağlı olarak küçük hava yollarında erken kapanma, intraoperatif atelektazi ve bununla birlikte FRK'de azalma meydana gelir. FRK'de oluşan azalma pnömoperitonyum ile alveollerin kollapsına, intrapulmoner şantların artışına ve sonuçta da hipoksemiye neden olabilir. Bu durumu düzeltmek için, şu manevralar yapılmaktadır; PEEP, Ters trendelenburg pozisyonu verilmesi, solunum frekansının artırılması ve düşük insüflasyon basıncı uygulamasıdır. Bu manevraların sonucunda FRK ve kompliyans artar (51).

Operasyon sırasında 12 ve 20 mmHg arasında uygulanan insüflasyon basınçları İAB'de artışa neden olarak kalbe venöz dönüşü arttırmaktadır. Kalbin artan ön yükü; artmış kardiyak debi, atım hacmi ve ortalama arteriyel basınç ile sonuçlanabilen özellikle iyi hidrate olmuş sağlıklı bireylerde cerrahinin başında gözlenen bu yanıt zamanla değişir.

Pnömoperitonyuma bağlı basınç artışı sonuçta vena kavadaki venöz dönüşü azaltırken; arteriyel sistem üzerindeki baskı yapıcı güçler sistemik direnci artırır. Bu durum, genellikle azalmış atım hacmi şeklinde kendini gösterir (50).

Normal kardiyovasküler fonksiyonu olan hastalar hemodinamik değişiklikleri iyi tolere edebilirler. İAB 15 mmHg üzeri iken venöz dönüşün bozulmasına bağlı olarak kardiyak atım hacmi azalır ve hipotansiyon görülür (52).

1.4. Anestezinin Solunum Mekaniklerine Etkisi

Anestezik ve diğer ilaçların etkisi, kas gevşetici ilaç kullanılması, anestezi derinliği, solunum fonksiyonunun preoperatif durumu, anestezi ve cerrahinin özellikleri ve ventilatörün ayarları gibi birçok etkenin ortak sonucu olarak solunum fonksiyonları etkilenmektedir. Anestezi santral depresyon, periferik kemoreseptörlerin depresyonu, kompliyansın azalması, ventilasyon ve perfüzyon (V/Q) oranı ve FRK'de

değişme, ölü boşluk artışı, pulmoner dolaşım, hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon ve cerrahi pozisyon nedeniyle solunum mekaniklerini etkilemektedir. Pozitif basınçlı ventilasyon uygulanması ile kompensatuar mekanizmalar devreye girer ve hemodinamik parametrelerde değişim nadiren gözlenir. Atım hacmindeki azalma, hızlı bir şekilde taşikardiye yol açar, arter ve venlerdeki konstriksiyona bağlı olarak sistemik vasküler dirençte ve periferik venöz basınçta artışa yol açar (53).

1.4.1. PEEP

Genel anestezi sırasında ventilasyonun inspirasyon fazı, anestezi makinesinin üst solunum yolunda oluşturduğu pozitif basınçla, ekspiryum fazı ise pasif olarak gerçekleşir. İnspirasyon sırasında toraks içinde artan basınç damarlara ve torakstaki diğer yapılara iletilerek büyük kan damarlarının basınç altında kalmasına yol açar ve santral venöz basınç artar. Ortalama hava yolu basıncı ne kadar yüksek ise bu etki de o kadar fazla olur. Böylece normal kalp fonksiyonu üzerine PEEP uygulamasının etkileri, sadece pozitif basınçlı ventilasyondan daha fazladır (53).

Anestezi altındaki normal kardiyak fonksiyonlara sahip hastalarda PEEP uygulamasının hemodinami üzerine olan etkilerini kompanse edebilirken, düşük kardiyak rezervli yada periferik dolaşım yetersizliği olan kişilerde bu kompanzasyonun sağlanmasında sorun yaşanabilir (54).

1.4.1.1 Klinikte PEEP Uygulaması

- Minimum veya Fizyolojik PEEP: Hastanın normal FRK'sini korumaya yardımcı olmak için minimum düzeylerde (3-5 cm H₂O) PEEP uygulanır. Minimum PEEP ile çok küçük miktarda havayolu basıncı uygulandığından genellikle bir komplikasyona yol açmaz.
- Orta Dereceli PEEP: Sınırları 5-15 cm H₂O' dur. En sık kullanılan terapötik
- PEEP aralığıdır. Azalmış FRK ve kompliyansın eşlik ettiği, artmış intrapulmoner şantın yol açtığı inatçı hipoksemi tedavisinde kullanılır.
- Maksimum PEEP: 15 cm H₂O' dan yüksek değerler yüksek PEEP olarak kabul edilir.
- Optimum PEEP (terapötik PEEP, tercih edilen PEEP): Artmış oksijen

- transportu, FRK ve kompliyansa azalmış şantın eşlik ettiği durumlarda, PEEP'in yararlı etkilerine maksimum düzeyde ulaşıldığı noktalardır. Bu düzeyde PEEP, azalmış venöz dönüş, azalmış kardiyak output, azalmış kan basıncı, artmış şant ile ölü boşluk ve barotravma gibi önemli kardiyopulmoner yan etkiler olmaksızın kullanılabilen en uygun PEEP'tir (54).
- Auto/İntrensek PEEP (PEEPi): Kronik obstrüktif akciğer hastalıkları
- (KOA)H)'nda akciğerlerin iyi boşalamaması nedeniyle akciğerlerde bir miktar hava kalır ve bu sürekli olarak bir pozitif basınç meydana getirir (54).

1.4.1.2 PEEP Endikasyonları

- ARDS (Akut Respiratuar Distres Sendromu)
- IRDS (Yenidoğanın İdiopatik Solunum Sıkıntısı Sendromu)
- Kardiyojenik pulmoner ödem
- Bilateral diffüz pnömoni
- Postoperatif atelektazi tedavisi (54).

1.4.1.3 PEEP Göreceli Kontrendikasyonları

• Hipovolemi; Hasta hemoraji ya da dehidratasyon nedeniyle hipovolemik şokta ise kardiyak outputu azaltılabileceği ve dolaşımı bozabileceği için PEEP zararlı olabilir.

• İntrakraniyal basıncı yüksek kişilerde PEEP, santral venöz basıncı arttırarak kafa içi basıncının daha da artmasına neden olabilir.

• Tek taraflı akciğer hastalığı (lober pnömoni, pnömoni vb.) olanlarda kan dağılımı ve akciğer ventilasyonu üzerinde istenmeyen etkilere yol açabilir.

• Yakın zamanda akciğer operasyonu geçirmiş kişiler, PEEP uygulanırken yakın takibe alınmalıdır (54).

1.4.1.4 PEEP Kesin Kontrendikasyonları

• Tedavi edilmemiş büyük pnömotoraks ve tansiyon pnömotoraks: Uygulanan pozitif basınç intraplevral mesafedeki hava miktarını arttırabilir ve fatal sonuç doğurabilir.

- Bronkoplevral fistül
- Barotravma
- Amfizematöz hastalıklar
- Bronşit
- Kot fraktürü (55).

1.4.2. Tepe İspiratuar Basınç (PIP; P_{tepe})

İspirasyon esnasında meydana gelen maksimum basınçtır. İspirasyon sırasında ölçülen iki basıncın toplamıdır; havayolu direncine karşı gazı ilerletmek için gerekli basınç ile alveolleri dolduran gaz volümünün basıncının toplamıdır (55).

Hastanın akciğer ve göğüs duvarının direncinden, kompliyansından ve hastanın solunum sistemine giren gazın akım hızından etkilenir. Dinamik kompliyansın (Cd) hesaplanmasında kullanılır. Barotravmadan kaçınmak için PIP<40 cm H₂O olmalıdır (53).

1.4.3. Plato Basıncı (P_{plato})

Gaz akımının olmadığı periyotta hastanın akciğerlerinde tidal volümün (TV) sürdürülebilmesi için gerekli olan basınç miktarını gösterir. Statik kompliyansın (C_s) ölçülmesinde kullanılır. Akciğer hastalığı olmayan bir hastada normal ventilasyon esnasında PIP, P_{plato}'ya eşittir ya da hafifçe yüksektir. Her iki basınçta da aynı anda yükselme, TV artışına ya da kompliyans azalışına bağlı olabilir. P_{plato} değişmeden PIP artar ise hava yolları direncine (endotrakeal tüpün kıvrılması, bronkospazm, sekresyon, yabancı cisim aspirasyonu, hava yollarına bası vb..) veya akım hızında bir artışa bağlı olduğu düşünülebilir. Barotravmadan kaçınmak için P_{plato}<30-35 cm H₂O olmalıdır (53).

1.4.4. Kompliyans

Akciğerin ve toraksın genişleyebilme kabiliyetidir. Birim basınç değişikliği ile oluşan hacim değişikliğidir. Akciğerin normal kompliyansı, akciğer dokusu ve onu çevreleyen toraks yapılarının kompliyanslarının toplamıdır. Normal değeri 150-200 ml/cm H₂O'dur. Endotrakeal entübasyon uygulanmış ve mekanik olarak ventile edilen erişkin erkekte 40-50 ml/cm H₂O, kadında ise 35-45 ml/cm H₂O'dur.

Akciğer kompliyansı transmural basınçta meydana gelen 1 Ünite değişiklikle akciğer volümünde meydana gelen değişikliktir. Kısaca kompliyans akciğer dokusunun ekspanse olma kapasitesidir, yani akciğerlerin şişirilebilme, gerilebilme kapasitesinin ölçütüdür. Akciğer dokusu ve göğüs kafesinin kompliyansı beraber total akciğer kompliyansı olarak bilinir.

1.4.1.1. Total Akciğer Kompliyansı (CTL)

CTL: Volüm değişikliği/Basınç değişikliği Kompliyans statik (C_s) ve dinamik (C_d) olmak üzere iki şekilde ölçülür. Statik kompliyans plato basıncından, dinamik kompliyans ise peak inspiratuar basınçtan hesaplanır. Statik kompliyans ölçümü sırasında akım olmadığı için gerçek akciğer dokusu kompliyansını yansıtır. Dinamik kompliyans ise akımın etkisi olacağından hava akımına karşı oluşan rezistanstan da etkilenir ve sonuçta saf kompliyans ölçümü değildir.

$$C_s = TV / (P_{\text{plato}} - \text{PEEP}) \quad C_d = TV / (PIP - \text{PEEP})$$

Statik kompliyans için normal değerler 70-150 ml/cm H₂O'dur. Dinamik kompliyans için normal değer 50-80 ml/cm H₂O'dur (56).

C_s 'yi azaltan nedenler:

- Hava hapsi
- Pulmoner ödem
- Atelektazi
- Konsolidasyon
- Pnömoni
- Pnömotoraks
- Hemotoraks
- Plevral efüzyon
- Pnömomediastinum
- Abdominal distansiyon
- Göğüs duvarı kompliyansındaki değişiklikler

1.4.5. Recruitment

Recruitment Manevrası (RM); bir stratejidir.

RM'nin başlıca amacı; akciğer hasarlarının tedavisinde kollabe ancak açılabilir akciğer alanlarını açmak (recruitment), açılan alveollerin yeniden kapanmasını (derecruitment) önlemek, siklik açılma-kapanmaya engel olmak ve sonuç olarak şantları azaltılarak oksijen tedavisine dirençli hipoksemiyi önlemektir (57).

Alveoller; normal tidal volüm (TV) ile açılabilir. Ancak tüm alveollerin sadece TV kullanarak açılması olası değildir. Parankimal hasar sonucu kollabe akciğerdeki sıvının viskozitesi ve yüzey gerilimi, TV ile açılmaya engel olur. Kollabe alveol hasarlı olsa da, olmasa da açılma işlemi için yüksek havayolu basıncına ve zamana ihtiyaç duyar (57).

'Recruitment'' uygulaması açısından önemli noktalar ya da kriterleri şunlardır;

- Kan gazı değerlendirilmesinde PaO₂'nin düşmesi veya daha yönlendirici olarak PaO₂/FiO₂ oranının 300'ün altına veya bazal değerinin %10 altına inmesi bir zamanlama kriteri olarak kullanılabilir.

- ALI veya ARDS tanısı konulmuş hastada erken dönemde RM içeren bir ventilasyon stratejisine geçilmelidir. ALI veya ARDS ventilasyonu sırasında "derecruitment" olasılığına ilişkin bulgu varsa uygulanmalıdır.

- Endotrakeal sekresyonların aspirasyonu veya başka bir gerekçe ile hastanın yapay solunum devresinden ayrılması ile hava yolunun atmosfer basıncı ile karşılaştırılması RM gerektiren bir zamandır.

- Alveollerin ventilasyon süresince açılıp kapanmalarına ilişkin krepatasyon benzeri solunum seslerinin varlığı RM için zamanlama kriteri olabilir.

- Akciğer grafisinde veya bilgisayarlı tomografide akciğerlerde buzlu cam ya da yamalı infiltrasyon görünümü varlığı ile beraber PaO₂/FiO₂ oranının 300'ün altında olması gereklidir.

- Volüm kontrollü ventilasyonda plato basıncın bazal değerine göre yükselmesi veya basınç kontrollü ventilasyonda bazal değerine göre soluk hacminin azalması RM zamanlaması konusunda uyarıcı olabilir. Doğal olarak burada hava yolu obstrüksiyonu veya sekresyon varlığı gibi diğer spesifik nedenler ayırt edilmelidir.

- Yüksek FiO₂ gerektiren akut hadiselerde yüksek FiO₂ kullanılması sonrası (FiO₂=1.0) oluşmuş absorpsiyon atelektazisine engel olmak üzere RM kullanılabilir.

- Hipotansif bir dönem yaşayan veya şoktan geçen mekanik ventilasyon uygulanan olgularda bu süreç sonrası RM'ye gereksinim olabilir.

- Nöromusküler bloker kullanılan olgularda nöromusküler blok ventilasyonu bozarak altta kalan akciğer alanlarında atelektazi oluşumuna neden olabileceğinden, nöromusküler bloker kullanımını takiben RM'ye gereksinim oluşabilir. Uzun süreli genel anestezi uygulanan olgular bu gruba girebilir.

- Morbid obezlerin anestezisi sırasında PEEP'in solunum fonksiyonlarını iyileştirdiği bildirildiğinden bu hasta grubunun genel anestezi uygulamalarında RM'ye gereksinim olabilir (57).

Hemodinamik durumu bozuk olan, pulmoner kist ve büllöz akciğer hastalığı olanlarda yada hava tuzakları bulunan hastalarda RM'nin potansiyel tehlikelerine karşı dikkatli olunmalıdır. Yapılan birçok RM'de barotravma bildirilmemiştir. Bununla birlikte RM yaygınlaştıkça barotravma bildirimini artacaktır diyebiliriz. Geçici hipotansiyon, bradikardi ve gastrik mukozada kanlanmada azalma bildirilmiştir. RM; hastalar hemodinamik olarak stabil oluncaya dek ertelenmelidir. RM boyunca hastalar arteriyel basınç, nabız ritm ve SpO₂ yönünden dikkatli izlenmelidir ve RM herhangi bir komplikasyon çıktığında sonlandırılmalıdır (58).

Recruitment sağlanması için farklı teknikler ve uygulama yöntemleri;

- a. PEEP
- b. Yüksek basınç düzeylerinin uzun süre uygulanması (sustained inflation)
- c. "Sigh"
- d. Yüksek frekanslı ventilasyon (YFV)
- e. Pron pozisyon
- f. Spontan solunum

a. PEEP

PEEP, ekspiryum sonu pozitif basınç uygulanması olup, ekspiryumda akciğerlerin kollabe olmasını, atelektaziye gitmesini engeller. Bu nedenle çok yüksek düzeylerde uygulanmadığı sürece RM'den çok "derecruitment"ten koruyan bir mekanizma olarak kabul edilmektedir. Ancak RM ile kazanılan volümün kaybedilmemesi için yeterli düzeyde PEEP uygulamak esas olduğundan, PEEP, RM'nin ayrılmaz bir parçasıdır. Yine PEEP'in, hava yolları ve alveollerdeki ödem sıvısını interstisyel ve perivasküler alana yönlendirdiği de düşünülmektedir. Bu konu

ile ilgili yapılan son çalışmalar inspiryumda RM ile ne kadar atelektazik akciğer ünitesinin açılacağına PEEP'le birlikte uygulanan tidal volüm (volüm kontrollü MV yapılıyorsa) veya basınç (basınç kontrollü MV yapılıyorsa) düzeyine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu konu ile ilgili son çalışmalardan birinde Crotti ve arkadaşları (59)'nın gösterdiği gibi tidal volüm veya basınç arttıkça, açılan akciğer ünitesi sayısı da artmaktadır. Ancak bunların ne kadarının ekspiryum sonunda açık kalmaya devam edeceği, tamamen PEEP düzeyine bağlıdır. Yine yapılan bu çalışmalarda ortaya çıkan bir diğer önemli sonuç, PEEP düzeyi azaldıkça ekspiryumda atelektaziye giden akciğer ünitesi miktarının arttığı ve volüm kaybı olduğudur. Tüm bu çalışmaların neredeyse ortak sonucu, uygulanan PEEP düzeyi 10 cm H₂O'nun altına düşüncü volüm kaybının çok daha belirgin olduğudur (60). Yüksek PEEP düzeylerinin bir diğer yararı, inspiryumda akciğerlere giren volümün tüm akciğer bölgelerine daha homojen bir şekilde dağılmasına olanak tanınması ve "dependent" bölgelerdeki akciğerlerin daha iyi açılmasını sağlamasıdır. Buna, indirekt PEEP etkisi denilmektedir. PEEP'i RM amacıyla kullanırken değişik yöntemler uygulanmaktadır. Örneğin; bazı araştırmacılar epizodik olarak PEEP'i "peak" veya plato basıncına bakmadan ve tidal volümü azaltmadan arttırdıkları, diğerleri "peak" hava yolu basıncını tidal volümü azaltarak sabit tutarken PEEP düzeyini arttırmayı yani PEEP'i basamaklı olarak arttırmayı tercih etmektedirler (61).

b. Uzun Süre Devamlı Yüksek Basınç Uygulaması (Sustained Inflation)

Recruitment sabit ve yüksek bir basınç uygulandığında hemen gerçekleşen bir durum değildir. Tüm inspiryum boyunca devam etmektedir. Hastaya uygulanan normal MV tedavisine ilave olarak, zaman zaman yüksek "Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)" düzeyleri ile, PEEP+"pressure control (PC)" veya PEEP+"tidal volüm (TV)" şeklinde yapılabilir. Bunların hepsinde amaç, "peak" veya plato hava yolu basıncı maksimum 45-50 cm H₂O olacak şekilde CPAP veya PEEP tidal volüm kombinasyonu uygulanmasıdır. CPAP uygulaması sırasında tidal ventilasyona yani zorunlu soluklara izin verilmemektedir. PEEP+PC uygulamasında PEEP 20 veya 30 cm H₂O olarak ayarlandığında, bunun üzerine 20 veya 30 cm H₂O PC uygulanmaktadır. Başarılı RM'nin göstergesi oksijenasyondaki iyileşmenin 15 dakika ile 4 saat sürelerle devam ettikten sonra yavaş yavaş ortadan kalktığı çeşitli araştırmalarda gözlemlenmiştir. Bu durum recruitment sonrasında uygulanan PEEP

değerlerinin standardize edilmemesine ve kısmen düşük olmasına bağlanmıştır. Bu yöntemlerle iyi “recruitment” sağlandığı bilgisayarlı tomografi bulgularıyla gösterilmekle ve oksijenizasyonun düzelmesine rağmen halen akciğerleri bu şekilde tam olarak açmanın ve tamamen açık olarak ventile etmenin yararlı mı olduğu, yoksa normal akciğer bölgelerinde aşırı gerilmeye neden olarak volüm travmaya ve ventilasyona bağlı akciğer hasarına mı neden olduğu bilinmemektedir (62).

c. Pik Alveolar Basıncın Periyodik Olarak Yükseltilmesi (Sigh)

Akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejisine uygun olarak düşük tidal volümlerle mekanik ventilasyon uygulaması başlangıç RM yapılmış olsa bile “derecruitment”ın çok kısa sürede oluşumuna neden olmaktadır. “Derecruitment”a engel olunması için oldukça yüksek PEEP değerlerinin kullanılması ya da alveollerin ekspiryumda kapanmasına engel olacak kadar ekspiryum fazının kısaltılması gerekir. Ancak yüksek PEEP değerlerinin sürekli uygulanmasının en azından sağlıklı alveollerde aşırı gerilime neden olma olasılığı mevcuttur ve bu hasar artışına yol açabilir. Dolayısıyla düşük tidal volüm stratejisi ile birlikte yetersiz PEEP değerleri uygulandığında, “recruitment” uygulanmış olsa bile kısa süre içerisinde “derecruitment” oluşması kaçınılmazdır. Düşük tidal volüm ve nispeten yüksek PEEP uygulanan hastalarda aralıklı olarak dakikada 3 kez plato basıncını 45 cm H₂O’ya çıkaracak şekilde “Sigh” uygulanarak oksijenlenme artışı, karbondioksit atılımı, akciğer ve solunum sistemi elastansı, şant fraksiyonu, ekspiryum sonu akciğer hacimleri açısından daha iyi sonuçlar sağlanabilir (45).

d. Yüksek Frekanslı Ventilasyon (YFV)

Teorik olarak YFV, çok düşük volümleri çok yüksek frekanslarda (2500/dakika gibi) vermesi ile Akut Respiratuar Distres Sendrom (ARDS)’lu hastaların mekanik ventilasyon (MV)’u için çok ideal görülmektedir. Böylece konvansiyonel MV’nin aksine YFV sırasında akciğerler yüksek basınç farklılıkları ile tekrar tekrar açılıp kapanmamakta, belli yüksek bir basınç düzeyinde, belli bir açıklıkta havalanmaktadır (63).

e. Prone Pozisyon

Prone pozisyonun akut akciğer hasarı ve akut solunum distressi sendromu (Akut Lung Injury/ALI, Akut Respiratory Distress Syndrom/ARDS) hastalarının %50-78’inde oksijenlenmenin iyileşmesini sağlar. Bunun nedeni ventilasyon/perfüzyon

oranı düşük olan alanların ve şant fraksiyonunun azalmasıdır. Bunu sağlayan mekanizmalardan birisi daha önceden kollabe olan dorsal akciğer alanlarının açılması yani recruitment'ın sağlanmasıdır. Ayrıca anatomik nedenler ile prone pozisyona geçildikten sonra kollabe olan ventral akciğer bölümleri, açılması sağlanan akciğer bölümlerinden çok daha azdır. Supin pozisyonda alveolar kollaps ventralden dorsale doğru olduğu gibi kraniyalden sefale doğru artmaktadır. Dolayısı ile dorso-kaudal bölgelerin recruitment'ı için ve derecruitment'in önlenmesi için daha yüksek basınçlı recruitment manevrası ve PEEP uygulanması gerekmektedir. Prone pozisyonun ARDS modellerinde PEEP gereksinimini azalttığı da açıktır (64).

f. Spontan Solunum

Sırtüstü pozisyonda spontan soluyan bir hastada diyafragmanın maksimum olarak hareket ettiği bölge “dependent” akciğer bölgeleridir. Anestezi ve paralizisi sırasında diyafragma sefalik yönde yer değiştirir ve bu yine en belirgin olarak “dependent” bölgelerde ortaya çıkar. Buradan pasif MV sırasında “dependent” bölgelerde atelettazilerin arttığı sonucu çıkarılabilir ki yapılan tomografi çalışmaları ile bu gösterilmiştir. Bu da spontan solunuma izin veren modların aktif diyafragma kasılmasına izin vererek “dependent” akciğer bölgelerinde atelettazileri önleyebileceği veya açabileceğini düşündürmektedir. Nispeten yeni bir MV modu olan “Airway Pressure Release Ventilation (APRV)” CPAP ventilasyon sırasında periyodik olarak hava yolu basıncının daha düşük düzeylere inmesini sağlar. Gerek düşük gerekse yüksek basınç düzeylerinde hastanın spontan soluma imkanı vardır. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalar gaz değişimi ve atelettazilerde düzelmeye bildirmektedir. Genel anestezi sırasında uygulanan %100 oksijen, atelettazinin bir diğer nedenidir. Atelettazi ve PaO₂ arasındaki korelasyon bir çok çalışmada gösterilmiş olup, RM'nin etkinliğinin PaO₂ ile takip edilmesi önerilmektedir (65, 66).

Başarılı RM'nin göstergesi Parsiyel oksijen basıncı/İnspiratuvar oksijen fraksiyonu (PaO₂/FiO₂) oranının 300 mmHg değerine ulaşmasıdır. Yapılan çalışmalarda ideal “recruitment” sonrasında şant fraksiyonunun %10'un altına inmesi gerektiğini, bu durumda da PaO₂>450 mmHg olduğunu belirtmişlerdir (67).

1.5. Driving Pressure (Sürücü Basıncı)

Driving Pressure (ΔP), plato basıncı ile PEEP arasındaki fark olarak tanımlanan bir parametredir. Her bir soluktaki basınç farkını yansıtmaktadır. Driving Pressure, ventilatörden ölçülmesine rağmen hastaya verilen tidal volüm ile solunum sistemi kompliyansının bir yansımasıdır. ($\text{Driving Pressure} = VT / \text{solunum sistemi kompliansı}$). Sonuç olarak hastaya verilen hacimdeki artış da ve solunum sistemi (akciğer, göğüs duvarı) kompliansındaki azalmada driving pressure artabilir. Eşit tidal volüm altında diğer her şey aynı olduğunda, klinisyen tarafından ayarlanan daha yüksek plato basıncı veya daha düşük PEEP ile driving pressure artar.

$$\Delta P = P_{\text{plato}} - \text{PEEP}$$

$$C_{rs} = VT / (P_{\text{plato}} - \text{PEEP}) = VT / \Delta P$$

$$\Delta P = VT / C_{rs}$$

Driving Pressure, akut respiratuar distres sendromunda (ARDS) en önemli mortalite belirleyicilerinden biridir ve tidal hacmin (VT) statik kompliyansa (C_{RS}) göre normalleştirilmesiyle tanımlanır ve akciğerin fonksiyonel boyutunu yansıtır (68).

İnvazif mekanik ventilasyon (İMV), ventilatörün indükleyici akciğer hasarının (VILI) gelişimi ile ilişkilendirilebilir. Buna göre, VILI'yi mümkün olduğunca azaltmak veya önlemek için, çeşitli deneysel ve insan çalışmaları düşük tidal volüm, düşük plato basıncı ile beraber driving Pressure'ı sınırlamanın faydasını göstermiştir. ARDS'isi olmayan hastalarda da mekanik ventilasyonun ilk gününde yüksek ΔP seviyesinin sonrasında VILI gelişimi ve mortalite ile ilişkili olduğunu göstermiştir (69, 70).

İMV kullanımı ile ARDS mortalitesinin yüksek olduğu gözlenmiştir ancak driving Pressure gibi mekanik ventilasyon parametrelerinin ARDS hastalarının mortalitesi üzerindeki etkileri hakkında bilgi sınırlıdır. Daha düşük inspiratuar (plato) hava yolu basınçları, daha düşük tidal hacimler (VT) ve daha yüksek pozitif ekspirasyon sonu basınçları (PEEP) kullanan mekanik ventilasyon stratejileri, akut respiratuar distres sendromu (ARDS) olan hastalarda sağkalımı iyileştirebilir, ancak bu bileşenlerde göreceli olarak en önemlisi driving Pressure (ΔP) olarak gözlenmiştir. Amato' nun çalışmasında Ventilatör ayarlarındaki değişiklikler nedeniyle ΔP 'deki düşüşler, artan sağkalım ile güçlü bir şekilde ilişkili bulunmuş (68).

1.6. Solunum fonksiyon testleri

Solunum fonksiyon testleri (SFT) standart cihazlar kullanılarak akciğer fonksiyonlarını ölçmeye yönelik yapılan manevralardır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde spirometre, vücut pletismografisi, akımölçer ve gaz analizörü gibi araçlar kullanılmaktadır. Hava akımı (spirometri), akciğer volümleri, gaz değişimi (difüzyon kapasitesi) ve akciğer mekanikleri olmak üzere akciğer fonksiyonları başlıca dört bölüm halinde rutin solunum fonksiyon testleri tarafından değerlendirilmektedir (71).

Solunum fonksiyonları yaşa, cinsiyete, vücut ölçülerine (boy, kilo) ve ırklara göre değişiklik göstermektedir. Erkeklerde solunum fonksiyonları aynı yaş ve boydaki kadınlara göre daha yüksek bulunmaktadır. Yine vücut ölçüleri ile solunum fonksiyonları arasında korelasyon vardır. Bu nedenle test öncesi hastanın yaşı, cinsiyeti, boyu ve kilosu belirlenip buna uygun prediksyon değerleri saptanır ve test sırasında elde edilen değerler bu prediksyon değerleri ile karşılaştırılarak yorumlanır. Ancak hastaların takibinde kendi değerlerindeki değişimin izlenmesi daha önemlidir (71).

1.6.1. Spirometre

Spirometreler soluk alma veya verme sırasında oluşan akım veya hacim değişikliklerini zamanın türevi olarak ölçebilen aletlerdir. Spirometreler solunum fonksiyon testleri arasında pratik kullanımları nedeniyle yaygın olarak tercih edilir. Volüm ölçer ve akıma duyarlı olmak üzere iki çeşittir. Son yıllarda bilgisayar destekli akıma duyarlı spirometre çeşitleri kullanım kolaylığı nedeniyle yoğun şekilde tercih edilmektedir. Hacim spirometreleri, ilk geliştirilen ve değişen akciğer hacmini doğrudan ölçen spirometrelerdir. Sulu, kuru ve körüklü spirometreler olarak üçe ayrılır. Akım spirometreleri ise akımı doğrudan ölçerek içlerinden geçen hava akımının zaman ile çarpımından hacmini hesaplarlar. Bilgisayar cihazlarının ve ilgili yazılımların gelişmesi, küçük ve taşınabilir olmaları bu çeşit cihazların çok yaygınlaşmasını sağlamıştır (72).

Solunumun değerlendirilmesi sırasında ölçülen değişkenlerin güvenle kullanılabilmesi için cihazların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bunlar doğruluk, tekrarlanabilirlik, üretilebilirlik, ölçüm aralığı ve rezolüsyon şeklinde sıralanabilir. Bir

solunum fonksiyonu testinde sonuçların tutarlı olması için cihazların kalite kontrol ve/veya kalibrasyonu öngörülen aralıklarla düzenli olarak yapılmalıdır (74).

Spirometre endikasyonları;

- Akciğer hastalığı varlığını incelemek
- Var olan akciğer hastalığını kantitatif olarak değerlendirmek
- Mesleki veya çevresel maruziyetin sonuçlarını ölçmek
- Uygulanan tedavinin sonuçlarını değerlendirmek
- Cerrahi girişimlerin risklerini belirlemek
- Akciğer sağlığı ve hastalıkları ile ilgili epidemiyolojik ve klinik çalışmalardır

(74).

SFT'nin mutlak kontrendike olduğu durumlar nadirdir. Son 1 ayda geçirilmiş miyokard infarktüsü en önemli kontrendikasyondur. Demans gibi bazı etkenler, testin yapılmasını güçleştirir. Rölatif kontrendikasyonlar ise Amerikan Toraks Derneği/Avrupa Solunum Derneği rehberinde şu şekilde belirtilmiştir (73);

- Herhangi bir nedene bağlı göğüs veya karın ağrısı
- Ağızlık tutma sırasında oral ya da fasiyal ağrı oluşması
- Stres inkontinansı
- Demans veya konfüzyon durumu

Spirometri yapılmadan en az 24 saat süresince sigara içilmemeli, dört saat önce alkol kullanılmamalıdır. Test yapılacak olan hastalar tedavi alıyorsa kısa etkili bronkodilatör ilaçları iki saat, uzun etkili bronkodilatör ilaçları 12 saat önceden kesilmiş olmalıdır (73, 74).

Solunum fonksiyon testleri içeriğinde; dinamik ventilasyon testleri, statik ventilasyon testleri ve difüzyon testleri bulunmaktadır (75).

1.6.1.1. Statik Akciğer Volümleri

Akciğerin tek kompartmanları volüm, birden fazla kompartmanları ise kapasite olarak tanımlanır. Statik akciğer volümleri, zamanla ilişkilendirilmeden yapılan ölçümlerdir. Total akciğer kapasitesi ve alt gruplarından oluşur. Mutlak akciğer volümlerinin [rezidüel volüm (RV), fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC) ve total akciğer kapasitesi (TLC)] ölçümlerinin teknik olarak daha zor ve komplike olması klinik pratikte kullanımlarını sınırlamaktadır (75).

- **Tidal Volüm (TV veya VT):** İstirahat esnasında inspire veya ekspire edilen gaz hacmidir.
- **Fonksiyonel Rezidüel Kapasite (FRC):** Tidal solunum esnasında ekspirasyon sonunda akciğerlerde bulunan gaz volümüdür.
- **Ekspiratuar Rezerv Volüm (ERV):** Normal bir ekspirasyondan sonra zorlu bir ekspirasyon ile çıkarılan hava hacmidir.
- **İnspiratuar Rezerv Volüm (IRV):** Normal bir inspirasyondan sonra zorlu inspirasyon ile alınan hava hacmidir.
- **Rezidüel Volüm (RV):** Maksimal ekspirasyondan sonra akciğerde kalan hava hacmidir.
- **Vital Kapasite (VC):** Tam bir inspirasyondan sonra tam bir ekspirasyonla çıkarılan hava hacmidir.
- **İnspiratuar Kapasite (IC):** Normal ekspirasyondan sonra derin inspirasyonla alınan maksimum gaz hacmidir. Vital kapasitenin %75'ini oluşturur.
- **Total Akciğer Kapasitesi (TLC):** Maksimal inspirasyondan sonra akciğerlerde bulunan hava hacmidir (75).

1.6.1.2. Dinamik Akciğer Volümleri

Dinamik akciğer volümleri zorlu solunum manevraları sırasında yapılan ölçümlerdir (72).

Zorlu vital kapasite (FVC): Derin ve maksimum bir inspirasyondan sonra maksimum zorlu ve hızlı bir ekspirasyonla akciğerden dışarı atılan hava hacmidir. Birimi litredir (L). Havayolu obstrüksiyonu varlığında FVC, standart VC'den daha düşüktür. Sağlıklı kişilerde FVC ve VC yaklaşık olarak eşittir. Analiz genellikle üç deneme arasından seçilir. FVC manevraları; total akciğer kapasitesine ulaşana kadar güçlü bir inspirasyon, bunu izleyen ani ekspirasyon ve ekspirasyonun maksimum eforla rezidüel volüme ulaşana kadar devam etmesini içerir. Ekspirasyon en az 4 saniye sürmeli ve öksürük, glottik kapanma veya mekanik obstrüksiyon ile kesintiye uğramamalıdır (71).

FVC iki yoldan elde edilebilir:

1. Ekspire edilen volümün zamana karşı gösterildiği volüm - zaman grafiği

2. Hava akımının volüme karşı gösterildiği akım-volüm halkası (72)

FVC manevrasını değerlendirirken hem akım-volüm halkası hem de volüm zaman grafisi birlikte görüntülenmelidir (72).

Birinci saniyedeki zorlu ekspiratuar volüm (FEV1): Maksimum inspirasyonu takiben yapılan zorlu ve hızlı ekspirasyonun birinci saniyesinde dışarı atılan hava hacmi olup birimi litredir. Sağlıklı kişide birinci saniyede vital kapasitenin %70-80'i dışarı atılır. FEV1 kolay ölçüldüğü için ve havayolu dinamiğini yansıtan diğer parametrelere göre daha az değişkenlik gösterdiği için tarama çalışmalarında, bronkodilatör tedavisine yanıtın değerlendirilmesinde, bronkoprovokasyon ve egzersizle ortaya çıkan bronkospazmın değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. FEV1'deki azalma büyük hava yollarının obstrüksiyonunu düşündürür (76).

FEV1/FVC (Tiffeneau oranı): Restriksiyon ile obstrüksiyon ayırımında kullanılan bir parametredir. Sağlıklı kişilerde FEV1/FVC oranı %70-80'dir. Obstrüksiyonda FEV1/ FVC oranı %70'in altında ölçülür. Hem obstrüksiyonun hem de restriksiyonun birlikte olduğu durumlarda da bu oran azalır. Restriksiyonda ise hem FEV1 hem de FVC aynı oranlarda azaldığından oran normal kalır. Obstrüksiyonu saptamada FEV1/FVC kullanılmasına rağmen obstrüksiyonun şiddetini belirlemede FEV1 kullanılmaktadır. Yaşın ilerlemesiyle FEV1 FVC'den daha çok azaldığından yaşla beraber bu oran azalır (76).

Zorlu Ekspiratuar Akım (FEF): Büyük akciğer volümlerindeki ekspiratuar akımlar trakea ve ana bronşların özelliklerini yansıtırken, düşük volümlerdeki akımlar periferik havayollarını yansıtır (74).

FEF25%, FEF50%, FEF75% (FVC'nin %25'indeki, %50'sindeki veya %75'indeki zorlu ekspiratuar akım): FVC'nin %25'inin (FEF25%), %50'sinin (FEF50%) veya %75'inin (FEF75%) ekshale edildiği noktalarda ölçülen maksimum ekspiratuar akımlardır (74).

Maksimal Ekspirasyon Ortası Akım Hızı (FEF25-75%): FVC manevrasının %25 ile %75'i arasındaki (FVC'nin orta yarısındaki) ortalama akım hızıdır. Orta ekspiratuar akım olarak adlandırılan MEF (middle expiratory flow) olarak da tanımlanmaktadır. Birimi litre/saniye (L/sn) cinsinden ifade edilir. Zorlu ekspirasyonun efora bağlı olmayan kısmında ölçüldüğü için küçük hava yollarındaki obstrüksiyonu göstermede FEV1'e göre daha duyarlıdır. Obstrüktif hastalıkların erken

döneminde FEV1 ve FVC değerleri normal iken FEF25-75% azalır (72, 74).

Tepe Ekspiratuar Akımı (PEF): Tam inspirasyon sonrası başlayan, maksimal güç ile yapılan ekspirasyon sırasındaki maksimum akımdır. Birimi L/sn'dir. İnspirasyondan sonra bekleme olmadan hemen başlatılan manevrada ölçüm daha yüksek olacaktır. Sağlıklı kişide santral havayollarının çapını ve ekspiratuar kasların gücünü yansıtır ve büyük hava yolları (trakea ve santral hava yolları) için iyi bir göstergedir (76).

Zorlu Ekspirasyon Süresi (FET): Tam inspirasyon sonrası başlayan, maksimal güç ile yapılan ekspirasyon sırasında geçen süreyi tanımlar. İdeal solunum fonksiyon testi değerlendirilmesinde ekspirasyonun en az 6 saniyede sürmesi beklenir (74).

2. GEREÇ ve YÖNTEMLER

07/12/2021 tarih ve 118012 sayılı Fırat Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu onayı alındıktan sonra Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde 01/01/2022 – 01/08/2022 tarihleri arasında Genel Cerrahi Kliniği'nde obezite tanısı ile sleeve gastrektomi planlanan ve farklı mekanik ventilatör stratejileri uygulanan toplam 244 hasta randomize kontrollü çalışmaya dahil edildi. Anestezi polikliniğinde preoperatif değerlendirilmesi yapılan ve çalışma kriterlerine uygun olan hastalara çalışmamızla ilgili bilgi verildikten sonra hastaların yazılı onamları alındı.

Sleeve gastrektomi dışında bariatrik cerrahi prosedürü uygulanan, on sekiz yaşından küçük olan, kardiyak aritmisi olan, kardiyak ejeksiyon fraksiyonu <%30 olan, 6 mL/kg'dan daha yüksek tidal hacim ile mekanik ventilasyon uygulamasının sakıncalı olduğu hastalar, karaciğer ve renal fonksiyon bozukluğu olan, Amerika Anesteziyoloji Derneği'nin (ASA) fiziksel statüsüne göre ASA-3 üzeri olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Prospektif, randomize kontrollü olan klinik çalışmamızda; hastaların yaş, cinsiyet, VKİ, ASA skoru, eşlik eden ek hastalıkları, hastalara uygulanan mekanik ventilatör parametreleri ve hastalara preoperatif dönemde ve postoperatif dönem 3. günde yapılan solunum fonksiyon testlerindeki parametreler kayıt altına alındı. Uygulanan farklı mekanik ventilatör stratejilerine göre iki gruba ayrılan hastaların randomizasyonu kapalı zarf tekniğiyle yapıldı.

Hastalara operasyondan 24 saat önce solunum fonksiyon testi uygulandı. Hastalar genel cerrahi kliniğinde damaryolu açılmış olarak operasyon odasına alındı. Operasyon odasında kalp atım hızı, noninvaziv arteriyel kan basıncı ve periferik oksijen saturasyonu takibi sürekli olarak yapıp 10 dk aralıklarla kayıt altına alındı.

Monitörizasyonu tamamlanan hastalara rampa pozisyonu verilerek 2dk boyunca preoksijenizasyon sağlandı ve anestezi indüksiyonuna başlandı. Genel anestezi indüksiyonunda total vücut ağırlığına göre 2-3 mg/kg propofol (Propofol %1, Fresenius, Germany), ideal vücut ağırlığına göre 1µg/kg remifentanil (Ultiva®, GSK, USA) ve total vücut ağırlığına göre 0,6-0,8 mg/kg rokuronyum bromür (Esmeron®, MSD, Germany) kullanıldı ve yeterli anestezi derinliği sağlandıktan sonra endotrakeal entübasyon gerçekleştirildi. Anestezi idamesinde ideal vücut ağırlığına göre 0,05-0,2 µg/kg remifentanil infüzyon ve %2-2,5 sevofluran (Sevorane®, likid %100, Abbvie,

England) %50 hava-O₂ karışımı ile verildi. İdamede gerektiğinde kas gevşetici olarak rokuronyum bromür kullanıldı. Operasyon bitiminden 20-25 dk önce postoperatif analjezi için intravenöz 50 mg deksketoprofen trometamol (Arvels®, Menarini, Italy) ve ideal vücut ağırlığına göre 1 mg/kg tramadol (Contramal®, Mefar, İstanbul); postoperatif bulantı ve kusmayı önlemek için 10 mg metoklopramid (Metpamid®, Safir Farma, İstanbul) yapıldı. Operasyon bitiminde intraoperatif olarak uygulanan kas gevşetici ajanın kalıntı etkisi ideal vücut ağırlığına göre intravenöz 2-4 mg/kg sugammadeks (Bridion®, MSD, Netherland) ile giderildi. Endotrakeal ekstübasyondan sonra 5 saniye süreyle başını kaldırabilme, öksürme ve yutkunabilme yeteneğine sahip olanlar anestezi derlenme ünitesine alındılar.

Elektif laparoskopik sleeve gastrektomi operasyonu uygulanan hastaların cerrahi işlem süresince intraabdominal basınçları 15 mmHg altında tutuldu ve tüm operasyonlar aynı cerrahi ekip tarafından uygulandı.

Operasyonda uygulanan mekanik ventilatör stratejilerine göre hastalar 2 gruba ayrıldı.

Grup 1 Driving Pressure Değeri (ΔP) >15, uygulanan PEEP 5 cm H₂O

Grup 2 Driving Pressure Değeri (ΔP) <15, uygulanan PEEP 10 cm H₂O

Tüm hastaların 10 dakikada bir ΔP değerleri hesaplanıp kayıt altına alınmıştır. Grup 1 de 5 cm H₂O PEEP uygulanmasına rağmen ΔP >15 gerçekleşmeyen 14 hasta çalışma dışı bırakılırken Grup 2 de ΔP <15 gerçekleşmeyen 25 hasta çalışma dışı bırakıldı.

Bu standart genel anestezi protokolünde hasta ventilasyonu normokapniyi koruyacak şekilde; 35-45 mmHg arası end-tidal CO₂, ideal vücut ağırlığına göre 6ml/kg tidal volüm ve inspiriyum/ekspiriyum oranı ½ olarak sağlandı. Solunum frekansı end-tidal CO₂'i 35-45 mmHg arası tutacak şekilde 12-16/dakika arası uygulandı.

Hastaların P_{tepe} basıncı, end-tidal CO₂, nabız sayısı, SpO₂ ve ortalama arteriyel basıncı parametreleri 10 dakikada bir kayıt edildi.

Hastaların ortalama arteriyel basınçları 65 mmHg'nın üzerinde olması amaçlandı. Ortalama arteriyel basınç <65 mmHg olduğunda 10 mg efedrin iv bolus yapılarak müdahale edildi. Hastaların efedrin ihtiyacının olup olmadığı kayıt altına alındı.

Postoperatif 3. Günde solunum fonksiyon testi tekrarlandı. Preoperatif ve postoperatif dönemde yapılan solunum fonksiyon testleri göğüs hastalıkları kliniğinde bulunan solunum fonksiyon testi biriminde aynı cihaz ve aynı ekiple yapılmıştır. Solunum fonksiyon testlerinde bulunan FEV1, FVC, FEV1/FVC, FEF25%, FEF75%, FEF25-75%, FEF_{max}, FIVC, FIF_{max} parametreleri kayıt altına alınarak iki grup karşılaştırıldı. Erken taburculuk ve çalışmaya katılmaktan vazgeçen hastalar olması sebebiyle postoperatif SFT testi yapılamayan grup 1 de 34 hasta, grup 2 de 43 hasta çalışma dışı bırakıldı.

Araştırmamızın temel amacı doğrultusunda araştırmaya alınması gereken hasta sayısını belirlemek için araştırma öncesi G*power (Versiyon 3,1) paket programı kullanılarak örneklem büyüklüğü analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklem büyüklüğü belirleme analizinde literatür bilgisi ve uzman görüşünden yararlanılmıştır. Yapılan örneklem büyüklüğü analizi sonucunda; % 80 güç ($1-\beta=0,80$) ve $\alpha=0,05$ hata değeri (%95 güven aralığı) için toplam 94 hastanın örnekleme alınmasına yeterli olacağı bulunmuştur. Bizim çalışmamıza toplamda 128 hasta ile çalışma tamamlandı.

2.1. İstatistiksel Analiz

Analizler SPSS (Statistical Package for Social Sciences; SPSS Inc, Chicago, IL) 22 paket programında değerlendirilmiştir. Çalışmada tanımlayıcı veriler kategorik verilerde n, % değerleri, sürekli verilerde ise ortalama±standart sapma (Ort±SS) değerleri ile gösterilmiştir. Gruplar arası kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında ki-kare analizi (Pearson Chi-kare) uygulanmıştır. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. İkili grupların karşılaştırılmasında student t testi kullanılmıştır. Hastaların postop SFT değerlerinden preop SFT değerleri çıkarılıp değişim SFT değerleri elde edilmiştir. Preop SFT değerleri ile postop SFT değerleri karşılaştırılırken bağımlı gruplarda t testi kullanılmıştır. Analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

Çalışmaya Grup I için 64 vaka, Grup II için 64 vaka olmak üzere toplam 128 katılımcı dahil edilmiştir. Grup I'de bulunanların %57,8'i kadın ve %42,2'si erkek olup Grup II'de bulunanların %45,3'ü kadın ve %54,7'si erkektir. Gruplar arasında cinsiyet açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ($p=0,157$). Grup I'de bulunanların yaş ortalaması $36,2\pm 11,0$ olarak Grup II'de bulunanların yaş ortalaması ise $40,0\pm 11,8$ olarak bulunmuş olup gruplar arasında yaş açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ($p=0,062$).

Gruplar arasında cinsiyet ($p=0,157$), yaş ($p=0,062$) ve VKİ ($p=0,068$) açısından anlamlı farklılık görülmemiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Grupların demografik ve antropometrik ölçümlerinin karşılaştırılması

	Grup I		Grup II		P	
	Sayı	%	Sayı	%		
Cinsiyet	Kadın	37	57,8	29	45,3	0,157*
	Erkek	27	42,2	35	54,7	
Yaş, Ort±SS		36,2±11,0		40,0±11,8	0,062**	
VKİ, Ort±SS		42,8±4,3		44,7±6,9	0,068**	

*Ki kare analizi, **Student t testi uygulanmıştır.

Gruplar arasında hastaların sahip olduğu ek hastalıklar açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ($p>0,05$)(Tablo 2).

Tablo 2. Grupların ek hastalıklarının karşılaştırılması

	Grup I		Grup II		P*
	Sayı	%	Sayı	%	
OSAS	14	21,9	14	21,9	1,000
DM	12	18,8	19	29,7	0,149
HT	10	15,6	11	17,2	0,811
Tiroit bozukluğu	4	6,3	3	4,7	0,697
AC hastalığı	4	6,3	2	3,1	0,680
KAH	2	3,1	6	9,4	0,273
Diğer hastalık	3	4,7	5	7,8	0,718

*Ki kare analizi uygulanmıştır.

Gruplar arasında hastaların takip edilen SpO₂ değerleri açısından anlamlı fark görülmemiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Grupların SpO₂ değerlerinin karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
Giriş	96,0±12,3	97,2±2,1	0,442
Entübasyon öncesi	99,0±1,3	98,9±1,3	0,543
Entübasyon sonrası	99,2±1,2	99,0±1,2	0,272
Cilt	98,6±1,4	98,2±2,0	0,269
10. dk	98,2±1,5	97,7±1,7	0,083
20. dk	98,0±1,5	97,4±1,9	0,062
30. dk	96,5±11,2	98,8±12,4	0,280
40. dk	97,7±1,7	98,9±12,4	0,466
50. dk	97,8±1,6	97,3±1,9	0,084
60. dk	98,0±1,5	97,5±1,9	0,094
70. dk	98,1±1,5	97,4±1,8	0,051
80. dk	98,0±2,0	97,3±1,9	0,247
90. dk	97,8±1,4	97,1±1,9	0,458
100. dk	99,6±0,5	97,0±1,4	0,364

*Student t testi uygulanmıştır.

Gruplar arasında hastaların takip edilen nabızları açısından anlamlı fark görülmemiştir (Tablo 4.).

Tablo 4. Grupların nabızlarının karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
Giriş	83,3±11,8	85,4±11,4	0,298
Entübasyon öncesi	89,5±10,7	91,2±11,9	0,410
Entübasyon sonrası	99,4±13,3	101,4±12,1	0,367
Cilt	96,6±12,4	95,7±13,2	0,675
10. dk	92,7±11,6	95,8±16,2	0,224
20. dk	94,1±16,1	96,8±16,5	0,358
30. dk	94,1±16,7	95,6±15,1	0,606
40. dk	91,4±14,5	92,6±15,3	0,653
50. dk	88,5±14,7	91,1±15,2	0,327
60. dk	87,9±14,6	89,7±13,9	0,493
70. dk	85,6±11,7	89,5±15,7	0,232
80. dk	84,0±12,9	92,8±12,4	0,532
90. dk	87,5±11,3	95,9±14,0	0,156
100. dk	84,4±12,2	91,3±6,9	0,352

*Student t testi uygulanmıştır.

Gruplar arasında hastaların takip edilen ortalama arter basınçları açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ($p>0,05$)(Tablo 5).

Tablo 5. Grupların ortalama arter basınçlarının karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
Giriş	96,6±11,9	100,6±14,1	0,084
Entübasyon öncesi	89,4±15,6	89,2±14,7	0,930
Entübasyon sonrası	99,5±16,1	105,0±24,3	0,129
Cilt	93,7±14,9	89,6±17,2	0,160
10. dk	90,2±17,5	91,3±17,7	0,745
20. dk	89,0±14,8	91,4±14,6	0,366
30. dk	88,4±13,7	89,5±13,7	0,652
40. dk	87,4±11,4	87,1±15,0	0,905
50. dk	87,9±11,1	86,9±14,6	0,664
60. dk	87,3±11,0	88,0±13,6	0,769
70. dk	86,0±9,4	88,4±10,3	0,303
80. dk	84,4±8,8	89,2±8,2	0,072
90. dk	86,1±9,8	89,1±15,5	0,615
100. dk	81,6±4,3	84,8±19,2	0,728

*Student t testi uygulanmıştır.

Gruplar arasında hastaların tepe basınçları açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ($p>0,05$)(Tablo 6).

Tablo 6. Grupların tepe basınç değerlerinin karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
Entübasyon sonrası	27,5±4,4	26,2±4,2	0,101
Cilt	27,4±3,6	27,0±3,5	0,563
10. dk	28,1±3,2	28,3±3,2	0,643
20. dk	29,0±3,1	29,0±3,2	0,956
30. dk	29,4±2,9	29,5±3,2	0,862
40. dk	29,5±2,9	29,9±3,9	0,559
50. dk	29,6±3,4	29,9±3,9	0,648
60. dk	29,5±2,8	29,9±3,6	0,521
70. dk	29,6±5,4	29,3±3,5	0,768
80. dk	29,4±3,3	29,1±3,7	0,809
90. dk	30,4±2,0	28,2±3,1	0,077
100. dk	29,2±1,6	30,5±4,5	0,564

*Student t testi uygulanmıştır.

Gruplar arasında hastaların end-tidal CO₂ değerleri açısından anlamlı farklılık görülmemiştir (p>0,046)(Tablo 7).

Tablo 7. Grupların end-tidal CO₂ değerlerinin karşılaştırılması

	Grup I		Grup II		p*
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	
Entübasyon sonrası	35,3±3,4	35,4±4,3	35,4±4,3	35,4±4,3	0,854
Cilt	35,7±3,8	36,3±3,3	36,3±3,3	36,3±3,3	0,384
10. dk	37,3±3,6	37,6±3,9	37,6±3,9	37,6±3,9	0,688
20. dk	38,5±3,5	39,0±4,0	39,0±4,0	39,0±4,0	0,482
30. dk	39,0±3,2	39,7±3,7	39,7±3,7	39,7±3,7	0,251
40. dk	39,3±3,2	39,6±3,4	39,6±3,4	39,6±3,4	0,621
50. dk	39,7±3,0	39,8±3,5	39,8±3,5	39,8±3,5	0,812
60. dk	39,7±3,3	40,4±3,6	40,4±3,6	40,4±3,6	0,298
70. dk	39,9±3,6	41,1±3,5	41,1±3,5	41,1±3,5	0,169
80. dk	38,9±4,3	41,4±3,7	41,4±3,7	41,4±3,7	0,052
90. dk	37,9±5,1	42,0±2,7	42,0±2,7	42,0±2,7	0,646
100. dk	35,4±5,5	40,0±2,8	40,0±2,8	40,0±2,8	0,178

*Student t testi uygulanmıştır.

Grup I'de bulunanların %35,9'unda, Grup II'de bulunanların ise %43,8'inde inotrop ihtiyacı görülmüş olup aralarında anlamlı farklılık görülmemiştir (p=0,367)(Tablo 8).

Tablo 8. Grupların inotrop ihtiyaçlarının karşılaştırılması

		Grup I		Grup II		p*
		Sayı	%	Sayı	%	
İnotrop	Var	23	35,9	28	43,8	0,367*
ihtiyacı	Yok	41	64,1	36	56,3	

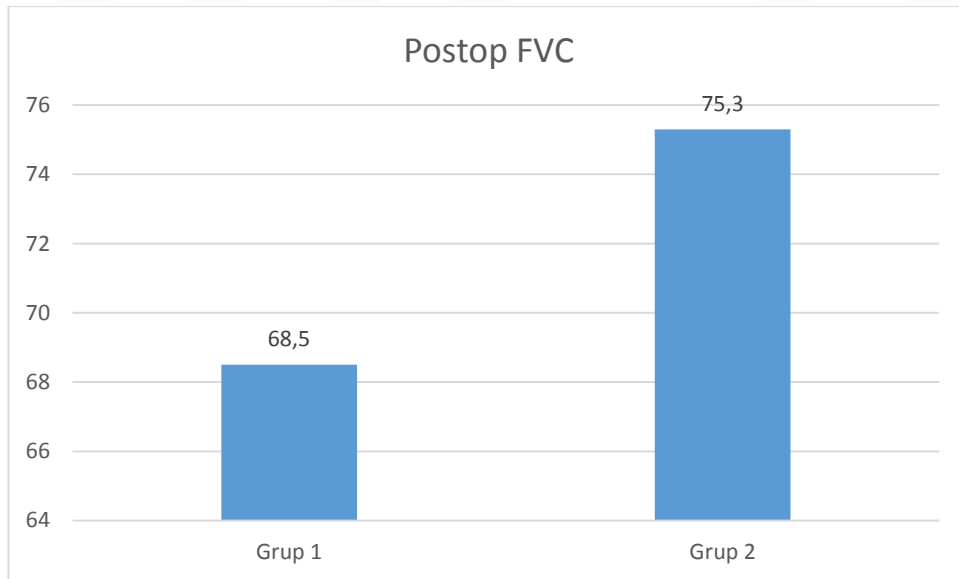
*Ki kare analizi uygulanmıştır.

Grup I'de bulunanların postop FVC (p=0,004), postop FEV1 (p=0,001), postop FEF %25 (p=0,009), postop FEF %75 (p=0,019), postop FEF %25-%75 (p=0,001), postop FEF_{max} (p=0,001), postop FIVC (p=0,001) ve postop FIF max (p=0,001) değeri Grup II'nin değerlerinden anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (Tablo 9, Şekil 1-8).

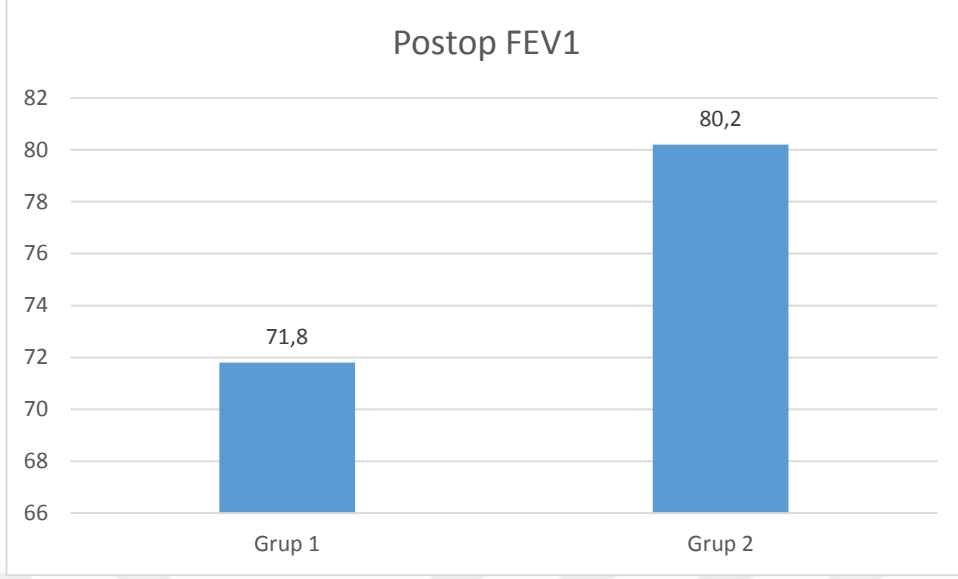
Tablo 9. Grupların preoperatif ve postoperatif SFT değerlerinin karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
Preop FVC	85,4±12,0	81,4±12,7	0,072
Postop FVC	68,5±11,2	75,3±15,1	0,004
Preop FEV1	89,7±11,2	86,1±14,5	0,116
Postop FEV1	71,8±10,9	80,2±16,6	0,001
Preop FEV1/FVC	86,5±4,2	85,5±6,4	0,316
Postop FEV1/FVC	86,0±5,0	86,0±6,1	0,949
Preop FEF %25	95,0±24,2	89,7±24,8	0,224
Postop FEF %25	69,6±17,8	80,0±25,9	0,009
Preop FEF %75	92,9±28,1	87,8±30,2	0,327
Postop FEF %75	74,7±23,2	86,1±30,7	0,019
Preop FEF %25-%75	105,7±24,4	102,8±30,2	0,546
Postop FEF %25-%75	81,5±20,4	97,1±29,9	0,001
Preop FEF_{max}	84,0±17,0	84,6±18,3	0,842
Postop FEF_{max}	61,8±14,9	73,0±21,2	0,001
Preop FIVC	3,5±1,0	3,5±0,8	0,988
Postop FIVC	2,7±0,8	3,2±0,9	0,001
Preop FIF max	5,6±1,7	5,5±1,7	0,785
Postop FIF max	4,4±1,4	5,3±1,7	0,001

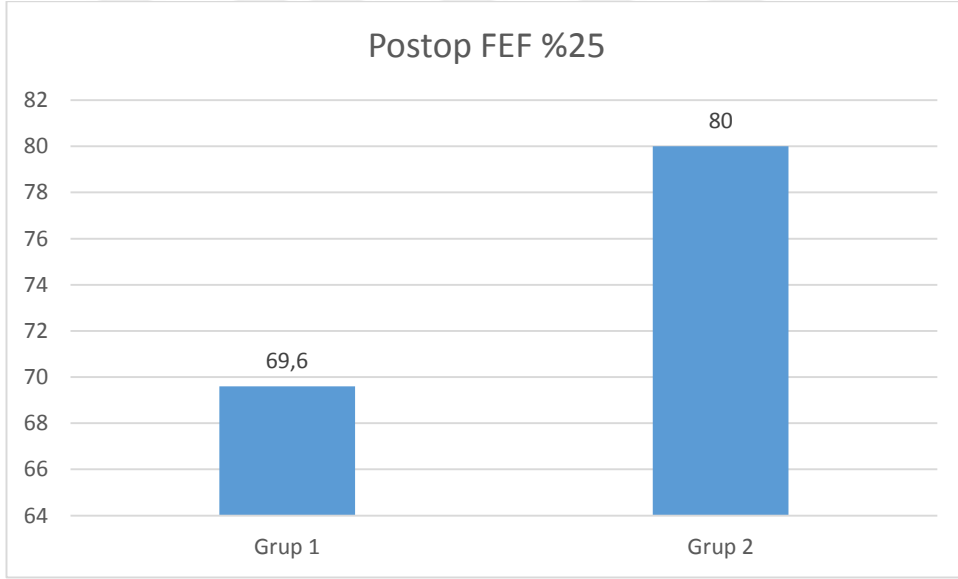
*Student t testi uygulanmıştır.



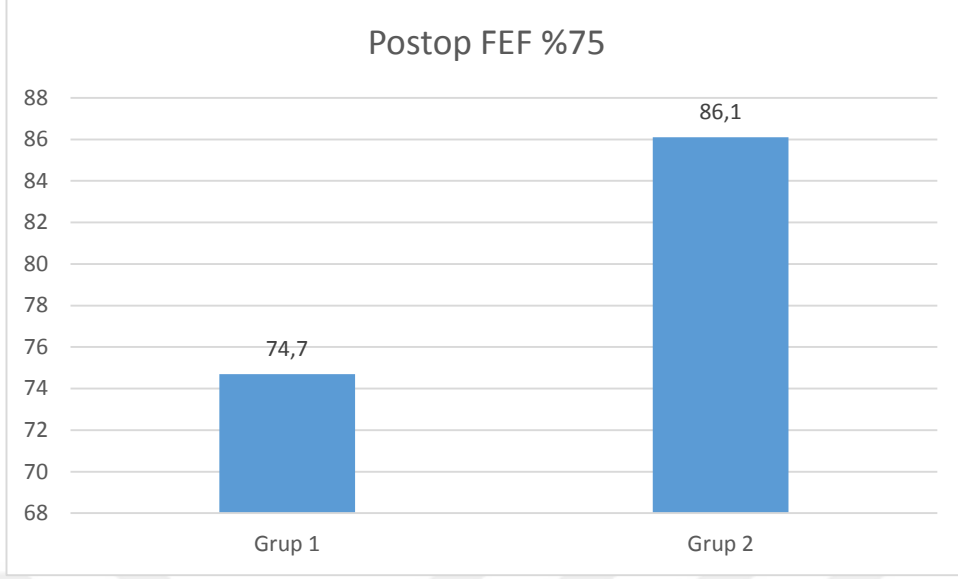
Şekil 1. Grupların Postop FVC değerlerinin karşılaştırılması



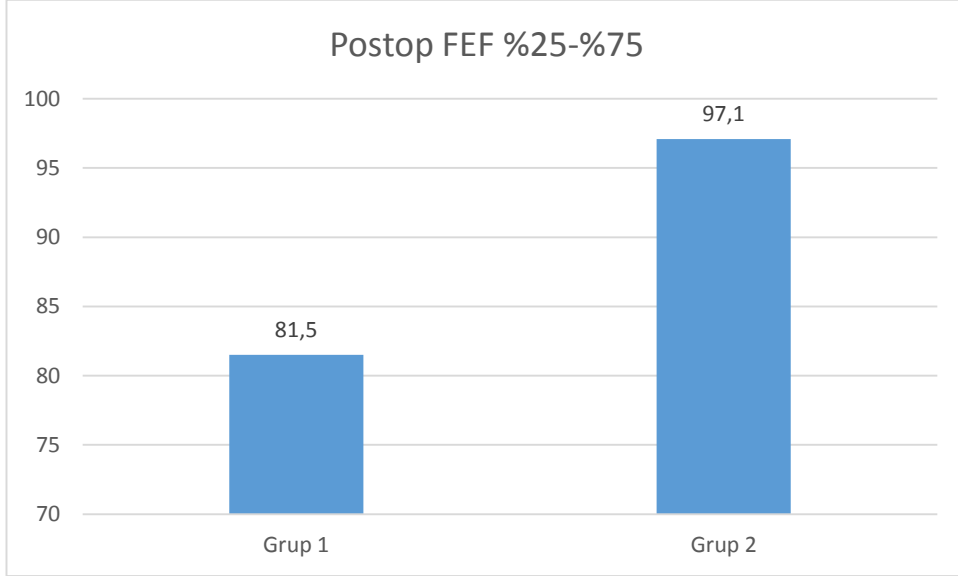
Şekil 2. Grupların Postop FEV1 değerlerinin karşılaştırılması



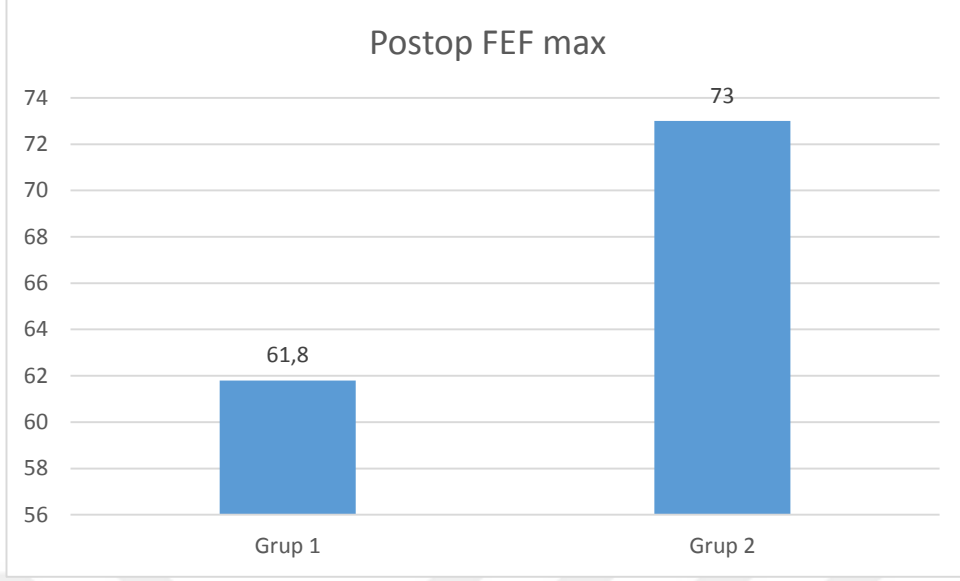
Şekil 3. Grupların Postop FEF %25 değerlerinin karşılaştırılması



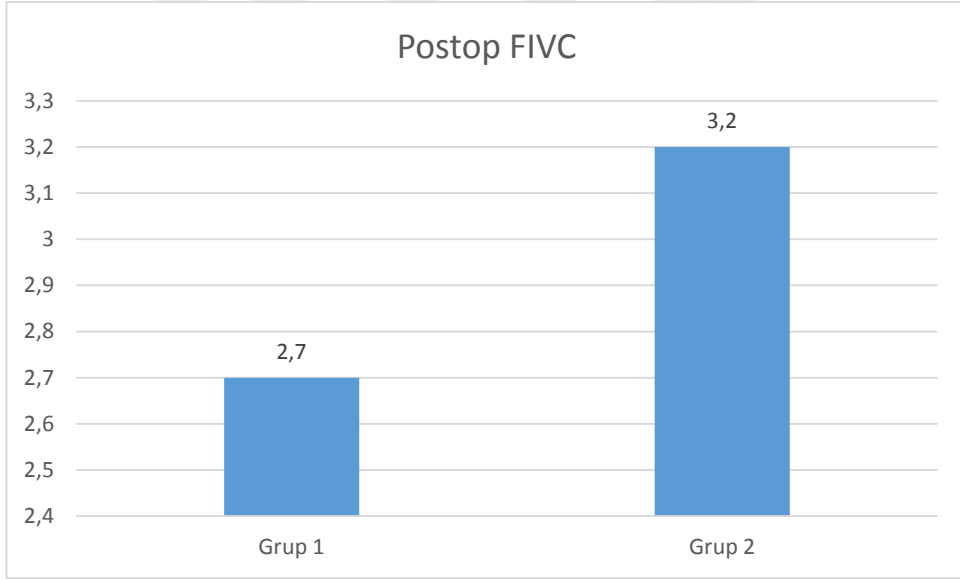
Şekil 4. Grupların Postop FEF %75 değerlerinin karşılaştırılması



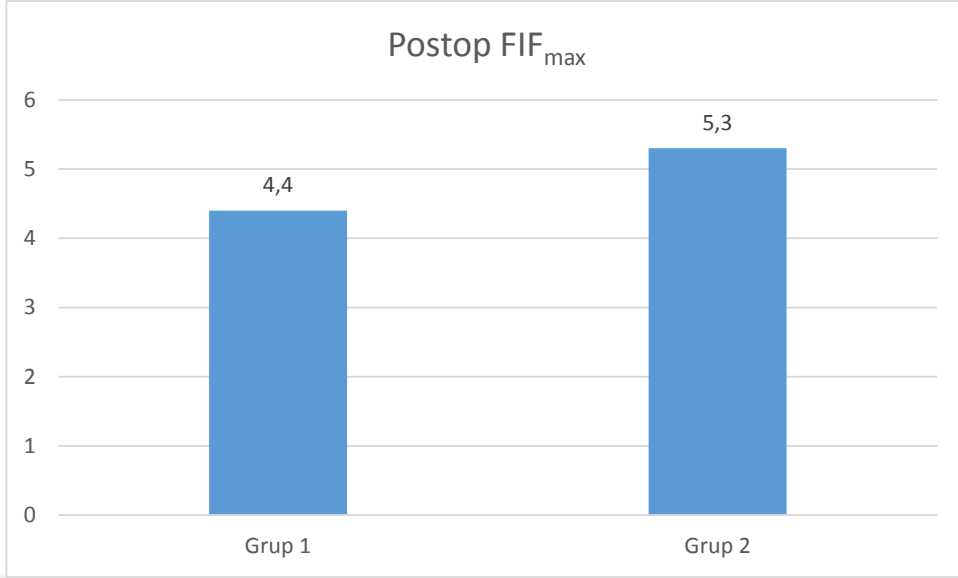
Şekil 5. Grupların Postop FEF %25-%75 değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 6. Grupların Postop FEF_{max} değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 7. Grupların Postop FIVC değerlerinin karşılaştırılması



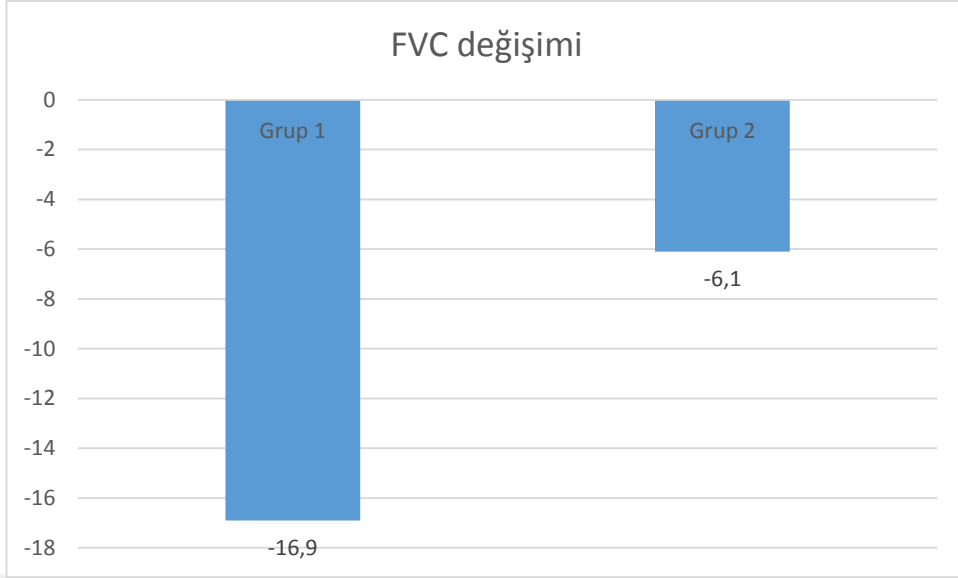
Şekil 8. Grupların Postop FIF max değerlerinin karşılaştırılması

Grup I'de bulunanların FVC, FEV1, FEF %25, FEF %75, FEF %25-%75, FEF_{max}, FIVC ve FIF_{max} değerlerindeki değişim Grup II'de bulunanların değişiminden anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur (p<0,001)(Tablo 10, Şekil 9-16).

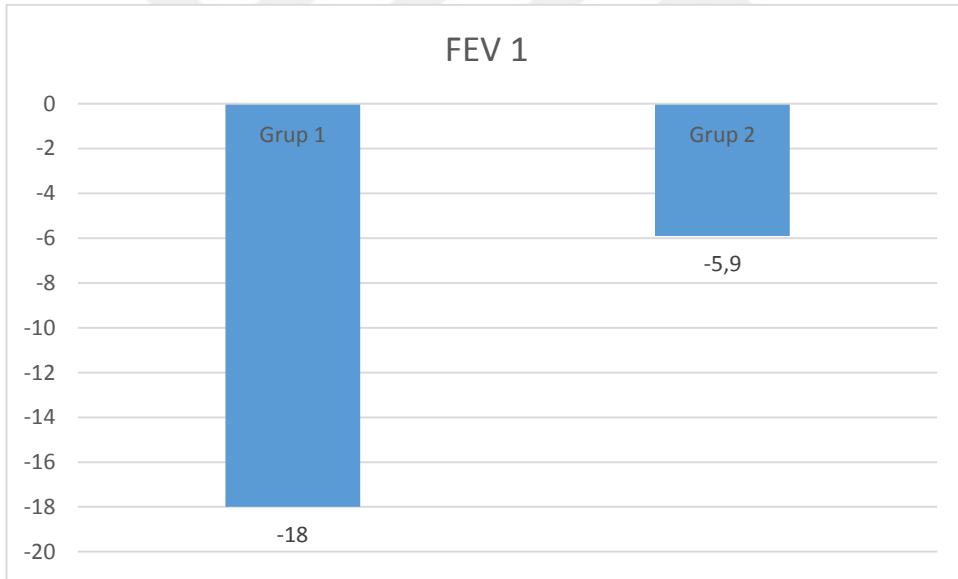
Tablo 10. Grupların SFT değişimlerinin karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
FVC	-16,9±11,2	-6,1±8,3	<0,001
FEV1	-18,0±12,0	-5,9±8,3	<0,001
FEV1/FVC	-0,5±4,5	0,4±2,7	0,166
FEF %25	-25,4±22,1	-9,6±17,0	<0,001
FEF %75	-18,2±23,7	-1,7±16,6	<0,001
FEF %25-%75	-24,2±20,3	-5,6±14,1	<0,001
FEF_{max}	-22,2±19,1	-11,6±15,8	<0,001
FIVC	-0,8±,7	-0,3±,6	<0,001
FIF max	-1,2±1,2	-0,2±1,0	<0,001

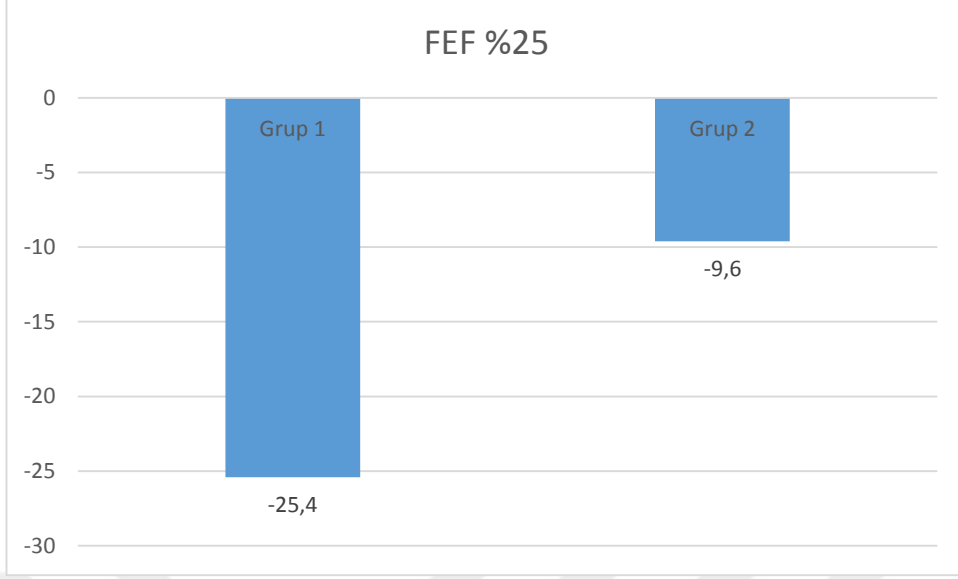
*Student t testi uygulanmıştır.



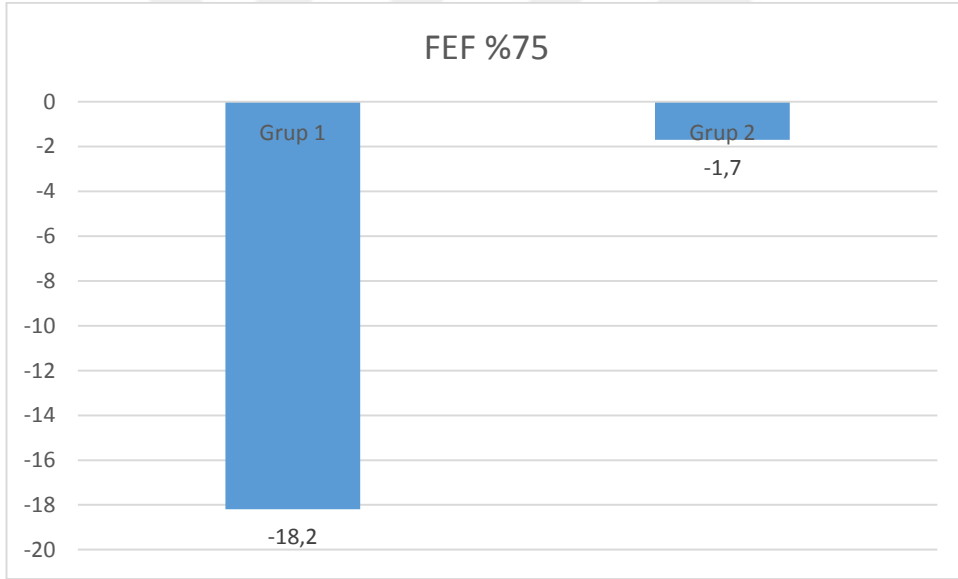
şekil 9. Grupların FVC değişimlerinin karşılaştırılması



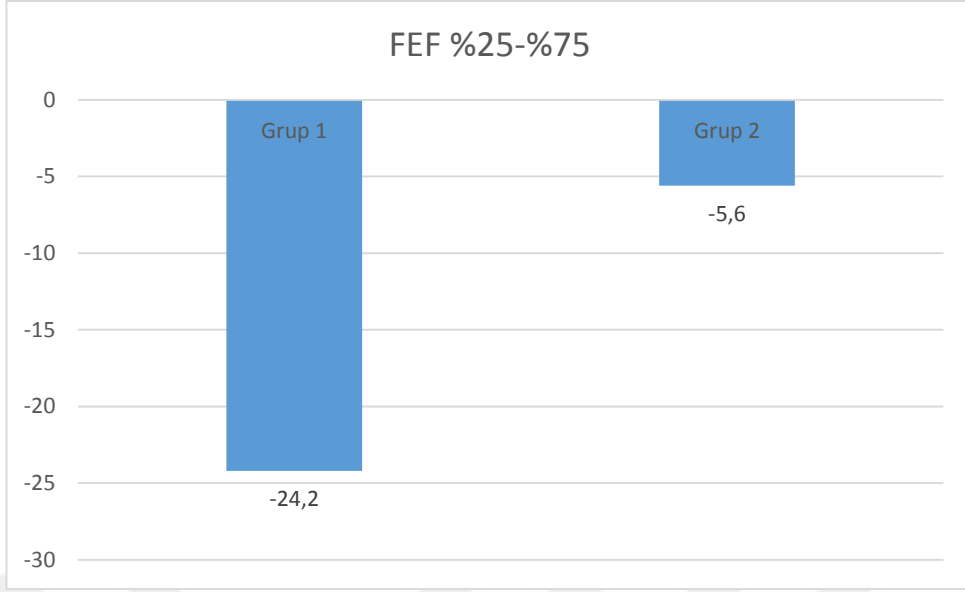
şekil 10. Grupların FEV1 değişimlerinin karşılaştırılması



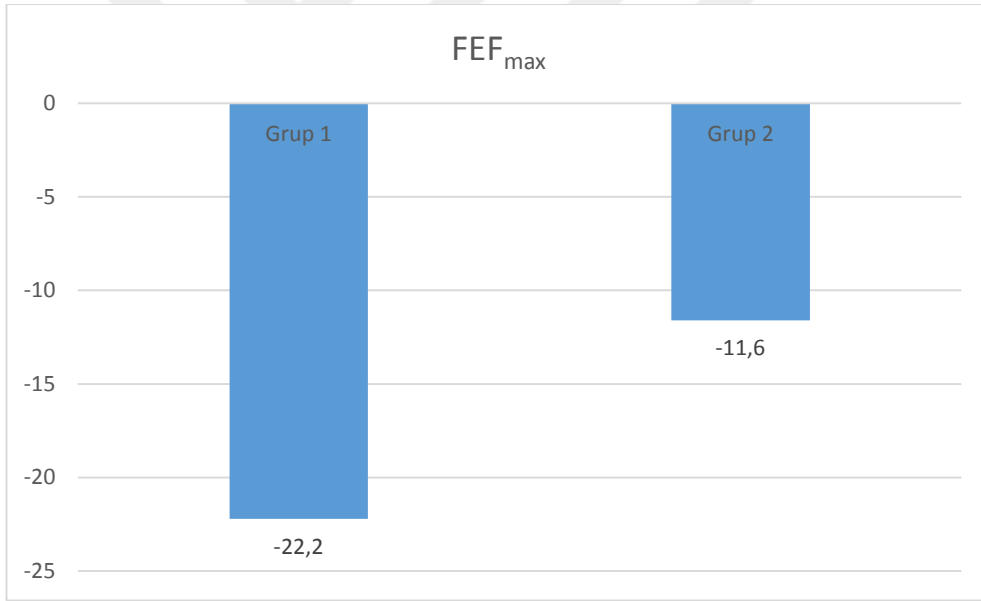
Şekil 11. Grupların FEF %25 değişimlerinin karşılaştırılması



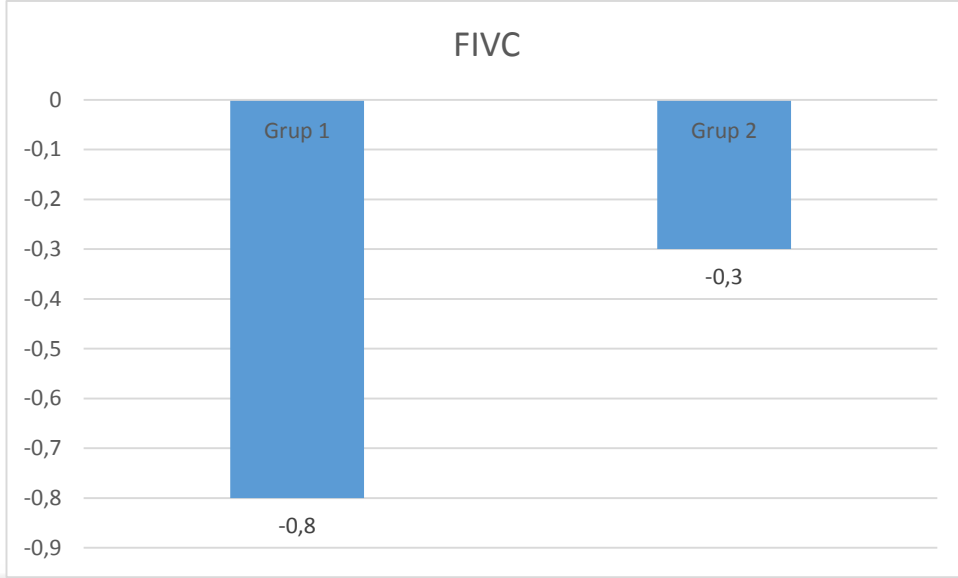
Şekil 12. Grupların FEF %75 değişimlerinin karşılaştırılması



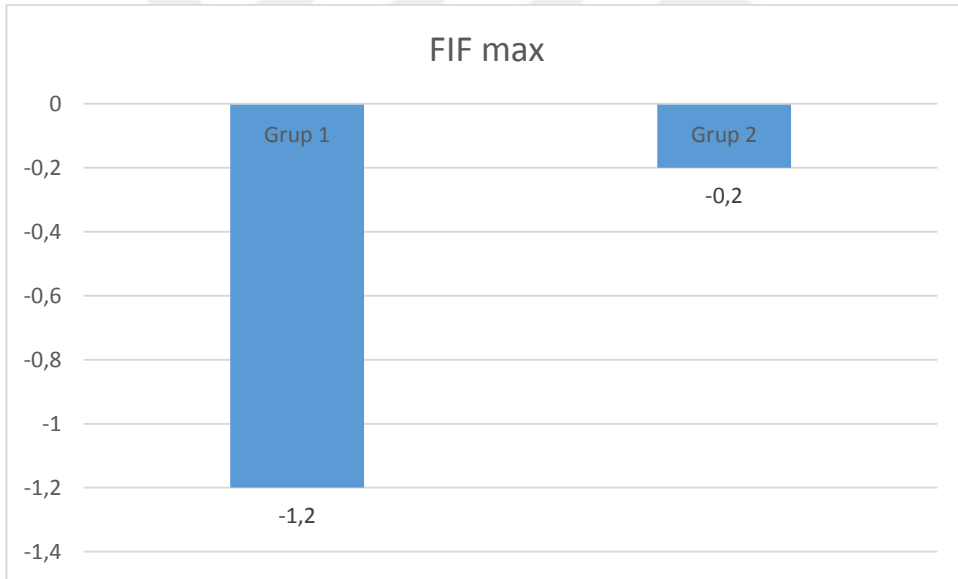
Şekil 13. Grupların FEF %25-%75 değişimlerinin karşılaştırılması



Şekil 14. Grupların FEF_{max} değişimlerinin karşılaştırılması



Şekil 15. Grupların FIVC değişimlerinin karşılaştırılması



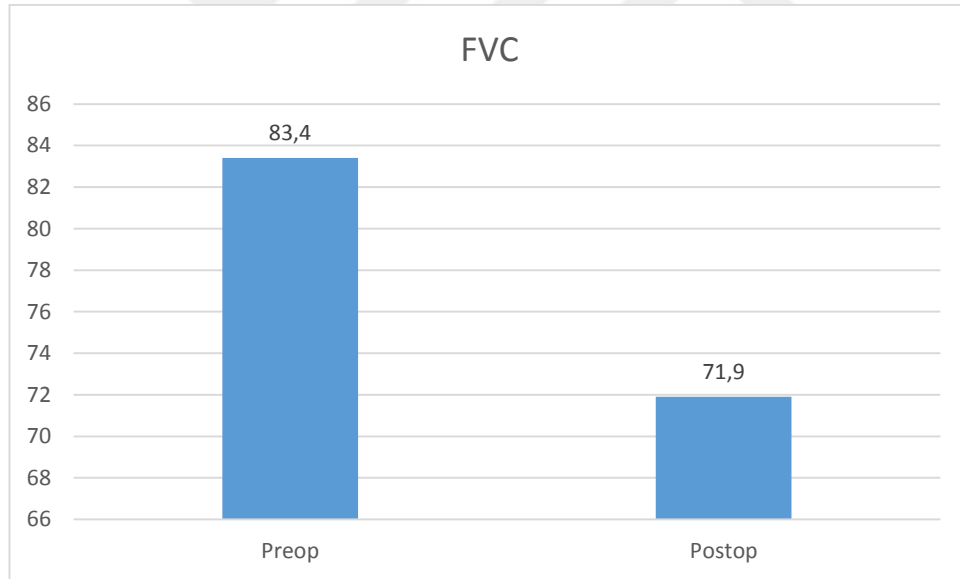
Şekil 16. Grupların FEF_{max} değişimlerinin karşılaştırılması

Tüm hastaların FVC, FEV1, FEF %25, FEF %75, FEF %25-%75, FEF max, FIVC ve FEF_{max} değerleri ameliyat sonrasında anlamlı şekilde düşmüştür ($p < 0,001$) (Tablo 11, Şekil 17-24).

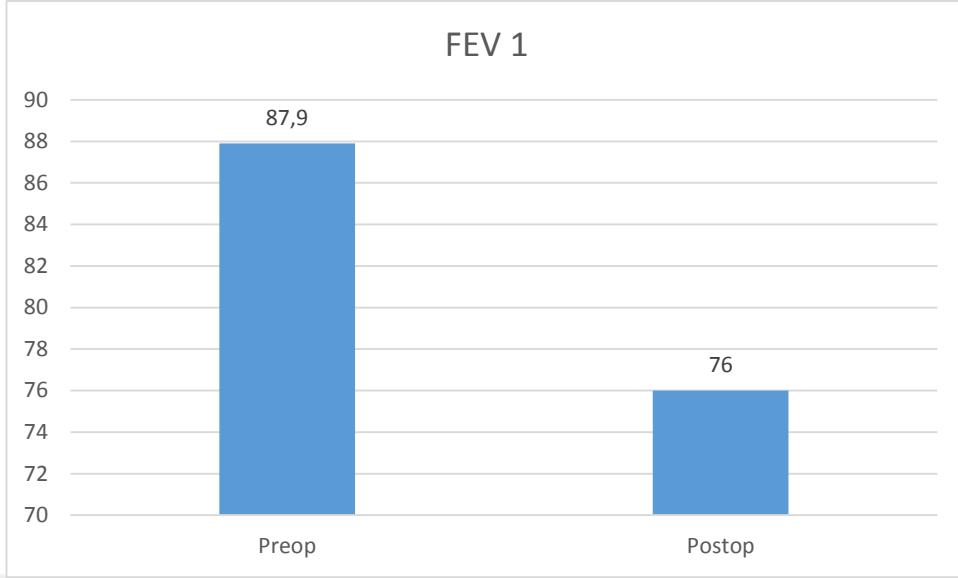
Tablo 11. Tüm hastaların preop SFT değerleri ile postop SFT değerlerinin karşılaştırılması

	Preop	Postop	p*
	Ort±SS	Ort±SS	
FVC	83,4±12,5	71,9±13,7	<0,001
FEV1	87,9±13,0	76,0±14,6	<0,001
FEV1/FVC	86,0±5,4	86,0±5,5	0,924
FEF %25	92,3±24,6	74,8±22,8	<0,001
FEF %75	90,4±29,2	80,4±27,7	<0,001
FEF %25-%75	104,2±27,4	89,3±26,7	<0,001
FEF_{max}	84,3±17,6	67,4±19,1	<0,001
FIVC	3,5±,9	3,0±,9	<0,001
FIF max	5,5±1,7	4,8±1,6	<0,001

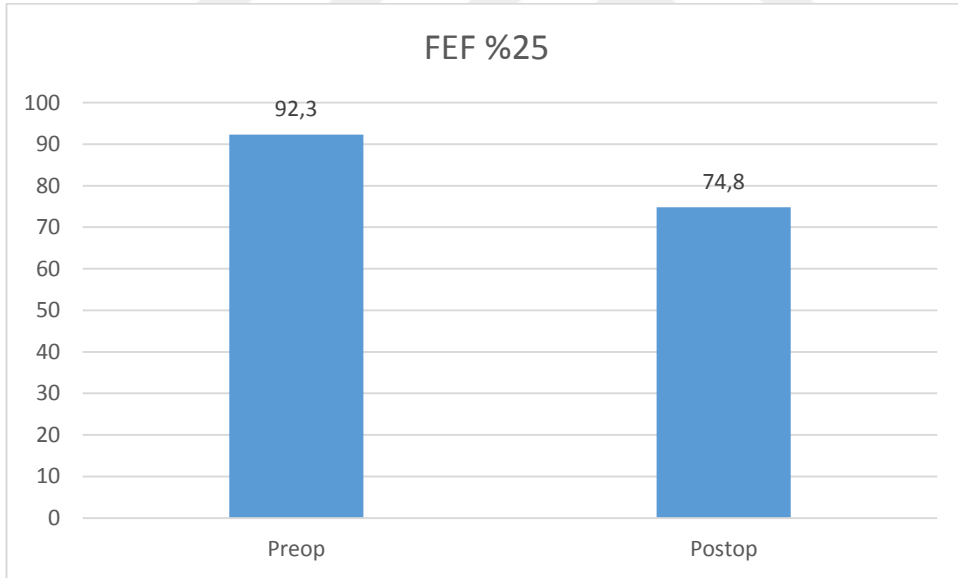
*Bağımlı gruplarda t testi uygulanmıştır.



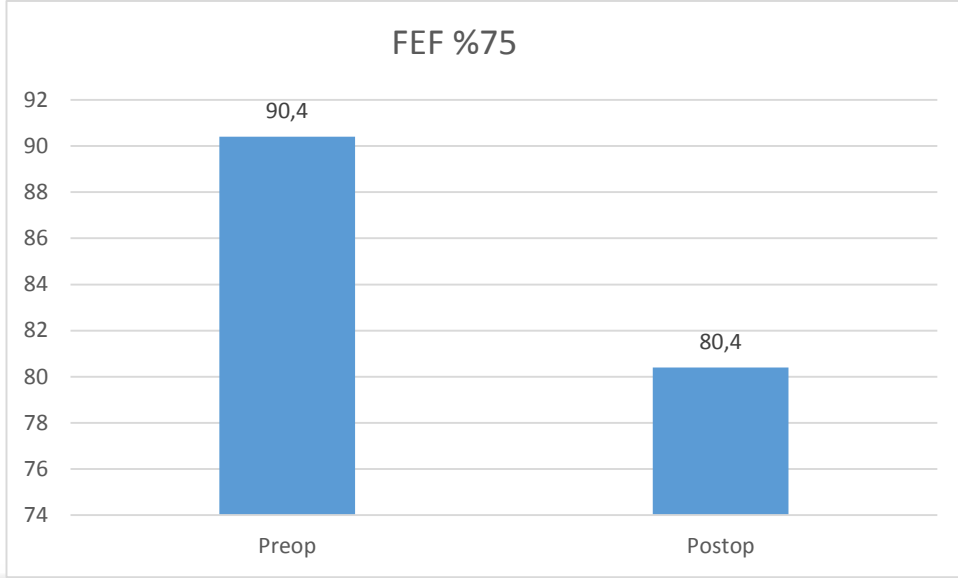
Şekil 17. Tüm hastaların preop FVC değeri ile postop FVC değerinin karşılaştırılması



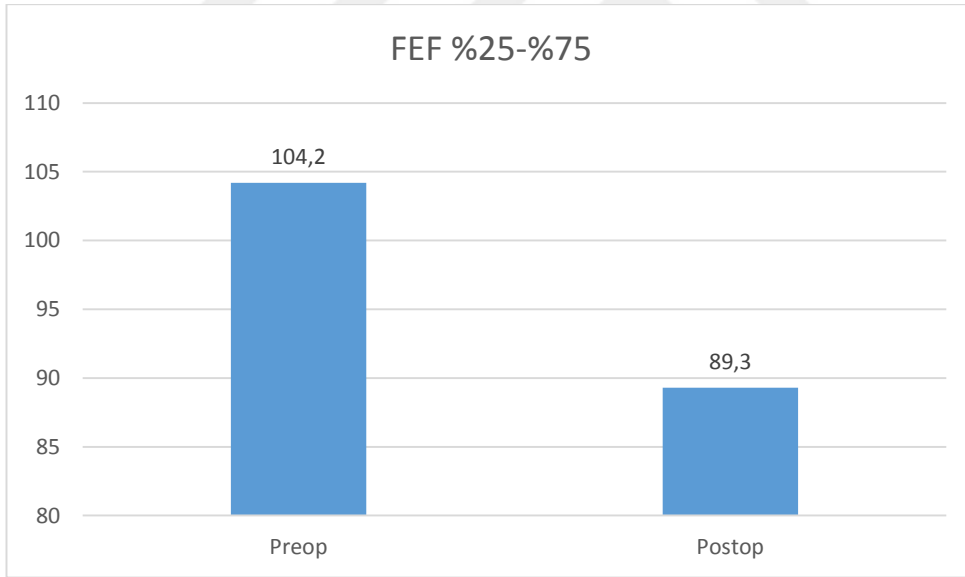
Şekil 18. Tüm hastaların preop FEV1 değeri ile postop FEV1 değerinin karşılaştırılması



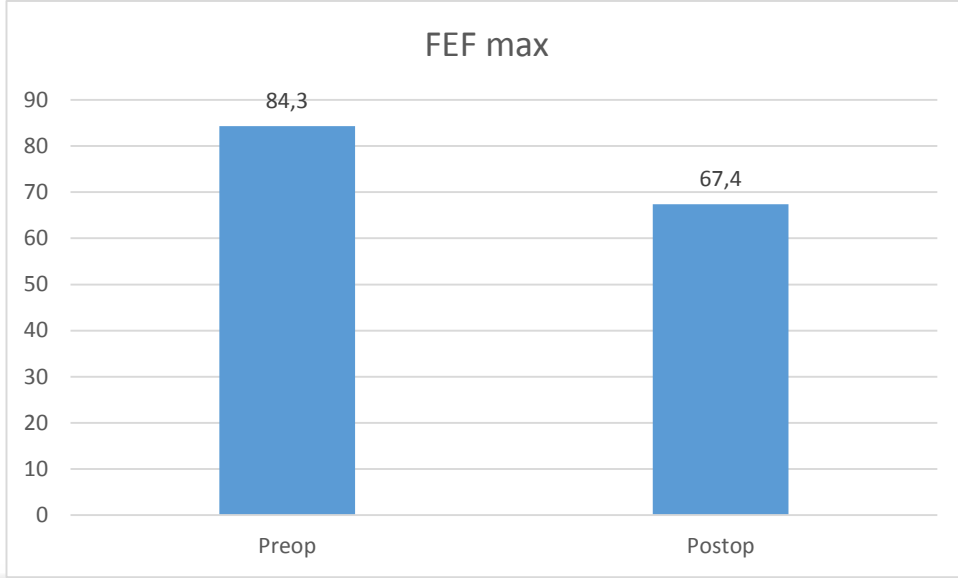
Şekil 19. Tüm hastaların preop FEF %25 değeri ile postop FEF %25 değerinin karşılaştırılması



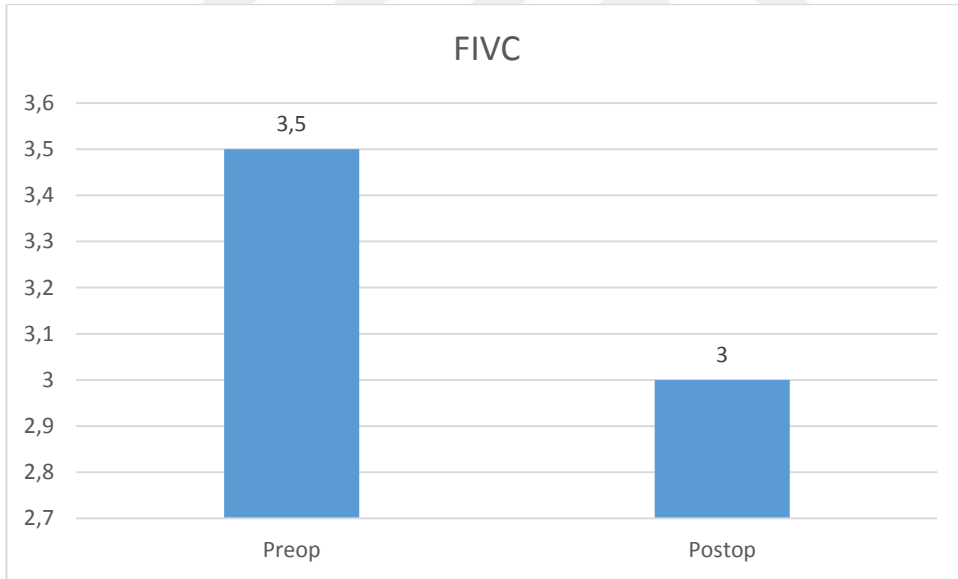
Şekil 20. Tüm hastaların preop FEF %75 değeri ile postop FEF %75 değerinin karşılaştırılması



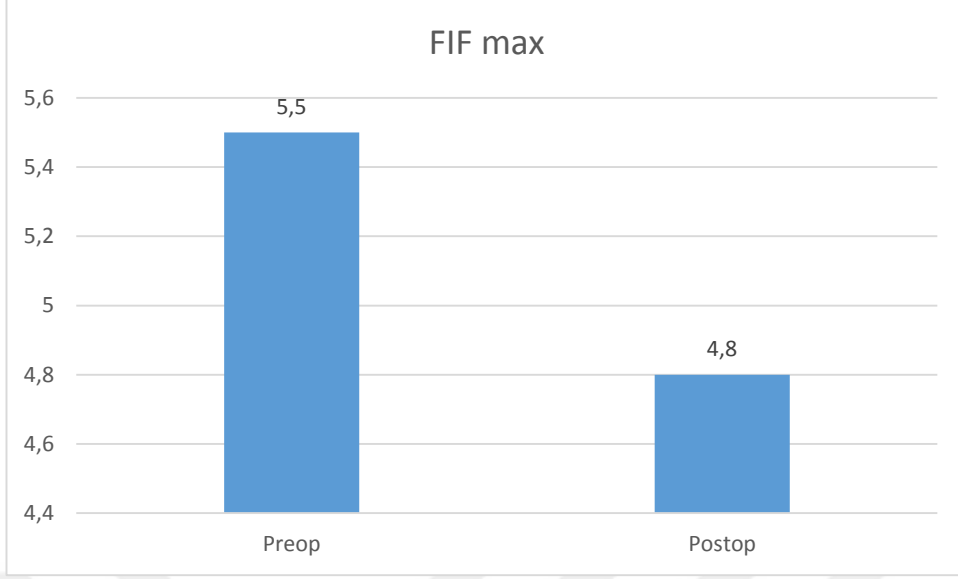
Şekil 11. Tüm hastaların preop FEF %25-%75 değeri ile postop FEF %25-%75 değerinin karşılaştırılması



Şekil 22. Tüm hastaların preop FEF_{max} değeri ile postop FEF_{max} değerinin karşılaştırılması



Şekil 23. Tüm hastaların preop FIVC değeri ile postop FIVC değerinin karşılaştırılması



Şekil 24. Tüm hastaların preop FEF_{max} değeri ile postop FEF_{max} değerinin karşılaştırılması

4. TARTIŞMA

Dünya üzerinde morbid obez birey sayısının hızla artmasıyla, cerrahi işlem ve genel anestezi uygulamalarında morbid obez hastalar ile karşılaşma oranı da artmaktadır. Akciğer kompliyansı azalan morbid obez bireylerin, genel anestezi ve cerrahi işlem sonrası pulmoner komplikasyon gelişme riski artmaktadır.

Biz de çalışmamızda laparoskopik sleeve gastrektomi (LSG) cerrahisi uygulanan morbid obez hastalarda farklı ekspirasyon sonu pozitif basınç (PEEP) değerleriyle oluşan farklı drivig pressure uygulamasının akciğer fonksiyonlarında yaptığı değişimi solunum fonksiyon testleri (SFT) ile göstermeyi amaçladık.

Genel anestezi sonrası izlenen akciğer mekaniklerindeki değişiklikler indüksiyonun hemen sonrasında meydana gelmektedir. Genel anestezik ilaç türüne bağlı olmadan tüm olgularda inspiratuar kas tonusunda kayıp, diyaframın yukarı doğru hareketi, göğüs duvarı sertliğinde değişiklik ve kompresyon atelektezisi sonucunda FRC'de azalma izlenmektedir. Öte yandan genel anestezi sonrası akciğer kompliyansında ve ventilasyon-perfüzyon oranında azalma, hava yolu direncinde artma beklenen diğer bulgulardır (77). Cerrahi girişimlerde ve genel anestezide oluşan respiratuar değişiklikler solunum sistemi ve savunma mekanizmalarını etkileyerek postoperatif pulmoner komplikasyonların (PPK) oluşumuna yol açabilmektedirler. Bu durum, özellikle abdominal operasyonlar sonrasında sık görülmektedir. Postoperatif dönemde gelişen bu komplikasyonlar, hastaların hastanede kalış sürelerinin uzamasına yol açmakla beraber, yüksek morbidite ve mortaliteye neden olmaktadır (78).

Obeziteyle indüklenen patofizyolojik değişiklikler hastaların hipoksemi, hiperkapni ve atelektazi gibi perioperatif komplikasyonlara yatkın olmasına sebep olmaktadır (79). Solunum mekaniklerinde meydana gelen değişiklikler gaz değişimindeki bozulmayla sonuçlanır. Anestezi alan hastalarda, parsiyel arteriyel oksijen basıncının (PaO_2) VKİ ile ters orantılı olduğu gösterilmiştir (80). Sonuç olarak, intraoperatif respiratuar değişimlerdeki olumsuzluklar postoperatif periyoda yansiyabilir ve oksijen kullanımını uzun süre gerekli hale getirebilir. Aynı zamanda bu durum derlenme odasından çıkışı geciktirebilir, respiratuar fizyoterapi, noninvaziv ventilasyon ve yoğun bakım ihtiyacını artırabilir. Ayrıca, obezitenin postoperatif trakeal reentübasyon, morbidite, ve mortalite açısından risk faktörü olduğu gösterilmiştir (81).

Postoperatif pulmoner komplikasyonlar genellikle postoperatif dönemde yeni başlayan olası ölümcül ve ölümcül olmayan solunum olaylarını içeren bir kavram olarak bilinir. Solunum yetmezliği, akciğer hasarı, pnömoni, uzamış veya planlanmamış mekanik ventilasyon veya entübasyon, hipoksemi, atelektazi, bronkospazm, plevral efüzyon, pnömotoraks gibi olaylardan hangisinin PPK olarak kabul edilmesi gerektiği konusunda henüz bir fikir birliği yoktur (82).

Postoperatif pulmoner komplikasyonların sebepleri multifaktöryeldir. Yapılan cerrahi girişim, uygulanan anestezi yöntemi ve hastalara ait preoperatif risk faktörleri önemli rol oynamaktadırlar. Obesite, sigara, yaş, mevcut kronik akciğer hastalıkları ve diğer komorbiditeler hastaya ait risk faktörlerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, anestezinin türü, süresi, kullanılan farklı ajanlar ve postoperatif ağrı tedavisinin etkinliği anesteziye ait risk faktörlerini oluştururken, girişim süresi, cerrahi teknik ve insizyonun büyüklüğü cerrahiye ait risk faktörlerini temsil etmektedir (79).

Postoperatif pulmoner komplikasyonların veya bu bileşimin bir parçası olan herhangi bir tekil postoperatif solunum olayının tahmini, bunların önlenmesini amaçlayan perioperatif stratejilerin planlanmasında ve ayrıca sağlık sistemi maliyetlerinin düşürülmesinde faydalı olabilir (83).

Klinik açıdan bakıldığında, farklı hastalıklar birlikte ele alınarak PPK olarak tanımlanabilse de, bu olaylardan herhangi biri tek başına veya bunların birbiriyle birliktelikleri, farklı tanımlarla postoperatif sonuç üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ancak bu olayların farklı patofizyolojik mekanizmaları olabileceği açıktır. Bu nedenle bazı çalışmalar, başta solunum yetmezliği ve pnömoni olmak üzere komplikasyonlara ayrı ayrı odaklanmıştır (84). En sık rastlanan postoperatif komplikasyon atelektazidir. Mortalitenin ise primer sebebi pnömoni olarak bildirilmiştir (79). Atelektazi, postoperatif pulmoner komplikasyonların oluşumuna zemin hazırlar ve genel anestezi altındaki operasyonlarda sıklıkla diyafragma yakın bölgelerde gelişir (82).

Her yıl, dünya çapında göz ardı edilemeyecek sayıda PPK meydana gelmektedir (83). Postoperatif pulmoner komplikasyonlar, cerrahi geçiren hastalarda %2-%5.6 arasında görülmektedir. Bu oran, üst batın veya göğüs cerrahisi operasyonlarında %20 ile %70 arasında değişen sıklıkta görülmektedir (85).

Abdominal cerrahilerde, düşük tidal volüm ile birlikte PEEP kullanılarak uygulanan akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun, PPK'ı önlemede etkili olduğu,

metaanaliz ve randomize kontrollü çalışmalarda gösterilmiştir (86). Son on yılda, pek çok çalışma, uygun ventilasyon stratejilerini (örneğin, akciğer koruyucu ventilasyonun kullanılması) kullanarak PPK insidansını azaltmayı amaçlamıştır. Düşük tidal volüm, pozitif ekspirasyon sonu basıncı (PEEP) ve recruitment manevralarının (RM) kullanımı, intraoperatif akciğer koruyucu ventilasyonun temel bileşenleridir (87). Bu bağlamda, biz de çalışmamızda postoperatif pulmoner komplikasyon oluşma riskini göz önüne alarak, akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin başarısını optimal PEEP ve driving pressure değerleri ile göstermeyi hedefledik.

Laparoskopik sleeve gastrektomi ameliyatları sırasında solunum mekanikleri, artmış VKİ ve pnömoperitonyumdan etkilenir, fakat ters Trendelenburg pozisyonu bu negatif etkileri dengeleyebilir (88). Bu nedenle çalışmamızda ters Trendelenburg pozisyonunu uygulayarak, morbid obezitenin ve pnömoperitonyumun solunum mekanikleri üzerine olumsuz etkilerini azaltmayı amaçladık.

Klinik ve deneysel çalışmalarda gösterildiği üzere, akut respiratuar distress sendromu (ARDS) tanılı hastalarda mekanik ventilasyon sırasında tidal volümler, akciğer aşırı gerilimini sınırlamak için önemli ölçüde azaltılmıştır (89). Yüksek tidal volüm değerlerinin artan akciğer hasarı veya inflamasyon ile ilişkili olmadığını öne süren deneysel ve klinik verilere rağmen, ideal vücut ağırlığına göre 6 ila 8 ml/kg aralığındaki ortalama tidal volümlerin kullanımı, akciğer hasarının önlenmesi için geniş kabul görmüştür (90). Ayrıca tek akciğer ventilasyonu uygulanan hastalarda tidal volümler sürekli olarak azaltılarak koruyucu akciğer ventilasyonu sağlanmıştır. Geçmişte 10 ml/kg kadar yüksek değerler kullanılmış olsa da, deneysel ve klinik araştırmalar, 4 ila 5 ml/kg'lık tidal volümlerin hem akciğer koruması hem de yeterli gaz değişiminin sağlanması için daha uygun olabileceğini öne sürmüştür (91). Ayrıca, bir çalışma anestezi indüksiyonundan ameliyatın sonuna kadar PEEP olmadan düşük tidal volümle atelektazinin anlamlı şekilde artmadığını göstermiştir (92). Daha büyük bir randomize kontrollü çalışmada, düşük tidal volümlerle mekanik ventilasyonun ve PEEP'in birlikte kullanımının açık karın cerrahisi sırasında solunum sistemi kompliyansında ve gaz değişiminde ilerleyici bir bozulmaya yol açmadığı gösterilmiştir (93).

Determan ve ark. yaptığı çalışmada ideal vücut ağırlığına (İVA) göre 6mL/kg ile ventile edilen kritik hastalar, 10mL/kg ile ventile edilenlerle karşılaştırılmış ve

düşük tidal volüm ile ventile edilenlerde plazma sitokin düzeyleri belirgin olarak düşük bulunmuştur. Yazarlar, düşük tidal volüm ile ventile edilenlerde ARDS gelişme insidansının daha az olacağını ileri sürmüşlerdir (94). Neto ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ARDS tanısı olmayan kritik hastaların alındığı başka bir çalışmada da ilk 48 saat yüksek tidal volüm uygulanmasının (>10 ml/kg) pulmoner komplikasyonlar ile ilişkili olduğu saptanmıştır (95).

Abdominal cerrahi uygulanan hastalarda yapılan randomize kontrollü bir çalışmada peroperatif konvansiyonel mekanik ventilasyon uygulanan grup (10-12 mL/kgİVA, PEEP:0 cm H₂O) ile akciğer koruyucu ventilasyonu uygulanan grup (6-8 mL/kgİVA, PEEP:6-8 cmH₂O) karşılaştırılmış ve akciğer koruyucu ventilasyonu uygulanan grupta postoperatif 7.gün akciğer ve akciğer dışı komplikasyonların daha düşük olduğu saptanmıştır (96).

Mekanik ventilasyon sırasında uygulanan yüksek tidal volüm, perioperatif akciğer hasarına yol açacak faktörlerden biri olarak sayılmaktadır (97). Diğer faktörler arasında yüksek driving pressure, düşük seviyeli PEEP, yüksek FiO₂ bulunmaktadır. Bunun dışında operasyon sırasında verilen fazla sıvılar, kan ürünleri ve gelişen inflamatuvar süreçler solunum mekaniklerini olumsuz etkilemektedir (98). Bununla birlikte yanlış kullanıldığında akciğer hasarına yol açabilecek faktörler arasında olan tidal volüm, hem sağlıklı hem de hasarlı akciğerlerde en çok çalışılan parametrelerdendir. Bu çalışmalarda ortak görüş, tidal volümün belirlenmesinde ideal vücut ağırlığının kullanılmasıdır. Biz de bu literatür bilgileri ışığında kendi çalışmamızda, hastalara, ideal vücut ağırlıklarına göre 6 ml/kg tidal volüm uyguladık.

PEEP alveoler kollapsı önler, atelektatik akciğer alanlarının açılmasına yardımcı olur, ventilasyon/perfüzyon oranını iyileştirir ve yeterli gaz değişimine olanak sağlar (99). Ancak düşük PEEP düzeyleri ile atelektazi tam olarak giderilememekte, şant ve bozulan arteriyel oksijenizasyon düzeltilememektedir. Pnömoperitonyum varlığında PEEP kullanımı atelektaziyi azaltmakta, ventile olan akciğer alanını artırmakta ve sonuçta daha iyi bir ventilasyon/perfüzyon oranı sağlamaktadır (100).

Akciğer koruyucu ventilasyon stratejisinde PEEP uygulanmasının daha iyisonuçlar sağladığı daha önce de birçok çalışmada gösterilmiştir. Ortiz ve ark. (101) laparoskopik cerrahi geçiren morbid obez hastalarda atelekteziyi önlemenin oluşan

atelektazileri açmaktan daha kolay olduğunu belirterek bunun baştan önlenmesi için obez hastaların ventilasyon yönetimine entübe edilir edilmez PEEP eklenmesini önermişlerdir.

PEEP uygulaması intratorasik basıncı arttırarak kalbe venöz dönüşü azaltıp kardiak outputta düşüşe neden olur. PEEP uygulamasının bu yöndeki olumsuz etkisi özellikle yüksek değerlerde uygulanma durumunda gözlenmektedir. Fizyolojik kabul edilebilecek 5-7 cm H₂O PEEP değerleri yoğun bakım hastalarında ve peroperatif olgularda hemodinamiyi minimal düzeyde etkilemektedir. PEEP uygulanan olgular üzerinde yapılan çalışmalarda da KAH'nda azalma olduğu bildirilmiştir.

Bazı çalışmalarda PEEP ve intraabdominal basınç eş zamanlı uygulandığında hemodinamik verilerin çok değişmediği bildirilmiştir (102). Buna karşın Kraut ve ark. (103) 10 cm H₂O PEEP ve 15 mmHg intraabdominal basınçla, kardiak output ve önyük de belirgin düşme izlemişler ve bu kombinasyonun laparoskopik cerrahide kontrendike durum oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Çiçek ve ark. (104) 40 hasta üzerinde yaptıkları laparoskopik kolesistektomilerde 0 cm H₂O ve 10 cm H₂O PEEP uygulamasının hemodinami, arteriyel oksijenizasyon ve akciğer mekanikleri üzerine etkisine bakmışlar ve istatistiksel fark olmadığı sonucuna varmışlardır. Biz de çalışmamızda farklı PEEP değerleri uygulayarak her iki gruptaki OAB ve kalp tepe atımındaki değişiklikleri kayıt altına alarak karşılaştırdık ve herhangi bir anlamlı farklılık olmadığını saptadık.

Dantini ve ark. (105) tarafından yapılan randomize kontrollü bir çalışmada; ters Trendelenburg pozisyonunda laparoskopik kolesistektomi yapılan hastalarda, azalan PEEP uygulaması sırasında en düşük driving pressure ile en yüksek solunum sistemi kompliyansına karşılık gelen bir PEEP seviyesi belirlenmiş ve bu “en iyi PEEP” olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmada belirlenen en iyi PEEP değerinin, akciğer ve göğüs duvarı mekaniklerini ve oksijenasyonu iyileştirirken, hemodinamiyi kötüleştirmediği ve bu etkilerin ameliyatın sonuna kadar devam ettiği gösterilmiştir. Bu çalışmada driving pressure değerine göre belirlenen en iyi PEEP değeri 6-10 cm H₂O aralığında ve ortalama 8.9±1.3 cm H₂O olarak bildirilmiştir. Çalışmamızdaki optimal PEEP değerleri Dantini ve ark. (105) tarafından yapılan çalışmada bildirilen değerler ile benzer bulunmuştur. Bazı çalışmalar, hem obez hem de obez olmayan hastalarda genel anestezi sırasında atelektaziyi azaltmak veya ortadan kaldırmak, ölü alanı arttırmadan

uyumu iyileştirmek ve ekspirasyon sonu akciğer hacmini sürdürmek için 10 cm H₂O'luk bir PEEP'in gerekli olduğunu göstermiştir (106). Obez olmayan hastalarda yapılan başka bir çalışma, 10 cm H₂O PEEP'in akciğer hacmini artırdığını ancak 0 cm H₂O PEEP'e kıyasla solunum fonksiyonunu iyileştirmedeğini göstermiştir (107).

Ekspirasyon sonu pozitif basınç (PEEP) seviyesi hastanın kendine has özelliklerine, cerrahi yaklaşımın özelliklerine ve hastanın pozisyonuna göre seçilmelidir. Genel anestezi sırasında PEEP'in daha bireysel titrasyonu için oksijenizasyon, ekspirasyon sonu akciğer hacmi, solunum sisteminin mekanik özellikleri, ventilasyonun dağılımı göz önünde bulundurulmalıdır (108). Bazı çalışmalar, solunum mekaniği rehberliğinde PEEP titrasyonunun PPK'ları azaltabileceğini ve akciğer fonksiyonunu iyileştirebileceğini buldu. PEEP titrasyon yönteminin PPK insidansını azaltabileceğini ve yaygın olarak meydana gelen PPK'ların solunum mekaniğini hedefleyen bireyselleştirilmiş PEEP ile azaltılabileceğini göstermektedir (109, 110).

Yoon ve ark. (111) tarafından ters Trendelenburg pozisyonunda yapılan robotik yardımcı radikal prostatektomilerde driving pressure değerine göre en iyi PEEP değeri ayarlanarak yapılan çalışmada ise ortalama PEEP değeri 14 cm H₂O olarak bulunmuştur. Buna karşılık bizim çalışmamızda daha düşük PEEP seviyeleri uygulanmıştır, bunun nedeni ise en düşük driving pressure değerini bulmak için kullandığımız en yüksek PEEP değerini 10 cm H₂O olarak belirlememizdir. Ayrıca en yüksek PEEP değerini 10 cm H₂O olarak belirleyerek, ters Trendelenburg pozisyonu ve PEEP artışına bağlı gelişebilecek hemodinamik değişimlerden kaçınmış olduk.

Wetterslev ve ark.'ları (112) çalışmalarında, obez olguların üst abdominal açık cerrahi operasyonlarında, intraoperatif 0 ve 15 cm H₂O PEEP uygulamışlar, 0 cm H₂O PEEP uygulanan olgularda, postoperatif pnömoninin daha sık oluştuğunu saptamışlardır. Tusman ve ark. (113)'nin 90 olguluk serilerinde; obez hastalarda 0, 5 ve 10 cm H₂O PEEP uygulamışlar, 0 cm H₂O PEEP uygulananlara oranla 5, 10 cm H₂O uygulananlarda daha iyi oksijenizasyon saptamışlar, 5 ile 10 cm H₂O PEEP uygulamasının oksijenizasyon üzerine etkilerinin benzer olduğunu vurgulamışlardır. Kim ve ark.'ları (114) laparoskopik kolesistektomi uygulanan hastalarda 5 cm H₂O PEEP uygulamasının P(A-a) O₂ gradientinde azalma ve oksijenizasyonda düzelme sağladığını ve PEEP kullanımının intraoperatif atelektazi oluşumunu azalttığını

belirtmişlerdir. Brezo ve ark.'ları (115) abdominal cerrahi yapılan hastalarda düşük tidal volüm ve 7-10 cm H₂O PEEP uygulandığında, intrapulmoner şantın azalması oksijenizasyonun düzeldiğini; PEEP uygulanmayan grupta alveollerin kollapsına bağlı olarak kompliyansın azaldığını tespit etmişlerdir. Neumann ve ark. (116) gaz değişimi bozulan veya yüksek oksijen ile solutulan hastalarda vital kapasite manevrasından sonra 10 cm H₂O PEEP uygulamasının açık batın cerrahisi geçiren hastalarda atelettazi oluşumunu önlediğini belirtmişlerdir. İdem ark.'ları (117), modifiye prone pozisyonunda 10 cm H₂O PEEP kullanımının hemodinamik olumsuzluğa sebep olmadan P(A-a) O₂ 'yi azalttığını ve PaO₂ 'yi arttırdığını bulmuşlardır. Beştaş ve ark.'ları (118) hastalara farklı PEEP düzeyleri uygulamışlar ve genel anestezi sırasında uyguladıkları PEEP düzeyinin, kompliyans azalmasında fark oluşturmadığını, bununla birlikte 15 cm H₂O PEEP ile PaO₂ 'nin anlamlı olarak arttığını belirtmişlerdir. Rauh ve ark.'ları (119) 15mmHg ile oluşturulan pnömoperitonyumunun, kompliyansda anlamlı azalma ortaya çıkardığını, desuflasyondan sonra ise başlangıç değerine döndüğünü bulmuşlardır.

Hee Jong L. ve ark. (99) robot yardımcı laparoskopik prostatektomi uygulanan hastalarda 7 cm H₂O PEEP değerinin 0, 3, 5 ve 10 cm H₂O PEEP değerlerine göre, pik havayolu basıncını çok fazla artırmadan arteriyal oksijenizasyonu düzelttiğini bildirmiştir. Gernoth ve ark.'nın yoğun bakımdaki erişkin ARDS hastalarında benzer yöntemle saptadıkları en iyi PEEP değeri 10-18 cm H₂O aralığında ve ort. 14±3 cm H₂O'dur (120). Çalışmamızda en düşük driving basınç değeri hedef alınarak hesaplanan kişiselleştirilmiş PEEP değeri Grup 1 için 5 cm H₂O ve Grup 2 için 10 cm H₂O olarak belirlendi. Çalışmamızdaki optimum PEEP değerleri Dantini ve ark. (105) tarafından yapılan çalışmada bildirilen değerlerden daha yüksek, ama Gernoth ve ark.'nın (120) yaptığı çalışmada ARDS için bildirilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bunda hastaların solunum mekaniklerindeki farklılıkların etken olduğunu düşünmekteyiz.

Pereira ve ark. (121) abdominal cerrahi geçiren hastalarda kişiselleştirilmiş PEEP uygulamasının postoperatif atelettaziyi azalttığını bildirmiştir. Nestler ve ark. (122) ise başka bir çalışmada laparoskopik cerrahi geçiren obez hastalarda elektrik impedans tomografiyle belirledikleri ve recruitment manevrası ile kombine ettikleri kişiselleştirilmiş PEEP ile sabit PEEP uygulanan hasta grubuna göre akciğer

volümünün daha iyi korunduğunu, ancak bu farkın erken postoperatif dönemde kaybolduğunu ve postoperatif 28 günlük süreçte pulmoner komplikasyon açısından gruplar arasında anlamlı bir fark görülmediğini bildirmiştir.

Tsolaki ve ark.'nın çalışmasında, hastaların geç entübasyonu sebebiyle ARDS'li hastalarda respiratuar stress ve hipoksemi süresinin artmasını bunun da driving pressure'ı artırdığını ve $\Delta P > 14$ cm H₂O olan hastalarda mortalitenin anlamlı şekilde arttığını göstermektedir (123).

Benzer çalışmalar daha yüksek PEEP değerlerinin; intraoperatif daha yüksek arteriyel oksijen basıncı ve postoperatif daha az atelektazi ile sonuçlandığını ayrıca, daha düşük tidal volümlerin kullanılmasıyla, ameliyattan hemen sonra solunumsal fonksiyonların hızlı bir şekilde geriye döndüğünü ve postoperatif pnömoni insidansını düşürdüğünü göstermiştir (124).

Bunlara ek olarak, Pplato ve driving pressure'ın PPK'larla ilişkisi olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle, PPK'ları azaltma stratejilerinin Pplato < 30 cm H₂O ve ΔP 'yi kabaca 15 cm H₂O altında tutmayı içermesi gerektiğini öneren çalışmalar mevcuttur (98).

Boscolo ve ark.larının invaziv mekanik ventilasyon tedavisi alan 241 ARDS hastası dahil edilerek yaptığı gözlemsel kohort çalışmasında hafif orta ve ağır ARDS grupları dahil edilmiş ve driving pressure yoğun bakım mortalitesi ile doğrudan ilişkili olarak gözlemlenmiştir. Driving pressure 10 dan 14 e çıktığında yoğun bakım mortalitesi anlamlı olarak artmış şekilde bulunmuştur (125). Villar ve ark. larının 2017 de yaptığı çalışmaya göre hastane mortalitesini gösteren driving pressure eşik değeri 15 cm H₂O olarak bulunmuştur (126).

Pediyatrik yoğun bakım hastalarında yapılan bir çalışmada düşük $\Delta P < 15$ cm H₂O) olan gruptaki çocukların yüksek $\Delta P \geq 15$ cm H₂O) olan grupla karşılaştırıldığında 28. günde ventilatörsüz gün sayısının daha fazla olduğu gösterilmiştir (127). Pediyatrik yoğun bakım hastalarında yapılan başka bir çalışmada ise yüksek driving pressure değerlerinin, ventilatörsüz gün sayısını azalttığı gösterilmiştir (128).

Neto ve ark. (129) yapmış oldukları metaanaliz sonucunda driving pressure değerindeki artışın PPK'ları anlamlı derecede artırdığı sonucuna varmış ve bakteriyel translokasyondaki artışın driving pressure değeri yüksek olan hastalardaki artmış atelektazik alana bağlı olabileceğini savunmuştur. Rasche ve arkadaşlarının mekanik

ventile edilen 5167 hasta ile yaptıkları, tidal volüm ve driving pressure arasındaki ilişki ve driving pressure'nin mortalite üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada $\Delta P \geq 19$ cm H₂O değerinin artmış mortalite ile ilişkili olduğu bulunmuştur (130).

Bizde kendi çalışmamızda driving pressure değerini 15 cm H₂O'dan daha düşük uygulayarak solunum fonksiyon testlerindeki değerlerin postoperatif dönemde preoperatif döneme göre daha az etkilendiğini gördük.

Solunum fonksiyon testleri opere edilecek hastalarda respiratuar disfonksiyonun varlığını ve ciddiyetini göstermede medikal hikaye ve fizik muayeneye göre daha objektif veriler sağlamaktadır. Preoperatif değerlendirme sırasında pulmoner riski belirlemede optimal yaklaşım, arter kan gazı analizi ve FEV₁, FVC, FEV₁/FVC, PEF ve FEF %25-75 ölçümüdür (131).

Çalışmamızda, solunum fonksiyonlarını değerlendirmek için spirometri tekniğinden yararlanılmış, hastaların uyanıklık ve oksijen düzeylerinin normal olması nedeniyle kan gazı ölçümüne gerek duyulmamıştır. Spirometri oldukça kullanışlı, rahatsızlık uyandırmayan ve dünyada kullanımı kabul edilmiş bir metottur. Crapo ve ark'ları morbid obezlerin preoperatif değerlendirmesinde spirometrinin ucuz ve güvenli olmasının yanında postoperatif solunumsal komplikasyon riskini tanımlamada da önemini vurgulamıştır (132). Dolayısıyla obeziteye komorbid bir hastalık durumu olmayan obezite cerrahisine aday hastalarda, spirometri kullanımı uygun bir tetkik yöntemi olarak düşünmekteyiz.

Laparoskopik cerrahinin, batın içi basıncın artmasına, akciğer hacminin azalmasına, dolayısıyla gaz değişiminin bozulmasına neden olduğu birçok çalışma eşliğinde öne sürülmüştür (133). Obezitenin akciğer fonksiyonu üzerindeki en belirgin etkisi, FRC' de azalmadır. Bu etki abdominal ve torakal yağ dokunun artışı ile oluşur. Bununla birlikte obezitenin TLC ve RV etkileri orta düzeydedir. Birçok çalışma, artan vücut ağırlığı ile azalan TLC arasında bir ilişki olduğunu bildirmektedir. Spirometrik değişkenlerden FEV₁ ve FVC artan VKİ ile azalma eğilimindedir. Ancak bu etki düşüktür ve hem FEV₁ hem de FVC, sağlıklı, obez yetişkinlerde ve çocuklarda genellikle normal sınırlar içindedir. FEV₁/FVC oranı, morbid obezitede bile genellikle iyi korunur veya artar, bu hem FEV₁ hem de FVC'nin aynı ölçüde etkilendiğini gösterir. Bu bulgu, obezitenin ana etkisinin doğrudan hava yolu obstrüksiyonu üzerine değil akciğer hacimleri üzerinde olduğunu göstermektedir (134).

Tiefenthaler ve arkadaşları elektif lomber disk ameliyatı geçiren 21 ile 60 yaş aralığında 60 hastayı değerlendirdikleri çalışmalarında FEV1, FEF 25-75 ve PEF değerlerinin genel anestezi uygulaması sonrası preoperatif dönemde alınan sonuçlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığını bildirmişlerdir (135). Doger ve arkadaşlarının laparoskopik batın cerrahisinde düşük akım sevofluran anestezisinin solunum fonksiyonlarına etkilerini inceledikleri çalışmada da genel anestezi sonrası FVC ve FEV1 değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığı sonucuna varılmıştır (136). Karayiannakis ve arkadaşları, 82 hastayı inceledikleri serilerinde TLC, FRC, FEV1, FVC ve FEF25-75% değerlerinde genel anestezi sonrası önemli bir azalma olduğunu raporlamışlardır (137). Kim ve arkadaşlarının yaşlılarda total intravenöz anestezi ve inhalasyon anestezisinin solunum fonksiyonlarına etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında FEV1, FVC ve FEF25-75% değerlerinde her iki grupta da postoperatif 30. dakika, 60. dakika ve 24. saatte preoperatif döneme göre istatistiksel olarak anlamlı azalma kaydedilmiştir (138).

Arınalp ve ark. (139), laparoskopik cerrahi olgularında PEEP 0, 5 ve 10 cmH₂O değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 10 cmH₂O PEEP ile P_{plato} ve P_{tepe} basınçlarının daha yüksek ve postoperatif FVC değerlerinin daha iyi olduğunu, PEEP 0 cmH₂O ile kompliyansın daha çok azaldığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada literatürle uyumlu olarak her 3 grupta da ameliyat sonrası SFT değerlerinde ameliyat öncesi SFT değerlerine göre anlamlı azalma saptanmış. Ancak, diğer iki grupla karşılaştırıldığında 10 cm H₂O PEEP uygulanan grupta FVC azalma derecesi daha düşük bulunmuş.

Laparoskopik üst karın cerrahisinde postoperatif pulmoner komplikasyonlar ile SFT parametreleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı 70 hastayı kapsayan bir çalışmada Sen ve ark. postoperatif 2. gün FEV1 değerinin preoperatif FEV1 değerine göre belirgin olarak azaldığını, FVC değerinin postoperatif 1. gün preoperatif değerlere göre anlamlı derecede düşük olduğunu bulmuşlardır (140).

Bizim çalışmamızda ise, Grup 1 deki hastaların postop FVC, postop FEV1, postop FEF %25, postop FEF %75, postop FEF %25-%75, postop FEF_{max}, postop FIVC ve postop FIF max değerleri Grup 2 deki hastaların değerlerinden anlamlı şekilde düşük olduğu gösterilmiştir. Yapılan diğer çalışmalar da bizim çalışmamıza benzer şekilde, yüksek driving pressure ve düşük PEEP değerlerinin akciğer hasarı,

solunum mekanikleri ve oksijenizasyonda bozulma, solunum güçlüğü, hemodinamik instabilite gibi birçok olumsuzluklara yol açtığını vurgulamıştır. Bundan yola çıkarak düşük driving pressure ve kişiselleştirilmiş yüksek PEEP değerlerinin genel anestezi alan obez hastalarda akciğer koruyucu ventilasyon stratejisi olarak kullanılmasının daha uygun olabileceğini söyleyebiliriz. Postoperatif solunum fonksiyon testleri, genel anestezi eşliğinde cerrahi olan obez hastaların postoperatif pulmoner komplikasyonlara yatkınlığını ve uygulanan optimal ventilasyon stratejilerinin etkinliğini göstermede ucuz, noninvaziv, kullanımı kolay, ulaşılması kolay ve güvenilir testlerdir. Bu nedenle de çalışmamızda bu testleri kullanmanın daha geniş çaplı çalışmalarla bu stratejilerin değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Bununla birlikte Grup 1 hastaların FVC, FEV1, FEF %25, FEF %75, FEF %25-%75, FEF_{max}, FIVC ve FEF_{max} değerlerindeki azalma Grup 2 deki hastaların azalmasından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur.

Ayrıca çalışmamıza dahil edilen tüm hastaların FVC, FEV1, FEF %25, FEF %75, FEF %25-%75, FEF_{max}, FIVC ve FEF_{max} değerleri ameliyat sonrasında anlamlı şekilde düştüğü gösterilmiştir. Bu da hastaların genel anestezi altında laparoskopik cerrahi geçirmeleri ve morbid obez olmalarıyla ilgiliydi. Ancak düşük driving pressure ve optimal PEEP ile bu düşüş iki grup arasında farklı sonuçlanmıştır.

Yapılan çalışmalar dikkate alınarak bizim çalışmamızda optimal PEEP değeri 10 cm H₂O ve Driving Pressure için eşik değeri ise (ΔP) 15 cm H₂O olarak kabul edildi. Çalışmamızda maliyet etkinlik ilişkisi değerlendirilmedi. Bununla birlikte iki grupta da intraoperatif herhangi bir komplikasyon gözlenmedi.

Sonuç olarak; genel anestezi alan hastaların SFT değerlerinde preoperatif döneme göre postoperatif dönemde meydana gelen kötüleşme, uygulanacak olan akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejileri ile azaltılabilir. Bununla birlikte çalışmamızda, driving pressure değeri 15 cm H₂O'dan küçük olan hastaların, driving pressure değeri 15 cm H₂O'dan büyük olan hastalara göre, SFT değerlerinin daha az etkilendiğini bulduk. LSG cerrahisi geçirecek obez hastalarda uygulanan daha yüksek PEEP değerleriyle elde edilen daha düşük driving pressure değerlerinin akciğer koruyucu ventilasyonda kullanılmasının uygun olabileceğini, ancak daha geniş hasta serileriyle daha ileri çalışmalara gerek olduğunu düşünmekteyiz.

5. KAYNAKLAR

1. Ogunnaike BO, Jones SB, Jones DB, Provost D, Whitten CW. Anesthetic considerations for bariatric surgery. *Anesth Analg* 2002; 95: 1793-1805.
2. Report of a WHO consultation. Obesity and Overweight. World Health Organization, 2020.
3. Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, McDowell MA, Tabak CJ, Flegal KM. Prevalence of Overweight and Obesity in the United States, 1999-2004. *JAMA* 2006; 295: 1549-1555.
4. Bhurosy T, Jeewon R. Overweight and obesity epidemic in developing countries: A problem with diet, physical activity, or socioeconomic status?. *The Scientific World Journal* 2014; 236: 1-7.
5. Report of a WHO consultation. Obesity and Overweight, Geneva, Switzerland. World Health Organization, 2013.
6. TÜİK. Türkiye Sağlık Araştırması 2014. Türkiye İstatistik Kurumu, 2016.
7. Satman İ, Yılmaz T, Şengul A. Population-based study of diabetes and risk characteristics in Turkey: results of the Turkish Diabetes Epidemiology Study (TURDEP). *Diabetes Care* 2002; 25: 1551-1556.
8. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Türkiye Obezite ile Mücadele ve Kontrol Programı (2010-2014). Ankara: Sağlık Bakanlığı Yayınları, 2010: 73.
9. Türk Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği: Obezite, Dislipidemi, Hipertansiyon Çalışma Grubu: Obezite Tanı ve Tedavi Klavuzu, 2016 .
10. Lauer MS, Anderson KM, Kannel WB. The impact of obesity on left ventricular mass and geometry. The Framingham heart study. *JAMA* 1991; 266: 231-236.

11. Bigatello LM, Allain RM, Haspel KL, Hellman J, Hess D. Obesite ve bariatrik cerrahiye Yoğun Bakım Bakışı. (Çev.: Topeli İA) s.734-744. Critical care Handbook of the Massachusetts General Hospital. 4. Baskı. Ankara: Güneş tıp Kitabevleri, 2010.
12. Kenchaiah S, Evans JC, Levy D. Obesity and the risk of heart failure. N Engl J Med 2002; 347: 305–313.
13. Eckmann DM. Anesthesia for Bariatric Surgery. Miller RD (ed). Miller's Anesthesia. 8th ed. Philadelphia: Elsevier Inc, 2016: 2200–2216.
14. Koenig SM. Pulmonary Complications of Obesity. Am J Med Sci, 2001; 321(4): 249-279.
15. Schwartz AR, Patil SP, Laffan AM. Obesity and obstructive sleep apnea: pathogenic mechanisms and therapeutic approaches. Proc Am Thorac Soc 2008; 5(2): 185-192.
16. Patil SP, Schneider H, Schwartz AR, Smith PL. Adult obstructive sleep apnea: pathophysiology and diagnosis. Chest 2007; 132(1): 325–337.
17. Barash P, Cullen, B. Obezite, Karaciğer Hastalığı ve Diğer Gastrointestinal Sorunları olan Hastalarda Anestezik Yaklaşımlar. Klinik Anestezi Temelleri. edn. Edited by Yıldız K. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2017: 519-520.
18. Göker M, İlhan G.D. Obezite Hipoventilasyon Sendromu. Okmeydanı Tıp Dergisi 2014; 30: 15-18.
19. Sarsan A, Alkan H, Baser S. The effect of aerobic exercise program on pulmonary function and cardiorespiratory capacity in obese women. Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation 2013; 59(2): 140-145.
20. Dixon JB, Zimmet P, Alberti KG. Bariatric surgery: an IDF statement for obese Type 2 diabetes. Surg Obes Relat Dis 2011; 4: 433-447 .

21. Şahin TT. Physiologic changes in obesity and patient preparation for bariatric surgery. *Eur J Endosc Surg* 2014; 1(4): 151-159.
22. Kral JG, Christou NV, Flum DR. Medicare and bariatric surgery. *Surg Obes Relat Dis* 2005; 1(1): 35-63.
23. Kang JH, Quang AL. Effectiveness of bariatric surgical procedures A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)* 2017; 96(46): 8632.
24. Brethauer SA, Hammel JP, Schauer PR. Systematic review of sleeve gastrectomy as staging and primary bariatric procedure. *Surg Obes Relat Dis* 2009; 5: 469-475.
25. Koenig SM. Pulmonary Complications of Obesity. *Am J Med Sci* 2001; 321(4): 249 -279.
26. Maiola C, Mohamed EI, Carbonelli MG. Body Composition and Respiratory Function. *Acta Diabetol*, 2003; 40: 32-38.
27. Lotti P, Gigliotti F, Tesi F, Stendardi L, Grazzini M, Duranti R, Scano G. Respiratory Muscles and Dyspnea in Obese Nonsmoking Subjects. *Lung*, 2005; 183: 311-323.
28. El-Gamal H, Khayat A, Shikora S, Unterborn JN. Relationship of Dyspnea to Respiratory Drive and Pulmonary Function Tests in Obese Patients Before and After Weight Loss. *Chest* 2005; 128: 3870-3874.
29. Özol D, Köktürk O. Obezite Hipoventilasyon Sendromu. *Solunum* 2013; 15(3): 137-143.
30. Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Tredici S, Pedoti A, Lissoni A, Gattinoni L. The Effects of Body Mass on Lung Volumes, Respiratory Mechanics, and Gas Exchange During General Anesthesia. *Anesth Analgesia* 1998; 87: 654-660.

31. Pierce RJ, Worsnop CJ. Upper airway function and dysfunction in respiration. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1999; 26(1): 1–10.
32. Kayhan Z. Seyrek Görülen Durum ve Hastalıklarda Anestezi. *Klinik Anestezi. Genişletilmiş 3. Baskı*. Ankara: Logos Yayıncılık, 2004: 736-737.
33. Tung A, Rock P. Perioperative concerns in sleep apnea. *Current Opinion in Anaesthesiology* 2001; 14: 671-678.
34. Kang JH, Quang AL. Effectiveness of bariatric surgical procedures A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)* 2017; 96(46): 8632.
35. Hanley MJ, Abernethy DR, Greenblatt DJ. Effect of obesity on the pharmacokinetics of drugs in humans. *Clin. Pharmacokinetic* 2010; 49: 71-87.
36. Morgan GE, Mikhail MS. *Clinical Anesthesiology*. 5th Ed. Lange: 2015: 741-743.
37. Leykin Y, Brodsky JB. (Eds), IXV, 306p Hardcover. *Controversies in the Anethetics management of the obese surgical patient* De Baerdemaeker LEC, Van LimmenJGM. How should obesity be measured and How should anesthetic drug dosage be calculated? 2013; 15-30.
38. Leykin Y, Pellis T, Del Mestro E. Anesthetic management of morbidly obese and super-morbidly obese patients undergoing bariatric operations: hospital course and outcomes. *Obesity Surgery* 2006; 16: 1563–1569.
39. Ok G, Erbüyün K. Çocuk, yaşlı, obez hastalar, böbrek ve karaciğer hastalıklarında kas gevşetici kullanımı. *Türkiye Klinikleri J Anest ReanimSpecial Topics* 2011; 4(2): 47-52.
40. Şahin Yıldız T. *Türkiye Klinikleri J Anest Reanim. Special Topics* 2010; 3(1)
41. Dority J. Hassan ZU, Chau D. Anesthetic implications of obesity in the surgical patient. *Clinical Colon Rectal Surgery* 2011; 24: 222-228.

42. Rooney KD, Werrett GC. Obesity and Anaesthesia. World anesthesia tutorial of the week archive, 2006.
43. Brodsky JB. Perioperative management of the obese *Revista mexicana de Anaesthesiologica* 2008; 31: 85-89.
44. Alver FA. Laparoskopik Cerrahi için Anestezi. *Turkiye Klinikleri Journal of Anesthesiology Reanimation Special Topics* 2008; 1: 39-52.
45. Gander S, Frascarolo P, Suter M, Spahn D.R, Magnusson L. Positive endexpiratory pressure during induction of general anesthesia increases duration of nonhypoxic apnea in morbidly obese patients. *Anesthesia and Analgesia* 2005; 100: 580-584.
46. Wang TJ, Parise H, Levy D, D'Agostino RB, Wolf PA, Vasan RS, Benjamin EJ. Obesity and the risk of new onset atrial fibrillation. *JAMA* 2004; 292: 2471-2477.
47. Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn D.R, Magnusson L. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: An underestimated problem. *Anesthesia and Analgesia* 2002; 95: 1788-1792.
48. Deitel M, Shikora SA. The development of the surgical treatment of morbid obesity. *J Am Coll Nutr* 2002; 21: 365-371.
49. Menes T, Spivak H. Laparoscopy: Searching for the proper insufflation gas. *Surg. Endoscopy* 2000; (14): 1050-1056.
50. Michael C. Ost, Beng Jit Tan ve Benjamin R. Lee. Urological Laparoscopy: Basic Physiological Considerations and Immunological Consequences, *The Journal of Urology* 2005; 174: 1183-1188.
51. Gutt CN, Oniu T, Mehrabi A, Kasfhi A. Circulatory and respiratory complications of carbondioxide insufflation. *Dig Surg*, 2004; 21: 95-105.
52. Amornyotin S. Anesthetic consideration for laparoscopic surgery, *Int J Anesth*

Res 2013; 1(1): 37.

53. Morgan GE, Mikhail MS. Klinik Anesteziyoloji; Nobel Tıp Kitapevleri 2002; 79-83.
54. Mure M, Lindahl SGE. Prone position improves gas exchange-but how? Acta Anaesthesiologica Scandinavica 2001; 45: 150-159.
55. Pilbeam SP. Mekanik Ventilasyon Fizyolojik ve Klinik Uygulamalar, Logos Yayıncılık, İstanbul, 3rd edition çevirisi, 1998; 27-41; 140-172.
56. Gürsel G. Mekanik Ventilasyon sırasında solunum monitorizasyonu: I, Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 2002; 50(4): 513-526.
57. Tusman G, Bohm SH, Sipmann FS. Lung recruitment improves the efficiency of ventilation and gas exchange during one lung ventilation anesthesia. Anesth Analgesia 2004; 98: 1604-1609.
58. Claesson SJ, Lehtipalo S, Winsö O. Lung recruitment manoeuvres decrease gastric mucosal blood flow in ICU patients. Critical Care 2002; 6: 16-21.
59. Crotti S, Mascheroni D, Caironi P. Recruitment and derecruitment during acute respiratory failure. A clinical study. Am J Respir Crit Care Medicine 2001; 164: 131-140.
60. Maggiore S, Jonson B, Richard JC, Jaber S, Lemaire F, Brochard L. Alveolar derecruitment at decremental positive end-expiratory pressure levels in acute lung injury. Am J Respir Crit Care Medicine 2001; 164: 795-801.
61. Foti G, Cereda M, Sparacino ME, Marchi L. De, Villa E, Pesenti A. Effects of periodic lung recruitment maneuvers on gas exchange and respiratory mechanics in mechanically ventilated acute respiratory distress syndrome (ARDS) patients. Intensive Care Medicine 2000; 26: 501-507.
62. Kacmarek RM. Recruitment maneuvers. Respiratory Care Clinics of North America 2000; 61: 327-334.

63. Pelosi P, Cadringer P, Bottino N. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Medicine* 1999; 159(3): 872-880.
64. Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D. Effects of the prone position on respiratory mechanics and gas exchange during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Medicine* 1998; 157: 387-393.
65. Sydow M. Biphasic positive airway pressure (BIPAP) and airway pressure release ventilation (APRV). In: Kuhlen R, Guttman J, Rossaint R (eds). *New Forms of Assisted Spontaneous Breathing*. Germany: Urban & Fisher Verlag Munich, 2001: 35-65.
66. Rusca M, Proietti S, Schnyder P. Prevention of atelectasis formation during induction of general anesthesia. *Anesth Analgesia* 2003; 97: 1835-1839.
67. Kacmarek RM, Schwartz DR. Lung recruitment. *Respiratory Care Clinics of North America* 2000; 6: 597-623.
68. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Medicine* 2015;372(8):747–755.
69. Collinof, Rapettif, Vasquesf E. Positive end expiratory pressure and mechanical power. *Anesthesiology* 2019;130(1):119–130.
70. Roca O, Peñuelas O, Muriel A, García-de-Acilu M, Laborda C, Sacanell J. Driving Pressure Is a Risk Factor for ARDS in Mechanically Ventilated Subjects Without ARDS. *Respir Care* 2021;66(10):1505
71. Miller RD. *Miller's Anesthesia, Respiratory function during anesthesia, Acute postoperative pain and treatment*, The Curtis Center, Pennsylvania, USA sixth edition 2005; 999-1000.
72. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26: 319-338.
73. Miller MR, Crapo R, Hankinson J. General consideration for lung function

testing. Series ATS/ERS Task Force: Standardisation of lung function testing. Eur Respir J 2005; 26: 153-161.

74. Yıldırım N. Solunum fonksiyon testleri endikasyonları. In: Yıldırım N. Demir T. Klinik Solunum Fonksiyon Testleri. Genişletilmiş 2. Baskı, 2011; 9-13.
75. Wanger J, Clausen JL, Coates A. ATS/ERS Task Force: Standardisation of the measurement of lung volumes. Eur Respir J 2005; 26: 511-522.
76. Hughes JMB, Pride NB. Lung Function Tests. In: Physiological Principles and Clinical Applications. London: WB Saunders; 1999; 259-259.
77. Wahba RW. Perioperative functional residual capacity. Can J Anaesthesia 1991; 38(3): 384-400.
78. Lawrence VA, Hilsenbeck SG, Mulroy CD. Incidence and hospital stay for cardiac and pulmonary complications after abdominal surgery. J Gen Intern Med 1995;10: 671-678.
79. Guimarães MM, El Dib R, Smith AF, Matos D. Incentive spirometry for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery. Cochrane Database Syst Rev 2009: CD006058.
80. Bruells CS, Rossaint R. Physiology of gas exchange during anaesthesia. European J Anaesthesia 2011;28(8):570-579.
81. Bamgbade OA, Rutter TW, Nafiu OO, Dorje P. Postoperative complications in obese and nonobese patients. World J of Surgery 2007;31(3):556-60.
82. Jammer I, Wickboldt N, Sander M, Smith A, Schultz MJ, Pelosi P. European Society of Anaesthesiology (ESA) and the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM): Standards for definitions and use of outcome measures for clinical effectiveness research in perioperative medicine: European Perioperative Clinical Outcome (EPCO) definitions: A statement from the ESA-ESICM joint taskforce on perioperative outcome measures. Eur J Anaesthesiol 2015; 32:88–105

83. Ball L, Costantino F, Fiorito M. Respiratory mechanics during general anaesthesia. *Ann Transl Medicine* 2018;6:379.
84. Arozullah AM, Khuri SF, Henderson WG, Daley J. Participants in the National Veterans Affairs Surgical Quality Improvement Program: Development and validation of a multifactorial risk index for predicting postoperative pneumonia after major noncardiac surgery. *Ann Intern Med* 2001; 135:847–57
85. Chandler D, Mosieri C, Kallurkar A, Pham AD, Okada LK, Kaye RJ. Perioperative strategies for the reduction of postoperative pulmonary complications. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2020; 34:153-166.
86. Neto AS, Hemmes S, Barbas C, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *The Lancet Respiratory Medicine* 2016; 4(4): 272-280.
87. Zhang C, Xu F, Li W. Driving pressure-guided individualized positive end-expiratory pressure in abdominal surgery: a randomized controlled trial. *Anesth Analgesia* 2021;133:1197–205.
88. Sprung J, Whalley DG, Falcone T, Warner DO, Hubmayr RD, Hammel J. The impact of morbid obesity, pneumoperitoneum, and posture on respiratory system mechanics and oxygenation during laparoscopy. *Anesth & Analgesia* 2002;94(5):1345-1350.
89. Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, Ferguson ND, Peñuelas O, Abaira V. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 188:220–230.
90. Hess DR, Kondili D, Burns E, Bittner EA, Schmidt UH: A 5-year observational study of lung-protective ventilation in the operating room: A single-center experience. *J Crit Care* 2013; 28:533-539.

91. Kozian A, Schilling T, Schütze H, Senturk M, Hachenberg T, Hedenstierna G: Ventilatory protective strategies during thoracic surgery: Effects of alveolar recruitment maneuver and low-tidal volume ventilation on lung density distribution. *Anesthesiology* 2011; 114:1025–1035
92. Cai H, Gong H, Zhang L, Wang Y, Tian Y. Effect of low tidal volume ventilation on atelectasis in patients during general anesthesia: A computed tomographic scan. *J Clin Anesth* 2007; 19:125–129
93. Hemmes SN, Gama de Abreu M, Pelosi P, Schultz MJ: High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): A multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2014; 384:495–503.
94. Determann RM, Royakkers A, Wolthuis EK, Vlaar AP, Choi G, Paulus F. Ventilation with lower tidal volumes as compared with conventional tidal volumes for patients without acute lung injury: A preventive randomized controlled trial. *Crit Care* 2010;14: 1-4.
95. Neto AS, Simonis FD, Barbas CS, Biehl M, Determann RM, Elmer J. LungProtective ventilation with low tidal volumes and occurrence of pulmonary complications in patients without acute respiratory distress syndrome: A systematic review and individual patient data meta-analysis. *Crit Care Med* 2015;43:2155-2163.
96. Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, Pascal J, Eurin M, Neuschwander A. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med* 2013;369:428-437.
97. Beck-Schimmer B, Schimmer RC. Perioperative tidal volume and intraoperative open lung strategy in healthy lungs: where are we going? *Best Pract Res Clin Anaesthesiology* 2010;24:199–210.
98. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N England J Medicine* 2015;372:747–755.

99. Lee HJ, Kim KS, Jeong JS, Shim JC, Cho ES. Optimal positive end-expiratory pressure during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Korean J Anesthesiol* 2013;65(3):244.
100. Schibler A, Henning R. Positive end-expiratory pressure. *Care Med* 2002;3(2):124-128.
101. Ortiz VE, Vidal-Melo MF, Walsh JL. Strategies for managing oxygenation in obese patients undergoing laparoscopic surgery. *Surg Obes Relat Dis* 2015; 11(3):721-728.
102. Azab TO, El-Masry A, Salah M. Effect of intraoperative use of positive end expiratory pressure on lung atelectasis during laparoscopic cholecystectomy. *Egypt Journal of Anaesthesia* 2005;21:219–225.
103. Kraut E, Anderson JT, Safwat A. Impairment of cardiac performance by laparoscopy in patients receiving positive end-expiratory pressure. *Arch Surg* 1999;134:76-80.
104. Çiçek F, Ün C, Kılıcı O, Gamlı M, Örnek D, Türkaslan D, Dikmen B. The effects of 10 cm H₂O positive end-expiratory pressure on arterial oxygenation, respiratory mechanics and hemodynamic parameters in laparoscopic cholecystectomy operations *Journal of Clinical Experimental Investigations*, 2014; 5 (3): 397-402
105. D'Antini D, Rauseo M, Grasso S, Mirabella L, Camporata L, Cotoia A. Physiological effects of the open lung approach during laparoscopic cholecystectomy: focus on driving pressure. *Minerva Anesthesiology* 2018; 84(2): 159-167.
106. Gama de Abreu M, Heintz M, Heller AR, Sezchenyi RCM, Albrecht DM, Koch T. One-lung ventilation with high tidal volumes and zero positive end-expiratory pressure is injurious in the isolated rabbit lung model. *Anesth Analg* 2003; 96:220–228
107. Kozian A, Schilling T, Schütze H, Senturk M, Hachenberg T, Hedenstierna G: Ventilatory protective strategies during thoracic surgery: Effects of alveolar

recruitment maneuver and low-tidal volume ventilation on lung density distribution. *Anesthesiology* 2011; 114:1025–1035

- 108.** Hemmes SN, Gama de Abreu M, Pelosi P, Schultz MJ: High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): A multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2014; 384:495–503
- 109.** Reis Miranda D, Gommers D, Struijs A, Dekker R, Mekel J, Feelders R. Ventilation according to the open lung concept attenuates pulmonary inflammatory response in cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 28:889–895
- 110.** Cinnella G, Grasso S, Spadaro S, Rauseo M, Mirabella L, Salatto P, De Capraris A. Effects of recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics and transpulmonary pressure during laparoscopic surgery. *Anesthesiology* 2013; 118:114–122
- 111.** Yoon HK, Kim BR, Yoon S, Jeong YH, Ku JH, Kim WH. The effect of ventilation with individualized positive end-expiratory pressure on postoperative atelectasis in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy: a randomized controlled trial. *J. Clin. Med* 2021; 10(4):850-862.
- 112.** Wetterslev J, Hansen E, Roikjaer O, Kanstrup I, Heslet L. Optimizing perioperative compliance with PEEP during upper abdominal surgery: effects on perioperative oxygenation and complications in patients without preoperative cardiopulmonary dysfunction. *Eu. J. Anaesth.* 2001;18(6):358-365
- 113.** Tusman G, Böhm S, De Anda GV, Do Campo J, Lachmann B. 'Alveolar recruitment strategy' improves arterial oxygenation during general anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia* 1999;82(1):8-13.

- 114.** Kim KS, Park SS, Lim DG. The Effects of Preventive PEEP on Perioperative Pulmonary Functions in Patients Receiving Gastrectomy with a Kent Retractor. *Korean J Anesthesia* 2003;45(3):359-364
- 115.** Brezo DB, Ezquerro C, Alsina E. Anesthesia ventilation strategy in general surgery with low tidal volume and positive pressure at the end of expiration - 83 - (PEEP) is associated with higher arterial oxygen pressure than ventilation with high tidal volume without PEEP. *Anesthesiology* 2003;99: 1516.
- 116.** Neumann P, Rothen HU, Berglund JE. Positive end-expiratory pressure prevents atelectasis during general anaesthesia even in the presence of a high inspired oxygen concentration. *Acta Anaesth Scand* 1999;43:295-301.
- 117.** İdem N, Şen Ö, Bican G. Prone pozisyonunda uygulanan perkütan nefrolitotomi cerrahisinde genel anestezi sırasında iki farklı PEEP düzeyinin hemodinamik parametrelere, solunum mekaniğine ve arteriyel oksijenizasyona olan etkilerinin karşılaştırılması. *GKD Anest Yoğ Bak Dern Derg* 2009;15:45-52.
- 118.** Beştaş A, Bayar MK, Erhan ÖL. Genel anestezi esnasında PEEP uygulamasının arteriyel oksijenizasyona etkileri. *Anestezi Dergisi* 2002;10:83-88.
- 119.** Rauh R, Hemmerling TM, Rist M, Jacobi KE. Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance. *J Clin Anesth* 2001;13:361-365.
- 120.** Gernoth M, Dreher M, Kersten A, Bickenbach J, Balfanz P, Hartmann B. The characteristics of 50 hospitalized COVID-19 patients with and without ARDS. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 271–8.
- 121.** Pereira SM, Tucci MR, Morais CCA, Simoes CM, Tonelotto BFF, Pompeo MS. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology* 2018; 129:1070–1081

- 122.** Nestler C, Simon P, Petroff D, Hammermüller S, Kamrath D, Wolf S. Individualized positive end-expiratory pressure in obese patients during general anaesthesia: A randomized controlled clinical trial using electrical impedance tomography. *Br J Anaesth* 2017; 119:1194–205.
- 123.** Tsolaki VS, Zakyntinos GE, Mantzaris KD, Deskata KV, Papadonta ME, Gerovasileiou ES. Driving Pressure in COVID-19 Acute Respiratory Distress Syndrome Is Associated with Respiratory Distress Duration before Intubation. *Am J Respir Crit Care Medicine* 2021;204(4):478-481.
- 124.** The PROVE Network Investigators for the Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial. *The Lancet* 2014. 384(9942): 495-503.
- 125.** Boscolo A, Sella N, Lorenzoni G, Pettenuzzo T, Pasin L, Pretto C. Static Compliance and Driving Pressure are Associated with ICU Mortality in Intubated COVID-19 ARDS. 2021.
- 126.** Villar J, Martín-Rodríguez, C, Domínguez-Berrot, A. M, Fernández, L, Ferrando C, Soler J. A Quantile Analysis of Plateau and Driving Pressures: Effects on Mortality in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome Receiving Lung-Protective Ventilation. *Critical care medicine* 2017; 45(5), 843–850.
- 127.** Van Schelven P, Koopman AA, Burgerhof JGM, Markhorst DG, Blokpoel RGT, Kneyber MCJ. Driving Pressure Is Associated With Outcome in Pediatric Acute Respiratory Failure. *Pediatr Crit Care Medicine* 2022;23(3).
- 128.** Rauf A, Sachdev A, Venkataraman ST, Dinand V. Dynamic Airway Driving Pressure and Outcomes in Children With Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *Respir Care [Internet]*. 2021 Mar;66(3):403–9.

129. Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med* 2016;4(4):272-80.
130. Raschke RA, Stoffer B, Assar S, Fountain S, Olsen K, Heise CW. The relationship of tidal volume and driving pressure with mortality in hypoxic patients receiving mechanical ventilation. *Plos One* 2021; 16(8): 0255812.
131. Melo LC, Silva MA, M da, Calles AC. Obesity and lung function: a systematic review. *Einstein (Sao Paulo)* 2014;12(1):120–125.
132. Crapo RO, Kelly TM, Elliot CG. Spirometry as a preoperative screening test in morbidly obese patients. *Surgery* 1986;99:763-7.
133. Drummond GB, Martin LV. Pressure-volume relationships in the lung during laparoscopy. *Br J Anaesth* 1978; 50:261–70
134. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiology* 2010;108(1):206–11.
135. Tiefenthaler W, Pehboeck D, Hammerle E, Kavakebi P, Benzer A. Lung function after total intravenous anaesthesia or balanced anaesthesia with sevoflurane. *British Journal of Anaesthesia* 2011; 106 (2): 272–6.
136. Doger C, Kahveci K, Ornek D, But A, Aksoy M, Gokcinar D ve ark. Effects of Low-Flow Sevoflurane Anesthesia on Pulmonary Functions in Patients Undergoing Laparoscopic Abdominal Surgery. *Biomed Res Int* 2016; 2016: 3068467.
137. Karayiannakis AJ, Makri GG, Mantzioka A, Karousos D, Karatzas G. Postoperative pulmonary function after laparoscopic and open cholecystectomy. *British Journal of Anaesthesia* 1996; 77: 448-52.

- 138.** Kim YS, Lim BG, Kim H, Kong MH, Lee IO. Effects of propofol or desflurane on post-operative spirometry in elderly after knee surgery: a double-blind randomised study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2015; 59(6): 788-95.
- 139.** Arınalp H.M, Bakan N, Karaören G, Comparison of the effects of PEEP levels on respiratory mechanics and elimination of volatile anesthetic agents in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy; a prospective, randomized, clinical trial. *Turkish journal of medical sciences* 2016; 46(4): 1071-1077.
- 140.** Sen M, Ozol D, Bozer M. Influence of preemptive analgesia on pulmonary function and complications for laparoscopic cholecystectomy. *Dig Dis Sci* 2009; 54: 2742-2747.