

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANA BİLİM DALI

TRENDELENBURG POZİSYONUNDA
UYGULANAN ROBOTİK CERRAHİLERDE AKCİĞER
KORUYUCU MEKANİK VENTİLASYONUN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

UZMANLIK TEZİ

Dr. ESİN TEKİN

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. NURDAN BEDİRLİ

ANKARA
KASIM 2023

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANA BİLİM DALI

TRENDELENBURG POZİSYONUNDA
UYGULANAN ROBOTİK CERRAHİLERDE AKCİĞER
KORUYUCU MEKANİK VENTİLASYONUN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

UZMANLIK TEZİ

Dr. ESİN TEKİN

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. NURDAN BEDİRLİ

ANKARA
09.11.2023

ONAY SAYFASI

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Tez Sınav Tutanağı

Adı ve Soyadı	Esin Tekin
Baba Adı	[REDACTED]
Doğum Yeri/Tarihi	[REDACTED]
Diploma Tarihi/Diploma No	[REDACTED]
Mezun Olduğu Fakülte	[REDACTED] Üniversitesi Tıp Fakültesi
İhtisas Yaptığı Anabilim Dalı/Bilim Dalı	Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD.
İhtisas Süresi	Yıl: 5
Sınav Yapılmasını İsteyen Makam	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı

Uzmanlık Tezinin Adı: "Trendelenburg pozisyonunda uygulanan robotik cerrahilerde akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun etkilerinin araştırılması"

JÜRİ KARARI:

09.11.2023 tarihinde saat 11⁰⁰ de toplanan Sınav Jürisi adayın yapmış olduğu "Trendelenburg pozisyonunda uygulanan robotik cerrahilerde akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun etkilerinin araştırılması" isimli uzmanlık tezi başarılı bulunmuştur ve uzmanlık sınavına girmeye hak kazanmıştır.

JÜRİ ÜYELERİ

BASKAN

Prof. Dr. [REDACTED]
Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD. Başkanı

ÜYE

[REDACTED]
Anesteziyoloji ve Reanimasyon

ÜYE

[REDACTED]
Anesteziyoloji ve Reanimasyon
A.D. Öğretim Üyesi

TEŞEKKÜR

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilimdalı'nda Tıpta Uzmanlık Tezi olarak hazırlanan bu çalışma [REDACTED] [REDACTED] dan oluşan jürinin huzurunda 09.11.2023 tarihinde oybirliği ile başarılı bulunmuştur. Yaptıkları değerli eleştiriler ve katkıları için jüri üyesi hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Uzmanlık eğitimimin başından sonuna kadar pozitif yaklaşımıyla desteğini her zaman hissettiğim, benden yardım ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, yoluma ışık tutan, her zaman kendime örnek aldığım, birlikte çalışmaktan bir ömür boyu gurur duyacağım tez danışmanım [REDACTED] en derin teşekkürlerimi sunuyorum.

Üzerimdeki akademik katkılarının ve emeğinin yanısıra beni tüm asistanlık eğitimim boyunca her anlamda destekleyen Erasmus Programları da dahil tüm yurt dışı programlarıyla yeni klinikler görmemi sağlayan kıymetli hocam [REDACTED] [REDACTED] e ne kadar teşekkür edersem az kalacağının farkındayım...

Hayatımın her alanında yanımda hissettiğim merhum babam [REDACTED] [REDACTED] e atfettiğim bu tezde teşekkürün en büyüğünü beni her zaman koşulsuz destekleyen kıymetli anneme ediyorum. Varlığıyla güvende hissettiğim ve her sıkıntıda yanımda olan abim [REDACTED] tüm hayatım boyunca neşesi, bilgisi ve hayat görüşüyle beni bir an olsun yalnız bırakmayan ablam [REDACTED] doğduğu gündendir elimi bırakmayan kardeşim [REDACTED] sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
ŞEKİLLER ve RESİMLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XI
1-GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Pelvik Taban Cerrahileri	7
2.1.1. Pelvik Taban Cerrahi Çeşitleri	8
2.1.2. Pelvik Taban Cerrahilerinde Trendelenburg Pozisyonu	9
2.1.2.1. Sistemik Etkileri	12
2.1.3. İntraabdominal Basıncı	14
2.1.3.1. Sistemik etkileri	15
2.1.4. Genel Anestezi	21
2.1.4.1. İnhaler Anestezikler	21
2.1.4.1.1. Solunum Sistemine Etkileri.....	24
2.1.4.1.2. Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri	25
2.2. Robotik Cerrahi	25
2.2.1. Robot Yardımlı Laparoskopik Cerrahinin Avantajları ve Dezavantajları	27
2.2.2. Robotik Cerrahinin Kullanım Alanları	28
2.2.3. Robot Yardımlı Kolorektal cerrahi	30
2.2.3.1. Robotik Rektal Ventral Meş Cerrahisi.....	31

2.2.4. Robot Yardımlı Laparoskopik Radikal Prostatektomi.....	31
2.2.4.1.Cerrahi İşlem	32
2.2.5. Fizyolojik Değişiklikler.....	34
2.2.6. Anestezi Yönetimi.....	37
2.2.7. Pnömooperitonyum	39
2.2.7.1. Pnömooperitoneumun Kardiyovasküler ve Hemodinamik etkileri.....	39
2.2.7.2. Pnömooperitoneumun Solunumsal Etkileri	41
2.2.7.3. Diğer Sistemler Üzerine Etkileri	44
2.2.7.4. Gaz İnsüflasyonunun Etkileri	45
2.2.8. Aşırı Trendelenburg Pozisyon	46
2.3. Solunum Sistem Mekanikleri.....	46
2.3.1. Akciğerlerdeki Havanın Hareketini Sağlayan Basınçlar	50
2.3.2. Plevral Basınç ve Solunum Hareketleri Sırasındaki Değişiklikler	51
2.3.3. Alveoler Basınç	51
2.3.4 Transpulmoner Basınç	52
2.3.5. Havayolu Tepe Basıncı.....	53
2.3.6. Havayolu Plato Basıncı.....	54
2.3.7. Stres ve Strain.....	58
2.3.8. Kompliyans ve Elastans.....	60
2.3.9. Mekanik Power.....	61
2.3.10. Havayolu Rezistansı	62
2.3.11. Fonksiyonel Rezidüel Kapasite	63
2.4. Konvansiyonel Mekanik Ventilasyon	64
2.5. Akciğer Koruyucu Mekanik Ventilasyon	67
2.5.1. Düşük Tidal Volüm Ventilasyonu.....	69

2.5.2. PEEP Uygulaması.....	70
2.5.3. Sürücü Basıncı.....	72
2.5.4. Rekrütment Manevrası	74
3-GEREÇ VE YÖNTEM	79
4-BULGULAR	82
5-TARTIŞMA.....	85
6-SONUÇLAR.....	131
7-KAYNAKLAR.....	134
8-ÖZET.....	160
9-SUMMARY.....	162
10-ETİK KURUL ONAYI.....	164
11-ÖZGEÇMİŞ	166

SİMGELER VE KISALTMALAR

ALI	: Akut Akciğer Hasarı (akut lung injury)
ARDS	: Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu
BMI	: Vücut kitle indeksi
CO	: Kardiyak Debi
CO₂	: Karbondioksit
CPAP	: Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı
C_{rs}	: Solunum Sistemi Kompliyansı
C_s	: Statik Kompliyans
DP	: Sürüş Basıncı (Driving Pressure)
Dv/V0	: Volüm Değişiminin Dinlenme Volümüne Oranı
ETT	: Endotrakeal Entübasyon
FI	: İnspire Edilen Gaz Karışımındaki Anestezik Yoğunluğu
FA	: Alveoler Anestezik Yoğunluğu
FA/FI	: alveoler gaz konsantrasyonunun inspire edilen gaz konsantrasyonuna oranını
FRK	: Fonsiyonel rezidüel kapasite
GİB	: Göz İçi Basıncı
İON	: İskemik Optik Nöropati
İV	: İntravasküler
İVA	: İdeal Vücut Ağırlığı
İAB	: İntraabdominal Basıncı
İKB	: İntrakraniyel Basıncı
KAH	: Kalp Atım Hızı
KB	: Kan Basıncı
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
MAK	: Minimum Alveolar Konsantrasyon
MP	: Mekanik Power
MV	: Mekanik Ventilasyon
OAB	: Ortalama Arteriyel Basıncı
OPB	: Oküler Perfüzyon Basıncı
PaCO₂	: Parsiyel Arteriyel Karbondioksit Basıncı
PEEP	: Pozitif Ekspiryum Sonu Basıncı
P_{peak}	: Peak Basıncı
P_{plato}	: Plato Basıncı
R	: Havayolu Rezistansı
RM	: Rekrütment Manevrası
rSO₂	: Bölgesel O ₂ Satürasyonu
SIMV	: Aralıklı Zorunlu Ventilasyon
SpO₂	: Oksijen Saturasyonu
SV	: Strok Volüm
SVB	: Santral Venöz Basıncı
SVR	: Sistemik Vasküler Rezistans
TVA	: Total Vücut Ağırlığı

VILI	: Ventilatör İlişkili Akciğer Hasarı (ventilator-induced lung injury)
VD	: Venöz Dönüş
VMR	: Ventral Meş Rektapeksi
V/Q	: Ventilasyon perfüzyon oranı
VT	: Tidal Volüm
WSACS	: Dünya Abdominal Kompartman Sendromu Birliği (World Society of the Abdominal Compartment Syndrome)



ŞEKİLLER ve RESİMLER DİZİNİ

Şekil 1. İzole Akciğerlerin Basınç-Hacim Eğrileri

Şekil 2. Peak ve Plato Basınç Zaman Eğrisi

Şekil 3. Yüksek Peak ve Normal Plato Basıncına Ait Grafik

Şekil 4. Yüksek Peak ve Yüksek Plato Basınçlarına Ait Grafik

Şekil 5.: Akciğerdeki Mikro- Strain ve Stres-Strain Eğrisi Arasındaki İlişki

Şekil 6. Akciğer Volümleri ve Kapasiteleri

Şekil 7. Recruitment Manevrası

Şekil 8. Çalışmada değerlendirilen veriler

Şekil 9: Çalışmaya dahil edilen hasta grupları ve sayıları

Resim 1: Friedrich Trendelenburg

Resim 2a: Trendelenburg pozisyonu

Resim 2b: İntraoperatif Trendelenburg pozisyonu

Resim 3: Robotik cerrahi sırasında pnömoperitonyum

Resim 4: İAB artışı sonrası diyaframın sefale doğru yer değiştirmesi

Resim 5A: Normal akciğerler

Resim 5B: Atelektazi sonrası gelişen inflamasyon

Resim 6a- b- c- d: Da Vinci cerrahi sistemi

Resim 7a- b: Drager Perseus A500 cihazındaki RM

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Trendelenburg Pozisyonunun Olumsuz Etkileri

Tablo 2. Kardiyovasküler Sistemdeki Fizyolojik Yanıt

Tablo 3. MAK'ı Azaltan Faktörler

Tablo 4. MAK'ı Artıran Faktörler

Tablo 5. MAK'ı Değiştirmeyen Faktörler

Tablo 6. Pnömoreitoneumun Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri

Tablo 7. Pnömoreitoneumun Solunumsal Etkileri

Tablo 8. Pnömoreitonyum'un Böbrekler Üzerine Etkisi

Tablo 9. Solunum Monitörizasyonunun Amaçları

Tablo 10. RM Kontrendikasyonları

Tablo 11. Demografik veriler

Tablo 12. İntraoperatif ortalama kan basıncı

Tablo 13. İntraoperatif endtidal karbondioksit

Tablo 14. Postoperatif akciğer komplikasyonları

1-GİRİŞ

Robot yardımcı laparoskopik prostatektomi, sistektomi, kolon ve rektum cerrahisi konvansiyonel laparoskopik cerrahiye kıyasla sağladığı teknik üstünlükler; açık cerrahiye kıyasla kan kaybının, postoperatif ağrının ve hastanede kalış süresinin az olması nedeni ile tercih edilen cerrahi yaklaşımlardır[1]. Robotik cerrahi yönteminin operasyon süreci boyunca hem hasta için hem de cerrah için sağladığı birçok avantaj bulunmaktadır. Operasyon gerçekleştirirken geleneksel yöntem olan açık cerrahilerde olduğu gibi büyük kesilere ihtiyaç duyulmamakta ve böylece hastanın iyileşme süreci çok daha kısa olmaktadır. Kesi bölgesinin küçük olmasının estetiğinin yanı sıra bir diğer avantajı ise enfeksiyon riskinin çok daha düşük olmasıdır. Operasyonun gerçekleşmesini sağlayan robotik kollar 720 derece ile dönebilmekte ve asla titreme yapmamaktadır. Bu özelliği sayesinde operasyonu gerçekleştiren cerrah istediği her açıdan, milimetrik operasyonları bile el titremesi riski olmadan rahatça gerçekleştirebilmektedir. Görüntü sağlayan kameralar üç boyutlu bir görüntü oluşturdıkları için derinlik algısı oluşmaktadır. Böylece aşırı hassasiyet gerektiren en zor operasyonlar bile oldukça rahat bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Damar ve sinirler yüksek çözünürlüğe sahip görüntü sistemi sayesinde oldukça detaylı bir şekilde görüntülenmektedir. Bu da operasyon sırasında bu yapıların zarar görme riskini oldukça azaltmaktadır. Operasyonu gerçekleştiren cerrah için en önemli avantajı cerrahın oturarak çalışmasıdır. Böylece daha az yorulmaktadır. Özellikle uzun süren operasyonlarda daha az yorulan cerrahın stres seviyesi daha düşük olmakta bu da konsantrasyonun bozulmasını engellemekte ve daha iyi bir şekilde odaklanmasını sağlamaktadır[1].

Bu cerrahi yaklaşımlar genel anestezi, CO₂ insüflasyonu ile pnömoperitonyum oluşturulması ve Trendelenburg pozisyonu gerektirmektedir[1, 2].Bu gereklilik; cerraha uygun pozisyon sağlayarak cerrahinin kısa sürede minimum komplikasyonla tamamlanmasını sağlamak ve aynı zamanda cerrahi görüşü optimize ederek postoperatif komplikasyonları da önlemeye yöneliktir. Bu üç durumun bir arada olması hastaların perioperatif dönemdeki hemodinamik ve solunumsal fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir[2].

Genel anestezi indüksiyonu ve nöromüküler bloker ilaç kullanımı ile hastada bilinç kaybı gelişmekte ve spontan solunum sonlanmaktadır[3]. İnhalasyon ajanlarının ise solunum sistemine en önemli etkileri tidal volümü azaltarak solunumu baskılamalarıdır. Azalan alveoler ventilasyon solunum sayısı artışı ile kompanse edilmeye çalışılır[4]. Anestezi indüksiyonu sırasında, volatil anesteziklerin inhalasyonu havayolu irritasyonuna neden olabilmekte ve öksürük, laringospazm, bronkospazma neden olabilmektedir[5]. Bu durum tek başına bile ventilasyon perfüzyon uyumsuzluğu ve gaz değişiminde bozulma ile sonuçlanan akciğer hacimlerinde azalma ve atelektaziye neden olmaktadır[2]. Buna ek olarak pelvik alanda cerrahi görüşün sağlanması ve robotik el aletlerinin güvenle kullanılabilmesi için hastanın Trendelenburg pozisyonuna alınması ve batına CO₂ insüflasyonu ile pnömoperitonyum oluşturulması gerekmektedir. Bu durum genel anestezi ile birleştiğinde hemodinamik ve solunumsal parametrelerde değişiklikler daha şiddetli ve tedaviye dirençli olabilmektedir.

Pnömoperitonyum direkt intraabdominal basınç artışının etkisi ve hiperkarbi yoluyla kardiyak debiyi etkilemektedir[6]. Artan intraabdominal

basıncın venöz direnci ve ortalama arteriyel basıncı etkileyebileceği gösterilmiştir. Hiperkarbiye bağılı olarak da miyokardiyal depresyon ve vazodilatasyon gelişebilmektedir[3, 6]. Pnömoreitonyumun klinik etkilerin ortaya çıkmasında hastanın intraabdominal basınç düzeyi, intravasküler hacmi ve pozisyonu etkili olmaktadır[2, 3, 6].

Artmış intraabdominal basınç ve Trendelenburg pozisyonunda yapılan cerrahide solunum sistemi en çok etkilenen sistemdir. Pnömoreitonyum mekanik etkiler ile karın içi basınçta artışa ve diyaframda yükselmeye neden olmaktadır[6]. Diyaframın yükselmesiyle intraabdominal organlar toraksa doğru yer değiştirmekte ve intratorasik basınç artmaktadır. Bu durumda kompliyans azalır, alveoller kollabe olur, inspiratuar tepe basıncı ve solunum işi artar[7]. Bunlara ek olarak pnömoreitonyum oluşturmak üzere insüfle edilen CO₂'nin sistemik emilimi ile hiperkapni ve asidoz gelişir. Artan intrabdominal basınç ve Trendelenburg pozisyonu, diyaframı sefale doğru iterek akciğer kompliyansında ve fonksiyonel rezidüel kapasitede (FRK) azalmaya, plato basınçlarında artmaya neden olmaktadır. Trendelenburg pozisyonuna ek olarak pnömoreitonyum ile daha çok artan intraabdominal basınç, etkisi toraksa aktarılmaktadır. Bu basınç, diyaframı yukarı doğru iterek intratorasik basınç artışına neden olur. Akciğerlere uygulanan basınç, göğüs kafesinin ve akciğerlerin ekspansiyonunu kısıtlar. Ekspiryum sonu alveol basıncı, alveolün açıklığını devam ettirmek için yetersiz kalıp, atelektaziler oluşabilir. Genel olarak atelektazinin üç temel fizyolojik nedeni vardır. Bunlar akciğer dokusunun sıkışması, alveolar havanın emilimi ve yüzey aktif madde fonksiyonunun bozulmasıdır. İntraabdominal basınç artışı ile oluşan kompresyon

atelektazi, alveolü açık tutan transmural basınç, alveolün çökmesine izin verecek bir seviyeye indiğinde meydana gelmektedir[8].

Anestezi indüksiyonu, entübasyon, Trendelenburg pozisyon, artmış intraabdominal basınç, akciğerlerdeki atelektazik alanları artırarak gaz değişimine aktif olarak katılan alveol sayının azalmasına neden olur[9]. İntraoperatif ventilasyon sorunları hastada oksijenasyon yetersizliği ve hiperkarbiye neden olur. İntraoperatif dönemde atelektaziye bağlı ventile olan alveol sayısı azaldığı için solunuma katılan alveollerin yeterli oksijenasyonu sağlanabilmesi amacıyla yüksek tidal hacimler ve frekans ile ventilasyonu gerekebilir[10]. Bu yaklaşım sonucunda alveol içi basınç artarak alveollerde barotravma ve volütravma oluşabilir ve postoperatif dönemde akciğer komplikasyonlarında azalmaya neden olarak hastada morbidite ve mortalite artışı ile sonuçlanabilir[7, 9, 10].

Perioperatif hemodinamik ve solunumsal stabilite sağlanabilmesi için robot yardımlı cerrahi geçiren Trendelenburg pozisyonundaki hastalarda intraoperatif uygulanan mekanik ventilasyon yöntemi çok önem taşımaktadır. Son yıllarda akciğer koruyucu mekanik ventilasyon yaklaşımının kullanılmasını önermektedir.

Perioperatif dönemdeki en önemli kısım postoperatif morbiditeyi azaltmaktır. Postoperatif komplikasyon görülen robotik cerrahi hastalarında hastane yatışı uzar, sıklıkla fonksiyonel bağımsızlık ve uzun süreli sağ kalımları azalır. Cerrahi işlem ve genel anestezi sonrası oluşan pulmoner komplikasyonlar, postoperatif morbidite ve mortalitenin önemli bir nedeni olup, hastane bakımında artan maliyetlerle ilişkilidir [11]. Genel anestezi sırasında mekanik ventilasyon ile gerekli gaz değişimi sağlanır. Mekanik ventilasyonun başlangıcında sağlıklı

akciğerleri olan hastalarda uygunsuz ventilatör ayarları, akut akciğer hasarını (akut lung injury, ALI) başlatabilir ve oluşan akut akciğer hasarı ventilatör ilişkili akciğer hasarı (ventilator-induced lung injury, VILI) olarak adlandırılır [11, 12]. Yüksek bir tidal hacim (VT; 10-15 mL/kg ideal vücut ağırlığına; İVA göre) uygulanmasının daha iyi gaz değişimi ve intraoperatif akciğer mekaniğini koruyabileceği bilindiğinden, intraoperatif ventilasyon için geleneksel olarak tavsiye edilir. Ancak bununla birlikte, deneysel ve klinik çalışmalardan elde edilen kanıtlar, mekanik ventilasyonda özellikle yüksek VT'nin alveolar aşırı gerilmeye ve organ hasarına neden olabileceğini göstermektedir[13]. ARDS olan hastalarda sıklıkla uygulanan düşük VT ventilasyonu, ameliyathanede genel anestezi uygulanan hastalarda giderek artan sıklıkla kullanılmaktadır[11]. Akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejisi, rekrutment manevraları olsun veya olmasın, PEEP ile düşük VT'nin (4-8 ml/kg total vücut ağırlığına göre) kullanımını ifade eder [14]. Bu stratejilerin temel amacı akciğerde barotravma ve volütravmayı önleyecek düşük VT uygulayarak alveoler gerginliği azaltmak, alveollerde her solukla tekrarlayan kapanıp açılmalar ile oluşan travmayı önlemek için bu açılıp kapanmaları PEEP ile azaltmak ve oksijen toksisitesinden korumaktır[15].

Akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejileri ilk olarak yoğun bakımlarda ARDS nedeni ile takip edilen hastaların mekanik ventilasyonunda uygulanmış ve geliştirilmiş bir yaklaşımdır[7, 9]. Temel olarak hastaların düşük tidal hacim ile düşük intraalveolar basınç oluşturacak şekilde ventile edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Günümüzde sağlıklı akciğere sahip olan hastalara genel anestezi uygulamaları sırasında da akciğer koruyucu mekanik ventilasyon

stratejileri ile ventilasyon önerilmektedir. Bu yaklaşım özellikle derin Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitonyuma bağlı atelektazik alanları olan, havalandırılan alveol sayısının azalan, cerrahi travmanın yarattığı metabolik ve endokrin değişiklikler nedeniyle oksijen ihtiyacı artan hastalar için önem taşımaktadır.

Akciğer koruyucu ventilasyon pozitif ekspiratuar basınç (PEEP), uygun tidal hacim ve plato basınçlarının hasta bazlı uygulanması ile yeterli oksijenasyonun sağlanmasından oluşmaktadır[10]. İntraoperatif ventilasyon stratejilerinin postoperatif pulmoner komplikasyonları önlediğine dair yapılan meta analizler sonrası optimal kombinasyonlar uygulanmıştır[9, 10, 16]. Yapılan çalışmalar akciğer koruyucu mekanik ventilasyon tekniklerinin düşük akciğer kompliyansı olan olgularda hipoksemiye azaltmak ve ventilasyonu optimize etmek için güçlü bir araç olduğu gösterilmiştir[9, 10, 16, 17]. Temel hedef optimal oksijenasyon ve CO₂ atılımı sağlarken ventile olan akciğerlerin zorlanmadan ventilasyonun sağlanması ve alveolar hasarın engellenmesidir[16]. Bu amaçla akciğerlerde ventilasyona katılan alveol sayısını arttırmaya yönelik açma manevraları (rekrutment manevraları) uygulanmaktadır[7, 9]. Rekrutment manevraları kısa süreli yüksek pozitif ekspiratuar sonu basınç uygulanarak yapılmaktadır. İntraoperatif RM kullanımına ilişkin genel kabul görmüş bir fikir birliği olmamasına rağmen, iyi bilinen bir dizi temel ilke ve yönelim noktası belirlemek mümkündür[18]. Atektatik akciğer dokusu için, 10-15 sn boyunca devam eden 30-40 cm H₂O basınçla rekrutment manevraları uygulanmaktadır. Bu manevralar sırasında hastanın akciğer kompliyansı, havayolu basınçları (plato

basıncı ve sürücü basınç) monitörize edilmektedir[6, 7, 9]. Hava yolu sürücü basıncı (driving pressure; DP), fizyolojik bir parametre olup, P_{plato} ve PEEP arasındaki farktan hesaplanır ve her solukta akciğer parankiminin maruz kaldığı straini (zorlanma) yansıtır[19]. Bu uygulamaların yapılabilmesi için ileri teknoloji anestezi iş makineleri gerekmektedir ki kliniğimizin tüm ameliyat odalarında bu teknoloji bulunmaktadır. Bahsedilen uygulamalar kliniğimizde rutin olarak uygulanmaktadır.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışma, Trendelenburg pozisyonunda robotik destekli cerrahi uygulanan hastalarda intraoperatif mekanik ventilasyon yönetiminde hastaya uygulanan tidal hacim, frekans ve rekrutment manevralarının kan basıncı, nabız, oksijen saturasyonu, havayolu basınçları ve kompliyansa olan etkilerinin araştırılması amacı ile planlandı.

Trendelenburg pozisyonunda robotik destekli cerrahi uygulanan hastalarda, postoperatif dönemde derlenme odasında gelişen solunumsal komplikasyonlarına (Ekstübasyon süresinde uzama, tekrar entübasyon ihtiyacı, atelektazi, akciğer enfeksiyonu, pnömotoraks) olan etkilerinin araştırılması ise sekonder amaç olarak planlandı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Pelvik Taban Cerrahileri

Klinik olarak, pelvik boşluk ön, arka ve orta bölümlere ayrılmaktadır. Ön bölümde paravisseral yağ doku, arka bölümde perirektal dokular, orta bölümde

uterosakral bağlar yer almaktadır. Bu üç bölümde de sinir-damar paketleri yer almaktadır. Pelvik bağ dokusunun ana hatlarıyla belirtilen alt bölümü erkeklerde ve kadınlarda aynıyken; kadınlarda uterus, mesane ve rektum arasına girer ve pelvik peritonu ikiye böler, böylece erkek ve kadın pelvik kavite arasındaki tek gerçek farkı oluşturur[20].

Pelvik taban ise mesaneyi, üreme organlarını ve rektumu desteklemek için bir askı görevi gören kaslar, bağlar ve fasyalardan oluşur[21]. Fonksiyon olarak; alt üriner sistem fonksiyonlarından, idrarın depolanması ve işeme, dışkılamadan ve cinsel işlevden; erkekte fonksiyon, ejakulasyon ve kadınlarda cinsel duyum ve uyarılmadan sorumludur[20, 22, 23]. Multiparte, yaşlanma, gebelik, obezite, menopoz, bağ dokusu bozuklukları, sigara, kronik obstrüktif akciğer hastalığı ve kronik olarak yüksek karın içi basıncı gibi nedenlerle, pelvik taban destek mekanizması zayıfladığında veya yaralandığında, pelvik organ prolapsusu, dizüri, istemsiz dışkılama ve cinsel işlev bozukluğu ile kendini gösterir[24-29]. Bu nedenle, pelvik taban ürolojik, gastrointestinal, obstetrik, jinekolojik ve kas-iskelet sistem hastalıkları dahil olmak üzere çok çeşitli fonksiyon ve patolojilerde rol oynar.

Pelvik taban patolojilerinin birçok organ kaynaklı nedeni olabildiği için tedavisinde de birçok seçenek mevcuttur. Hastaya ait özellikler ve patolojinin cinsine göre fizyoterapi, medikal tedavi veya cerrahi tedavi yapılabilir.

2.1.1. Pelvik Taban Cerrahi Çeşitleri

Jinekoloji: Ön vajinal duvar, arka vajinal duvar, serviks, uterus gibi yapıların sarkması ile oluşan pelvik organ prolapsusu ve kanser cerrahileri

yapılabilir. Olası nedenler, pelvik fasya ve/veya pelvik ligamentteki bir eksiklik veya pelvik organları destekleyen bağ veya pelvik taban kaslarındaki zayıflıklardır[24, 30-33].

Üroloji: Üriner inkontinans, çok çeşitli, her yaştan kadını etkileyebilen yaygın bir durumdur. Nadiren hayatı tehdit edici olsada, etkilenen bireylerin fiziksel, psikolojik ve sosyal refahını ciddi şekilde etkileyebilir. Semptomlar devam ettiğinde, cerrahi endikedir[34]. Prostat ve mesane kanser cerrahileri de yapılmaktadır.

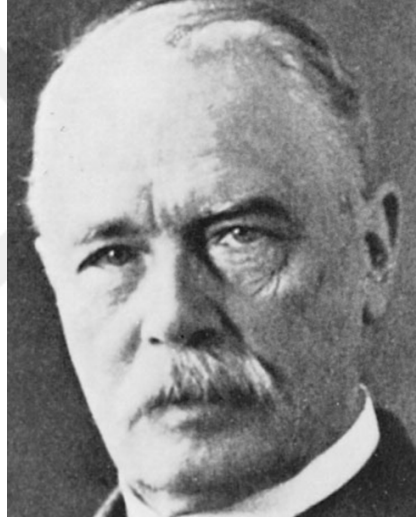
Genel cerrahi: Rektal prolapsus; ağrı, tam dışkılayamama, kanlı akıntı ve dışkı inkontinansı veya kabızlık gibi bir dizi semptomla ilişkilidir. Rektal prolapsusu tedavi etmek için birden fazla cerrahi seçenek vardır[35]. Rektal prolapsusun yanı sıra, kolorektal kanser cerrahileri de yapılmaktadır.

Bu cerrahi işlemler laparatomik, laparoskopik veya robot yardımlı yapılabilmektedirler. Laparoskopik veya robotik cerrahiler trendelenburg pozisyonunda, pnömoperitonyum sağlanarak, genel anestezi altında yapılmaktadır.

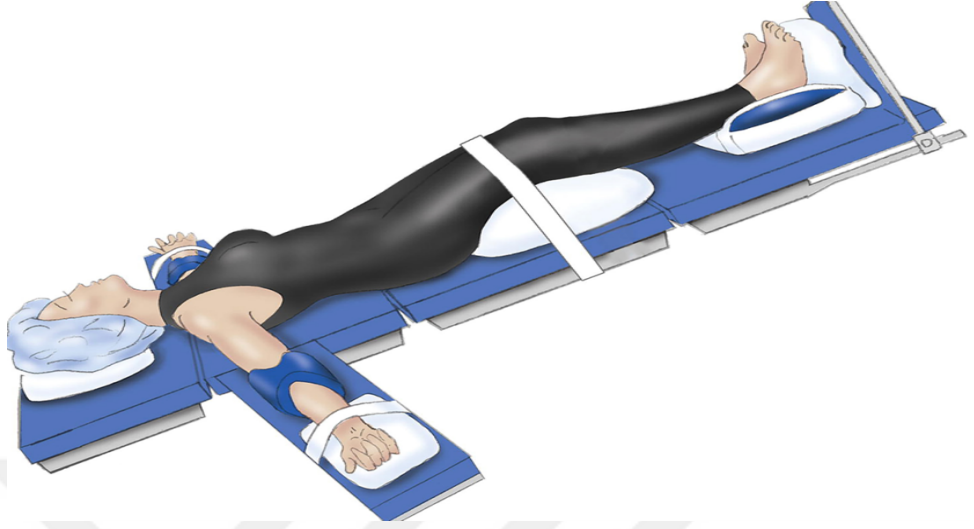
2.1.2. Pelvik Taban Cerrahilerinde Trendelenburg Pozisyonu

İlk olarak cerrah Friedrich Trendelenburg (1844-1924) (Resim1.) tarafından kullanılan bu pozisyonun amacı, cerrahi prosedürü uygulanabilir hale getirirken hastayı olası komplikasyonlara karşı korumak, fizyolojik değişiklikleri en aza indirmektir[36]. Trendelenburg pozisyonu hastanın supin pozisyonunda baş aşağıda yattığı, sıklıkla aşağı kayma hareketine engel olmak amacıyla dizlerin fleksiyona getirildiği pozisyonudur (Resim 2a- 2b.). Sağladığı avantajların yanı sıra Trendelenburg pozisyonu çeşitli kardiyovasküler, respiratuvar ve nörofizyolojik

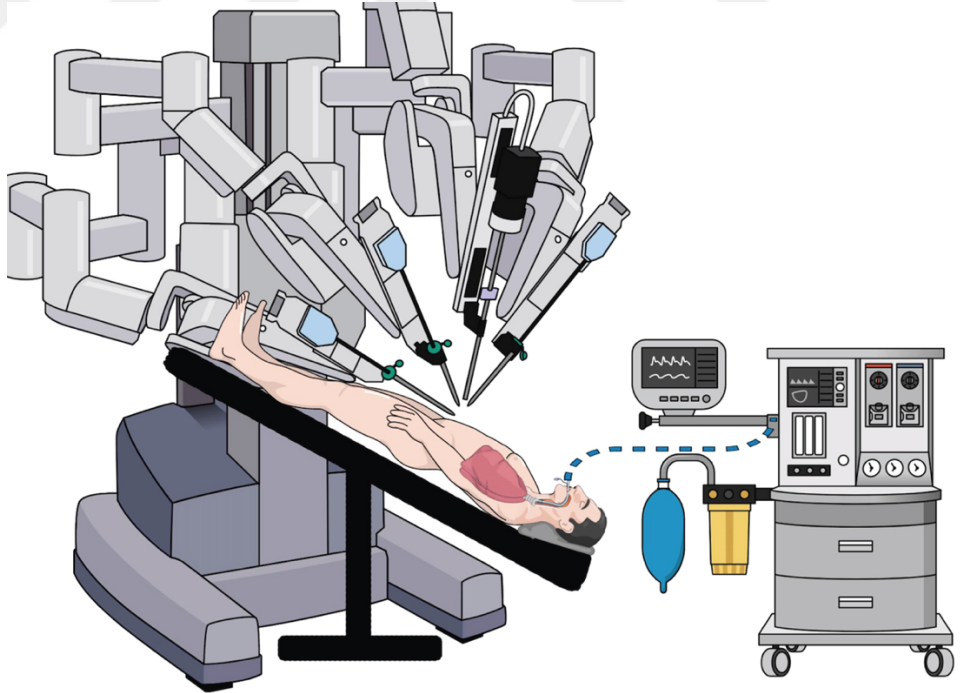
değişikliklere sebep olmaktadır[37]. Bunlar; göz içi basıncı ve kafa içi basıncında artış, eşlik eden kardiyovasküler hastalığı olanlarda kardiyak fonksiyonda belirgin bozulmaya neden olan hemodinamik değişikliklerdir. Uzamış dik Trendelenburg pozisyonuna bağlı olarak yüz, konjonktiva, dil ve vokal kordlarda belirgin ödem gözlenebilmektedir[38]. Buna ek olarak literatürde hastanın uzun süreli dik trendelenburg pozisyonunda kalması sonrasında tekrar mekanik ventilasyon gerektiren larenks ödemi görüldüğü bildirilmiştir[39].



Resim 1.: Friedrich Trendelenburg[40] (Photo from Meade RH. Introduction to the history of general surgery Philadelphia: WB Saunders; 1968)



Resim 2a: Trendelenburg pozisyonu[41] (Photo from <https://stormanesthesia.com/anesthesia-material/care-plans/positioning/122-trendelenburg-x>)



Resim 2b.: İntraoperatif Trendelenburg pozisyonu[42] (Photo from <https://www.bjanaesthesia.org.uk/article/S0007-0912%2823%2900374-4/fulltext>)

2.1.2.1. Sistemik Etkileri

Kardiyovasküler ve pulmoner sistem üzerindeki etkileri, Trendelenburg pozisyonuna geçişten en kısa sürede sonra ortaya çıkar. Baş aşağı pozisyon ile yerçekiminin etkisiyle vücudun alt kısımlarından venöz dönüşte bir artış meydana gelir. Bu durum santral venöz basınç ve ortalama arter basınç artışı ile sonuçlanır. Artan venöz dönüş nedeniyle, kalp debisi (CO) ilk dakikada yaklaşık %9 artar. Bu değişiklikler sağlıklı hastalarda devam etmez ve CO 10 dakika içinde normale döner[43].

Pulmoner fonksiyon, Trendelenburg pozisyonundayken CO₂ pnömoperitoneum ve intraabdominal içeriklerin diyafram karşısındaki hareketinden de etkilenir. Diyaframın ve mediastinal yapıların sefale doğru yer değiştirmesi, fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRK), vital kapasitenin ve akciğer kompliyansının azalmasına, P_{peak} ve P_{plato} basınçlarının artmasına ve V/Q uyumsuzluğuna neden olur[38]. Morbid obezite veya altta yatan akciğer hastalığı olan hastalarda, bu düşüşler ventilasyon ve oksijenasyonun hiperkarbiye karşı koymayı daha zor hale getirebilir. Ancak sağlıklı hastalarda solunum sisteminde önemli bir değişiklik yoktur[43-45].

Amerikan Anestezi Uzmanları Kapalı Hasar Veri Tabanı Derneği; sinir hasarının anestezinin en sık ikinci komplikasyon türü olduğunu tespit etmiş ve hasta pozisyonunun önemini göstermiştir. Hastanın uygun şekilde konumlandırılması anestezi doktoru, cerrah, hemşire ve personelin birlikte katılımını gerektiren önemli bir sorumluluktur[38]. Perioperatif periferik sinir hasarını önlemek için dikkat edilmesi gerekenler 2018'de ASA tarafından yayınlanmıştır [46]. Hasta

konumlandırmasında dikkat edilmesi gerekenlerden biri de gözün korunmasıdır. Ayrıca yeni kanıtlar, uzun süreli dik Trendelenburg pozisyonunun iskemik optik nöropati için bir risk olabileceğini düşündürmektedir[46].

Dik Trendelenburg pozisyonunda çok sayıda postoperatif görme kaybı vakası cerrahi ile ilişkilendirilmiştir, bunların çoğu yüksek venöz basınç ve kan akışının azalmasına neden olan interstisyel ödem ile ilişkili iskemik optik nöropatiye (İON) atfedilmiştir[47-50] fakat İlginçtir ki, jinekolojik cerrahiden sonra postoperatif görme kaybı vakası bildirilmemiştir. Bildirilen bu vakalara yanıt olarak, çeşitli çalışmalar Trendelenburg pozisyonunda ameliyat sırasında göz içi basıncındaki (GİB) değişiklikleri değerlendirmiştir[43].

Kafa içi lezyonu olmayan hastalarda dik Trendelenburg pozisyonunda yapılan laparoskopi sonrası bilişsel komplikasyonlara ilişkin literatür azdır. Muhtemelen, Trendelenburg ile ilgili bilişsel ve nörolojik komplikasyonlar son derece nadirdir. Literatürde 6 saatlik robotik destekli radikal sistektomiye takiben 65 yaşındaki bir erkekte hemiparezi ile ilgili tek bir vaka raporu bildirilmiştir [51].

Çeşitli çalışmalar, Trendelenburg pozisyonunda laparoskopik cerrahi geçiren hastalarda bölgesel oksijen satürasyonu (rSO_2) ve optik sinir kılıfı çapındaki değişiklikleri değerlendirerek serebral oksijenasyonu ve kafa içi basıncı değerlendirmiştir [52-58]. Jinekolojik laparoskopi uygulanan 24 kadınla yapılan tanımlayıcı bir çalışmada, Trendelenburg pozisyonundan sonra rSO_2 azalmıştır[53]. Fakat sonuçlarda rSO_2 ile ilgili anlamlı sonuçlar elde edilmemiştir[52, 54-56]. Tablo 1. Trendelenburg pozisyonunun olumsuz etkileri maddeler halinde gösterilmiştir[44].

2.1.3. İntraabdominal Basınç

Batın boşluğu, üstte arkus kostalis, arkada kolumna vertebralis ve aşağıda pelvisin oluşturduğu sert yapılar ile esnek yapılar olarak adlandırılan batın duvarı ve diyafragma tarafından sınırlandırılmaktadır. İntraabdominal basınç (İAB), batın içi organların ve batın boşluğunu oluşturan yapıların da etkisi ile oluşur ve batın boşluğunu çevreleyen yapıların elastikiyeti ile içerdiği organların özellikleri intraabdominal basıncı belirler. İAB, yaş, postür, obezite, gebelik gibi pek çok farklı durumdan etkilenir ve normal değeri, negatif basınçtan pozitif değerlere kadar değişebilir. Dünya Abdominal Kompartman Sendromu Birliği [World Society of the Abdominal Compartment Syndrome” (WSACS)], İAB normal değerlerini 0-5 mmHg olarak belirtmektedir[59]. Kritik yetişkin yoğun bakım hastalarında ise

Tablo 1. Trendelenburg pozisyonunun olumsuz etkileri

Yüz/ laringeal ödem
Hipoventilasyon/ atelektazi
Değişmiş V/Q oranı
Artmış kafa içi basıncı
Artmış hava yolu salgıları
Artmış gastrik içerik aspirasyon riski
Artmış göz içi basıncı
Brakial pleksus yaralanması/ artralji
Alt ekstremitte arteriyel kan akışında azalma
Kardiyak aritmiler
Venöz hava embolisi
Kompartman sendromu

normal İAB değeri ortalama 5-7 mmHg olarak belirtilmektedir[60, 61].

2.1.3.1. Sistemik etkileri

Dünya Abdominal Kompartman Sendromu Derneği (WSACS), intraabdominal hipertansiyonu, batin içi basıncın 12 mmHg veya üstüne çıkması olarak tanımlamıştır[62, 63]. Bu basınç artışı yalnızca kalp debisinin düşmesi ve hipotansiyona neden olmakla kalmaz, solunum sisteminin işlevlerini de ciddi şekilde etkileyebilmektedir[63].

İAB 15 mmHg seviyesine çıktığında kardiyak debi ve atım hacmi, azalmış, venöz dönüş ve artmış afterload nedeniyle yaklaşık %30 azalır. Daha yüksek İAB seviyelerinde kardiyak debideki azalma daha fazladır. Dexter ve arkadaşlarının intraabdominal basınç düzeylerinin hemodinamik etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada pnömoperitonyum'un kalp hızı ve ortalama arteriyel basıncı artırmasına rağmen, 7 mmHg İAB düzeyine göre 15 mmHg İAB düzeyinde atım hacmi ve kardiyak debide anlamlı bir azalma tespit edilmiştir[64, 65].

Obez hastalarda kardiyak debideki azalmanın İAB'ın bu hastalarda kronik olarak yüksek olması (9-10 mmHg) nedeni ile daha az olabileceği bildirilmiştir[65, 66].

15 mmHg intraabdominal basınçta, sistemik vasküler rezistansta (SVR) ve afterloadta abdominal aortaya direkt baskı ve katekolamin, vazopressin ve renin-anjiotensin aktivitesine bağlı olarak artış olmaktadır. Artan SVR ortalama arteriyel basıncın artmasına neden olmaktadır. Kalp hızı ve afterloadtaki bu artış, sol ventrikülü etkilemektedir. Bu nedenle miyokardiyal iskemi riski artabilir. Ancak, 12 mmHg İAB'da sağlıklı hastalarda sol ventrikülde meydana gelen değişikliklerin cerrahinin sonunda normale döndüğü belirtilmiştir[65, 67].

Laparoskopik veya robot yardımlı cerrahilerde batın içine verilen CO2 ile oluşturulan pnömoperitonyum (Resim3.) ve cerraha kolaylık sağlaması açısından hastaya verilen Trendelenburg pozisyonu İAB'ın artışına yol açmaktadır. Bunun iki etkisi vardır; hiperkapnik asidozun bir sonucu olarak kardiyak kontraktilite azalır ve aritmojenik katekolaminlere karşı miyokard sensitivitesi artar ve sistemik vazodilatasyon olur.

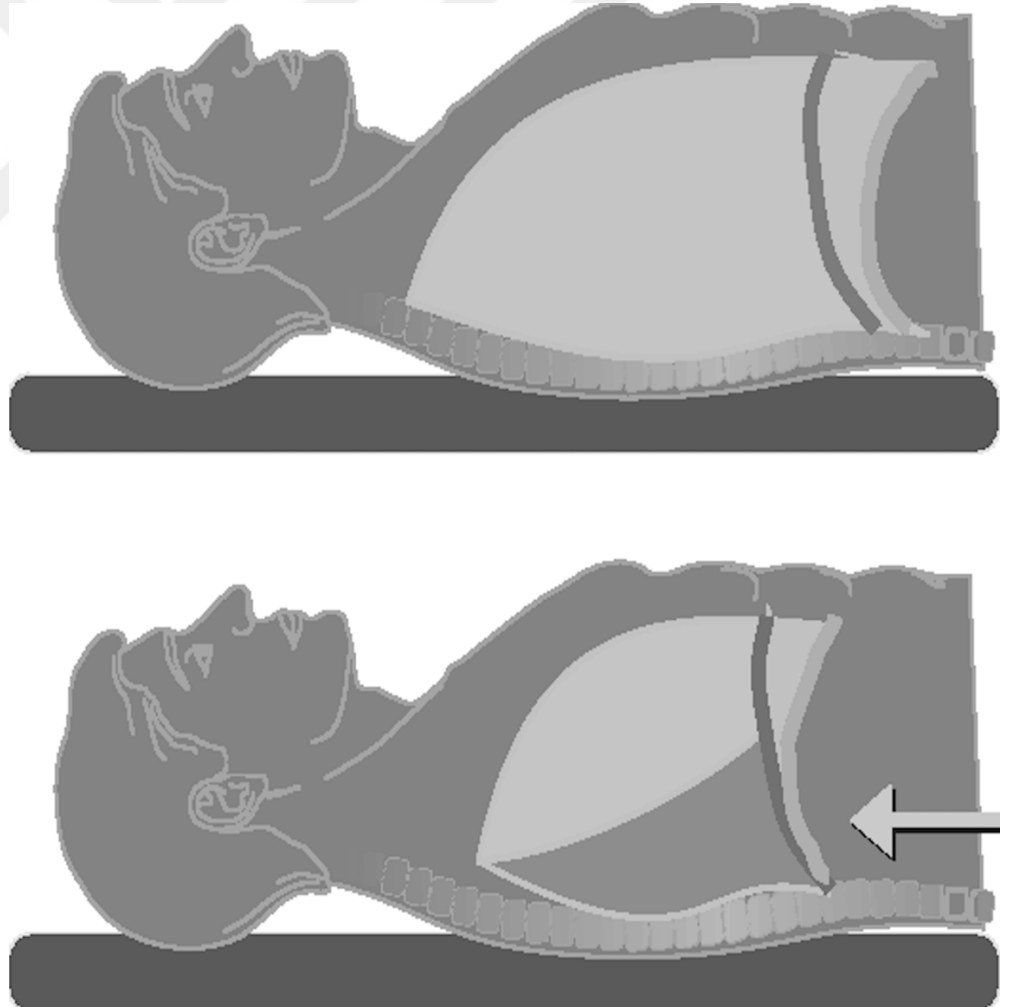


Resim 3: Robotik cerrahi sırasında pnömoperitonyum[68] (Photo from <https://www.ucl.ac.uk/news/2022/may/robotic-surgery-safer-and-improves-patient-recovery-time>)

Laparoskopik pelvik cerrahilerde 45° ve üzerindeki Trendelenburg pozisyonunda, pozisyondan hemen sonra santral venöz basıncın >40 cmH₂O seviyesine çıktığı tespit edilmekte fakat bu artış kademeli olarak azalmaktadır. Artan bu dolum basıncı hemodinamik bozukluktan çok abdominal içeriğin

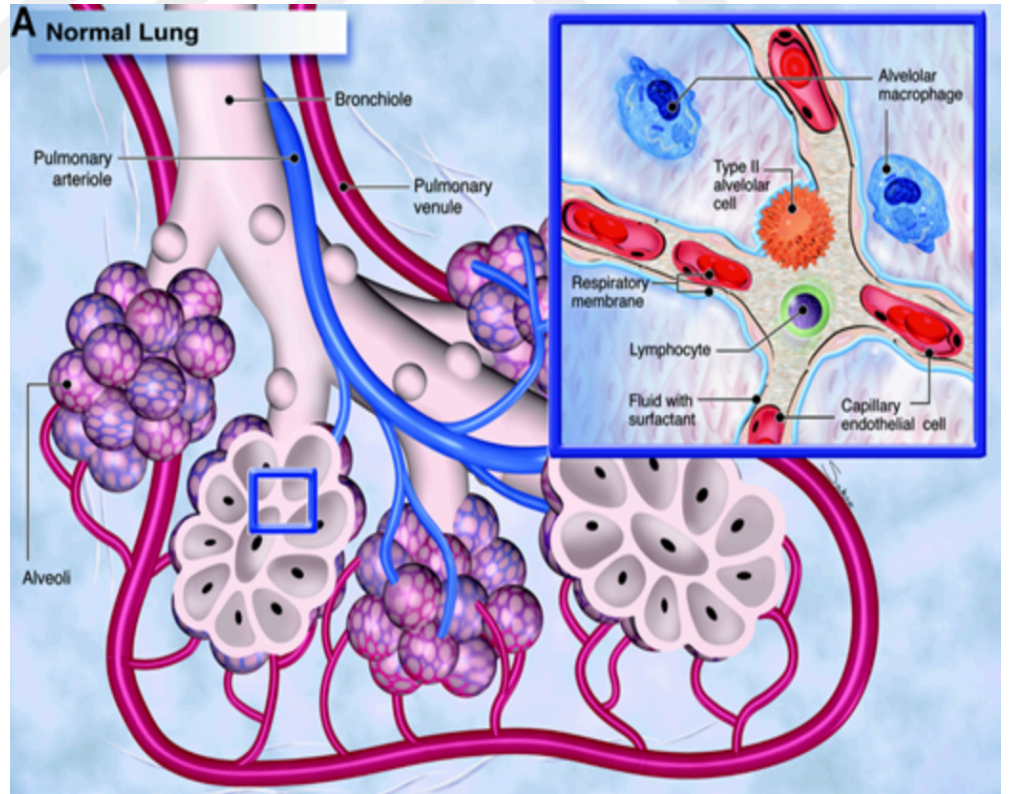
diyafram üzerine oluşturduğu basınca sekonder artmış, intratorasik basıncı yansıtmaktadır[65, 69].

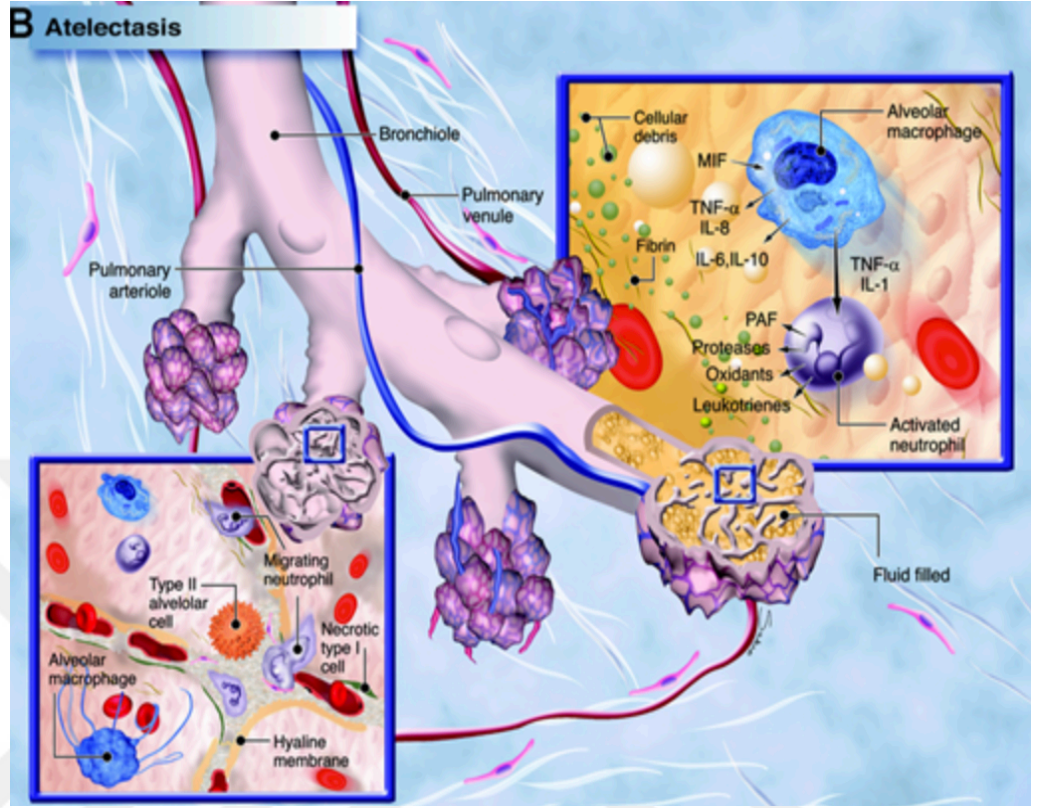
Trendelenburg pozisyonuna ek olarak pnömoperitonyum ile daha çok artan intraabdominal basınç, etkisi toraksa aktarılmaktadır. Bu basınç, diyaframı yukarı doğru iterek intratorasik basınç, artışına neden olur (Resim 4.). Akciğerlere uygulanan basınç, göğüs kafesinin ve akciğerlerin ekspansiyonunu kısıtlar. Fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma olur. Ekspiryum sonu alveol basıncı alveolün açıklığını devam ettirmek için yetersiz kalıp, atelektaziler oluşabilir.



Resim 4.: İAB artışı sonrası diyaframın sefafe doğru yer değiştirmesi[70]

Genel olarak atelektazinin üç temel fizyolojik nedeni vardır. Bunlar akciğer dokusunun sıkışması, alveolar havanın emilimi ve yüzey aktif madde fonksiyonunun bozulmasıdır. İAB artışı ile oluşan kompresyon atelektazi, alveolü açık tutan transmural basınç, alveolün çökmesine izin verecek bir seviyeye indiğinde meydana gelir. Diyafram normalde intratorasik ve karın boşluklarını ayırır ve uyarıldığında karın ve göğüste farklı basınçlara izin verir. Anestezi indüksiyonundan sonra, diyafram gevşetilir ve sefale yer değiştirir ve bu nedenle iki boşluktaki farklı basınçları korumada daha az etkilidir. Spesifik olarak, plevral basınç bağımlı akciğer bölgelerinde en büyük ölçüde artar (Resim 5A-B) ve bitişik akciğer dokusunu sıkıştırabilir[8].





Resim 5A-B: A: normal akciğerler, B: Atelektazi sonrası gelişen inflamasyon[8]

Normal akciğerlerde (Resim 5A) alveolar inflasyon ve vasküler perfüzyon düşük stresle ilişkilidir ve zararlı değildir. Alveolar-kılcal bariyer, mikrovasküler endotel ve alveolün epiteli iki ayrı bariyer oluşturur. Buna karşılık atelektazi (Resim 5B) ile alveolar inflasyon ve deflasyon heterojen olabilir ve ortaya çıkan hava yolu stresi epitel hasarına neden olur. Kan damarları sıkıştırıldığı için, mikrovasküler endotelyumun akış kaynaklı bozulması nedeniyle perfüzyon bozulabilir. Hem epitelyal hem de endotelyal yaralanma, akciğer hasarını başlatabilir veya çoğaltabilir. Bu şekil atelektazinin neden olduğu akciğer hasarının ileri aşamasını göstermektedir. İlk yaralanma alveollerin basit bir çöküşüdür. Ancak zamanla bu, inflamatuvar reaksiyona yol açar. Akciğerler epitel hasarına ve epitel bütünlüğü

kaybına neden olduğundan hem tip I hem de tip II alveolar hücreler hasar görür. Tip II hücrelerin yaralanması, lenfatik drenajı bozar. Çöküşe ek olarak, akciğerler de sıvı dolu hale gelir. Nötrofiller hasarlı kapiller endotelye yapışır ve interstisyum boyunca alveolar alana göç eder. Alveoler alanda, alveolar makrofajlar, kemotaksiyi uyarmak ve nötrofilleri aktive etmek için lokal olarak hareket eden sitokinler, interlökin (IL)-1, -6, -8 ve -10 ve tümör nekroz faktörü (TNF)- α salgılar. IL-1 ayrıca fibroblastlar tarafından hücre dışı matris üretimini de uyartabilir. Nötrofiller oksidanları, proteazları, lökotrienleri ve trombosit aktive edici faktör (PAF) gibi diğer proinflamatuvar molekülleri serbest bırakabilir[8].

PEEP uygulanması ekspiryum bitiminde alveolün açık kalmasını sağlayarak FRK'daki düşüşü azaltır. Akciğer kompliyansı, pnömoperitonyum olmadan Trendelenburg pozisyonla %35 azalırken, pnömoperitonyum bunu daha da azaltır[71, 72].

Diyaframının sefale doğru şifti, özellikle trendelenburg pozisyonundayken ve İnsüflasyon sonrasında görülür. Karinayı sefale iter, endobronşial entübasyon gelişebilir[73]. Oksijen saturasyonunda düşme, plato havayolu basıncında artış oluşur. İnsüflasyon sonrasında ve pozisyon değişikliklerinde akciğerleri dinlemek önemlidir.

Tablo 2. Kardiyovasküler sistemdeki fizyolojik yanıt	
Kardiyak Faktör	Etki
Kalp hızı	Artar
Atım hacmi	Azalır
Kardiyak debi	Azalır veya değişmez
SVR	Artar
OAB	Artar
SVB	Artar

Tablo 2’de pnömoperitonyum’un kardiyovasküler fonksiyonlar üzerine etkileri özetlenmiştir[65].

2.1.4. Genel Anestezi

İlk zamanlarda ağrı; cerrahinin doğal bir sonucu olarak kabul edilmiştir. Romalı büyük tıp yazarı Celsus “cerrahın içi merhamet dolu olmalı ki, hastasını sağıltmak istesin ve onun feryatlarından elini çabuk tutmaya, gereğinden az kesmeye kalkmasın, acı çığlıkları onu sanki hiç üzmüyormuş gibi her şeyi gereğince yapsın” diye yazmıştır. Zamanla ağrısız cerrahi girişim olanaklarının araştırılması anestezi tarihini de başlatmıştır. Bunun bir ileri aşaması üç büyük boşlukta yani kafa, göğüs kafesi ve batin içinde ameliyat yapma isteğinin getirdiği anestetik keşiflerdir. Ameliyatın ağrısız yapılabilmesi için tarihte koka yaprağı, haşhaş, alkol gibi yöntemler kullanılmıştır. Nöromusküler blokörlerin bulunması, ameliyatların kolaylığı açısından büyük bir keşif olmuştur. Cerrahi ve anestezi adına her bir buluş, diğerlerini tetiklemiştir. Bu buluşlardan en önemlileri kas gevşeticilerin, enjektörün ve mekanik ventilatörlerin keşfidir[74].

Genel anestezi, geçici bilinç kaybı ve refleks aktivitede azalma ile vital fonksiyonlarda değişikliğin olmamasıdır. Genel anestezi kortikal merkezlerden başlayıp bazal gangliyonlar, serebellum, medulla spinalis ve medüller merkezlerde depresyon sonucu oluşur. Reflekslerin baskılanması, bilinç kaybı ve kas gevşemesi genel anestezinin önemli bileşenleri olup üçü birlikte genel anestezi triadını oluşturmaktadır[75].

2.1.4.1. İnhaler Anestezikler

Genel anestezi iv ya da inhaler anestezikler ile sağlanmaktadır. Solunum yolu ile alınan inhaler gazlar ilk olarak alveollere, alveollerden de kana difüze olur.

Kanla beyne ulaşan inhaler gaz, beyinde belli bir seviyeye ulaşınca genel anestezi meydana gelir.

Günümüzde kullanımda olan çoğu inhaler anestezik ajan, oda havasında sıvı durumunda bulunduğundan volatil anestezikler olarak adlandırılır. Şişelerde depolanırlar ve ilacın anestezi devresine mutlak konsantrasyonlarda verilmesini sağlayan, özel, ajan-spesifik vaporizatörlerle gaz haline çevrilirler. Günümüzde kullanılan volatil anestezik ajanlar sevofluran, desfluran ve izoflurandır. Desfluran, saf gaz ve volatil anestezik ajanların karakteristik özelliklerini birlikte taşıyan bir inhalasyon anesteziğidir[5].

Volatil anesteziklerin nasıl etkisi gösterdiği tam anlamıyla bilinmemektedir. Alınan inhalasyon ajanı, alveollerden kana geçer, kan ile beyin dokusuna taşınır, beyinde etkisini gösterebilecek konsantrasyona gelmesi ile etkisi başlar. Etkinin başlaması sürecini etkileyen basamaklar birtakım prensiplere bağlı çalışmaktadır. İlacın etkinliğini belirleyebilmek için bilinmesi gereken birtakım tanımlar vardır: İlaçların alınması(uptake), dağılımı ve atılımı.

Anestezik ajanın alveolden kana geçmesi, alınımı(uptake) olarak adlandırılır. Bu işleme kadar inspire edilen gaz karışımındaki anestezik yoğunluğu (FI), anestezik maddenin akciğerlere ulaştırılmasını sağlayan pulmoner ventilasyon, alveoler anestezik yoğunluğu (FA) önemli değişkenlerdir.

İnspirasyon havasındaki gaz ajan miktarı; solunum devre volümü, taze gaz akımı, anestezi cihazı ve devrenin absorpsiyonuna bağlıdır. Parsiyel basınç ise volatil anestezik ajanının alveollerden kana geçmesinde önemli parametrelerden

biridir. Bir gazın sıvı hali ile denge durumundaki basınçtır. Anestezik gazın erimesi, gazın alveollerdeki basıncı ile kandaki basıncının eşitlenmesine kadar devam eder.

Gazın uptake 'inde bir diğer etken kan akımıdır. Alveollerden kana difüze olan gaz miktarında kardiyak debi kadar pulmoner kan akımının da etkisi vardır. Düşük kan akımı, az alınıp demektir. Uptake'i inhalasyon ajanının konsantrasyonu da etkiler. Konsantrasyonun artırılması, hem inspire edilen gaz konsantrasyonunu (FI) hem de alveoler gaz konsantrasyonunun inspire edilen gaz konsantrasyonuna oranını (FA/FI) artırarak etkili olur.

Dağılım arteriyel kan ile hedef dokulara inhalasyon ajanının iletilmesidir. Dokularda parsiyel basınçlarına göre dengelenirler. Damarlanması çok olan dokularda (karaciğer, beyin, kalp, endokrin, organlar, böbrek) dokunun kanlanması fazla, hacim olarak küçük olduğundan anestezik ajanlar hızlıca alırlar. Damardan fakir grupta ise (diş, saç, bağlar, kemik...) tam tersi durum söz konusu olduğundan alınan ajan miktarı az olmaktadır.

Inhalasyon ajanlarının atılımında en önemli yol alveollerdir. Genel anestezi altındaki hastanın uyanması, beyin dokusundan anestezik ajanın konsantrasyonunun azalması ile olur. Anestezik ajanın konsantrasyonunun azalmasında dokunun kanlanması, anestezik gazın çözünürlüğü ve solunumsal parametreler etkilidir. Aynı parametreler anestezi indüksiyonunda da etkili olmaktadır[4].

Minimum alveoler konsantrasyon (MAK), inhaler anestezik ajanların, hastaların yarısında (%50) cerrahi bir uyarana (kesi) cevaben gerçekleşebilecek tepkinin oluşmamasını sağlayan ajanın alveol konsantrasyonudur. Beyin parsiyel

basıncını yansıttığı için MAK yararlı bir ölçüttür. Anestezik ajanların etkinliklerini değerlendirmede ve bunun yanı sıra deneysel değerlendirmeler için de bir standart oluşturur[76]. Tablo 3.4. ve 5.'de MAK'ı etkileyen faktörler sıralanmıştır[76].

Tablo 3. MAK'ı azaltan faktörler

Artan yaş
Hipotermi
Opioidler-benzodiazepinler
Antihipertansifler
Akut alkol alımı
Alfa-2 agonistler (klonidin)

Tablo 4. MAK'ı artıran faktörler

Hipertermi
Alkol bağımlılığı (kronik alkolizm)
MAO inhibitörleri

Tablo 5. MAK'ı değiştirmeyen faktörler

Cinsiyet
Anesteziğin metabolizması
PaCO ₂ =21-95 mmHg
Hiper ve Hipotiroidi

2.1.4.1.1. Solunum Sistemine Etkileri

İnhalasyon ajanlarının solunum sistemine en önemli etkileri tidal volümü azaltarak solunumu baskılamasıdır. Azalan arterioler ventilasyon solunum sayısı artışı ile kompanse edilmeye çalışılır[4]. Anestezi indüksiyonu sırasında, volatil anesteziklerin inhalasyonu havayolu irritasyonuna neden olabilir ve öksürük, laringospazm, bronkospazma neden olabilir[5].

Sevofluran keskin kokulu değildir. Öksürük ve laringospazma neden olmaz. Çocuk ve erişkin hastalarda indüksiyon ajanı olarak kullanılabilir[77]. Solunum depresyonu yapar. Tidal volümü azaltır. Hipoksi ve hiperkapni gibi durumlarda refleks yanıtı azaltır. Bronkodilatatör etkilidir[76].

Desfluran dozuna bağlı solunum frekansı artmakta, tidal hacim ve dakikadaki ventilasyon azalmaktadır[78]. Bunun sonucu olarak parsiyel arteriyel karbondioksit basıncı artar. Karbondioksitin artışına karşı gelişecek solunumsal cevabı engeller. Dolayısıyla ventilasyon cevabı azalır, intrapulmoner şantların oranı artmaktadır.

2.1.4.1.2. Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri

Desfluranın doz artışıyla birlikte sistemik vasküler dirençte, arteriyel kan basıncında düşmeye yol açan bir azalma ile birlikte dir. Kalp atım hızında orta dereceli artış olur. Desfluran konsantrasyonundaki hızlı artışlar, kardiyovasküler etkileri belirginleştirir[79].

Sevofluran miyokardın kasılma gücünü hafifçe baskılar. Sistemik vasküler direnci ve arteriyel basıncı doz artışıyla azaltmaktadır. Fakat bu düşüş desfluran ve sevoflurandaki düşüşe göre daha azdır. Kalp atım hızını minimal artırdığı için, sevofluran anestezisinde, kalp debisinin korunması, desfluran ve izoflurandaki kadar iyi değildir[76]. Sevofluranda, miyokard perfüzyonunda azalma olmaz ve koroner çalma sendromuna yol açmaz[80].

2.2. Robotik Cerrahi

Minimal invaziv cerrahi ile ilgili gelişmeler 20. yüzyılın başlarına dayanmaktadır. Georg Kelling 1902 yılında köpeklerde ilk laparoskopik uygulamaları başlattı [86, 87]. Hans Christian Jacobaeus 1910 yılında ilk kez laparoskopik işlemi insanda uygulamıştır [86, 88]. Modern anlamda minimal invaziv cerrahi ilk olarak 1987 yılında, Phillipe Mouret tarafından laparoskopik

kolesistektomi ile yapılmıştır. Minimal invaziv cerrahinin hızla gelişmesi sayesinde, günümüzde birçok cerrahi işlemde kullanılmaktadır [86]. Laparoskopik işlemlerde hareketli bir kamera platformunun olması, minimal invaziv cerrahide kullanılan kanüllerin, trokarların sınırlı hareketi, tremoru iletmeleri, iki boyutlu görüntü, cerrah için kötü ergonomik pozisyon, görüntünün titremesi, kamerayı cerrah tutuyorsa sağ eli kullanamama gibi bazı teknik kısıtlılıklar, robotik cerrahi sistemlerin kullanılmasını gündeme getirmiştir[89, 90].

Robot terimi günümüzde nispeten yeni olmasına rağmen Çek diline iş gücü anlamına gelen “Robota” kelimesinden türetilmiş ve ilk kez Joseph Capek tarafından 1921'de Rossom'un Evrensel Robotları adlı oyununda kullanılmıştır. Robotların cerrahi ile ilgili ilk kullanımları askeri alanda ortaya çıkmıştır. Bu kullanım hemorajik şok ve multiple travmanın savaşta en sık ölüm sebebi olması nedeniyle, ameliyathaneyi en yakın destek ünitesine getirerek “Altın dakika” yaklaşımıyla daha hızlı müdahale edilmesini sağlamak olmuştur. Aradan geçen zaman ve teknolojideki gelişmeler sonucunda 1985 yılında bir robot platformu olan Programmable Universal Machine for Assembly 200 (PUMA) ilk kez bir hasta üzerinde beyin biyopsisi gerçekleştirmek için kullanılmıştır[91, 92]. Günümüzde Zeus ve Da Vinci robotik sistemleri bir çok cerrahi prosedürlerde kullanılmakta ve giderek yaygınlaşmaktadır[93].

Robotik sistemlerle cerrahın elinin tremoru ortadan kalktığı için el bileği hareketiyle yapılandan daha duyarlı işlemler yapılabilir. Bununla birlikte 3 boyutlu görüntü olanağıyla daha sağlıklı çalışma olanağı sunmaktadır. Robotik cerrahi sistemlerinde kullanılan kameralar görüntüyü 16 kata kadar

büyütebilmektedir. Böylelikle cerrah ameliyat sahasını ve anatomiye, tek kamera ile çalışan standart laparoskopik yöntemle göre daha ayrıntılı ve net olarak görebilmektedir [94, 95]. Robotik cerrahi, standart laparoskopik cerrahiye göre daha gelişmiş el-göz koordinasyonu sağladığı için öğrenme eğrisi de standart laparoskopiden daha kısa sürmektedir [96].

2.2.1. Robot Yardımlı Laparoskopik Cerrahinin Avantajları ve Dezavantajları

Robotik yardımcı operasyonlar ürolojik, jinekolojik, kardiyotorasik ve transoral cerrahilerde giderek yaygınlaşmaktadır. Fakat bütün teknolojilerde olduğu gibi robotik cerrahi sistemlerin de avantaj ve dezavantajları vardır.

Robotik cerrahi sistemlerin en önemli avantajlarından bir tanesi, robotik kolların hareket zenginliği, kolların ucundaki efektör kısımlarının 6 yöne doğru hareket kabiliyetlerinin bulunmasıdır. Robotik kolların ölçülü hareketleri ve titremeyi önleyici fonksiyonları sayesinde kompleks cerrahi işlemlerde daha titiz ve hassas davranmak mümkündür. Bu özelliklerin en çok değer kazandığı ameliyatlarda kısıtlı alanlarda yapılan ameliyatlardır. Bunlara örnek olarak toraks içinde gerçekleştirilen kalp ameliyatlari ve pelvis içinde gerçekleştirilen sinir koruyucu prostat ameliyatlari verilebilir[97]. Diğer avantajları ise gerek cerrahın gerekse de hastanın kan yoluyla hastalık bulaşması riskinin olmamasıdır ve kullanılan gelişmiş optik sistemler aracılığı ile üç boyutlu görüntü özelliği, derinlik hissi vermesidir. Böylece dokular arasındaki mesafeler daha iyi ve net olarak ölçülebilmektedir. Dikkatli ve ayrıntılı manevralar gerektiren anastomoz ameliyatlari, nörovasküler sinir yapılarının korunduğı prostat ameliyatlari, kardiyak by-pass ameliyatlari gibi ameliyatlari daha kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir[97,

98]. Ayrıca hastanede kalış süresini, kan transfüzyonuna olan gereksinimi azaltması, daha az postoperatif ağrıya sebep olması gibi avantajlar da sağlamaktadır[86].

Tüm bu avantajlara rağmen, robotik sistemi satın almak ve ekipmanlarının idamesini sağlamak oldukça yüksek maliyetlidir. Dolayısıyla bu sistemlerle yapılan ameliyatlarda maliyeti de yüksek olmaktadır. ABD Tulane Üniversitesi Üroloji Bölümü'nden sunulan bir çalışmada; robotik radikal prostatektomi yapılan bir hasta için hastane maliyetinin ortalama \$43,000 olduğu bildirilmiştir[89, 99]. Aynı zamanda robotun kollarının laparoskopik aletlere oranla daha büyük olması nedeniyle kısıtlı alanlarda yapılan ameliyatlarda kollar birbiri ile veya asistan portu ile sıkışabilmektedir. Sistemin dezavantajlarından bir diğeri robotik kolları uzaktan kumanda eden cerrahın, dokunun veya sütür materyalinin gerginliğini ve direncini ölçememesidir. Son olarak da robotun operasyonlar öncesinde hazırlanması ve önceden laparoskopik olarak yerleştirilmiş olan portlara tespit edilmesi gerekmektedir (set-up zamanı). Bütün bu işlemlerin neticesinde robotik cerrahilerin genel olarak klasik laparoskopik cerrahilere oranla operasyon süreleri daha uzun olmaktadır[89, 94, 95].

2.2.2. Robotik Cerrahinin Kullanım Alanları

Genel cerrahi: Da Vinci robotik cerrahi sistemi ilk defa genel cerrahi operasyonlarında denenmekle birlikte zamanla ürolojik ve jinekolojik vakalarda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Kolesistektomi, Nissen funduplikasyonu, gastrik bypass, nefrektomi, adrenalektomi, splenektomi, bağırsak rezeksiyonu, tiroidektomi robotik yardımcı yapılan genel cerrahi operasyonlarıdır[95].

Üroloji: Robot yardımcı laparoskopik radikal prostatektomi ürolojik cerrahilerden en sık robotik uygulanan işlemdir. Robot yardımcı laparoskopik radikal prostatektominin hastanede kalış süresini, kan kaybını, ameliyat sonrası ağrıyı azalttığı ve üriner fonksiyonun daha hızlı geri dönüşünü sağladığı gösterilmiştir[94]. Parsiyel nefrektomi, piyeloplasti, sistektomi operasyonları da giderek artan oranlarda robotik yardımcı olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Jinekoloji: Robotik yardımcı jinekolojik operasyonlarda diğerlerine göre daha sonra yapılmaya başlanmasına rağmen son yıllarda önemli bir artış olmuştur. Robotik cerrahi sistemler kullanılarak histerektomi, miyomektomi, tubal re-anastomoz, radikal histerektomi, lenf nodu diseksiyonu ve sakrokolpopeksi operasyonları yapılmaktadır[94].

Kardiyotorasik cerrahi: Robotik yardımcı en sık yapılan kardiyotorasik cerrahi operasyonları; mitral kapak tamiri, atriyal septal defekt kapatılması, patent duktus arteriozus ligasyonu, total endoskopik koroner arter bypass grefti, akciğer lobektomilerdir. Çoğu robotik kardiyak cerrahi için tek akciğer ventilasyonu gereklidir ve bazen daha iyi bir cerrahi alan sağlamak için CO2 insuflasyonu yapılması gerekebilir. Bu durum hiperkapniye neden olur ve venöz dönüşü engeller. Sonuçta kalp debisini azaltıp, akut kardiyovasküler kollapsa yol açabilir[94].

Transoral cerrahi: Transoral robotik cerrahi işlemler giderek artan sayılarda yapılmaktadır. Radikal tonsillektomi, ağız tabanı ve dil tümör rezeksiyonları, supraglottik larenjektomi en sık yapılan robot yardımcı baş boyun bölgesi operasyonlarıdır[94].

Oftalmoloji: Da Vinci robotik cerrahi sistemi, günümüzde pterjium operasyonunu gerçekleştirmek için kullanılmakta ve oftalmik cerrahiye uygun olmayan tasarımına rağmen ex-vivo kornea cerrahisinde de başarılı olmuştur[100-102]. Robotik cerrahi, oftalmolojide gelişme aşamasındadır ve bu konuda çalışmalar hızla devam etmektedir[103].

2.2.3. Robot Yardımlı Kolorektal cerrahi

Kolorektal cerrahi, genel cerrahlar tarafından yapılan, kolon ve rektum patolojilerinde uygulanan en yaygın işlemlerden biridir[104]. Robot yardımcı kolorektal cerrahi ilk olarak Weber ve ark. tarafından 2002 yılında bildirilmiştir[105, 106]. Akabinde Da Vinci cerrahi sistemini kullanan robotik cerrahi, çeşitli kolorektal cerrahi prosedürlerde başarıyla kullanılmıştır.

Günümüzde geleneksel açık kolorektal cerrahiler sıklıkla uygulanmakla birlikte laparoskopik ve robotik yöntemler de tercih edilmektedir. Kolorektal kanser cerrahileri ve ventral meş rektopeksi gibi cerrahiler bunlara örnektir. Robot yardımcı kolorektal cerrahiler, klasik video destekli laparoskopilerle karşılaştırıldığında, daha az sinir hasarı riski, pelviste daha güvenli ve daha hassas hareketler, daha kolay intrakorporeal dikiş, daha düşük hata oranları, daha az kanama, daha az komplikasyon ve dönüşüm ile gelişmiş cerrahi el becerisi sağlayabilir [107, 108].

Robot yardımcı ventral meş rektopeksi cerrahilerinde sınırlı retroperitoneal alanda cerrahi uygulanması gerektiğinden daha iyi cerrahi görüş sağlamak için batının CO₂ ile insüflasyonu (pnömoperitonyum) ve dik Trendelenburg pozisyonu gerekmektedir. Sağladığı avantajların yanı sıra litotomi, Trendelenburg pozisyonu

ve pnömoperitonyum kombinasyonu çeşitli kardiyovasküler, respiratuvar ve nörofizyolojik değişikliklere sebep olmaktadır[109].

2.2.3.1. Robotik Rektal Ventral Meş Cerrahisi

Rektal prolapsus ve buna bağlı rektosel ve enterosel dahil olmak üzere pelvik tabanın arka bölümünün prolapsusu, pelvik ağrı ve dışkı inkontinansı gibi semptomlarla ilişkilidir[35, 110-112]. Rektal prolapsus için birden fazla cerrahi teknik tanımlanmıştır. Perineal yaklaşımların daha yüksek bir nüks oranı ile ilişkili olduğu ve bu nedenle abdominal yaklaşımın tercih edilmektedir [113, 114]. Bununla birlikte, abdominal yaklaşımların çoğu, preoperatif semptom olan kabızlığın postoperatif dönemde tekrar başlamasına veya kötüleşmesine neden olabilen posterolateral rektal mobilizasyonla yapılmaktadır[115].Bunu postoperatif dönemde azaltabilmek için ventral meş rektopeksi (VMR) geliştirilmiştir[110, 115]. Bu işlemde hasta litotomi ve derin trendelenburg pozisyonuna alınır. Rektum ventral kısımdan bir meş yardımı ile sakral promontoryuma bağlanır. Posterolateral rektal mobilizasyondan kaçınılarak otonom sinirler korunmakta ve postoperatif kabızlık riski en aza indirilmektedir. Laparoskopik veya robotik destekli VMR aşamalı olarak gerçekleştirilmektedir ve çeşitli makaleler ve kılavuzlar prosedürü rektal prolapsus için tercih edilen tedavi olarak önermektedir[110, 116-118].

2.2.4. Robot Yardımlı Laparoskopik Radikal Prostatektomi

Robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomide sınırlı retroperitoneal alanda uygulanması gerektiğinden daha iyi cerrahi görüş sağlamak için batının CO2 ile insüflasyonu (pnömoperitonyum) ve dik Trendelenburg pozisyonu

gerekmektedir. Sağladığı avantajların yanı sıra litotomi, Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitonyum kombinasyonu çeşitli kardiyovasküler, respiratuvar ve nörofizyolojik değişikliklere sebep olmaktadır (19).

Radikal prostatektomi; prostat kanserinde tüm prostat dokusunun seminal veziküllerle beraber çıkarılmasını kapsayan küratif tedavi yöntemidir. Günümüzde geleneksel açık prostatektomi operasyonları yapılmakla birlikte radikal prostatektomi laparoskopik ve robotik yöntemler de sıklıkla uygulanmaktadır[119]. Robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi düşük kan kaybı, azalmış kan transfüzyon oranı, düşük komplikasyon oranı, kısalmış hastanede kalış süresi gibi avantajları ile açık radikal prostatektomiye kıyasla daha çok tercih edilmektedir [120]. Robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomide sınırlı retroperitoneal alanda uygulanması gerektiğinden daha iyi cerrahi görüş sağlamak için batının CO2 ile insüflasyonu (pnömoperitonyum) ve dik Trendelenburg pozisyonu gerekmektedir. Sağladığı avantajların yanı sıra litotomi, Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitonyum kombinasyonu çeşitli kardiyovasküler, respiratuvar ve nörofizyolojik değişikliklere sebep olmaktadır[121].

2.2.4.1.Cerrahi İşlem

Robotik cerrahide kullanılan da Vinci bilgisayar destekli sistem iki ana bileşenden oluşur, bu kısımlar; cerrahi saha kısmı ve cerrah konsoludur (Resin 6.a-b-c). Konsolda cerrah, cerrahi saha kısmının kollarını yönlendiren hem el hem de ayak kontrollerini manipüle eder[122]. Aynı zamanda da Vinci sistemi cerraha iki adet yüksek çözünürlüklü kamera ile 3 boyutlu görüntü imkânı sunan uydu bilgisayar (master- slave) sistemlerdir[123]. Kontrol konsolu, robotun cerrahi

kolları ve işlemin izlenmesini sağlayan standart bilgisayar izleme ünitesi olarak 3 bölümden oluşur. Robottan ayrı bir alanda bulunan kontrol konsolu; cerrahi alanı binoküler, üç boyutlu ve on altı kat büyük şekilde izleme olanağı sağlar. Uzaktan kontrol sistemiyle robotik kollar kumanda edilir ve operasyon gerçekleştirilir. Robot kolları ve portları cerrahinin tipine göre farklı sayıda ve konumda olabilmektedir[124]. Robotik cerrahi enstrümanları, "endowrist" denilen, insan elinin bilek hareketlerini taklit edebilen 6 yönde serbest hareket etme ve kendi eksenleri etrafında 720° dönebilme özelliğine sahiptir. Bu enstrümanlar insan elinden çok daha küçük boyutlardadır ve ameliyatlarda insan elinin uzanamayacağı yerlere ulaşarak, mikroanastomoza olanak sağlamaktadır. Sistem, cerrahin hareketlerini 5:1 oranda küçülebilmekte ve elin tremorunu 6 Hz'e kadar engellemektedir[94, 125].

Robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi yapılacak hastalar operasyon için litotomi pozisyonuna alınır, her iki kol hastaya paralel olacak şekilde pozisyon verilir. İntraabdominal organların, yerçekimi etkisiyle, cerrahi sahadan uzaklaşmasını sağlamak için 30°- 45° Trendelenburg pozisyonu verildikten sonra pnömoperitonyum başlatılır. Portlar yerleştirilerek robot sabitlenir. Cerrah konsol aracılığıyla prostat dokusunu diseke ettikten sonra veziko- üretral anastomoz ve sonrasında gerekirse lenf nodu diseksiyonu yapar. Operasyon süresi cerrahin deneyimine göre 160-296 dakika kadar sürerken, ortalama kanama miktarı 50-287 ml arasında değişkenlik göstermektedir[125].



Resim 6. (a) Da Vinci cerrahi sistemi (b) Cerrahi saha kısmında laparoskopu ve cerrahi aletleri kontrol eden dört robotik kol (c) Robotik kollardan biri (d) Cerrah konsolu Photos courtesy of Intuitive Surgical, Inc.

2.2.5. Fizyolojik Değişiklikler

Robot yardımlı laparoskopik operasyonlarda uygulanan dik Trendelenburg pozisyonu ile pnömoperitonyum serebrovasküler, respiratuar ve hemodinamik değişikliklere neden olmaktadır. Pnömoperitonyum sırasında CO₂ insüflasyonu, mekanik bası etkisiyle, intraabdominal organların kan akımını azaltmaktadır[121].

Pnömoperitonyum ve dik Trendelenburg pozisyonunun kombinasyonu sonucunda intrakraniyal basınçta (İKB) ve göz içi basınçta (GİB) artış görülmektedir. Pnömoperitonyumda 15 mmHg'lık basınç kullanıldığında, 25° Trendelenburg pozisyonu verildikten sonra GİB'in indüksiyondan önceki değerine

göre ortalama 13 mmHg arttığı gösterilmiştir[94]. Pnömooperitonyum sırasında intraabdominal basıncın (İAB) artması, lumbal venöz pleksus dönüşünü bozarak İKB artışına yol açmaktadır. Trendelenburg pozisyonu ise venöz basıncın artması sonucu serebral venöz drenajın bozulması, intraserebral kan hacminde ve beyin omurilik sıvısında artış, İKB’de yükselmeye neden olmaktadır[121, 125]. Bununla birlikte, robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi uygulanan hastalarda yapılan bir çalışmada reyonel serebral oksijen satürasyonunun trendelenburg pozisyonunda pnömooperitonyum sırasında önemli ölçüde arttığını göstermiştir, bu da prosedürün serebral iskemiye indüklediğini göstermektedir[45]. Bununla birlikte pnömooperitonyum sırasında PaCO₂’deki artış intrakraniyal basınçta artışa neden olabileceğinden, normokarbiyi sürdürmek gereklidir [125, 126].

Pnömooperitonyum katekolamin salınımına neden olarak ve ortalama arteriyel basıncı (OAB), kalp atım hızını (KAH), sistemik vasküler rezistansı (SVR) ve santral venöz basıncı (SVB) arttırmaktadır. Pnömooperitonyum ile İAB’nin artması, venöz dönüşü azaltarak kardiyak output’u azaltır. Ancak dik Trendelenburg pozisyonu, venöz dönüşü arttırmaktadır[126]. Çeşitli çalışmalarda dik Trendelenburg pozisyonu ile pnömooperitonyum sırasında, SVB ve sol pulmoner kapiller kama basıncı (PKWP) gibi dolum basınçlarında 2-3 kata kadar artış olduğu, SVB ve ortalama pulmoner arter basıncındaki artışın pnömooperitonyumdan değil dik Trendelenburg pozisyonundan kaynaklandığı gösterilmiştir[69, 127]. Hastaların yaşı, kilosu, kardiyovasküler ve volüm durumu yukarıda sözü edilen parametreleri etkilemektedir[121]. Pnömooperitonyumdan kaynaklanan hemodinamik değişiklikler ek hastalığı olmayan hastalar tarafından iyi tolere edilse

de eşlik eden kardiyovasküler hastalıklarının olması, kardiyak fonksiyonda daha belirgin bozulmaya neden olabilmektedir. Sonuçta kompanse kalp yetmezliği olan hastada, pulmoner ödem gelişebilmekte veya perfüze olan miyokard dokusu iskemik hale gelebilmektedir. İnsüflasyon başlangıcında, muhtemelen periton distansiyonunun tetiklediği vagal stimülasyon nedeni ile ciddi bradikardi gelişebilmektedir[128]. Trendelenburg pozisyonu, venöz dönüşü ve atım volümünü arttırmaktadır. Ancak pnömoperitonyum, aortun çapını azaltmaktadır. Dolayısıyla kardiyak output veya atım hacminde önemli bir değişiklik olmamaktadır. Operasyon boyunca OAB, SVB ve KAH sabit düzeyde kalmaktadır. Operasyonun sonunda hastanın supin pozisyona getirilmesiyle OAB’de ve SVB’de önemli derecede düşme gözlenmektedir. Bu durum, pnömoperitonyum nedeniyle abdomendeki hem arteriyel hem de venöz vasküler yapıların dilatasyonu ve pozisyon değişikliği ile alt ekstremitelerde kanın göllenmesiyle açıklanmaktadır[45].

Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitonyum ile diyaframın sefale hareketi akciğerin fonksiyonel rezidüel kapasitesini (FRK) ve kompliyansını azaltmakta; plato basıncını %50’den fazla arttırmaktadır. Dik Trendelenburg pozisyonu ve yüksek insüflasyon basınçları, pulmoner kompliyansı %68 oranında azaltmaktadır[125]. Preoperatif solunum rezervi düşük olan hastalarda, normokarbiyi ve normal asit baz dengesini sağlamak güçleşmektedir. Kompresyon atelektazisi nedeniyle ventilasyon/perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu olmakta, şant volümü azalmakta, ölü boşluk artmakta, pulmoner kompliyans azalmakta ve bütün bunlar hipoksiyle sonuçlanabilmektedir. Plato basıncı, hasta operasyon sonunda

supin pozisyona getirildiğinde düzelmekte ancak, pnömoperitonyum ve dik Trendelenburg pozisyonu öncesi kontrol değerinin çok hafif üstünde kalmaktadır[126]. Pnömoperitonyum sonlandırılıp hasta supin pozisyona alındığında kompliyansa, başlangıç değerlendirmesine göre orta dereceli bir düşüş görülmektedir[125].

2.2.6. Anestezi Yönetimi

Preoperatif değerlendirme

Robot yardımcı laparoskopik radikal prostatektomi operasyonuna alınacak olan hastalar genel olarak ileri yaşlı (>60 yaş) hastalar olduğundan dolayı bu hastalara ek komorbiditeler eşlik etmektedir ve olabilecek komorbiditelerine yönelik kardiyovasküler, respiratuar, metabolik durumlar ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu yaş grubundaki hastalarda, eşlik eden koroner arter hastalığı ve prostat hipertrofisine bağlı, renal yetmezlik insidansı oldukça yüksektir[123, 128]. Rutin preoperatif değerlendirme, altta yatan miyokard iskemisi, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), anemi ve hipergliseminin tanımlanmasına yardımcı olmak için kullanılan elektrokardiyografi, akciğer grafisi, hematokrit ve elektrolit değerlendirmesini içermelidir.

Düşük fonksiyonel kapasite veya kalp yetmezliğini düşündüren herhangi bir bulgu, sistolik veya diyastolik disfonksiyonun değerlendirilmesi için transtorasik ekokardiyogram dâhil olmak üzere daha fazla kardiyovasküler teste ihtiyaç duyulabilir[123]. İlaç kaplı stenti olan koroner arter hastalarında dikkatli olunmalıdır. Antiplatelet tedavinin düzenlenmesi açısından kardiyoloji konsültasyonu istenmelidir [123, 128, 129].

Dik Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitonyum nedeniyle oluşan yüksek İAB, akciğerlerde yüksek tepe havayolu basıncına neden olduğu için altta yatan KOAH benzeri akciğer hastalığı olanlarda daha büyük risk oluşturabilmektedir. Akciğerlerde bülü olması, rüptür riski nedeni ile robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi için göreceli kontrendikasyon oluşturur [123].

Açık radikal prostatektomiye aday olan herkese robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi yapılabileceği öngörülse bile, dik Trendelenburg pozisyonu nedeniyle ciddi glokomu, artmış İKB, serebral anevrizması, sınıf II-IV anjinası veya konjestif kalp yetmezliği, %40'ın altında sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, ciddi kalp kapak darlığı veya yetmezliği, ciddi KOAH veya astımı, konjestif kalp yetmezliği veya son 3 ay içinde KOAH atak geçirmiş olanlarda, akciğer grafisinde bülü, pulmoner hipertansiyonu ve $BMI \geq 40 \text{ kg/m}^2$ olanlarda, litotomi pozisyonunu tolere edemeyecek kalça problemi bulunanlarda, robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi yapılmaması gerektiği yayınlarda bildirilmektedir [119, 130].

Laparoskopik cerrahilerde görülen ciddi kanama riski nedeni ile antikoagülan ve antiplatelet ilaçların kullanımı kardiyoloji konsültasyonuna başvurarak, gerekli durumlarda kesilmelidir [130]. Abdominal operasyon öyküsü olan hastalarda ciddi yapışıklıklar olabilmektedir. Bu durum, operasyon süresinin uzamasına ve kanama riskinin artışına yol açabilmektedir [128].

Postoperatif fasiyal, oküler ve laringeal ödem ekstübasyonu geciktirebilir, oral veya nazal hava yolu araçlarının yerleştirilmesini veya yeniden entübasyonu gerektirebilir. Bilinen veya şüphelenilen hava yolu sorunları olan hastalarda

ameliyat sonrası risk daha da artabilir. Önceden var olan periferik nörolojik defisitler kaydedilmelidir. Glokom veya diğer oküler hastalıkları olan hastalarda, robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi sırasında iskemik optik nöropati riskinde artış olduğu kanıtlanmamıştır; ancak yine de göze özel sorular sorulmalı ve göz doktoruna konsülte edilmelidir [121].

2.2.7. Pnömooperitonyum

Laparoskopik ve robotik cerrahi görüş ve çalışma alanını genişletmek için periton boşluğuna gaz verilmesi sonucu pnömooperitoneum oluşturularak yapılır[131]. Pnömooperitoneum oluşturmak için en sık kullanılan gaz karbondioksittir. Karbondioksit periton boşluğuna 4-6 lt/dk oranında 10-20 mmHg basınçta verilir. Pnömooperitoneum 200- 400 ml/dk lık sabit bir gaz akışı ile korunur. İşlem sırasında artan İAB, hastanın pozisyonu ve karbondioksit Emilimi özellikle kardiyovasküler ve solunum sistemlerinde bazı fizyolojik değişikliklere neden olur. Gaz insuflasyonunun doğrudan etkilerinin yanı sıra bu değişikliklerin hasta üzerinde özellikle yaşlı veya ilişkili komorbiditeler varsa önemli etkileri olabilir[132].

2.2.7.1. Pnömooperitoneumun Kardiyovasküler ve Hemodinamik etkileri

Laparoskopi kardiyovasküler ve hemodinamik etkileri intraabdominal basınç artışına ve karbondioksit insuflasyonuna bağlıdır. Karbondioksitin peritondan Emilimi, yüksek suda çözünürlüğü ve dağılılabirliği nedeniyle normal olarak akciğerler vasıtasıyla elimine edilir. İntraoperatif ventilasyon bozulursa CO₂ absorpsiyonu hiperkapni ve asidoza neden olabilir. Hiperkapni kardiyak aritmilere,

pulmoner damarların vazokonstriksiyonuna ve kardiyak fonksiyonda karışık bir yanıtı neden olabilir. Hiperkapni ile ilişkili asidoz miyokardiyal kontraktilite üzerinde depresif bir etkiye sahipken, hiperkapni otonom sinir sistemini uyararak taşikardiye ve artmış miyokardiyal kontraktiliteye neden olabilir. Hiperkapniyi önlemek için, end-tidal CO₂ yakın intraoperatif izlenmesi bu nedenle önemlidir[44, 66]. Demirel ve ark. nın yaptığı laparoskopik bir çalışmada EtCO₂ düzeylerinin başlangıça göre %14 arttığını bildirmiştir [133]. Bu tür CO₂ birikimini ortadan kaldırmak ve sistemik asidozu önlemek için uygun ventilasyon değişiklikleri yapılmalıdır. Dumont ve ark. nın yaptığı bir çalışmada ise laparoskopik cerrahi geçiren hastalarda EtCO₂ deki artışa karşı koymak ve intraoperatif asidozu önlemek için solunum hızı %25,dakika ventilasyonu % 21 artış olacak şekilde ventilasyon ayarları yapıldığı bildirilmiştir [134].

Kardiyak depresyonu açıklayan diğer faktör intraabdominal basınç artışıdır. Artan İAB venöz dönüşü, sistemik vasküler rezistansı ve miyokard fonksiyonunu etkiler. Başlangıçta, splanknik dolaşımdan biriken kanın ototransfüzyonu nedeniyle, dolaşımdaki kan hacminde bir artış olur ve bu da venöz dönüşte ve kalp debisinde bir artışa neden olur. Bununla birlikte, intraabdominal basınç'taki daha fazla artış, inferior vena kavanın sıkışmasına, venöz dönüşün azalmasına ve ardından kalp debisinin azalmasına neden olur. Bu etki hipovolemik ve kardiyovasküler hastalığı olan hastalarda daha belirgindir.

Sistemik vasküler rezistans intraabdominal basıncın doğrudan etkileri nedeniyle ve aynı zamanda dolaşımdaki katekolaminlerin, özellikle epinefrin ve norepinefrin salınımındaki artış nedeniyle artar. Sistemik vasküler rezistans'daki bu

değişiklik genellikle kalp debisindeki azalmadan daha fazladır, sistemik kan basıncını korur ve hatta yükseltir. Artan SVR, sistolik ve diyastolik kan basınçları ve taşikardi miyokardiyal iş yükünde büyük bir artışa neden olur. Sonuç olarak, miyokardiyal iskemi meydana gelebilir [132]. Bazı araştırmacılar pnömoperitoneum sırasında kardiyak debide bir azalma olduğunu göstermişken, diğerleri kardiyak fonksiyonda minimal değişiklik bildirmiştir. Westerland ve ark. laparoskopik kolesistektomi uygulanan hastalarda kardiyak indekste %30'luk bir azalma olduğunu çalışma sonucu olarak bildirmiştir. McLaughlin ve ark. ayrıca pnömoperitoneum başladıktan sonraki 30 dk içinde kardiyak indeksin % 30 azaldığını bildirmiştir [135]. Zuckerman ve Heneghan ise laparoskopik kolesistektomi sırasında abdominal insuflasyon dan hemen sonra kardiyak indekste azalmanın meydana geldiğini, ancak abdominal insuflasyon dan sonra 10-15 dk içerisinde başlangıç seviyelerine döndüğünü bildirmiştir [136]. Bu gibi çalışmaların sonucu vücut değişen fizyolojiyi telafi ettiğinden, pnömoperitoneum sırasında oluşan kardiyak depresyon genellikle geçicidir.

Tablo 6. Pnömoperitoneumun Kardiyovasküler sistem üzerine etkileri

İAB <10 mm Hg	↑ VD → ↑ CO
İAB 10-20 mmHg	↑ İAB → ↓ VD → ↓ CO
	↑ İAB → ↑ SVR
	KB = ↓ CO × ↑ SVR
	↔ ↑ KB
İAB >20 mmHg	↓↓ VD → ↓↓↓ CO
	↓ KB

2.2.7.2. Pnömoperitoneumun Solunumsal Etkileri

Pnömoperitoneum ile artan intraabdominal basınç toraksa aktarılır. Basınç ve hacimdeki artışlar diyaframın sefale doğru hareket etmesine yol açarak intratorasik basıncın ve bunun sonucunda ortalama havayolu basıncının artmasına

neden olur. Akciğerlere uygulanan basınç, göğüs kafesinin ve akciğerlerin ekspansiyonunu kısıtlar. Fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma olur. Ekspiryum sonu alveol basıncı alveolün açıklığını devam ettirmek için yetersiz kalıp, atelektaziler oluşabilir. PEEP uygulanması ekspiryum bitiminde alveolün açık kalmasını sağlayarak FRK'deki düşüşü azaltır. Akciğer kompliyansı, pnömoperitonyum olmadan Trendelenburg pozisyonla %35 azalırken, pnömoperitonyum bunu daha da azaltır[71, 72]. Ayrıca insuflasyon için kullanılan karbondioksitin kanda çözülmesi ve akciğerlere iletilmesi sonucu dakika ventilasyonu artar ve sonuç olarak ortalama havayolu basıncı daha da artar [137]. Laparaskopi sırasında PaCO₂'de artışa yol açabilen sebeplerden biri pnömoperitonyum iken diğer sebepler:

- Abdominal distansiyon gibi mekanik nedenlere bağlı yetersiz pulmoner ventilasyon ve perfüzyon
 - Hasta pozisyonu
 - Volüm kontrollü mekanik ventilasyon

Laparoskopik cerrahi sırasında tepe inspirasyon basıncı (PIP) ventilasyon değişikliği olmadan % 17 ile % 109 arasında artabilir. Galizia ve ark. yaptıkları bir çalışmada kolesistektomi yapılan hastalarda PIP de anlamlı artış olduğunu bildirmişlerdir. PIP deki artışı sınırlamak için ventilasyon ayarı genellikle tidal hacim azaltarak yapılır[66].

Kontrollü mekanik ventilasyonda azalmış kompliyans nedeniyle istenilen tidal volümlere ulaşma için daha yüksek basınç değerlerine ulaşmak gerekir. Hastada

Tablo7. Pnömoreperitoneumun solunumsal etkileri

Acığer volümleri öz. FRK ↓
Hava yolu direnci ↑
Pulmoner kompliyans ↓
Hava yolu basıncı ↑
Barotravma riski ↑
V/Q uyumsuzluğu ↑

pnömoreperitonyuma ve pozisyona eşlik eden restriktif akciğer hastalığı ya da obezite varsa mevcut tablonun şiddetlenmesi beklenir.

Pnömoreperitonyum, CO₂'nin sistemik emilmesine bağlı olarak hiperkapniye yol açmaktadır. Komplike olmayan bir robotik cerrahide, PaCO₂, CO₂ insüflasyonu sonrası artar ve yaklaşık 15-30 dakika sonra plato çizerek aynı kalır. Genel anestezi ve kontrollü mekanik ventilasyon altındaki hastalarda, hiperkapni, alveolar ventilasyonu veya solunum frekansını arttırarak normal değerlere kolaylıkla çekilebilir. Hiperkapninin ventilasyonla yönetilemediği durumlarda periton basıncı azaltılabilir. Ekstraperitoneal CO₂ insüflasyonu, laparoskopik cerrahi esnasında en sık görülen respiratuvar komplikasyon olan subkütan amfizeme neden olabilir [138, 139].

Robotik cerrahide pnömoreperitoneum asemptomatik olabileceği gibi artan havayolu basınçlarıyla ya da desatürasyon ve hipotansiyonla da karşımıza çıkabilir. Komplike vakalarda inatçı hipotansiyon ve kardiyak arreste neden olabilir [139]. Böyle bir komplikasyon ile karşılaşıldığında cerrahi sonlandırılmalı ve hemen peritoneal hava boşaltılmalıdır. Eğer hastanın durumu operasyonun devamına izin veriyorsa, açık operasyona geçilmesi uygun olabilir.

Diyafragmanın sefale doğru şifti, özellikle trendelenburg pozisyonundayken ve insüflasyon sonrasında görülür. Karinayı sefale iter, endobronşial entübasyon gelişebilir[73]. Oksijen saturasyonunda düşme, plato havayolu basıncında artış oluşur. İnsüflasyon sonrasında ve pozisyon değişikliklerinde akciğerleri dinlemek önemlidir.

2.2.7.3. Diğer Sistemler Üzerine Etkileri

Renal etkileri: Belirgin şekilde artmış İAB, renal vasküler dirençteki artış ve glomerüler filtrasyon hızındaki azalma nedeniyle böbrek fonksiyonunu ve idrar çıkışını azaltır. Bu, kardiyak debideki azalma ile ilişkilidir.

Tablo 8. Pnömomperitonyum'un böbrekler üzerine etkisi.

İdrar çıkışı	Azalı
Glomerüler filtrasyon hızı	Azalı
Böbrek kan akımı	Azalı
Serum kreatinin düzeyi	Artar & Değişmez
Vazopressin	Artar

Gastrointestinal sistem etkileri: Laparoskopik cerrahi sırasında böbrekler dışında diğer organların (karaciğer, dalak, pankreas, mide, ince ve kalın barsaklar) kan akımlarında azalma gözlenmektedir. Bu azalma muhtemelen mezenterik damarların bası altında kalmasına bağlıdır[140]. Mezenterde kan akımının azalması geç dönemde ortaya çıkabilen ve oldukça nadir görülen mezenter embolisine neden olabilir[141]. Caldwell ve arkadaşları tarafından yapılan hayvan çalışmasında, intraabdominal basınçtaki artışın adrenal dışındaki tüm organlarda organ kan akımı indeksi (organ kan akımı/kardiyak output)'nde düşüşe neden olduğu saptanmıştır.

Kan akımındaki azalma bu organlarda iskemi ve sonrasında fonksiyonel bozukluklara yol açabilmektedir[142].

Laparoskopik cerrahinin intestinal sistem üzerine olan travmatik etkisi açık cerrahiye oranla daha azdır. Bu nedenle açık cerrahi sonrası görülen gastrik ve intestinal boşaltım bozukluğu (fizyolojik ileus) laparoskopik cerrahide açık cerrahiye oranla daha az görülür[143, 144]. Ayrıca, Schippers ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, laparoskopi sonrası intraabdominal basınç artışına rağmen gastroözafagial reflü insidansında artış izlenmemiştir[145, 146].

Nörolojik etkileri: Kafa içi basınç, İAB'daki artışla artar, bu da özellikle kardiyak debide bir azalma varsa, serebral perfüzyon basıncında bir azalmaya neden olabilir[132].

2.2.7.4. Gaz İnsüflasyonunun Etkileri

Aritmiler: Vagal stimülasyona atfedilebilen nodal ritim, sinüs bradikardisi ve asistoli, peritonun gerilmesiyle başlatılabilmektedir. Bu tür etkiler, peritonun hızlı gerilmesi nedeniyle insüflasyonun başlangıcında daha belirgindir.

Subkutan amfizem, pnömomediastinum ve pnömotoraks: Deri altı amfizem, pnömomediastinum ve pnömotoraks, gaz insüflasyon iğnesinin veya trokarların yanlış konumlanması, anatomik anomaliler veya artan karın basıncına atfedilebilen zayıf doku düzlemleri boyunca gaz diseksiyonu nedeniyle ortaya çıkabilir.

Venöz gaz embolisi: Venöz gaz embolisi nadir fakat potansiyel olarak ölümcül bir komplikasyondur. Karbondioksit doğrudan bir kan damarına infüze edilirse veya venturi etkisi ile gazın açık bir kaba çekilmesiyle ortaya çıkabilir.

Bununla birlikte, hipotansiyon, desatürasyon ortaya çıkabilir. Tedavi, batin bölgesinin hızlı deflasyonunu ve hastanın resüsitasyonunu içerir. Şiddetli ise, hasta diğer gaz embolileri için önerildiği gibi sol yan pozisyona yatırılmalıdır.

T travma: Trokarların sokulması, ameliyat anında hemen teşhis edilemeyen altta yatan organlara (örn. karaciğer, dalak, mesane, bağırsak) zarar verebilir. Kan damarlarında hasar da meydana gelebilir ve büyük kanamaya neden olabilir. Bu durumda kanamayı azaltmak için açık bir prosedürün gerekli olması muhtemeldir. Trokarlar doğrudan görme altında sokulursa organ hasarı riski azaltılabilir[146].

2.2.8. Aşırı Trendelenburg Pozisyon

Bazı robotik cerrahilerde pozisyonun fizyolojik etkisi birçok hemodinamik etkiye neden olur; alt ekstremitelerde perfüzyon basıncı azalır, Wills poligonunda ortalama arteriyel basınç artar, santral kan basıncı artar, kardiyak output azalır, normovolemik hastada vital organların perfüzyonu artar. Miyokard oksijen tüketimi, iskemi ve aritmiler artar, kardiyak olarak yüksek riskli hastalarda oksijen sunumu azalır[44].

Aşırı Trendelenburg pozisyonun birçok respiratuvar etkisi de vardır. Kompliyans azalır, akciğer volümleri %20 azalır, fonksiyonel rezidüel kapasite ve vital kapasite azalır, ventilasyon-perfüzyon bozukluğu olur[44]. Pnömo peritonyum da bunlara katkıda bulunur.

2.3. Solunum Sistem Mekanikleri

Akciğerlerin genişletilip daraltılması iki şekilde olur;

1. Diafram aşağı-yukarı hareket eder. Böylece göğüs kafesi uzayıp kısalır.

2. Kotlar yükselir, aşağı çekilir; toraks ön-arka çapı artıp azalmış olur.

Dinlenme halindeki rutin solunum çoğunlukla ilki ile olur. İnspiryumda diyafram kasılır ve akciğerlerin alt bölümünü aşağıya çeker. Bunu takiben ekspiryumda diyafram gevşer; akciğerlerin göğüs çeperinin ve karın dokularının elastik geri kaçma hareketi akciğerleri sıkıştırır. Ancak şiddetli solunum sırasında elastik kuvvetler gerekli hızda ekspirasyon meydana getirecek güçte değildir. Bunun için gerekli fazladan güç karın kaslarının kasılmasıyla karın organlarının diyaframı yukarı doğru itmesiyle elde edilir[147].

Akciğerleri genişleten diğer mekanizma göğüs kafesinin yukarı doğru kaldırılmasıdır. Kostalar doğal istirahat durumunda sternumu geriye omurgaya yaklaştıracak şekilde aşağı doğru eğimlidirler. Göğüs kafesi yükseldiği zaman kaburgalar sternumu omurgadan öne doğru uzaklaştıracak şekilde düzleşirler. Böylece maksimal inspirasyonda göğüs kafesinin arkadan öne doğru çapı ekspirasyondaki çapının %20'si kadar artar. Göğüs kafesini yükseltip aşağı çeken kaslar da inspirasyon ve ekspirasyon kasları diye buradan adını alırlar[147].

Akciğer mekaniklerinin monitörizasyonu, hastalığın tedavi uygulamalarının neden olduğu fizyolojik değişikliklerin izlenip değerlendirilmesi sürecidir. Mekanik ventilasyon solunum yetersizliklerinde hayat kurtarıcı olmakla birlikte, neden olduğu olumsuzluklar, özellikle ventilatör ile ilişkili akciğer hasarı, ventilasyon ve solunum mekaniklerinin yakından izlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Solunum monitörizasyonunun en temel hali havayolu basınçlarının takip edilmesidir. Böylece solumaya dair önemli veriler kaydedilebilir. Havayolu basınçları çoğu zaman ETT'ün(endotrakeal entübasyon) proksimali, devrenin

içinden veya solunum cihazının içinden ölçülebilir. Dolayısıyla inspirasyon akımının hızı ve ETT'ün çapı havayolu basınçları üzerine büyük bir etkindir. İnspirasyon akım hızı en yüksekten oluşan basınç, tepe havayolu basıncı adını alır. Bu değer havayollarının direncini ve solunum sisteminin elastik karşı koyuş basıncını gösterir; buna akciğer ve göğüs duvarının elastansları adı verilir. İnspirasyon sırasında akım 3 saniye kesilerek basınç ölçülür. Böylece ETT'ün direnci ve havayolu direnci, ölçülen basıncı etkilememiş olur. Bu şekilde elde edilen basınç plato basıncı adını alır. Plato basıncı inspirasyon sonunda alveolleri geren basınçtır[148]. Plato basıncının izlenmesi ve sınırlandırılmasının, ARDS'de ventilatör ile ilişkili akciğer hasarından ve mortaliteden korunmak açısından önemli olduğu ortaya konmuştur[149].

Solunum, hava yollarındaki basınç farkı ile gerçekleşir. Spontan-yardımsız solunumda intratorasik basıncın hava yolu açılma basıncına göre negatifleşmesi sonucu inspirasyon oluşur.

Mekanik ventilatör solunumunda intratorasik basınç, hava yolu basınçlarına göre daha negatiftir. Böylece mekanik ventilatör hastanın soluma işini azaltmış olur. Hastanın solunumu için gerekli pozitif basınçlar, ventilatör tarafından sağlanır. Hasta mekanik ventilatör ile solutulurken havayolu basınçları birtakım amaçlar doğrultusunda monitörize edilir. Bunlar Tablo 9.'da şu şekilde sıralanmıştır[150].

Mekanik ventilasyon sırasında izlenen en önemli parametre solunum sisteminin volüm- basınç ilişkileridir. Bu ilişki ilk kez Rahn ve ark. ile Fenn'in

yazıları ile ortaya konmuş ve daha sonra giderek üzerinde en çok durulan konulardan biri olmuştur.

Tablo 9. Solunum monitörizasyonunun amaçları
Yüksek basınçlar ile barotravma oluşma ihtimali
Akciğer mekanikleri takibi
Oto-PEEP takibi
Ekspiryum ve inspiryumda kas geriliminin takibi
Ağız kapama basıncının takibi
Solunum devre kontrolü
Ventilatör ile hasta etkileşiminin takibi

Bu yazarlar, volüm-basınç eğrisini sigmoid şekilli bir eğri olarak tanımlamışlardır. Düşük akciğer volümlerinde bu eğrinin eğimi az yani kompliyans düşüktür, akciğer hacmi belirli bir noktaya ulaştığında kompliyans hızla artar ve eğri dikleşir, akciğer hacimleri biraz daha arttığında ise, kompliyans tekrar azalır ve düzleşir. Volüm-basınç eğrisi olarak bilinen bu eğride kompliyansın aniden arttığı nokta alt infleksiyon noktası olarak adlandırılır ve bu nokta kapalı alveollerin açılmaya başladığı nokta olarak kabul edilir. Yüksek akciğer volümlerinde kompliyansın tekrar düştüğü nokta ise üst infleksiyon noktası olarak adlandırılır ve alveollerin aşırı gerilmeye başladığı nokta olarak kabul edilir[148].

Ventilatörün ayarlanmasında alt ve üst infleksiyon noktalarının kullanılması ile uygulanan akciğer koruyucu ventilasyon stratejisinin ARDS hastalarında mortaliteyi azalttığı en az bir randomize çalışmada gösterilmiştir[148].

Hastalar mekanik ventilatör ile solutulurken dikkat edilmesi gerekli olan birtakım özellikler, ventilatör-hasta etkileşimi ile ortaya çıkmaktadır. Bu etkileşimin oluşmasında solunum sistemine ait özelliklerin önemi büyüktür. Takip edilen solunum mekaniklerine ait değişimler ile mekanik ventilasyon ile solutulan hastalarda istenen veya istenmeyen etkilerin ortaya çıkmasında önemlidir. Standart

ventilasyon stratejilerinin uygulanması herhangi bir hastalığı olmayan kişilerde ciddi bir sorun oluşturmazken; kardiyak ya da akciğer hastalığı olan kişilerde, solunum mekaniklerinin değişmesiyle birtakım fizyolojik değişikliklere ve sistem ya da doku hasarına neden olabilmektedir. Elde edilen solunum mekaniklerine göre, ventilasyon stratejileri yeniden düzenlenirse, ventilasyonun istenmeyen etkilerinin ortaya çıkışı önlenmiş olur[151].

Göğüs duvarı, akciğer ve akciğer dışı havayolları solunum sistemini oluşturan başlıca yapılardır. Karın duvarı ve diyafram gibi solunumla yer değiştiren vücut yapıları, göğüs duvarının mekanik özelliklerinin ortaya koyulmasında, göğüs kafesinden ayrı olarak yer almaktadır. Solunum sistemindeki yapılar tüp veya kese şeklinde bulunurlar. Trakea, bronşlar gibi yapılar tüp yapısında; alveoller, diyafram, karın duvarı gibi yapılar ise kese şeklindedir. Havanın iletilmesinde tüp şekilli yapılar görev alır. Uzunluğu ve çapı belli iki tüpün iki ucu arasında meydana gelen basınç farkı ile oluşan akım, mekanik özellikleri belirlemektedir. Keseye benzer yapıların içinde ise hava vardır. Bu yapıların mekanik özelliklerini, içlerindeki havanın hacminin neden olduğu, duvarın genişlemesinin sağlayan basınç farkı arasındaki ilişki belirler. Tüm bu özellikler nedeniyle, solunum sistemi ve akciğerlere ait mekanik özellikler basınç-akım ve basınç-hacim değerlendirilmesiyle tanımlanabilmektedir[151].

2.3.1. Akciğerlerdeki Havanın Hareketini Sağlayan Basınçlar

Akciğerlerin elastik yapısı nedeniyle, içerisindeki havanın, içeride kalmasını sağlayacak bir kuvvet yoksa, akciğerler kollabe olur ve iletilen havayolları ile bulundurduğu havayı dışarı atar. Aynı zamanda, mediasten orta kısımda,

hilumundan tutunduğu kısım haricinde, göğüs kafesi ile akciğerleri bağlayan herhangi bir bağlantı yoktur. Akciğerler göğüs boşluğunda yüzmektedirler. Bu yüzme hareketini, plevralar arasında bulunan ve hareketini kolaylaştıran plevral sıvı içinde yapmaktadırlar. Plevral sıvının fazlası lenfatik kanallara sürekli emildiği için visereal plevra ile paryetal plevra arasında negatif bir basınç oluşur. Bu nedenle, akciğerler göğüs duvarına sanki yapışmış gibi durur, toraks genişleyip daraldıkça bulundukları bu sıvı içinde kayma hareketi yaparlar[147].

2.3.2. Plevral Basınç ve Solunum Hareketleri Sırasındaki Değişiklikler

Plevra basıncı akciğer plevrası ve göğüs çeperi plevrası arasındaki dar alanda bulunan sıvı basıncıdır. Plevra basıncı negatif bir basınçtır. Basıncı -5 cmH₂O kadardır. Akciğerler bu basınç sayesinde oluşan emme kuvveti ile istirahat halindeyken bile açık kalabilirler. İnspiryum halinde iken göğüs kafesi genişler ve akciğerleri dışarı iter. Böylece bu negatif basınç -7,5 cm H₂O'ya çıkar[147].

2.3.3. Alveoler Basınç

Akciğer alveollerinin içindeki basınçtır. Glottisin açık olduğu ve akciğerlerden içeri veya dışarı hiçbir hava akımının olmadığı durumda, solunum ağacının tüm bölgelerinde ve alveollere giden tüm yollardaki basınçlar atmosfer basıncına eşittir. Bu basınç, -yani 0 cmH₂O basıncı- hava yollarında sıfır referans basıncı olarak değerlendirilir. İnspirasyonda havanın içe doğru akışını sağlamak üzere, alveollerdeki basınç atmosfer basıncından biraz daha düşük bir düzeye inmelidir. Ekspirasyon sırasında alveol basıncı +1 cmH₂O kadar yükselir ve bu

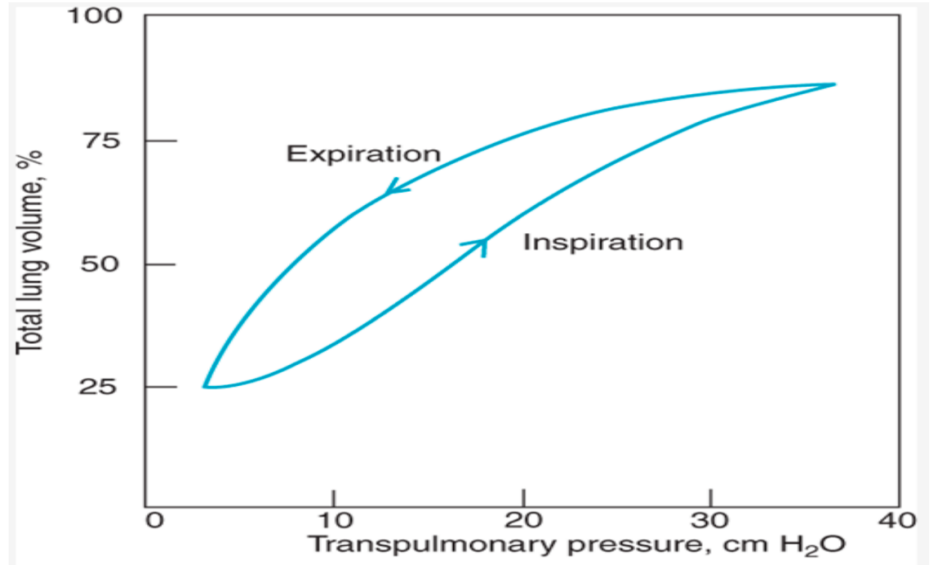
basınç, inspirasyonda alınan 0,5 litre havayı, 2 ile 3 saniyelik ekspirasyon süresince akciğerlerden dışarıya atar[147].

2.3.4 Transpulmoner Basınç

Akciğerlerin basınç-hacim ilişkilerinin incelenmesi için sık kullanılan bir yöntem deney hayvanının akciğerlerinin çıkarılması ve transpulmoner basınç değişikliklerine karşı oluşan hacim değişikliklerinin grafiğinin çizilmesidir.

Transpulmoner basınç trakea içindeki basınç ile intraplevral basınç arasındaki farktır. Böylece tüm akciğer boyunca oluşan basıncı gösterir. Statik durumda alveol içi basınç hava yolu içindeki basınca eşittir. Hiç hava akımı yokken transpulmoner basınç alveoler transmural basınç veya alveolü geren basınca eşittir.

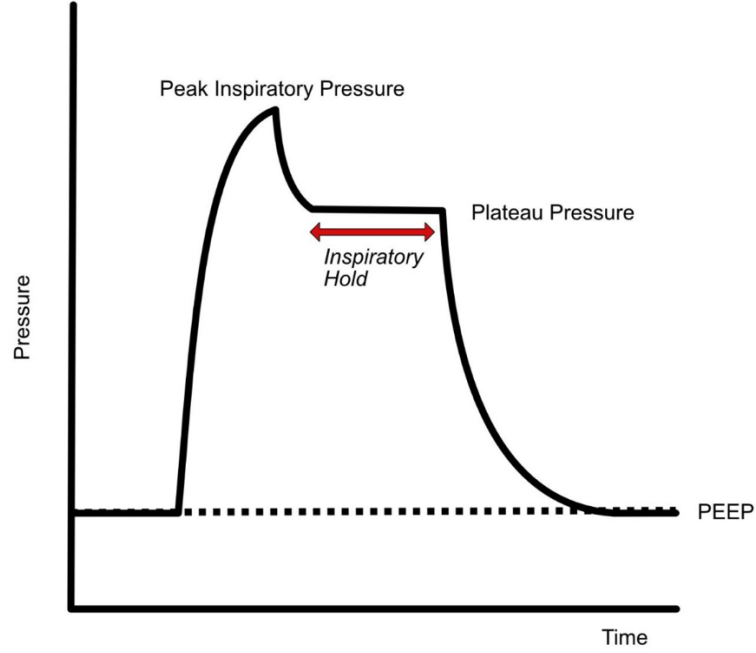
Şekil 1’de görüldüğü gibi transpulmoner basınç arttıkça akciğer hacmi artar. Düşük akciğer hacimlerinde akciğerler daha kolay şişerken, hacimler arttığında alveol duvarını oluşturan elastik doku zaten gerilmiş durumda olduğundan transpulmoner basınç artışları ne kadar büyük olursa olsun ancak küçük hacim artışlarına neden olacağıdır[152].



Şekil1.: İzole akciğerlerin basınç-hacim eğrileri[153]

2.3.5. Havayolu Tepe Basıncı

Gereken hacim ve akış değişikliğini sağlamak için proksimal havayollarına uygulanmış en yüksek basıncı tanımlamaktadır (Şekil 2.). Solunum cihazından başlayıp akciğerde alveollere uzanan havayolunda oluşacak bir problem tepe basıncını etkilemektedir. Yeterli inspiryumun sağlanması için alveollerin esnekliği ile oluşan direncin ve havayollarının çapı nedeniyle oluşan direncin yenilmesi gerekmektedir. Bir başka ifadeyle ventilatörün hem hava yolu direncini hem de alveolar direnci yenmek için ürettiği basınçtır. Basıncın amacı, ayarlanan inspirasyon akışını ve belirlenen tidal hacim hedefini elde edebilmektir. Ventilasyonda PEEP oluşturuluyorsa bu durum da alveollere havanın ulaşabilmesi adına yenilmesi gerekli olan başka bir yük demektir.



Şekil 2: Peak ve plato basınç zaman eğrisi (http://iciaf.com/?page_id=32)

2.3.6. Havayolu Plato Basıncı

Gaz akışının olmadığı zaman diliminde ölçülür ve akciğerlerde TV'nin devam edebilmesi adına gereken basınç seviyesi olarak tanımlanmaktadır[76]. Solunum sistemi veya akciğerin inspiratuar stresini temsil eder. Pplato'nun yükselmesinin en önemli nedeni yüksek PEEP ve VT kullanılmasıdır [154].

Plato basıncı genellikle ölçülür, ancak hesaplama ile de bulunabilir. Ölçme 2 şekilde yapılır. Bunlar; Inspiratuar tutma: Kullanıcı tarafından gerçekleştirilen manuel son inspirasyon tutma ve hızlı kesinti yöntemi: Ventilatör tarafından kısa, otomatik son inspiratuar oklüzyon manevrası. En küçük kareler sıgdırma yöntemi ile de bilgisayar tarafından hesaplanır. En sık kullanılan manuel inspiratuar tutma yöntemi ile ölçülmesidir. Anestezi cihazlarında genelde hızlı kesinti yöntemi

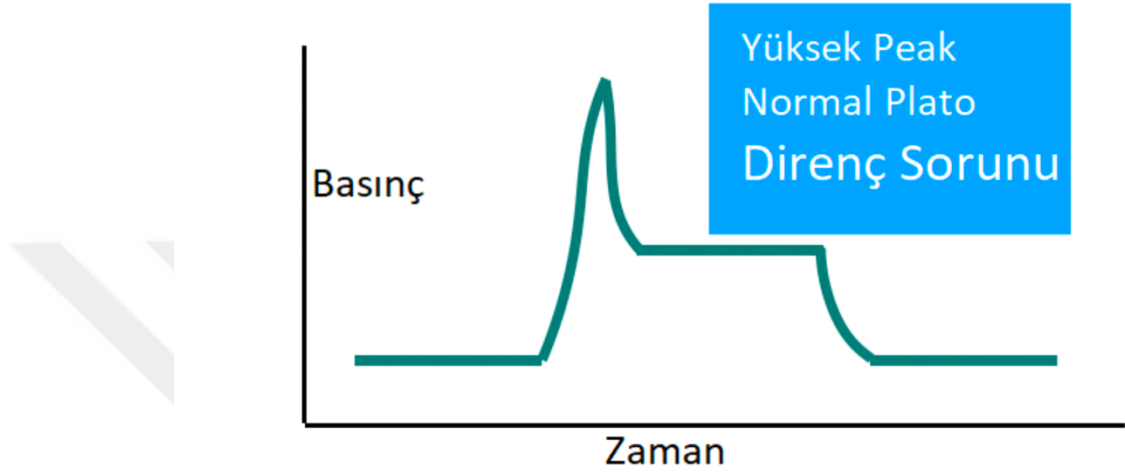
kullanılır. Bu yöntemde volüm kontrol modunda akış olmadığında, inspirasyonda kısa bir süre bekletme manevrası (0.5-1 sn) yapılarak Pplato ölçülür [155]. İnspiratuar volüm akciğerlerde tutulduğunda hava yolu basıncı başlangıçta azalır ve daha sonra Pplato denen kararlı bir düzeye erişir. Tüm modern ventilatörlerde, Pplato'nun güvenilir bir şekilde hesaplanması için inspirasyon süresinin yüzdesi olarak bir inspirasyon sonu akış duraklaması (%10- 20) ayarlamak mümkündür. Bu şekilde hem inspiratuar hem de ekspiratuar valfler kapalı ve akış sıfır olduğunda hava yolu basıncı Pplato'ya yaklaşır. Pplato ve PEEP, bir solunum döngüsünün uç noktalarında alveolar seviyede uygulanan birim alan başına kuvveti ölçen statik değişkenlerdir, ancak ilişkili hacim değişikliğini, hacim genişleme oranını veya sonuçta ortaya çıkan gerilimi doğrudan yansıtmazlar[154].

Yüksek Pplato'nun, postoperatif pulmoner komplikasyon riskinde artışla ilişkili olduğu gösterilmiştir [156]. Pplato seviyeleri 16 cmH₂O 'dan yüksek olduğunda bile daha kötü postoperatif sonuçlarla ilişkili bulunmuştur. Bu durum, ameliyat olan hastalarda, sağlıklı akciğerlerin düşük solunum stresi seviyelerinde bile zarar görebileceğini düşündürmektedir [154].

Ventilatör, bronşlar ve alveollerdeki basıncın, inspirasyon sonunda eşitlenmesi için inspirasyon sonunda mekanik ventilatör ekshalasyon valvi 0.5-1 sn. kadar kapatılır ve alveol basıncını yansıtmış olur. Ppeak-Pplato arası 7 ± 2 cm H₂O kadar fark vardır. Barotravmadan korunmak için Plato basıncı <30cm H₂O olmalıdır.

Peak ve Plato basınçlarındaki yükselmeler:

Yüksek peak ve normal plato basıncı (Şekil 3.): Direncin artışı ile ilgili sorunlar bu duruma neden olur.



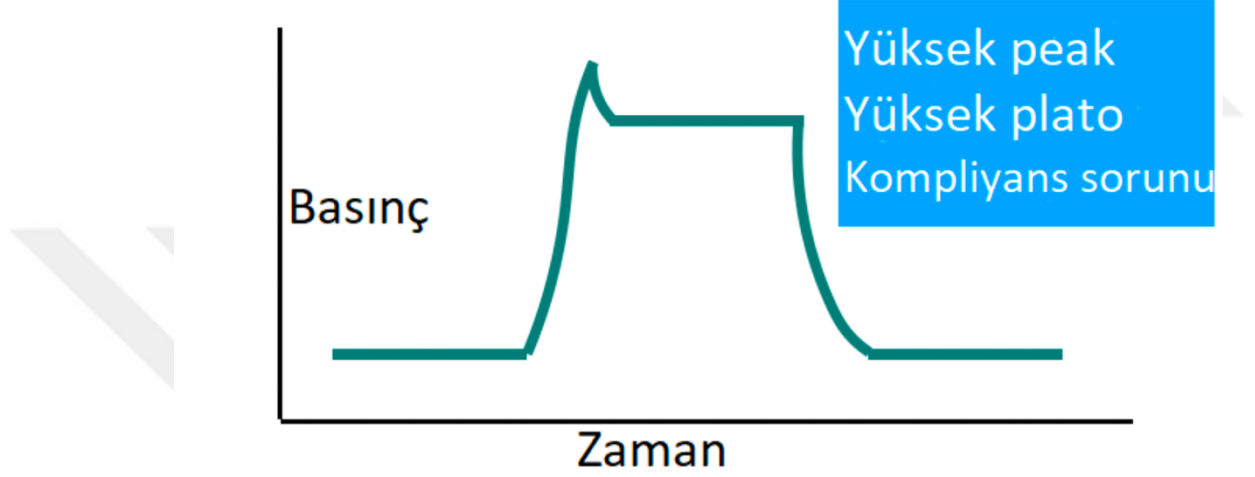
Şekil 3. Yüksek peak ve normal plato basıncına ait grafik [157]

Endotrakeal tüpte veya distal bronşta çapı azaltan ve dolayısıyla ventilatörün, istenen tidal volümü elde etmek için basıncı artırmasını gerektiren bir direnç vardır. Yüksek peak basınçları ile ilgili yaygın sorunlar ve bu sorunlara yönelik çözümler şunlardır:

- Devrede bükülme olabilir: Ventilatör hortumunu kontrol edilmeli
- Sıvı birikimi: Devre içindeki sıvı temizlenmeli
- ETT'ü ısırmak: Sedasyon artırılmalı veya airway yerleştirilmeli
- Küçük çaplı ETT: Tüpü değiştirmek düşünülmeli
- Yüksek akış hızı veya tidal hacim: Ventilatör ayarları yapılmalı
- Ventilasyon uyumsuzluğu: Sedasyon artırılmalı
- Laringospazm veya bronkospazm: Steroidler veya epinefrin düşünülmeli
- Mukoza tıkanması: ETT'yi temizlenmeli

- Yabancı cisim olup olmadığı kontrol edilmeli ve varsa çıkarılmalı[157]

Yüksek peak ve yüksek plato basınçları (Şekil 4.): Herhangi bir nedenle akciğerin düşük kompliyansı bu soruna neden olur.



Şekil 4. Yüksek peak ve yüksek plato basınçlarına ait grafik[157]

Bazı nedenlerden dolayı akciğerlerin düşük kompliyansı bu soruna neden olabilir ve bu da ventilatörü basıncı artırmaya zorlar. Bu nedenler şöyle sıralanabilir:

- Pnömoni: Eğer bu tablo giderek kötüleşiyorsa, ventilatörle ilişkili pnömoni düşünülmeli. Akciğer röntgeni görüntülenmeli, hastanın kültürleri alınmalı ve geniş spektrumlu antibiyotiklere başlanmalıdır.
- Pulmoner ödem: Diüretik tedavi düşünülmeli ve PEEP ayarlanmalıdır.
- Oto-PEEP: Hastanın tam bir ekspiryum yapamadığı durumlarda görülür. KOAH ve reaktif hava yolu hastalıklarında oto-PEEP oluşmaktadır. PEEP, tidal hacimler veya İnspirasyon: Ekspirasyon süresinin oranı ayarlanmalıdır. Sedasyon başlamak da düşünülmelidir. Çok

şiddetliyse, hasta ventilatörden ayrılarak (ve manuel olarak ventile edilerek) ve havanın devreden çıkmasına izin verilerek bu durum hemen düzeltilebilir.

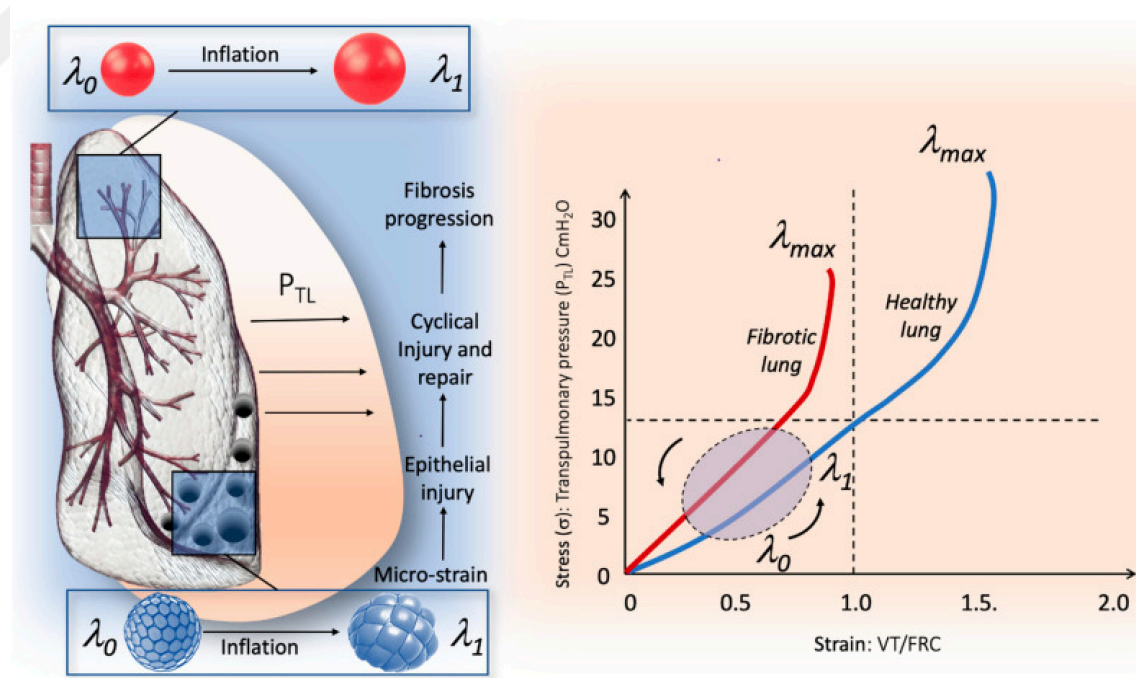
- Sağ ana bronş entübasyonu: Endotrakeal tüp geri çekilmelidir.
- Pnömotoraks: Bu durum, ani başlangıçlı hipoksi ve hipotansiyon birlikte varsa düşünülmelidir. Ultrason ve/veya akciğer röntgeni ile değerlendirilmelidir. Göğüs tüpü yerleştirilmesi düşünülmelidir.
- Atelektazi, pulmoner fibröz hatta abdominal kompartman sendromu gibi abdominal sorunlar da plato basınçlarını artırabilir[157].

2.3.7. Stres ve Strain

Stres ve strain, bir cisme etki eden dış kuvvetlerin etkisini tanımlamak için bir çok alanda kullanılan terimlerdir. 1960'larda stres ve strain terimleri solunum mekaniğini tanımlamak amacıyla akciğer fizyologları tarafından tanımlanmıştır. Akciğer stresi, PEEP ve tidal hacme bağlı olarak kuvvetlerin dağılımını açıklarken; strain ise akciğer hacminde ortaya çıkan değişikliği açıklamaktadır[158, 159].

Aynı tidal hacim ile ventile edilen aynı vücut ağırlığına sahip hastaların akciğerleri, fonksiyonel akciğerlerinin boyutlarına bağlı olarak farklı kuvvetlere maruz kalabilir. Solunum mekaniğinde akciğer stresi, gerilmiş alveolar duvarlar ve akciğer iskeleti tarafından oluşturulan elastik basınçların tersine akciğer parankimine uygulanan net gerilme basınçlarını yansıtır. Stres akışın olmadığı durumlarda transpulmoner basınca eşittir.

Strain, bir cismin yaşadığı deformasyonu temsil eder. Doğal, gerilmemiş durum olduğu varsayılan cismin başlangıç uzunluğu veya hacmi ile karşılaştırıldığında uzunluktaki veya hacimdeki değişiklik olarak tanımlanır. Akciğer mekaniğinde ise FRK; gerilmemiş, istirahat halindeki akciğer durumu olarak kabul edilir. Mekanik ventilasyonda uygulanan tidal volüm ise bu yapıda meydana gelen değişimdir. Buna göre akciğer straini tidal volümün FRK'ye oranıdır. Strain kavramı aynı ideal vücut ağırlığı ve tidal volüme sahip hastaların farklı FRK ile farklı yaralanma risklerine sahip olabileceğini gösterir. Spesifik seviyelerin üzerinde strain oluşumu akciğer hasarının klinik ve biyokimyasal belirteçleri ile ilişkilidir(Şekil 5.)[160].



Şekil 5.: Akciğerdeki mikro- strain ve stres-strain eğrisi arasındaki ilişki[161]

2.3.8. Kompliyan ve Elastans

Akciğer kompliyanı belirli bir transpulmoner basıncın her seviyesi için akciğerin ne kadar şiştiğinin bir göstergesidir. Akciğer kompliyanı akciğerin hacimleri ile yakından ilişkilidir. Özellikle çok yüksek veya çok düşük FRK'ye sahip olan hastalarda kompliyan düşmektedir[159]. Sağlıklı yetişkinlerde akciğer kompliyanı 0.09 – 0.26 L/cmH₂O arasında değişir. Yenidoğanlarda ise erişkinlere göre çok daha düşüktür ve bu nedenle akciğerin şişirilmesi kolay değildir[162].

Kompliyan, volümün basınca oranı olduğu için basınç-hacim eğrisinin herhangi bir noktasında eğim belirlenerek tahmin edilebilir[162]. Düşük kompliyanla karakterize hastalıklarda (ARDS, Pulmoner fibrozis) basınç-hacim eğrisi daha düzdür ve sağa kayar. Amfizem gibi elastisitenin azaldığı hastalıklarda ise basınç-hacim eğrisi sola kayar ve daha dik olur[159].

Kompliyan yaş ile azalır. Akciğerlerin elastikiyeti kaybolduğu için pulmoner fibrozis veya pulmoner konjesyonda ciddi şekilde azalır. Plevranın sertleştiği durumlarda, göğüs deformiteli hastalarda veya ciltteki skarlar nedeniyle ekstratorasik basıncın arttığı durumlarda akciğer esnekliği ve kompliyanı azalır[162].

Solunum sistemi elastansı ise akciğer ve göğüs duvarını germek için gereken basınçların toplamıdır. Elastans ile kompliyan ters orantılıdır. Hava yolu basıncının akciğer ve göğüs duvarına hangi oranlarda uygulandığının belirlenmesi için elastansın bilinmesi önemlidir. Tüm solunum sistemi elastansı hava yolu basıncının tidal volüme oranı olarak hesaplanabilir fakat akciğer ve göğüs duvarı

elastansının ayrı ayrı bilinebilmesi için transpulmoner basıncın bilinmesi gerekmektedir[163].

2.3.9. Mekanik Power

Mekanik ventilasyon her ne kadar hayat kurtarıcı bir destek tedavisi olsa da ventilatörün akciğer hasarına yol açabildiği bilinmektedir. Ventilatör ilişkili akciğer hasarı (VILI) mekanik ventilasyonun istenmeyen bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır [164]. VILI ventilatörün akciğer parankimine olan etkisi ile parankimin bu etkiye verdiği tepkinin etkileşiminin sonucudur [165]. Ventilatör kaynaklı VILI sebepleri; basınç, akış, hacim ve solunum sayısıdır [166-170]. Akciğer kaynaklı VILI'yi destekleyen koşullar ise akciğer boyutlarının azalması, akciğer heterojenitesinin artması, stres faktörlerinin artması ve siklik açılıp kapanmaya sebep olan ödem miktarına bağlıdır [171-174].

Mekanik power (MP) tek bir inspirasyon döngüsünde solunum sistemine aktarılan enerjidir ve birimi Joule/dk'dır. Mekanik power ölçümü için en iyi yöntem, inspiryumda hacim ve basınç ölçümlerinin yüksek bir örnekleme hızında direkt ölçülmesidir. Ancak özel ekipman gerektiren bu ölçümün yatakbaşı yapılması zordur [164]. Bu nedenle basınç- volüm eğrisi üzerinden MP'nin hesaplandığı özel denklemler türetilmiştir.

MP kavramının, ventilatörün sebep olduğu akciğer hasarını öngörmede tek bir parametre olarak kullanılması yoğun ilgi görmüş ve üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda MP'nin artmış mortalite, yoğun bakım yatış süresi, ventilatöre bağlı geçen süre ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [175-180].

2.3.10. Havayolu Rezistansı

Hava yolu direnci, hava yolu boyunca 1 litre/dakika gaz akımı oluşturmak için gerekli olan basınç olarak tanımlanır[181]. Hava yolu çapı daraldığı zaman havayolu direnci artar. Havayolu obstrüksiyonunun derecesi hakkında bilgi verir. Solunum yollarında hareket eden gaz, devamlı sürtündüğü için bu sürtünme sonucu kaybedilen enerji olarak ifade edilebilir. Havayolu direncini gazın hızı, dansitesi ve türbülansı belirlemektedir.

Mekanik ventilasyonda havayolu rezistansı (R), ETT'ün çapı ve solunum devresinin büyüklüğünden ve havayolu bütünlüğünden direkt etkilenmekte olan parametredir. Trakea entübasyonu, mekanik ventilasyon esnasında havayolu direncini artıran en önemli faktörlerden biridir[182]. Havayolu direnci, havayolu çapı azaldıkça artmaktadır. Entübasyonu takiben havayolu direncinde yaklaşık %200'lük bir artış olduğu gösterilmiştir[183]. Havayolunun tümör ya da dışarıdan herhangi bir baskı ile daraltılması, bronkokonstrüksiyon, sekresyonlar ile havayolu daralması havayolu rezistansını artırmaktadır. Endotrakeal tüp tarafından oluşturulan hava yolu irritasyonu sonucu gelişen refleks aktiviteye bağlı yaygın bronkokonstrüksiyon, havayolu direncini daha da arttırabilmektedir[183].

Havayolu rezistansının normal aralığı, akım 30 l/dk olarak ayarlanınca 0,6-2,4 cmH₂O/l/sn'dir. Entübe hastada endotrakeal tüpün çapı azaldıkça, havayolu direnci daha da yükselmektedir. R; $(P_{peak}-P_{plato}) / \text{akım}$ formülü ile hesaplanabilir. Ancak çoğu mekanik ventilatör içerdiği otomatik formül ve hesaplar ile havayolunu basıncını çıktı olarak göstermektedir.

Hava yolunun direnci arttıkça, hastaya gereken hava akımını sağlamak için oluşturulması gereken basınç farkı daha büyük olmalıdır. Bu durum da hastanın solunum işinin artmasına neden olur. Bronkospazmın tedavisi için kullanılan bronkodilatatörlerin sıklığı ve dozu, havayolu direncinin monitörizasyonu ile ayarlanabilmektedir [85, 150].

2.3.11. Fonksiyonel Rezidüel Kapasite

Bir normal ekspirasyon sonundaki kalan akciğer hacmi fonksiyonel rezidüel kapasite olarak tanımlanır. Alveollerin açık kalmasını sağlayan kalıntı hava miktarıdır. FRK, iki veya daha fazla hacmin toplamından oluşan bir akciğer kapasitesidir. Bu nedenle spirometri ile ölçülemez, hesaplanması gerekir. Hesaplama için kullandığımız denklem: $FRK = RV + ERV$ (Şekil 6.). Normal bir bireyde ortalama 2300 ml dir.

Fonksiyonel rezidüel kapasiteyi etkileyen faktörler:

Vücut özellikleri: FRK genellikle ağırlıkla ters orantılıdır, obezite FRK'yi belirgin derecede düşürebilir.

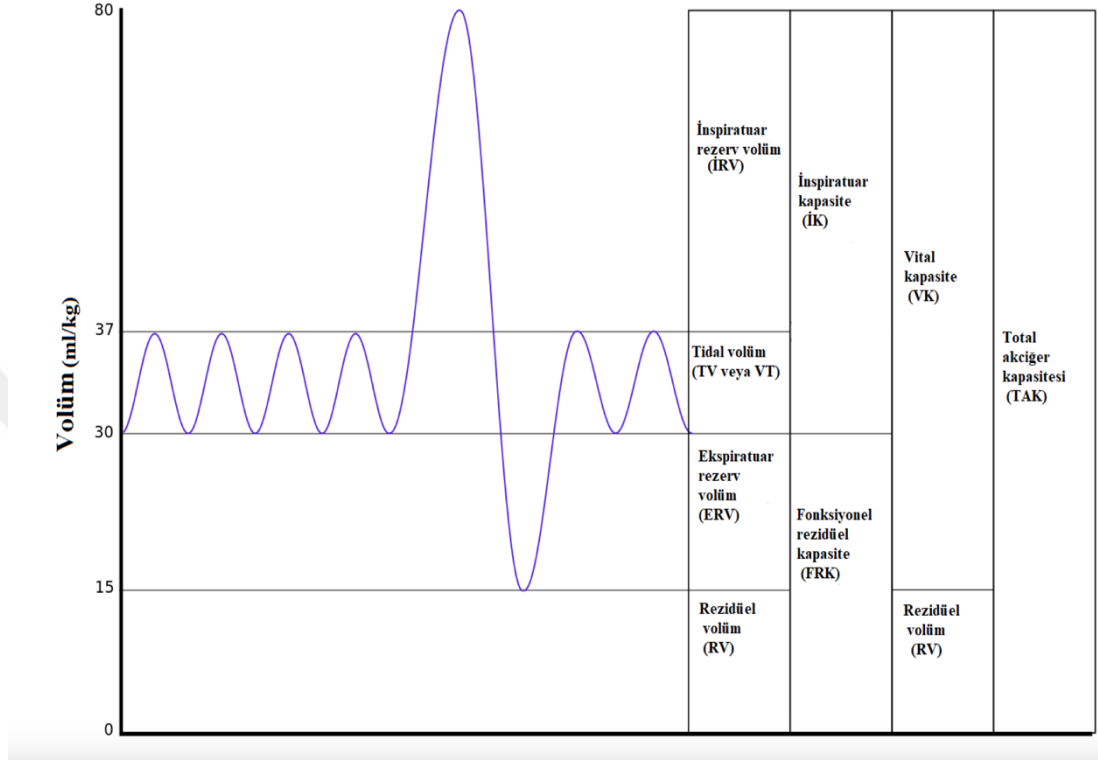
Cinsiyet: FRK kadınlarda erkeklere oranla yaklaşık %10 daha düşüktür.

Postür: FRK hasta ayakta durur pozisyonundan supin veya prone pozisyona geçtikçe azalır. Karın içi dokuların diyafragma doğru itilmesi ile göğüs kompliyansının azalması sonucu gelişir.

Diafragma tonusu: bu normalde fonksiyonel rezidüel kapasiteyi meydana getirir.

Akciğer hastalıkları: restriktif akciğer hastalıkları akciğer ve göğüs kompliyansının

azalması sonucu fonksiyonel rezidüel kapasite düşer[184].



Şekil 6. Akciğer Volümleri ve Kapasiteleri

(Delgado BJ, Bajaj T. Physiology, lung capacity. 2023[185].

2.4. Konvansiyonel Mekanik Ventilasyon

Solunumu hiç olmayan ya da yetersiz olan hastaların ihtiyacı olan akım ve hacimlerin istenen sıklık ve sürelerle sağlanması veya istenen akım ve hacimlere ulaşacak şekilde desteklenmesi amacıyla mekanik bir cihaz kullanılarak gerçekleştirilen solunum uygulamalarına mekanik ventilasyon (MV) denir.

Mekanik ventilatörün tarihçesi 1500’lü yıllara kadar uzanmaktadır. İlk MV tarifi 1555 yılında Andreas Vesalius tarafından ‘Trakea’nın gövdesinden bir delik açılmalı, buraya bir kamyş yerleştirilmeli ve buradan üflenerek akciğerler tekrar şişirilmeli ve kalp güçlü hale getirilmelidir’ şeklinde tariflenmiştir. Mekanik

ventilasyonun yaygın klinik kullanımı ve gelişimi 1950'li yıllarda görülen poliyomiyelit salgınından sonra olmuştur. İlk pozitif ventilasyon ise Boston'da Massachusetts Hastanesi'nde uygulanmıştır [186].

Mekanik ventilasyonda amaç ventilasyon ve/veya oksijen yetersizliği durumlarında, bu duruma neden olan patoloji ortadan kalkana kadar veya tedavi edilinceye kadar akciğerlerin kollabe olmasını önlemek, ventile edilmesini sağlamak ve kanı yeterince oksijenlendirmektir.

Mekanik ventilasyonun klinik hedefleri ise:

- Hipokseminin düzeltilmesi
- Akut respiratuvar asidozun düzeltilmesi
- Solunum distressinin giderilmesi
- Atelektazi oluşumuna engel olunması ve mevcut atelektazilerin açılması
- Solunum kaslarının güçsüzlüğünün giderilmesi
- Sedasyon ve kas gevşemesine olanak sağlanması
- Sistemik ve miyokardiyal oksijen tüketiminin azaltılması
- Göğüs duvarının stabilizasyonudur.

Mekanik ventilasyonu kontrol eden parametreler: zaman, volüm, basınç, inspiryum: ekspiryum oranı (İ: E), akımdır [187].

Zaman kısıtlayıcı (zamanı kontrol eden) ventilasyon: gaz istenen inspiratuvar zamana ulaşana kadar akar. Basınç, volüm değişken olabilir. Genellikle yüksek frekanslı ventilatuvar tekniklerle kullanılır (sıklıkla pediatrik).

Volüm kısıtlayıcı (volümü kontrol eden) ventilasyon; gaz istenen tidal volüme ulaşana kadar akar. Tidal volüm ve dakika ventilasyon sabittir. inspiratuvar

basınçlar ve I: E oranı değişken olacaktır. Yetişkinlerde Mekanik Ventilasyonda en sık kullanılan kısıtlayıcı parametredir.

Basınç kısıtlayıcı (basıncın kontrol edildiği) ventilasyon; gaz istenen inspiratuar basınca ulaşana kadar akar. Basınç sabittir. Tidal volümler ve dakika ventilasyon değişkendir. Akciğerlerin kompliyansına ve rezistansına bağlıdır. Sıklıkla akut akciğer hasarında kullanılır (ARDS).

inspiyum: Ekspiryum oranı ile kısıtlanan (kontrol edilen) ventilasyon; aslında zaman kısıtlayıcı ventilasyonun bir varyantıdır. Gaz ayarlanmış I: E oranına ulaşılana kadar akar. Tidal volümler and basınçlar değişkendir. Sedasyon ve paralizi gerektirebilir. Ağır obstruktif bozukluğu olan yetişkinlerde veya akut akciğer hasarında kullanılabilir.

Akım kısıtlayıcı (akımın kontrol edildiği) ventilasyon; gaz inspirasyonu belirleyen fiks bir zaman boyunca akar. Gaz basıncının (potensiyel enerji) ventilatörü yönlendirme yeteneği vardır. Savaş alanı ve aero medical uygulamalarda kullanılır[187].

Mekanik ventilasyonda modlar

1)Kontrollü Modlar: “Ne ayarlarsan onu alırsın”. Ventilasyonu tamamen ventilatör kontrol eder. PaCO₂ hassas kontrol gerektirdiğinde (nadiren) kullanılır.Sıklıkla sedasyon gerektirir.

2) Assiste Modlar: İki form var: Assist kontrol mod ve Aralıklı Zorunlu Ventilasyon (SIMV). En sık kullanılan modlardır. Bu formlar hasta spontan nefes aldığında farklıdır.

Asist Kontrol Mod: Ventilator ayarlanan solunum hızında makine solukları verir. Hastanın spontan solukları ventilatör tarafından asiste edilir. Hastanın başlatmasına yanıt olarak ventilatör tam bir makina soluğu verir. Hastanın soluk sayısını iki katına çıkarması dakika ventilasyonda 2 katına çıkarır. Kriz durumlarında veya yüksek dakika ventilasyon gerektiren hastalıklarda faydalı[187].

Aralıklı Zorunlu Ventilasyon: Ventilator ayarlanan solunum hızında makine solukları verir. Hastanın spontan solumasına izin verilir fakat spontan soluk desteklenmez. Volüm, akım ve zaman hasta tarafından ayarlanır. Dakika ventilasyonda daha az dramatik dalgalanmalar olur. Daha fazla konfor sağlar ve sık kullanılan bir moddur[187].

2.5. Akciğer Koruyucu Mekanik Ventilasyon

Perioperatif dönemdeki en önemli kısım postoperatif morbiditeyi azaltmaktır. Postoperatif komplikasyon görülen robotik cerrahi hastalarında hastane yatışı uzar, sıklıkla fonksiyonel bağımsızlık ve uzun süreli sağ kalımları azalır. Cerrahi işlem ve genel anestezi sonrası oluşan pulmoner komplikasyonlar, postoperatif morbidite ve mortalitenin önemli bir nedeni olup, hastane bakımında artan maliyetlerle ilişkilidir [11]. Genel anestezi sırasında mekanik ventilasyon ile gerekli gaz değişimi sağlanır. Mekanik ventilasyonun başlangıcında sağlıklı akciğerleri olan hastalarda uygunsuz ventilatör ayarları, akut akciğer hasarını (akut lung injury, ALI) başlatabilir ve oluşan akut akciğer hasarı ventilatör ilişkili akciğer hasarı (ventilator-induced lung injury, VILI) olarak adlandırılır [11, 12].

Yüksek bir tidal hacim (VT; 10-15 mL/kg ideal vücut ağırlığına; İVA göre) uygulanmasının daha iyi gaz değişimi ve intraoperatif akciğer mekaniğini

koruyabileceği bilindiğinden, intraoperatif ventilasyon için geleneksel olarak tavsiye edilir. Ancak bununla birlikte, deneysel ve klinik çalışmalardan elde edilen kanıtlar, mekanik ventilasyonda özellikle yüksek VT'nin alveolar aşırı gerilmeye ve organ hasarına neden olabileceğini göstermektedir[13]. ARDS olan hastalarda sıklıkla uygulanan düşük VT ventilasyonu, ameliyathanede genel anestezi uygulanan hastalarda giderek artan sıklıkla kullanılmaktadır[11]. Akciğer koruyucu mekanik ventilasyon stratejisi, rekrutment manevraları olsun veya olmasın, PEEP ile düşük VT'nin (4-8 ml/kg total vücut ağırlığına göre) kullanımını ifade eder [14]. Bu stratejilerin temel amacı akciğerde barotravma ve volütravmayı önleyecek düşük VT uygulayarak alveoler gerginliği azaltmak, alveollerde her solukla tekrarlayan kapanıp açılmalar ile oluşan travmayı önlemek için bu açılıp kapanmaları PEEP ile azaltmak ve oksijen toksisitesinden korumaktır[15]. Düşük VT, düşük sürüş basıncı ve düşük veya orta düzeyde PEEP ile intraoperatif mekanik ventilasyonun açık batın cerrahisi geçirecek olan hastalarda postoperatif akciğer fonksiyonunu düzelttiği gösterilmiştir[188]. İntraoperatif koruyucu ventilasyonun postoperatif sonuçlar üzerindeki etkisini araştıran en büyük kapsamlı çalışmalardan biri, batın cerrahisi geçiren ve orta/yüksek postoperatif pulmoner komplikasyon geliştirme riski taşıyan 400 hastanın, koruyucu veya konvansiyonel ventilasyon uygulanması için randomize edildiği IMPROVE çalışmasıdır. Bu çalışmada işlem süresi boyunca hastalara VT 6-8 mL/İVA, 6-8 cmH₂O PEEP uygulanmış ve 30 dakikada bir tekrarlanan rekrutment manevrası yapılmıştır. Konvansiyonel gruptaki hastalara ise VT 10-12 mL/İVA, sıfır PEEP uygulanmış ve rekrutment manevrası uygulanmamıştır. Sonuç olarak koruyucu ventilasyon grubunda majör

pulmoner ve pulmoner olmayan komplikasyonların önemli ölçüde azaldığı gösterilmiştir[189]. Genellikle düşük veya sıfır PEEP'in eşlik ettiği yüksek VT stratejileri, intraoperatif atelektaziyi önlemek için kullanılmıştır. Ancak bununla birlikte, bu stratejiler akciğerlere zarar verebilecek ve postoperatif pulmoner komplikasyonlara yol açabilecek akciğer birimlerinin aşırı gerilmesine ve tekrarlayan kollaps ve yeniden açılmasına neden olabilir. Esas olarak düşük VT'den oluşan koruyucu bir ventilasyon yaklaşımı, postoperatif pulmoner komplikasyon sıklığını azaltır [190].

2.5.1. Düşük Tidal Volüm Ventilasyonu

ARDS'de kullanılan düşük tidal volüm ventilasyonu, ameliyathane ortamında da sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır [11]. Uygulanacak VT her zaman total vücut ağırlığı(TVA) yerine ideal vücut ağırlığına göre titre edilmelidir. Bu durum özellikle obez hastalarda büyük önem taşımaktadır[189, 191].

Genel anestezi, solunum kas tonusunun kaybıyla büyük ölçüde pulmoner fizyolojiyi etkiler. Bu kas tonusu kaybı, normal VT ayarlarında kontrollü tidal solunum ile birleştiğinde, ilerleyici atelektazi, fizyolojik şant ve kandaki arteriyel oksijen basıncının azalmasına yol açar. Kollabe olmuş hava boşluklarını yeniden açmak için kullanılan periyodik büyük hacimli soluklar, oksijenasyonu eski haline getirir ve hastalar sabit büyük VT ayarlarında ventile edildiğinde, oksijen basıncındaki kademeli düşüş ortadan kalkar. Bununla birlikte 10 mL/kg üstündeki VT ayarlarının, postoperatif pulmoner komplikasyonlar, çoklu organ yetmezliği ve yoğun bakımda kalış süresinde uzama ile yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir. Alveolar aşırı gerilmeye neden olan yüksek VT ile ventilasyonun, ventilatörle

ilişkili akciğer hasarını başlatabileceğine ve inflamatuvar mediatörlerin sistemik salınımı yoluyla ekstrapulmoner organ disfonksiyonuna katkıda bulunabileceğine dair deneysel ve gözlemsel çalışmalardan elde edilen önemli kanıtlar vardır[189]. Tidal volümü 6.3 mL/kg'a kadar azaltmanın faydalı olduğu gösterilmiş, ancak daha düşük VT'lerin olumlu ya da olumsuz etkisi hakkında yeterli kanıt elde edilmemiştir [192]. Geçmişte 10 mL/kg kadar yüksek VT'ler kullanılmış olsa da deneysel ve klinik çalışmalar, yaklaşık 4 ile 5 mL/kg'lık VT'lerin yeterli gaz alışverişine izin verdiğinden akciğer koruması için daha uygun olabileceğini göstermiştir [13, 193]. Geniş randomize kontrollü bir çalışmada, düşük tidal volümlü mekanik ventilasyonun ve PEEP'in açık abdominal cerrahi sırasında, solunum sistemi kompliyansında ve gaz değişiminde ilerleyici bir bozulmaya neden olmadığının gösterilmiştir [194]. Ayrıca bu durum yapılan randomize kontrollü çalışmalar ve meta-analizde, anestezi indüksiyonundan cerrahinin sonuna kadar PEEP olmadan düşük tidal volümle yapılan ventilasyonun, atelektaziyi önemli ölçüde artırmadığı gösterilmesiyle de desteklenmiştir[13, 175].

2.5.2. PEEP Uygulaması

PEEP uygulaması akciğerleri açık tutup her solunum döngüsünde tekrarlayan açılıp kapanmalardan koruyarak fayda sağlamaktadır. Düşük VT ile PEEP uygulanmadığında, tekrarlayan açılıp kapanmalar akciğer için zararlı olabilmektedir. Ancak özellikle kardiyak yetersizliği olan ve vazoaaktif ilaç alan hastalarda PEEP uygulamasının yan etkileri faydasından fazla olabileceği düşünüldüğünden, PEEP kullanımı için halen bir çekince oluşturmaktadır [195].

Klinik uygulamalarda üç PEEP düzeyi mevcuttur:

1- Fizyolojik PEEP: PEEP düzeyi 3-5 cmH₂O ise buna fizyolojik PEEP denir. Komplikasyona neden olabilecek bir PEEP düzeyi değildir. Sadece FRK'nin azalabileceği öngörülen durumlarda (supin pozisyonu, entübasyon gibi) normal FRK'yi korumak adına uygulanabilir.

2- Orta düzey PEEP: PEEP düzeyinin 5-15 cmH₂O aralığındaki değerleridir. Azalmış FRK ve azalmış kompliyansın eşlik ettiği intrapulmoner şantın sebep olduğu hipoksemi tedavisinde kullanılmaktadır. En sık kullanılan PEEP düzeyidir.

3- Maksimal PEEP: 15 cmH₂O üzerindeki PEEP düzeyleridir.

Bir de optimal PEEP kavramı vardır. Optimal PEEP; oksijen transportunun en iyi düzeyde olduğu, PEEP'in yan etkilerinin gözlenmediği PEEP değeri olarak tanımlanır. Bu düzeyin belirlenmesinde PaO₂ ve SaO₂ düzeyleri temel alınır[186].

Düşük tidal volüm kullanımının koruyucu rolü kuvvetle önerilmekle birlikte, optimal PEEP'in nasıl belirleneceği konusunda bir fikir birliği yoktur. Postoperatif atelektaziye karşı koruyucu rolü nedeniyle orta düzeyde PEEP'in (5 ile 8 cm H₂O) kullanılması önerilmektedir. Ancak bununla birlikte son yıllarda yapılan çalışmalar, göğüs duvarı boyutları ve şekli, abdominal içerik, akciğer ağırlıkları ve plevral basınçlar gibi hastaya ait özelliklerden kaynaklanan PEEP gereksinimlerindeki büyük değişkenlik nedeniyle, sabit bir PEEP değerinin tüm hastalara uymasının olası olmadığını göstermektedirler [194, 196]. Bir çalışmada, majör abdominal cerrahi geçiren hastalarda, en az 5 cmH₂O olan PEEP'in postoperatif pulmoner komplikasyon olasılığını azalttığı, ancak aynı PEEP'in kraniyotomi yapılan hastalarda postoperatif pulmoner komplikasyonlar üzerinde

etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle PEEP'in postoperatif pulmoner komplikasyonlar üzerindeki koruyucu etkilerinin, cerrahi işleme özgü olduğu düşünülmektedir [197]. Ek olarak, göğüs duvarı kompliyansı zayıf olan hastalar, daha yüksek PEEP seviyelerine ihtiyaç duyarlar ve optimal havalandırma için bu hastalarda bir rekrutment manevrası gerekebilir [198]. Son yıllarda, PEEP'in alveollerde neden olduğu aşırı gerilmeyi önlemek için solunum sistemi kompliyansı, oksijenasyon, şant değerleri ve basınç-hacim eğrisine dayalı PEEP titrasyon yöntemleri önerilmektedir[199].

2.5.3. Sürücü Basıncı

Hava yolu sürücü basıncı (driving pressure; DP), fizyolojik bir parametre olup, P_{plato} ve PEEP arasındaki farktan hesaplanır ve her solukta akciğer parankiminin maruz kaldığı straini (zorlanma) yansıtır[19]. Akciğer straini; solunum sırasında volüm değişiminin dinlenme volümüne oranı (dV/V_0) olarak tanımlanırken, akciğer stresi; akciğer yapılarında gerilme güçlerine karşı oluşan basınç olarak tanımlanır. Solunum sistemi kompliyansı (C_{rs}), VT ile sürüş basıncı arasındaki orandır [19].

$$DP = P_{\text{plato}} - PEEP$$

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

$$DP = VT / C_{rs}$$

İlk olarak 1998 yılında tek merkezli olarak yapılan bir çalışmada, Amato ve ark. düşük VT ve yüksek PEEP seviyeleri ile düşük inspiratuar sürüş basınçlarını (20 cmH₂O'dan düşük) sürdürmeye dayalı bir strateji kullanarak ARDS hastalarında mortalitede azalma olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, bu meta-

analizde yatak başında solunum stratejisinin bir parçası olarak sürüş basıncının en iyi nasıl azaltılacağı belirsiz olmasına rağmen, 13–15 cmH₂O'nun altında sürüş basıncının hedeflenmesi önerilmiştir[200]. Sürüş basıncı, solunum sisteminin statik kompliyansına göre düzeltilmiş VT'yi temsil eder ve sürüş basıncını bir güvenlik sınırı olarak kullanmak, mekanik ventilasyon sırasında döngüsel veya dinamik gerilimi azaltmak için VT ayarlamasının daha iyi bir yolu olabilir [19]. Düşük sürüş basıncının, mekanik ventilasyon sırasında oluşan siklik akciğer gerilmesini azaltarak, inflamasyonu azalttığı, böylece mortalitede azalmaya neden olduğu düşünülmektedir [155].

Yapılan çalışmalar sürüş basıncının, önceden var olan bir akciğer hasarı olmaksızın VILI riskini derecelendirdiğini göstermektedir[188, 201]. Bir meta-analizde, sürüş basıncının hem daha yüksek mutlak değerlerinin hem de sürüş basıncı artıran PEEP değişikliklerinin, intraoperatif olarak daha kötü klinik sonuçlarla ilişkili olduğunu gösterilmiştir [175]. Ayrıca, solunum sistemi kompliyansını en üst düzeye çıkarmayı ve dolayısıyla sürüş basıncını en aza indirmeyi amaçlayan bir PEEP belirleme stratejisi önerilmiş ve randomize kontrollü çalışmalarla test edilmiştir[194, 202]. Sürüş basıncı, PEEP'in ayarlanmasında bir araç olarak kullanılabilir. PEEP artırıldığında sürüş basıncı düşüyorsa, akciğerin rekrut edilebilir olduğu kanaatine varılır, düşmüyorsa akciğer rekrut edilemez ve PEEP artışı aşırı distansiyona sebep olur [203]. Park ve arkadaşları torasik cerrahide, tek akciğer ventilasyonunda sürüş basıncına göre PEEP ayarlanmasının geleneksel ventilasyon yöntemlerine kıyasla postoperatif pulmoner komplikasyonları azalttığını bulmuşlardır[201]. Gouri Mini ve ark. ise

açık abdomen cerrahisinde sürüş basıncına göre kişiselleştirilmiş PEEP uygulamasının postoperatif pulmoner atelektaziye azalttığını göstermişlerdir [204].

2.5.4. Rekrütment Manevrası

Rekrütment manevrası (RM), atelektatik akciğer ünitelerini açmak için uzun süreli ve yüksek basınç düzeyleri uygulanmasıdır. Rekrütment manevrası akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun bir basamağı olmakla birlikte, atelektatik bölgeleri açmaya hizmet ederek anestezi sırasında oksijenasyon ve ventilasyonda artışa neden olmaktadır. Komplians ve FRK gibi parametreleri de düzeltmektedir. Aynı zamanda solunum eforu ve pulmoner sağdan sola şantı azaltır[18, 205]. Atelektazi, genel anestezi sırasında tüm hastaların yüzde 90'ında görülebilmektedir[156]. Aynı zamanda kümülatif olarak morbidite ve mortalite üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olan postoperatif pulmoner komplikasyonlar arasındadır[206].

İntraoperatif RM kullanımına ilişkin genel kabul görmüş bir fikir birliği olmamasına rağmen, iyi bilinen bir dizi temel ilke ve yönelim noktası belirlemek mümkündür[18]. Atelektatik akciğer dokusu için, 10-15 sn boyunca devam eden 30-40 cm H₂O basınçla rekrütment manevraları uygulanmaktadır. Bu basınçlı insuflasyon vital kapasiteye eş değer olduğu için, vital kapasite manevrası olarak da adlandırılır[207]. Laparoskopik cerrahi uygulanan obez ve sağlıklı hastalarda, rekrütment manevrasının pnömoperitonyumun solunum üzerine etkilerini tersine çevirdiği gösterilmiştir[208]. 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. RM önemli fakat risksiz değildir. Örneğin, artan intratorasik basınç, venöz dönüşün azalması yoluyla dolaşım üzerinde depresif bir etkiye sahiptir. Kalp debisi gibi arteriyel basınç da düşer ve bunun sonucunda oksijen taşıma kapasitesi üzerinde olumsuz bir etki oluşur. Bu nedenle, belirgin hipovolemi RM'ler için bir kontrendikasyon olarak değerlendirilmektedir[205, 209]. Kardiyak aritmi de rekrutment manevralarının olası bir olumsuz etkisidir[209]. RM'lerin, hassas akciğer parankiminin aşırı bölgesel gerilmesine atfedilebilecek pulmoner barotravma için bir miktar risk içerdiği de gösterilmiştir. Bu durum alveolar hemoraji ile birlikte yapısal hasara yol açabilir; ayrıca akciğer dokusunda ventilasyon kaynaklı hasar pnömotoraksa neden olabilir[210]. Ayrıca, mekanik organ stresi enflamatuvar mediatörleri (örn. IL-8 ve TNF- α) serbest bırakabilir ve bu mediatörlerin akciğerlerin yanı sıra kan dolaşımı yoluyla diğer organlar üzerinde de zararlı etkileri olabilir (biyotravma hipotezi)[211, 212]. Böbreklerde ve bağırsakta da hücrel apoptozise neden olabilir. Araştırmacılar bunun inflamatuvar araçlar ile proapoptotik faktörlerin etkileşiminden kaynaklandığını düşünmektedir[213]. Ameliyat sonrası komplikasyonların gelişmesi için risk faktörleri olan hastalarda, özellikle de bu hastalar yüksek oranda cerrahi travmaya maruz kaldığında, ilgili bir endikasyon olması durumunda RM'lerin kullanımı da dahil olmak üzere akciğer koruyucu ventilasyon parametrelerinin uygulanması mantıklı görünmektedir.

İntraoperatif RM'ler için başlıca endikasyon, hipoksemi ve ventilasyonun yanı sıra akciğer kompliyansında da bozulmaya yol açan atelektazidir. Genel anestezi alan hastaların yüzde 90'ında atelektazi gelişse de, bu hastaların hepsi

RM'ye ihtiyaç duymaz[214]. Rezorpsiyon atelektazisi sık görülen bir endikasyondur ve genellikle anestezi indüksiyonundan birkaç dakika sonra ortaya çıkar. Bu durum, alveoller ve kapillerler arasındaki gaz alışverişi taze gaz tedarikini aştığında ortaya çıkar. Rezorpsiyon atelektazisi, yüksek düzeyde FiO₂ ile preoksijenasyon ve sırtüstü pozisyonda kas gevşemesinden kaynaklanan ventilasyonun yeniden dağılımı ile desteklenebilir[215]. Son iki faktör aynı zamanda kompresyon atelektazisine de neden olabilir. Bu da plevral basıncın artmasına neden olur. Plevral basınç alveolar basıncı aştığında, bu durum tipik olarak diyaframa yakın ve dorsal yerleşimli olan etkilenen akciğer bölgesinin kollapsına yol açar[216, 217]. RM'ler için diğer endikasyonlar arasında endotrakeal aspirasyon ve bağlantının kesilmesi, çok yüksek dozda oksijen ile intraoperatif ventilasyon ve ARDS yer almaktadır[205]. Kontrendikasyonları ise Tablo 10.'de belirtilmiştir[205, 218].

Tablo 10. RM Kontrendikasyonları
Pulmoner amfizem
Hemodinamik instabilite
Sağ kalp yetmezliği
Yüksek serebral basınç

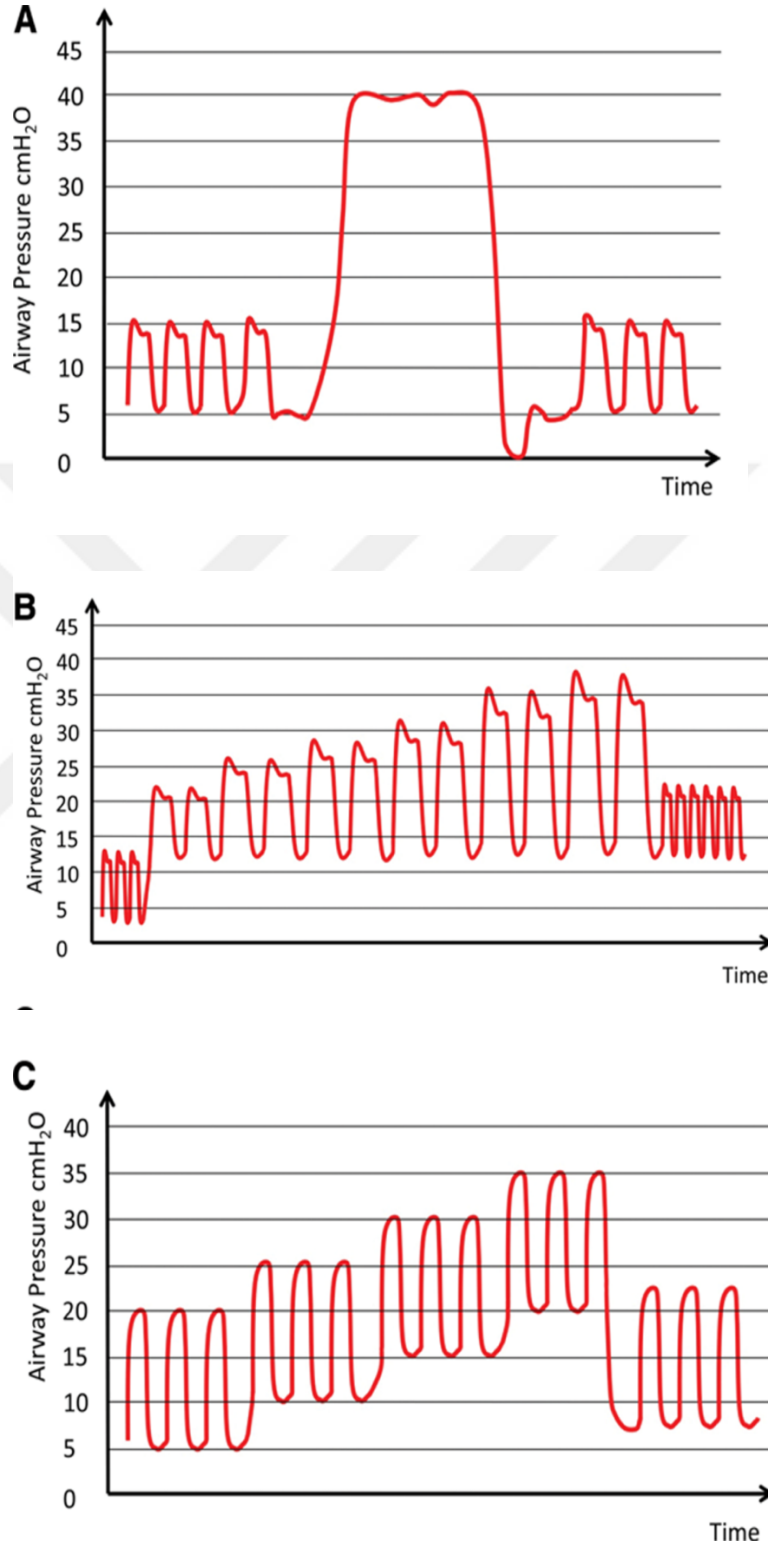
Genel olarak rekrutment manevrası sırasında uygulanan inspire edilen gaz karışımları hakkında yeterli veri bulunmamakla birlikte sıklıkla %100 oksijen kullanılmaktadır. Ancak yüksek konsantrasyonda oksijen kullanılması (FiO₂> %60) sıklıkla hipoventile olan akciğer ünitelerinde absorpsiyon atelektazisine neden olur. Bu durumdan kaçınmak için rekrutment manevrası uygulamasında yeterli basınçta, yeterli sürede ve mümkün olan en düşük oksijen konsantrasyonunda gaz

karışımı kullanımı önerilmektedir [219]. Rekrutment sağlandıktan sonra herhangi bir şekilde ventilatörden ayrılan hastalarda ve oksijen satürasyonu değerlerinde kalıcı düşüşler oluşan hastalarda rekrutment manevrası tekrarlanmalıdır. Klinik kullanımda 3 temel rekrutment manevrası uygulama yöntemi bulunmaktadır;

1. CPAP manevrası: 10-30 saniye 40 cmH₂O sabit basınç ile rekrutment uygulaması sonrasında standart ventilasyona devam edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Hemodinamik instabilite gelişmesine neden olabilir. Kullanılan FiO₂'ye de bağlı olarak akciğerin tekrar kollabe olmasının çok da uzun sürmediği gözlemlendiği için standart ventilasyonda devamında PEEP kullanımı önerilmektedir.

2. 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 (Şekil 7A-B-C.)[207, 220].

3. Otomatik Rekrutment: Çalışmamızda da kullandığımız Drager Perseus A500 mekanik ventilatöründe otomatik rekrutment uygulamaları mevcuttur. Bu uygulamalar tek basamaklı ve çok basamaklı RM olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 7A-B-C.: Recruitment manevrası (A) Anestezi makinesinin hava yolu basıncı sınırlayıcı valfini kullanarak "torba sıkma" ile yapılır, muhtemelen

barotravma riskiyle birlikte aşırı basınçla veya kontrollü mekanik ventilasyon yeniden başlatıldığında küçük hava yollarının kapanma basıncından düşüklüğü ile sonuçlanır. (B) Hacim kontrollü ventilasyon sırasında "kademeli tidal hacim artışı". Pozitif ekspirasyon sonu basıncı (PEEP) 12 cm H₂O'ya, solunum frekansı 6 ila 8 nefes/dakikaya ayarlanır ve tidal hacim hedef açılma basıncına (örn. 30 ila 40 cm H₂O) ulaşılan kadar 4 ml/kg'lık adımlarla 8 ml/kg'dan artırılır. Bu basınçta üç ila beş soluktan sonra PEEP 12 cm H₂O'da tutulur, tidal hacim 6 ila 8 ml/kg'a düşürülür ve solunum frekansı normokapniye ayarlanır. (C) Basınç kontrollü ventilasyonda 15 ila 20 cm H₂O sabit sürüş basıncında PEEP'in kademeli olarak artırılması. PEEP 5 cm H₂O'luk adımlarla (adım başına 30 ila 60 saniye) 20 cm H₂O'ya kadar artırılır. Hedef inspirasyon basıncına ulaşmayı sağlayan bir PEEP seviyesinde üç ila beş soluktan sonra PEEP ve tidal hacim istenen ilgili seviyelere ayarlanır.

3-GEREÇ VE YÖNTEM

Bu retrospektif çalışma Gazi Üniversitesi Hastanesi Tıbbi Araştırmalar Etik Kurulu'nun 28.02.2023 tarih ve 156 karar numaralı onayı sonrasında yapıldı. 2012 ile 2022 tarihleri arasındaki kliniğimizde derin Trendelenburg pozisyonunda robotik cerrahi geçiren hastaların demografik verileri, hemodinamik parametreleri, ventilasyon parametreleri, intraoperatif ve postoperatif anestezi derlenme odasında gelişen komplikasyonlar hasta dosyalarından retrospektif olarak taranarak kayıt altına alındı. Bu kayıtlar ile çalışmanın verileri oluşturuldu. Bu kayıtlardan şekil 1'de gösterilen bilgiler derlendi ve elde edilen veriler uygun istatistiksel yöntemler ile değerlendirildi.

Şekil 8. Çalışmada değerlendirilen veriler

Demografik veriLer

- Yaş
- ASA

Hipertansiyon

- Diabetes mellitus
- Sigara kullanımı

İntraoperatif veriler

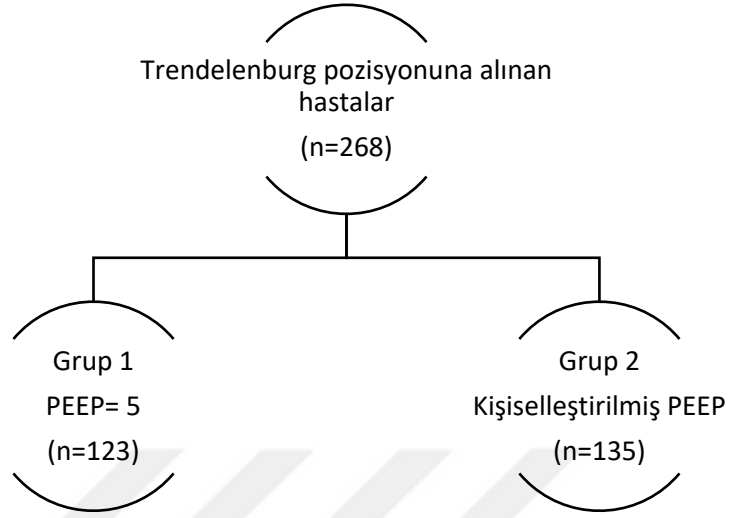
- Hemodinamik veriler
- İntraoperatif ventilasyon parametreleri
- Komplians
- Havayolu basınçları (plato basınç, driving basınç)
- Oksijen saturasyonu (SpO2)
- End tidal karbon dioksit (EtCO2)
- Rekrutment manevraları (yapıldı/yapılmadı)
- PEEP

Cerrahi sonrası erken dönemde gelişen solunumsal komplikasyonlar

- Ekstübasyon süresinde uzama, tekrar entübasyon ihtiyacı

Çalışma dönemi boyunca Trandelenburg pozisyonunda robotik cerrahi yapılan 268 hastanın 258'inin verilerine ulaşıldı. Hastaların kayıtlarından bu hastaların 123'üne sabit PEEP uygulandığı ve 135 hastaya rekrutment manevraları (RM) ile kişiselleştirilmiş PEEP uygulandığı tespit edildi. RM'sının entübasyon sonrasında, insüflasyon sonrasında, pozisyon sonrasında ve desüflasyon ve pozisyonun düzeltilmesi sonrasında yapıldığı tespit edildi. Hastalar sabit PEEP uygulanan (Grup 1) ve kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan (Grup 2) olmak üzere iki gruba ayrıldı ve gruplar arasında veri analizi yapıldı.

Şekil 9: Çalışmaya dahil edilen hasta grupları ve sayıları



Hastalara ait demografik veriler, hemodinamik veriler ve mekanik ventilasyon verileri anestezi gözlem kağıtlarından taranarak kaydedildi. Entübasyon sonrası hasta supin pozisyonundaki (T1), RM uygulandıktan sonraki (T2), hasta supin pozisyonunda pnömoperitonyum oluşturulduktan sonraki (T3), RM uygulandıktan sonraki (T4), hasta trendelenburg pozisyonuna alındıktan sonraki (T5), RM uygulandıktan sonra (T6), supin pozisyonuna alındıktan ve desüflasyon sonrası (T7) veriler kaydedildi ve karşılaştırıldı.

Komplians, PEEP, SpO₂ değerleri T1, T2, T3, T4 ölçüm zamanlarında karşılaştırıldı. Hastaların postoperatif derlenme odasındaki solunumsal komplikasyonları iki grup arasında karşılaştırıldı. Atelektazi ve pnömotoraks tanısı postoperatif akciğer grafilerinden, solunum sıkıntısı, bronkospazm ve solunum desteği ihtiyacı hasta kayıtlarından elde edildi.

İstatistiksel Yöntemler

İstatistiksel analiz için SPSS 21.0 bilgisayar paket program kullanıldı. Hastaların demografik verileri, intraoperatif hemodinamik ve solunumsal verileri ve postoperatif solunumsal komplikasyonları Mann-Whitney U test, Student's t-

test, and χ^2 test ile değerlendirildi. Tamamlayıcı istatistikler frekans, yüzde dağılımı, mean ve median olarak sunuldu. $P \leq 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4-BULGULAR

Anerstezi uygulaması ve monitorizasyon

Hastalara, ameliyat odasına alındıktan sonra EKG, pulse oksimetre ve invaziv arteriyel monitorizasyon uygulandı, anestezi indüksiyonu için 2-2,5 mg/kg iv propofol, intravenöz 0,2 $\mu\text{g/kg/dk}$ remifentanil infüzyonu ve nöromusküler bloker ajan olarak 0,6 mg/kg rokuronyum verildi ve endotrakeal entübasyon uygulandı. Endotrakeal entübasyon ile hava yolu sağlanan hastaların anestezi idamesi, 1 MAC sevofluran ve 0.1-0.3 $\mu\text{g/kg/dk}$ remifentanil infüzyonu ile sürdürüldü. Cerrahi bitiminde postoperatif ağrı kontrolü için tüm hastalara 0,1 mg/kg iv morfin, 1,5 mg/kg iv tramadol, 75 mg iv diklofenak verildi. Ayrıca antiemetik olarak 4 mg iv ondansetron uygulandı. Tüm hastalar 4 mg/kg sugamadeks uygulaması sonrasında ekstübe edildi, yeterli uyanıklık sağlandıktan sonra derlenme odasına gönderildi. Postoperatif takipte VAS >4 olan hastalara ise 1 mg/ kg tramadol iv uygulandı.

Rekrutment manevrası tekniği

RM literatürde tarif edildiği şekilde basınç kontrollü mekanik ventilasyon sırasında ‘Pozitif ekspiryum sonu basınç (PEEP)’in basamaklı olarak artırılması’ tekniği ile uygulandı. RM boyunca pik hava yolu basıncı, driving basınç ve komplians monitorize edildi ve kaydedildi. Pik havayolu basıncının 40-50 cmH_2O ’a çıkarılması hedeflendi. PEEP 5 cmH_2O ’dan başlanarak basamaklı olarak

artırıldı. Her basamakta 5 cm H₂O'luk bir PEEP artışı yapıldı ve 3-5 soluk verildi. Hedef pik havayolu basıncına ulaşıldığında kademeli olarak PEEP düşürülmeye başlandı. Driving basıncın en düşük, kompliansın en yüksek olduğu PEEP değeri ile hastanın ventilasyonuna devam edildi.

Demografik veriler

Gruplar kıyaslandığında gruplar arasında hastaların, ASA sınıflaması, yaş, hipertansiyon hikayesi ve sigara kullanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. ($P > 0,05$, Tablo 11). Grup 1'deki hastalarda diabetes mellitus varlığı Grup 2'deki hastalara kıyasla anlamlı yüksek bulundu ($P > 0,05$).

Tablo 11. Demografik veriler

	Grup 1 (n=123)	Grup 2 (n=135)
Yaş	65±3	67±5
ASA sınıflaması (II/III)	52/71	65/70
Hipertansiyon hikayesi (%)	58	53
Dişabet hikayesi (%)	18	5 ^β
Sigara kullanımı (%)	12	28
Anestezi süresi (dakika)	180±20	185±15
Cerrahi süresi (dakika)	168±30	176±40

*Standart Deviasyon **Vücut Kitle İndeksi; ^β $P < 0,05$: Grup 1 Grup 2 'ye kıyasla

İntraoperatif veriler

Hastalara ait intraoperatif ortalama kan basıncı (OKB) Tablo 12'de gösterilmiştir. Ortalama kan basınçlarının grup içi kıyaslanmasında Grup 1'de istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi ($P > 0,05$), Grup 2'de OKB T1'e ve T4'e kıyasla T3 ölçümünde anlamlı düşük bulundu ($P < 0,05$). Gruplar arası

karşılaştırmada ise Grup 2 'de T2 ve T3 ölçüm zamanlarında Grup 1'e kıyasla anlamlı düşük bulundu ($P<0.05$).

Tablo 12. İntraoperatif ortalama kan basıncı

Ortalama kan basıncı (mmHg)	Grup 1 (n=123) Mean±SD	Grup 2 (n=135) Mean±SD
İndüksiyon öncesi (T0)	62 ±20	67±17
Entübasyon sonrası (T1)	76±12	73 ±12
İnsüflasyon sonrası (T2)	87±10	61±14 ^β
Pozisyon sonrası (T3)	86±11	60±12 ^{*β}
Desüflasyon sonrası (T4)	82±8	88±5

SD: standart deviasyon; *P <0,05: Grup içi karşılaştırmada T1 ve T4 ölçümleri ile kıyasla; ^βP<0,001 Grup 1 ve 2 ile kıyaslandığında

Grup içi karşılaştırmada, EtCO₂ değerleri sabit PEEP uygulanan Grup 1'de T3 ve T4 ölçümlerinde T1 ölçümüne kıyasla anlamlı yüksek bulundu ($P<0.01$). Gruplar arası karşılaştırmada EtCO₂ değeri T3 ve T4 ölçümlerinde Grup 1deki hastaların değerleri, Grup 2 ye kıyasla anlamlı yüksek bulundu ($P<0.001$).

Tablo 13. İntraoperatif endtidal karbondioksit

End tidal CO ₂ (mmHg)	Grup 1 (n=123) Mean±SD	Grup 2 (n=135) Mean±SD
Entübasyon sonrası (T1)	35±7	36 ±5
İnsüflasyon sonrası (T2)	35±9	35±7
Pozisyon sonrası (T3)	46±13 ^{*β}	37±8
Desüflasyon sonrası (T4)	44±11 ^{*β}	38±6

SD: standart deviasyon; *P <0,05: Grup içi karşılaştırmada T1 ölçümü ile kıyasla; ^βP<0,001 Grup 2 ile kıyaslandığında

Akciğer kompians değerleri RM'nı takiben kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan hastaları kapsayan Grup 2'de tüm ölçüm zamanlarında sabit PEEP uygulaması yapılan Grup 1'e kıyasla anlamlı yüksek bulundu ($P<0.05$).

Tablo 14. Postoperatif akciğer komplikasyonları

Postoperatif akciğer komplikasyonları	Grup 1 (n=123)	Grup 2 (n=135)
Tekrar entübasyon (%)	2	0
Solunum sıkıntısı (%)	12*	6
Bronkospazm	2	3

* $p<0.01$, grup 1 ve 2 kıyaslandığında

Postoperatif akciğer komplikasyonları değerlendirilmesi tablo 14'de görölmektedir. Grup 1'deki hastaların % 2'sinde tekrar entübasyon ihtiyacı gelişirken grup 2'deki hastaların % 6'sında maske ventilasyonu ile düzelen solunum sıkıntısı gelişmiştir.

5-TARTIŞMA

Robot kelimesi, ilk defa olarak Karel Čapek'in 1920 yılında yazdığı *R.U.R.-Rossum's Universal Robots* adlı eserinde yer almış ve daha sonra tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır[221]. Robotların varlığı 2,500 yıl öncesine dayanmasına rağmen modern tarzda robotlar 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir. İlk robot ise 1978'de Victor Scheinmann tarafından geliştirilen PUMA 560 isimli robottur[222]. 1985 yılında bu robotun PUMA 200 adındaki versiyonu ile bilgisayarlı tomografi eşliğinde beyin biyopsisi alınmıştır[92]. Günümüzde ise 1997 yılında da Vinci robotik cerrahi sisteminin prototipi ortaya çıkartılmış ve 2000 yılında da FDA onayı alan, cerrahi işlem yapabilen ilk robot olmuştur[222]. 2000-2013 yılları arasında ABD'de 1,745 milyon robotik cerrahi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte

ABD’de Üreticinin ve Kullanıcı Tesisin Cihaz Deneyimleri (The Manufacturer and User Facility Device Experience) (“MAUDE”) adında bir veritabanı oluşturulmuştur, bu veri tabanına şüpheli tıbbi cihaz kaynaklı istenmeyen sonuçlar rapor olarak gönderilmektedir. Bu veri bankasına göre 2000-2013 yılları arasında robotik cihazlara bağlı 10,624 istenmeyen sonuç (Ölüm, yaralanma, arıza ve diğer olarak sınıflandırılmış) bildirilmiştir. Her robotik cerrahi prosedür başına istenmeyen sonuç oranı %0.6’dan daha az tespit edilmiştir. 2006’dan itibaren yıllık bildirim yapılan rapor sayısı 32 kat artmış, 2013 yılında ölüm sayısı 58’e, yaralanan hasta sayısı 938’e, bildirilen arıza sayısı 4124’e ulaşmıştır. Uygulanan robotik cerrahi sayısı ise her yıl bir önceki yıla göre 10 kat artmıştır. 2004-2011 yılları arasında ortalama olarak her 100,000 prosedürde 550 istenmeyen sonuç oluşmuşken bu oran 2013 yılında 100,000 prosedürde 1000 olarak zirve yapmıştır. Yaralanma ve ölüm oranları 2007’den beri çok değişmemiştir. 10,624 istenmeyen sonuç bildiriminin 3,194’ü (%30,1) jinekolojik, 1.565’i (%14,7) ürolojik işlemler nedeniyle yapılmıştır[223, 224]. Robotik ürolojik ve genel cerrahi hasta gruplarında yaptığımız bu çalışmadaki 268 hastanın hiçbirinde robotik cihaza bağlı istenmeyen sonuçlar: arıza, yaralanma veya ölüm gözlenmemiştir.

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte robotik cerrahi tıp alanında günlük kullanıma girmiş kullanım yaygınlığı da katlanarak artmıştır. Birçok merkezde başta ürolojik cerrahi olmak üzere kadın doğum, genel cerrahi, çocuk cerrahisi, göğüs cerrahisi ve ortopedi gibi cerrahi branşlarda kullanımı hızla yayılmıştır[225]. Robotik cerrahi laparoskopik sistemlerin sağladığı 2 boyutlu görsel imajların aksine, özellikle açık cerrahiye alışkın cerrahlar için 3 boyutlu görüntü ve derinlik

hissi vermektedir. İnsan elinin girmekte ve manevra yapmakta zorlandığı alanlarda özellikle cerrahi konfor sağlamaktadır. Robotik sistem yorulmadığı için işlemde devamlılık avantajı sağlamakta, el titremesi riskini ortadan kaldırmaktadır[221]. Bu cerrahi avantajların yanı sıra anestezi süresini kısaltması, postoperatif ağrıyı azaltması, kardiyovasküler komplikasyon riskini ve hastanede kalış zamanını azaltması ayrıca hastanın günlük normal aktivitelerine hızla dönmesine olanak sağlaması da robotik cerrahinin diğer avantajlarından[224]. Dolayısıyla aynı ameliyatın açık cerrahi, laparoskopik cerrahi ya da robotik cerrahi ile yapıp yapılmayacağı, daha doğrusu niye robotik cerrahi endikasyonu konulduğu da diğer iyi düşünülmesi gereken bir konudur[226]. Prostatektomi gibi bazı cerrahi girişimlerde bu mekanik sistemin cerrahi üstünlüğü tartışılmaz olmakla birlikte, halihazırda yapılan tümör cerrahisinin uzun dönem nüks sonuçlarıyla ilgili kesin veriler için zamana ihtiyaç olduğu düşünülmektedir[227].

Minimal invaziv cerrahi, daha kısa hastanede kalışlar, daha az yatan hasta prosedürleri ve daha düşük maliyetler dahil olmak üzere açık yaklaşımlarla karşılaştırıldığında avantajlar sunmaktadır. Aynı zamanda minimal invaziv cerrahilerin daha düşük transfüzyon oranları, ameliyat sonrası analjeziklerin daha az kullanımı ve daha hızlı iyileşme ile sonuçlandığı gösterilmiştir[120, 228-232]. Menon ve ark. yapmış olduğu bir çalışmada açık radikal retropubik prostatektomi uygulanan 30 hasta ile robot destekli prostatektomi uygulanan 30 hastasının verileri prospektif olarak incelenmiş ve da Vinci cerrahi sistemi kullanılmıştır. Bu iki grupta; hasta ve tümör özelliklerini (yaş, VKİ, serum prostata özgü antijen, Gleason skoru ve klinik evre), intraoperatif parametreleri (operatif süre, kan kaybı ve

transfüzyon ihtiyacı), postoperatif parametreleri (ağrı skoru, hastaneye yatış süresi, kateter süresi), histopatolojik parametreler ve komplikasyonları değerlendirilmiştir. Açık radikal retropubik prostatektomi uygulanan hastalarda cerrahi süresinin, robot destekli prostatektomi uygulanan hastalara kıyasla daha kısa olduğu ancak kan kaybı açısından robot destekli prostatektomi uygulananlarda kaybın minimum düzeyde olduğu, hastaların daha az ağrı hissettiği ve bu gruptaki hastaların hastaneden daha erken taburcu edildiği sonucuna varılmıştır[228]. Rassweiler ve ark. katıldığı benzer bir çalışmada açık retropubik prostatektomi ile tedavi edilen 219 hasta laparoskopik radikal prostatektomi ile tedavi edilen 438 hasta ile intraoperatif veriler, komplikasyonlar ve postoperatif sonuçlar açısından kıyaslanmıştır. Açık cerrahi için ortalama ameliyat süresinin laparoskopik gruptakinden daha kısa olduğu gözlenmiş olup kan kaybı açık gruplarda laparoskopik gruba kıyasla anlamlı olarak daha fazla saptanmıştır. Bu nedenle, transfüzyon oranı (otolog ve allojenik) açık cerrahilerde daha yüksekken, laparoskopik gruplarda önemli ölçüde azalmıştır. Laparoskopi sonrası vakaların 9'unda açık cerrahiye geçiş yapılmış ve postoperatif analjezinin total miktarı, açık cerrahiden sonra laparoskopik cerrahi geçirenlere kıyasla anlamlı yüksek saptanmıştır[229]. Hu ve ark. yapmış olduğu daha kapsamlı bir çalışmada tanıları prostat kanseri olan hastalarda, 2003'ten 2007'ye kadar toplanan verilerde; 1938 hastaya açık radikal prostatektomi, 6899 hastaya ise minimal invaziv yöntemlerle radikal prostatektomi uygulanmıştır. Postoperatif 30 günlük komplikasyonlar, postoperatif 1 yıl içinde gelişen anastomoz darlığı, ameliyat sonrası 18 aydan uzun süreli inkontinans ve erektil disfonksiyon ve kanser kontrolü açısından

karşılaştırılmış ve sonuç olarak minimal invaziv yöntemlerle radikal prostatektomi uygulanan hastara karşı açık radikal prostatektomi geçiren hastalarda; daha kısa hastanede kalış süresi, daha az solunumsal komplikasyonlar, daha az çeşitli cerrahi komplikasyon ve daha az anastomoz darlıkları saptanmıştır ancak daha fazla genitoüriner komplikasyon, inkontinans ve erektil disfonksiyon gözlenmiştir[120]. Literatürde bu çalışmalara benzer birçok çalışma mevcuttur. Bunlardan 2001-2002 yılları arasında Bhayani ve ark. tarafından yapılan laparoskopik radikal prostatektomi ve açık radikal retropubik prostatektomi geçiren 60 hastanın postoperatif iyileşme ve komplikasyon oranlarını kıyaslayan, Nelson ve ark. tarafından yapılan radikal retropubik prostatektomi uygulanan 374 hasta ile robot destekli laparoskopik prostatektomi uygulanan 629 hasta arasında hastanede kalış süresi, kalış süresini etkileyen faktörler, geri kabul oranları, planlanmamış klinik veya acil servis ziyaretlerini kıyaslayan ve Richard ve ark. yapmış olduğu 172 hastalık açık ve laparoskopik radikal prostatektomiye kıyaslayan çalışmalarda da diğer çalışmalardaki gibi benzer sonuçlar elde edilmiştir[230, 232, 233].

Literatürdeki bu avantajlar göz önüne alındığında robotik veya laparoskopik cerrahinin açık cerrahiye üstünlüğü aşikar olmaktadır fakat bazı intraoperatif durumlar yaşandığında açık cerrahiye dönmekte fayda olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumlardan bazıları; trokar yaralanmaları, visseral organ hasarı, vasküler yaralanmalar, abdominal organın ya da dokunun dışarı çıkarılması, cerrahi sürenin uzaması ile cerrahın konforlu hissettiği yöntemi seçmesi, iğnenin kaybolmasıdır. Abdominal erişim sırasında vasküler yaralanmalar nadirdir ve %0,03 ile %0,2 arasında değişmektedir[234-236]. Vasküler yaralanmaların çoğu Veress iğnesi

veya ilk trokar yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır[237-239]. Aort ve ortak iliyak damarlar en sık yaralanan vasküler yapılardır[240]. Büyük damarlarda yaralanma riskini azaltmak için, hasta laparoskopinin erişim aşamasında Trendelenburg pozisyonuna alınmadan supin pozisyonunda olmalıdır çünkü Trendelenburg pozisyonu ile sakral promontoryumun rotasyonu ve aort bifurkasyonunun umbilikusa daha yakın konumlanması gözlenmektedir, bu da vasküler yaralanma olasılığını arttırmaktadır[241]. Vasküler yaralanmanın meydana gelmesi halinde; küçük, genişlemeyen lezyonlarda, klipslerle kanama sınırlandırılabilir. Hematomun genişlemesi halinde ise kanama bölgesi tespit edilmelidir. Onarım mümkünse, robot yardımlı teknikle onarım ilk yaklaşımdır. Kompresyon, pnömoperitonyumun artırılması ve onarım için uygun aletler hazır bulundurulmalıdır. Lezyon laparoskopik veya robotik olarak kolayca onarılamıyorsa, kompresyon uygulanıp hızla laparotomi yapılmalıdır[242]. Schafer ve ark.'nın 14.243 hastada yaptığı çalışmada, trokarların ve Veress iğnelerinin neden olduğu intraabdominal komplikasyonlar incelenmiştir. 22 trokar ve 4 iğne yaralanması gözlenmiştir. Hastaların 19'unda visseral organ hasarı; geri kalan 7 hastada vasküler yaralanmalar gözlenmiştir. En çok etkilenen visseral organ ince bağırsakken (6 vaka), ardından kolon ve karaciğer (her biri 3 vaka) gelmektedir. Sağ iliak arterin 1 vakada hasarlanması dışında tüm vasküler lezyonlar, omentumun veya mezenterin venöz kanaması olarak meydana gelmiştir. İğne yaralanmalarının tümü intraoperatif olarak teşhis edilmiş ve sadece 5 vaka laparoskopik olarak onarılabilmektedir; kalan 21 vaka açık cerrahi ile onarılmıştır[239]. Sözen ve ark.'nın retrospektif olarak taradığı 568 laparoskopik kolesistektomi olgusunda yaş,

cinsiyet, ameliyat öncesi tanı, laparoskopik olarak tamamlanan ve açık ameliyata geçilen hasta sayıları ve bu hastaların demografik özellikleri, açık ameliyata geçiş nedenleri saptanmıştır. Açık ameliyata geçilen hastalarda en sık nedenler Calot üçgeninde yapışıklık, akut kolesistit ve kanama olarak saptanmıştır[243]. Açığa geçiş oranını arttırıcı risk faktörlerinden birisi de önceden geçirilmiş üst karın ameliyatlarıdır[244]. Kausnik ve ark. çalışmasında da Calot üçgeninde yapışıklık ve ana safra kanalında yaralanma en sık açığa geçiş nedenleri olarak belirlenmiştir[245]. Çalışmamıza dahil edilen 258 hastanın cerrahisi robotik olarak tamamlanmış olup açık cerrahiye geçilen hastalar çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Robotik cerrahi sırasında genel anestezi altında uygulanan pnömoperitonyum ve dik Trendelenburg pozisyonu, hastaların birçok sistemini etkilemesinin yanısıra solunum sistemi ve hemodinamisinde önemli değişikliklere yol açtığından, gelişen fizyopatolojik değişikliklerin bilinmesi perioperatif olası komplikasyonlar açısından önem arz etmektedir. Bu tez çalışması, Trendelenburg pozisyonunda robotik cerrahi uygulanan hastalarda intraoperatif mekanik ventilasyon yönetiminde hastaya uygulanan tidal hacim, frekans ve rekrutment manevralarının kan basıncı, nabız, oksijen saturasyonu, havayolu basınçları ve kompliansa olan etkilerinin araştırılması amacı ile planlandı. Sekonder olarak, bu hastalarda, postoperatif dönemde derlenme odasında gelişen ekstübasyon süresinde uzama, tekrar entübasyon ihtiyacı, atelektazi, akciğer enfeksiyonu, pnömotoraks gibi solunumsal komplikasyonlara olan etkilerinin araştırılması amaçlandı.

Genel anestezi altında parsiyel arteriyel oksijen basıncını arttırmanın PEEP uygulamak, rekrutment manevrası, solunum kas tonusunu korumak veya gaz

rezorpsiyonunu azaltmak gibi birçok yolu vardır[246]. Cerrahi görüş açısından pnömoperitonyumun değiştirilememesi ile gaz rezorpsiyonunu azaltmak ve genel anestezi sağlamak amacıyla kullanılan nöromusküler blokerlerin etkisi ile solunum kas tonusunu korumak zorlaşmaktadır. Bunlardan en popüler olanı, kollabe alveolü açmak için kullanılan bir çeşit seri solunum manevrasıdır. Literatürde yer alan birçok robotik ve laparoskopik cerrahide bu prosedürlerden olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu tip prosedürlerde ventilasyon; pnömoperitoneum, anestezi, cerrahi ve pozisyon gibi farklı nedenlerden etkilenebilmektedir[246].

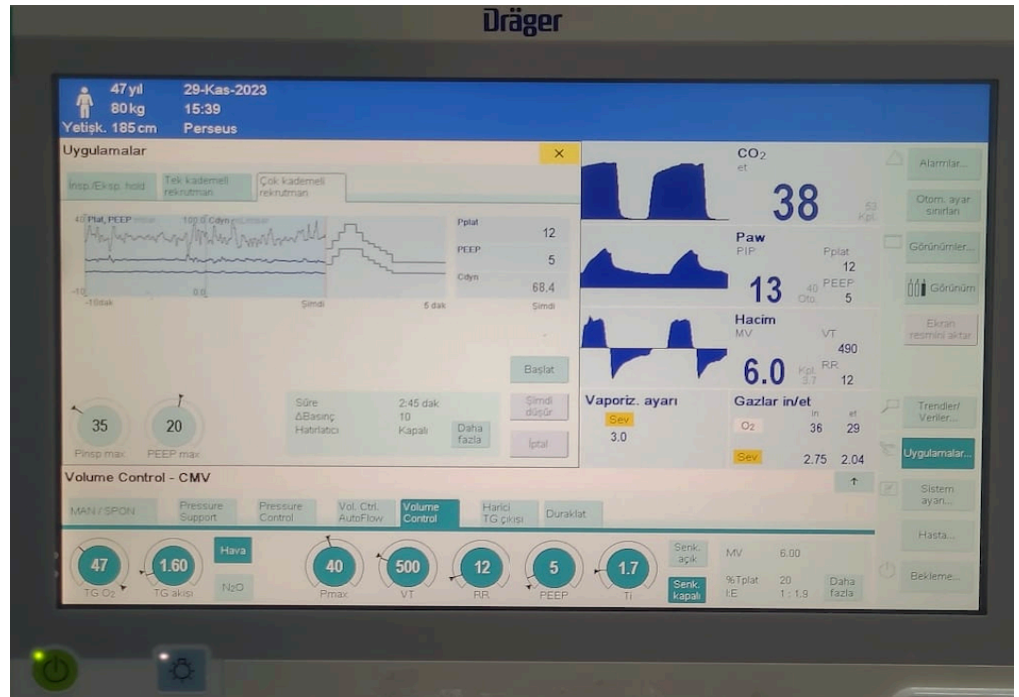
Rekrüitment manevrası, atelektatik akciğer ünitelerini açmak için uzun süreli ve yüksek basınç düzeyleri uygulanmasıdır. Rekrüitment manevrası akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun bir basamağı olmakla birlikte, atelektatik bölgeleri açmaya yarayarak anestezi sırasında oksijenasyon ve ventilasyonda artışa neden olmaktadır. Komplians ve FRK gibi parametreleri de düzeltmektedir. Aynı zamanda solunum eforu ve pulmoner sağdan sola şantı azaltmaktadır[18, 205]. Atelektazi, genel anestezi sırasında tüm hastaların yüzde 90'ında görülebilmektedir[156]. Aynı zamanda kümülatif olarak morbidite ve mortalite üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olan postoperatif pulmoner komplikasyonlar arasındadır[206].

Recruitment manevrası birden fazla yöntemle yapılabilmektedir. Bunların ilki anestezi makinesinin hava yolu basıncı sınırlayıcı valfini kullanarak "torba sıkma" ile yapılmaktadır, muhtemelen barotravma riskiyle birlikte aşırı basınçla veya kontrollü mekanik ventilasyon yeniden başlatıldığında küçük hava yollarının kapanma basıncından düşüklüğü ile sonuçlanmaktadır. Diğer bir yöntem ise hacim

kontrollü ventilasyon sırasında "kademeli tidal hacim artışı" ile yapılmaktadır. Pozitif ekspirasyon sonu basıncı 12 cm H₂O'ya, solunum frekansı 6 ila 8 nefes/dakikaya ayarlanır ve tidal hacim hedef açılma basıncına (örn. 30 ila 40 cm H₂O) ulaşılan kadar 4 ml/kg'lık adımlarla 8 ml/kg'dan artırılır. Bu basınçta üç ila beş soluktan sonra PEEP 12 cm H₂O'da tutulur, tidal hacim 6 ila 8 ml/kg'a düşürülür ve solunum frekansı normokapniye göre ayarlanır. Diğer bir yöntem ise basınç kontrollü ventilasyonda 15 ila 20 cm H₂O sabit sürüş basıncında PEEP'in kademeli olarak artırılmasıdır. PEEP 5 cmH₂O'luk adımlarla (adım başına 30 ila 60 saniye) 20 cm H₂O'ya kadar artırılır. Hedef inspirasyon basıncına ulaşmayı sağlayan bir PEEP seviyesinde üç ila beş soluktan sonra PEEP ve tidal hacim istenen ilgili seviyelere ayarlanır. Son olarak çalışmamızda da kullandığımız Drager Perseus A500 mekanik ventilatörünün otomatik rekruitment uygulamalarıdır (Resim 7a-b). Bu uygulamalar tek kademeli ve çok kademeli RM olarak ikiye ayrılmaktadır. Biz çalışmamızda tüm hastalarımızı çok kademeli RM ile rekrüte ettik. Bu otomatik RM yöntemini kullanırken literatürde tarif edildiği şekilde 'Pozitif ekspirasyon sonu basınç (PEEP)'in basamaklı olarak artırılması' tekniği ile uygulandı. RM boyunca pik hava yolu basıncı, driving basınç ve komplians monitorize edildi ve kaydedildi. Pik havayolu basıncının 40-50 cmH₂O'a çıkarılması hedeflendi. PEEP 5 cmH₂O'dan başlanarak basamaklı olarak artırıldı. Her basamakta 5 cm H₂O'luk bir PEEP artışı yapıldı ve 3-5 soluk verildi. Hedef pik havayolu basıncına ulaşıldığında kademeli olarak PEEP düşürülmeye başlandı. Driving basınçın en düşük, kompliansın en yüksek olduğu PEEP değeri ile hastanın ventilasyonuna devam edildi.



Resim 7a: Kliniğimizde kullandığımız Dräger Perseus A500 cihazındaki tek kademeli rekrutment manevrası



Resim 7b: Kliniğimizde kullandığımız Dräger Perseus A500 cihazındaki çok kademeli rekrutment manevrası

Birçok yöntemle yapılan rekrutment manevralarından balon sıkma ile yapılan yöntemin RM sonrası uzun dönemde tekrar atelektazi ile sonuçlanması sebebiyle artık uygulamanın faydasız olduğu bildirilmiştir. Bu sebeple RM yöntemleri literatürde çokça tartışılmıştır. Amato ve ark. ARDS tanısı almış bir grup hastayı statik basınç-volüm eğrileri doğrultusunda belirledikleri düşük PEEP ve düşük tidal volüm ile ventile etmişlerdir[200]. Aynı grup hastaya mekanik ventilasyondan ayırma süreçlerini takiben, kollabe olan akciğer alanlarını yeniden açmak için 40 saniye süreyle 35-40 cmH₂O basınçla CPAP (sustained inflation) uygulamışlardır. Aynı şekilde Van der Klott ve ark. üç farklı akciğer hasarı modeli oluşturdukları köpeklerde yeniden RM'sını CPAP (sustained inflation) yöntemi ile uygulayarak, bu rekrutment manevralarının akciğer volümlerine ve oksijenasyona etkilerini araştırmışlardır[247]. Çakar ve ark. ise, oleik asit ile akut akciğer hasarı oluşturulan köpeklerde prone ve supin pozisyonlarda CPAP (sustained inflation) uygulamışlardır (8). Çakar ve ark. pron pozisyonunda daha fazla olmak üzere, her iki pozisyonunda da rekrutment manevrası sonrası oksijenizasyonda iyileşme olduğunu gözlemlemişlerdir. Recruitment manevrası sonrasında oksijenizasyondaki iyileşme köpekler, domuzlar ve insan çalışmalarında benzer şekilde gözlemlenmiştir[247-249]. Rothen ve arkadaşları genel anestezi sırasında sağlıklı kişilerde çeşitli manevraların atelektaziyi önlemedeki etkisini incelemişlerdir[250]. 10 hastadan oluşan bir grupta hava yolu basıncını adım adım 10, 20, 30 ve 40 cmH₂O'ya kadar arttırmışlar; 6 hastadan oluşan başka bir grupta ise 30 cmH₂O hava yolu basıncına ulaşana kadar üç kez inflasyon uyguladıktan sonra 40 cmH₂O hava yolu basıncına ulaşana kadar bir kez inflasyon

uygulamışlardır. 30 cmH₂O tepe inspiratuar basınç uygulamalarında atelektezinin en aza indiğini ancak tamamen kaybolmadığını, ancak 40cmH₂O vital kapasite manevrası uygulandıktan sonra tüm atelektazik alveollerin açıldığını ve şantların belirgin olarak düzeldiğini saptamışlardır[250]. Bir başka çalışmada Rothen ve arkadaşları rekrutment manevrası sırasında apne süresinin 7-8 saniyeye kadar uzatılmasının genel anestezi sonrası oluşan tüm atelektazik alanların kaybolmasını sağladığını ve oksijenasyonu belirgin olarak düzelttiğini gözlemlemişlerdir[251].

İntraoperatif RM'ler için başlıca endikasyonları, hipoksemi ve ventilasyonun yanı sıra akciğer kompliyansında da bozulmaya yol açan atelektazidir. Genel anestezi alan hastaların yüzde 90'ında atelektazi gelişse de, bu hastaların hepsi RM'ye ihtiyaç duymamaktadır[214]. Rezorpsiyon atelektazisi sık görülen bir endikasyondur ve genellikle anestezi indüksiyonundan birkaç dakika sonra ortaya çıkmaktadır. Bu durum, alveoller ve kapillerler arasındaki gaz alışverişi taze gaz akışını aştığında ortaya çıkmaktadır. Rezorpsiyon atelektazisi, yüksek düzeyde FiO₂ ile preoksijenasyon ve sırtüstü pozisyonda kas gevşemesinden kaynaklanan ventilasyonun yeniden dağılımı ile desteklenebilmektedir[215]. Son iki faktör aynı zamanda kompresyon atelektazisine de neden olabilir. Bu da plevral basıncın artmasına neden olmaktadır. Plevral basınç alveolar basıncı aştığında, bu durum tipik olarak diyaframa yakın ve dorsal yerleşimli olan etkilenen akciğer bölgesinin kollapsına yol açmaktadır[216, 217]. RM'ler için diğer endikasyonlar arasında endotrakeal aspirasyon ve bağlantının kesilmesi, çok yüksek dozda oksijen ile intraoperatif ventilasyon ve

ARDS yer almaktadır[205]. Bu endikasyonlar ve RM'nin pozitif etkileri birçok çalışmada gösterilmiştir.

Topuz ve ark. laparoskopik kolon cerrahisinde "recruitment" manevrası uygulayarak, bu manevranın solunum sistemi üzerindeki etkilerini kan gazları ve solunum mekaniği ölçümleri ile belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada 15 saniye süreli pnömoperitoneum oluşturulduktan 60 dakika sonra ameliyat sırasında 45 saniye arayla iki kez 45 cmH₂O basınçlı "recruitment" manevrası uygulanmıştır. İntraoperatif olarak ölçülen parsiyel oksijen basıncında belirgin bir artış tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, "recruitment" manevrasının laparoskopik cerrahi girişimler sırasında kan gazı değerlerinde ve ventilasyon mekaniğinde bozulmaları önlemek için etkili ve güvenli bir yöntem olduğunu söylemişlerdir[246]. Kardiyak cerrahi boyunca 12 cmH₂O PEEP uygulanan ve uygulanmayan hastalar karşılaştırılmış, operasyon sonunda yapılan rekrutment manevraları sonunda, yalnız PEEP uygulanan grupta akciğer volümlerinin arttığı fakat PaO₂ artışı olmadığı, yalnızca rekrutment manevrası uygulanan grupta ise efektif etki olmadığı bildirilmiştir. PEEP ve rekrutment manevralarının birlikte uygulandığı grupta ise akciğer volümleri ve PaO₂ de efektif bir artış tespit edilmiştir[252]. V.Généreux ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada sıfır ekspiratuar basıncı ile pozitif ekspirasyon sonu basıncı ve RM'nin atelektazi üzerinde etkilerini karşılaştırılmıştır. 30 sn süreyle 30 cmH₂O basınçla RM ve 7 cmH₂O PEEP uygulanan hastalarda atelektazi bölgelerinin ultrasonografik görüntülemeye önemli ölçüde daha az sıklıkla görüntülendiğini ancak ekstübasyon sonrası akciğer havalanmasında gruplar arasında farklılık olmayıp benzer sonuçlar

alındığını bildirmiştir[253]. Yi Liu ve ark. tarafından yapılan çalışma laparoskopik jinekolojik cerrahi geçiren hastalarda RM manevrasının atelektazi üzerine olan etkisini konu almıştır. Hastaları kontrol ve RM grubuna ayırarak hepsinde 6 cmH₂O PEEP uygulanmıştır. RM 40 sn süreli en yüksek basınç 40 cmH₂O olarak yapılmış. Postoperatif 15 dk'da bakılan sonuçlara göre RM grubunda atelektazinin daha az görüldüğünü belirtmiştir[254]. Diğer yandan Whalen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada laparoskopik bariatrik cerrahi sırasında alveolar rekrutment manevrası ve PEEP uygulamasının arteriyel oksijenasyon üzerine etkilerini araştırmışlardır ve benzer sonuçlar elde etmişlerdir[255]. Biz de yapmış olduğumuz çalışmada kademeli rekrutment kullanmanın atelektaziyi azalttığı, kompliyansı arttırdığı ve bunun sonucunda; intraoperatif EtCO₂'de azalma, PaO₂'de artış ve sPO₂'de artışla sonuçlandığını saptadık.

Robotik cerrahilerde artan ETCO₂ değerini yorumlamak için pnömoperitonyumun muhtemel yan etkilerini anlamak önemlidir[256]. Peritoneal yüzeyden CO₂ absorbe olması ve sistemik dolaşıma katılması hiperkarbi ve sistemik asidozla sonuçlanabilmektedir. Pnömoperitonyum sırasında yükselen intraabdominal basınç hemodinamik değişikliklere, femoral venöz akışta değişikliğe, renal, hepatik ve kardiyorespiratuar fonksiyonlarda değişikliğe neden olmaktadır[257, 258]. CO₂'nin sistemik absorpsiyonu asit-baz dengesinde bozukluklara neden olmaktadır. Emilen CO₂ normalde akciğerlerden elimine edilebilmektedir çünkü bu gaz yüksek miktarda çözünürlüğe sahiptir ve dokular arasında kolaylıkla geçebilmektedir. İntraoperatif ventilasyonun bozulması durumunda ise hiperkapni ve asidoza neden olmaktadır[259]. Hiperkapni; kardiyak

aritmilere, pulmoner damarlarda vazokonstriksiyona ve kardiyak fonksiyonda değişik cevaplara neden olmaktadır. Hiperkapni ile birlikte olan asidozun miyokardiyal kontraksiyonu azaltıcı etkisi vardır. Oysa hiperkapni otonom sinir sistemi aktivasyonu ile taşikardi ve artmış miyokardiyal kontraksiyon ile birlikte olur. Hiperkapniye engel olmak için intraoperatif EtCO₂ veya parsiyel arterial CO₂ basıncını yakinen monitörize etmek gerekmektedir. EtCO₂ monitörize etmesi kolay bir parametredir ve PaCO₂ değerlerini çoğunlukla yansıtmaktadır[260]. Laparoskopi sırasında EtCO₂ ve PaCO₂ değerlerinin insüflasyon sırasında yükseldiğini fakat düzgün ventilasyon strateji uygulandığında bu yüksekliğin hiperkarbiye neden olmadığı gösterilmiştir. Pnömooperitonyum sırasında EtCO₂ yükselmesini ve asidoz gelişmesini önlemek için gerekli ventilasyon parametresi değişiklikleri yapılmalıdır[133, 261].

Laparoskopi sırasında PaCO₂ artışının mekanizması tartışmalıdır. Pnömooperitonyum sırasında CO₂'nin intraperitoneal kaviteden absorpsiyonu, intraabdominal basınç artışının solunum sistemi üzerindeki olumsuz etkileri, hasta pozisyonu ve kontrollü ventilasyon gibi faktörler PaCO₂ ve EtCO₂'yi etkileyebilmektedir. Çalışmamızda grup içi karşılaştırmada, EtCO₂ değerleri sabit PEEP uygulanan Grup 1'de pozisyon ve desüflasyon sonrası ölçümlerinde, entübasyon sonrası ölçüme kıyasla anlamlı yüksek bulundu. Özellikle pozisyon sonrası iyice artan intratorasik basınçla akciğer mekaniklerindeki değişimin EtCO₂'nin artışından sorumlu olduğunu düşünmekteyiz. Aynı zamanda akciğerlerde meydana gelen kompresyon atelektazileri de bu durumu desteklemektedir. Gruplar arası karşılaştırmada ise EtCO₂ değeri, pozisyon ve desüflasyon sonrası RM

uygulanan kişiselleştirilmiş PEEP grubunda ,sabit PEEP grubuna göre anlamlı düşük saptandı.

PEEP atelektatik alanların açılmasını sağlamakta, alveolar kapanmayı önlemekte ve yeterli gaz değişimine olanak sağlamaktadır[262]. Düşük PEEP seviyelerinde atelektatik alanlar tam olarak açılamayabilmekte veya açık alveollerin kapanmasına engel olunamayabilmektedir. Tam tersi durumda hastalar için gerekli olandan fazla PEEP uygulandığında ise akciğerde alveolar gerilme ve basınç artışına bağlı akciğer travmaları gelişebilmektedir. Akciğer komplians değerleri RM'nı takiben kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan hastaları kapsayan Grup 2'de tüm ölçüm zamanlarında sabit PEEP uygulaması yapılan Grup 1'e kıyasla anlamlı yüksek bulundu. Literatürdeki bu konudaki çalışmalarda benzer sonuçlar elde edildi. İlk olarak Whalen ve ark. laparoskopik bariyatrik cerrahi sırasında uygulanan alveolar recruitment manevrasının ve PEEP uygulanmasının arteriyel oksijenlenme üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. 12 cmH₂O PEEP uygulanan recruitment grubuna 4 defa 50 cmH₂O basınçla recruitment manevrası uygulanmış, kontrol grubuna ise sadece 4 cmH₂O ile PEEP uygulanmıştır. Bu çalışmada grupları karşılaştırdıklarında recruitment grubunda intraoperatif PaO₂ seviyesinde ve dinamik kompliansda artış saptanmış fakat ekstübasyon sonrasında bu koruyucu etkilerin ortadan kalktığını ve obez hastalarda anestezi sonrası oluşabilecek atelektazinin normal popülasyona göre daha sık olduğunu belirtmişlerdir[255]. Kararmaz ve ark. yaptıkları laparoskopi sırasında yapılan recruitment manevrasının arteriyel oksijenizasyon ve akciğer komplianslarına etkilerini araştırdıkları çalışmada pnömoperitonyum sonrasında PİP'de artış olduğunu, kompliansta ise

düşüş saptadıklarını bildirmişlerdir[263]. Qui ve ark. ARDS'li hasta grubunda recruite olan akciğer volümlerini ve oksijenizasyonu araştırdıkları çalışmada 3 farklı PEEP seviyesinde (5, 10, 15 cmH₂O) VT sabit olması koşuluyla Cs değerleri arasında belirgin fark gözlememişlerdir fakat recruite olan volümün PEEP ile arttığını ve arterial oksijenizasyon seviyesinin bu volüm ile direkt olarak bağlantılı olduğunu tespit etmişlerdir[264]. Sprung ve ark. morbid obezite, pnömoperitonyum ve vücut pozisyonunun solunum sistemi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada morbid obez hastalarda normal kilolu hastalara göre supin pozisyonda Cs'de % 30 azalma ve solunum yolu rezistansında %68 artma saptamışlardır. Sümer ve ark. çalışmasında ise önceki çalışmalarla benzer bulgular elde edilmiştir. Kompliyans değerleri karşılaştırıldığında, iki grup arasında desuflasyon sonrası 15. dk değerleri recruitment grubunda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ayrıca desuflasyon sonrası 15. dk kompliyans değeri recruitment grubunda desuflasyon sonrası 5. dk kompliyans değerinden daha yüksek olarak saptanmıştır. Pnömoperitonyumla birlikte her iki grupta da kompliyans değerlerinde azalma görülmüştür[265]. Demirel ve arkadaşları bariatrik cerrahi sırasında pnömoperitonyumun ventilasyon mekaniği üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada morbid obezite hastalarına uygulanan laparoskopik cerrahiyi geleneksel açık cerrahi grupları ile karşılaştırmışlardır[133]. Her iki grupta da ventilasyon mekaniği ölçümleri ve kan gazı analizi yapmışlar ve gruplar arasında belirgin bir fark bulamamışlardır. Makinen ve ark. laparoskopik kolesistektomi sırasında pnömoperitoneumun dinamik kompliyans üzerindeki etkisini değerlendirmiş. İntraabdominal basınç 12 mmHg'ye kadar insuflasyon yapılmıştır. Pnömoperitoneum oluşturulduktan sonra

kompliansta %30 azalma görüldüğü bildirilmiştir[266]. Obeid ve ark.'nın yaptığı çalışmada laparoskopik kolesistektomi geçiren hastalarda 16 mmHg İAB sonucunda kompliansta % 50 azalma olduğu bildirilmiştir[267]. .

RM'nin ne kadar çalışmamızdaki olumlu yönlerinden bahsetsek de bilinen ve literatürde tartışılan istenmeyen etkileri de mevcuttur. Recruitment manevrası intrapulmoner basıncı tidal ventilasyon sırasında elde edilenden daha yüksek seviyelere geçici olarak yükselterek akciğerlerin kollabe alanını yeniden açar. Bu manevranın avantaj ve dezavantajları mevcuttur: avantaj olarak, gaz değişimine katılan akciğerlerin bağımlı kısmındaki alveol sayısını, akciğer kompliansını arttırmak, pulmoner kılcal damarlarda intrapulmoner şanti azaltarak gaz değişimini iyileştirmektedir. Dezavantajlar ise, kısa bir süre için azalmış venöz dönüş ve kalp debisi nedeniyle hemodinamiyi tehlikeye atan intratorasik basıncı arttırmak, hipotansiyon ve desatürasyona sebep olmak, alveollerin aşırı gerilmesi ve barotravmaların gelişebilmesine sebep olmaktır[207, 268]. Akciğerler ve kalbin göğüs kafesindeki anatomik yakınlığı, geçici olarak artan intratorasik basınçların sistemik kardiyovasküler fonksiyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Recruitment manevrasının istenmeyen yan etkileri, esas olarak, iyi havalandırılmış akciğer bölgelerinde alveollerin aşırı gerilmesine, ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunda belirgin artışa, barotravma, pnömotoraks ve mevcut bir göğüs tüpü çevresinde yeni hava sızıntısına neden olabilen artan hava yolu basınçlarından kaynaklanmaktadır. Uygulanan artmış hava yolu basıncı, transpulmoner basınçta bir artışa yol açmaktadır. Transpulmoner basınç alveolar ve intratorasik basınçlar arasındaki farktan tahmin edilebilmektedir. Transpulmoner

basıncın plevral boşluğa iletimi, venöz dönüşü ve sağ ventrikülün dolmasını engellemektedir. Bu arada artan transpulmoner basınç, akciğer dokusunu saran damarlara aktarılmakta ve böylece pulmoner vasküler direnci (PVR) ve sağ ventrikül art yükünü arttırmaktadır[269].

Sağ ventrikül art yükü, pulmoner arter basıncı ile ölçülen ve sağ ventrikülün kanı pulmoner kapaktan dışarı atmak için üstesinden gelmesi gereken direnci temsil etmektedir. Recruitment manevrası sırasında araya giren transpulmoner basınç, juxta-alveolar kılcal damarların intraluminal basıncının alveolar içi basınçtan daha düşük olduğu alanı daha da arttırmaktadır. Bu, pulmoner arter basıncındaki artışa paralel olarak pulmoner vasküler dirençte önemli bir artışa neden olmaktadır. Böylece sağ ventrikül art yükü, geçici olarak yükselen transpulmoner basınç ile artırılmaktadır. Alveolar hipoventilasyonun neden olduğu ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunu azaltmak için geliştirilen hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon, sağ ventrikül art yükünün bir başka önemli belirleyicisidir. Belirgin hipoksemi sırasında, atelektatik akciğer bölgelerine sadece marjinal dolaşım sağlanmaktadır. Hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon, genel pulmoner vasküler dirence katkıda bulunmakta; ancak rolü ve recruitment manevrası sırasında meydana gelen değişiklikler hakkında yalnızca sınırlı veri yer almaktadır[270]. Diyastol sonu sağ ventrikül hacminin sol ventrikül üzerinde de doğrudan bir etkisi olduğuna dikkat etmek önemlidir. Buna ventriküler diyastolik bağımlılık da denebilir. Sürekli inspirasyon ile akciğer recruitment manevrası uygulandığında, sol ventrikül diyastol sonu alanı %45'e kadar azaltılabilir. PVR ayrıca aktarılan intratorasik basınçla birlikte artmakta, bu da dilatasyon, sola doğru septal kayma ve düşük kalp

debisi ve belirgin sistemik hemodinamik değişikliklerle sonuçlanan sol ventrikül kollapsı ile akut sağ ventrikül basıncı aşırı yüklenmesine yol açmaktadır. Bu değişiklikler geçicidir ve yalnızca manevra sırasında görölmektedir ve intratorasik basınç taban seviyesine döndüğünde hastanın hemodinamigi neredeyse anında normalleşmektedir. Sonuç olarak recruitment manevrası ile ilişkili en sık görölen yan etki geçici hipotansiyon ve desaturasyondur ancak; barotravma (pnömotoraks), aritmiler ve bakteriyel translokasyon gibi ciddi yan etkiler de ortaya çıkabilir[271]. Bu konuda yapılan birçok çalışmada, recruitment manevrasıyla uygulanan yüksek plato basıncıyla birlikte sürenin de akciğer hasarına ve bakteriyel translokasyona etkisi olduğu öngörülmektedir[272, 273]. Villar J. ve ark. PEEP'in oksijenlenmede düzelme sağlarken, alveol aşırı gerilmesi sonucunda oksijen sunumunu azalttığını açıklamışlardır[274]. Webb ve Tierney'in yaptıkları çalışmada ise, yüksek havayolu basınçları ile ventile edilen sıçanlarda ciddi akciğer ödemi oluşurken anlamlı oksijenasyon farkı gözlemlenmemişlerdir[275]. Baylan ve ark. yaptığı çalışmada ise sigh manevrası uygulanan grupta gaz değişiminin (oksijenizasyon ve ventilasyon) olumsuz etkilenerek, recruitment sonrası PaO_2 değerinin daha fazla düştüğü gözlemlenmiştir. Recruitment manevrası ile oksijenizasyonun olumlu yönde etkilenmesini beklerken, düşük PaO_2 değeri elde edilmiştir. Bu sonucu bakteri translokasyonuna bağlı olarak gelişen pnömoninin ve yüksek havayolu basınçlarına bağlı alveolo-kapiller membran hasarının (akciğer ödemi) ventilasyona olan olumsuz etkisi sonucu oluştuğunu ileri sürmüşlerdir[273].

Intratorasik basınçtaki herhangi bir artış, sağ atriyal basıncı artırmakta, venöz dönüşü ve transmural sol ventrikül sistolik basıncını azaltmaktadır, böylece

sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu da azalmaktadır. Hemodinamik değişiklikler, akciğer RM sırasında yalnızca ortalama arteriyel basınç tarafından izlenirse, sistemik dolaşımdaki ilgili değişiklikler teorik olarak gözden kaçabilir. Son araştırmalar, OAB veya kalp atış hızı gibi basit hemodinamik parametrelerin çeşitli RM müdahaleleri sırasında ve sonrasında önemli bir değişiklik göstermediği sonucuna varmıştır[270, 276, 277]. Bununla birlikte, ileri invaziv hemodinamik izleme uygulanarak, sistemik dolaşımda ilgili değişiklikler gözlenebilir[278]. Çalışmamızdaki kardiyak hemodinamik veriler incelendiğinde, intraoperatif ortalama kan basınçlarının grup içi kıyaslanmasında, sabit PEEP uygulanan hastalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ($P > 0.05$), kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan hastalarda ise OAB, T1'e ve T4'e kıyasla T3 ölçümünde anlamlı düşük bulundu ($P < 0.05$). Gruplar arası karşılaştırmada ise kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan hastalarda, T2 ve T3 ölçüm zamanlarında sabit PEEP uygulanan hastalara kıyasla anlamlı düşük bulundu ($P < 0.05$).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada intraoperatif ortalama kan basınçlarının grup içi kıyaslanmasında, sabit PEEP uygulanan hastalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiş olsa da bu konuda farklı fikirler mevcuttur. Joris ve ark.yapmış olduğu genel anestezi altında laparoskopik kolesistektomi sırasında, 15 obez olmayan ASA I hastasında, pulmoner arter kateteri de dahil olmak üzere invaziv hemodinamik izlem yapılan çalışmada, pnömoperitonyumun ortalama arter basıncında %35'lik bir artışa neden olduğu gözlenirken benzer bir çalışma olan Alfonsi ve ark.'nın çalışmasında ise pnömoperitonyumun OAB'de %25'lik bir artışa neden olduğu saptanmıştır[279, 280]. Arvizo ve ark. tarafından

pnömoperitonyum ve Trendelenburg pozisyonunun birlikte kardiyak parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Santral venöz basınçta %53-125'lik bir artış, OAB'de %19-35'lik bir artış ve aort çapında yaklaşık %5'lik bir azalma olduğunu ve bunun da sistemik vasküler dirençte neredeyse %40'a varan bir artışa yol açtığını göstermişlerdir. Bu bireysel fizyolojik değişiklikler izleme sırasında görülse de, atım hacminde veya CO'da genel bir değişiklik kaydedilmemiştir[43, 69, 127, 281, 282]. Bununla birlikte, Hirvonen ve ark. laparoskopik histerektomi yapılan 20 kadın, ASA I-II hastasında invaziv hemodinamik izleme gerçekleştirilmiştir ve Darlong ve ark. yaptığı robot destekli laparoskopik radikal prostatektomi geçiren bir hastada yüksek basınçlı CO₂ pnömoperitoneum ile dik Trendelenburg pozisyonunun hemodinamik parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmalarda atım hacmi ve CO'da anlamlı bir düşüş tespit edilmiş, ancak bu parametreler pnömoperitonyumun desüflasyonu ve sırtüstü pozisyona dönülmesinden sonra normale dönmüştür[283, 284]. Ayrıca, Russo ve ark. yaptığı ASA I 20 sağlıklı kadının yarısına laparoskopik histerektomi ve diğer yarısına konvansiyonel açık histerektomi yapılan bir çalışmada pnömoperitonyum ile SV, CO ve sol ventrikül diyastol sonu hacminde azalma olduğu, ancak bunun Trendelenburg pozisyonu ile düzeldiği öne sürülmüştür[285].

İlk olarak 1995'te Rothen tarafından anestezi esnasında atelektazileri açmak için geliştirilen recruitment manevraları, 1999'da Pelosi ve ark. tarafından ARDS'li olgularda denenmiştir[250, 286]. Günümüzde recruitment manevrası ile transpulmoner basınçta geçici bir artış sağlanarak kapalı alveollerin yeniden açılması sağlanarak atelektatik alveoller solunum işine yeniden

kazandırılabilir. “Recruitment” sırasında uygulanan yüksek basınç nedeniyle intratorasik basınç artar. İntratorasik basınç artışı akciğer kan akımında azalmaya, yaşlı veya kardiyak rezervi düşük olan hastalarda hipotansiyona neden olabilmektedir. Hipotansiyon gelişebileceği öngörülen hastalara yeterli sıvı replasmanı yapılmalıdır [9]. Çalışmamızda gruplar arasında yaş olarak anlamlı bir fark gözlenmemiş ve RM uygulanan grupta; özellikle pozisyon ve insüflasyonu sonrası RM uygulanandığı sırada, RM uygulanmayan gruba göre OAB’de anlamlı düşüş gözlenmiştir. Benzer çalışmalardan olan Whalen ve ark. laparoskopik cerrahi yapılan morbid obez hastalarda operasyon sırasında vazopressör kullanımı RM uygulanan grupta daha fazla bulunmuştur[255]. Fakat hala günümüzde tartışmalı olan bu konuda Tusman ve ark. 60 yaşından büyük, 30 ASA II veya III hastasının prospektif, kontrollü bir çalışmada OAB üzerinde herhangi bir anlamlı fark olmadığını belirtmiştir[287]. Bir diğer çalışmada ise 60 kişilik opere olacak hastadan RM sonrası sadece 1 hastada hipotansiyon gözlenmiş olup çalışmanın genelinde RM uygulanan hastalarda OAB’de anlamlı fark elde edilmemiştir[265].

OAB üzerine etkinin değerlendirilmesinde son olarak çalışmamızda, kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan hastalarda, entübasyon sonrası RM uygulaması ve desüflasyon sonrası RM uygulamasına kıyasla, pozisyon sonrası RM’de OAB ölçümü anlamlı düşük bulundu. Bunun nedenleri; entübasyon sonrası artan OAB, desüflasyon sonrası azalan İAB ve buna bağlı olarak azalan intratorasik basınçtan dolayı venöz dönüşün normalleşmesi ve bu 2 sebebe kıyasla Trendelenburg pozisyonuna bağlı olarak daha da artan İAB ve RM ile daha da azalan venöz dönüştür. Sonuç olarak yaptığımız çalışmada RM’nin sadece kardiyak parametreler

üzerinden OAB açısından değerlendirilmesi çalışmamızın kısıtlılıkları arasında yer almaktadır. Literatürde de belirtildiği gibi hemodinamik değişiklikler, akciğer RM sırasında yalnızca ortalama arteriyel basınç tarafından izlenirse, sistemik dolaşımdaki ilgili değişiklikler teorik olarak gözden kaçabilir.

Strok volüm ile kalp atış hızı CO'nun diğer belirleyicisidir. RM yoluyla, CO'daki düşüş boyunca refleks taşikardi gelişimi beklenebilir. Bununla birlikte, Nielsen ve ark.'nın araştırmasında, kalp atış hızındaki önemli azalmadan, RM sırasında azalan CO'nun ana bileşeni olduğundan şüphelenilmiştir[288]. Açıklamalardan biri, şişirilmiş akciğer dokusunun bradikardiye neden olan vagal uyarıyı aktive edebileceğidir[289]. Bir başka varsayım da iç çekme manevrasının intratorasik basınçta Valsalva manevrasına benzer bir model oluşturarak kalp hızında azalmaya yol açabileceğidir. Önceki bulguların aksine, Lim ve arkadaşları kalp hızında artış bildirmişlerdir; bu belki de kullandıkları uzun işe alım prosedürüne verilen sempatik bir yanıtı yansıtmaktadır[290]. Min ve ark.'nın invaziv olmayan bir yöntem kullanarak RM kaynaklı hipotansiyonu gözlemlemeyi amaçladıkları bir çalışmada ASAI-II, elektif spinal cerrahi yapılan 19- 75 yaş arası 94 hasta kaydedilmiştir. RM sırasında yetmiş beş hastada (%79,8) hipotansiyon geliştiği gözlenmiştir[291]. Zhang ve ark. ise laparoskopik kolorektal kanser rezeksiyonu yapılan hastalarda RM'ye bağlı hipotansiyonun özelliklerini araştırmıştır. RM intraoperatif olarak tekrarlandığında, hastaların dörtte birinde RM ile ilişkili hipotansiyon gözlenmiştir. RM ile ilişkili hipotansiyon en çok hemodinamik olarak stabil olmayan hastalarda, hipovolemik olan hastalarda ve yaşlı hastalarda meydana gelmiştir. Aynı zamanda pnömoperitoneum koşulları

altında yapılan RM'lerin kan basıncı üzerinde daha az etkisi olduğu saptanmıştır[105].

RM'nin respiratuvar ve kardiyak etkilerinin yanısıra kranial etkileri de mevcuttur. Aydın ve ark. yapmış olduğu RM ile intrakranial basınç arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada RM'den hemen sonra ve RM sonrası 5. ve 10. dakikalarda ölçülen intrakranial basınç değerlerinde bir artış gözlemlemişlerdir. İntrakranial basınçtaki bu artışın, intratorasik basınçtaki artış yoluyla serebral venöz geri dönüşteki azalmaya bağlı olabileceğinden bahsedilmektedir. RM, oksijenasyonu iyileştirebilen ve ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunu optimize edebilen yararlı bir stratejidir[292]. Ancak, RM'nin juguler kan akışını bozarak, intratorasik basıncı ve santral venöz basıncı artırarak ve serebral venöz sağ dönüşü önleyerek serebral otonöregülasyonu olan hastalarda RM'nin intrakranial basınçta önemli bir artışa neden olabileceği belirtilmiştir[293]. Araştırmalarda akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin çoğunun intrakranial basınçta artışa neden olabileceği belirtilmiştir[294]. Bu endişeler nedeniyle, yakın zamana kadar RM'nin klinik uygulamasından kaçınılmıştır[293, 295]. Son zamanlarda, başlangıçta intrakranial basınçta yüksek beyin hasarı olan hastalarda RM'lerin uygulanabildiğini savunan çalışmalar olmuştur[296]. Ancak bu hastalara kaygısız uygulanabildiği söylenemez. ICP ve hemodinamik izleme gereklidir[297]. Nemer ve ark. yapmış olduğu ARDS eşliğinde subaraknoid kanamalı hastaları içeren bir çalışmada, CPAP ve basınç kontrolü RM'nin intrakranial basınç üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. CPAP'ın intrakranial basıncı arttırdığını, basınç kontrolü RM'nin ise intrakranial basıncı etkilemediği belirtilmiştir[298].

RM ile artan intratorasik basınç, venöz dönüşün azalması yoluyla dolaşım üzerinde depresif bir etkiye sahiptir. Kalp debisi gibi arteriyel basınç da düşer ve bunun sonucunda oksijen taşıma kapasitesi olumsuz etkilenir. Bu nedenle, belirgin hipovolemi RM'ler için bir kontrendikasyon olarak değerlendirilmektedir[205, 209]. Kardiyak aritmi de rekrutment manevralarının olası bir olumsuz etkisidir[209]. RM'lerin, hassas akciğer parankiminin aşırı bölgesel gerilmesine atfedilebilecek pulmoner barotravma için bir miktar risk içerdiği de gösterilmiştir. Bu durum alveolar hemoraji ile birlikte yapısal hasara yol açabilir; ayrıca akciğer dokusunda ventilasyon kaynaklı hasar pnömotoraksa neden olabilir[210]. Ayrıca, mekanik organ stresi inflamatuvar mediatörleri (örn. IL-8 ve TNF- α) serbest bırakabilir ve bu mediatörlerin akciğerlerin yanı sıra kan dolaşımı yoluyla diğer organlar üzerinde de zararlı etkileri olabilir[211, 212]. Böbreklerde ve bağırsakta da hücresel apoptozise neden olabilir. Araştırmacılar bunun inflamatuvar aracılar ve proapoptotik faktörlerin etkileşiminden kaynaklandığını düşünmektedir[213]. Postoperatif komplikasyonların gelişmesi için risk faktörleri olan hastalarda, özellikle de bu hastalar yüksek oranda cerrahi travmaya maruz kaldığında, ilgili bir endikasyon olması durumunda RM'lerin kullanımı da dahil olmak üzere akciğer koruyucu ventilasyon parametrelerinin uygulanması mantıklı görünmektedir. Bu kadar istenmeyen etkiye yok açan RM bazı durumlarda kontrendikedir. Bu sebepler pulmoner amfizem, belirgin hipovolemi, yüksek intrakranial basınçtır[205, 218].

Genel anestezi bilindiği gibi fonksiyonel rezidüel kapasitede azalmaya neden olmaktadır[299, 300]. Hastalar operasyon masasına supin pozisyonda yattığı anda bile FRK yaklaşık olarak %20 oranında azalır. Bu düşüş, inspiratuvar kas

tonusundaki azalmaya bağlı olduğu gibi abdominal basınçtaki artış ve torasik kan hacmindeki değişiklikler nedeniyle de gelişmektedir. Anestezi indüksiyonu ile FRK'deki bu düşüş % 10 oranında artmaktadır[301]. Böylece genel anestezi atelektaziye yol açmaktadır. Supin pozisyon, cerrahi aletlerin abdominal basısı, hava yolları üzerine direkt basınç etkisi ve kompresyon atelektazisi ile genel anestezi sırasında atelektazi gelişebilir[302, 303]. Laparoskopik veya robotik girişimler sırasındaki abdominal basınç artışı buna bir örnek oluşturmaktadır. Oksijenin ani absorpsiyonu ile hava yollarında oklüzyon ve absorpsiyon atelektazisi gelişir. Atelektazilerin gelişmesi ile sekresyonların temizlenmesi güçleşir ve lenfatik drenaj bozulur. Böylece enfeksiyona yatkın faktörler ortaya çıkar. Tüm bu faktörlerin etkisi ile hastaların postoperatif dönemlerinde solunumsal sorunlar, pnömoni ve mortaliteye kadar varan sonuçlarla karşılaşılabilir. Nieszkowska ve ark. çalışmalarında PEEP'in etkisinin atelektaziyi önlediği ve sonuçta da postoperatif komplikasyonları geriletteği savunulmaktadır. PEEP gibi medikal uygulamalar olumlu ya da olumsuz sonuçlara neden olabilir. Akut solunum sıkıntısı olan hastalarda ekspirasyonda kapanmayı (derecruitment) önleyen PEEP düzeylerinin yararlı etkilerine karşın, hastaların 1/3'ünden fazlasında dependant olmayan akciğer bölgelerinde bulunan ve havalanması normal olan akciğer bölgelerinde hiperinflasyona yol açtığı saptanmıştır[304]. Bu durumda PEEP bazı alveol ünitelerinde aşırı gerilmeye yol açarak gerilim hasarına yol açabilir. PEEP sonucunda intraplevral basınçtaki artış ayrıca barotravma riskini de artırabilir ve kardiyovasküler dinamiği bozabilir. Peroperatif dönemde kardiyovasküler sistem

etkilenir ve kardiyovasküler desteğe ihtiyaç duyulabilir. Bu durum postoperatif dönemi de etkileyerek, postoperatif kardiyak risk değişikliklerine neden olabilir.

Laparoskopik cerrahi yaklaşımlarda oluşturulan pnömoperitonyum, parsiyel CO₂ basıncını ve intraabdominal basıncı arttırarak solunum mekanikleri üzerinde önemli etkiler oluşturur. Böylece diyafram itilerek akciğerler üzerinde bası ve pulmoner kan akımında şift oluşur. Atektaziler gelişir, arteriyel oksijenasyon bozulur. Atektazik alanlar üzerinde tidal rekrutment manevrası uygulaması diğer akciğer alanlarında parankimal mekanik stres oluşturur. Nöromusküler blokajın eklenmesi sonucu ise solunum sistemi üzerinde mekanik anlamda büyük değişiklikler oluşmazken, laparoskopi cerrahiler sonrası postoperatif morbiditede artış olabilmektedir. Laparoskopik cerrahilerde 10 cm H₂O PEEP uygulaması, solunum sisteminin artmış direnci ve elastans üzerinde olumlu etkiler oluşturur[305]. Vital kapasite manevralarını takiben 10 cmH₂O PEEP uygulanması obez hastalarda, intraoperatif ve postoperatif oksijenasyon açısından ideal gözükmemektedir. Postoperatif bilgisayarlı tomografi uygulamaları sonucunda akciğerlerdeki atelektazi skoru oldukça düşük bulunmuştur. Böylece hastaların anestezi sonrası yoğun bakım ünitelerinde (PACU) kalış süreleri kısalır ve laparoskopik cerrahi uygulanan obez hastanın postoperatif dönemdeki oluşabilecek komplikasyonları azalır[306, 307].

Pnömoperitonyum ile artan intraabdominal basınç toraksa aktarılır. Basınç ve hacimdeki artışlar diyaframın sefale doğru hareket etmesine yol açarak intratorasik basıncın ve bunun sonucunda ortalama havayolu basıncının artmasına neden olur. Akciğerlere uygulanan basınç, göğüs kafesinin ve akciğerlerin

ekspansiyonunu kısıtlar. Fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma olur. Ekspiryum sonu alveol basıncı alveolün açıklığını devam ettirmek için yetersiz kalıp, atelektaziler oluşabilir. PEEP uygulanması ekspiryum bitiminde alveolün açık kalmasını sağlayarak FRK'deki düşüşü azaltır. Akciğer kompliyansı, pnömoperitonyum olmadan Trendelenburg pozisyonla %35 azalırken, pnömoperitonyum bunu daha da azaltır[71, 72]. Ayrıca insüflasyon için kullanılan karbondioksitin kanda çözülmesi ve akciğerlere iletilmesi sonucu dakika ventilasyonu artar ve sonuç olarak ortalama havayolu basıncı daha da artar [137]. Hirvonen ve arkadaşları pnömoperitoneum sonrası hava yolu basıncında anlamlı bir artış ve komplansta pnömoperitoneum öncesi değerlere dönmeyen %30'luk bir azalma saptamışlardır[71]. Galizia ve ark. yaptıkları bir çalışmada pnömoperitonyum ile kolesistektomi yapılan hastalarda PIP de anlamlı artış olduğunu bildirmişlerdir[66]. Cunnigham ve ark. yapmış olduğu bir çalışmada laparoskopik hiatal herni onarımı sırasında hastalarda pnömoperitonyumla oluşan yüksek basınçla amfizem, pnömotoraks ve pnömomediastinum gözlenmiştir[308].

Pnömoperitonyum, CO₂'nin sistemik emilmesine bağlı olarak hiperkapniye yol açmaktadır. Komplike olmayan bir robotik cerrahide, PaCO₂, CO₂ insüflasyonu sonrası artar ve yaklaşık 15-30 dakika sonra plato çizerek aynı kalır. Genel anestezi ve kontrollü mekanik ventilasyon altındaki hastalarda, hiperkapni, alveolar ventilasyonu veya solunum frekansını arttırarak normal değerlere kolaylıkla çekilebilir. Hiperkapninin ventilasyonla yönetilemediği durumlarda periton basıncı azaltılabilir. Ekstraperitoneal CO₂ insüflasyonu, laparoskopik cerrahi esnasında en sık görülen respiratuvar komplikasyon olan subkütan

amfizeme neden olabilir [138, 139]. Robotik cerrahide pnömotoraks asemptomatik olabileceği gibi artan havayolu basınçlarıyla ya da desatürasyon ve hipotansiyonla da karşımıza çıkabilir. Komplike vakalarda inatçı hipotansiyon ve kardiyak arreste neden olabilir [139]. Böyle bir komplikasyon ile karşılaşıldığında cerrahi sonlandırılmalı ve hemen peritoneal hava boşaltılmalıdır. Eğer hastanın durumu operasyonun devamına izin veriyorsa, açık operasyona geçilmesi uygun olabilir. Diyafragmanın sefale doğru şifti, özellikle trendelenburg pozisyonundayken ve insüflasyon sonrasında görülür. Karınayı sefale iter, endobronşial entübasyon gelişebilir[73]. Oksijen satürasyonunda düşme, plato havayolu basıncında artış oluşur. İnsüflasyon sonrasında ve pozisyon değişikliklerinde akciğerleri dinlemek önemlidir. Demiroglu ve arkadaşlarının laparoskopik kolesistektomi ve laparoskopik inguinal herni olgularını içeren çalışmasında da pnömoperitonyum sonrası dönemde alınan PaCO₂ değerlerinde artış olduğu kanıtlanmıştır[309]. Topuz ve ark. çalışmasında PaCO₂ değerlerindeki artışı tespit edilmiştir: Desüflasyon sonrası alınan PaCO₂ değerlerindeki artış, insüflasyon öncesi alınan değerlere kıyasla kontrol grubunda RM grubuna göre çok daha anlamlı bulunmuştur[246]. Bizim çalışmamızda her iki grupta da pnömoperitonyum seti süresince akciğer kompliyansında azalma olmuştur. En düşük dinamik kompliyans değerleri RM ve kontrol gruplarında sırasıyla 20 ve 18,4 ml/cmH₂O saptanmıştır. Topuz ve ark. çalışmasında da Hirvonen ve arkadaşlarının çalışmasında olduğu gibi kontrol grubunda pnömoperitonyum sonlandırıldıktan sonra akciğer kompliyansındaki azalma kalıcı olmuş ancak RM grubunda değerler pnömoperitonyum öncesi seviyelere ulaşmıştır[71]. Recruitment manevrası bu

konuda yardımcı olmuştur. Postoperatif böbrek fonksiyonunu etkilememesine ve genellikle pneumoperitoneumun deflasyonundan sonra herhangi bir histolojik değişiklik veya herhangi bir kalıcı böbrek düzensizliği olmadan hızlı bir şekilde iyileşmesine rağmen, insuflasyon sırasında oligurinin renal parankimal kompresyonun bir sonucu olduğu öne sürülmüştür[310-312]. Bu etkiler, Ben-Haim ve Rosenthal tarafından yapılan bir incelemede özetlenen vazopressin, anjiyotensin, kortizol ve adrenokortikotropin hormonu dahil olmak üzere çeşitli vazoaktif maddelerin salınmasıyla birleştirilmiştir[313]. Walder ve Aitkenhead, periton boşluğunun insuflasyonu sırasında, muhtemelen vazopressin salınımı için tanınmış bir tetikleyici olan atriyal transmural basınç gradyanının azalmasının aracılık ettiği vazopressin plazma seviyelerinin arttığını saptamıştır[314]. Pnömotorik tarafından oluşan splanknik fizyolojik değişiklikleri ölçmenin ve kontrol etmenin uygun bir yolu ne yazık ki henüz mevcut değildir. CO₂ giriş azaltımı bir seçenek değildir, çünkü cerrahi görüş, aletlerin güvenli bir şekilde yerleştirilmesi ve cerrahi manipülasyon için periton boşluğu içinde yeterli alan üretmek için 12-15 mmHg intraabdominal basınçları gereklidir[128]. Cilt altı amfizem perineal bölgede çok yaygın bir olaydır, ancak bu literatürde endişeye yer verecek bir hal almamıştır[128]. Yüksek insütilasyon basınçları kullanılırsa pnömotoraks ve pnömomediastinuma neden olan göğüs kafesine genişleme meydana gelebilmektedir. Bu durumların tedavisi hayati ve basittir; önemli bir hacim ve basınçta ise cerrahi tahliye ve göğüs tüpüne ihtiyaç vardır. Az miktarda karbondioksit, yüksek çözünürlüğü nedeniyle vücut sıvıları tarafından hızla yeniden emilecektir[128].

Robotik cerrahilerde pulmoner fonksiyon, Trendelenburg pozisyonundayken, CO₂ pnömoperitoneum ve intraabdominal içeriklerin diyafram karşısındaki hareketinden de etkilenir. Diyaframın ve mediastinal yapıların sefafe doğru yer değıştirmesi, fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRK), vital kapasitenin ve akciğer kompliyansının azalmasına, P_{peak} ve P_{plato} basınçlarının artmasına ve V/Q uyumsuzluğuna neden olur[38]. Morbid obezite veya altta yatan akciğer hastalığı olan hastalarda, bu düşüşler ventilasyon ve oksijenasyonun hiperkarbiye karşı koymayı daha zor hale getirebilir. Ancak sağlıklı hastalarda solunum sisteminde önemli bir değışiklik yoktur[43-45]. Aynı zamanda Trendelenburg pozisyonunun; Yüz/ laringeal ödem, hipoventilasyon/ atelektazi, değışmiş V/Q oranı, artmış kafa içi basıncı, artmış hava yolu salgıları, artmış göz içi basıncı, alt ekstremitte arteriyel kan akışında azalma, kardiyak aritmiler, brakial plexus yaralanması/ artralji, artmış gastrik içerik aspirasyon riski, venöz hava embolisi, kompartman sendromu gibi komplikasyonları da literatürde yer almaktadır. Robotik cerrahilerde Trendelenburg pozisyonuna ek olarak pnömoperitoneum ile daha çok artan intraabdominal basınç, etkisi toraksa aktarılmaktadır. Bu basınç, diyaframı yukarı doğru iterek intratorasik basınç artışına neden olur. Akciğerlere uygulanan basınç, göğüs kafesinin ve akciğerlerin ekspansiyonunu kısıtlar. Fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma olur. Ekspiryum sonu alveol basıncı alveolün açıklığını devam ettirmek için yetersiz kalıp, atelektaziler oluşabilir.

Major cerrahilerden sonra gelişen solunum komplikasyonları, hastanede kalış süresini uzattıkları için ekonomik açıdan da önem taşır ve postoperatif

morbidite ve mortaliteyi artırır. Proflaktik klinik müdahaleler sonucunda postoperatif erken veya uzun dönem komplikasyonlar önlenabilir. Preoperatif dönemde göğüs fizyoterapisi ve postoperatif dönemde akciğer ekspansiyon manevraları bazı yararlar sağlayabilir. Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) uygulamaları, kardiyak cerrahide yeterli sonuçlar elde edilmemiş olsa da genel popülasyonda postoperatif solunum komplikasyonlarını azaltır. Randomize kontrollü çalışmalarda yüksek risk taşıyan hastaların elektif major cerrahi girişimlerinde epidural anestezinin solunum hasarı riskini geriletmediği gösterilmiştir[307, 315]. Böylece uzamış mekanik ventilasyon ve yeniden entübasyon olasılıkları ortadan kalkar[300]. Trung K.N. ve ark. yayınladığı bir çalışmada abdominal laparoskopik cerrahi geçiren hastalarda akciğer koruyucu ventilasyonu konu almıştır. PEEP 10 cmH₂O, RM maksimum basıncı 20 cmH₂O olacak şekilde operasyonun dört farklı zamanında uygulanmıştır. Uygulanan PEEP homojen bir ventilasyon dağılımını korumuş ve 10 cmH₂O PEEP'le uygulanan akciğer koruyucu mekanik ventilasyon ve düzenli rekrutment manevralarının yapılması intraoperatif oksijenasyonu, pulmoner kompliansı önemli ölçüde iyileştirebildiği gösterilmiştir. İntraoperatif olarak yüksek düzeyde (>15cm/H₂O) PEEP kullanımı, normal akciğerde barotravma konusunda önemli bir endişe yaratacağını da bildirilmiştir[17]. De Jong ve ark. 5-10 cmH₂O'da PEEP ile birlikte mekanik ventilasyonun, majör karın cerrahisinde daha az postoperatif solunum komplikasyonu ve daha kısa hastanede kalış ile ilişkili olduğunu belirtti[197]. Young ve ark. ayrıca, etkileri değerlendirmek için RM'lerden sonra pulmoner uyum ve sürüş basınçlarının incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ameliyat sırasında ve

PACU'da hastaların oksijenasyon indekslerini değerlendirmişler. RM'nin intraoperatif oksijen indekslerini iyileştirdiği gerçeği çoğu çalışma ile doğrulanmıştır[84].

Periferik sinir hasarı hem robotik hem de laparoskopik cerrahinin nadir bir komplikasyonudur. Aslında, ASA veritabanı şikayetlerinin %16'sı bir veya daha fazla sinirin yaralanmasından kaynaklanmaktadır[316]. Büyük bir retrospektif seri, robotik destekli laparoskopik prostatektomi vakalarında %0,16 periferik sinir yaralanması insidansı göstermiştir ve robotik olmayan prostatektomilerde %0,1'lik bir insidans saptanmıştır[317]. Geleneksel laparoskopik veya açık cerrahi ile karşılaştırıldığında, robotik cerrahi için gereken dik Trendelenburg pozisyonu ve ameliyatın uzun sürmesi sebebiyle robotik cerrahilerde pozisyona bağlı komplikasyon daha sık görülmektedir. Sinir hasarının olası mekanizmaları kompresyon, germe ve iskemiye içermektedir. Uzun süreli kompresyon dönemleri Schwann hücre hasarına ve demiyelinasyona yol açarak kalıcı sinir hasarına yol açabilmektedir[318]. Literatürde açıklanan periferik sinir yaralanmaları arasında lingual ve bukkal sinirler, brakial pleksus, lateral femoral kutanöz sinir, obturator sinir, femoral sinir, ortak peroneal sinir ve siyatik sinir bulunmaktadır[94, 128, 319]. Brakiyal pleksopatilerin %0.25'lik bir insidansının olduğu saptanmıştır[128, 320]. Üst ekstremité nöropatisinin en sık görülen bölgesi ulnar sinirdir, bunu brakiyal pleksus ve medyan sinir izlemektedir[318]. Bu yaralanmaların genellikle akromioklaviküler eklem üzerindeki aşırı basınca bağlı olduğu düşünülmektedir[319]. Brakial pleksus yaralanmalarında omuz desteklerinin rolü tartışmalıdır, bazı makaleler bunları önleyici önlemler olarak sunarken diğerleri

bunları olası nedenler olarak sınıflandırmaktadır[53, 73, 318, 320-324]. Devarajan ve ark. tarafından hazırlanan bir vaka raporunda, robotik prostatektomi geçiren 3 hasta, abdüksiyona alınan kollarda tek taraflı brakiyal pleksoopatiler saptandı. Bu hastaların hepsi bir ameliyat masası üzerinde düşük litomi pozisyonunda, sağ kol addüksiyonda ve sol kol <90 derecede abdüksiyonda operasyona başlanmıştır. Her 3 hasta da ameliyat sonrası sol üst ekstremitede C5-C7 dermatomlarında uyuşukluğu gözlenmiştir. Ameliyattan sonraki altı haftada, üç hastadan ikisinde semptomların gerilediği ancak bir hastada kalıcı ağrı, uyuşma ve kavrama güçsüzlüğü olduğu gözlenmiştir. Bunun, gövdeye göre akromioklaviküler eklemi ve klavikulayı baskılayan ve abdüksiyon açısını > 90 dereceye çıkaran omuz tutucularının uygulanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür[320]. Mills ve ark. tarafından yapılan retrospektif bir çalışmada, 334 robotik ürolojik vaka incelenmiştir. 22 hastada nörolojik yaralanma saptanmış olup 13'ü üst ekstremitede hasarını oluşturmaktadır. Yaralanmaların 13 vakanın dokuzunda tek taraflı olduğu ve 13 vakanın 8'inde her iki üst ekstremitede olduğu gözlenmiştir. Yaralanma insidansı, artan vaka süresi ve artan ASA sınıflandırması ile güçlü bir şekilde korelasyon göstermiştir. Ameliyattan bir ay sonra, yaralanmaların %59'u düzelmiş ve %23'ü altı aya kadar devam etmiştir[325]. Brakiyal pleksus yaralanmalarına atıfta bulunan raporların çoğu, uzun süreli sekel olmadığını açıklamaktadır. Bir vaka raporu, sağ omuz abdüksiyonunda (C5-C6 innervasyonu) saf motor hasarı gösteren ve dirsek fleksiyonunda (C5-C6 innervasyonu) da motor hasarı gösteren robotik prostatektomi geçiren bir hastayı açıklamaktadır. Bu eksiklik ameliyat sonrası beşinci günde çözülmüş ve ameliyattan iki hafta sonra sürekli bir iyileşme

göstermiştir[39]. Başka bir retrospektif incelemede, robotik jinekolojik cerrahi geçiren bir hastada uzun süreli sekel olmayan bir brakiyal plexus yaralanması saptanmıştır[322]. Oksar ve ark. robotik prostatektomi geçiren 53 hasta üzerinde prospektif bir çalışma yayınlamışlardır ve 3 gün sonra tek taraflı duyu ve motor sinir hasarı gözlenmiştir[326]. Ulm ve ark. tarafından 831 robotik jinekolojik vakanın retrospektif bir kohort incelemesinde, 831 hastanın yedisinde pozisyon sonucu hasar gözlenmiştir[322].

Çoğu robotik ürolojik prosedür, litomi pozisyonuna sahip dik Trendelenburg pozisyonunda yapılmaktadır. Bu sebeple Peroneal sinirin kompresyonu, fibula başı ile bacak destekleri arasında ve medial tibial kondilde safen sinirin sıkışması kolayca meydana gelebilmektedir. Daha düşük VKİ, litomi konumlandırma yaralanmaları için bir risk faktörü gibi görünmektedir. Ek olarak, her bir litotomi, motor nöropati riskini 100 kat arttırmaktadır. Bu pozisyonundaki uzun süreli dönemler, yeterli önlemler alınmadığı takdirde lateral femoral kutanöz sinir, ortak peroneal sinir, obturator sinir ve siyatik siniri içeren alt ekstremité nöropatilerine yol açabilmektedir[318, 327]. Komplikasyon olarak alt ekstremité nöropati insidansı %0,3-5,1 arasında değişmektedir[325, 328, 329]. Awad ve ark. tarafından robotik prostatektomilerin incelendiği bir makalede, hastaların %0,3'ünde duyuşal bir hasar ve 4500'den birinde ortak peroneal sinir dağılımında motor sinir hasarı gözlenmiştir. Obturator sinirin %0,5'lik bir yaralanma oranı vardır. Siyatik sinir dağılımında %0,3-2'de duyuşal bir hasar ve 25.000'de birinde motor eksiklik meydana gelmiştir. Femoral sinir hasarının 50.000'de bir kalıcı motor nöropati riski saptanmıştır[130]. Wechter ve ark. tarafından yapılan

çalışmada 1 lateral femoral kutanöz nöropati vakası gözlenmiştir ve postoperatif 10. Haftada düzelmiştir[330].

Robotik prostatektomi uygulanan toplam dört vakada postoperatif ajitasyona yol açan serebral ödem gözlenmiştir[51, 331-333]. Bildirilen vakalar, anestezi sonrası bakım ünitesinde reentübasyonu gerektiren depresif zihinsel durumdan, normal bir BT ile gecikmiş ekstübasyona sebep olan serebral ödem ile tutarlı BT tarama bulguları arasında yer almaktadır[51, 331]. Serebral ödemin radyolojik kanıtı doğrulanmış iki vaka, semptomatik yaklaşım, deksametazon ve diüretiklerle tedavi edilmiştir[51]. Etiyolojinin Trendelenburg pozisyonu ve pnömperitoneum kombinasyonundan kaynaklanan venöz basınç, bunun sonucunda kafa içi basınçta ve kapiller kaçakta artış olduğu düşünülmektedir[45, 71, 334, 335]. Önerilen önleyici stratejiler arasında dik Trendelenburg'da zaman sınırlama, sıvı kısıtlaması, karın içi insuflasyon basıncının 8 mm Hg ile sınırlandırılması ve mümkün olduğu kadar ameliyat süresinin sınırlandırılması yer almaktadır.

Komplikasyonlar sadece sinir sistemiyle sınırlı değildir, diğer çeşitli organ sistemlerinde de görülmektedir. Gözde iskemik optik nöropati, görme kaybı, korneal abrazyon görülen olgular mevcuttur. İskemik optik nöropatinin tüm prosedürlerde tahmini insidansı %0,05'tir ve robotik abdominal ve pelvik cerrahilerde karşılaşılmaktadır[336]. Posterior İskemik optik nöropati, prostatektomi geçiren iki hastayı içeren bir vaka raporunda bildirilmiştir, bunlardan birinde robotik teknik kullanılmış, diğerinde ise laparoskopik yöntem uygulanmıştır[49]. Özel olarak bildirilen vakalarda görme keskinliğinde bilateral kayıp (tam körlüğe kadar varan şiddette) tanımlanmış ve spesifik görme alanları

açısından çeşitlilik göstermiştir[106, 318]. Ameliyat sonrası takip genellikle bir dereceye kadar iyileşme göstermiş, ancak ameliyat sonrası üç aylık dönemde muayenede optik disk solukluğunun devam etmesiyle birlikte değişen derecelerde stabil görme eksikliği görülmüştür[49, 318]. Yedi makalede değişen derecelerde görme alanı eksikliği ve körlük bildirilmiştir. Makalelerin çoğunluğu vaka raporları ve vaka serileri ile temsil edilmiştir, ancak daha büyük bir retrospektif çalışma 256 vakada bir insidans bildirmiştir[337]. Robotik prostatektomiyapılan hastalarda görme keskinliğini takip eden daha küçük bir prospektif çalışma, 25 olgunun yedisinde incelenen toplam yedi gözde net bir etiyoloji olmaksızın görme kaybı olduğunu ve üç ayda kaybın tamamen düzeldiğini göstermiştir[338]. Vaka raporları ve vaka serileri, ilerleyici bilateral görme alanı defisitlerinden körlüğe kadar değişen kayıplar tanımlamıştır ve her birinde, vaka uzunluğunun rol oynadığı, ameliyat sonrası üç ayda iyileşme gözlenmiştir[339, 340]. Ameliyat süresinin, özellikle altı saati aşan prosedürlerin, görme kaybı insidansı ile artmış bir ilişkisi olduğu kaydedilmiştir[341]. Riski azaltmanın olası bir yolu, dik Trendelenburg kullanan prosedürler sırasında sırtüstü pozisyona dönüş ile bir "ara dönem" oluşturmaktır. Bir prospektif çalışma, ameliyatın 90. veya 120. dakikasında beş ila yedi dakikalık küçük bir ara verildiğinde göz içi basıncında başlangıca doğru önemli bir düşüş olduğunu göstermiştir[336]. Dik Trendelenburg ile ilgili oftalmik komplikasyonlar konusunda artan farkındalık, iki açık açılı glokom hastasının oftalmik konsültasyondan sonra robotik bir vakanın açık olarak yeniden planlandığı bir raporla sonuçlanmıştır[342].

Korneal abrazyon robotik cerrahinin en yaygın oküler komplikasyonudur[343, 344]. Göz dışı ameliyatlar arasında, daha büyük çalışmalar %0,013 ila %0,17 arasında bir insidans göstermiştir[345]. Beş yüzden fazla vaka içeren retrospektif çalışmalar arasında, robotik vakalarda korneal abrazyon için insidans aralığı %0,13 ila %3'tür[123, 346, 347]. İncelenen en büyük retrospektif çalışma (>100.000 vaka) açık ve robotik prostatektomide korneal abrazyon insidansında anlamlı bir fark göstermemiştir, ancak açık histerektomi (%0,03 insidans) ile laparoskopik (%0,136) ve robotik (%0,297) histerektomiler karşılaştırıldığında anlamlı bir artış göstermiştir[346]. Vakaların hiçbirinde etkilenen hastalarda uzun süreli defisit veya klinik sekel bildirilmemiştir. Genel anestezi sırasında gözlerin tam olarak kapanmama eğilimi, hastaları bu riske yatkın hale getirmektedir[348]. Diğer risk faktörleri arasında konjonktival ödem ve göz bandının olmaması, iki litreden fazla sıvı verilmesi ve robotik vakalara karşı sadece laparoskopik vakalar yer almaktadır[339, 349, 350]. Potansiyel nedenler arasında hasta veya doktor tarafından hastanın gözleriyle doğrudan temas ve gözlere yakın izleme kabloları da yer almaktadır.[339, 349].

Timpanik membran perforasyonu ve kulak kanalı hematomu gibi etiyolojilerden kaynaklanan kulak kanaması, antibiyotik ve steroid otik damla ile tedaviden bir ay sonra sekel bırakmayan vaka raporlarında kaydedilmiştir[351-353].

Literatürde çok az sayıda kardiyovasküler komplikasyon bulunmuş, araştırdığımızda iki vaka raporu, bir inceleme makalesi ve iki retrospektif analiz ortaya çıkmıştır. Bir çalışmada, insüflasyona yanıt olarak gelişen bradikardinin 575

hastanın yedisinde (%1,2) görüldüğü, bir vakanın asistoliye ilerlediği ve kısa süreli göğüs kompresyonu ile atropin ve epinefrin uygulamasından sonra düzeldiği kaydedilmiştir[121]. Ek bir retrospektif çalışma, robotik prosedür uygulanan 182 hastanın ikisinde (%1) kardiyak olay olduğunu göstermiştir; bir hastada kardiyojenik pulmoner ödem ile sonuçlanan atriyal fibrilasyon, diğerinde ise EKG'de iskemik değişiklikler gelişmiştir[350]. Stent içi trombozun bir sonucu olarak miyokard enfarktüsü, bir hastanın yeni bir sol dal bloğu geliştirdiği ve nihayetinde kardiyak kateterizasyon laboratuvarına götürüldüğü bir vaka raporunda tanımlanmıştır[260]. Bir vaka raporunda, önemli kardiyak risk faktörleri olan ve muhtemelen ekstübasyon sırasında hiperkarbi nedeniyle kardiyak arrest geçiren ve daha sonra başarılı bir şekilde resüsite edilen bir hasta tanımlanmıştır[354]. Ve başka bir vaka raporunda, önemli koroner arter hastalığı olan bir hastada intraoperatif kardiyak arrest ve ölüm tanımlanmıştır[355].

Pulmoner komplikasyon açısından tek bir vaka raporunda robotik cerrahi geçiren bir hastada pulmoner ödem epizodları tanımlanmış olup literatürde daha önce bu konuda bir rapor bulunamamıştır[356]. Hastada yeniden entübasyon gerektiren pulmoner ödem gelişmiş ve mekanik ventilasyon ve furosemid ile tedavi edilmiş olup uzun süreli sekel tanımlanmamıştır[356]. Genel anestezi vakalarında açık tanıklı aspirasyonun %0,01-0,04 gibi düşük bir insidansı olduğu bildirilmiştir ve daha küçük çalışmalar sessiz veya subklinik regürjitasyonların %7-8'lik potansiyel bir insidansına işaret etmektedir[357]. Subklinik aspirasyon endişesi yaratan regürjitasyon olayları iki küçük çalışmada benzer bir insidansla bildirilmiştir; her bir çalışmada sırasıyla %6,3 (16 hasta) ve %15 (53 hasta) insidans

bildirilmiş, majör aspirasyon olayı rapor edilmemiştir[326, 358]. Çoğu vaka için gerekli olan dik Trendelenburg pozisyonunun regürjitasyon oluşma olasılığını artırdığı düşünülmektedir[359]. Uzun süreli Trendelenburg pozisyonu ve abdominal insüflasyon kombinasyonu, pnömoperitonyum nedeniyle diyaframın abartılı bir şekilde yukarı kalkması sonucunda atelektazi insidansında artışa neden olmaktadır[354, 360]. Artan karın içi basınç, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi kapanış hacmine yaklaşacak kadar azaltarak atelektazi oluşumunda artışa neden olmaktadır[354, 360]. İncelenen çalışmaların hiçbirinde atelektazi ile doğrudan bağlantılı ciddi bir komplikasyon görülmemiştir, ancak kademeli desatürasyon raporlarında atelektaziye yer verilmiştir. Tek bir vaka raporunda, robotik cerrahi sırasında pnömotoraks vakası tanımlanmış ve vaka sırasında önemli klinik bulgular olmaksızın postoperatif göğüs röntgeninde tesadüfen tespit edilmiştir[361]. Teorize edilen bir mekanizma, insüflasyon ve dik Trendelenburg pozisyonu kombinasyonu sırasında akciğer kompliyansındaki değişikliklerdir[69, 362].

Açık, laparoskopik ve robotik teknikle ilişkili olarak böbrek hasarı insidansı tartışmalıdır. On bir makale, akut böbrek hasarını değişen derecelerde ciddiyet ve morbiditeye sahip bir komplikasyon olarak belirtmiştir. Üç çalışma özellikle farklı teknikler arasında akut böbrek hasarı insidansını incelemiş ve tanısal çalışmaların analizini içermiştir[363-365]. Bu üç çalışmada akut böbrek hasarı, serum kreatinininde artış (mutlak artış $\geq 0,3$ mg/dL veya başlangıçtan $\geq 1,5$ kat artış) veya idrar çıkışında azalma (>6 saat boyunca $<0,5$ mL/kg/h) ile ilgili akut böbrek hasarı meydana gelmiş ve robotik vakalarda %5,5- 6,5 insidans bildirilmiştir [364-366]. İncelenen çalışmalar arasında akut böbrek hasarı insidansı ile cerrahi teknik

arasında net bir ilişki bulunmamakla birlikte, bazı çalışmalarda robotik vakalarda insidansın daha düşük olduğu görülmüş, bunun da daha az kan kaybı ve uygulanan kan transfüzyonları ile ilişkili olduğu düşünülmüştür[363, 365]. Bir makalede, spesifik kriterlere atıfta bulunulmaksızın 293 vakada toplam 17 vakadan (%5,8) bahsedilmiştir[366]. Önerilen etiyoloji, karın içi basıncın artması ve bunun sonucunda renal vasküler direncin artarak kreatinin klirensinin azalmasıdır[360]. Böbrek hasarına odaklanan ürogenital olayların insidansı retrospektif bir çalışmada %0,4 olarak bildirilmiş ve düşük kan akışının bir sonucu olarak akut tübüler nekroz varsayımsal etiyoloji olarak belirtilmiştir[367]. Bu durumun, genç bireylerde görüldüğü gibi ameliyat sonrası böbrek fonksiyonlarını geri kazanma rezervine sahip olmayabilecek yaşlılarda daha önemli olduğu düşünülmüştür[360]. Bir vakada, muhtemelen kompartman sendromundan kaynaklanan rabdomiyoliz nedeniyle oligürik olmayan bir böbrek yetmezliği görülmüştür[368]. Önerilen bir önleyici strateji, >200 mL/h idrar çıkışına titre edilen agresif sıvı tedavisidir[368]. Robotik vakalardaki olası etiyolojiler arasında, 15 mm Hg civarında insüflasyon basınçlarında görülen böbrek kan akışındaki azalma yer almaktadır[369]. Klinik sekel bırakmayan oligüri iki makalede tanımlanmış ve etiyolojinin renal kompresyon olduğu öne sürülmüştür[128, 319].

Gastrointestinal sistemle ilgili çok az komplikasyon tanımlanmıştır. İnceleme sonucunda, portal kan akışını engelleyen 14 mm Hg'lik insüflasyon basınçlarıyla ilişkili olarak iskemi ve vasküler konjesyonun bir sonucu olduğuna inanılan bir akut karaciğer hasarı vaka raporu ortaya çıkmıştır[257, 319].

Robotik veya laparoskopik cerrahi prosedür uygulanan hastalarda bildirilen vasküler komplikasyonlar arasında en sık alt ekstremitte kompartman sendromu görülmüş, bunu transfüzyon gerektiren cerrahi kanama ve postoperatif derin ven trombozu izlemiştir. Arteriyel gaz embolisi, bir vakada saf motor kuadripleji olarak ortaya çıkmış ve daha sonra steroid bolusu ve hiperbarik oksijen ile tedavi edilmiştir[128, 370]. Uzun vadeli sekel gözlenmemiştir.

Venöz gaz embolilerine literatürde daha sık rastlanmıştır. Abdominopelvik laparoskopik prosedürlerde venöz gaz embolileri insidansı bireysel çalışmalarda %7-100 arasında değişmektedir; ancak incelenen hiçbir çalışmada "şiddetli" venöz gaz embolilerin bile hemodinamik sonuçları bildirilmemiştir[371-373]. Bir prospektif çalışma (51 denek) açık ve robotik cerrahi arasındaki venöz gaz embolisi insidansını doğrudan değerlendirmiş ve robotik grupta açık gruba kıyasla daha düşük venöz gaz emboli insidansı göstermiştir (sırasıyla %38'e karşı %80)[372]. Robotik cerrahi grubunda, venöz gaz embolileri daha önce teorize edildiği gibi ilk insüflasyon sırasında değil, derin dorsal venlerin transeksiyonu sırasında meydana gelen embolik epizodlardan kaynaklanmıştır. Dik Trendelenburg kullanımı sağ atriyal basınçta bir artışa neden olur ve bunun hemodinamik olarak anlamlı venöz gaz embolilerinin gelişmesi için koruyucu olduğu öne sürülmüştür. Robotik prostatektomi hastalarında derin ven trombozu insidansı %0,5-0,6 olarak bildirilirken, insidansın rapor edildiği makalelerde laparoskopik prostatektomi hastalarında bu oran %0-0,5 olarak bildirilmiştir[51, 374, 375]. Derin ven trombozu insidansına atıfta bulunan literatürün çoğunluğu prostatektomilere odaklanmıştır ve cerrahi tekniğin (açık vs laparoskopik vs robotik) derin ven trombozu insidansı

üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermemiştir[375]. Robotik nefrektomi hastaları üzerinde yapılan retrospektif bir çalışmada, postoperatif pulmoner emboli insidansının %1,3 olduğu gösterilmiştir[376]. Alt ekstremitte kompartman sendromu, abdominal ve pelvik cerrahilerde tanımlanan %0,028'lik bir insidansa sahiptir[368]. 3110 robotik cerrahi yapılan hastayı inceleyen çok merkezli bir çalışma, kompartman sendromu ile ilgili %0,28'lik bir insidans göstermiş, yedi vakadan sonra fasyotomi uygulanmış ve mortalite, rabdomiyoliz veya akut böbrek hasarı bildirilmemiştir[377]. Tanımlanan vakalarda sıvı resüsitasyonu ve analjezik önlemlerden sonra deri grefti ile bilateral fasyotomilere kadar değişen bir tedavi yelpazesi kullanılmış ve herhangi bir ölüm vakası bildirilmemiştir[324, 366, 368, 377-380]. Önemli ölçüde daha az yaygın olan gluteal kompartman sendromu iki vakada bildirilmiştir. Bu hastalara daha sonra kalıcı sekel bırakmayan bilateral fasyotomiler yapılmıştır[381, 382]. Litotomi pozisyonunda bacakların yükselmesi ve baldırın sıkışması ile Trendelenburg pozisyonu ile şiddetlenen alt ekstremitte kan akışının azalması nedeniyle kompartman basıncında değişiklikler meydana gelebilir[377, 383, 384]. En sık kompartman sendromları ile ilişkili olarak ortaya çıkan rabdomiyolizin, literatürde bildirilen genel insidansı, retrospektif çalışmalarda %0,67 ile %0,95 arasında değişmektedir[376, 385]. Prospektif bir çalışmada, RALP uygulanan 60 hastada zaman aralıklarıyla serum kreatin kinaz analizleri izlenmiş ve on hastada >5.000IU/L kreatin kinaz konsantrasyonları gösterilmiştir; bu hastalar daha sonra hipervolemik sıvı tedavisi ile tedavi edilmiş ve ameliyat sonrası böbrek hasarı gelişmemiştir[386]. Serum kreatin kinaz konsantrasyonlarındaki yükselmelerle ilgili olarak bildirilen diğer risk faktörleri

yüksek VKİ, ameliyat süresi ve Trendelenburg pozisyonunda geçen süredir[385-387]. Hipervolaemik sıvı tedavisi en sık karşılaşılan tedavi stratejisi olup, hedeflenen idrar çıkışı seviyeleri 60 mL/h ila 200 mL/h arasında değişmektedir[368, 386]. Çalışmaların çoğunda, rabdomiyoliz bildirilen hastalarda uzun vadeli sekeli olmadığı ve hastanın taburcu edilmesinde minimum gecikme olduğu belirtilmiştir[376, 385, 386]. İncelenen literatürde rabdomiyolizle ilişkili en yaygın morbidite akut böbrek hasarıdır ve bir tür renal replasman tedavisi gerektiren uzun süreli bir hastane seyri söz konusudur; belirtilen bir örnekte 90 gün hastanede kalmayı gerektirmiştir[368, 388]. Önleyici stratejiler temel olarak hasta pozisyonu sırasında dikkatli olmaya ve gluteal bölge için uygun yastıklama ve basınç azaltmaya ve rabdomiyoliz şüphesi olan hastalarda yeterli hidrasyona odaklanmıştır[368, 388].

Prospektif bir çalışmada 254'te 16 insidansla parmak yaralanmaları ve buna bağlı artraljiler bildirilmiştir[358]. Bir çalışmada servikal ve lomber zorlanma bildirilmiş ve uzun vadeli sekel görülmemiştir[324]. Bazı çalışmalarda oral ülserasyon ve konjonktival yanık insidansı bildirilmiştir[332]. Robotik jinekolojik cerrahi geçiren üç hastada baş, sol uyluk kontüzyonları bildirilmiştir[322]. Genel olarak, yumuşak doku yaralanması riskinin derecesi açısından robotik ve laparoskopik prosedürler arasında bir ayrım yapılmamıştır; ancak daha uzun ameliyat sürelerinin bu riski artırdığı görülmüştür.

Robotik vakalar sırasında ortaya çıkan bir komplikasyon olarak subkutan amfizem bildirilmiştir[94, 121, 128, 319, 321, 327, 354, 360, 389, 390]. Birkaç çalışmada CO₂'nin mediastene yayıldığı ve pnömomediasten ile sonuçlandığı

bildirilmiş, uzun vadeli komplikasyon bildirilmemiştir[128, 319, 321, 323, 391]. Ayrıca, robotik sakrokolpopeksi uygulanan üç hastadan oluşan bir vaka serisinde majör subkutan amfizem bildirilmiş ve bunun üç vakada da kullanılan valvsiz trokar sistemi ile ilişkili olduğu düşünülmüştür[392]. Bildirilen risk faktörleri arasında ameliyat süresi > 200 dakika, ölçülen end tidal CO₂ > 5,3 kPa ve beşten fazla ayrı cerrahi port kullanımı yer almaktadır[389, 392, 393]. Laparoskopik kolesistektomi geçiren hastalar üzerinde yapılan yirmi yedi hastalık prospektif bir çalışmada, postoperatif hastaların %56'sında klinik sekel olmaksızın subkutan amfizem görülmüştür[394]. Laparoskopik literatürde %0,3-2,3'lük bir insidans gösterilmiştir ve bu oran robotik vakalarda gözlenen aralıktadır[235, 395].

Bir diğer komplikasyon olan baş ve boyun ödemi insidansı %12,5 olarak bildirilmiştir[358]. Bu ödem, bir vakada ekstübasyonu postoperatif ikinci güne kadar geciktirecek kadar şiddetli olmuş ve vakaların %0,7'sinde yeniden entübasyon gerektirecek kadar şiddetli olduğu bildirilmiştir[316, 331]. Kemozis ve konjonktival ödem, uzun süreli dik Trendelenburg'un yaygın etkileri olarak kabul edilmekte olup klinik sonuçları gösterilmemiştir ve insidansı %33-43,8'dir[1, 323, 358]. Bununla birlikte, retrospektif çalışmalar kemozis varlığı ile artmış üst hava yolu direnci gelişimi arasında bir ilişki olduğunu bildirmektedir. Bu nedenle, kemozis derecesi olası hava yolu ödemi için bir uyarı işareti olarak kullanılmıştır[125, 323, 358].

Robotik ve laparoskopik cerrahiler kapalı olmasına rağmen, hipotermi insidansı açık prosedürlerden farklı değildir. Bunu önlemek için bir ısıtma cihazı kullanılmalıdır[266, 396].

Yapmış olduğumuz çalışmada robotik cerrahi geçiren hastaların solunum sistemleri genel anestezi, Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitoyuma bağlı gelişen İAB artışı ile etkilenmiş olup RM uygulanmayıp sabit PEEP ile takip ettiğimiz hastaların % 2'sinde tekrar entübasyon ihtiyacı, %12'sinde solunum sıkıntısı, %2'sinde ise bronkospazm gelişmiştir. RM uygulanarak kişiselleştirilmiş PEEP ile takip edilen hastaların ise %6'sında solunum sıkıntısı, %3'ünde bronkospazm gözlenirken yeniden entübasyon ihtiyacı hiçbir hastada gözlenmemiştir. Postoperatif akciğer komplikasyonu açısından solunum sıkıntı gruplar arası kıyasta anlamlı, Grup 1 de yüksek saptanmıştır. Bu hastalar, sabit PEEP ile takip edilirken yukarda da sebebi belirtilen pozisyon ,genel anestezi ve pnömoperitonyum ile artan intraabdominal ve intratorasik basınçlar nedeniyle postoperatif komplikasyonların artışını çalışmamızda anlamlı yüksek saptadık.

6-SONUÇLAR

1-Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte robotik cerrahi tıp alanında günlük kullanıma girmiş kullanım yaygınlığı da katlanarak artmıştır. Birçok merkezde başta ürolojik cerrahi olmak üzere kadın doğum, genel cerrahi, çocuk cerrahisi, göğüs cerrahisi,beyin cerrahi, göz hastalıkları,kulak burun boğaz cerrahileri ve ortopedi gibi cerrahi branşlarda kullanımı hızla yayılmıştır.

2-Robotik cerrahi laparoskopik sistemlerin sağladığı 2 boyutlu görsel imajların aksine, özellikle açık cerrahiye alışkın cerrahlar için 3 boyutlu görüntü ve derinlik hissi vermektedir. İnsan elinin girmekte ve manevra yapmakta zorlandığı alanlarda özellikle cerrahi konfor sağlamaktadır. Robotik sistem yorulmadığı için işlemde devamlılık avantajı sağlamakta, el titremesi riskini ortadan kaldırmaktadır.

Bu cerrahi avantajların yanı sıra anestezi süresini kısaltması, postoperatif ağrıyı azaltması, kardiyovasküler komplikasyon riskini ve hastanede kalış zamanını azaltması ayrıca hastanın günlük normal aktivitelerine hızla dönmesine olanak sağlaması da robotik cerrahinin diğer avantajlarından.

3-Yapmış olduğumuz çalışmada kademeli rekrutment manevrasının intraoperatif kullanımının atelettaziyi azalttığı, kompliyansı arttırdığı ve bunun sonucunda; intraoperatif EtCO₂'de azalma, PaO₂'de artış ve sPO₂'de artışla sonuçlandığını saptadık.

4-Özellikle pozisyon sonrası daha da artan intratorasik basınçla akciğer mekaniklerindeki değişimin EtCO₂'nin artışından sorumlu olduğunu düşünmekteyiz. Aynı zamanda akciğerlerde meydana gelen kompresyon atelettazileri de bu durumu desteklemektedir.

5-Recruitment manevrası ile ilişkili en sık görülen komplikasyon geçici hipotansiyon ve desaturasyondur ancak; barotravma (pnömotoraks), aritmiler ve bakteriyel translokasyon gibi ciddi yan etkiler de ortaya çıkabilir.

5-PEEP atelettatik alanların açılmasını sağlamakta, alveolar kapanmayı önlemekte ve yeterli gaz değişimine olanak sağlamaktadır. Düşük PEEP seviyelerinde atelettatik alanlar tam olarak açılamayabilmekte veya açık alveollerin kapanmasına engel olunamayabilmektedir. Tam tersi durumda hastalar için gerekli olandan fazla PEEP uygulandığında ise akciğerde alveolar gerilme ve basınç artışına bağlı akciğer travmaları gelişebilmektedir.

6- Çalışmamızda gruplar arasında yaş, ASA sınıflaması, hipertansiyon, sigara kullanımı, anestezi süresi, cerrahi süresi açısından anlamlı bir gözlenmemiştir.

7-RM uygulanan grupta; özellikle pozisyon ve insüflasyonu sonrası RM uygulanandığı sırada, RM uygulanmayan gruba göre OAB’de anlamlı düşüş gözlenmiştir. Kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan hastalarda, entübasyon sonrası RM uygulaması ve desüflasyon sonrası RM uygulamasına kıyasla, pozisyon sonrası RM’de OAB ölçümü anlamlı düşük bulundu. Bunun nedenleri; entübasyon sonrası artan OAB, desüflasyon sonrası azalan İAB ve buna bağlı olarak azalan intratorasik basınçtan dolayı venöz dönüşün normalleşmesi ve bu 2 sebebe kıyasla Trendelenburg pozisyonuna bağlı olarak daha da artan İAB ve RM ile daha da azalan venöz dönüş olduğu düşünülmüştür.

8- Kardiyak hemodinamik değişiklikler, akciğer RM sırasında yalnızca ortalama arteriyel basınç tarafından izlenirse, sistemik dolaşımdaki ilgili değişiklikler teorik olarak gözden kaçabilirmektedir. Son araştırmalar, OAB veya kalp atış hızı gibi basit hemodinamik parametrelerin çeşitli RM sırasında ve sonrasında önemli bir değişiklik göstermediği sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, ileri invaziv hemodinamik izleme uygulanarak, sistemik dolaşımda ilgili değişiklikler gözlenebilir. Çalışmamızın kısıtlılığı, hemodinamik parametlerden sadece OAB üzerine etkilerin araştırılmış olmasıdır. Daha ileri çalışmalarda transözefagial EKO ile kardiyak parametreler kaydedilerek daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini düşünmekteyiz.

9-Yapmış olduğumuz çalışmada robotik cerrahi geçiren hastaların solunum sistemleri genel anestezi, Trendelenburg pozisyonu ve pnömoperitoyuma bağlı gelişen İAB artışı ile etkilenmiş olup RM uygulamasının postoperatif solunumsal komplikasyonları azalttığını saptadık.



7-KAYNAKLAR

1. Kilic OF, Börkers A, Köhne W, Musch M, Kröpfl D, Groeben H, et al Effects of steep Trendelenburg position for robotic-assisted prostatectomies on intra- and extrathoracic airways in patients with or without chronic obstructive pulmonary disease. Br J Anaesth, 2015. **114**(1): p. 70-6.
2. Trinh QD, Sammon J, Sun M, Ravi P, Ghani KR, Bianchi M, et al. Perioperative outcomes of robot-assisted radical prostatectomy compared with open radical prostatectomy: results from the nationwide inpatient sample. Eur Urol, 2012. **61**(4): p. 679-85.
3. Eikermann M, Blobner M, Groeben H, Rex C, Grote T, Neuhaus M, et al. Postoperative upper airway obstruction after recovery

of the train of four ratio of the adductor pollicis muscle from neuromuscular blockade. *Anesth Analg*, 2006. **102**(3): p. 937-42.

4. Alkış, N., D. Yörükoğlu, and Z. Alanoğlu, *İnhalasyon Anestezikleri*. Edi: Yüksel Keçik Temel Anestezi, sf, 2016: p. 55-63.

5. Cullen, B.F., et al., *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia*. 2023: Lippincott Williams & Wilkins.

6. Andersson, L.E., et al., *Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography*. *Anesthesiology*, 2005. **102**(2): p. 293-9.

7. Dec, M. and P. Andruszkiewicz, *Anaesthesia for minimally invasive surgery*. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 2016. **10**(4): p. 509-14.

8. Duggan, M. and B.P. Kavanagh, *Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity*. *Anesthesiology*, 2005. **102**(4): p. 838-54.

9. Johnson, D., *Lung recruitment during general anesthesia*. *Can J Anaesth*, 2004. **51**(7): p. 649-53.

10. Nadu, A., et al., *Ventilatory and hemodynamic changes during retroperitoneal and transperitoneal laparoscopic nephrectomy: a prospective real-time comparison*. *J Urol*, 2005. **174**(3): p. 1013-7.

11. Futier, E. and S. Jaber, *Lung-protective ventilation in abdominal surgery*. *Curr Opin Crit Care*, 2014. **20**(4): p. 426-30.

12. ÖZden, E.S., *Operasyon Odasında Akciğer Koruyucu Mekanik Ventilasyon Stratejileri*. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 2017.

13. Cai, H., et al., *Effect of low tidal volume ventilation on atelectasis in patients during general anesthesia: a computed tomographic scan*. *J Clin Anesth*, 2007. **19**(2): p. 125-9.

14. Tao, T., et al., *Effect of protective ventilation on postoperative pulmonary complications in patients undergoing general anaesthesia: a meta-analysis of randomised controlled trials*. *BMJ Open*, 2014. **4**(6): p. e005208.

15. Goligher, E.C., et al., *Clinical strategies for implementing lung and diaphragm-protective ventilation: avoiding insufficient and excessive effort*. *Intensive Care Med*, 2020. **46**(12): p. 2314-2326.

16. Suh, M.K., et al., *The effect of pneumoperitoneum and Trendelenburg position on respiratory mechanics during pelviscopic surgery*. *Korean J Anesthesiol*, 2010. **59**(5): p. 329-34.

17. Nguyen, T.K., et al., *Lung-protective mechanical ventilation for patients undergoing abdominal laparoscopic surgeries: a randomized controlled trial*. *BMC Anesthesiol*, 2021. **21**(1): p. 95.

18. Putensen, C., et al., *Alveoläre Ventilation und Rekrutierung unter lungenprotektiver Beatmung*. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2008. **43**(11/12): p. 770-777.

19. Bugedo, G., J. Retamal, and A. Bruhn, *Driving pressure: a marker of severity, a safety limit, or a goal for mechanical ventilation?* *Crit Care*, 2017. **21**(1): p. 199.

20. Fritsch, H., et al., *Clinical anatomy of the pelvic floor*. Adv Anat Embryol Cell Biol, 2004. **175**: p. Iii-ix, 1-64.
21. Muro, S. and K. Akita, *Pelvic floor and perineal muscles: a dynamic coordination between skeletal and smooth muscles on pelvic floor stabilization*. Anat Sci Int, 2023. **98**(3): p. 407-425.
22. Bharucha, A.E., *Pelvic floor: anatomy and function*. Neurogastroenterol Motil, 2006. **18**(7): p. 507-19.
23. Corton, M.M., *Anatomy of pelvic floor dysfunction*. Obstet Gynecol Clin North Am, 2009. **36**(3): p. 401-19.
24. Bø, K., *Urinary incontinence, pelvic floor dysfunction, exercise and sport*. Sports Med, 2004. **34**(7): p. 451-64.
25. Lawson, S. and A. Sacks, *Pelvic Floor Physical Therapy and Women's Health Promotion*. J Midwifery Womens Health, 2018. **63**(4): p. 410-417.
26. Quaghebeur, J., et al., *Pelvic-floor function, dysfunction, and treatment*. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2021. **265**: p. 143-149.
27. Ashton-Miller, J.A. and J.O. DeLancey, *Functional anatomy of the female pelvic floor*. Ann N Y Acad Sci, 2007. **1101**: p. 266-96.
28. DeLancey, J.O., et al., *The appearance of levator ani muscle abnormalities in magnetic resonance images after vaginal delivery*. Obstet Gynecol, 2003. **101**(1): p. 46-53.
29. García del Salto, L., et al., *MR imaging-based assessment of the female pelvic floor*. Radiographics, 2014. **34**(5): p. 1417-39.
30. Hagen, S., et al., *Pelvic floor muscle training for secondary prevention of pelvic organ prolapse (PREVPROL): a multicentre randomised controlled trial*. The lancet, 2017. **389**(10067): p. 393-402.
31. Panman, C.M., et al., *Two-year effects and cost-effectiveness of pelvic floor muscle training in mild pelvic organ prolapse: a randomised controlled trial in primary care*. BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology, 2017. **124**(3): p. 511-520.
32. Resende, A.P.M., et al., *Pelvic floor muscle training is better than hypopressive exercises in pelvic organ prolapse treatment: an assessor-blinded randomized controlled trial*. Neurourology and urodynamics, 2019. **38**(1): p. 171-179.
33. Zhang, F.W., et al., *Does pelvic floor muscle training augment the effect of surgery in women with pelvic organ prolapse? A systematic review of randomized controlled trials*. Neurourology and Urodynamics, 2016. **35**(6): p. 666-674.
34. Trowbridge, E.R. and E.F. Hoover, *Evaluation and Treatment of Urinary Incontinence in Women*. Gastroenterol Clin North Am, 2022. **51**(1): p. 157-175.
35. Bordeianou, L., et al., *Rectal prolapse: an overview of clinical features, diagnosis, and patient-specific management strategies*. J Gastrointest Surg, 2014. **18**(5): p. 1059-69.
36. Speert, H., *Friedrich Trendelenburg and the Trendelenburg position*. Surg Gynecol Obstet, 1957. **105**(1): p. 114-9.

37. Gainsburg, D.M., et al., *Intraoperative management of robotic-assisted versus open radical prostatectomy*. Jsls, 2010. **14**(1): p. 1-5.
38. Estes, J. and R.C. Romeo, *Patient Positioning and Common Nerve Injuries*. Basic Clinical Anesthesia, 2015: p. 631-636.
39. Phong, S. and L. Koh, *Anaesthesia for robotic-assisted radical prostatectomy: considerations for laparoscopy in the Trendelenburg position*. Anaesthesia and intensive care, 2007. **35**(2): p. 281-285.
40. B., S., - *An Introduction to the History of General Surgery*. Ann Surg, 1969. **170**(2): p. 231.
41. *Positioning Trendelenburg*. Stormanesthesia, 2022.
42. Chiumello, D., et al., *Ventilation strategy during urological and gynaecological robotic-assisted surgery: a narrative review*. BJA, 2023.
43. Arvizo, C., S.T. Mehta, and A. Yunker, *Adverse events related to Trendelenburg position during laparoscopic surgery: recommendations and review of the literature*. Current Opinion in Obstetrics and Gynecology, 2018. **30**(4): p. 272-278.
44. Miller, R.D., et al., *Miller's anesthesia e-book*. 2014: Elsevier Health Sciences.
45. Kalmar, A.F., et al., *Influence of steep Trendelenburg position and CO(2) pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy*. Br J Anaesth, 2010. **104**(4): p. 433-9.
46. Neuropathies, A.S.o.A.T.F.o.P.o.P.P., *Practice advisory for the prevention of perioperative peripheral neuropathies: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on prevention of perioperative peripheral neuropathies*. Anesthesiology, 2011. **114**(4): p. 741-754.
47. Kumar, G. and P. Vyakarnam, *Postoperative vision loss after colorectal laparoscopic surgery*. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech, 2013. **23**(2): p. e87-8.
48. Mizrahi, H., et al., *Bilateral ischaemic optic neuropathy following laparoscopic proctocolectomy: a case report*. Ann R Coll Surg Engl, 2011. **93**(5): p. e53-4.
49. Weber, E.D., et al., *Posterior ischemic optic neuropathy after minimally invasive prostatectomy*. J Neuroophthalmol, 2007. **27**(4): p. 285-7.
50. Molloy, B. and X. Cong, *Perioperative dorzolamide-timolol intervention for rising intraocular pressure during steep Trendelenburg positioned surgery*. Aana j, 2014. **82**(3): p. 203-11.
51. Pandey, R., et al., *Unpredicted neurological complications after robotic laparoscopic radical cystectomy and ileal conduit formation in steep trendelenburg position: two case reports*. Acta anaesthesiologica belgica, 2010. **61**(3): p. 163-166.

52. Kim, S.-J., et al., *The effects of sevoflurane and propofol anesthesia on cerebral oxygenation in gynecological laparoscopic surgery*. Korean Journal of Anesthesiology, 2011. **61**(3): p. 225-232.
53. Lee, J., et al., *The effect of gynaecological laparoscopic surgery on cerebral oxygenation*. Journal of international medical research, 2006. **34**(5): p. 531-536.
54. Chin, J.-H., et al., *Sonographic optic nerve sheath diameter as a surrogate measure for intracranial pressure in anesthetized patients in the Trendelenburg position*. BMC anesthesiology, 2015. **15**(1): p. 1-6.
55. Closhen, D., et al., *Robotic assisted prostatic surgery in the Trendelenburg position does not impair cerebral oxygenation measured using two different monitors: a clinical observational study*. European Journal of Anaesthesiology| EJA, 2014. **31**(2): p. 104-109.
56. Doe, A., et al., *A comparative analysis of the effects of sevoflurane and propofol on cerebral oxygenation during steep Trendelenburg position and pneumoperitoneum for robotic-assisted laparoscopic prostatectomy*. Journal of anesthesia, 2016. **30**: p. 949-955.
57. Kim, M.-S., et al., *Increase in intracranial pressure during carbon dioxide pneumoperitoneum with steep trendelenburg positioning proven by ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter*. Journal of Endourology, 2014. **28**(7): p. 801-806.
58. Kim, S.H., H.J. Kim, and K.T. Jung, *Position does not affect the optic nerve sheath diameter during laparoscopy*. Korean journal of anesthesiology, 2015. **68**(4): p. 358-363.
59. Başel, A. and İ. Özkan Akıncı, *Abdominal Basınç, Volüm Fizyolojisi, Abdominal Perfüzyon Basıncı ve Filtrasyon Gradyenti*. Journal of the Turkish Society of Intensive Care/Türk Yogun Bakim Dernegi Dergisi, 2012. **10**.
60. Memis, D., *Abdominal Kompartman Sendromunda Epidemiyoloji, Risk Faktörleri ve Tanımlamalar/Epidemiology, Definitions and Risk Factors of Abdominal Compartment Syndrome*. Türk Yogun Bakim Dergisi, 2012. **10**: p. 5.
61. Ömür, D. and Ö.F. Özkan, *Yoğun Bakım Hekimlerinin İntraabdominal Basınç Ölçümü Uygulamaları: Bir Anket Çalışması*.
62. Malbrain, M.L., et al., *Results from the International Conference of Experts on Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome. I. Definitions*. Intensive Care Med, 2006. **32**(11): p. 1722-32.
63. Dikmen, Y., *Abdominal Kompartman Sendromunda Mekanik Ventilasyon/Mechanical Ventilation in Abdominal Compartment Syndrome*. Türk Yogun Bakim Dergisi, 2012. **10**: p. 37.
64. Dexter, S.P., et al., *Hemodynamic consequences of high- and low-pressure capnoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy*. Surg Endosc, 1999. **13**(4): p. 376-81.
65. Mercimek, M.N. and E. Özden, 8. İ. 3. *Laparoskopi: Fizyolojik-metabolik Etkiler ve Komplikasyonlar*.

66. Nguyen, N.T. and B.M. Wolfe, *The physiologic effects of pneumoperitoneum in the morbidly obese*. Ann Surg, 2005. **241**(2): p. 219-26.
67. Russo, A., et al., *Assessment of left ventricular performance during laparoscopy*. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2014. **18**(16): p. 2378-82.
68. *Robotic surgery is safer and improves patient recovery time*, in UCL News. 2022.
69. Lestar, M., et al., *Hemodynamic perturbations during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in 45° Trendelenburg position*. Anesth Analg, 2011. **113**(5): p. 1069-75.
70. Pelosi, P., M. Quintel, and M.L.N.G. Malbrain, *Effect of intra-abdominal pressure on respiratory mechanics*. Acta clinica Belgica, 2007. **62 Suppl 1**: p. 78-88.
71. Hirvonen, E.A., L.S. Nuutinen, and M. Kauko, *Ventilatory effects, blood gas changes, and oxygen consumption during laparoscopic hysterectomy*. Anesth Analg, 1995. **80**(5): p. 961-6.
72. Rauh, R., et al., *Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance*. J Clin Anesth, 2001. **13**(5): p. 361-5.
73. Gupta, N., et al., *Tube migration during laparoscopic gynecological surgery*. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2010. **26**(4): p. 537-8.
74. BİLGİN, T.E., *History of Pioneers and Discoveries at Anesthesia*. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 2013. **3**(2): p. 37-52.
75. Kayhan, Z., *Yoğun bakım-sorunlar ve tedavi: Klinik Anestezi*, 3. baskı, Ankara: Logos Yayıncılık Tic. 2004, AŞ.
76. Butterworth, J., D. Mackey, and J. Wasnick, *Morgan & Mikhail Klinik Anesteziyoloji*. 5. Baskı. Çev: Cuhruk H. Ankara: Güneş Kitabevi, 2015: p. 309-28.
77. Viswanath, R., et al., *Comparison of vital capacity rapid inhalation and tidal ventilation induction with sevoflurane in adults: a prospective cohort study*. Med Gas Res, 2021. **11**(3): p. 100-103.
78. Sivaci, R., et al., *The effect of low-flow sevoflurane and desflurane on pulmonary mechanics during laparoscopic surgery*. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2005. **15**(2): p. 125-9.
79. Yıldırım, G.B., *Yeni İnhalasyon Anesteziklerinden Desfluran*.
80. Zhou, T., et al., *Protective effect of sevoflurane on myocardial ischemia-reperfusion injury in rat hearts and its impact on HIF-1α and caspase-3 expression*. Exp Ther Med, 2017. **14**(5): p. 4307-4311.
81. Uhlig, C., et al., *Effects of Volatile Anesthetics on Mortality and Postoperative Pulmonary and Other Complications in Patients Undergoing Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis*. Anesthesiology, 2016. **124**(6): p. 1230-45.

82. Kitaguchi, K., et al., *Effects of sevoflurane on cerebral circulation and metabolism in patients with ischemic cerebrovascular disease*. Anesthesiology, 1993. **79**(4): p. 704-9.
83. Cho, S., et al., *Effects of sevoflurane with and without nitrous oxide on human cerebral circulation. Transcranial Doppler study*. Anesthesiology, 1996. **85**(4): p. 755-60.
84. Young, W.L., *Effects of desflurane on the central nervous system*. Anesth Analg, 1992. **75**(4 Suppl): p. S32-7.
85. Balcı, A.F. and A.C. Isbir, *Genel Anestezi İle Sezaryen Olması Gereken Son 12 Ay İçinde Covid-19 Enfeksiyonu Geçirip İyileşmiş Gebelerde İntraoperatif Akciğer Mekaniklerinin Araştırılması*. 2023.
86. Bedirli, A., et al., *Our initial experience with robotic laparoscopic surgery*. Turkish Journal of Surgery, 2012. **28**(1).
87. Schollmeyer, T., et al., *Georg Kelling (1866-1945): the root of modern day minimal invasive surgery. A forgotten legend?* Arch Gynecol Obstet, 2007. **276**(5): p. 505-9.
88. Hatzinger, M., et al., *Hans Christian Jacobaeus: Inventor of human laparoscopy and thoracoscopy*. J Endourol, 2006. **20**(11): p. 848-50.
89. Atığ, F. and A.R. Kural, *Ürolojide robotik cerrahi uygulamaları*. Türk Üroloji Dergisi/Turkish Journal of Urology, 2010. **36**(3): p. 248-257.
90. Özmen, B., A. AlkiliÇ, and Ö. Kan, *Robotik Cerrahi Teknolojisi, Geçmişten Geleceğe*. Jinekoloji-Obstetrik ve Neonatoloji Tıp Dergisi, 2015. **12**(6): p. 221-225.
91. Morrell, A.L.G., et al., *The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality*. Rev Col Bras Cir, 2021. **48**: p. e20202798.
92. Kwoh, Y.S., et al., *A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery*. IEEE Trans Biomed Eng, 1988. **35**(2): p. 153-60.
93. Lanfranco, A.R., et al., *Robotic surgery: a current perspective*. Ann Surg, 2004. **239**(1): p. 14-21.
94. Lee, J.R., *Anesthetic considerations for robotic surgery*. Korean J Anesthesiol, 2014. **66**(1): p. 3-11.
95. Giri, S. and D.K. Sarkar, *Current status of robotic surgery*. Indian J Surg, 2012. **74**(3): p. 242-7.
96. Camarillo, D.B., T.M. Krummel, and J.K. Salisbury, Jr., *Robotic technology in surgery: past, present, and future*. Am J Surg, 2004. **188**(4A Suppl): p. 2s-15s.
97. Menon, M., et al., *Vattikuti Institute prostatectomy, a technique of robotic radical prostatectomy for management of localized carcinoma of the prostate: experience of over 1100 cases*. Urol Clin North Am, 2004. **31**(4): p. 701-17.
98. Menon, M., et al., *Nerve-sparing robot-assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion*. BJU Int, 2003. **92**(3): p. 232-6.

99. Burgess, S.V., et al., *Cost analysis of radical retropubic, perineal, and robotic prostatectomy*. J Endourol, 2006. **20**(10): p. 827-30.
100. Chammas, J., et al., *Da Vinci Xi Robot-Assisted Penetrating Keratoplasty*. Transl Vis Sci Technol, 2017. **6**(3): p. 21.
101. Bourcier, T., et al., *Robot-assisted simulated cataract surgery*. J Cataract Refract Surg, 2017. **43**(4): p. 552-557.
102. Bourcier, T., et al., *Robotically Assisted Pterygium Surgery: First Human Case*. Cornea, 2015. **34**(10): p. 1329-30.
103. de Smet, M.D., et al., *Robotic-assisted surgery in ophthalmology*. Curr Opin Ophthalmol, 2018. **29**(3): p. 248-253.
104. Kanji, A., et al., *Robotic-assisted colon and rectal surgery: a systematic review*. Int J Med Robot, 2011. **7**(4): p. 401-7.
105. Zhang, X., et al., *Robot-assisted versus laparoscopic-assisted surgery for colorectal cancer: a meta-analysis*. Surg Endosc, 2016. **30**(12): p. 5601-5614.
106. Weber, P.A., et al., *Telerobotic-assisted laparoscopic right and sigmoid colectomies for benign disease*. Dis Colon Rectum, 2002. **45**(12): p. 1689-94; discussion 1695-6.
107. Ayav, A., et al., *Robotic-assisted pelvic organ prolapse surgery*. Surg Endosc, 2005. **19**(9): p. 1200-3.
108. Mäkelä-Kaikkonen, J., et al., *Robotic-assisted and laparoscopic ventral rectopexy in the treatment of rectal prolapse: a matched-pairs study of operative details and complications*. Techniques in Coloproctology, 2014. **18**(2): p. 151-155.
109. Flynn, J., et al., *Robotic versus laparoscopic ventral mesh rectopexy: a systematic review and meta-analysis*. International Journal of Colorectal Disease, 2021. **36**(8): p. 1621-1631.
110. van Iersel, J.J., et al., *Current status of laparoscopic and robotic ventral mesh rectopexy for external and internal rectal prolapse*. World J Gastroenterol, 2016. **22**(21): p. 4977-87.
111. Beck, D.E. and N.L. Allen, *Rectocele*. Clin Colon Rectal Surg, 2010. **23**(2): p. 90-8.
112. McNevin, M.S., *Overview of pelvic floor disorders*. Surg Clin North Am, 2010. **90**(1): p. 195-205, Table of Contents.
113. Schiedeck, T.H., et al., *Rectal prolapse: which surgical option is appropriate?* Langenbecks Arch Surg, 2005. **390**(1): p. 8-14.
114. Madiba, T.E., M.K. Baig, and S.D. Wexner, *Surgical management of rectal prolapse*. Arch Surg, 2005. **140**(1): p. 63-73.
115. D'Hoore, A., R. Cadoni, and F. Penninckx, *Long-term outcome of laparoscopic ventral rectopexy for total rectal prolapse*. Br J Surg, 2004. **91**(11): p. 1500-5.
116. Gouvas, N., et al., *Ventral colpoporectopexy for overt rectal prolapse and obstructed defaecation syndrome: a systematic review*. Colorectal Dis, 2015. **17**(2): p. O34-46.
117. Panis, Y., *Laparoscopic ventral rectopexy: resection or no resection? That is the question....* Tech Coloproctol, 2014. **18**(7): p. 611-2.

118. Mercer-Jones, M.A., et al., *Consensus on ventral rectopexy: report of a panel of experts*. Colorectal Dis, 2014. **16**(2): p. 82-8.
119. Bivalacqua, T.J., P.M. Pierorazio, and L.M. Su, *Open, laparoscopic and robotic radical prostatectomy: optimizing the surgical approach*. Surg Oncol, 2009. **18**(3): p. 233-41.
120. Hu, J.C., et al., *Comparative effectiveness of minimally invasive vs open radical prostatectomy*. Jama, 2009. **302**(14): p. 1557-64.
121. Gainsburg, D.M., *Anesthetic concerns for robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy*. Minerva Anesthesiol, 2012. **78**(5): p. 596-604.
122. Shuford, M.D., *Robotically assisted laparoscopic radical prostatectomy: a brief review of outcomes*. Proc (Bayl Univ Med Cent), 2007. **20**(4): p. 354-6.
123. Danic, M.J., et al., *Anesthesia considerations for robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: a review of 1,500 cases*. J Robot Surg, 2007. **1**(2): p. 119-23.
124. Sullivan, M.J., E.A. Frost, and M.W. Lew, *Anesthetic care of the patient for robotic surgery*. Middle East J Anaesthesiol, 2008. **19**(5): p. 967-82.
125. Paranjape, S. and A. Chhabra, *Anaesthesia for robotic surgery*. Trends in Anaesthesia and Critical Care, 2014. **4**(1): p. 25-31.
126. İZdeŞ, S., *Robotik cerrahide anestezi*. Anestezi Dergisi, 2012. **20**(2): p. 63-72.
127. Haas, S., et al., *Haemodynamics and cardiac function during robotic-assisted laparoscopic prostatectomy in steep Trendelenburg position*. Int J Med Robot, 2011. **7**(4): p. 408-13.
128. Baltayan, S., *A brief review: anesthesia for robotic prostatectomy*. J Robot Surg, 2008. **2**(2): p. 59.
129. Sharma, A. and A. Berkeley, *Intraoperative drug-eluting stent thrombosis in a patient undergoing robotic prostatectomy*. J Clin Anesth, 2009. **21**(7): p. 517-20.
130. Awad, H., et al., *Anesthetic considerations for robotic prostatectomy: a review of the literature*. J Clin Anesth, 2012. **24**(6): p. 494-504.
131. Gönlüşen, L. and K. Özkan, *Deneyssel pnömoperitoneum modelinde farklı basınç ve farklı sürelerde oksidatif stres* 1999.
132. Perrin, M. and A. Fletcher, *Laparoscopic abdominal surgery*. Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain, 2004. **4**(4): p. 107-110.
133. Demirelolu, S., et al., *The effects of pneumoperitoneum on respiratory mechanics during bariatric surgery*. Obes Surg, 2002. **12**(3): p. 376-9.
134. Dumont, L., et al., *Changes in pulmonary mechanics during laparoscopic gastropasty in morbidly obese patients*. Acta Anaesthesiol Scand, 1997. **41**(3): p. 408-13.

135. McLaughlin, J.G., et al., *The adverse hemodynamic effects of laparoscopic cholecystectomy*. Surg Endosc, 1995. **9**(2): p. 121-4.
136. Zuckerman, R.S. and S. Heneghan, *The duration of hemodynamic depression during laparoscopic cholecystectomy*. Surg Endosc, 2002. **16**(8): p. 1233-6.
137. Grabowski, J.E. and M.A. Talamini, *Physiological effects of pneumoperitoneum*. J Gastrointest Surg, 2009. **13**(5): p. 1009-16.
138. Kazama, T., et al., *Carbon dioxide output in laparoscopic cholecystectomy*. Br J Anaesth, 1996. **76**(4): p. 530-5.
139. Fahlenkamp, D., et al., *Complications of laparoscopic procedures in urology: experience with 2,407 procedures at 4 German centers*. J Urol, 1999. **162**(3 Pt 1): p. 765-70; discussion 770-1.
140. Hashikura, Y., et al., *Effects of peritoneal insufflation on hepatic and renal blood flow*. Surg Endosc, 1994. **8**(7): p. 759-61.
141. Richmond, B.K., F.C. Lucente, and J.P. Boland, *Laparoscopy-associated mesenteric vascular events: description of an evolving clinical syndrome*. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 1997. **7**(6): p. 363-7.
142. Caldwell, C.B. and J.J. Ricotta, *Changes in visceral blood flow with elevated intraabdominal pressure*. J Surg Res, 1987. **43**(1): p. 14-20.
143. Halevy, A., et al., *Continuous esophageal pH monitoring during laparoscopic cholecystectomy*. Surg Endosc, 1994. **8**(11): p. 1294-6.
144. Sézeur, A., et al., *[Elective cholecystectomy by celioscopy versus subcostal approach cholecystectomy. Comparative study of postoperative pain and discomfort]*. Gastroenterol Clin Biol, 1993. **17**(11): p. 833-8.
145. Schippers, E., et al., *[Intestinal motility after laparoscopic vs conventional cholecystectomy. An animal experiment study and clinical observation]*. Langenbecks Arch Chir, 1992. **377**(1): p. 14-8.
146. Acar, C. and C. Toktaş, *Laparoskopik Cerrahinin Temel Fizyolojik Etkileri*. Turk Uroloji Seminerleri; 1: 119, 2010. **25**.
147. Solunum, Ç.L., *Guyton AC, Hall JE. Text Book of Medical Physiology Tıbbi Fizyoloji*. **9**: p. 477-489.
148. Öncel, T. and P. Oksimetre, *Türk Yoğun Bakım Derneği Dergisi*. Cilt, 2006. **4**: p. 96-106.
149. Eichacker, P.Q., et al., *Meta-analysis of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome trials testing low tidal volumes*. Am J Respir Crit Care Med, 2002. **166**(11): p. 1510-4.
150. Yarkın, T., *Mekanik Ventilasyon Sırasında Solunum Monitörizasyonu*. Yoğun Bakım Dergisi, 2007. **7**(3): p. 322-327.
151. Tüzüner, F., N. Alkış, and A.A. Yılmaz, *Ünal N. Solunum Sistemi Mekanikleri*. 2010.
152. Levitzky, M.G., et al., *Anestezi Uygulamasında Klinik Fizyoloji*. 1st 2021.
153. Levitzky, M.G., *Pulmonary Physiology*. 8th 2013.

154. Ball, L., et al., *Respiratory mechanics during general anaesthesia*. Ann Transl Med, 2018. **6**(19): p. 379.
155. Aoyama, H., Y. Yamada, and E. Fan, *The future of driving pressure: a primary goal for mechanical ventilation?* J Intensive Care, 2018. **6**: p. 64.
156. Ladha, K., et al., *Intraoperative protective mechanical ventilation and risk of postoperative respiratory complications: hospital based registry study*. Bmj, 2015. **351**: p. h3646.
157. Parikh, K., *Differentiating Peak and Plateau Pressures*. 2021.
158. Blankman, P., et al., *Lung stress and strain calculations in mechanically ventilated patients in the intensive care unit*. Acta Anaesthesiol Scand, 2016. **60**(1): p. 69-78.
159. Kuvandık, A., *Yoğun bakım hastalarında kontrollü mekanik ventilasyon uygulamasında PEEP titrasyonu ile soluk sonu akciğer hacmi, kazanç ve pulmoner mekaniklerin değerlendirilmesi*. 2021.
160. Henderson, W.R., et al., *Fifty Years of Research in ARDS. Respiratory Mechanics in Acute Respiratory Distress Syndrome*. Am J Respir Crit Care Med, 2017. **196**(7): p. 822-833.
161. Marchioni, A., et al., *Pulmonary Stretch and Lung Mechanotransduction: Implications for Progression in the Fibrotic Lung*. Int J Mol Sci, 2021. **22**(12).
162. Naish, J., *Medical sciences*. 2018: Elsevier Health Sciences.
163. Spiro, S.G., G.A. Silvestri, and A. Agustí, *Clinical Respiratory Medicine E-Book: Expert Consult-Online and Print*. 2012: Elsevier Health Sciences.
164. Paudel, R., et al., *Mechanical Power: A New Concept in Mechanical Ventilation*. Am J Med Sci, 2021. **362**(6): p. 537-545.
165. Gattinoni, L., et al., *Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power*. Intensive Care Med, 2016. **42**(10): p. 1567-1575.
166. Cressoni, M., et al., *Mechanical Power and Development of Ventilator-induced Lung Injury*. Anesthesiology, 2016. **124**(5): p. 1100-8.
167. Hotchkiss, J.R., Jr., et al., *Effects of decreased respiratory frequency on ventilator-induced lung injury*. Am J Respir Crit Care Med, 2000. **161**(2 Pt 1): p. 463-8.
168. Protti, A., et al., *Role of Strain Rate in the Pathogenesis of Ventilator-Induced Lung Edema*. Crit Care Med, 2016. **44**(9): p. e838-45.
169. Dreyfuss, D., et al., *High inflation pressure pulmonary edema. Respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure*. Am Rev Respir Dis, 1988. **137**(5): p. 1159-64.
170. Kumar, A., et al., *Pulmonary barotrauma during mechanical ventilation*. Crit Care Med, 1973. **1**(4): p. 181-6.
171. Tremblay, L., et al., *Injurious ventilatory strategies increase cytokines and c-fos m-RNA expression in an isolated rat lung model*. J Clin Invest, 1997. **99**(5): p. 944-52.

172. Gattinoni, L., et al., *Effects of positive end-expiratory pressure on regional distribution of tidal volume and recruitment in adult respiratory distress syndrome*. Am J Respir Crit Care Med, 1995. **151**(6): p. 1807-14.
173. Cressoni, M., et al., *Lung inhomogeneity in patients with acute respiratory distress syndrome*. Am J Respir Crit Care Med, 2014. **189**(2): p. 149-58.
174. Gattinoni, L., et al., *Pressure-volume curve of total respiratory system in acute respiratory failure. Computed tomographic scan study*. Am Rev Respir Dis, 1987. **136**(3): p. 730-6.
175. Serpa Neto, A., M.J. Schultz, and M. Gama de Abreu, *Intraoperative ventilation strategies to prevent postoperative pulmonary complications: Systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis*. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2015. **29**(3): p. 331-40.
176. Guérin, C., et al., *Effect of driving pressure on mortality in ARDS patients during lung protective mechanical ventilation in two randomized controlled trials*. Crit Care, 2016. **20**(1): p. 384.
177. Fuller, B.M., et al., *Pulmonary Mechanics and Mortality in Mechanically Ventilated Patients Without Acute Respiratory Distress Syndrome: A Cohort Study*. Shock, 2018. **49**(3): p. 311-316.
178. Xie, Y., et al., *[Correlation analysis between mechanical power and lung ultrasound score and their evaluation of prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome]*. Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue, 2019. **31**(6): p. 704-708.
179. Parhar, K.K.S., et al., *Epidemiology, Mechanical Power, and 3-Year Outcomes in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients Using Standardized Screening. An Observational Cohort Study*. Ann Am Thorac Soc, 2019. **16**(10): p. 1263-1272.
180. Sudabatmaz, m., *Robot Yardimli Laparoskopik Cerrahilerde Derin Trendelenburg Pozisyonunda Basiñ Regüle Volüm Kontrol (Prvc) İle Volüm Kontrol (Vcv) Modunun Mekanik Power Açısından Karşılaştırılması*. 2022.
181. Robb, J., *Physiological changes occurring with positive pressure ventilation: Part one*. Intensive and Critical Care Nursing, 1997. **13**(5): p. 293-307.
182. Dikmen, Y., *Mekanik ventilasyon klinik uygulama temelleri*. 2012: Güneş Tıp Kitapevleri.
183. Gal, T.J. and P.M. Suratt, *Resistance to breathing in healthy subjects following endotracheal intubation under topical anesthesia*. Anesthesia & Analgesia, 1980. **59**(4): p. 270-274.
184. Hopkins, E. and S. Sharma, *Physiology, Functional Residual Capacity*, in *StatPearls*. 2023, StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.: Treasure Island (FL).
185. Delgado, B.J. and T. Bajaj, *Physiology, Lung Capacity*, in *StatPearls*. 2023, StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.: Treasure Island (FL).

186. Şahinoğlu, A. and C.İ.M. Ventilasyon, *Genel İlkeleri, Etkileri ve Solunum Modları*. ed. Şahinoğlu AH. Nobel Tıp Kitapevleri, 2011: p. 575-610.
187. Dikensoy, Ö., *Mekanik ventilasyon nedir?*
188. *Driving Pressure During General Anesthesia for Open Abdominal Surgery (DESIGNATION): study protocol of a randomized clinical trial*. Trials, 2020. **21**(1): p. 198.
189. Futier, E., et al., *A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery*. N Engl J Med, 2013. **369**(5): p. 428-37.
190. Uhlig, C., et al., *Intraoperative mechanical ventilation practice in thoracic surgery patients and its association with postoperative pulmonary complications: results of a multicenter prospective observational study*. BMC Anesthesiol, 2020. **20**(1): p. 179.
191. Ball, L., et al., *Intraoperative mechanical ventilation: state of the art*. Minerva Anesthesiol, 2017. **83**(10): p. 1075-1088.
192. Wanderer, J.P., et al., *Temporal trends and current practice patterns for intraoperative ventilation at U.S. academic medical centers: a retrospective study*. BMC Anesthesiol, 2015. **15**: p. 40.
193. Boehm, O., et al., *Low-tidal-volume prevent ventilation induced inflammation in a mouse model of sepsis*. Life Sci, 2020. **240**: p. 117081.
194. Fernandez-Bustamante, A., et al., *Individualized PEEP to optimise respiratory mechanics during abdominal surgery: a pilot randomised controlled trial*. Br J Anaesth, 2020. **125**(3): p. 383-392.
195. Slutsky, A.S. and V.M. Ranieri, *Ventilator-induced lung injury*. N Engl J Med, 2013. **369**(22): p. 2126-36.
196. Pereira, S.M., et al., *Individual Positive End-expiratory Pressure Settings Optimize Intraoperative Mechanical Ventilation and Reduce Postoperative Atelectasis*. Anesthesiology, 2018. **129**(6): p. 1070-1081.
197. de Jong, M.A.C., et al., *Differential Effects of Intraoperative Positive End-expiratory Pressure (PEEP) on Respiratory Outcome in Major Abdominal Surgery Versus Craniotomy*. Ann Surg, 2016. **264**(2): p. 362-369.
198. Ruscic, K.J., et al., *Prevention of respiratory complications of the surgical patient: actionable plan for continued process improvement*. Curr Opin Anaesthesiol, 2017. **30**(3): p. 399-408.
199. Grieco, D.L., et al., *Individualized positive end-expiratory pressure guided by end-expiratory lung volume in early acute respiratory distress syndrome: study protocol for the multicenter, randomized IPERPEEP trial*. trials, 2022. **23**(1): p. 1-11.
200. Amato, M.B., et al., *Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome*. N Engl J Med, 1998. **338**(6): p. 347-54.
201. Park, M., et al., *Driving Pressure during Thoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial*. Anesthesiology, 2019. **130**(3): p. 385-393.

202. Grieco, D.L., et al., *Lung volumes, respiratory mechanics and dynamic strain during general anaesthesia*. Br J Anaesth, 2018. **121**(5): p. 1156-1165.
203. Gattinoni, L., et al., *Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome*. N Engl J Med, 2006. **354**(17): p. 1775-86.
204. Mini, G., et al., *Effect of driving pressure-guided positive end-expiratory pressure (PEEP) titration on postoperative lung atelectasis in adult patients undergoing elective major abdominal surgery: A randomized controlled trial*. Surgery, 2021. **170**(1): p. 277-283.
205. Oczenski, W., *Atmen-Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik*. 2008: Georg Thieme Verlag.
206. Hofer, S. and J. Plachky, *Postoperative pulmonale Komplikationen, Prophylaxe nach nichtkardiochirurgischen Eingriffen*, . Der Anästhesist., 2006.
207. Hess, D.R., *Recruitment Maneuvers and PEEP Titration*. Respir Care, 2015. **60**(11): p. 1688-704.
208. 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. 1310-9.
209. Striebel, H.W., *Operative Intensivmedizin: Sicherheit in der klinischen Praxis; mit 229 Tabellen*. 2008: Schattauer Verlag.
210. Dembinski, R., *Lungenprotektive Beatmung, Intensiv – Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anästhesie, Ausgabe 06/12*, . Lungenprotektive Beatmung, Intensiv p. Seite 312/313.
211. Halbertsma, F.J., et al., *Cytokines and biotrauma in ventilator-induced lung injury: a critical review of the literature*. Neth J Med, 2005. **63**(10): p. 382-92.
212. Hodgson, C.L., et al., *A randomised controlled trial of an open lung strategy with staircase recruitment, titrated PEEP and targeted low airway pressures in patients with acute respiratory distress syndrome*. Crit Care, 2011. **15**(3): p. R133.
213. Karsten, J. and H. Heinze, *Ventilation as a trigger for organ dysfunction and sepsis*. Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin, 2016. **111**: p. 98-106.
214. Güldner, A. and M. Gama de Abreu, *Intraoperative protective ventilation reduces postoperative pulmonary complications-PRO*. Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: AINS, 2015. **50**(9): p. 524-528.
215. Protection, P.L., *Intraoperative Ventilation of Obese Patients*. Prevalence. **35**: p. 28.
216. Galanski, M. and J. Freyschmidt, *Thorax*. 2013: Springer-Verlag.
217. Mathis, G., *Lungen-und Pleurasonographie*. 2013: Springer-Verlag.

218. Ullrich, L., *Thiemes Intensivpflege und Anästhesie: 188 Tabellen; [mit 25 Filmen auf DVD; von führenden Weiterbildungseinrichtungen empfohlen]*. 2005: Georg Thieme Verlag.
219. Hedenstierna, G. and L. Edmark, *Effects of anesthesia on the respiratory system*. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2015. **29**(3): p. 273-84.
220. Uysal, E., *Dik Trendelenburg Pozisyonunda Yapılan Robot Yardimli Laparoskopik Operasyonlarda Sürüş Basinci Yaklaşımıyla Ventilasyonun Perioperatif Dönemdeki Etkilerinin Belirlenmesi*. 2022.
221. Tzafestas, S.G. and S.G. Tzafestas, *Mental Robots. Roboethics: A Navigating Overview*, 2016: p. 191-201.
222. Kalan, S., et al., *History of robotic surgery*. Journal of Robotic Surgery, 2010. **4**: p. 141-147.
223. Alemzadeh, H., et al., *Adverse events in robotic surgery: a retrospective study of 14 years of FDA data*. PloS one, 2016. **11**(4): p. e0151470.
224. Usluoğulları, F.H., S. Tıplamaz, and N. Yayıcı, *Robotic surgery and malpractice*. Turk J Urol, 2017. **43**(4): p. 425-428.
225. Geiger, J.D. and R.B. Hirschl, *Innovation in surgical technology and techniques: Challenges and ethical issues*. Semin Pediatr Surg, 2015. **24**(3): p. 115-21.
226. Ferrarese, A., et al., *Malfunctions of robotic system in surgery: role and responsibility of surgeon in legal point of view*. Open Med (Wars), 2016. **11**(1): p. 286-291.
227. Barry, M.J., et al., *Adverse effects of robotic-assisted laparoscopic versus open retropubic radical prostatectomy among a nationwide random sample of medicare-age men*. J Clin Oncol, 2012. **30**(5): p. 513-8.
228. Menon, M., et al., *Prospective comparison of radical retropubic prostatectomy and robot-assisted anatomic prostatectomy: the Vattikuti Urology Institute experience*. Urology, 2002. **60**(5): p. 864-868.
229. Rassweiler, J., et al., *Laparoscopic versus open radical prostatectomy: a comparative study at a single institution*. The Journal of urology, 2003. **169**(5): p. 1689-1693.
230. Bhayani, S.B., et al., *Prospective comparison of short-term convalescence: laparoscopic radical prostatectomy versus open radical retropubic prostatectomy*. Urology, 2003. **61**(3): p. 612-616.
231. Smith Jr, J.A. and S.D. Herrell, *Robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: do minimally invasive approaches offer significant advantages?* Journal of clinical oncology, 2005. **23**(32): p. 8170-8175.
232. Link, R.E., et al., *Making ends meet: a cost comparison of laparoscopic and open radical retropubic prostatectomy*. The Journal of urology, 2004. **172**(1): p. 269-274.

233. Nelson, B., et al., *Comparison of length of hospital stay between radical retropubic prostatectomy and robotic assisted laparoscopic prostatectomy*. The Journal of urology, 2007. **177**(3): p. 929-931.
234. Bonjer, H.J., et al., *Open versus closed establishment of pneumoperitoneum in laparoscopic surgery*. Br J Surg, 1997. **84**(5): p. 599-602.
235. Hashizume, M. and K. Sugimachi, *Needle and trocar injury during laparoscopic surgery in Japan*. Surg Endosc, 1997. **11**(12): p. 1198-201.
236. Mac Cordick, C., et al., *Morbidity in laparoscopic gynecological surgery: results of a prospective single-center study*. Surg Endosc, 1999. **13**(1): p. 57-61.
237. Catarci, M., et al., *Major and minor injuries during the creation of pneumoperitoneum. A multicenter study on 12,919 cases*. Surg Endosc, 2001. **15**(6): p. 566-9.
238. Champault, G., F. Cazacu, and N. Taffinder, *Serious trocar accidents in laparoscopic surgery: a French survey of 103,852 operations*. Surg Laparosc Endosc, 1996. **6**(5): p. 367-70.
239. Schäfer, M., M. Lauper, and L. Krähenbühl, *Trocar and Veress needle injuries during laparoscopy*. Surg Endosc, 2001. **15**(3): p. 275-80.
240. Bhoyrul, S., et al., *Trocar injuries in laparoscopic surgery*. J Am Coll Surg, 2001. **192**(6): p. 677-83.
241. Ahmad, G., et al., *Laparoscopic entry techniques*. Cochrane database of systematic reviews, 2019(1).
242. Sotelo, R.J., et al., *Safer Surgery by Learning from Complications: A Focus on Robotic Prostate Surgery*. Eur Urol, 2016. **69**(2): p. 334-44.
243. Sözen, S., S. Emir, and I. Bali, *The Reasons of Conversion to Open Surgery in Laparoscopic cholecystectomy*. International journal of basic and clinical medicine 2013.
244. Curet, M.J., *Special problems in laparoscopic surgery. Previous abdominal surgery, obesity, and pregnancy*. Surg Clin North Am, 2000. **80**(4): p. 1093-110.
245. Kaushik, R., et al., *Laparoscopic cholecystectomy: an Indian experience of 1233 cases*. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2002. **12**(1): p. 21-5.
246. Topuz, U., et al., *The Effects Of 'Recruitment' Maneuver On Laparoscopic Colon Surgery*.
247. Kloot, T.E., et al., *Recruitment maneuvers in three experimental models of acute lung injury. Effect on lung volume and gas exchange*. Am J Respir Crit Care Med, 2000. **161**(5): p. 1485-94.
248. Cakar, N., et al., *Oxygenation response to a recruitment maneuver during supine and prone positions in an oleic acid-induced lung injury model*. Am J Respir Crit Care Med, 2000. **161**(6): p. 1949-56.

249. Lapinsky, S.E., et al., *Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure*. Intensive Care Med, 1999. **25**(11): p. 1297-301.
250. Rothen, H.U., et al., *Reexpansion of atelectasis during general anaesthesia may have a prolonged effect*. Acta Anaesthesiol Scand, 1995. **39**(1): p. 118-25.
251. Rothen, H.U., et al., *Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia*. Br J Anaesth, 1999. **82**(4): p. 551-6.
252. Dyhr, T., et al., *Both lung recruitment maneuver and PEEP are needed to increase oxygenation and lung volume after cardiac surgery*. Acta Anaesthesiol Scand, 2004. **48**(2): p. 187-97.
253. Génèreux, V., et al., *Effects of positive end-expiratory pressure/recruitment manoeuvres compared with zero end-expiratory pressure on atelectasis during open gynaecological surgery as assessed by ultrasonography: a randomised controlled trial*. Br J Anaesth, 2020. **124**(1): p. 101-109.
254. Liu, Y., et al., *The effect of ultrasound-guided lung recruitment maneuvers on atelectasis in lung-healthy patients undergoing laparoscopic gynecologic surgery: a randomized controlled trial*. BMC Anesthesiology, 2022. **22**(1): p. 200.
255. Whalen, F.X., et al., *The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery*. Anesth Analg, 2006. **102**(1): p. 298-305.
256. Wittgrove, A.C., G.W. Clark, and L.J. Tremblay, *Laparoscopic Gastric Bypass, Roux-en-Y: Preliminary Report of Five Cases*. Obes Surg, 1994. **4**(4): p. 353-357.
257. Jakimowicz, J., G. Stultiens, and F. Smulders, *Laparoscopic insufflation of the abdomen reduces portal venous flow*. Surg Endosc, 1998. **12**(2): p. 129-32.
258. Hirvonen, E.A., et al., *The adverse hemodynamic effects of anesthesia, head-up tilt, and carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy*. Surg Endosc, 2000. **14**(3): p. 272-7.
259. Lindgren, L., A.M. Koivusalo, and I. Kellokumpu, *Conventional pneumoperitoneum compared with abdominal wall lift for laparoscopic cholecystectomy*. Br J Anaesth, 1995. **75**(5): p. 567-72.
260. Sharma, K.C., et al., *Cardiopulmonary physiology and pathophysiology as a consequence of laparoscopic surgery*. Chest, 1996. **110**(3): p. 810-5.
261. Nguyen, N.T., et al., *Effects of pneumoperitoneum on intraoperative pulmonary mechanics and gas exchange during laparoscopic gastric bypass*. Surg Endosc, 2004. **18**(1): p. 64-71.
262. Villar, J., *The use of positive end-expiratory pressure in the management of the acute respiratory distress syndrome*. Minerva Anesthesiol, 2005. **71**(6): p. 265-72.

263. Kararmaz, A.K.S., S. Turhanoglu, and M.A. Özyılmaz, *Laparoskopi sonrasında uygulanan rekrutment manevrasının arteriyel oksijenasyon ve akciğer kompliyansına etkileri*. Türk Anest Rean Der Dergisi., 2004.
264. Qiu, H.B., et al., *[Effects of positive end-expiratory pressure on lung recruited volume and oxygenation in patients with acute respiratory distress syndrome]*. Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue, 2004. **16**(7): p. 399-402.
265. Sümer, İ., *Laparoskopik sleeve gastrektomi ameliyatında rekrutment manevrasının solunum mekanikleri üzerine etkisi/Effect of recruitment maneuver on respiratory mechanics in laparoscopic sleeve gastrectomy operations*. 2023.
266. Mäkinen, M.T. and A. Yli-Hankala, *The effect of laparoscopic cholecystectomy on respiratory compliance as determined by continuous spirometry*. J Clin Anesth, 1996. **8**(2): p. 119-22.
267. Obeid, F., et al., *Increases in intra-abdominal pressure affect pulmonary compliance*. Arch Surg, 1995. **130**(5): p. 544-7; discussion 547-8.
268. Bhattacharjee, S., K.D. Soni, and S. Maitra, *Recruitment maneuver does not provide any mortality benefit over lung protective strategy ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis and systematic review of the randomized controlled trials*. J Intensive Care, 2018. **6**: p. 35.
269. Ahmadova, A. and A. Topal, *Laparoskopik Kolesistektomi Operasyonlarında Pnömooperitonyum Öncesi Ve Sonrası Uygulanan Recruitment Manevrasının Postoperatif Atelektaziye Etkisinin Akciğer Ultrasonografisi İle Değerlendirilmesi*. 2023.
270. Lovas, A. and T. Szakmány, *Haemodynamic Effects of Lung Recruitment Manoeuvres*. Biomed Res Int, 2015. **2015**: p. 478970.
271. Network, A.C.T. and N.I.o. Health, *Effects of recruitment maneuvers in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome ventilated with high positive end-expiratory pressure*. Critical care medicine, 2003. **31**(11): p. 2592-2597.
272. Hernandez, L.A., et al., *Chest wall restriction limits high airway pressure-induced lung injury in young rabbits*. Journal of Applied Physiology, 1989. **66**(5): p. 2364-2368.
273. Özcan, P.E. and S. Baylan, *Değişen Sürelerde Uygulanan Ventilasyon Basınçlarının Akciğerden Bakteri Translokasyonuna Etkisi*.
274. Villar, J. and A. Slutsky, *Peep or No Peep?* Clinical Pulmonary Medicine, 1996. **3**(5): p. 279-287.
275. Webb, H.H. and D.F. Tierney, *Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures. Protection by positive end-expiratory pressure*. American Review of Respiratory Disease, 1974. **110**(5): p. 556-565.

276. Reis Miranda, D., et al., *The open lung concept: effects on right ventricular afterload after cardiac surgery*. Br J Anaesth, 2004. **93**(3): p. 327-32.
277. Huh, J.W., et al., *Effect of the alveolar recruitment manoeuvre on haemodynamic parameters in patients with acute respiratory distress syndrome: relationship with oxygenation*. Respiriology, 2010. **15**(8): p. 1220-5.
278. Toth, I., et al., *Hemodynamic and respiratory changes during lung recruitment and descending optimal positive end-expiratory pressure titration in patients with acute respiratory distress syndrome*. Crit Care Med, 2007. **35**(3): p. 787-93.
279. Joris, J.L., et al., *Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy*. Anesth Analg, 1993. **76**(5): p. 1067-71.
280. Alfonsi, P., et al., *Cardiac function during intraperitoneal CO2 insufflation for aortic surgery: a transesophageal echocardiographic study*. Anesth Analg, 2006. **102**(5): p. 1304-10.
281. Meininger, D., et al., *Effects of posture and prolonged pneumoperitoneum on hemodynamic parameters during laparoscopy*. World Journal of Surgery, 2008. **32**(7): p. 1400-1405.
282. Falabella, A., et al., *Cardiac function during steep Trendelenburg position and CO2 pneumoperitoneum for robotic-assisted prostatectomy: a trans-oesophageal Doppler probe study*. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, 2007. **3**(4): p. 312-315.
283. Hirvonen, E., L. Nuutinen, and M. Kauko, *Hemodynamic changes due to Trendelenburg positioning and pneumoperitoneum during laparoscopic hysterectomy*. Acta anaesthesiologica scandinavica, 1995. **39**(7): p. 949-955.
284. Darlong, V., et al., *Hemodynamic changes during robotic radical prostatectomy*. Saudi Journal of Anaesthesia, 2012. **6**(3): p. 213.
285. Russo, A., et al., *Diastolic function: the influence of pneumoperitoneum and Trendelenburg positioning during laparoscopic hysterectomy*. European Journal of Anaesthesiology| EJA, 2009. **26**(11): p. 923-927.
286. Pelosi, P., et al., *Sigh in acute respiratory distress syndrome*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **159**(3): p. 872-80.
287. Tusman, G., et al., *'Alveolar recruitment strategy' improves arterial oxygenation during general anaesthesia*. Br J Anaesth, 1999. **82**(1): p. 8-13.
288. Nielsen, J., et al., *Lung recruitment maneuver depresses central hemodynamics in patients following cardiac surgery*. Intensive Care Medicine, 2005. **31**(9): p. 1189-1194.
289. Campagna, J.A. and C. Carter, *Clinical relevance of the Bezold-Jarisch reflex*. Anesthesiology, 2003. **98**(5): p. 1250-60.

290. Lim, C.M., et al., *Mechanistic scheme and effect of 'extended sigh' as a recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome: a preliminary study*. Crit Care Med, 2001. **29**(6): p. 1255-60.
291. Min, J.Y., et al., *Prediction of hypotension during the alveolar recruitment maneuver in spine surgery: a prospective observational study*. Eur J Med Res, 2023. **28**(1): p. 64.
292. Cruces, P., et al., *Respiratory and hemodynamic effects of a stepwise lung recruitment maneuver in pediatric ARDS: a feasibility study*. Pediatr Pulmonol, 2013. **48**(11): p. 1135-43.
293. Bein, T., et al., *Lung recruitment maneuver in patients with cerebral injury: effects on intracranial pressure and cerebral metabolism*. Intensive Care Med, 2002. **28**(5): p. 554-8.
294. Borsellino, B., et al., *Mechanical ventilation in neurocritical care patients: a systematic literature review*. Expert Rev Respir Med, 2016. **10**(10): p. 1123-32.
295. Videtta, W., et al., *Effects of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure*. Acta Neurochir Suppl, 2002. **81**: p. 93-7.
296. Boone, M.D., et al., *The Effect of Positive End-Expiratory Pressure on Intracranial Pressure and Cerebral Hemodynamics*. Neurocrit Care, 2017. **26**(2): p. 174-181.
297. Frisvold, S.K., C. Robba, and C. Guérin, *What respiratory targets should be recommended in patients with brain injury and respiratory failure?* Intensive Care Med, 2019. **45**(5): p. 683-686.
298. Nemer, S.N., et al., *Alveolar recruitment maneuver in patients with subarachnoid hemorrhage and acute respiratory distress syndrome: a comparison of 2 approaches*. J Crit Care, 2011. **26**(1): p. 22-7.
299. Hedenstierna, G., et al., *Functional residual capacity, thoracoabdominal dimensions, and central blood volume during general anesthesia with muscle paralysis and mechanical ventilation*. Anesthesiology, 1985. **62**(3): p. 247-54.
300. Celebioglu, B., *Genel anesteziye pozitif ekspirasyon-sonu basınç (PEEP) uygulamasının postoperatif akciğer komplikasyonları ve mortaliteye etkisi nedir?* Türk Anestezi ve Reanimasyon Dergisi, 2011. **39**(3): p. 108-114.
301. Imberger, G., et al., *Positive end-expiratory pressure (PEEP) during anaesthesia for the prevention of mortality and postoperative pulmonary complications*. Cochrane Database Syst Rev, 2010(9): p. Cd007922.
302. Fletcher, R., *Nunn's Applied Respiratory Physiology, 5th Edn*. European Journal of Anaesthesiology | EJA, 2000. **17**(5): p. 339-340.
303. Eichenberger, A., et al., *Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem*. Anesth Analg, 2002. **95**(6): p. 1788-92, table of contents.

304. Nieszkowska, A., et al., *Incidence and regional distribution of lung overinflation during mechanical ventilation with positive end-expiratory pressure*. Crit Care Med, 2004. **32**(7): p. 1496-503.
305. Maracajá-Neto, L.F., et al., *Beneficial effects of high positive end-expiratory pressure in lung respiratory mechanics during laparoscopic surgery*. Acta Anaesthesiol Scand, 2009. **53**(2): p. 210-7.
306. Talab, H.F., et al., *Intraoperative ventilatory strategies for prevention of pulmonary atelectasis in obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery*. Anesth Analg, 2009. **109**(5): p. 1511-6.
307. Reinius, H., et al., *Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study*. Anesthesiology, 2009. **111**(5): p. 979-87.
308. Cunningham, A.J., *Laparoscopic surgery--anesthetic implications*. Surg Endosc, 1994. **8**(11): p. 1272-84.
309. Demirelolu, S., et al., *Effects of intraperitoneal and extraperitoneal carbon dioxide insufflation on blood gases during the perioperative period*. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2004. **14**(4): p. 219-22.
310. Razvi, H.A., et al., *Oliguria during laparoscopic surgery: evidence for direct renal parenchymal compression as an etiologic factor*. J Endourol, 1996. **10**(1): p. 1-4.
311. Nguyen, N.T., et al., *Effect of prolonged pneumoperitoneum on intraoperative urine output during laparoscopic gastric bypass*. J Am Coll Surg, 2002. **195**(4): p. 476-83.
312. McDougall, E.M., et al., *The effect of prolonged pneumoperitoneum on renal function in an animal model*. J Am Coll Surg, 1996. **182**(4): p. 317-28.
313. Ben-Haim, M. and R.J. Rosenthal, *Causes of arterial hypertension and splachnic ischemia during acute elevations in intra-abdominal pressure with CO2 pneumoperitoneum: a complex central nervous system mediated response*. Int J Colorectal Dis, 1999. **14**(4-5): p. 227-36.
314. Walder, A.D. and A.R. Aitkenhead, *Role of vasopressin in the haemodynamic response to laparoscopic cholecystectomy*. Br J Anaesth, 1997. **78**(3): p. 264-6.
315. Ferreyra, G., Y. Long, and V.M. Ranieri, *Respiratory complications after major surgery*. Curr Opin Crit Care, 2009. **15**(4): p. 342-8.
316. Berger, J.S., et al., *Anesthetic considerations for robot-assisted gynecologic and urology surgery*. Journal of Anesthesia and Clinical Research, 2013. **13**(4).
317. Wen, T., et al., *Positioning-related complications of minimally invasive radical prostatectomies*. J Endourol, 2014. **28**(6): p. 660-7.

318. Sukhu, T. and T.L. Krupski, *Patient positioning and prevention of injuries in patients undergoing laparoscopic and robot-assisted urologic procedures*. Curr Urol Rep, 2014. **15**(4): p. 398.
319. Gupta, K., et al., *Anaesthesia for robotic gynaecological surgery*. Anaesth Intensive Care, 2012. **40**(4): p. 614-21.
320. Devarajan, J., et al., *Upper and middle trunk brachial plexopathy after robotic prostatectomy*. Anesth Analg, 2012. **115**(4): p. 867-70.
321. Hsu, R.L., A.D. Kaye, and R.D. Urman, *Anesthetic Challenges in Robotic-assisted Urologic Surgery*. Rev Urol, 2013. **15**(4): p. 178-84.
322. Ulm, M.A., et al., *Position-related injury is uncommon in robotic gynecologic surgery*. Gynecol Oncol, 2014. **135**(3): p. 534-8.
323. McLarney, J.T. and G.L. Rose, *Anesthetic Implications of Robotic Gynecologic Surgery*. J Gynecol Endosc Surg, 2011. **2**(2): p. 75-8.
324. Kalmar, A.F., A.M. De Wolf, and J.F. Hendrickx, *Anesthetic considerations for robotic surgery in the steep Trendelenburg position*. Advances in Anesthesia, 2012. **30**(1): p. 75-96.
325. Mills, J.T., et al., *Positioning injuries associated with robotic assisted urological surgery*. J Urol, 2013. **190**(2): p. 580-4.
326. Oksar, M., et al., *[Robotic prostatectomy: The anesthetist's view for robotic urological surgeries, a prospective study]*. Rev Bras Anesthesiol, 2014. **64**(5): p. 307-13.
327. Cockcroft, J.O., et al., *Anesthesia for major urologic surgery*. Anesthesiol Clin, 2015. **33**(1): p. 165-72.
328. Gezginci, E., et al., *Postoperative pain and neuromuscular complications associated with patient positioning after robotic assisted laparoscopic radical prostatectomy: a retrospective non-placebo and non-randomized study*. Int Urol Nephrol, 2015. **47**(10): p. 1635-41.
329. Koç, G., et al., *Lower extremity neuropathies after robot-assisted laparoscopic prostatectomy on a split-leg table*. J Endourol, 2012. **26**(8): p. 1026-9.
330. Wechter, M.E., et al., *Preventing slide in Trendelenburg position: randomized trial comparing foam and gel pads*. J Robot Surg, 2013. **7**(3): p. 267-71.
331. Barr, C., et al., *Cerebral oedema following robotic surgery: a rare complication*. Arch Gynecol Obstet, 2014. **290**(5): p. 1041-4.
332. Kakar, P.N., et al., *Robotic invasion of operation theatre and associated anaesthetic issues: A review*. Indian J Anaesth, 2011. **55**(1): p. 18-25.
333. Kaye, A.D., et al., *Anesthetic considerations in robotic-assisted gynecologic surgery*. Ochsner J, 2013. **13**(4): p. 517-24.
334. Schramm, P., et al., *Time course of cerebrovascular autoregulation during extreme Trendelenburg position for robotic-assisted prostatic surgery*. Anaesthesia, 2014. **69**(1): p. 58-63.

335. Doi, M. and Y. Kawai, *Mechanisms of increased intracranial pressure in rabbits exposed to head-down tilt*. Jpn J Physiol, 1998. **48**(1): p. 63-9.
336. Molloy, B. and C. Watson, *A comparative assessment of intraocular pressure in prolonged steep Trendelenburg position versus level supine position intervention*. J Anesth Clin Sci, 2012. **1**.
337. D'Alonzo, R.C., et al., *A retrospective comparison of anesthetic management of robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy versus radical retropubic prostatectomy*. J Clin Anesth, 2009. **21**(5): p. 322-8.
338. Taketani, Y., et al., *Transient but significant visual field defects after robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in deep Trendelenburg position*. PLoS One, 2015. **10**(4): p. e0123361.
339. Gkegkes, I.D., et al., *Ocular complications in robotic surgery*. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, 2015. **11**(3): p. 269-274.
340. Aning, J., J. Diamond, and A. Koupparis, *Risk of post-operative visual loss and robotic surgery*. Journal of robotic surgery, 2012. **6**: p. 275-276.
341. Gilbert, M.E., *Postoperative visual loss: a review of the current literature*. Neuro-Ophthalmology, 2008. **32**(4): p. 194-199.
342. Awad, H., et al., *Robotic surgeries in patients with advanced glaucoma*. Anesthesiology, 2013. **119**(4): p. 954.
343. Mangham, M., *Positioning of the anaesthetised patient during robotically assisted laparoscopic surgery: perioperative staff experiences*. Journal of perioperative practice, 2016. **26**(3): p. 50-52.
344. Ghomi, A., et al., *Trendelenburg position in gynecologic robotic-assisted surgery*. Journal of Minimally Invasive Gynecology, 2012. **19**(4): p. 485-489.
345. Lichter, J.R., et al., *A Department-of-Anesthesiology-based management protocol for perioperative corneal abrasions*. Clinical Ophthalmology, 2015: p. 1689-1695.
346. Sampat, A., et al., *Corneal abrasion in hysterectomy and prostatectomy: role of laparoscopic and robotic assistance*. Anesthesiology, 2015. **122**(5): p. 994-1001.
347. Modi, P.K., et al., *Safety of Robot-Assisted Radical Prostatectomy with Pneumoperitoneum of 20 mm Hg: A Study of 751 Patients*. J Endourol, 2015. **29**(10): p. 1148-51.
348. White, E. and M.M. Crosse, *The aetiology and prevention of peri-operative corneal abrasions*. Anaesthesia, 1998. **53**(2): p. 157-61.
349. Kan, K.M., S.E. Brown, and D.M. Gainsburg, *Ocular complications in robotic-assisted prostatectomy: a review of pathophysiology and prevention*. Minerva Anestesiol, 2015. **81**(5): p. 557-66.
350. Piegeler, T., et al., *Impact of intraoperative fluid management on outcome in patients undergoing robotic-assisted laparoscopic*

prostatectomy-a retrospective analysis: 6API-6. European Journal of Anaesthesiology| EJA, 2011. **28**: p. 81.

351. Addison, A.B., E. Inarra, and S. Watts, *Bilateral otorrhagia: a rare complication of laparoscopic abdominopelvic surgery*. Case Reports, 2014. **2014**: p. bcr2014206118.

352. Jones, W.S. and J.M. Klapfta, *Bilateral Bloody Otorrhagia After Robotic-Assisted Laparoscopic Prostatectomy*. A A Case Rep, 2015. **5**(6): p. 91-2.

353. Maerz, D.A. and D.M. Gainsburg, *Tympanic membrane rupture during robotic-assisted laparoscopic prostatectomy*. Can J Anaesth, 2016. **63**(6): p. 772-3.

354. Lee, L.C., *Cardiopulmonary collapse in the wake of robotic surgery*. Aana j, 2014. **82**(3): p. 231-4.

355. Thompson, J., *Myocardial infarction and subsequent death in a patient undergoing robotic prostatectomy*. Aana j, 2009. **77**(5): p. 365-71.

356. Hong, J.-Y., et al., *Pulmonary edema after da Vinci-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a case report*. Journal of clinical anesthesia, 2010. **22**(5): p. 370-372.

357. Engelhardt, T. and N.R. Webster, *Pulmonary aspiration of gastric contents in anaesthesia*. Br J Anaesth, 1999. **83**(3): p. 453-60.

358. Oksar, M., et al., *Anesthetic considerations for robotic cystectomy: a prospective study*. Braz J Anesthesiol, 2014. **64**(2): p. 109-15.

359. Karadag, M.A., et al., *Gastrointestinal complications of laparoscopic/robot-assisted urologic surgery and a review of the literature*. J Clin Med Res, 2015. **7**(4): p. 203-10.

360. Vasdev, N., et al., *The physiologic and anesthetic considerations in elderly patients undergoing robotic renal surgery*. Reviews in urology, 2014. **16**(1): p. 1.

361. Shimizu, Y., S. Kanamaru, and N. Ito, *Pneumothorax: A rare complication of extraperitoneal robot-assisted radical prostatectomy*. Int J Urol, 2015. **22**(12): p. 1171-2.

362. Maerz, D.A., et al., *Complications of robotic-assisted laparoscopic surgery distant from the surgical site*. Br J Anaesth, 2017. **118**(4): p. 492-503.

363. Romagnoli, S., et al., *Postoperative acute kidney injury in high-risk patients undergoing major abdominal surgery*. Journal of critical care, 2016. **35**: p. 120-125.

364. Lim, S.Y., et al., *Predictive factors of acute kidney injury in patients undergoing rectal surgery*. Kidney Res Clin Pract, 2016. **35**(3): p. 160-4.

365. Joo, E.Y., et al., *Comparison of Acute Kidney Injury After Robot-Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy Versus Retropubic Radical Prostatectomy: A Propensity Score Matching Analysis*. Medicine (Baltimore), 2016. **95**(5): p. e2650.

366. Nakamura, L.Y., et al., *Older age does not impact perioperative complications after robot-assisted radical prostatectomy*. J Robot Surg, 2011. **5**(3): p. 201-8.
367. Herling, S.F., et al., *Robotic-assisted laparoscopic hysterectomy seems safe in women with early-stage endometrial cancer*. Dan Med J, 2015. **62**(8): p. A5109.
368. Galyon, S.W., et al., *Three-limb compartment syndrome and rhabdomyolysis after robotic cystoprostatectomy*. J Clin Anesth, 2011. **23**(1): p. 75-8.
369. Chiu, A.W., et al., *The impact of pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum, and gasless laparoscopy on the systemic and renal hemodynamics*. J Am Coll Surg, 1995. **181**(5): p. 397-406.
370. Deem, S., C.R. Davis, and J.P. Tierney, *Transient paralysis after robotic prostatectomy*. J Robot Surg, 2008. **2**(1): p. 45-6.
371. Hong, J.Y., W.O. Kim, and H.K. Kil, *Detection of subclinical CO2 embolism by transesophageal echocardiography during laparoscopic radical prostatectomy*. Urology, 2010. **75**(3): p. 581-4.
372. Hong, J.Y., et al., *Incidence of venous gas embolism during robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy is lower than that during radical retropubic prostatectomy*. Br J Anaesth, 2010. **105**(6): p. 777-81.
373. Kim, C.S., et al., *Venous air embolism during total laparoscopic hysterectomy: comparison to total abdominal hysterectomy*. Anesthesiology, 2009. **111**(1): p. 50-4.
374. Abel, E.J., et al., *Surgical operative time increases the risk of deep venous thrombosis and pulmonary embolism in robotic prostatectomy*. Jsls, 2014. **18**(2): p. 282-7.
375. Secin, F.P., et al., *Multi-institutional study of symptomatic deep venous thrombosis and pulmonary embolism in prostate cancer patients undergoing laparoscopic or robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy*. European urology, 2008. **53**(1): p. 134-145.
376. Rogers, C.G., et al., *Robotic partial nephrectomy: a multi-institutional analysis*. J Robot Surg, 2008. **2**(3): p. 141-3.
377. Pridgeon, S., C.V. Bishop, and J. Adshead, *Lower limb compartment syndrome as a complication of robot-assisted radical prostatectomy: the UK experience*. BJU Int, 2013. **112**(4): p. 485-8.
378. Raman, S.R. and Z. Jamil, *Well leg compartment syndrome after robotic prostatectomy: a word of caution*. J Robot Surg, 2009. **3**(2): p. 105-7.
379. MacIntosh, E.L. and R.J. Blanchard, *Compartment syndrome after surgery in the lithotomy position*. Can J Surg, 1991. **34**(4): p. 359-62.
380. Rosevear, H.M., et al., *Lessons learned from a case of calf compartment syndrome after robot-assisted laparoscopic prostatectomy*. J Endourol, 2010. **24**(10): p. 1597-601.
381. Matta, A. and S.R. Kelley, *Gluteal compartment syndrome after robotic left adrenalectomy*. Am Surg, 2014. **80**(4): p. E101-2.

382. Keene, R., et al., *Bilateral gluteal compartment syndrome following robotic-assisted prostatectomy*. Orthopedics, 2010. **33**(11): p. 852.
383. Meyer, R.S., et al., *Intramuscular and blood pressures in legs positioned in the hemilithotomy position : clarification of risk factors for well-leg acute compartment syndrome*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84**(10): p. 1829-35.
384. Halliwill, J.R., et al., *Effect of various lithotomy positions on lower-extremity blood pressure*. Anesthesiology, 1998. **89**(6): p. 1373-6.
385. Terry, R.S., et al., *Postoperative rhabdomyolysis following robotic renal and adrenal surgery: a cautionary tale of compounding risk factors*. J Robot Surg, 2015. **9**(3): p. 195-200.
386. Mattei, A., et al., *Positioning injury, rhabdomyolysis, and serum creatine kinase-concentration course in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy and extended pelvic lymph node dissection*. J Endourol, 2013. **27**(1): p. 45-51.
387. Deras, P., et al., *[Rhabdomyolysis and compartment syndrome of two forearms after robotic assisted prolonged surgery]*. Ann Fr Anesth Reanim, 2010. **29**(4): p. 301-3.
388. Brower, R.G., et al., *Effects of recruitment maneuvers in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome ventilated with high positive end-expiratory pressure*. Crit Care Med, 2003. **31**(11): p. 2592-7.
389. FitzGerald, M.P., E.R. Mueller, and S. Edelstein, *Severe acidosis during laparoscopic repair of pelvic organ prolapse and incontinence*. Female Pelvic Medicine & Reconstructive Surgery, 2011. **17**(5): p. 260-262.
390. Trentman, T.L., et al., *Comparison of anesthetic management and outcomes of robot-assisted versus open radical cystectomy*. J Robot Surg, 2013. **7**(3): p. 273-9.
391. Mariano, E.R., et al., *Anesthetic concerns for robot-assisted laparoscopy in an infant*. Anesth Analg, 2004. **99**(6): p. 1665-1667.
392. Celik, H., et al., *Massive subcutaneous emphysema in robotic sacrocolpopexy*. Jsls, 2013. **17**(2): p. 245-8.
393. Ott, D.E., *Subcutaneous emphysema--beyond the pneumoperitoneum*. Jsls, 2014. **18**(1): p. 1-7.
394. McAllister, J.D., R.A. D'Altorio, and A. Snyder, *CT findings after uncomplicated percutaneous laparoscopic cholecystectomy*. J Comput Assist Tomogr, 1991. **15**(5): p. 770-2.
395. Murdock, C.M., A.J. Wolff, and T. Van Geem, *Risk factors for hypercarbia, subcutaneous emphysema, pneumothorax, and pneumomediastinum during laparoscopy*. Obstet Gynecol, 2000. **95**(5): p. 704-9.
396. Stewart, B.T., et al., *Hypothermia in open and laparoscopic colorectal surgery*. Dis Colon Rectum, 1999. **42**(10): p. 1292-5.

8-ÖZET

TRENDELENBURG POZİSYONUNDA UYGULANAN ROBOTİK CERRAHİLERDE AKCİĞER KORUYUCU MEKANİK VENTİLASYONUN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Robot yardımcı laparoskopik prostatektomi, sistektomi, kolon ve rektum cerrahisi konvansiyonel laparoskopik cerrahiye kıyasla sağladığı teknik üstünlükler; açık cerrahiye kıyasla kan kaybının, postoperatif ağrının ve hastanede kalış süresinin az olması nedeni ile tercih edilen cerrahi yaklaşımlardır[1]. Minimal invaziv cerrahi yaklaşımlar genel anestezi, CO₂ insüflasyonu ile pnömoperitonyum oluşturulması ve Trendelenburg pozisyonu gerektirmektedir[1, 2]. Bu üç durumun bir arada olması hastaların perioperatif dönemdeki hemodinamik ve solunumsal fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir[2]

Biz de çalışmamızda Trendelenburg pozisyonunda robotik destekli cerrahi uygulanan hastalarda intraoperatif mekanik ventilasyon yönetiminde hastaya uygulanan tidal hacim, frekans ve rekrutment manevralarının kan basıncı, nabız, oksijen satürasyonu, havayolu basınçları, kompliyansa ve postoperatif solunumsal komplikasyonlara olan etkilerinin retrospektif olarak araştırılmasını amaçladık.

Gerekli etik onamlar alındıktan sonra Trendelenburg pozisyonunda robotik cerrahi yapılan 268 hastanın verilerine ulaşıldı. Hastaların 123'üne sabit PEEP uygulandığı ve 135 hastaya rekrutment manevraları(RM) ile kişiselleştirilmiş PEEP uygulandığı tespit edildi. RM'sının entübasyon sonrasında, insüflasyon sonrasında, pozisyon sonrasında ve desüflasyon ve pozisyonun düzeltilmesi sonrasında yapıldığı tespit edildi. Hastalar sabit PEEP uygulanan (Grup 1) ve

kişiselleştirilmiş PEEP uygulanan (Grup 2) olmak üzere iki gruba ayrıldı ve gruplar arasında veri analizi yapıldı.

Çalışmamızın verileri analiz edildiğinde kademeli rekrutment manevrasının intraoperatif kullanımının atelektaziyi azalttığı, kompliyansı arttırdığı ve bunun sonucunda; intraoperatif EtCO₂'de azalma, PaO₂'de artış ve sPO₂'de artışla sonuçlandığını saptadık. RM ile ilişkili literatürde en sık görülen komplikasyon geçici hipotansiyon ve desaturasyondur. Çalışmamızda da benzer sonuçlar gözlenmiştir. Son olarak da robotik cerrahi geçiren hastaların intraabdominal basınç artışından etkilenmiş olup RM uygulamasının postoperatif solunumsal komplikasyonları azalttığını saptadık.

Anahtar Kelimeler: Robotik cerrahi, Trendelenburg pozisyonu, Rekrutment manevrası

9-SUMMARY

EFFECTS OF LUNG PROTECTIVE MECHANICAL VENTILATION IN ROBOTIC SURGERIES PERFORMED IN TRENDLENBURG POSITION

Robot-assisted laparoscopic prostatectomy, cystectomy, colon and rectal surgery are the preferred surgical approaches due to their technical superiority compared to conventional laparoscopic surgery and the reduced blood loss, postoperative pain and hospital stay compared to open surgery[1]. Robot-assisted approaches require general anesthesia, pneumoperitoneum and Trendelenburg position[1, 2]. The combination of these three conditions adversely affects the hemodynamic and respiratory functions of patients in the perioperative period[2].

In our study, we aimed to retrospectively investigate the effects of tidal volume, frequency and recruitment maneuvers on blood pressure, pulse rate, oxygen saturation, airway pressures, compliance and postoperative respiratory complications during intraoperative mechanical ventilation management in patients undergoing robotic-assisted surgery in the Trendelenburg position.

Following obtaining the necessary ethical approvals, the data of 268 patients who had robotic surgery in the Trendelenburg position were accessed. It was determined that 123 patients received fixed PEEP (Group 1) and 135 patients received personalized PEEP (Group 2) with recruitment maneuvers (RM). RM were performed after intubation, after insufflation, after positioning and after desufflation and correction of position.

When we analyzed the data of our study, found that intraoperative use of the graded recruitment maneuver decreased atelectasis, increased compliance and

resulted in a decrease in intraoperative EtCO₂, increase in PaO₂ and increase in sPO₂. The most common complications associated with RM in the literature are transient hypotension and desaturation. Similar results were detected in our study. Finally, we found that patients who had robotic surgery were affected by increased intra-abdominal pressure and RM decreased postoperative respiratory complications.

Keywords: Robot-assisted laparoscopic surgery, Trendelenburg position, Recruitment maneuver

10-ETİK KURUL ONAYI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU GİRİŞİMSİZ OLMAYAN ARAŞTIRMALAR KARAR FORMU							
ETİK KURUL İLETİŞİM BİLGİLERİ	ETİK KURULUNUN ADI	Gazi Üniversitesi (GÜ) Klinik Araştırmalar Etik Kurulu					
	AÇIK ADRES	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlık (GÜTF) Binası 06500 Beşevler/Ankara					
	TELEFON	0312 202 69 58					
	FAKS	0312 202 46 73					
	E-POSTA	tipetikkurul@gazi.edu.tr					
BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Trendelenburg pozisyonunda uygulanan robotik cerrahilerde akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun etkilerinin araştırılması					
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	[REDACTED]					
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI/UZMANLIK ALANI/ BULUNDUĞU MERKEZ	Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı / GÜTF					
	DESTEKLEYİCİ (Varsa)						
	ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Dosya ve görüntü kayıtları kullanılarak yapılan retrospektif çalışmalar veya arşiv taramaları – Uzmanlık tezi					
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☒	ULUSLARARASI ☐		
	DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Ver. No	Dili		
ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ		25.01.2023	1	Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐			
AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU				Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐			
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı			Açıklama			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ						
	BIYOLOJİK MATERYAL TRANSFER FORMU						
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 156	Toplantı tarihi: 20.02.2023					
	Trendelenburg pozisyonunda uygulanan robotik cerrahilerde akciğer koruyucu mekanik ventilasyonun etkilerinin araştırılması başlıklı başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe amaç, yaklaşım ve yöntemleri ile incelenerek uygun bulunduğu GÜ Klinik Araştırmalar Etik Kurulu üyelerinin oybirliği ile karar verilmiştir.						
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu					
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI		Prof. Dr Ebru ARHAN					
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırmayla İlişkisi	Katılım	İmza	
[REDACTED]	Çocuk Sağ. ve Hast. AD. Nöroloji BD.	GÜTF	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☒	Katılmadı	
[REDACTED]	Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	GÜTF	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	[REDACTED]	
BİLDİRİMLERDEN SORUMLU ÜYE	Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	GÜTF	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	[REDACTED]	
ÜYE	Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı	GÜTF	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	[REDACTED]	

ÜYE	Tıbbi Genetik Anabilim Dalı	GÜTF	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
ÜYE	Genel Cerrahi Anabilim Dalı	GÜTF	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. ÜYE	Fizyoloji AD.	GÜTF	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. ÜYE	Enfeksiyon Hast ve Klinik Mikro Kliniği AD.	Sağ. Bil Üniv Ankara Eği Araşt. Hast.	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. ÜYE	Göğüs Hastalıkları AD.	GÜTF	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. ÜYE	İç Hastalıkları AD Romatoloji BD	GÜTF	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. ÜYE	Radyoloji AD.	GÜTF	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. ÜYE	Psikiyatri AD.	GÜTF	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
ÜYE	Halk Sağlığı	GÜTF	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
ÜYE	Hukukçu	Ankara 1. Barosu	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
ÜYE	Sivil Temsilci	Sağ. Bak. Avrupa Birl. ve Dış İliş. Gn. Md.	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

11-ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Esin TEKİN

Doğum Yeri ve Tarihi: [REDACTED]

Eğitimi:

2018-2024 Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon

Anabilim Dalı, Ankara

2012-2018 [REDACTED] Üniversitesi Tıp Fakültesi, [REDACTED]

2008-2012 [REDACTED] Anadolu Lisesi, [REDACTED]

Yabancı Dili: İngilizce

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar:

Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Derneği(TARD)

European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC)

The European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy (ESRA)

Bilimsel Etkinlikleri

Burslar: 2224-A Yurt Dışı Bilimsel Etkinliklere Katılımı Destekleme Programı-

02-15.09.2023 6th World Congress on Regional Anaesthesia & Pain

Medicine/Paris kongresine katılmıştır

Katıldığı Projeler:

Haziran 2015- Ağustos 2015

Karolinska University Hospital Center for Molecular Medicine, İSVEÇ

Erasmus Staj Hareketliliği

Supervisor: [REDACTED]

Temmuz 2022-Eylül 2022

Essen Uniklinikum Hospital Intensive Care Unit, ALMANYA

Erasmus Staj Hareketliliği

Supervisor:

Mayıs 2023

Charles University Hospital, ÇEK CUMHURİYETİ

Erasmus Personel Hareketliliği

Supervisor:

Yayınlar:

1.Morbid Obezite, Klinik Olgular Eşliğinde Anestezi Board Sınavları, Akademisyen Yayıncılık, 2019, s. 237-247 (John Stenglein, Morbid Obezite'den çeviri).

2.Spinal Anestezi Altında Sezaryen Doğum Sonrası Postoperatif Akut Parotit, Turkish Journal of Anaesthesiology&Reanimation, Yayın Tarihi: 09.06.2020.

3.Konjenital tam atriyoventriküler bloklü gebenin sezaryen doğumunda başarısız spinal anestezi yönetimi, Kardiyo-Vasküler-Torasik Anestezi ve Yoğun Bakım Derneği Dergisinde yayınlandı ve 24.10.2021 tarihinde Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kongresinde sözlü sunum olarak sunuldu.

4.Trakeobronkopatia Osteokondroplastika Olgusunda Başarısız Çift Lümenli Tüp Entübasyonuna Alternatif Olarak Tek Akciğer İzolasyon Yöntemi, Uluslararası Kitap Bölümü: Olgularla Anestezi II

Yayınlandı: Nisan 20221.

5.Ciddi Trombositopeni (10/nl) ile Trakeostomiye açılan Karaciğer Nakli hastanın Kan Ürünü Yönetimi, 05.11.2022 tarihinde Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kongresi'nde sözlü Sunum olarak sunuldu.

6- Kaudal epidural blok sırasında beyin omurilik sıvısı gelir mi? 21.12.2022 tarihinde Anaesthesiology And Reanimasyon Uzmanlar Derneğinde sözlü sunum yarışmasında sunuldu.

7- Kraniotomi sırasında hemodinamik kollaps:Anaflaksi olabilir mi?, Sözlü sunum olarak 28.04.2023 tarihinde Balkan Ülkeleri Anestezi Günleri VIII'de sunuldu, bildirinin tamamı JARSS Dergisi'nde yayınlanmıştır.

8-İntra vasküler yabancı cisim iv kanülün kırık parçası olabilir mi? Sözlü sunum olarak 29.04.2023 tarihinde Balkan Ülkeleri Anestezi Günleri VIII'de sunuldu, özeti JARSS Dergisi'nde yayınlanmıştır.

9- Ultrasound for patient safety during whole perioperative period, Poster Gösterimi 5.09.2023 tarihinde 6. Dünya Rejyonal Anestezi ve Ağrı Tıbbı Kongresi'nde Paris'te sunuldu.

10- Çekal perforasyon oluşturulan sıçanlarda sepsis tedavisinde ozon tedavisinin karaciğer dokusu üzerine etkisinin araştırılması, Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kongresinde 03.11.2023 tarihinde sözlü sunum olarak sunuldu.