

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**LAPAROSKOPİK CERRAHİDE FONKSİYONEL REZİDÜEL
KAPASİTE (FRK) DEĞİŞİKLİKLERİ VE YAPILAN
RECRUITMENT MANEVRASININ FONKSİYONEL
REZİDÜEL KAPASİTEYE ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Elif Aygün

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Nüzhet Mert Şentürk

İstanbul 2020

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**LAPAROSKOPİK CERRAHİDE FONKSİYONEL REZİDÜEL
KAPASİTE (FRK) DEĞİŞİKLİKLERİ VE YAPILAN
RECRUITMENT MANEVRASININ FONKSİYONEL
REZİDÜEL KAPASİTEYE ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Elif Aygün

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Nüzhet Mert Şentürk

İstanbul 2020

TEŞEKKÜRLER

Uzmanlık eğitimim süresince Anesteziyoloji, Reanimasyon ve Algoloji konusundaki bilgi ve deneyimlerini bana ilgi ve anlayışla aktaran değerli hocalarım Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Kamil Mehmet Tuğrul, Prof. Dr. Emre Çamcı, Prof. Dr. Tülay Özkan Seyhan, Prof. Dr. Figen Esen ve Prof. Dr. Perihan Ergin Özcan'a, Prof. Dr. Zerrin Sungur, Prof.Dr. Mukadder Orhan Sungur, Prof. Dr. Gül Köknel Talu, Doç. Dr. Kemalettin Koltka, Doç. Dr. Mehmet İlke Büget, Doç. Dr. Meltem Savran Karadeniz, Doç. Dr. Emine Aysu Şalvız, Doç. Dr. Demet Altun Bingöl, Yard. Doç. Dr. Hacer Ayşen Yavru ve Yard. Doç. Dr. Halil Çetingök'e; uzmanlık eğitimim süresince bana destek olan ve üzerimde emeği bulunan tüm uzmanlarıma; asistanlık sürecimi keyifli bir aile ve arkadaş ortamına çeviren en başta eşkıdemlerim olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma; her sorunumuzda yardımlarını esirgemeyen kürsü sekreterliği ekibimize; kıymetli hemşire, anestezi teknikeri ve diğer sağlık çalışanı arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Asistanlık sürecim içerisinde emekli olan Prof. Dr. Lütfi Telci, Prof. Dr. Kamil Pembeci, Prof. Dr. Özkan Akıncı ve Yard. Doç. Dr. Süleyman Küçükay'a emekleri ve yol gösterici yaklaşımları için teşekkür ederim.

Yetişmemde emekleri olan Yard. Doç. Dr. Hacer Ayşen Yavru ve Uz. Dr. Nükhet Sivirkoz 'a tez yapım sürecimin Genel Cerrahi kliniğimizde yürümesindeki katkılarından dolayı ayrıca müteşekkirim. Genel Cerrahi E Servisi Hoca, asistan doktor, personel ve hemşirelerine ayrıca; anestezi teknikeri Muammer Öztürk ve Emel Ceylan Demir'e teşekkürlerimi sunarım.

Yolumu aydınlatan danışman hocam Prof.dr.Zerrin Sungur' a, kendisi gibi bir anestezi hekimi olmak istediğim Prof.Dr.Emre Çamcı'ya, her günümü kıymetli kılan benim için bir eğitmeniden öte olduklarını hissettiğim Prof. Dr. Tülay Özkan Seyhan ve Prof.Dr. Mukadder Orhan Sungur' a, zaman geçirmekten ve çalışmaktan daima keyif aldığım Doç.Dr. Mehmet İlke Büget'e, her zaman bana destek olan zaman ayıran Doç. Dr. Ahmet Kemalettin Koltka' ya ve öğrencisi olmaktan onur duyduğum anabilim dalı başkanımız Prof.Dr. Kamil Mehmet Tuğrul'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan akademik ve sosyal hayatımı renklendiren, tezim de dahil birçok çalışmada akademik bilgilerinden faydalandığım, hiperaktivitemin

yanlarında daha bir güzel daha bir renkli hale geldiği, benim hem hocalarım hem abilerim olan; Doç.Dr. Achmet Ali ve tez danışman hocam Prof. Dr. Nüzhet Mert Şentürk'e teşekkürü borç bilirim.

Anestezi içindeki en güzel ailem olan eşkıdemlerime, hep daha ileriye gitmeyi ve dürüstlüğü öğreten babama, fedakarlığı ve vicdanlı insan olma erdemini bana aşıl原因 anneme, gülümsemeyi ve bana güçlü olmayı öğreten abime, bana yaşayabileceğim en güzel anları yaşatan, konuşmasak da anlaşılabildiğim, hayattaki en büyük şansım olan güzel varlığı için hergün teşekkür ettiğim sevgili eşim ve anestezi eşkıdemim Dr. Evren Aygün'e teşekkür ederim.

Dr.Elif Aygün
2020,İstanbul



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER

KISALTMALAR DİZİNİ

ŞEKİLLER DİZİNİ

TABLolar DİZİNİ

ÖZET

ABSTRACT

I. GİRİŞ

II. GENEL BİLGİLER

A. ANESTEZİNİN SOLUNUM SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

B. AKCİĞER MEKANİKLERİ

1. Pozitif Ekspiryum sonu basıncı (PEEP)
2. Tepe İnspiratuar Basıncı (Ppeak)
3. Plato Basıncı (Pplato)
4. Kompliyans (C)
5. Fizyolojik Ölü Boşluk
6. Alveolo-Arteriyel Oksijen Basıncı Gradiyenti $[P(A-a)O_2]$
7. Soluk Sonu Karbondioksit Basıncı (EtCO₂)
8. Ventilasyon(V)
9. Perfüzyon(Q)
10. V/Q Oranı

C. LAPAROSKOPİK KOLESİSTEKTOMİ

D. PNÖMOPERİTONEUMUN FİZYOPATOLOJİK ETKİLERİ

1. Hemodinami Üzerine Etkiler
2. Solunum Sistemi Üzerine Etkiler

E. RECRUITMENT MANEVRALARI VE KARDİYOPULMONER
ETKİLERİ

1. Recruitment Manevrasının Hemodinamik Etkileri
2. Recruitment Manevrasının Solunum Sistemine Etkileri

III. AMAÇ

IV. GEREÇ VE YÖNTEM

A. HASTALAR

B. HEMODİNAMİK MONİTÖRİZASYON

C. SOLUNUMSAL PARAMETRELER

D. ÇALIŞMA PROTOKOLÜ

E. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

V. BULGULAR

A. HASTA ÖZELLİKLERİ VE GENEL VERİLER

B. BAZAL FRK VE STATİK KOMPLİYANS DEĞERLERİN
BENZERLİĞİ

C. RECRUITMENT MANEVRASI SONRASI FRK VE STATİK
KOMPLİYANS DEĞER VERİLERİ

D. UYANMA ODASINDA ODA HAVASI TESTİ VERİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

VI. TARTIŞMA

VII. SONUÇ

VIII. KAYNAKÇA

IX. EK-1

X. ÖZGEÇMİŞ

KISALTMALAR

ARDS: Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu

FRK: Fonksiyonel Rezidüel Kapasite

V/Q: Ventilasyon/Perfüzyon

FiO₂: İnspire edilen oksijen fraksiyonu

TV: Tidal hacim

PEEP: Pozitif ekspiryum sonu basınç

DP: (Driving pressure) Sürücü basınç

PaO₂: Parsiyel arteriyel oksijen basıncı

PaCO₂: Parsiyel arteriyel karbondioksit basıncı

BT: Bilgisayarlı tomografi

KK: Kapanma Kapasitesi

Ppeak: Tepe inspiratuar basınç

Pplato: Plato basıncı

Cd: Dinamik kompliyans

Cs: Statik kompliyans

Crs: Solunum sistemi kompliyansı

CL: Akciğer kompliyansı

CW: Göğüs duvarı kompliyansı

CT: Total kompliyans

Va: Alveoler ventilasyon

Vd: Ölü boşluk ventilasyonu

EtCO₂: Soluk sonu CO₂ basıncı

PAO₂: Alveoler oksijen basıncı

PI O₂: İnspiratuar oksijen basıncı

PB: Barometrik basınç

PH₂O: Su buharı basıncı

RQ: Respiratuar sabit

PA: Alveoler basınç

Ppa: Pulmoner arteriyel basınç

Ppv: Pulmoner venöz basınç

N₂O: Azot protoksit

He: Helyum

Pp: Pnömoperitoneum

SVR: Sistemik vasküler rezistans

MAP: Ortalama arter basıncı

CO: Kalp debisi

HR: Kalp hızı

RAP: Sağ atrial basınç

PCWP: Pulmoner kapiller uç basıncı

CI: Kardiyak indeks

CPAP: Sürekli pozitif havayolu basıncı

BİS: Bispektral indeks

TOF: Dörtlü uyarı

TİVA: Total intravenöz anestezi

MR: Manyetik rezons

EİT: Elektrik impedans tomografi

mSV: Milisievert

ZEEP: Sıfır PEEP

f: Solunum frekansı

BMI: Vücut kitle indeksi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Pozisyonel ve anestezi ile FRK değişimi

Şekil 2: Basınç-Zaman Grafiği

Şekil 3: Basınç –Volüm (Kompliyans) Eğrisi

Şekil 4: Akciğer West Zone'ları

Şekil 5: Laparoskopik cerrahinin hemodinami üzerine

Şekil 6: Valsalva manevrasının evreleri

Şekil 7: Çalışma grubunda FRK değişim grafiği

Şekil 8: Kontrol grubunda FRK değişim grafiği

Şekil 9: Çalışma grubunda Cs değişim grafiği

Şekil 10: Kontrol grubunda Cs değişim grafiği

Şekil 11: Gruplar arası Δ FRK değişim miktarı karşılaştırması (T5-T1)

Şekil 12: Gruplar arası Δ Cs değişim karşılatırması (T5-T1)

Şekil 13: Gruplar arasında FRK (T5-T1) farkının FRK T1' e oranı karşılaştırması

Şekil 14: Gruplar arasında Cs (T5-T1) farkının Cs T1' e oranı karşılaştırması

Şekil 15: Operasyon sonu (T5) Statik kompliyans ve FRK korelasyon grafiği

Şekil 16: FRK ve SC değişimi korelasyon grafiği (FRK Δ ve Cs Δ)

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Solunum sistemi kompliyansını azaltan nedenler

Tablo 2: Hipokseminin mekanizmaları

Tablo 3: PaCO₂ ve Et-CO₂ arasındaki farkı arttıran ve azaltan nedenler

Tablo 4: Pnömoreperitoneumun (Pp) etkileri

Tablo 5: Çalışma akış tablosu

Tablo 6: Hastaların klinik ve demografik özellikleri

Tablo 7: Hastaların klinik ve demografik özellikleri

Tablo 8: Çalışma grubunda FRK değerleri

Tablo 9: Çalışma grubu FRK değerleri zamansal karşılaştırması

Tablo 10: Kontrol grubunda FRK değerleri

Tablo 11: Kontrol grubu FRK değerleri zamansal karşılaştırması

Tablo 12: Çalışma grubunda Cs değerleri

Tablo 13: Çalışma grubu Cs değerleri zamansal karşılaştırması

Tablo 14: Kontrol grubunda Cs değerleri

Tablo 15: Kontrol grubu Cs değerleri zamansal karşılaştırması

Tablo 16: Gruplar arasında recruitment manevrası ve pnömoreperitoneum ile FRK ve Cs değişimleri

Tablo 17: Oda havası testi verilerinin karşılaştırılması

ÖZET

Amaç: Çalışmanın temel amacı laparoskopik kolesistektomi sırasında mekanik ventilasyon ve genel anestezi altındaki hastalarda, recruitment yapılan ve yapılmayan hastaların FRK ve statik kompliyans değerlerini karşılaştırmaktır. İkincil çıktılar ise; recruitment manevrası uygulanan ve uygulanmayan hasta gruplarında atelektaziye klinik olarak öngörebilmek amacıyla derlenme odasında yapılan, oda havası testi değerlerini karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Etik kurul onayı ve onam alınmasını takiben toplam 48 hasta çalışmaya alındı. Protokolün belirtilen zamanlarında; FRK ve statik kompliyans ölçümleri alındı. Bazal ölçümler entübasyon sonrası alındıktan sonra, hasta çalışma grubundaysa pnömoperitoneum öncesi 30 cmH₂O ile 15 saniyelik recruitment manevrası uygulanarak çalışma grubunda ölçümler tekrar alındı. Pnömoperitoneum ile birlikte her iki grupta da ölçümler alındı. Pnömoperitoneum boşaltıldıktan sonra çalışma grubunda bir ölçüm daha alındı ve bu ölçüm sonrasında çalışma grubuna aynı recruitment manevrası uygulanırken kontrol grubuna uygulanmadı. Operasyon sonunda her iki gruptan ölçüm alındı. Bütün hastalara derlenme odasında oda havası testi uygulandı.

Bulgular: Her iki grupta da bazal FRK ve statik kompliyans değerleri benzerdi. Çalışmanın primer amacı olan; gruplar arasında operasyon başında ve sonunda ölçülen FRK ve Statik Kompliyans (Cs) absolut farkları sırasıyla; Δ FRK T5-T1 $p<0,001$, Δ Cs T5-T1 $p<0,001$ olarak saptandı. Çalışmanın sekonder amacı olan atelektaziye öngörebilmek amacıyla yapılan oda havası testinde; çalışma grubunda 2 hastada (%9) oda havası testi pozitif iken, kontrol grubunda 5 hastada (%20) hastada oda havası testi pozitif olarak saptandı. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmasa da ($p=0,268$) klinik olarak anlamlı bir fark yaratmaktadır.

Sonuç: Bu çalışmanın sonucunda; laparoskopik cerrahi prosedürlerinde sağlıklı akciğerlerde alveoler recruitment manevrasının pnömoperitoneum öncesinde uygulanması istatistiksel olarak daha iyi statik kompliyans değerleri sağlarken, pnömoperitoneum sonrasında recruitment uygulanması istatistiksel olarak daha iyi fonksiyonel rezidüel kapasite ve daha iyi statik kompliyans sağlayacaktır. Recruitment uygulanan hastalar istatistiksel olarak anlamlı olmasa da klinik olarak daha az atelektazi ile karşılaşacaktır.

ABSTRACT

Aim: This study primarily aimed to compare the functional residual capacity (FRC) and static compliance (Cs) values for laparoscopic cholecystectomy for mechanical ventilation and general anesthesia, recruited and non-recruited patients. The secondary aim of this study is compare the room air test values for the determined to atelectasis, recruited and non-recruited patients.

Materials and Methods: : Following the approval of Ethical Committee and informed consent, 48 patients undergoing laparoscopic cholecystectomy were included to the study. At the specified times of the protocol ; FRC and static compliance were measured. Functional residual capacity (FRC) and static compliance measurements were repeated by performing in the study group. Basal measurements were taken after intubation. In the study group, a recruitment maneuver (15-second with 30 cmH₂O) was performed before the pneumoperitoneum and the measurements were taken again in the study group. Measurements were repeated in both groups with pneumoperitoneum. After the pneumoperitoneum was drained, another measurement was taken in the study group. While recruitment maneuver was applied to the study group after measurement, it was not applied to the control group and measurements were taken from both groups at the end of the operation . Room air test was performed in all patients in the recovery room.

Results: Baseline FRK and static compliance values were similar in both groups. The primary aim of the study is; absolute differences of FRC and Static Compliance (Cs) measured at the beginning and end of the operation, respectively; Δ FRK T5-T1 $p < 0,001$, Δ Cs T5-T1 $p < 0,001$. In the room air test performed to predict atelectasis is the secondary goal of the study; the room air test was positive in 2 patients (9%) in the study group, the room air test was positive in 5 patients (20%) in the control group. Although this does not make a statistically significant difference ($p = 0.268$), it makes a clinically significant difference.

Conclusion: Application of alveolar recruitment maneuver prior to pneumoperitoneum in laparoscopic surgical procedures in healthy lungs provides statistically better static compliance values, whereas recruitment after pneumoperitoneum will provide statistically better functional residual capacity and better static compliance. Patients undergoing recruitment will experience less atelectasis clinically, although it is not statistically significant.

I. GİRİŞ

Mekanik ventilasyon genel anestezinin ayrılmaz bir parçasıdır. Anestezinin varoluşundan beri mekanik ventilasyon ve genel anestezinin akciğer üzerindeki etkilerini anlamak, akciğerleri koruyucu ventilasyon stratejilerini geliştirebilmek anestezi ve reanimasyon uygulayıcılarının temel hedeflerinden biri olmuştur. Akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin araştırılması yoğun bakımda özellikle Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu (ARDS) nedeniyle sıklıkla bilimsel dünyada yer bulurken [1], ameliyathane koşullarında yapılan daha çok çalışmalara ihtiyaç vardır [2].

Fonksiyonel Rezidüel Kapasite (FRK) normal solunum sırasında ekspirasyonun bitiminde akciğerler ve hava yollarında bulunan gaz hacmidir [3]. FRK obezite, cinsiyet, postür, mevcut akciğer hastalıkları ve diafragma tonusundan etkilenir. Supin pozisyon ile FRK 0,8-1 litre (lt) azalırken anestezi indüksiyonu ile kas tonusu kaybı nedeniyle 0,4-0,5 lt daha FRK azalışı meydana gelir [4]. FRK daki düşüş ile birlikte hava yolları kapanır, alveoller kollabe olur ve atelektazi meydana gelir [5]. Hava yolu ve alveoler kollaps inflamatuvar yanıtları tetikleyebilir [6]. Genel anestezi sırasında akciğerin kompliansı azalır, rezistansı artar [7]. Ventilasyon/perfüzyon uyumu bozulur [8].

Laparoskopik cerrahinin; daha az kesi ile daha iyi kozmetik sonuç, postoperatif daha düşük ağrı skorları, erken mobilizasyon, hastanede kalış süresinin daha az olması, postoperatif intestinal obstruksiyon riskinin daha az olması, laparoskopik olarak karın içinin değerlendirilmesi gibi avantajlarının bulunması laparoskopik cerrahiyi laparoskopik kolesistektomide altın standart haline getirmiştir [9]. Ancak laparoskopik cerrahide, cerrahi alanın görüntülenebilmesi için batının intraperitoneal olarak insüflasyonu esastır. Batının gaz ile insüflasyonuna pnömoperitoneum adı verilmektedir. Pnömoperitoneum ile birlikte intraabdominal ve dolayısıyla artan intratorasik basınç; pulmoner komplians azalması, pulmoner atelektazi, ventilasyon/perfüzyon (V/P) ilişkilerinin değişmesi ve hipoksemiye yol açan fonksiyonel rezidüel kapasite azalmasıyla sonuçlanır [10]. Bu durumlara bağlı olarak solunum mekanikleri ve gaz değişimi bozulabilir. Pnömoperitoneum uygulanan hastalarda postoperatif solunum mekaniği ve oksijenlenme üzerine olumsuz etkilerin devam ettiği gösterilmiştir. Bu sebeplerle laparoskopik cerrahilerde de akciğeri korumak önem kazanmıştır ve laparoskopik cerrahide akciğeri koruyucu ventilasyon stratejileri ile ilgili randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır [11].

Mekanik ventilasyonun yarattığı akciğer hasarı sağlıklı akciğerlerde de gözlemlenmiştir [12]. Akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinde inspire edilen oksijen fraksiyonu optimizasyonu (FiO_2), düşük tidal hacim (TV) ile ventilasyon, pozitif ekspiryum sonu basınç (PEEP) uygulamaları, recruitment manevraları (yeniden kazandırma manevraları) yer almaktadır. Yüksek inspirasyon oksijen oranının akciğere hasar riskini vurgulayan araştırmalar mevcuttur [13]. Hastalar için optimal inspirasyon oksijen oranı ile ilgili henüz bir fikir birliğine varılamamıştır. Yüksek tidal volümlerin ve yüksek havayolu basınçlarının akciğer için zararlı olduğu gösterilmiştir [14, 15]. Akciğerin sürücü basınçlarının (driving pressure-DP) ARDS de mortalite ile ilişkisi ortaya konulmuştur [16]. PEEP kullanımının pnömoperitoneum sırasında da hem normal hem obez bireylerde oksijenasyonu ve solunum mekaniklerini iyileştirdiği gösterilmiştir [17, 18]. Recruitment manevraları ile akciğer uyumunda (akciğer kompliyansı) ve parsiyel arteriyel oksijen basıncı (PaO_2) değerlerinde iyileşme [19], bilgisayarlı tomografide (BT) atelektazide azalma [20] gösterilmiştir. Recruitment manevrasının etkilerini ortaya koyan daha fazla çalışmalara ihtiyaç vardır [21].

FRK nitrojen wash-in ve wash-out, helyum wash-in veya vücut pletismografisi ile ölçülebilir. İlerleyen teknolojik gelişmelerle FRK ölçümü kolaylaşmış ve yeni yoğun bakım ventilatörlerine FRK ölçümü modül olarak eklenmiştir. Almarakbi ve ark. pnömoperitenoum sonrasında recruitment manevrası uygulamışlar ve oksijenasyonun iyileştiğini göstermişlerdir [22]. Recruitment manevrasının pnömoperitenoum öncesinde ve pnömoperitoneum bittikten sonra nasıl etkileri olduğu henüz tamamen araştırılmamıştır. Pnömoperitoneum öncesinde akciğerleri recuite ederek akciğerin volümünün iyileştirilmesi pnömoperitenoumun etkilerinin doğru bir şekilde izlenmesine izin verebilir [11].

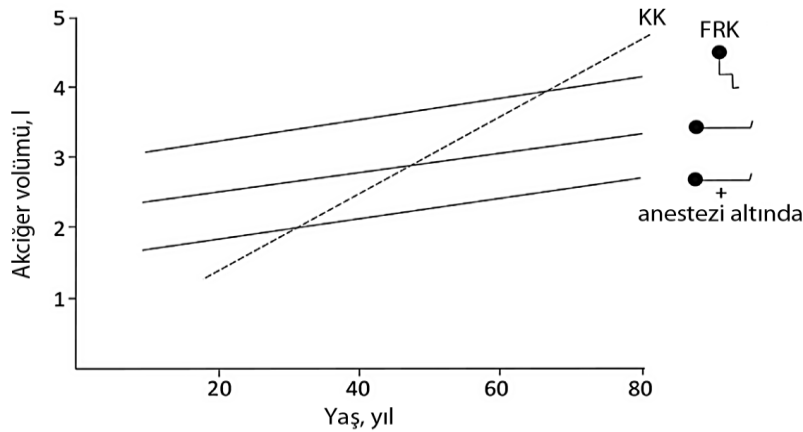
Bu tez çalışmasında; laparoskopik kolesistektomilerde fonksiyonel rezidüel kapasitenin ölçülmesi, pnömoperitoneum ve recruitment manevrasının bu ölçümleri ve akciğer uyumunu (kompliyans) nasıl etkilediği araştırılmıştır. FRK ölçümleri için nitrojen wash-in ve wash-out tekniği kullanılmıştır. Post-operatif dönemde ise hastalarda atelektaziyi öngörebilmek için oda havası testi uygulanmıştır [23].

Sunulan tez çalışmasının sıfır hipotezi, laparoskopik kolesistektomi cerrahisinde kontrollü mekanik ventilasyon altında takip edilen ve 6-8 ml/kg tidal hacim ile ventile edilen hastalarda, recruitment uygulanması ya da uygulanmamasının FRK ve statik kompliyans için anlamlı fark oluşturmayaacağıdır. İkincil hedefler ise recruitment uygulanan ve uygulanmayan hastalarda oda havası testinin gruplar arasında fark yaratıp yaratmayacağını görmektir.

II. GENEL BİLGİLER

A. ANESTEZİNİN SOLUNUM SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Göğüs kafesinin hacmindeki değişimin % 75'ini diyafragma sağlar. Diafragma C3-C5 sinir köklerinden çıkan frenik sinir tarafından innerve edilir. Yardımcı solunum kasları da kostalar üzerindeki etkileri ile göğüs hacmini arttırır. Normal spontan solunum sırasında diafragma ve az derecede de interkostal kaslar insipyumdan sorumluyken, ekspiryum pasif olarak gerçekleşir. Ekspiryum ise kostaların aşağı doğru inmesini kolaylaştıran rektus abdominis, eksternal, internal ve transversus abdominis kasları ile kolaylaştırılabilir. Fonksiyonel Rezidüel Kapasite (FRK) normal solunum sırasında ekspirasyonun bitiminde akciğerler ve hava yollarında bulunan gaz hacmidir [3]. Supin pozisyon ile FRK 0,8-1 litre (lt) azalırken anestezi indüksiyonu ile kas tonusu kaybı nedeniyle 0,4-0,5 lt daha FRK azalışı meydana gelir [4]. Bu azalmanın nedeni; inspiratuar kas tonusunun kaybı, göğüs duvarı rijiditesinin değişmesi ve diyafragmanın yukarı doğru kayması nedeniyle oluşan alveoler kollaps ve kompresyon atelektazisidir. FRK daki düşüş ile birlikte hava yolları kapanır, alveoller kollabe olur ve atelektazi meydana gelir [5].



Şekil 1: Pozisyonel ve anestezi ile FRK değişimi

(KK: Kapanma Kapasitesi, FRK: Fonksiyonel Rezidüel Kapasite , Oturur pozisyonundaki FRK, Supin pozisyonundaki FRK, Supin+ Anestezi altında FRK) (Hedenstierna, 2015 [24]’ten uyarlanmıştır.)

Şekil 1’de pozisyon, anestezi ve yaşla FRK değişiklikleri , kapanma kapasitesi ile ilişkiler gösterilmiştir. FRK yaşla birlikte artar. Kapanma Kapasitesi normalde FRK nın altındadır fakat yaşla FRK ya göre daha hızlı olarak yükselir. Yaklaşık 50 yaş civarında supin pozisyonla, 65 yaş civarında ise oturur pozisyonda dahi hava yolu kapanması meydana gelir. Grafiğe göre 30 yaş üzerindeki her hastanın anestezi altında havayolu kapanması gelişecektir.

Atelektazi ve hava yolu kollapsının bir sonucu olarak %5-10 kadar pulmoner şant meydana gelir. Şantın büyüklüğü atelektazi derecesi ile yakından ilişkilidir [25]. Kollabe alveolleri açmak için recruitment manevrası ve açık tutmak için ise PEEP kullanımı önerilir [26].

Hava yolu ve alveoler kollaps inflamatuvar yanıtları tetikleyebilir [6]. Genel anestezi sırasında akciğerin kompliansı azalır, rezistansı artar [7]. Ventilasyon/perfüzyon uyumu bozulur [8]. Anestezi süresince gözlenen bu değişimler, genel anestezinin derinliğine, hastanın preoperatif solunum fonksiyonunun durumuna ve cerrahi tipine bağlıdır.

B. AKCİĞER MEKANİKLERİ

1-Pozitif Ekspiryum Sonu Basıncı (PEEP)

Pozitif ekspiryum sonu basınç (PEEP), mekanik ventilasyonda ekspiryum sonunda havayolunda kalan pozitif basınçtır [27]. PEEP alveollerin kapanmasını engelleyerek atelektaziyi önler [20]. Akciğerlerde FRK’yı artırır, mekanik ventilasyondaki hastalarda oksijenizasyonu ve akciğer kompliansını iyileştirdiği gösterilmiştir [19]. Yüksek seviyelerdeki PEEP ise alveollerin hiperinflasyonuna yol açarak alveollerin gerilip hasarlanmasına neden olabileceği gibi sağ ve sol ventriküle gelen kan miktarını azaltarak, hemodinamide bozulmaya yol açar ve sonuç olarak kalp debisinin azalmasına neden olabilir. Uygulanan tidal volümün (TV) ekspirasyonuna yeterli zaman bırakılmadığı durumda ‘intrinsik PEEP’ veya ‘oto-PEEP’ meydana gelebilir. Hastaların normal FRK’sını korumak ve normal havalanan alveolleri germek için minimum düzeyde (3-5 cm H₂O) PEEP rutinde ameliyathane koşullarında uygulanmaktadır.

Klinik olarak uygulanan PEEP terminolojisi aşağıda sıralanmıştır:

- Minimum veya fizyolojik PEEP: Hastanın normal FRK’sını korumaya yardımcı olmak için minimum düzeylerde (3 – 5 cm H₂O) PEEP uygulanır.

- Orta dereceli PEEP: Sınırları 5 – 15 cm H₂O'dur. Azalmış FRK ve kompliyansın eşlik ettiği artmış intrapulmoner şantın yol açtığı inatçı hipoksemi tedavisinde kullanılır.
- Yüksek PEEP: 15 cm H₂O'nun üzerindeki değerler yüksek PEEP olarak kabul edilir. ARDS de gaz değişimini sağlayabilmek amacıyla kullanılmaktadır.
- Optimum PEEP: Gaz değişiminde iyileşme, FRK ve kompliyansın artma, şantlaşmada azalma, PEEP uygulamasının yararlı etkilerine maksimum düzeyde ulaşılan ve azalmış venöz dönüş, azalmış kardiak output, azalmış kan basıncı, alveollerin hiperinflasyonu ve barotravma gibi istenmeyen kardiopulmoner yan etkiler olmaksızın kullanılabilen en uygun PEEP değeridir.

2-Tepe İnspiratuar Basıncı (Ppeak)

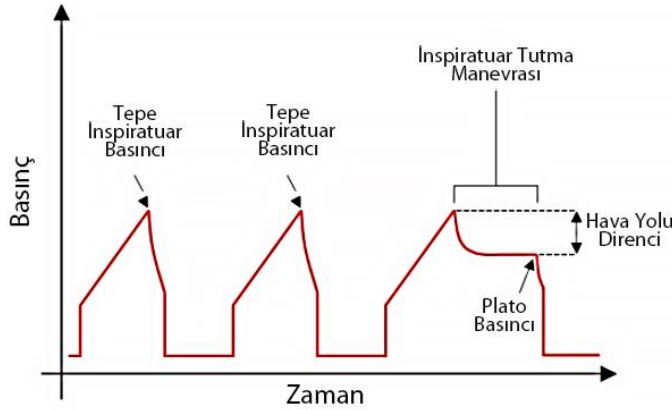
İnspirasyon sonunda ölçülen akciğere uygulanan en yüksek basınç düzeyidir. Mekanik ventilasyonda cmH₂O cinsinden bir pozitif basıncı yansıtır. Havayolu direncini aşarak gazın ilerlemesini sağlamak için gerekli basınç ile alveolleri dolduran gazın oluşturduğu basıncının toplamıdır. Akciğer ve göğüs duvarının direncinden, kompliyansından ve solunum sistemine giren gazın akım hızından etkilenir. Kontrollü mekanik ventilasyonda TV, solunum frekansı (f) ve hava akımına bağlıdır. Asiste ventilasyon modlarında ise hastanın spontan solunum çabası olması da Ppeak'i etkiler. LUNG SAFE çalışmasında mekanik ventilasyon sırasında Ppeak izlemenin önemi vurgulanmıştır [28]. Dinamik kompliyansın (Cd) hesaplanmasında kullanılır. Ppeak > 40 cm H₂O artmış mortalite ile ilişkilidir [29].

3-Plato Basıncı (Pplato)

Mekanik ventilatörde inspiratuar tutma manevrası ile gaz akımının kesildiği dönemde hastanın akciğerlerinde TV'nin sürdürülebilmesi için gerekli olan basınç miktarını gösterir. TV ve solunum sistemi kompliyansından (Crs) etkilenirken, hava akımı ve hava yolu direncinden etkilenmeyen basınçtır. Statik kompliyansın (Cs) ölçülmesinde kullanılır. Ppeak ve Pplato basınçlarında aynı anda yükselme, TV artışına ya da kompliyans azalışına bağlı olabilir. Pplato değişmeden Ppeak artar ise, hava yollarında direnç (endotrakeal tüpün kıvrılması, bronkospazm, sekresyon, yabancı cisim aspirasyonu, hava yollarına bası gibi) veya akım hızında bir artış düşünülmelidir. Şekil-2' de basınç zaman grafiği görülmektedir. Ppeak ve Pplato basınçlarının arasındaki farkın artışı hava yolu direncini göstermektedir. ARDS olmayan yoğun bakım hastalarında düşük plato basıncı ve düşük TV ile pulmoner komplikasyonların azaldığı ve sağ kalımın arttığı gösterilmiştir [30].

Hava yolu basınçlarında hava yolu direncine bağlı artışın temelinde 2 nedeni vardır:

- Patolojik faktörler (bronkospazm, sekresyonlar, pulmoner ödem, ARDS, hava yolunda kan veya tümör, yetersiz sedasyon, bronşial entübasyon)
- Ekipman faktörleri (küçük endotrakeal tüp seçimi, valf malfonksiyonları, solunum devresinde obstruksiyon)



Şekil 2: Basınç-Zaman grafiği (Rotta, 2007 [31]'den uyarlanmıştır.)

4-Kompliyans (C)

Birim basınç değişikliğinde oluşan hacim değişikliğini gösterir. Kompliyansın tersi ise elanstans ($E \sim 1/C$) olarak ifade edilir. Kompliyans akciğerler ve toraksın genişleyebilme kapasitesini tanımlar. Akciğer kompliyansı (CL), göğüs duvarı kompliyansı (CW), total kompliyans (akciğer ve göğüs duvarı) (CT) olarak ifade edilir [32]. Total kompliyans solunum sistemi kompliyansı olarak da ifade edilebilir.

$$\text{Kompliyans} = \Delta V / \Delta P$$

Kompliyans birimi: ml/cm H₂O

CL= Akciğer hacmindeki değişiklik/Transpulmoner basınçtaki (alveol içindeki ve dışındaki basınçlar arasındaki fark) değişiklik

Normal değeri 150-200 ml/cm H₂O'dur. Akciğer hacmi, pulmoner kan hacmi, ekstravasküler akciğer sıvısı, akciğerin inflamasyon ve fibrozis ile giden patolojik süreçlerden etkilenir. Endotrakeal entübasyon uygulanmış ve mekanik olarak ventile edilen erişkin

erkeklerde değeri 40-50 ml/cm H₂O, kadında ise 35–45 ml/cm H₂O'dur. Bunun nedeni; pozitif basınçlı ventilasyonun gazların dağılımında bozulma, azalmış FRK'e bağlı ilerleyici atelektazi, surfaktan üretiminde azalma ve akciğer ödem artışına neden olarak kompliyansı azaltmasıdır.

Sürfaktan eksikliği ile alveoler yüzey geriliminin artması, akciğer ödemi, pulmoner fibroz, obezite, supin pozisyon, asit varlığı ile alveoler kapanma eğilimi arttığından kompliyans azalır. Kompliyansı azaltan nedenler tablo 1 de verilmiştir. İleri yaş ve amfizemde ise kompliyans yüksek ölçülebilir [33].

Göğüs duvarı kompliyansı(CW) = Göğüs hacmindeki değişiklik / Transtorasik basınçta değişiklik

$$\text{Total kompliyans (CT)} = 1/\text{CW} + 1/\text{CL}$$

Tablo 1: Solunum sistemi kompliyansını azaltan nedenler

Göğüs duvarı kompliyansını azaltan nedenler	Akciğer kompliyansını azaltan nedenler
Obezite	Tansiyon pnömotoraks
Batında asit varlığı	Bronşiyal entübasyon
Nöromusküler zayıflık nedenleri (Guillian-Bare, Steroid miyopatisi gibi)	Dinamik hiperinflasyon (havalanma artışı)
Kifoskolyoz	Pulmoner ödem
Fibrotoraks	Pulmoner fibrozis
Pektus ekskavatum	ARDS
Yelken göğüs	Bağ doku hastalıkları
Skleroderma	Hipersensitivite pnömonisi

İki çeşit kompliyans vardır:

- **Statik kompliyans (Cs):** Statik koşullar altında akciğerlerde hiç gaz akımı yokken ölçülen birim basınç değişikliğinin oluşturduğu hacim değişikliğidir. Şekil-2'de görüldüğü gibi Pplato inspiratuar duraklama ile ölçülür. Yeterli kas paralizisi

sağlanmış mekanik ventile edilen hastalarda 3-6 saniyelik inspiratuar tutma ölçüm için yeterlidir [34].

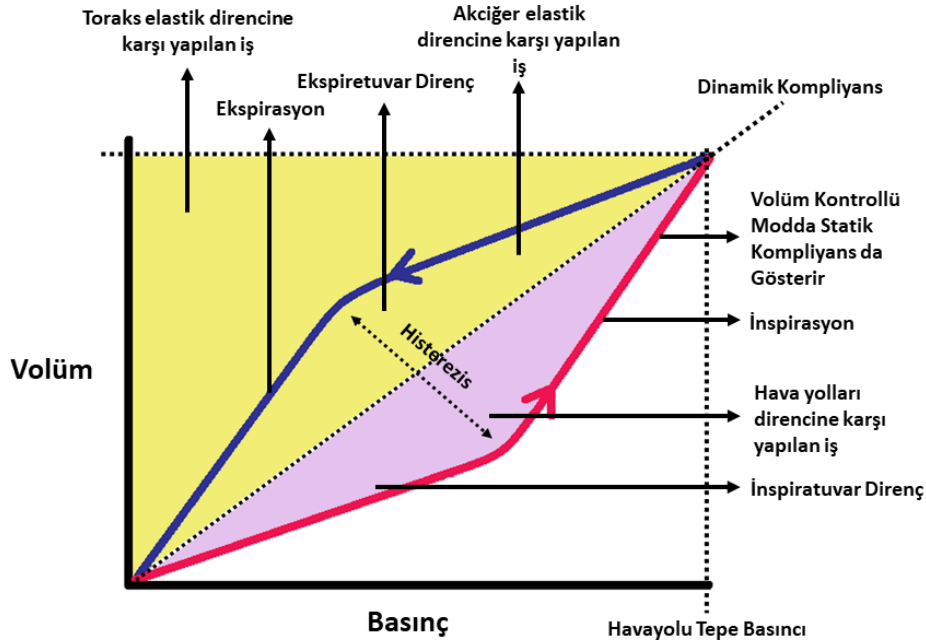
$$C_s = TV / (P_{plato} - PEEP)$$

C_s normal değeri 50-100 ml/cm H₂O'dur. Solunum sisteminin elastik özelliklerini yansıtır. Düşük olduğunda hastanın solunum işi artar ve ventilasyonun etkinliği azalır.

- **Dinamik komplians (C_d):** Transpulmoner basınçtaki birim değişikliğin oluşturduğu volüm değişikliğidir.

$$C_d = TV / (P_{peak} - PEEP)$$

Normal değeri 50-80 ml/cm H₂O'dur. Dinamik komplians statik kompliyansın her zaman daha düşüktür. Total akciğer parankimal kompliyansını ve bir tidal volüm uygulaması sırasında oluşan hava yolu rezistansını yenmek için gerekli olan basınçların toplamını yansıtır. Solunum sisteminin elastik ve rezistif özelliklerini yansıtır [35]. C_d havayolu direncinin arttığı durumlardan (bronkospazm, sekresyon birikimi, endotrakeal tüp kıvrılması, tıkanması) ve aşırı akım hızından etkilenir.



Şekil 3: Basınç –Volüm (Kompliyans) Eğrisi (Lutfi, 2017 [36]'den uyarlanmıştır.)

Basınç – volüm (kompliyans) eğrisi Şekil 3’te gösterilmektedir. Entübasyon tüpünün bükülmesi hastanın tüpü ısırması gibi durumlar inspiratuvar direnci arttırırken, sekresyonlar ve bronkospazm ekspiratuvar direnci arttıran durumlara örnek verilebilir. Belirli bir basınç noktasında ekspirasyondaki volüm inspirasyona oranla daha yüksektir ve buna histerezis (gecikme/ geri kalma) adı verilir. Akciğerlerin esnekliğinden kaynaklanan elastik kuvvetin büyüklüğü ile bronş çapından kaynaklanan direnç hava çıkışında değişik oranlarda histerezise yol açmaktadır. Aşağıdaki kompliyans eğrisinde pembe renkte boyalı alan inspirasyon sırasında yapılan işi göstermektedir. Onun simetrisindeki sarı boyalı alan ise ekspirasyon sırasında yapılan işi, tüm boyalı sarı alan ise elastik dirence karşı yapılan işi göstermektedir.

5-Fizyolojik Ölü Boşluk

Akciğerde gaz değişimine katılmayan alan ölü boşluk olarak tanımlanır.

- $TV = \text{Alveolar ventilasyon (Va)} + \text{Ölü boşluk ventilasyonu (Vd)}$

Normal spontan solunumda alveolar ventilasyon ve ölü boşluk oranı 2/1’dir.

- $\text{Fizyolojik ölü boşluk} = \text{Anatomik ölü boşluk} + \text{Alveolar ölü boşluk}$

Anatomik ölü boşluk: Oronazofarenksten terminal ve respiratuar bronşiolle kadar uzanan gaz değişiminin olmadığı yapıların ventilasyonudur. Erişkinlerde anatomik ölü boşluk vücut ve boyun çene pozisyonuna göre değişmekle birlikte ortalama 2,2 ml/kg’ dır [37]. Endotrakeal entübasyon, trakeostomi ve Y-parçası uygulamaları anatomik ölü boşluğu artırır.

Alveoler ölü boşluk: Ventilasyonun artması veya perfüzyonun azalması ile ventilasyon/perfüzyon dengesinin ventilasyon lehine kaymasıyla meydana gelir.

Fizyolojik ölü boşluk ventilasyonundaki hızlı değişimler sıklıkla ventile alveollerin perfüzyonunda ani azalmaya neden olan pulmoner emboli, kardiyak output düşüşü gibi nedenlerden kaynaklanır. Gaz değişimine uğramayan alveoler ölü boşluk ventilasyonu nedeniyle $PaCO_2$ ve $PETCO_2$ arasında fark oluşur [38].

Fizyolojik ölü boşluğu arttıran sebepler:

- Hipovolemi
- Azalmış kardiyak output
- Pulmoner emboli
- Obstrüktif akciğer hastalıkları

- Yüksek PEEP uygulanması
- Yaş
- Boyun ekstansiyonu

6-Alveolo-Arteriyel Oksijen Basınç Gradiyenti [P(A-a)O₂]

Normal fizyolojik şartlar altında alveoler oksijen, arter oksijeninden her zaman fazladır. P(A-a)O₂ normalde 15 mmHg'dan azdır, ancak yaşlandıkça 20-30 mmHg'ya kadar yükselebilir [39].

- Alveoler gaz denklemi: $PAO_2 = PIO_2 - (PaCO_2 / RQ)$
- $PIO_2 = (P_B - P_{H_2O}) \times FiO_2$,

(PIO₂ = İnspiratuar oksijen basıncı, P_B = Barometrik basınç, P_{H₂O} = Su buharı basıncı, RQ= Respiratuar sabit)

Alveolo-arteriyel oksijen basınç gradiyenti [P(A-a)O₂] artışı solunum yetmezliğinin göstergelerindendir. V/Q uyumsuzluğunda pulmoner şantın tahmininde kullanılabilir. Hipokseminde en sık karşılaşılan mekanizma alveolo-arteriyel basınç farkı artışıdır. Şant ne kadar büyükse , FiO₂'deki artışların hipoksemiyi engelleme olasılığı o kadar azdır [39]. Tablo-2'de hipokseminin mekanizmaları özetlenmiştir.

Tablo 2: Hipokseminin mekanizmaları

Düşük alveoler oksijen basıncı	Yüksek alveolo-arteriyel fark
<i>Düşük inspire edilen oksijen basıncı:</i> Düşük FiO ₂ Yüksek Rakım	<i>Düşük mikst venöz oksijen basıncı:</i> Kalp debisi düşüşü Artmış oksijen tüketimi Azalmış hemoglobin konsantrasyonu
Alveoler hipoventilasyon	Düşük V/Q oranlı alanlarda artış
Difüzyon hipoksisi	Sağ-sol şantlaşma
Oksijen tüketiminin artması	

7-Soluk Sonu Karbondioksit Basıncı (EtCO₂)

Soluk sonu ekspire edilen CO₂ basıncını yansıtır. Normal değeri 35 – 40 mmHg arasındadır. CO₂ basıncı ölçümünde kütle spektrofotometrisi ve kızılötesi CO₂ ışık absorpsiyonu en sık kullanılan yöntemlerdir. Alveoler CO₂ (PACO₂), arterial CO₂ (PaCO₂) ile aynı olduğu için, EtCO₂ basıncı klinikte, PaCO₂ tahmini için kullanılır. PaCO₂ ve EtCO₂ farkı normalde 5 mmHg'den azdır. Alveoler ölü boşluktaki gaz ile dilüe olduğundan EtCO₂'nin PaCO₂ den düşük olması beklenir (< 5 mmHg). Ölü boşluk arttığında ise EtCO₂, PaCO₂'den daha düşük bulunur ve PaCO₂'yi güvenilir şekilde yansıtmaz [39]. Perfüzyonu düşüren bir durumda da PaCO₂ ve EtCO₂ arasındaki farkın artması beklenecektir. PaCO₂ ve EtCO₂ değerlerinin karşılaştırılması, V/Q anormalliklerinin saptanmasında faydalıdır. Tablo 3'de PaCO₂ ve Et-CO₂ arasındaki farkı arttıran ve azaltan nedenler gösterilmiştir.

Tablo 3: PaCO₂ ve Et-CO₂ arasındaki farkı arttıran ve azaltan nedenler

PaCO₂-EtCO₂ farkını artıran nedenler:	PaCO₂-EtCO₂ farkını azaltan nedenler:
Kronik obstrüktif akciğer hastalığı	Kardiyak outputun artması
Sol kalp yetmezliği	Hipervolemi
Pulmoner emboli	
Hipovolemi	
Fizyolojik ölü boşluğu artıran nedenler	

8-Ventilasyon(V)

Dakika ventilasyonu 1 dk'da atılan tüm gaz hacimlerinin toplamı olarak (V) ölçülür.

- Ventilasyon(V) = Solunum sayısı x TV

Ortalama bir erişkin için dakika ventilasyonu istirahatte yaklaşık 5 L/dk'dır. Alveoler ventilasyon (Va) 1 dk içinde gaz değişiminde gerçekten yer almış olan inspire edilen gaz hacmidir. Ölü boşluk ventilasyonu (Vd: erişkinde yaklaşık 150 ml)

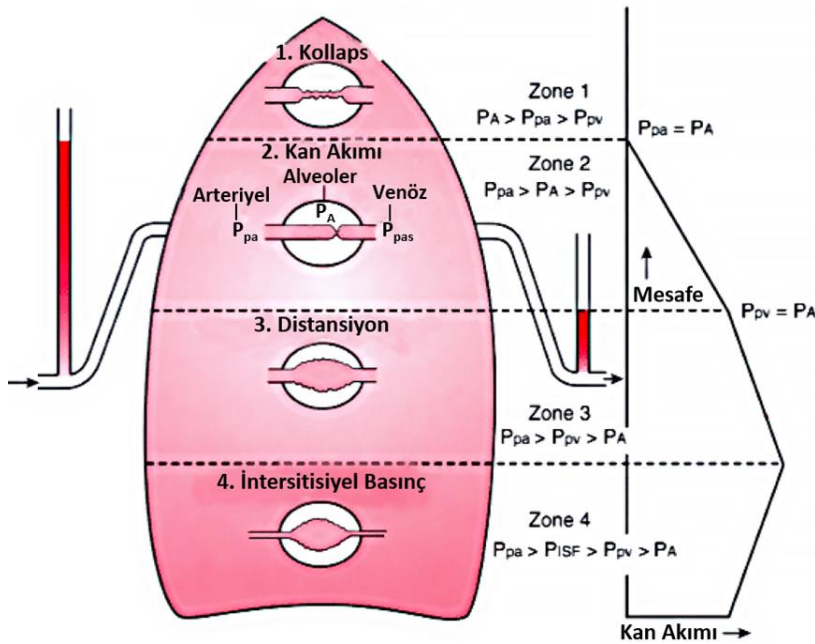
- Alveoler Ventilasyon(Va) = Solunum sayısı x (TV-Vd)

Alveoler ventilasyon akciğerler içinde eşit olmayan şekilde dağılır. Her iki akciğerin alt (dependent) bölgeleri intraplevral basınçta yer çekimi nedenli basınç farkı nedeniyle daha iyi ventile olma eğilimindedir [39].

9-Perfüzyon(Q)

Akciğerlerden geçen yaklaşık 5 L/dk kan akımının herhangi bir zamanda ancak 70-100 ml kadarı pulmoner kapiller içinde gaz değişimine uğrar. Optimal gaz değişimi sağlamak için her kapiller birden fazla alveolü perfüze eder. Her iki akciğerin alt (dependent) bölgeleri intraplevral basınçta yer çekimi nedenli basınç farkı nedeniyle daha iyi perfüze olma eğilimindedir [39]. Pulmoner vasküler tonusa etki bakımından lokal faktörler otonom sinir sisteminden daha önemlidir. Hipoksi sistemik etkisinin aksine pulmoner vazokonstriksiyon için güçlü bir uyarıcıdır. Hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon intrapulmoner şantlaşmanın azalması ve hipoksiden korunmada önemli bir fizyolojik mekanizmadır. Sistemik dolaşımda olanın aksine hiperkarbi ve asidoz pulmoner vazokonstriksiyona, hipokapni ise pulmoner vazodilatasyona neden olur.

Pulmoner perfüzyon akciğer boyunca tek tip olmasa da, alveolleri geren basınç göreceli olarak sabittir. Bu basınçlar akciğerin dört farklı zona (West Zone'ları) ayrılmasına yol açmıştır. Şekil 4'te zonlar ve özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 4: Akciğer West Zone'ları (West, 2012 [40]' den uyarlanmıştır.)

- Zone 1: Alveoler basınç (PA) hem arteriyel pulmoner basınçtan (Ppa) hem de pulmoner venöz basınçtan (Ppv) daha büyüktür ve kan akımında tıkanma ve alveoler ölü boşluk ile sonuçlanır.
- Zone 2: $P_{pa} > P_A > P_{pv}$ Ppa- PA arasındaki farka bağımlı olarak kan akımı devam eder.
- Zone 3: $P_{pa} > P_{pv} > P_A$ Kan akımı alveoler basınçtan bağımsız olarak devam eder. Transmural basınç artar ve distansiyon görülür.
- Zone 4: Akciğerin dependent bölgesidir. Atelektazi ve intersitisyel ödemin meydana geldiği yerdir ve kan akımı Ppa ve pulmoner intersitisyel basınç arasındaki farka bağımlıdır.

10-V/Q Oranı

Normal koşullarda erişkinde alveoler ventilasyonun 4 L/dk, pulmoner kapiller perfüzyonun 5 L/dk olduğu kabul edildiğinde, $V/Q = 0.8$ 'dir. Her bir akciğer ünitesi için V/Q oranı sıfırdan (ventilasyon yok), sonsuza kadar (perfüzyon yok) olacak kadar değişebilir. Sıfır intrapulmoner şanti yansıtırken, sonsuz ölü boşluğu oluşturur. Ayakta duran bir kişi için akciğer bazalindeki perfüzyon fazla olduğundan $V/Q < 1$ 'dir. Buna karşın apekte yeteri kadar perfüzyon olmadığı için $V/Q > 1$ 'dir. Düşük V/Q oranına sahip alanlardan gelen pulmoner venöz kan düşük O_2 ve yüksek CO_2 basıncına sahiptir, bu ünitelerden gelen kan, arteriyel O_2 basıncını azaltma, CO_2 basıncını artırma eğilimindedir [39].

C. LAPAROSKOPİK KOLESİSTEKTOMİ

Laparoskopik cerrahinin; daha küçük kesi, postoperatif daha düşük ağrı skorları, erken mobilizasyon, hastanede kalış süresinin daha az olması, laparoskopik olarak batın içinin değerlendirilmesi gibi avantajlarının bulunması laparoskopik cerrahiyi laparoskopik kolesistektomide altın standart haline getirmiştir [9]. Ancak laparoskopik cerrahide, cerrahi alanın görüntülenebilmesi için batının intraperitoneal olarak insüflasyonu esastır. Batının gaz ile insüflasyonuna pnömoperitoneum (Pp) adı verilmektedir. Karbondioksit (CO_2), yanıcı ve patlayıcı olmaması, pahalı olmaması, yüksek kan çözünürlüğü, dokulara hızlı difüzyonu, gaz embolisi riskinin düşük olması, akciğerlerden hızlı atılması gibi avantajları sebebiyle pnömoperitonyum oluşturmak için en sık kullanılan gazdır [41]. Pnömoperitonyum (Pp) oluşturmak için rutin olarak karbondioksit kullanılsa da azot protoksit (N_2O), oksijen (O_2), helyum (He) ve hava da pnömoperitonyum oluşturulabilmek için kullanılabilir. Oksijenin yanma tehlikesi, azot protoksitin yavaş absorbe edilmesi, ani kardiyak arrest riski,

helyumun emboli riski ve havanın küçük volümlerde dahi emboli riskinden dolayı kullanımlarından uzaklaşmıştır. CO₂ pnömoperitoneumunda hiperkarbi görülmesine ve sürekli akım gerektirmesine rağmen karbondioksit insuflasyonu ile pnömoperitoneum %95'in üzerinde kullanılmaktadır [42].

Pnömoperitoneumun oluşturulmasında veress iğnesine bağlanan insüflatör ile 3-4 L CO₂ gazı batın içine yavaşça verilerek intraabdominal basınç ortalama 12-15 mmHg olacak şekilde pnömoperitonyum oluşturulur. Verres iğnesi çıkartılır. Aynı kesiden 10 mm'lik trokar yerleştirilir. Buradan videokamera bağlı laparoskop ile girilerek karın içi gözlemlenirken , operasyon boyunca pnömoperitoneum gaz basıncı ve akımı sürekli monitörizedir. Operasyon sırasında 15-20 derece ters trendelenburg ve hafif sol lateral pozisyona getirilir. Hastanın bu pozisyona getirilmesindeki amaç safra kesesi fundusunun retrakte olup görünür hale gelmesi aynı zamanda pnömoperitonyuma bağlı diyafragma disfonksiyonunun önlenmesidir [43]. Görüntü netleştirildikten sonra sistik kanal ve arter klemplenerek safra kesesi hepatik yataktan diseke edilir ve kanama kontrolü sonrası operasyon tamamlanır. Operasyon sonunda batın içindeki gaz boşaltılarak cerrahi kapama gerçekleştirilir.

Laparoskopik cerrahide genel anestezi uygulanması rejyonele göre tercih edilir. Bunun nedeni; pnömoperitonyum ve pozisyon değişikliklerinin neden olduğu fizyolojik sonuçların ve solunum desteği gerekmesinin, bilinçli hastalarda rahatsızlığa yol açmasıdır. Genel anestezi, kas gevşemesi ile beraber entübasyon ve pozitif basınçlı ventilasyon, bu girişimlerde gerekli olan tekniktir. Maske ile indüksiyonda midenin hava ile dolmamasına dikkat etmek gerekir, çünkü dilate mide hem cerrahi görüş alanını bozar hem de trokar ile yaralanmalara neden olabilir. Ayrıca pozitif basınçlı ventilasyon ve pnömoperitonyum pasif regürjitasyona neden olabilir. Entübasyon ve tüpün kafının şişirilmesini takiben midenin bir nazogastrik sonda yardımıyla boşaltılması gerekir [44]. Pnömoperitonyum sırasında kontrollü ventilasyon, ETCO₂ basıncı izlenerek ayarlanmalıdır. Karın içi basıncı monitörize edilmeli, hemodinamik ve respiratuar değişiklikleri azaltmak için olabildiğince düşük tutulmalı ve 15 mmHg'yi geçmesine izin verilmemelidir.

D. PNÖMOPERİTONEUMUN FİZYOPATOLOJİK ETKİLERİ

Laparoskopik cerrahi sırasında hasta pozisyonu ve pnömoperitonyuma bağlı solunumsal, hemodinamik ve metabolik açıdan birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Peritoneal insuflasyona bağlı hemodinamik yanıt; hasta pozisyonu, nörohumoral yanıt, hastanın kardiyopulmoner rezervi ve intravasküler volümünden etkilenmektedir.

Laparoskopide görülen başlıca kardiyovasküler değişiklikler; sistemik vasküler direnç, ortalama arteryel basınç ve miyokardiyal dolum basınçlarında artışla görülen kardiyak indekste düşme ve kalp hızında minimal artıştır [43]. Pnömooperitoneum ile birlikte intraabdominal ve dolayısıyla artan intratorasik basınç; tepe hava yolu basıncında artış, pulmoner kompliyans azalması, pulmoner atelektazi, ventilasyon/perfüzyon (V/Q) ilişkilerinin değişmesi ve hipoksemiye yol açan fonksiyonel rezidüel kapasite azalmasına neden olur [10]. Bu durumlara bağlı olarak solunum mekanikleri ve gaz değişimi bozulabilir. Komorbiditesi olmayan hastalarda FRK'da azalmaya bağlı hipoksemi laparoskopik cerrahide çok sık meydana gelmemektedir; ancak obez ve akciğer patolojileri olan hastalarda ventilasyon perfüzyon eşitsizliği ve intrapulmoner şant oluşumuna bağlı ciddi hipoksemi görülebilir [42]. İntrakraniyal basıncı yüksek olan hastalarda batın insuflasyonu ile doğru orantılı olarak intrakranial basınçların arttığı gösterilmiştir [45]. Kafa travması olan hastalarda laparoskopi yerine açık cerrahi (laparotomi) tercih edilebilir. Tablo 4'te laparoskopik cerrahide oluşturulan pneumoperitoneumun sistemler üzerindeki etkileri sınıflandırılmıştır.

Tablo 4: Pnömooperitoneumun (Pp) etkileri

Solunum sistemine olan etkiler:	Diyaframın yer değiştirmesi Akciğer volümlerinde ve kapasitesinde azalma Havayolu direncinde artma V/Q oranında artma Hipoventilasyon sonucu hipoksi Hiperkapni Rejürjitasyon riskinde artma
Kalp -Damar sistemine olan etkiler:	Sistemik damar direncinde artma Ortalama arter basıncında artma İnferior vena kavada kompresyon Venöz dönüşte azalma Kalp debisinde azalma / artma.
Renal sisteme olan etkiler:	Böbrek kan akımında azalma Glomerüler filtrasyon oranında azalma İdrar çıkışında azalma
Metabolik etkiler:	Hiperkapni Asidoz

1- Hemodinami Üzerine Etkiler

CO₂ insüflasyonunun hemodinamik etkilerinin altında yatan 2 temel mekanizma vardır.

- İntraabdominal basınç artışı
- Hiperkapni

İntraabdominal basınç artışı; inferior vena kavada kompresyona, aortik kompresyona, splanknik kan akışında azalmaya, böbrek kan akışında azalmaya ve diafragmatik yer değişikliğine yol açar [46].

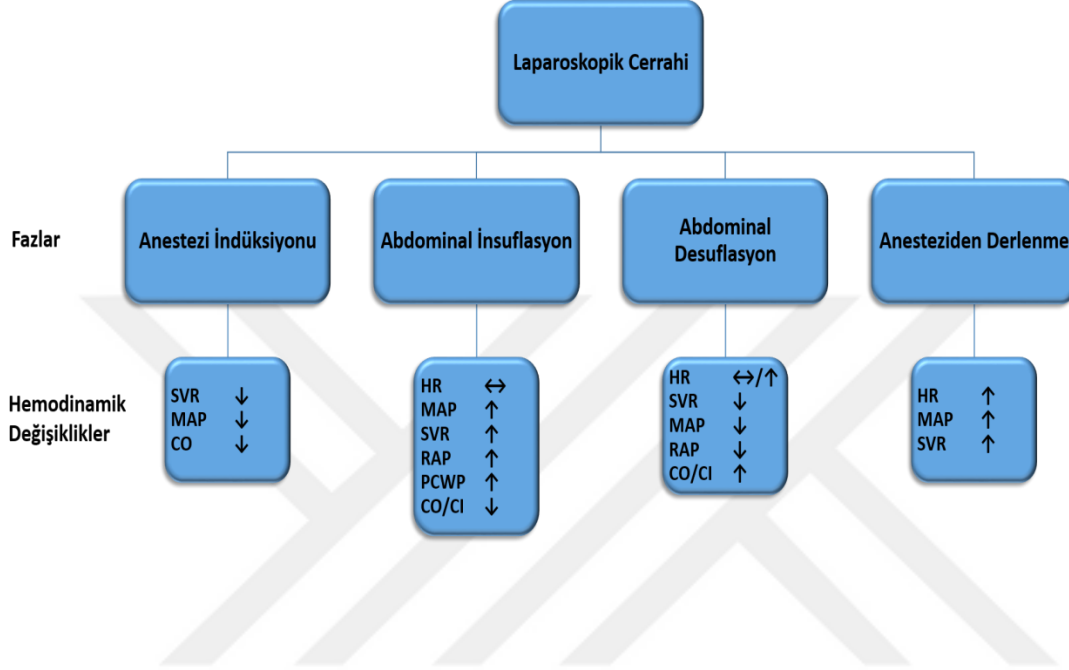
Hiperkapni; aritmi, miyokardiyal depresyon, miyokardiyal iskemi, bozulan hemoglobin afinitesi ve oksijen taşınması ile ilişkili etkilere yol açar [46].

Artmış intraabdominal basınç; venöz dönüş, sistemik vasküler rezistans ve miyokardiyal fonksiyonu etkiler. Başlangıçta splanknik dolaşımda göllenmiş kanın ototransfüzyonu ile dolaşan kan volümü artar, bu da venöz dönüş ve kalp debisinin artmasına yol açar. İntraabdominal basınçta devam eden artış vena kava inferiorun kompresyonu, venöz dönüşün azalması ve kalp debisinin azalması ile sonuçlanır.

Sistemik vasküler rezistans, artmış intraabdominal basıncın direkt etkisi ve düşen kardiyak debiyi arttırmak için dolaşıma salınan katekolaminlerin etkisiyle artar. Sistemik vasküler rezistanstaki artış genellikle kardiyak debideki düşüşten daha fazla olduğu için kan basıncı düşmez, hatta artabilir. Artmış sistemik vasküler rezistans, kan basıncı ve taşikardi miyokardiyal işin artmasına neden olur.

CO₂'nin peritoneal boşluktan emilmesine bağlı olarak arter CO₂ düzeyinin artmasını takiben meydana gelen sempatik uyarı; kalp debisi, ortalama arter kan basıncı ve sistemik damar direncinde artmaya neden olur [42]. Pnömooperitoneum(Pp) ile kalbin sempatik aktivitesinin artması ve nörohumoral vazoaktif sistemin aktive edilmesi sonucunda kalbin oksijen tüketiminde belirgin bir artış oluşabilmektedir [47]. Konjestif kalp yetmezliği, iskemik kalp hastalığı, kapak kalp hastalığı, pulmoner hipertansiyon ve konjenital kalp hastalığı gibi kardiyovasküler hastalığı olan hastalarda bu hemodinamik etkiler şiddetlenebilir [48]. İnhalasyon anestezikleri başta olmak üzere pek çok anestezik ajan miyokard depresyonu, vazodilatasyon, sempatik tonus kaybı yapabilir. Bu durum karbondioksit insüflasyonundan önceki kalp debisindeki düşmeye katkıda bulunur [41]. Baş yukarı pozisyonda Pp'un olası

negatif etkileri artırılabilirken, trendelenburg pozisyonunda venöz dönüş üzerine olumlu etki oluşabilmektedir [49]. Şekil 5’te hemodinami üzerine etkiler görülmektedir.



Şekil 5: Laparoskopik cerrahinin hemodinami üzerine etkileri (Atkinson, 2017 [48]’den revize edilmiştir.) (SVR: Sistemik vasküler rezistans MAP:Ortalama arter basıncı, CO: Kalp debisi, HR: kalp hızı, RAP: Sağ atrial basınç, PCWP: pulmoner kapiller uç basıncı, CI: Kardiyak indeks)

2-Solunum Sistemi Üzerine Etkiler

Genel anestezi ve supin pozisyon FRK’yı azaltır. Artan intraabdominal basınçla diafragma sefale doğru yer değiştirerek intratorasik volümün ve FRK’nın daha da azalmasına neden olur. Bu etkilere trendelenburg pozisyonu ile daha da şiddetlenir. FRK azalması hava yolu kollapsı, atelektazi, V/Q uyumsuzluğu ile sonuçlanabilir [50]. Yüksek V /Q uyumsuzluğu ve intrapulmoner şant nedeni ile hipoksi meydana gelebilir.

Laparoskopik cerrahi sırasında karbondioksit insüflasyonu solunum fonksiyonlarında değişikliklere yol açar. Karbondioksit pnömoperitonyumu EtCO₂ ve PaCO₂’yi yükseltir, pH’yı ise düşürür. Hiperkapni gelişmesine FRK azalması, atelektazi, V/Q uyumsuzluğu

dışında, karbondioksitin sistemik emilimi, ölü boşluk artışı ve ciltaltı amfizem gelişmesi de katkıda bulunabilir. Absorbe edilen CO₂ yüksek çözünürlük ve erirliği sayesinde sağlıklı hastalarda hızla vücuttan atılırken, kalp-akciğer hastalığı olanlarda CO₂ atılımı azalabilir. Bunun sonucunda da hiperkapni ve asidoz gelişebilir. Genel anestezi altında dakika ventilasyon hacmi artırılarak karbondioksit normal sınırlarda tutulabilir [51]. Ancak akciğer fonksiyonu kötü olan hastalarda ventilasyon artırılrsa bile hiperkapni kontrol edilemeyebilir ve kan gazında belirgin asidoz görülebilir.

İntraabdominal basınç artışına bağlı olarak, plato ve tepe inspiratuar basıncı artabilir, akciğer kompliyansı azalabilir, solunum işi artar [52, 53].

E. RECRUITMENT MANEVRALARI VE KARDİYOPULMONER ETKİLERİ

Akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinde inspire edilen oksijen fraksiyonu optimizasyonu (FiO₂), düşük tidal hacim (TV) ile ventilasyon, PEEP uygulamaları, recruitment manevraları (yeniden kazandırma manevraları) yer almaktadır.

Kapanmış alveolleri yeniden kazanma sürecine ‘recruitment’ manevraları denir. Atelektatik akciğer dokusu için, 10-15 sn boyunca devam eden 30-40 cm H₂O basınçla recruitment manevraları uygulanmaktadır. Bu basınçlı insuflasyon vital kapasiteye eşdeğer olduğu için, vital kapasite manevrası olarak da adlandırılır [54]. Laparoskopik cerrahi altındaki obez ve sağlıklı hastalarda, recruitment manevrasının pnömoperitonyum nedeniyle oluşan solunum üzerine etkilerini tersine çevirdiği gösterilmiştir [55].

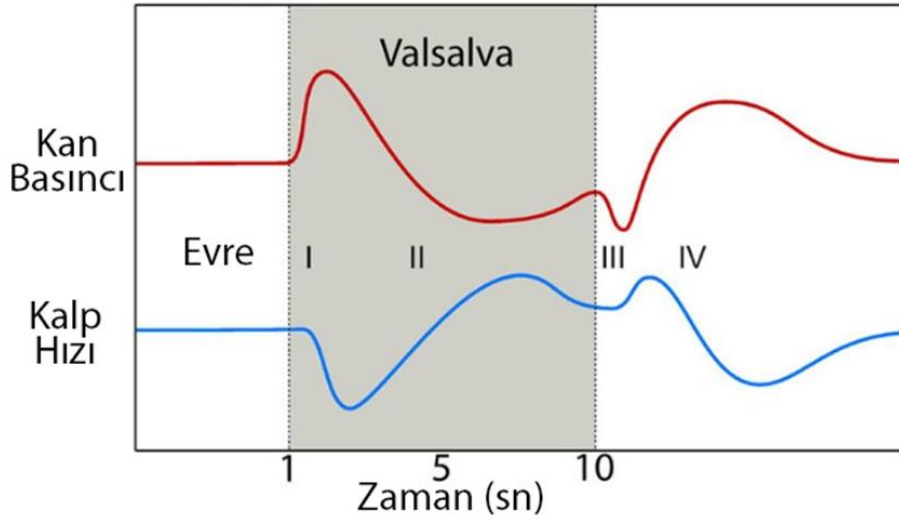
1-Recruitment Manevrasının Hemodinamik Etkileri

Recruitment manevrasının hemodinamik etkileri 4 evrede incelenir.

- **Evre I:** İntratorasik basınçtaki ani artış, torasik damar kapasitesini baskılar, akciğerlerden sol atriya dönen kan miktarı artar. Sistemik kan basıncındaki ani ama geçici artış ile aortik ark baroreseptörleri tetiklenir, kalp atımında kompanzatuvar bir azalma meydana gelir (Şekil 6-I).
- **Evre II:** Sistemik kanın venöz dönüşü intratorasik basınçta sürdürülen artış nedeniyle engellenir. Önyük’teki bu düşüş nedeniyle kardiyak debi düşer. Baroreseptör aktivitesinde azalma gözlenir; bu da kalp atım hızında sempatik

aktiviteyle birlikte görülen bir artış, vazokonstriksiyon ve kan basıncı restorasyonu ile sonuçlanır (Şekil 6-II).

- **Evre III:** İntratorasik basınçtaki ani artış sona erdiğinde aortik ark ve torasik kapasitans damarlarındaki kompresyon da sona ereceğinden sistemik kan basıncında ani bir düşüş gözlenir. Damarların üzerindeki kompresyon ortadan kalktığı için baroreseptör aktivitesi düşer, bu nedenle de kalp atım hızı artışı korunur (Şekil 6-III).
- **Evre IV:** Kan basıncındaki artış venöz dönüş aniden yükselince kardiyak debideki yükselme ile meydana gelir. Kan, Evre II'deki sempatik aktivasyonun bir sonucu olarak daralmış periferel vasküler sisteme pompalandığı için sistolik kan basıncı dinlenme anındaki değerinin üzerine çıkar. Kan basıncındaki bu artış baroreseptör aktivasyonu ve bradikardiyle sonuçlanır (Şekil 6-IV).



Şekil-6: Valsalva manevrasının evreleri (Ghazal,2017 [56]'dan revize edilmiştir.)

2- Recruitment Manevrasının Solunum Sistemine Etkileri

Kapalı alveollerin açılabilmesi için temel olarak yüksek basınç veya hacimlere ihtiyaç duyulabilir. Ancak yüksek havayolu basınçları ve hacimleri uygulanmasının barotravma, volütravma, hemodinamik instabilite ve alveolokapiller hasar oluşturma potansiyeli olabilir.

Yüksek sabit havayolu basıncı uygulaması olan ‘‘Recruitment’’ manevrasında uygulanan inspiratuvar basınç düzeyi ve basıncın uygulanma süresi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Genel olarak recruitment manevrası sırasında uygulanan inspire edilen gaz karışımları hakkında yeterli veri bulunmamakla birlikte sık karşılaşılan klinik uygulama % 100 oksijen kullanımıdır. Teorik bir problem olarak yüksek konsantrasyonda oksijen kullanılması ($FiO_2 > 0.6$) sıklıkla hipoventile olan akciğer ünitelerinde absorpsiyon atelektazisine neden olur. Bu durumdan kaçınmak için recruitment manevrası uygulamasında yeterli basınçta, yeterli sürede ve mümkün olan en düşük oksijen konsantrasyonunda gaz karışımı kullanımı düşünülebilir [24, 57]. Genel eğilim kollabe olan alveollerin açılması için daha yüksek basınçların uygulandığı recruitment manevrasını uygulayıp, açılan alveollerin yeniden kapanmasına engel olacak PEEP titrasyonunu gerçekleştirmektir. Çeşitli araştırmalarda başarılı olduğu tespit edilen ‘‘Recruitment’’ basınçları 30-60 cmH₂O arasında değişmektedir. Recruitment sağlandıktan sonra herhangi bir sebeple ventilatörden ayrılması gereken hastalarda ve oksijen saturasyonu değerlerinde kalıcı düşüşler oluşan hastalarda recruitment manevrası tekrarlanmalıdır.

Literatürde iki ana recruitment manevrası bulunmaktadır:

- CPAP manevrası: 10-30 saniye 40cm H₂O sabit basınç ile recruitment ve sonrasında standart ventilasyona devam edilmesi şeklinde literatürde geçmektedir. Hemodinamik instabilite ile ilişkilendirilmiştir. Kullanılan FiO_2 ye de bağlı olarak akciğerin tekrar kollabe olmasının çok da uzun sürmediği gözlemlendiği için standart ventilasyonda PEEP’in kullanılması önerilmektedir.
- PEEP titrasyon manevraları: PEEP basamaklı olarak değiştirildiği için hemodinamik uyum da her basamakta sistematik olarak test edilmiş olur. Teorik olarak pulmoner doku stresi kademeli artışlar nedeniyle CPAP manevrası ile gerçekleşenden daha düşüktür.

III. AMAÇ

Bu çalışmada, laparoskopik kolesistektomi sırasında mekanik ventilasyon altındaki hastalarda, günlük pratikte yapılan recruitment manevrasının ve pnömoperitoneumun; FRK ölçümleri ile atelektazi üzerine etkilerinin hastalara invaziv işlem yapılmaksızın öngörülmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel amacı recruitment yapılan ve yapılmayan hastalarda FRK ve statik kompliyans değerlerini (primer çıktı) karşılaştırmaktır. İkincil çıktılar ise recruitment manevrası uygulanan ve uygulanmayan hasta gruplarında derlenme odasında yapılan oda havası testi değerlerini karşılaştırmaktır.



IV. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu açık kontrollü ‘değişen girişim’ (alternating treatment) çalışması Klinik Araştırmalar Etik Kurul onayı (2018/938) alındıktan sonra 03/2020 – 05/2020 tarihleri arasında genel cerrahi kliniğinde gerçekleştirildi. Laparoskopik kolesistektomi yapılan genel anestezi altında kontrollü mekanik ventilasyon ile takip edilen hastalar, operasyon öncesi aydınlatılmış yazılı onamları alındıktan sonra çalışmaya dahil edildi.

A. HASTALAR

Aşağıdaki dâhil edilme kriterlerini karşılayan hastalar çalışmaya dâhil edildi.

- 18-65 yaş arası
- Akciğer hastalığı olmayan
- Çalışmaya katılmayı kabul eden
- Toraks boşluğuna yönelik operasyon geçirmeyecek hastalar

Aşağıdaki özelliklere sahip olan hastaların çalışma dışı bırakılması planlandı.

- 18 yaş altı hastalar
- 65 yaş üstü hastalar
- Onamı olmayan hastalar
- Akciğer hastalığı olan hastalar
- Toraks boşluğuna yönelik cerrahi geçirecek hastalar
- Ciddi kalp yetmezliği ve ileri kalp kapak hastalığı olan hastalar
- BMI>40 olan hastalar

B. HEMODİNAMİK MONİTÖRİZASYON

Hastaların kalp tepe atımları (KTA) ve sistolik/diyastolik/ortalama arter basınçları (SAB, DAB, OAB) standart monitörler üzerinden kaydedildi.

C. SOLUNUMSAL PARAMETRELER

Hastalar GE Carescape R860 ventilatörü kullanılarak hacim kontrollü ventilasyon modunda 6-8 ml/kg ideal vücut ağırlığına göre tidal hacim, PEEP:5 cmH₂O ile ventile edildi. Statik kompliyans, ventilatör üzerinden solunumun inspiryum sırasında 5 saniye durdurulması sonrasında ventilatör tarafından otomatik olarak hesaplandı. EtCO₂ ve SPO₂ değerleri

kaydedildi. Recruitment manevrası ventilatör yardımıyla %60 FiO₂ ile 30 cmH₂O basınç ile 15 saniye boyunca pnömoperitoneum öncesinde ve operasyon bitişinde uygulandı. FRK nitrojen wash-in ve wash-out tekniği ile mekanik kullanılan mekanik ventilatör tarafından ölçüldü.

D. ÇALIŞMA PROTOKOLÜ

Dahil edilme kriterlerini karşılayan tüm hastalar operasyon masasına premedikasyon yapılmadan alındı. Tüm olguların cinsiyet, yaş, ağırlık, boy, BMI, ASA grubu, eşlik eden sistemik hastalıkları [Diyabetes mellitus (DM), hipertansiyon] ve sigara öyküsü kaydedildi. Tüm hastalara EKG, SPO₂, non invaziv kan basıncı, ısı, anestezi derinliği için Bispektral indeks (BİS) monitörizasyonu ve kas gevşemesi düzeyi için TOF(Dörtlü uyarı) monitörizasyonu yapıldı. Hastalara %100 oksijen ile preoksijenasyon yapıldı. Anestezi indüksiyonu, midazolam 0,02-0,05 mg/kg, propofol 2-2.5 mg/kg, fentanil 2-3 mcg/kg ve rokuronyum 0.6-1.2 mg/kg i.v. ile gerçekleştirildi. Hastalar uygun anestezi derinliği ve kas gevşemesi düzeyi sağlanınca endotrakeal tüp ile entübe edilerek, tüp uygun seviyede tespit edildi. Bütün hastaların ventilasyonu tidal volüm (TV) 6-8 ml/kg ideal vücut ağırlığı , PEEP 5 cm H₂O ve solunum sayısı soluk sonu karbondioksit basıncı (EtCO₂) 35-40 olacak şekilde ayarlandı. Hastalara anestezi idamesinde propofol ve remifentanil infüzyonu ile total intravenöz anestezi (TİVA) uygulandı. Hastalar 2 gruba kontrol grubu (n=25) ve çalışma grubu (n=23) olacak şekilde ayrıldı. Hasta çalışma grubundaysa protokolün aşağıda belirtilen beş noktasında (T1, T2, T3, T4 ve T5) ve kontrol grubundaysa protokolün 3 noktasında (T1,T3,T5) hastaların hemodinamik parametreleri (Nabız, OAB, SPO₂) ve solunumsal parametreleri (tidal hacim, frekans, PEEP, Plato ve Peak basınçları, Statik kompliyansları ve FRK değerleri) kaydedildi. Bütün ölçümler supin pozisyonda alındı ve batın içi insuflasyon basıncı 12-15 mmHg olacak şekilde cerrahi tamamlandı.

Bazal ölçümler T1 anında entübasyon sonrası alındıktan sonra hasta çalışma grubundaysa recruitment manevrası uygulanarak çalışma grubunda ölçümler tekrar alındı(T2). Pnömoperitoneum ile birlikte her iki grupta da tekrar ölçümler alındı (T3). Pnömoperitoneum boşaltıldıktan sonra operasyon bitiminde çalışma grubunda bir ölçüm daha alındı(T4). T4 ölçümü sonrası çalışma grubuna recruitment manevrası uygulanırken kontrol grubuna uygulanmadı ve operasyon sonunda her iki gruptan ölçüm alındı(T5). Tüm hastalar TOF %90 ın üzerinde olacak şekilde suggamadeks ile extübe edildi. Operasyon sonunda bütün hastalara non invaziv oda havası testi uygulandı[23]. Hastalar uyanma odasında 30 dakika maske

oksijen altında takipleri ve stabilizasyonları sonrası (VAS<4, hemodinaminin stabil olması, bulantı kusma olmaması gibi) oda havasına alındı ve oda havasındaki 5. Dakikadaki SPO₂ değerleri kaydedildi. SPO₂ ≤ 96 ise oda havası testi pozitif kabul edilirken, SPO₂ ≥ 97 ise oda havası testi negatif kabul edildi. Çalışma sırasında aşağıdaki parametreler hesaplandı:

- *Recruitment manevrasına bağlı olarak FRK deki absolut değişim (FRKΔ-recruitment):*

$$[(FRK(T5) - FRK(T1))]$$

- *Recruitment manevrasına bağlı olarak statik kompliyansdaki absolut değişim (CstatΔ-recruitment):*

$$[(Cstat(T5) - Cstat(T1))]$$

E. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmanın primer hedefi recruitment manevrasının FRK'daki absolut değişime ve statik kompliyanstaki absolut değişime olan etkisini recruitment manevrası yapılmayan hastalar ile karşılaştırmaktır. Hasta sayısını belirlemek için her gruptan 5'er hasta alınarak pilot çalışma yapıldı. ΔFRK recruitment[(FRK(T5)–FRK(T1))] kontrol grubunda 410±45 çalışma grubunda 573±40 olarak saptandı. Wilcoxon Mann-Whitney testi iki yönlü güç analizine göre; Tip 1 hata %5 ve tip 2 hata %20 olarak alındığında öngörülen bu farkı ortaya koymak için her gruptan 21 hasta, toplam 42 hasta gerektiği hesaplandı. Takipten çıkarılması gereken hastalar ve veri kaybı yaşanabileceği için her gruptan 25'er hasta çalışmaya alınması planlandı. 2 hasta çalışma grubundan solunum eforu nedeniyle ölçüm hatası ile çıkarılarak çalışma 48 hasta ile tamamlandı. Örneklem büyüklüğü Gpower sürüm 3.1 kullanılarak gerçekleştirildi.

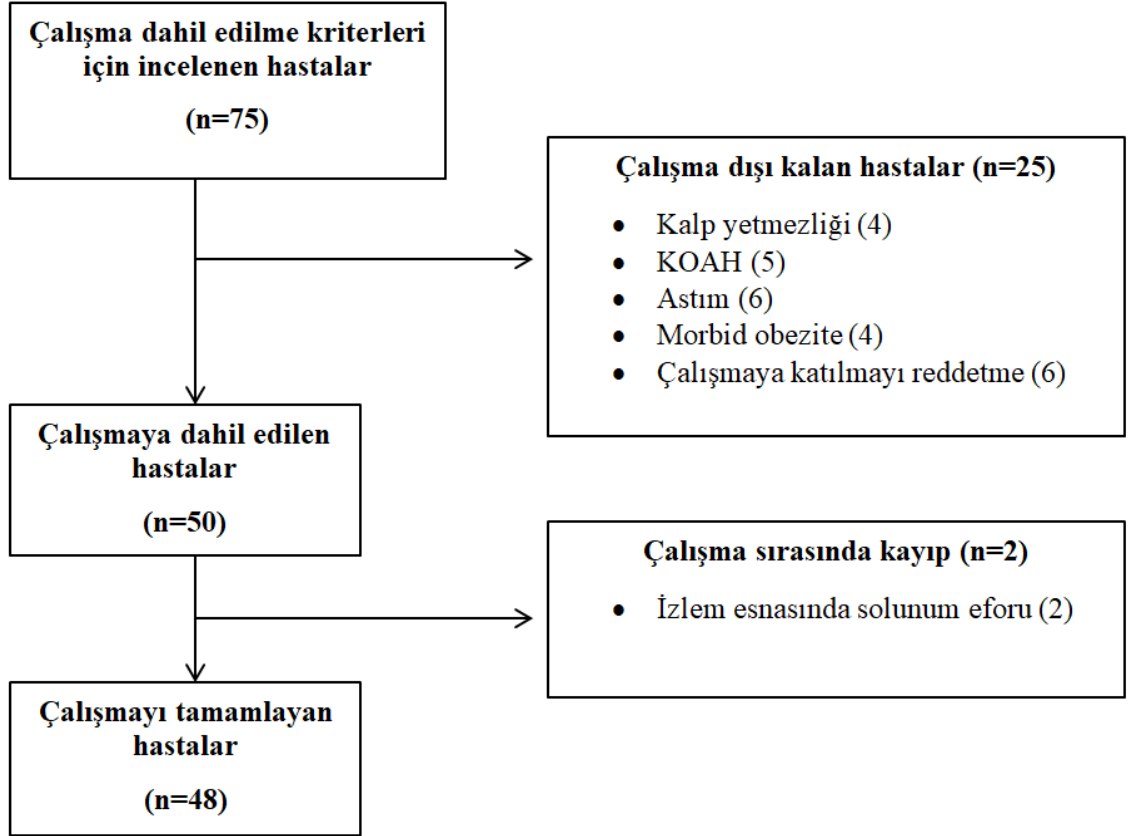
Niteliksel veriler olgu sayısı ve yüzdesi olarak ifade edildi. Niteliksel veriler ki kare testi ile karşılaştırıldı. Niceliksel verilerin dağılımı basıklık (kurtosis) ve çarpıklık (skewness) testleri ile değerlendirildi. +1.5 ile – 1.5 arası normal dağılım olarak kabul edildi. Normal dağılan niceliksel veriler ortalama ± SD olarak ifade edildi. Gruplar arası karşılaştırmada independent *t* - test, grup içi karşılaştırmada (zamansal karşılaştırma) paired *t* test kullanıldı. Normal dağılmayan niceliksel veriler median ve (min-max) olarak ifade edildi. Bu veriler gruplar arasında Mann-Whitney U ile karşılaştırıldı. Grup içi karşılaştırma wilcoxon ile yapıldı. Korelasyon analizi için spearman korelasyon testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık p<0.05 olarak kabul edildi. Spss 16.0 programı kullanıldı.

V. BULGULAR

A. HASTA ÖZELLİKLERİ VE GENEL VERİLER

Toplam 75 hasta çalışmaya dâhil edilme açısından incelendi, 50 hasta çalışmaya dâhil edildi ve 48 hasta çalışmayı eksiksiz veri ile tamamladı (Tablo 5). Hastaların demografik ve klinik özellikleri Tablo 6 ve Tablo 7’de belirtildi.

Tablo 5: Çalışmanın akışı tablosu



Tablo 6: Hastaların klinik ve demografik özellikleri

Değişkenler	Kontrol n=25	Çalışma n=23	p
Cinsiyet erkek	13 (%52)	8(%35)	0,230
Yaş (yıl)	45±12	40±13	0,889
Boy (cm)	164±6	164±7	0,407
Kilo (kg)	75±9	74±13	0,133
Tidal hacim / ideal kilo (ml/kg)	6,3±0,7	6,6±0,7	0,942
BMI (kg/m ²)	28±3,9	27,4±4,3	0,507
Anestezi süresi (dk)	102±33	88±25	0,093

Tablo 7: Hastaların klinik ve demografik özellikleri

ASA statüsü	
ASA I	13(%27,08)
ASAI	35(%72,9)
Ek hastalıklar	
Hipertansiyon	6 (%12,5)
Diyabet	4 (%8,3)
Hipotroidi	5 (%10,4)
Sigara içiciliği	19(%39)
Diğer endokrin hastalık	5 (%10,4)
Diğer	1 (%2,08)

B. BAZAL FRK VE STATİK KOMPLİYANS DEĞERLERİN BENZERLİĞİ

Entübasyon sonrasında T1 anında Çalışma ve Kontrol Grupları arasında FRK ve Statik Kompliyans değerleri arasında anlamlı fark gözlenmedi. FRK T1 [Grup Kontrol=1638(539-3297) ml , Grup Çalışma =1724 (753-2938) ml] için p değeri 0,642 saptanırken, Statik Kompliyans (Cs) T1 ((Grup Kontrol=59(23-94), Grup Çalışma=63(30-96))

için p değeri 0,151 olarak saptandı. Veriler median ve interquarter range ifade edildi Mann Whitney U ile karşılaştırıldı.

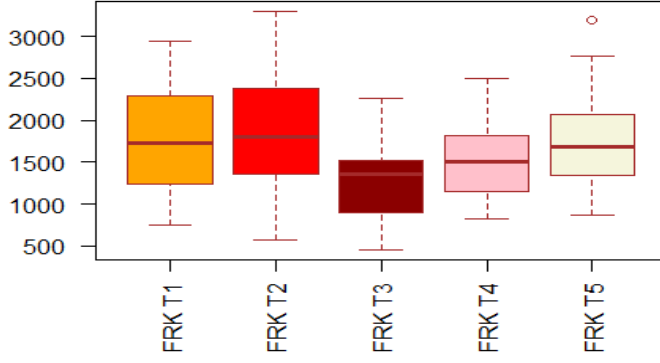
C. RECRUITMENT MANEVRASI SONRASI FRK VE STATİK KOMPLİYANS DEĞER VERİLERİ

Çalışma grubunda 1. Recruitment manevrası sonrası recruitment öncesi (T1) ve sonrası (T2) FRK da anlamlı farkı saptanmaz iken ($p=0,114$), Cs'de anlamlı fark saptandı($p=0,02$). Çalışma grubundaki hastalarda operasyon bitiminin öncesinde yapılan 2. Recruitment manevrası öncesi (T4) ve operasyon bitiminde (T5) alınan ölçümlerde FRK da ve Cs 'de anlamlı fark saptandı(sırasıyla $p =0,009^*$ ve $p=0,001^*$). Yapılan recruitment manevraları ile çalışma grubunda FRK ve statik kompiyans değerlerinin operasyon başında (T1) ve opeasyon sonunda (T5) anlamlı fark saptanmadı. (sırasıyla $p =0,058$ ve $p=0,077$) Çalışma grubu FRK değerleri, varyans analizi tablo 8 de gösterildi. Çalışma grubu FRK minimum, maximum ve medyan değer grafiği şekil 7 de ifade edilirken, çalışma grubu FRK değerleri zamansal karşılaştırması tablo 9' da gösterildi. Kontrol grubu FRK değerleri, varyans analizi tablo 10'da gösterildi. Kontrol grubu FRK minimum, maximum ve medyan değer grafiği şekil 8 de ifade edilirken, kontrol grubu FRK değerleri zamansal karşılaştırması tablo 11' da gösterildi.

Tablo 8: Çalışma grubunda FRK değerleri

FRK T1	FRK T2	FRK T3	FRK T4	FRK T5	p
1724(753-2938)	1808(577-3300)	1355(456-2261)	1513(832-2501)	1681(867-3194)	<0,001*

Veriler minimum, maximum ve median olarak ifade edildi ve Friedman testi ile karşılaştırıldı.



Şekil 7: Çalışma grubunda FRK değişim grafiği

Tablo 9: Çalışma grubu FRK değerleri zamansal karşılaştırması

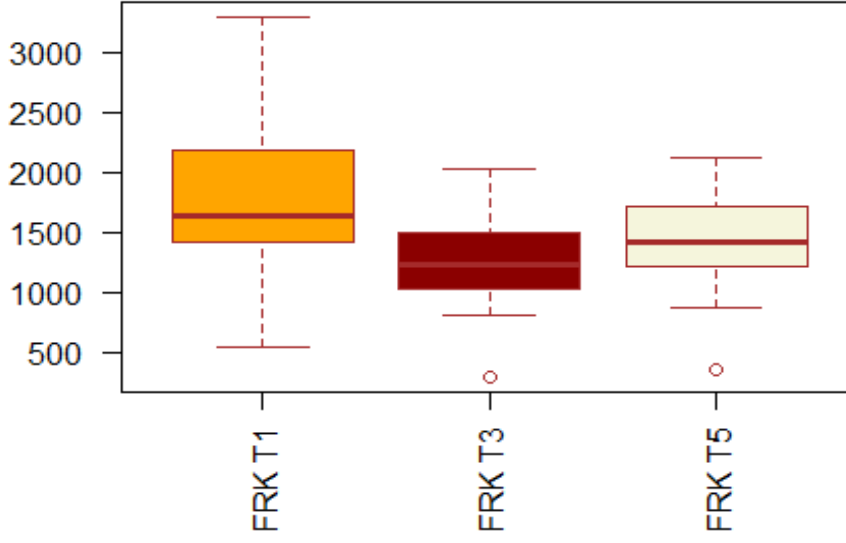
Grup	FRKT2	FRKT3	FRKT4	FRKT5
Çalışma				
FRKT1	p=0,114	p <0,001*	p=0,039*	p=0,584
FRKT2	---	p <0,001*	p=0,033*	p=0,181
FRKT3	---	---	p=0,004*	p <0,001*
FRKT4	---	---	---	p=0,009*
FRK T5	---	---	---	---

Grup içi karşılaştırma için Wilcoxon analizi kullanıldı.

Tablo 10: Kontrol grubunda FRK değerleri

FRK T1	FRK T3	FRK T5	P
1638(539-3297)	1233(292-2032)	1358(358-2117)	<0,001*

Veriler minimum, maximum ve median olarak ifade edildi ve Friedman testi ile karşılaştırıldı.



Şekil 8: Kontrol grubunda FRK değişim grafiği

Tablo 11: Kontrol grubu FRK değerleri zamansal karşılaştırması

Grup	FRK T3	FRK T5
Kontrol		
FRK T1	p <0,001*	p <0,001*
FRK T3	----	p=0,020*
FRK T5	---	----

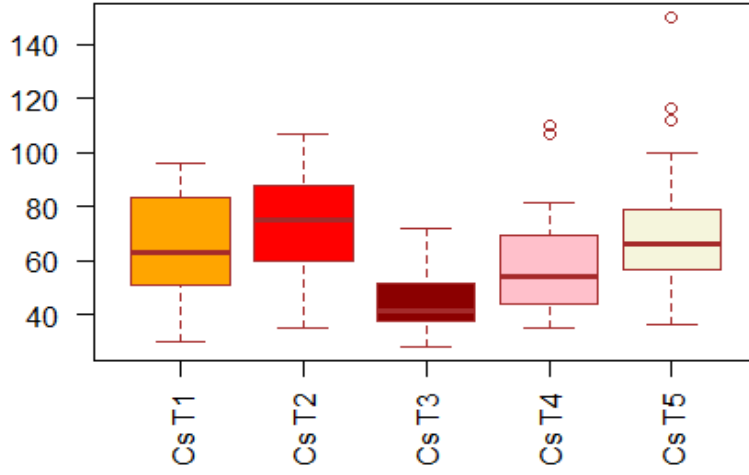
Grup içi karşılaştırma için Wilcoxon analizi kullanıldı.

Çalışma grubu Cs değerleri, varyans analizi tablo 12’de gösterildi. Çalışma grubu Cs minimum, maximum ve medyan değer grafiği şekil 9’ da ifade edilirken, çalışma grubu Cs değerleri zamansal karşılaştırması tablo 13’ da gösterildi. Kontrol grubu Cs değerleri, varyans analizi tablo 14’de gösterildi. Kontrol grubu Cs minimum, maximum ve medyan değer grafiği şekil 10 da ifade edilirken, kontrol grubu Cs değerleri zamansal karşılaştırması tablo 15’ de gösterildi.

Tablo 12: Çalışma grubunda Cs değerleri

Cs T1	Cs T2	Cs T3	Cs T4	Cs T5	p
63(30-96)	75(35-107)	41(28-72)	54 (35-110)	66(36-150)	<0,001*

Veriler minimum, maximum ve median olarak ifade edildi ve Friedman testi ile karşılaştırıldı.

**Şekil 9:** Çalışma grubunda Cs değişim grafiği**Tablo 13:** Çalışma grubu Cs değerleri zamansal karşılaştırması

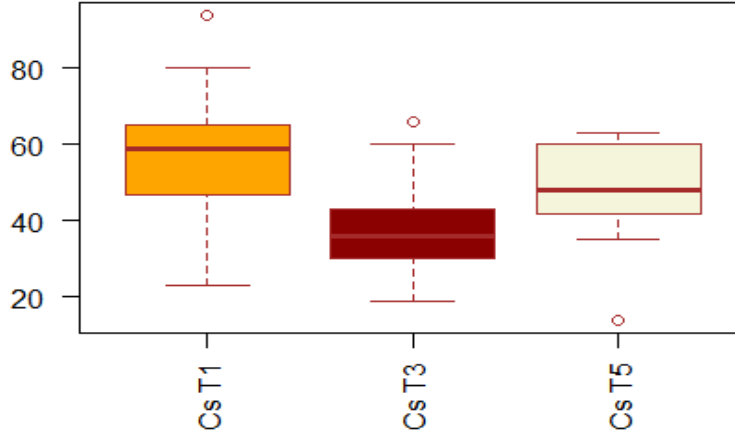
Grup	Cs T2	Cs T3	Cs T4	Cs T5
Çalışma				
Cs T1	p=0,002*	p <0,001*	p=0,111	p=0,077
Cs T2	---	p <0,001*	p=0,001*	p=0,506
Cs T3	---	---	p=0,001*	p <0,001*
Cs T4	---	---	---	p=0,001*
Cs T5	---	---	---	---

Grup içi karşılaştırma için Wilcoxon analizi kullanıldı.

Tablo 14: Kontrol grubunda Cs değerleri

Cs T1	Cs T3	Cs T5	p
59(23-94)	36(19-66)	48(14-63)	$p < 0,001^*$

Veriler minimum, maximum ve median olarak ifade edildi ve Friedman testi ile karşılaştırıldı.

**Şekil 10:** Kontrol grubunda Cs değişim grafiği**Tablo 15:** Kontrol grubu Cs değerleri zamansal karşılaştırması

Grup	Cs T3	Cs T5
Kontrol		
Cs T1	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$
Cs T3	---	$p < 0,001^*$
Cs T5	---	----

Grup içi karşılaştırma için Wilcoxon analizi kullanıldı.

Gruplar arasında pnömoperitoneum başladıktan sonra (T3) ölçülen FRK lar arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmazken ($p=0,910$), Cs leri arasında istatistiksel anlamlı fark saptandı($p=0,016$). Gruplar arasında operasyon bitişinde alınan (T5) FRK ve SC ölçümleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. ($p=0,049$ ve $p<0,001$)

Tablo 16: Gruplar arasında recruitment manevrası ve pnömoperitoneum ile FRK ve Cs değişimleri

	Grup kontrol	Grup çalışma	p değeri
FRK T1	1638 (539-3297)	1724 (753-2938)	0.642
FRK T2	--	1808 (577-3300)	--
FRK T3	1233 (292-2032)	1355 (456-2261)	0.910
FRK T4	--	1513 (832-2501)	--
FRK T5	1358 (358-2177)	1681 (867-3194)	0.049*
Cs T1	59 (23-94)	63 (30-96)	0.151
Cs T2	--	75 (35-107)	--
Cs T3	36 (19-66)	41 (28-72)	0.016*
Cs T4	--	54 (35-110)	--
Cs T5	48 (42-61)	66 (36-150)	<0.001*

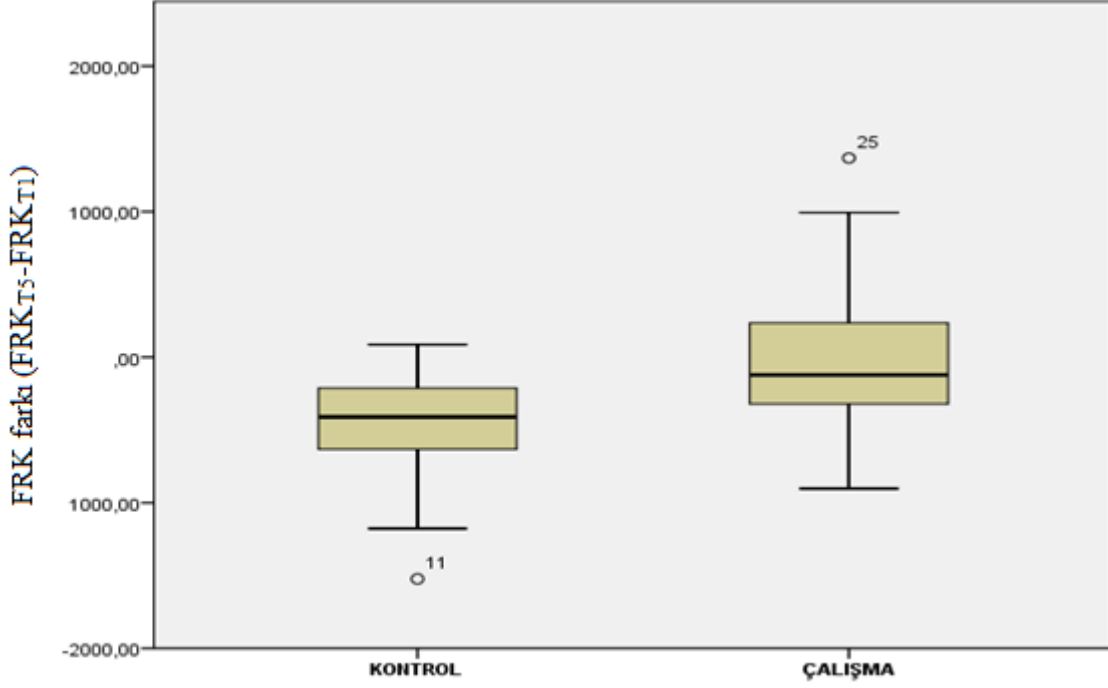
Veriler minimum, maximum ve median olarak ifade edildi ve Mann whitney u testi ile karşılaştırıldı.

Çalışmanın primer amacı olan operasyon bitişinde (T5) ve başında alınan (T1) FRK ve SC ölçümlerindeki değişim (FRK Δ ve SC Δ) (Grup P ve Grup R arasında kıyaslandığında; iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark saptandı. (Δ FRK T5-T1 p<0,001 ve Δ SC T5-T1 p<0,001). Tablo 10 da gruplar arasında FRK Δ ve Cs Δ değişimleri gösterilirken, Şekil 7 ve 8 de FRK Δ ve Cs Δ değişim miktarları box-pot grafikleri ile gösterildi.

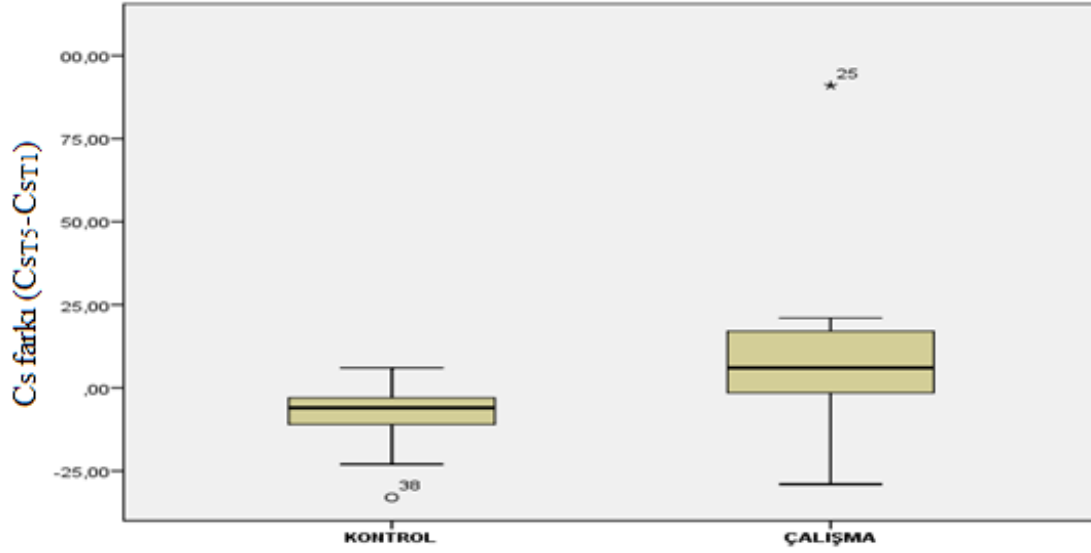
Tablo 17: Gruplar arasında recruitment manevrası ile FRK Δ ve Cs Δ değişimleri

	Kontrol	Çalışma	P
Δ FRK T5-T1	-411 (-632** -212)	-122(-321 ** 326)	<0,001*
Δ Cs T5-T1	-6 (-11 ** -3)	6 (-1.5** 17)	<0,001*

Veriler median ve interquarter range ifade edildi mann witney u ile karşılaştırıldı.



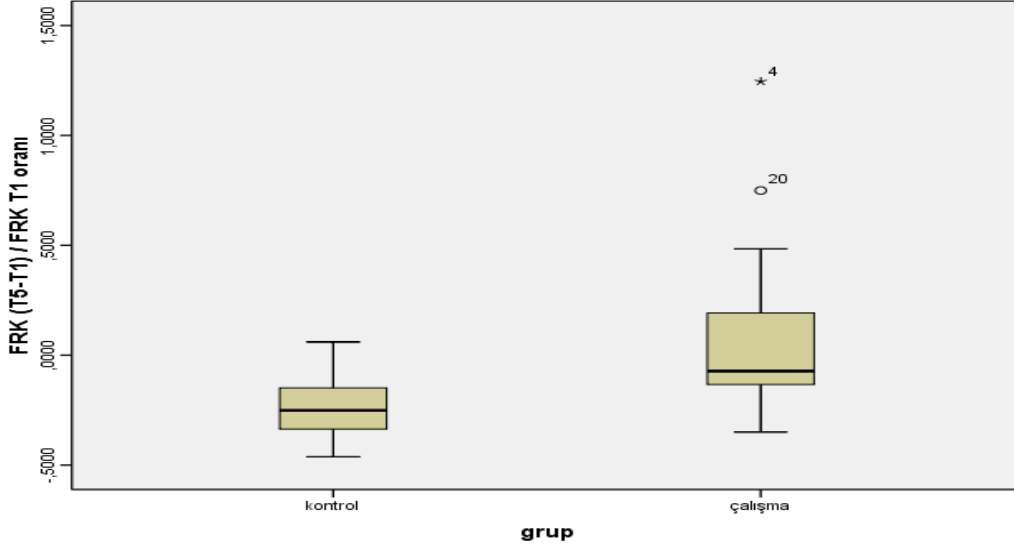
Şekil 11: Gruplar arası Δ FRK değişim miktarı karşılaştırması (T5-T1)



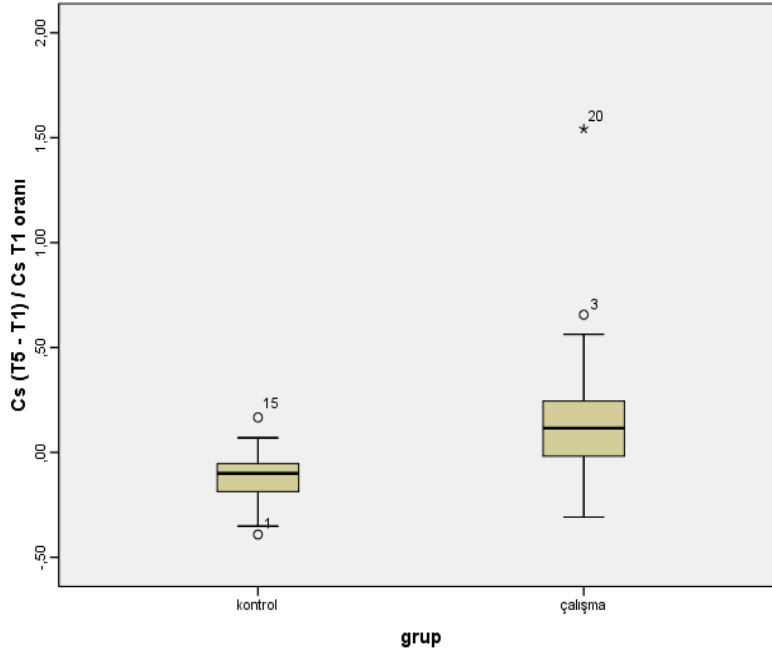
Şekil 12: Gruplar arası Δ Cs değişim karşılatırması (T5-T1)

Gruplar arasında FRK (T5-T1) farkının FRK T1' e oranı Mann Whitney U ile karşılaştırılsı gruplar arasında anlamlı fark saptandı. ($p < 0,001^*$) Gruplar arasında FRK (T5-T1) farkının

FRK T1' e oranı karşılaştırması grafiği Şekil 13 'te gösterildi. Gruplar arasında Cs (T5-T1) farkının, Cs T1' e oranı Mann Whitney U ile karşılaştırılsı gruplar arasında anlamlı fark saptandı. ($p < 0,001^*$). Gruplar arasında Cs (T5-T1) farkının, Cs T1' e oranı karşılaştırılması grafiği Şekil 14' te gösterildi.

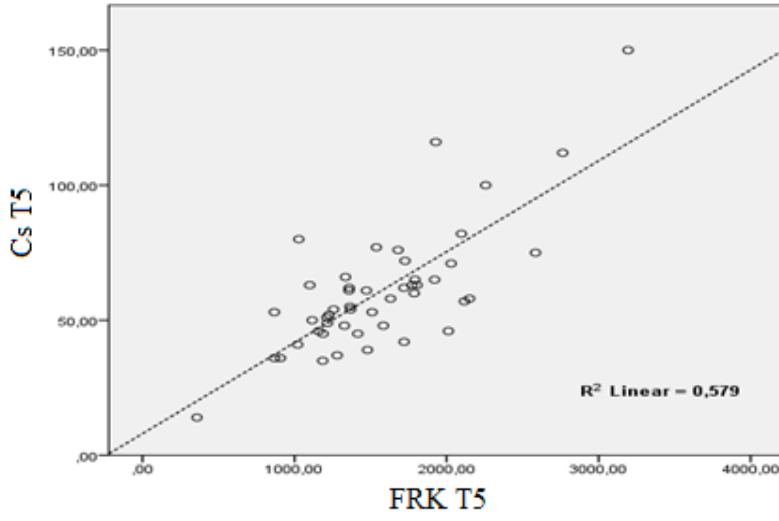


Şekil 13: Gruplar arasında FRK (T5-T1) farkının FRK T1' e oranı karşılaştırması ($p < 0,001^*$)

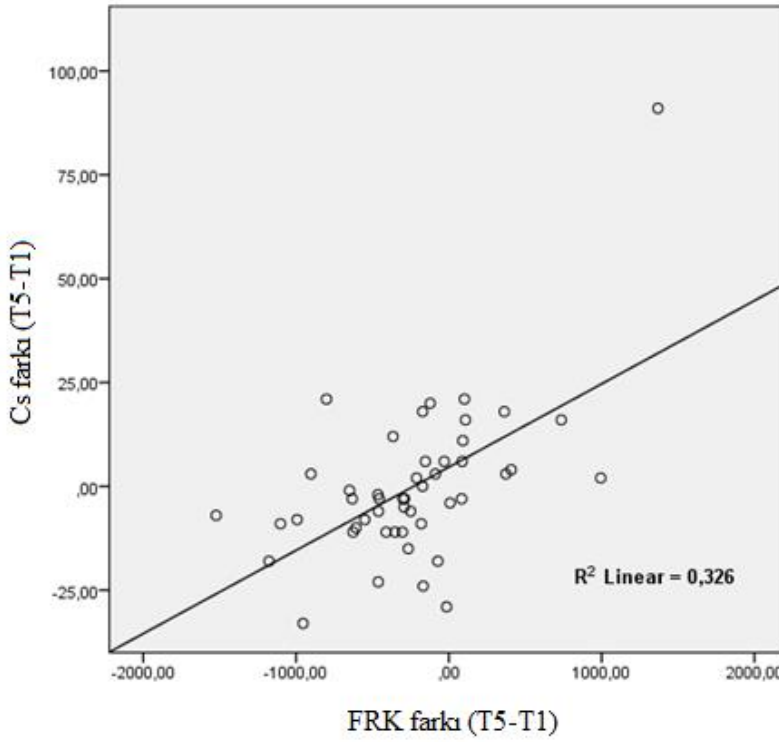


Şekil 14: Gruplar arasında Cs (T5-T1) farkının, Cs T1' e oranının karşılaştırılması ($p < 0,001^*$)

FRK ve statik kompiyans korelasyonu Şekil 15 ve Şekil-16' da gösterildi.



Şekil 15: Operasyon sonu (T5) Statik kompiyans ve FRK korelasyon grafiği ($p < 0,001$)



Şekil 16: FRK ve Cs değişimi korelasyon grafiği ($FRK\Delta$ ve $Cs\Delta$) ($p < 0,001$)

D. UYANMA ODASINDA ODA HAVASI TESTİ VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmanın sekonder amacı olan atelektaziye öngörebilmek amacıyla yapılan oda havası testinde; çalışma grubunda 2 hastada (%9) oda havası testi pozitif iken, kontrol grubunda 5 hastada (%20) hastada oda havası testi pozitif olarak saptandı. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmasa da ($p=0,268$) klinik olarak anlamlı bir fark yaratmaktadır.

Tablo 17: Oda havası testi verilerinin karşılaştırılması

	Kontrol grubu	Çalışma grubu	p
Room air test	5 hastada + (%20)	2 hastada + (%9)	0,268

Veriler Ki-kare testi ile karşılaştırıldı.

VI. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, genel anestezi altında laparoskopik kolesistektomi geçiren ve intraoperatif volüm kontrollü ventilasyon uygulanan ($FiO_2=40\%$ TV=6-8 ml/ideal kg, PEEP:5, İ:E: 1:2) hastalarda, recruitment manevrası yapılan ile yapılmayan gruplarda recruitment manevrası ve pnömoperitoneumun FRK, statik kompliyans ölçümleri ve oda havası testi üzerine etkileri karşılaştırıldı.

Anestezi altında düşen akciğer hacimleri, döngüsel veya sürekli hava yolu kapanmasına yol açar. FRK'daki düşüş ile birlikte hava yolları kapanır, alveoller kollabe olur ve atelektazi meydana gelir [5]. Akciğerleri açık tutabilmek için PEEP sıkça uygulanan basit bir tekniktir. PEEP'in büyüklüğüne bağlı olarak hava yolları tekrar açılabilir; ancak bu PEEP seviyesi kollabe olmuş alveolleri açmak için yeterli olmayabilir. PEEP akciğerin herhangi bir kısmında atelektazi meydana gelmeye başlamadan uygulandığında atelektazi oluşumunu engelleyebilir [24]. Normal kiloda ve anestezi altındaki hastalarda 6 cmH₂O PEEP alveolleri açık tutmak için yeterli olabilir[58]. Literatüre göre; 10 cmH₂O luk PEEP ile ise kollabe olmuş alveoller açılabilir [59]. Ancak 10 cmH₂O üzerindeki PEEP değerleri hemodinamide bozulma ile ilişkilidir.[60] Önemli olanın sirkülatuar ve recruitment özellikleri en ideal optimal ve bireysel PEEP'in belirlenmesi olduğu düşünülmektedir. Recruitment manevrası; 20 cm H₂O ile uygulandığında atelektazide azalma olmazken, 30 cm H₂O luk basınçta atelektazide %50 oranında azalma gözlenmiş ve 40cm H₂O luk bir basınçla atelektazilerin tamamına yakını açılabilirdiği gösterilmiştir [24]. Obez hastalarda daha yüksek basınçlara ihtiyaç duyulabilir. Örneğin; BMI>45 kg/m² olan hastalarda 55cm H₂O'luk 10 saniye süre ile recruitment manevrası başarı ile uygulanmıştır [61]. Recruitment manevrası sırasında absorpsiyon atelektazisini engellemek için kullanılan FiO_2 için yeterli sürede ve mümkün olan en düşük oksijen konsantrasyonunda gaz karışımı kullanımı düşünülebilir [24]. %100 FiO_2 ile yapılan recruitment manevrası sonrası atelektazi kısa süre sonra tekrar oluşmasına rağmen, %40 FiO_2 ile hava karışımı ile recruitment manevrası sonrası 40 dakika sonra başlangıçta mevcut olan atelektazinin sadece %20'sinin tekrar oluştuğu gösterilmiştir [62]. Benoit ve arkadaşları [63] 30 ekstremite cerrahisi geçiren hastada ekstübasyon öncesi %100 ve %40 FiO_2 ile recruitment manevrası uygulamıştır ve %40 FiO_2 ile recruitment uygulanan hastaların bilgisayar tomografisinde atelektazi miktarı anlamlı olarak düşük ve ekstübasyon sonrası PaO₂'lerinin anlamlı yüksek olduğu gösterilmiştir. Bu tez çalışmasında da %100 FiO_2 den kaçınılarak recruitment manevrası %60 FiO_2 ve 30 cmH₂O ile 15 saniye boyunca uygulandı.

Akciğeri açık tutma stratejileri için literatürde genel eğilim kollabe olan alveollerin açılması için daha yüksek basınçların uygulandığı recruitment manevrasını uygulayıp, açılan alveollerin yeniden kapanmasına engel olacak PEEP titrasyonunu gerçekleştirmektir. Ancak kısa süreli, intraabdominal basınç değişiminin intratorasik basınca yansıdığı laparoskopik kolesistektomi cerrahisinde sağlıklı akciğeri olan erişkinlerde PEEP titrasyonuna yoğun bakım hastalarında olduğu gibi yeterli zaman bulunamayabilir. Bu çalışmada bu sebeple PEEP titrasyonu yapılmadı.

Recruitment manevrası ve PEEP in kollabe alveolleri açmada faydalı etkileri olduğu bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR), elektrik impedans tomografi (EİT) gibi görüntüleme yöntemleri ile gösterilmiştir [54, 64]. Halter ve arkadaşları [65] intravital mikroskop kullanarak recruitment manevrasının olası faydalı etkilerini gösterirken, Rothen ve arkadaşları [66] atelektatik alanlar ve şant arasındaki bağlantıyı çoklu inert gaz tekniği kullanılarak ortaya koymuşlardır. BT X ışını içeriği ve yatak başı kullanıma uygun değilken elektrik impedans tomografi X ışını içermez yatak başı kullanılabilir ve gerçek zamanlı akciğerin fonksiyonel görüntülerini sağlamaktadır [21]. Fonksiyonel rezidüel kapasitenin nitrojen wash-in ve wash-out tekniği ile ölçümü yatak başında kullanılabilmekte mutlak veya recruitment manevrası ile değişen gaz hacminin hesabına izin vermektedir. Bu çalışmada hastaya zarar vermeyen, yatak başı ölçümü, basit kullanımı ve yoğun bakım ventilatörlerinde bulunduğu ekstra alet ve maliyet gereksinimi olmayan, henüz ameliyathanede yaygınlaşmamış, elektrik impedans tomografi kadar pahalı olamayan FRK ölçüm yöntemi olan nitrojen wash-in ve wash-out tekniği kullanıldı.

Malbouisson ve arkadaşları [67], alveoler recruitmentın hemodinamik bulgulara anlamlı değişiklik olmaksızın PaO_2/FiO_2 oranını anlamlı olarak iyileştirdiğini göstermiştir. Claxton ve arkadaşlarının [68] yaptığı çalışmada, tek başına 5 cmH₂O PEEP'in oksijenasyonda anlamlı bir değişiklik yaratmazken %100 FiO_2 ile 40 cmH₂O ile rekrute edilen ve 5 cmH₂O PEEP uygulanan hastalarda ilk 1 saatlik süreçte oksijenasyonda iyileşme gösterilmiştir. Tez çalışmamızdan farklı olarak bu çalışmalarda oksijenasyon değerlendirilken kompliyans ve FRK ölçümü yapılmamıştır. Dyhr ve arkadaşları [26] recruitment manevrası ile birlikte PEEP uygulmasının FRK ve PaO_2 sürdürülebilir şekilde arttırdığını göstermiştir.

Rothen ve arkadaşları tarafından [20] 40 cm H₂O ile recruitment manevrası uygulanmış ve 7-8 saniye sürenin BT de atelektazide azalma ile oksijenasyonda iyileşme için yeterli olduğu hemodinamik instabilite olmaksızın gösterilmiştir. Neumann ve arkadaşları [69],

recruitment manevrası sonrası PEEP uygulanmazsa dakikalar içinde atelektazinin tekrar geliştiğini göstermiştir; ayrıca çalışmalarında recruitment ve PEEP uygulanan hastalarda atelektazi daha az olmasına rağmen ZEEP ile PEEP uygulanan grupta genel anestezi ile statik kompliyans düşüşü aynı derecede gerçekleşmiştir. Neuman ve arkadaşlarının bu çalışmasında recruitment manevrası uygulanan hastalarda $<10\text{cm H}_2\text{O}$ PEEP'in hemodinamik ve hiperinflasyon nedeniyle düşünülebileceği dile getirilmiştir. Bu çalışmalarda yüksek tidal hacimler uygulanmış olması anestezi derinliği ve kas gevşemesi düzeyinin ölçülmemiş olması ve klinik parametrelerle izlenmesi, hastaların BT nedeniyle radyasyona maruz kalmış olması daha ileri tekniklerle çalışılmasını gerekli kılmıştır. Bizim çalışmamızda recruitment uygulanan grupta FRK ve statik kompliyans değerleri hastanın operasyona girişindeki gibi korunurken, recruitment uygulanmayan grupta bazale göre anlamlı düşüş görülmüştür.

Almarakbi ve arkadaşları [22], BMI>30 olan laparoskopik gastrik band ligasyonu yapılan 60 hastayı 4 gruba ayırdıkları çalışmada; aralıklı olarak recruitment manevrasının tekrarlandığı ve PEEP 10 cmH₂O olarak ayarlanan hastalarda statik kompliyans değerlerinde ve oksijenasyonda sürdürülebilir iyileşme ve erken taburculuk göstermişlerdir. Çalışmamızdan farklı olarak gruplar pnömoperitoneum sonrasında sınıflandırılmış ve recruitment manevrasını pnömoperitoneum sonrasında uygulamışlardır [22]. Literatürde de pnömoperitoneum öncesinde akciğerleri recuite ederek akciğerin volümünün iyileştirilmesi pnömoperitoneumun etkilerinin doğru bir şekilde izlenmesine izin verebileceği ve çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmiştir [11]. Bizim çalışmamızda pnömoperitoneumun etkisinin izlenebilmesi için bir grup hasta pnömoperitoneum öncesinde recuite edilirken, diğer gruba recruitment manevrası uygulanmadı. Pnömoperitoneum öncesinde uygulanan recruitment manevrası ile hastaların FRK değerlerinde anlamlı fark gözlenmemesine rağmen, hastaların statik kompliyansları arasında anlamlı fark saptanmıştır. Pnömoperitoneumun yarattığı kompresyon ile birlikte her iki grubun FRK değerleri arasında fark gözlenmemesi, recruitment manevrası ile açılan alveollerin tekrar kollabe olmaması için pnömoperitoneum sırasında 5 PEEP' in yeterli olmadığını düşündürmektedir. Pnömoperitoneum sonrası FRK'da fark görülmemesine rağmen pnömoperitoneum sonrası statik kompliyans değerlerinin recruitment yapılan hastalarda daha iyi saptanması recruitment ile bir miktar fayda sağlandığı; ancak pnömoperitoneum ile alveollerin tekrar komprese olduğu, açılan alveollerin tekrar kapanmasını önleyebilmek adına pnömoperitoneum ile birlikte hasta hemodinamik olarak stabilse PEEP artışı düşünülebileceğini göstermiştir. Literatürde pnömoperitoneum ile kompliyans değerinde %40 civarında bir azalma belirtilmiştir ve recruitment uygulanmayan

grupta literatürle benzer şekilde %38,9 statik kompliance'da düşüş gözlemlenirken, recruitment uygulanan grupta %24,07'lik bir compliance azalması görülmüştür.

Bu tez çalışmasında prospektif ve alternating treatment (değişen girişim) olarak planlanan, genel anestezi altında laparoskopik kolesistektomi geçiren sağlıklı akciğeri olan hastalarda intraoperatif volüm kontrollü koruyucu ventilasyon uygulamasında, hastalar iki gruba intraoperatif recruitment manevrası+ 5 PEEP ve sadece 5 PEEP olacak şekilde ayrıldı. Recruitment manevrası uygulanan hastaların FRK ve statik compliancelarının daha iyi korunabileceği sonucuna varıldı. Ayrıca recruitment manevrası uygulanan hastalarda oda havası testi ile bakılan atelektazi ihtimali, istatistiksel olarak anlamlı olmasa bile klinik olarak anlamlı şekilde düşük bulundu.

Oda havası testi postoperatif atelektaziyi öngörmede sensitivitesi %82,6 spesifitesi %87,8 saptanan basit hasta başında uygulanabilen non invaziv bir testtir [23]. Çalışmanın ikincil amacı olan atelektaziyi öngörebilmek amacıyla yapılan oda havası testinde; çalışma grubunda 2 hastada (%9) oda havası testi pozitif iken, kontrol grubunda 5 hastada (%20) hastada oda havası testi pozitif olarak saptandı. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmasa da ($p=0,268$) klinik olarak anlamlı bir fark yaratmaktadır. Çalışmamızın ikincil çıktısı olan oda havası testinde istatistiksel anlamlı fark saptanması için daha fazla hasta sayısına ihtiyaç duyulabilir.

Recruitment manevrasının ne zaman, nasıl ve ne şekilde uygulanacağı ile ilgili literatürdeki kısıtlılıklar göz önüne alındığında, bizim çalışmamızda öncelikle sağlıklı akciğerler üzerinde çalışılarak hastaya zarar verebilecek hiçbir invaziv prosedür uygulanmaksızın rutin yatakbaşı izleminde kolaylıkla uygulanabilecek teknikler kullanılması, ilerleyen süreçte yoğun bakımda olduğu gibi anestezi ventilatörlerinde FRK ölçümü eklenmesi, anestezi altında da daha ideal akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin gelişiminde rol oynayacaktır.

Bu çalışmanın çeşitli sınırlılıkları mevcuttur. Hastaların preoperatif dönemde bazal FRK değerlerinin bilinmesi ve operasyon sonrasında da bu FRK değerlerinin ölçülebilmesi atelektatik koşulların daha iyi ortaya koyacaktır. Recruitment manevrasının PEEP olmaksızın literatürde etkilerinin geçici olduğu bildirilmekle beraber kısa süreli cerrahi olması sebebiyle bu etkileri inceleyebilecek kadar çok ölçüm alınma imkanı olmamıştır. Daha uzun cerrahi pnömoperitoneum gerektiren vakalarda çalışılarak farklı sonuçlara ulaşılabilir. Bu çalışmada hastaların post operatif pulmoner komplikasyonları incelenmedi. Eğer bu etkiler

ilerleyen çalışmalarda incelenirse; atelettazinin hastaların kliniğine olan etkileri daha ideal olarak değeriendirilebilecektir.



VII. SONUÇ

Alveoler rekrutment manevrası anestezi için post-operatif oksijenasyonu iyileştirmede ve atelektaziye azaltmada önemli bir adjuvan olabilir. Anestezi uygulanmış hastalar için alveoler rekrutment manevrasının rutin kullanımı yüksek kanıt düzeyindeki çalışmalarla desteklenmemekte ve bu nedenle rutin kullanımı önerilmemektedir. Anestezi altındaki hastalarda alveoler rekrutment manevrasının gerçek faydalarını, kullanılması gereken durumları tanımlayacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın sonucunda; laparoskopik cerrahi prosedürlerinde sağlıklı akciğerlerde alveoler rekrutment manevrasının pnömoperitoneum sonrasında uygulanması daha iyi fonksiyonel rezidüel kapasite, daha iyi statik kompliyans sağlarken klinik olarak daha az atelektazi ile sonuçlanacaktır.



VIII. KAYNAKÇA

1. Villar, J., et al., *The ALIEN study: incidence and outcome of acute respiratory distress syndrome in the era of lung protective ventilation*. Intensive care medicine, 2011. **37**(12): p. 1932-1941.
2. Goldenberg, N.M., et al., *Lung-protective ventilation in the operating room: time to implement?* Survey of Anesthesiology, 2015. **59**(2): p. 72-73.
3. Hopkins, E. and S. Sharma, *Physiology, Functional Residual Capacity*. 2019.
4. Wahba, R., *Perioperative functional residual capacity*. Canadian Journal of Anaesthesia, 1991. **38**(3): p. 384-400.
5. Hedenstierna, G. and H.U. Rothen, *Respiratory function during anesthesia: effects on gas exchange*. Comprehensive Physiology, 2011. **2**(1): p. 69-96.
6. Van Kaam, A.H., et al., *Reducing atelectasis attenuates bacterial growth and translocation in experimental pneumonia*. American journal of respiratory and critical care medicine, 2004. **169**(9): p. 1046-1053.
7. Don, H., *The mechanical properties of the respiratory system during anesthesia*. International anesthesiology clinics, 1977. **15**(2): p. 113-136.
8. Tokics, L., et al., *V/Q distribution and correlation to atelectasis in anesthetized paralyzed humans*. Journal of applied physiology, 1996. **81**(4): p. 1822-1833.
9. Lengyel, B.I., et al., *Laparoscopic cholecystectomy: What is the price of conversion?* Surgery, 2012. **152**(2): p. 173-178.
10. Hayden, P. and S. Cowman, *Anaesthesia for laparoscopic surgery*. Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain, 2011. **11**(5): p. 177-180.
11. Valenza, F., et al., *Management of mechanical ventilation during laparoscopic surgery*. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2010. **24**(2): p. 227-241.
12. Silva, P.L., D. Negrini, and P.R.M. Rocco, *Mechanisms of ventilator-induced lung injury in healthy lungs*. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2015. **29**(3): p. 301-313.
13. Zoremba, M., et al., *The influence of perioperative oxygen concentration on postoperative lung function in moderately obese adults*. European Journal of Anaesthesiology (EJA), 2010. **27**(6): p. 501-507.
14. Dreyfuss, D., et al., *High inflation pressure pulmonary edema: respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure*. American Review of Respiratory Disease, 1988. **137**(5): p. 1159-1164.

15. Network, A.R.D.S., *Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome*. New England Journal of Medicine, 2000. **342**(18): p. 1301-1308.
16. Amato, M.B., et al., *Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome*. New England Journal of Medicine, 2015. **372**(8): p. 747-755.
17. Meininger, D., et al., *Positive end-expiratory pressure improves arterial oxygenation during prolonged pneumoperitoneum*. Acta anaesthesiologica scandinavica, 2005. **49**(6): p. 778-783.
18. Whalen, F.X., et al., *The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery*. Anesthesia & Analgesia, 2006. **102**(1): p. 298-305.
19. Bendixen, H., H. Whyte, and M. Laver, *Impaired oxygenation in surgical patients during general anesthesia with controlled ventilation: a concept of atelectasis*. New England Journal of Medicine, 1963. **269**(19): p. 991-996.
20. Rothen, H., et al., *Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia*. British journal of anaesthesia, 1999. **82**(4): p. 551-556.
21. Tusman, G. and S.H. Böhm, *Prevention and reversal of lung collapse during the intra-operative period*. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2010. **24**(2): p. 183-197.
22. Almarakbi, W., H. Fawzi, and J. Alhashemi, *Effects of four intraoperative ventilatory strategies on respiratory compliance and gas exchange during laparoscopic gastric banding in obese patients*. British journal of anaesthesia, 2009. **102**(6): p. 862-868.
23. Ferrando, C., et al., *The accuracy of postoperative, non-invasive Air-Test to diagnose atelectasis in healthy patients after surgery: a prospective, diagnostic pilot study*. BMJ open, 2017. **7**(5): p. e015560.
24. Hedenstierna, G. and L. Edmark, *Effects of anesthesia on the respiratory system*. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2015. **29**(3): p. 273-284.
25. Gunnarsson, L., et al., *Influence of age on atelectasis formation and gas exchange impairment during general anaesthesia*. BJA: British Journal of Anaesthesia, 1991. **66**(4): p. 423-432.
26. Dyhr, T., et al., *Both lung recruitment maneuver and PEEP are needed to increase oxygenation and lung volume after cardiac surgery*. Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 2004. **48**(2): p. 187-197.
27. Acosta, P., E. Santisbon, and J. Varon, *The use of positive end-expiratory pressure in mechanical ventilation*. Critical care clinics, 2007. **23**(2): p. 251-261.
28. Laffey, J.G., et al., *Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: the LUNG SAFE study*. Intensive care medicine, 2016. **42**(12): p. 1865-1876.

29. Broccard, A.F., *Respiratory acidosis and acute respiratory distress syndrome: time to trade in a bull market?* Critical care medicine, 2006. **34**(1): p. 229-231.
30. Neto, A.S., et al., *Lung-protective ventilation with low tidal volumes and the occurrence of pulmonary complications in patients without acute respiratory distress syndrome: a systematic review and individual patient data analysis.* Critical care medicine, 2015. **43**(10): p. 2155-2163.
31. Rotta, A.T. and D.M. Steinhorn, *Conventional mechanical ventilation in pediatrics.* J Pediatr (Rio J), 2007. **83**(2 Suppl): p. S100-108.
32. Grinnan, D.C. and J.D. Truwit, *Clinical review: respiratory mechanics in spontaneous and assisted ventilation.* Critical Care, 2005. **9**(5): p. 472.
33. Behrakis, P.K., et al., *Lung mechanics in sitting and horizontal body positions.* Chest, 1983. **83**(4): p. 643-646.
34. Bersten, A., *A simple bedside approach to measurement of respiratory mechanics in critically ill patients.* Critical Care and Resuscitation, 1999. **1**(1): p. 74.
35. Desai, J.P. and F. Moustarah, *Pulmonary Compliance*, in StatPearls [Internet]. 2019, StatPearls Publishing.
36. Lutfi, M.F., *The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements.* Multidisciplinary respiratory medicine, 2017. **12**(1): p. 3.
37. Lumb, A.B., *Nunn's applied respiratory physiology eBook.* 2016: Elsevier Health Sciences.
38. Fletcher, R., et al., *The concept of deadspace with special reference to the single breath test for carbon dioxide.* British journal of anaesthesia, 1981. **53**(1): p. 77-88.
39. Butterworth, J.F., D.C. Mackey, and J.D. Wasnick, *Morgan and Mikhail's clinical anesthesiology.* 2018: McGraw-Hill Education.
40. West, J.B., *Blood flow and metabolism*, in *Respiratory Physiology the essentials.* 2012: China. p. 36-55.
41. Lister, D.R., et al., *Carbon dioxide absorption is not linearly related to intraperitoneal carbon dioxide insufflation pressure in pigs.* Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists, 1994. **80**(1): p. 129-136.
42. Rademaker, B., et al., *Haemodynamic effects of pneumoperitoneum for laparoscopic surgery: a comparison of CO₂ with N₂O insufflation.* European journal of anaesthesiology, 1994. **11**(4): p. 301-306.
43. Leonard, I.E. and A.J. Cunningham, *Anaesthetic considerations for laparoscopic cholecystectomy.* Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2002. **16**(1): p. 1-20.
44. Cunningham, A.J. and S.J. Brull, *Laparoscopic cholecystectomy: anesthetic implications.* Anesthesia and analgesia, 1993. **76**(5): p. 1120-1133.

45. Kamine, T.H., E. Papavassiliou, and B.E. Schneider, *Effect of abdominal insufflation for laparoscopy on intracranial pressure*. JAMA surgery, 2014. **149**(4): p. 380-382.
46. O'Malley, C. and A.J. Cunningham, *Physiologic changes during laparoscopy*. Anesthesiology Clinics of North America, 2001. **19**(1): p. 1-19.
47. O'leary, E., et al., *Laparoscopic cholecystectomy: haemodynamic and neuroendocrine responses after pneumoperitoneum and changes in position*. British journal of anaesthesia, 1996. **76**(5): p. 640-644.
48. Atkinson, T.M., et al., *Cardiovascular and ventilatory consequences of laparoscopic surgery*. Circulation, 2017. **135**(7): p. 700-710.
49. Hirvonen, E., L. Nuutinen, and O. Vuolteenaho, *Hormonal responses and cardiac filling pressures in head-up or head-down position and pneumoperitoneum in patients undergoing operative laparoscopy*. British journal of anaesthesia, 1997. **78**(2): p. 128-133.
50. Midgley, S. and D.A. Tolley, *Anaesthesia for laparoscopic surgery in urology*. eau-ebu update series, 2006. **4**(6): p. 241-245.
51. Neudecker, J., et al., *The European Association for Endoscopic Surgery clinical practice guideline on the pneumoperitoneum for laparoscopic surgery*. Surgical endoscopy, 2002. **16**(7): p. 1121-1143.
52. Chassard, D., et al., *The effects of neuromuscular block on peak airway pressure and abdominal elastance during pneumoperitoneum*. Anesthesia & Analgesia, 1996. **82**(3): p. 525-527.
53. Oikkonen, M. and M. Tallgren, *Changes in respiratory compliance at laparoscopy: measurements using side stream spirometry*. Canadian journal of anaesthesia, 1995. **42**(6): p. 495.
54. Rothen, H., et al., *Re-expansion of atelectasis during general anaesthesia: a computed tomography study*. BJA: British Journal of Anaesthesia, 1993. **71**(6): p. 788-795.
55. Futier, E., et al., *Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy*. Anesthesiology, 2010. **113**(6): p. 1310-1319.
56. Ghazal, S.N., *Valsalva maneuver in echocardiography*. Journal of echocardiography, 2017. **15**(1): p. 1-5.
57. Salihoglu, Z., S. Demiroglu, and Y. Dikmen, *Respiratory mechanics in morbid obese patients with chronic obstructive pulmonary disease and hypertension during pneumoperitoneum*. European journal of anaesthesiology, 2003. **20**(8): p. 658-661.
58. Hedenstierna, G. and G. McCarthy, *Airway closure and closing pressure during mechanical ventilation*. Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 1980. **24**(4): p. 299-304.

59. Brismar, B., et al., *Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation—a proposal of atelectasis*. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 1985. **62**(4): p. 422-428.
60. Investigators, P.N., *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): p. 495-503.
61. Reinius, H., et al., *Prevention of Atelectasis in Morbidly Obese Patients during General Anesthesia and Paralysis A Computerized Tomography Study*. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 2009. **111**(5): p. 979-987.
62. Rothen, H.U., et al., *Influence of gas composition on recurrence of atelectasis after a reexpansion maneuver during general anesthesia*. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 1995. **82**(4): p. 832-842.
63. Benoît, Z., et al., *The effect of increased FIO₂ before tracheal extubation on postoperative atelectasis*. *Anesthesia & Analgesia*, 2002. **95**(6): p. 1777-1781.
64. Erlandsson, K., et al., *Positive end-expiratory pressure optimization using electric impedance tomography in morbidly obese patients during laparoscopic gastric bypass surgery*. *Acta anaesthesiologica scandinavica*, 2006. **50**(7): p. 833-839.
65. Halter, J.M., et al., *Positive end-expiratory pressure after a recruitment maneuver prevents both alveolar collapse and recruitment/derecruitment*. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 2003. **167**(12): p. 1620-1626.
66. Rothen, H., et al., *Airway closure, atelectasis and gas exchange during general anaesthesia*. *British journal of anaesthesia*, 1998. **81**(5): p. 681-686.
67. Malbouisson, L., et al., *Hemodynamic impact of alveolar recruitment maneuver in patients evolving with cardiogenic shock in the immediate postoperative period of myocardial revascularization*. *Revista brasileira de anestesiologia*, 2008. **58**(2): p. 112-123.
68. Claxton, B., et al., *Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation after cardiopulmonary bypass*. *Anaesthesia*, 2003. **58**(2): p. 111-116.
69. Neumann, P., et al., *Positive end-expiratory pressure prevents atelectasis during general anaesthesia even in the presence of a high inspired oxygen concentration*. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 1999. **43**(3): p. 295-301.

IX. EK-1: HASTA TAKİP FORMU ÖRNEĞİ

CİNSİYET		SİĞARA	
YAŞ		EK HASTALIK	
BOY/KİLO		ANESTEZİ SÜRESİ	
ASA SKORU		OPERASYON SÜRESİ	

[illegible]

X. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Elif Aygün
Doğum Tarihi	27.07.1989
Doğum Yeri	Altındağ/ANKARA
Medeni Durum	Evli
Adres	Mevlanakapı mah. Necef sokak saklıbahçe evleri no:18 B blok daire:6 Fatih/İstanbul
Telefon	05356350695
e-posta	dr.elifozlu@gmail.com

Eğitim Durumu

1995 – 2003 Ağa Ceylan İlköğretim Okulu (Ankara)

2003 – 2007 Ankara Atatürk Anadolu Lisesi (Ankara)

2008 – 20014 Ankara Üniversitesi Ankara Tıp Fakültesi (Ankara)

Çalıştığı Kurumlar

2014 Zonguldak Alaplı Devlet Hastanesi Acil Servis – Pratisyen Hekim

2015-2016Ankara Dışkapı Eğitim ve Araştırma Hastanesi- Asistan Hekim

2016-2020 İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi – Asistan Hekim

SCI, SCIE Kapsamındaki Uluslararası Dergilerde Yayımlanmış Makaleler

1- Orhan-Sungur M, Altun D, Özkan-Seyhan .T, **Aygün E**, Koltka K, Çamcı E, Learning curve of ultrasound measurement of subglottic diameter for endotracheal tube selection in pediatric patients. Pediatric Anesthesia, 2019. **29**(12): p. 1194-1200.

2- Ali A, Abdullah T, Orhan-Sungur M, Orhun G, **Aygun E**, Aygun E, Sabanci PA, Aras Y, Akinci IO. Transpulmonary thermodilution monitoring-guided hemodynamic management improves cognitive function in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a prospective cohort comparison. Acta Neurochir (Wien). 2019;161(7):1317-1324.

SCI, SCIE Kapsamı dışındaki Ulusal Dergilerde Yayımlanmış Makaleler

1-Altuntaş G, Akkaya Ö.T,Özkan D,Sayın M.M, Balas Ş,**Özlü E**, Comparison of intraabdominal and trocar site local anaesthetic infiltration on postoperative analgesia after laparoscopic cholecystectomy. Turkish journal of anaesthesiology and reanimation, 2016. **44(6)**: p. 306.

2-Polat R, Yorulmazlar B, **Özlü E**, Ergin C, Ergil J, Arıkök A.T, Skin Reaction After Diltiazem Hydrochloride Use in Intensive Care Unit: Case Report.Türkiye Klinikleri J Anest Reanim. 2017;15(1):31-4.

Ulusal Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1-Şalvız E.A, Sivriköz N,Güzel M, **Aygün E**,Kulaksız B, Altınöz E, Ak E, Akalın B.E, Bilateral Redüksiyon Mamoplasti Cerrahisinde Ultrason eşliğinde torakal paravertebral ve erektör spina plan bloklarının dermatomal duyu blokaj dağılımı ve analjezik etkinlikleri:Olgu sunumu TARK 2019 (7-10 Kasım) Antalya (Sözlü sunu)

2- Altun D, Orhan-Sungur M, Özkan-Seyhan T, **Aygün E**, Çamcı E, Learning Curve of Ultrasound in Pediatric Airway Assessment by CUSUM Analysis of Anesthesiology Residents TARK 2017 (25-29 Ekim) Antalya (Purshke poster sunumu)

3- Gezer A, **Özlü E**, Sayın M.M, Ergil J, Tetanoz, Nadir Ancak Fatal Bir Yoğun Bakım Olgusu Tark 2015, (Poster no: P-649)

Uluslararası Sınavlar

EDAIC Part One Examination, 2019. Scores: Paper A: %72.67, Paper B: %70