



**T.C
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON
ANABİLİM DALI**

**TORAKS CERRAHİSİNDE İNTRAOPERATİF
UYGULANAN KISITLAYICI, ILIMLI VE HEDEFE
YÖNELİK SIVI TEDAVİ STRATEJİLERİNİN
POSTOPERATİF RENAL VE PULMONER
KOMPLİKASYONLAR ÜZERİNE ETKİSİ**

Dr. Ruken AKAR EROĞLU

UZMANLIK TEZİ

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Mediha TÜRKTAN**

ADANA-2026

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen birikim ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, hekimlik vizyonuma değerli katkılar sunan, tez sürecimde her aşamada yanımda olan çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. Mediha TÜRKTAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendilerinin bilimsel yaklaşımı, sabrı ve yol göstericiliği bu çalışmanın şekillenmesinde en büyük paya sahiptir.

Uzmanlık eğitimi hayatımda bilgi ve tecrübelerini paylaştan, beni destekleyen ve aile olduğumuzu hissettiren bir çalışma ortamı sunan başta Anabilim Dalı başkanımız Prof. Dr. Hasan Murat GÜNDÜZ'e olmak üzere saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Dilek ÖZCENGİZ'e, Prof. Dr. Hakkı ÜNLÜGENÇ'e, Prof. Dr. Yasemin GÜNEŞ'e, Prof. Dr. Mehmet ÖZALEVLİ'ye, Prof. Dr. Ebru BİRİCİK'e, Prof. Dr. Ersel GÜLEÇ'e, Doç. Dr. Feride KARACAER'e, Doç. Dr. Zehra HATİPOĞLU'na, Doç. Dr. Demet LAFLI TUNAY'a, Doç. Dr. Murat Türkeün ILGINEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı çatısı altında birlikte çalıştığım, iyi günde kötü günde birlikte aile sıcaklığını paylaştığım Uzm. Dr. Nurefşan SADIKOĞLU'na, Uzm. Dr. Yusuf Harun İREN'e, tüm asistan arkadaşlarıma, ameliyathane, anestezi-algoloji poliklinik ve yoğun bakımda çalışan hemşire, tekniker ve personel arkadaşlara teşekkür ederim.

Tez hazırlama sürecimde büyük emekleri olan Çukurova Üniversitesi Göğüs Cerrahisi Kliniği hocalarına, asistan hekimlerine ve hemşirelerine destekleri için teşekkür ederim.

Beni karşılıksız seven ve bugünlere gelmemde büyük emekleri olan sevgili babam Seyfeddin AKAR'a, sevgili annem Hülya AKAR'a, sevgili ablam Sedef AKÇAY'a, sevgili abim Cem AKAR'a teşekkür ederim.

Her zaman sabrı, sevgisi ve desteğiyle yanımda olan, asistanlık ve tez hazırlama sürecimde katkılarıyla tüm zorlukları aşmamda en büyük pay sahibi olan değerli eşim Mustafa Eroğlu'na ve asistanlığımın sonunda kavuştuğum biricik oğlum Kıvanç Aras'a sonsuz teşekkür ederim.

Dr. Ruken AKAR EROĞLU

Adana/2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vi
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Toraks cerrahisi	3
2.1.1. VATS (Video-Assisted Thoracoscopic Surgery)	3
2.1.2. Tek Akciğer Ventilasyonu (TAV)	4
2.2. ERAS ve Toraks Cerrahisinde Uygulanması	6
2.3. Sıvı Tedavisi Replasman Ürünleri	8
2.3.1. Kristalloidler	9
2.3.2. Kolloidler	10
2.3.3. Kan ve kan ürünleri	10
2.4. Sıvı Yönetimi	10
2.4.1. Preoperatif dönem	12
2.4.2. İntraoperatif dönem	13
2.5. İntraoperatif Sıvı Tedavisi Uygulamaları	16
2.5.1. Ilımlı (Standart) Sıvı Tedavisi	18
2.5.2. Kısıtlayıcı (Restriktif) Sıvı Tedavisi	19
2.5.3. Hedefe Yönelik Sıvı Tedavisi (Goal Directed Fluid Therapy)	20
2.5.3.1. Hemodinamik Monitörizasyon	22
2.6. Sıvı Tedavi Stratejilerinin Postoperatif Komplikasyonlar Üzerine Etkileri	26
2.6.1. Postoperatif Pulmoner Komplikasyonlar	27
2.6.2. Postoperatif Renal Komplikasyonlar	29

3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Araştırmanın Özellikleri	31
3.2. Dahil Etme Kriterleri	31
3.3. Hariç Tutma Kriterleri	31
3.4. Monitörizasyon ve Anestezi Yönetimi	31
3.5. Çalışma Grupları ve Randomizasyon	33
3.6. Veri Toplama	34
3.7. Çalışmanın Birincil ve İkincil Sonlanım Noktaları	35
3.8. Örneklem Büyüklüğü Belirleme ve Güç Analizi	35
3.9. İstatiksel Analiz	36
4. BULGULAR	37
4.1. Grupların Demografik ve Cerrahi Özellikleri	39
4.2. Grupların Preoperatif Laboratuvar ve Solunum Fonksiyon Test Sonuçları	41
4.3. Grupların Anestezik Özellikleri ile İntraoperatif Sıvı, Kan Ürünü ve İnotrop/Vazoaktif Ajan Kullanımı	41
4.4. Grupların İntraoperatif Komplikasyon Görülme Sıklıkları	43
4.5. Grupların Postoperatif Anestezi Derlenme Odasındaki Hemodinamik Verileri ve Komplikasyon Görülme Sıklıkları	44
4.6. Grupların Ameliyat Sonrası Servisteki Renal Fonksiyon Laboratuvar Değerleri ve İdrar Çıkışları	47
4.7. Grupların Ameliyat Sonrası Servis Komplikasyon Oranları, Taburculuk Süreleri ve 30-gün Mortalite Karşılaştırması	49
5. TARTIŞMA	51
6. SONUÇ	60
KAYNAKLAR	61

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo No:

Sayfa No:

Tablo 1. Grupların demografik özellikleri	40
Tablo 2. Grupların preoperatif laboratuvar ve solunum fonksiyon test sonuçları	41
Tablo 3. Grupların anestezi özellikleri ile intraoperatif sıvı, kan ürünü ve inotrop/vazoaktif ajan kullanımı	42
Tablo 4. Grupların intraoperatif komplikasyon görülme sıklıkları	43
Tablo 5. Grupların postoperatif anestezi derlenme odasındaki hemodinamik verileri	45
Tablo 6. Grupların postoperatif anestezi derlenme odasındaki komplikasyon oranları	46
Tablo 7. Grupların postoperatif renal fonksiyon laboratuvar değerleri ve idrar çıkışları	48
Tablo 8. Grupların postoperatif servis takiplerinde komplikasyon görülme sıklıkları, taburculuk süreleri ile 30-gün mortalite oranları	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 1. VATS (video yardımcı torasik cerrahi).....	3
Şekil 2. Bronşiyal Bloker Yerleştirilmesi.	4
Şekil 3. Çift Lümenli Tüp Yerleştirilmesi.	5
Şekil 4. İntravenöz Sıvılar ve İçerikleri	9
Şekil 5. Sıvı Tedavisi Stratejileri.	17
Şekil 6. Kardiyak Output Ölçüm Yöntemleri	23
Şekil 7. Mostcare Cihazı.....	26
Şekil 8. Hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulanan grup için algoritma.....	33
Şekil 9. Çalışma akış şeması.....	38
Şekil 10. Grupların preoperatif ve postoperatif serum kreatinin değerleri.....	49

KISALTMALAR

ABH	: Akut böbrek hasarı
ACE İNH.	: Anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörü
ADH	: Antidiüretik hormon
AKI	: Akut kidney injury
ANP	: Atrial natriüretik peptit
ARB	: Anjiyotensin II reseptör blokeri
ARDS	: Akut respiratuar distress sendromu
ASA	: Amerikan Anesteziyoloji Derneği
BIS	: Bispektral indeks
BMI	: Vücut kitle indeksi
BUN	: Kan üre azotu
CI	: Kardiyak indeks
CO	: Kardiyak output
CPAP	: Devamlı pozitif havayolu basıncı
CVP	: Santral venöz basınç
DKB	: Diastolik kan basıncı
dl	: Desilitre
E	: Erkek
EKG	: Elektrokardiyogram
ESP	: Erektör Spina Plan Bloğu
ESTS	: Avrupa Torasik Cerrahi Topluluğu
ERAS	: Cerrahi sonrası hızlandırılmış iyileşme
EtCO2	: End-tidal co2
FEV1	: Zorlu ekspiryumun 1. Saniyesinde çıkarılan hava hacmi
fiO2	: İnspire edilen oksijen yüzdesi
FOB	: Fiberoptik bronkoskopi
FVC	: Zorlu vital kapasite
GDFT	: Hedefe yönelik sıvı tedavisi
GFR	: Glomerüler filtrasyon hızı
hb	: Hemogloblin

HFNO	: Yüksek akımlı nazal oksijen
HPV	: Hipoksik pulmoner vazokonstrüksiyon
İv	: İntravenöz
İMV	: İnvaziv mekanik ventilasyon
İVA	: İdeal vücut ağırlığı
K	: Kadın
KAH	: Kalp atım hızı
KDIGO	: Kidney Disease Improving Global Outcomes
kg	: Kilogram
LİDCO	: Lithium Dilution Cardiac Output
MAC	: Minimum alveolar konsantrasyon
mcg	: Mikrogram
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mmHg	: Milimetre cıva
NIMV	: Non invaziv mekanik ventilasyon
OAB	: Ortalama arter basıncı
örn.	: Örneğin
PAB	: Pulmoner arter basıncı
paCO2	: Kan karbondioksit basıncı
PACU	: Anestezi sonrası bakım ünitesi
PAK	: Pulmoner Arter Kateteri
paO2	: Kan oksijen basıncı
PAWP	: Pulmoner arter kama basıncı
PBV	: Pozitif basınçlı ventilasyon
PCA	: Nabız Kontur Analiz
PCV	: Basınç kontrollü ventilasyon
PEEP	: Pozitif ekspirasyon sonu basıncı
PİCCO	: Pulse-induced Contour Cardiac Output
PRAM	: Basınç Kaydı Analitik Yöntemi
PPK	: Postoperatif pulmoner komplikasyon
PPV	: Nabız basınç değişimi

RAAS	: Renin anjiotensin aldosteron sistemi
RL	: Ringer laktat
Scvo2	: Santral venöz oksijen satürasyonu
SIRS	: Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu
SKB	: Sistolik kan basıncı
spO2	: Oksijen satürasyonu
SV	: Atım hacmi
Svo2	: Mikst venöz oksijen satürasyonu
SVR	: Sistemik vasküler rezistans
SVV	: Stroke volüm varyasyon, atım hacim değişimi
TAV	: Tek akciğer ventilasyonu
TEB	: Torasik elektriksel biyoempedans
TV	: Tidal volüm
VATS	: Video yardımcı torasik cerrahisi
VCV	: Volüm kontrollü ventilasyon
VKİ	: Vücut kitle indeksi
VTE	: Venöz tromboemboli

ÖZET

Toraks Cerrahisinde İntraoperatif Uygulanan Kısıtlayıcı, ılımlı ve Hedefe Yönelik Sıvı Tedavi Stratejilerinin Postoperatif Renal ve Pulmoner Komplikasyonlar Üzerine Etkisi

Amaç: Bu çalışmada, toraks cerrahisi geçiren hastalarda kısıtlayıcı, ılımlı ve hedefe yönelik sıvı tedavilerinin postoperatif pulmoner ve renal komplikasyonlar üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlandı.

Gereç ve yöntem: Bu prospektif, randomize, tek merkezli çalışmaya ASA I-III grubunda, 18 yaş üzeri 213 hasta dahil edildi. ERAS protokolüne uygun olarak hastaların ameliyattan 2 saat öncesine kadar berrak sıvı almalarına izin verildi. Mühürlü zarflarla yapılan randomizasyon yöntemi ile üç çalışma grubu (Grup M = ılımlı sıvı grubu, Grup R = kısıtlayıcı sıvı grubu, Grup P = hedefe yönelik sıvı grubu) oluşturuldu. İntraoperatif Grup M ve Grup P'ye 5 mL/kg/saat, Grup R'ye 2 mL/kg/saat hızında laktatlı Ringer solüsyonu infüzyon şeklinde uygulandı. İntraoperatif dönemde verilen sıvı miktarı, hemodinamik değişkenler, inotrop ve vazopressör kullanımı, gelişebilecek olası komplikasyonlar kaydedildi. Postoperatif anestezi bakım ünitesinde bir saat boyunca ve sonrasında 1., 3. ve 5. günlerde yattığı klinikte gözlenen hastaların hemodinamik verileri, gelişen olası renal ve pulmoner komplikasyonları, taburculuk süreleri ve 30 günlük mortalite oranları kaydedildi.

Bulgular: Gruplar arasında demografik özellikler, preoperatif laboratuvar değerleri, solunum fonksiyon testleri ve anestezi özellikleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$). Toplam verilen kristalloid miktarı Grup R'de, Grup M ve Grup P'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktü ($p<0,001$). Noradrenalin ve dobutamin kullanımı gruplar arasında anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla $p=0,005$ ve $p<0,001$). İntraoperatif ve postoperatif derlenme odası komplikasyon sıklığı açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). Postoperatif 1. ve 3. gün serum kreatinin düzeyleri Grup R'de, Grup M ve Grup P'ye kıyasla anlamlı olarak daha yüksek bulundu (sırasıyla $p=0,047$ ve $p=0,024$). Postoperatif 1. ve 5. gün idrar çıkışı da Grup R'de anlamlı olarak daha düşüktü (sırasıyla $p=0,003$ ve $p=0,011$). Servis izleminde pulmoner komplikasyonlar genel olarak gruplar arasında benzer olmakla birlikte, takipne gelişimi ve solunum egzersizi ihtiyacı Grup R'de diğer iki gruba kıyasla anlamlı yüksek bulundu (sırasıyla $p=0,015$ ve $p=0,029$). Grupların taburculuk süreleri ve 30 günlük mortalite oranları ise benzerdi ($p > 0,05$).

Sonuç: Toraks cerrahisinde intraoperatif uygulanan ılımlı ve hedefe yönelik sıvı tedavi stratejilerinin kısıtlayıcı sıvı stratejisine kıyasla postoperatif renal ve pulmoner komplikasyonları azaltabileceği kanısına varıldı.

Anahtar kelimeler: Toraks cerrahisi, ılımlı sıvı tedavisi, kısıtlayıcı sıvı tedavisi, hedefe yönelik sıvı tedavisi, renal komplikasyonlar, pulmoner komplikasyonlar.

ABSTRACT

Effects of Intraoperative Restrictive, Moderate, and Goal-Directed Fluid Therapy Strategies on Postoperative Renal and Pulmonary Complications in Thoracic Surgery

Objective: This study aimed to investigate the effects of restrictive, moderate, and goal-directed fluid therapy strategies on postoperative pulmonary and renal complications in patients undergoing thoracic surgery.

Materials and Methods: In this prospective, randomized, single-center study, 213 patients aged over 18 years with ASA physical status I–III were included. In accordance with the ERAS protocol, patients were allowed to consume clear fluids until 2 hours before surgery. Using sealed-envelope randomization, three study groups were formed: Group M (moderate fluid group), Group R (restrictive fluid group), and Group P (goal-directed fluid group). During the intraoperative period, lactated Ringer's solution was administered at a rate of 5 mL/kg/h in Groups M and P, and 2 mL/kg/h in Group R. The amount of intraoperative fluid administered, hemodynamic variables, inotrope and vasopressor use, and possible complications were recorded. Hemodynamic data, postoperative renal and pulmonary complications, length of hospital stay, and 30-day mortality rates were recorded during the first postoperative hour in the post-anesthesia care unit and subsequently on postoperative days 1, 3, and 5 in the ward.

Results: No statistically significant differences were found among the groups in terms of demographic characteristics, preoperative laboratory values, pulmonary function tests, or anesthetic characteristics ($p > 0.05$). The total amount of crystalloid administered was significantly lower in Group R than in Groups M and P ($p < 0.001$). The use of noradrenaline and dobutamine differed significantly among the groups ($p = 0.005$ and $p < 0.001$, respectively). There were no significant differences among the groups regarding the frequency of intraoperative and postoperative recovery room complications ($p > 0.05$). Postoperative serum creatinine levels on days 1 and 3 were significantly higher in Group R compared with Groups M and P ($p = 0.047$ and $p = 0.024$, respectively). Urine output on postoperative days 1 and 5 was also significantly lower in Group R ($p = 0.003$ and $p = 0.011$, respectively). Although overall pulmonary complications during ward follow-up were similar among the groups, the development of tachypnea and the need for breathing exercises were significantly higher in Group R compared with the other two groups ($p = 0.015$ and $p = 0.029$, respectively). Length of hospital stay and 30-day mortality rates were similar among the groups ($p > 0.05$).

Conclusion: It was concluded that moderate and goal-directed intraoperative fluid therapy strategies in thoracic surgery may reduce postoperative renal and pulmonary complications compared with a restrictive fluid strategy.

Keywords: Thoracic surgery, moderate fluid therapy, restrictive fluid therapy, goal-directed fluid therapy, renal complications, pulmonary complications.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Perioperatif dönemde intravasküler volüm dengesinin korunması, cerrahi hastanın yönetiminde temel unsurlardan biridir. Preoperatif açlık, intraoperatif kanama, cerrahiye bağlı sıvı kayıpları ve anestezinin oluşturduğu vazodilatasyon damar içi hacimde azalmaya yol açabilmektedir. Bu nedenle hastanın mevcut sıvı açığının ve perioperatif süreçte gelişen kayıpların uygun şekilde replase edilmesi gerekmektedir(1). Ancak burada amaç yalnızca volüm açığını kapatmak değil, aynı zamanda sıvı fazlalığına bağlı komplikasyonlardan kaçınarak yeterli doku perfüzyonunu sürdürebilmektir(2).

Günümüzde perioperatif sıvı tedavisine yönelik farklı yaklaşımlar uygulanmakta olsa da, hangi stratejinin daha üstün olduğu konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bunun başlıca nedeni, sıvı yönetimine ilişkin fizyopatolojik yaklaşımların ve klinik kanıtların zaman içinde değişkenlik göstermesidir. Geçmişte, intravasküler sıvının plevra ve periton gibi “üçüncü boşluk” olarak tanımlanan alanlarda biriktiği kabul edilmekte ve sıvı replasmanı bu varsayım üzerinden planlanmaktaydı. Ancak sonraki çalışmalar, asıl mekanizmanın travma, inflamasyon ve hidrostatik basınç artışı gibi etkenlere bağlı glikokaliks bütünlüğünün bozulması sonucunda sıvının intravasküler alandan interstisyel alana kayması olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, daha önce üçüncü boşluk kaybı olarak tanımlanan durumun gerçekte vasküler bariyer bütünlüğündeki bozulmaya bağlı sıvı redistribüsyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir(3).

Çalışmamızda, intraoperatif dönemde uygulanan sıvı tedavisinin postoperatif renal ve pulmoner komplikasyonlar üzerindeki etkisini daha belirgin biçimde değerlendirebilmek amacıyla özellikle toraks cerrahisi hastaları seçilmiştir. Literatürde torasik cerrahide sıvı tedavisine ilişkin çok sayıda çalışma yer almakla birlikte, ideal sıvı miktarı, kullanılacak sıvının içeriği ve bu değişkenlerin postoperatif komplikasyonlara etkisi konusunda halen net bir standardizasyon bulunmamaktadır. Mevcut kanıtlar, bu hasta grubunda hem aşırı sıvı yüklenmesinin hem de aşırı kısıtlayıcı yaklaşımın istenmeyen sonuçlara yol açabileceğini; dolayısıyla optimal stratejinin hâlen tartışmalı olduğunu ortaya koymaktadır(4).

Bu prospektif, randomize ve kontrollü çalışmada, torakoskopik cerrahi geçiren ve tek akciğer ventilasyonu uygulanan hastalarda intraoperatif sıvı yönetiminde kullanılan kısıtlayıcı, ılımlı ve hedefe yönelik sıvı yaklaşımların postoperatif renal ve pulmoner sonuçlar üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Hastalar; saatte 5 mL/kg kristalloid uygulanan ılımlı sıvı tedavisi grubu (Grup M), MostCare ile hemodinamik monitörizasyon eşliğinde hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulanan grup (Grup P) ve saatte 2 mL/kg kristalloid uygulanan kısıtlayıcı sıvı tedavisi grubu (Grup R) olarak üç gruba ayrılmış ve bu üç yaklaşımın postoperatif erken dönem renal ve pulmoner sonuçlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

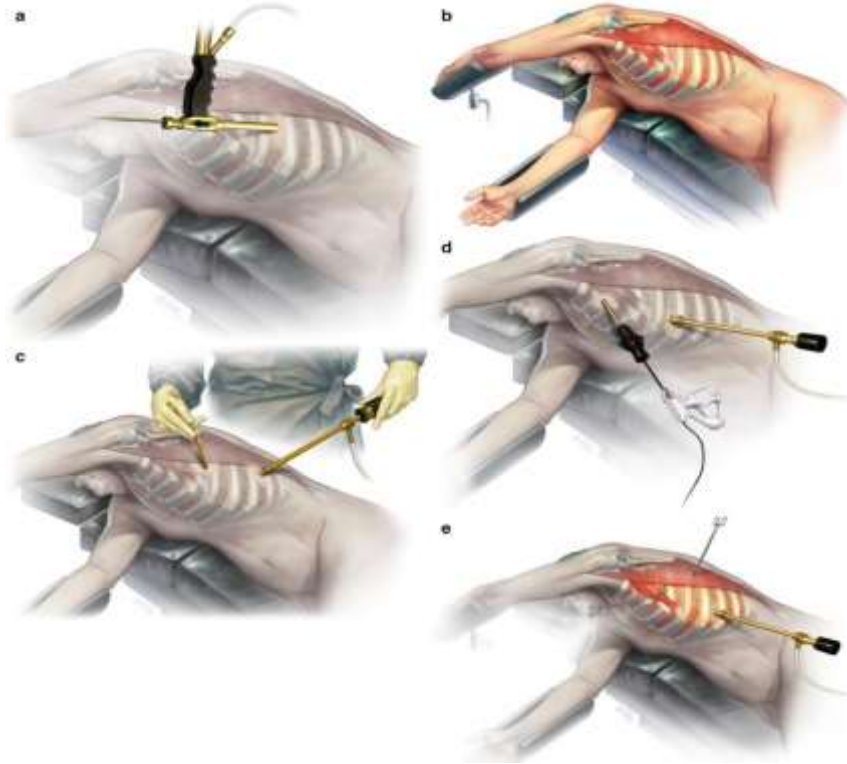


2. GENEL BİLGİLER

2.1. Toraks cerrahisi

Toraks cerrahisi, toraks boşluğu içinde yer alan organ ve dokuların (akciğerler, plevra, mediasten, göğüs duvarı, diyafram ve özofagusun torakal bölümü) konjenital, benign veya malign patolojilerinin tanı ve tedavisini cerrahi yöntemlerle sağlamaktır(5). Toraks cerrahisi kapsamındaki girişimler, akciğer rezeksiyonları (lobektomi, segmentektomi, pnömonektomi), plevral hastalıklara yönelik dekortikasyon veya plörektomi, mediastinal kitle eksizyonları, trakeobronşiyal rekonstrüksiyonlar, göğüs duvarı deformitelerinin düzeltici cerrahileri ve travmaya bağlı toraks yaralanmalarının onarımı gibi geniş bir yelpazeyi kapsar. Toraks cerrahisi, özellikle tek akciğer ventilasyonu (one-lung ventilation) gerektiren operasyonlarda, solunum fizyolojisinin bozulması, gaz değişiminin etkilenmesi ve hemodinamik dengenin hassaslaşması gibi fizyolojik değişiklikler nedeniyle yüksek riskli cerrahiler arasında yer almaktadır(6).

2.1.1. VATS (Video-Assisted Thoracoscopic Surgery)



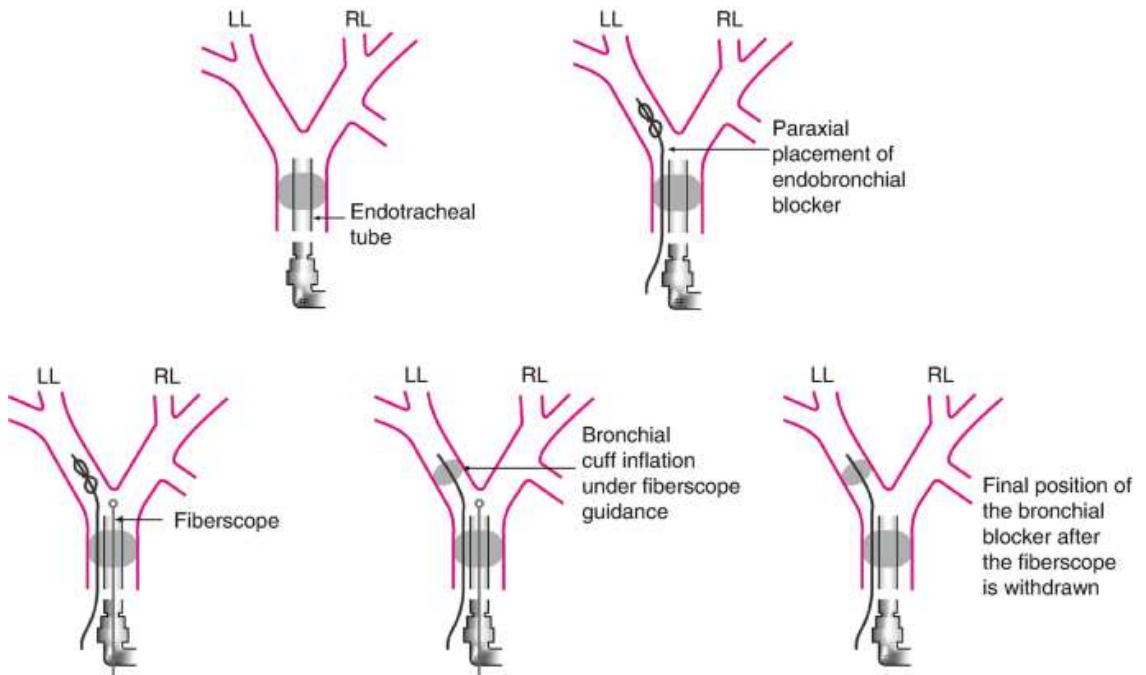
Şekil 1. VATS (video yardımcı torasik cerrahi)(7).

Video-yardımlı torakoskopik cerrahi (VATS), torasik patolojilerin tanı ve tedavisinde kullanılan minimal invaziv bir cerrahi tekniktir (Şekil 1). Bu yöntemde, toraks duvarına açılan küçük insizyonlardan trokar yerleştirilir ve yüksek çözünürlüklü bir kamera yardımıyla operasyon alanı görüntülenir. Cerrah, görüntüyü video monitöründe izleyerek özel uzun cerrahi aletler aracılığıyla işlemi gerçekleştirir. VATS'ın torakotomiye göre daha küçük kesiler, daha az ağrı, daha az kan kaybı, daha hızlı postoperatif iyileşme, daha kısa hastanede kalış süresi ve daha üstün sağkalım oranları gibi birçok avantajı vardır(8).

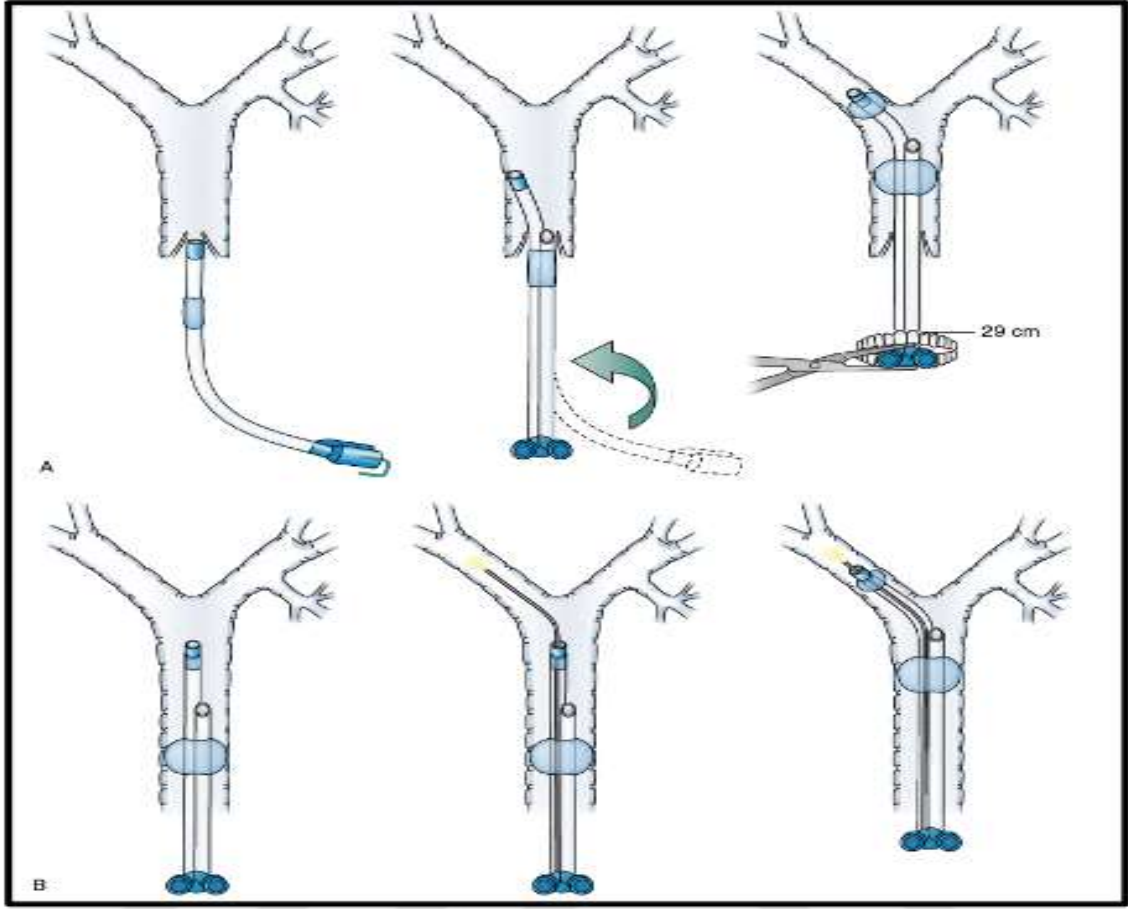
2.1.2. Tek Akciğer Ventilasyonu (TAV)

Tek akciğer ventilasyonu (TAV), iki akciğer arasında selektif ventilasyon sağlayan bir tekniktir. Amaç bir akciğerin tamamen kollabe edilerek cerrahi alanın optimize edilmesi, diğer akciğerin ise gaz değişimini tek başına sağlamasıdır. Normalde toraks cerrahisi sırasında her iki akciğerin hareketi cerrahi alanı daraltır. Bu nedenle anesteziist, bir akciğeri ventilasyondan ayırarak (genellikle cerrahi taraf), diğer akciğeri tek başına ventile eder.

TAV için kullanılan başlıca yöntemler bronşial blokerler, çift lümenli tüp ve selektif bronşial entübasyondur (9) (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2. Bronşiyal Bloker Yerleştirilmesi(10).



Şekil 3. Çift Lümenli Tüp Yerleştirilmesi(11).

TAV yaparken ameliyat yapılan akciğer söndürülür ve ventilasyon yapılmaz ancak bu havalandırılmayan akciğerin perfüzyonu devam eder. Bu durum sağdan sola intrapulmoner şant oluşumuna neden olur. Böylece havalandırılan akciğerden gelen oksijenlenmiş kanla havalandırılmayan akciğerden gelen oksijenlenmemiş kan karışır, bunun sonucunda alveoloarteriel oksijen gradienti artışı ve hipoksemi görülür. Ancak alveoler hipoksiye yanıt olarak intrapulmoner arterler daralarak kanı daha iyi oksijenlenen akciğer bölümüne yönlendirir. Bu mekanizma hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon (HPV) diye adlandırılır(12). HPV sayesinde şant artışı ve kanın oksijen basıncındaki düşme engellenir(13). Ancak HPV'yi inhibe edip intrapulmoner şantlaşmayı artıran birçok faktör vardır. Bunlar; vazodilatörler (nitrogliserin, nitroprusit, kalsiyum kanal blokerleri gibi), 1 MAC'ın (minimum alveoler konsantrasyon) üzerinde inhalasyon anestezikleri, alkaloz, hipokapni, hipotermi, pulmoner arter basıncının yüksek olması ve mikst venöz oksijen basıncının azalmış olmasıdır(14).

TAV sırasında, düşük TV (tidal volüm, 5 ila 7 mL/kg) ile PEEP (positive end expiratory pressure, 5 ila 10 cmH₂O) kullanımıyla, PEEP'siz daha yüksek TV (9 ila 15 mL/kg) ile karşılaştırıldığında eşdeğer veya iyileştirilmiş oksijenasyon ve daha düşük inflamasyon belirteçleri not edilmiştir(15). Ancak TAV sırasında aşırı PEEP >10 cm H₂O, perfüzyonu havalandırılan akciğerden uzaklaştırabilir ve bu da şant artışına neden olabilir.(16) Tek akciğer ventilasyonunda yapılan iki çapraz çalışma, özellikle ameliyat öncesi akciğer fonksiyonu zayıf olan hastalarda, PCV(pressure controlled ventilation) ile VCV(volüme controlled ventilation)'ye kıyasla daha iyi oksijenasyon ve şant oranı göstermiştir(17, 18). Bunun nedeni, PCV'nin daha homojen bir TV dağılımı sağlayarak oksijenasyonu ve ölü boşluk ventilasyonunu iyileştirmesi olabilir. Hastalar, oksijen saturasyonunun %90'ın üzerinde tutulması için gereken minimum FiO₂ ile ventile edilmelidir.

TAV da hipokseminin en sık nedeni intrapulmoner şant oluşumudur. Hipokseminin gözden kaçırılan nedeni ise hasta pozisyonunun değişimi ve cerrahi müdahaleye bağlı entübasyon tüpü pozisyonun bozulmasıdır. Bunu düzeltmenin yolu fiberoptik bronkoskopi (FOB) ile tüpün yerini kontrol etmektir. FOB tüp yerleştirildikten sonra ve hastaya tekrar pozisyon verildikten sonra tüpün yerini doğrulamak için kullanılmalıdır(19). TAV'da hipoksemi durumunda ilk olarak anestezi makinesi ve devre kontrol edilmeli ve FiO₂(fraction of inspired oxygen) %100 e çıkılarak tüpün yeri kontrol edilmelidir. Hipoksemi devam ediyorsa atelektaziyi açmak için ventile edilen akciğere recruitment manevrası ve PEEP seviyesinde artış yapılabilir. Ventile olmayan akciğere CPAP(continuous positive airway pressure) uygulaması denenebilir. Hipoksemi hala devam ediyorsa TAV sonlandırılmalı ve çift akciğer ventilasyonuna geçilmelidir(20).

TAV sırasında gelişebilecek başlıca komplikasyonlar hipoksemi ve hiperkarbi olup; ayrıca sağ taraflı çift lümenli tüpün malpozisyonuna bağlı sağ üst lob ventilasyonunun bozulması ve atelektazi gelişimi ile nadir fakat ciddi bir komplikasyon olarak larinks, trakea veya bronş düzeyinde hava yolu rüptürü görülebilir.

2.2. ERAS ve Toraks Cerrahisinde Uygulanması

Cerrahi Sonrası Hızlandırılmış İyileşme (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS), cerrahi hastalarda perioperatif stres yanıtını azaltmayı, organ fonksiyonlarını korumayı, komplikasyonları en aza indirmeyi ve hastanede kalış süresini kısaltmayı

amaçlayan, multimodal ve kanıta dayalı bir bakım yaklaşımıdır. İlk olarak kolorektal cerrahide tanımlanmış olan bu yaklaşım, zamanla farklı cerrahi branşlara uyarlanmış ve toraks cerrahisinde de önemli bir yer edinmiştir. Özellikle akciğer rezeksiyonu yapılacak hastalarda standardize perioperatif bakımın sağlanması, postoperatif iyileşmenin hızlandırılması ve hasta sonuçlarının iyileştirilmesi açısından ERAS protokolleri giderek daha fazla önem kazanmıştır. 2019 yılında European Society of Thoracic Surgeons (ESTS), başta akciğer rezeksiyonu uygulanacak olgular olmak üzere toraks cerrahisi hastalarına yönelik bir ERAS kılavuzu yayımlamıştır. Bu kılavuz, perioperatif bakımın kanıta dayalı öneriler doğrultusunda standartlaştırılmasını ve böylece hastalarda daha iyi cerrahi sonuçlara ulaşılmasını amaçlamaktadır(21).

Toraks cerrahisinde cerrahi sonrası hızlandırılmış iyileşme uygulamalarının temel bileşenleri; preoperatif hasta bilgilendirilmesi ve eğitimi, nütrisyonel durumun değerlendirilmesi, sigara ve alkol kullanımının bırakılması, uygun hastalarda prehabilitasyon uygulanması, uzamış preoperatif açlığın önlenmesi, karbonhidrat yüklemesi yapılması, rutin sedatif premedikasyondan kaçınılması, venöz tromboemboli profilaksisinin sağlanması, normotermi korunması, kısa etkili anestezi ajanlarının tercih edilmesi, rejyonel analjezi ile desteklenen multimodal ağrı yönetimi, postoperatif bulantı ve kusmanın önlenmesi, övlemini hedefleyen sıvı tedavisi, minimal invaziv cerrahi tekniklerin kullanılması, göğüs tüpü ve üriner kateter kullanımının gereksiz yere uzatılmaması ve erken mobilizasyonun sağlanmasıdır(21, 22).

Preoperatif dönemde özellikle uzun süreli açlığın önlenmesi önemlidir. Güncel ERAS yaklaşımında hastaların ameliyattan 6 saat öncesine kadar katı gıda, 2 saat öncesine kadar ise berrak sıvı almasına izin verilmesi önerilmektedir. Bu uygulama, preoperatif dehidratasyonu azaltmakta; susuzluk, halsizlik ve anksiyeteyi hafifletmekte; ayrıca karbonhidrat yüklemesi ile birlikte postoperatif insülin direncinin ve katabolik yanıtın azalmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanında sigaranın ve alkolün ameliyattan en az 4 hafta önce bırakılması, malnütrisyonun düzeltilmesi ve yüksek riskli hastalarda fiziksel kapasiteyi artırmaya yönelik prehabilitasyon programlarının uygulanması da postoperatif sonuçlar üzerinde olumlu etki göstermektedir.

Toraks cerrahisinde intraoperatif dönem, özellikle tek akciğer ventilasyonu, cerrahi manipülasyon ve akciğer parankiminin fizyolojik kırılganlığı nedeniyle özel önem taşır. Bu nedenle normotermi korunması, akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin

uygulanması, etkili analjezi sağlanması ve bulantı-kusmanın önlenmesi ERAS'ın ana hedefleri arasındadır. Ancak bu hasta grubunda en kritik başlıklardan biri perioperatif sıvı yönetimidir. Akciğer rezeksiyonu yapılan hastalarda alveolo-kapiller bariyerin bozulması, tek akciğer ventilasyonu, cerrahi travma, iskemi-reperfüzyon süreci ve eşlik eden akciğer hastalıkları nedeniyle aşırı sıvı yüklenmesi interstisyel ve alveoler ödem gelişimini kolaylaştırabilmektedir. Bu durum ARDS, atelektazi, pnömoni, ampiyem ve mortalite artışı ile ilişkilidir. Öte yandan, aşırı kısıtlayıcı sıvı uygulaması da doku hipoperfüzyonu, organ disfonksiyonu ve akut böbrek hasarı riskini artırabilir. Bu nedenle toraks cerrahisinde temel hedef liberal ya da aşırı kısıtlayıcı yaklaşımdan kaçınarak övoleminin korunmasıdır.

Postoperatif dönemde ise erken oral alım, erken mobilizasyon, solunum fizyoterapisi, uygun toraks tüpü yönetimi ve gereksiz üriner kateterizasyonun önlenmesi iyileşmenin temel unsurlarıdır. Göğüs tüplerinin mümkün olan en kısa sürede sonlandırılması, hastanın ağrısını azaltarak mobilizasyonu ve solunum fonksiyonlarını olumlu etkiler. Benzer şekilde, erken mobilizasyon; atelektazi, pnömoni ve venöz tromboemboli gibi komplikasyonların önlenmesinde önemli rol oynar. Sonuç olarak ERAS, toraks cerrahisinde preoperatif hazırlıktan postoperatif iyileşmeye kadar tüm süreci kapsayan, komplikasyonları azaltmayı ve hasta sonuçlarını iyileştirmeyi hedefleyen çağdaş bir perioperatif bakım modelidir. Özellikle sıvı yönetiminde amaç, hastayı ne sıvı yüküne ne de hipovolemiye maruz bırakmadan fizyolojik dengeyi korumaktır.

2.3. Sıvı Tedavisi Replasman Ürünleri

Perioperatif sıvı tedavisinin temel amacı, intravasküler volüm ve organ perfüzyonunu sürdürerek doku oksijenlenmesini sağlamak; aynı zamanda aşırı sıvı yüklenmesine bağlı interstisyel ödem ve organ disfonksiyonunu önlemektir. Klinik olarak sıvı yönetimi; idame gereksinimi, intravasküler volüm eksikliği, kan kaybı, vazodilatasyon ve kapiller kaçak gibi bileşenlerin birlikte değerlendirilmesiyle yürütülür. Güncel perioperatif yaklaşım, “önceden belirlenmiş sabit hacimler” yerine övolemi hedefiyle bireyselleştirilmiş (hasta, cerrahi ve hemodinamik yanıtı göre titrasyon) sıvı yönetimini ön plana çıkarmaktadır(23). Şekil 4’de sık kullanılan intravenöz sıvılar ve içerikleri sunulmuştur.

	mEq/L									
	Na	Cl	K	Ca	Mg	Glucose	Buffer	SID	pH	mOsm/L
Plasma	142	103	4	5	2		Bicarb 22-32		7.4	289
Interstitial	140	117	4.5	5	2		Bicarb 28			
Intracellular	10	103	150	1	40		Bicarb 7			
9% NaCl	154	154						0	5.7	308
4.5% NaCl	77	77						0	5.7	154
3% NaCl	513	513						0		1026
7.5% NaCl	1283	1283						0	5.7	2567
23.4% NaCl	4004	4004						0		8008
NaBicarb	892						Bicarb 892	892		
Ringer's	130	109	4	2.7			Lactate 28	28	6.4	273
Normosol-R	140	98	5		3		Acetate 50	50	7.4	295
P-Lyte A	140	98	5		3		Gluconate 23 Acetate 27	50	7.4	295
Hemosol	140	109.5	0	1.75	0.5		Bicarb 32	32		
Albumin 5%	140 ±15		<2.5						7.4	330
Albumin 25%	140 ±15									1500

Şekil 4. İntravenöz Sıvılar ve İçerikleri

2.3.1. Kristalloidler

Kristalloidler perioperatif dönemde en sık kullanılan sıvılardır ve temel olarak iki grupta ele alınır:

- 1) **%0.9 NaCl (normal salin):**Klorür içeriği yüksektir; yüksek hacimlerde hiperkloremik metabolik asidoz ve renal vazokonstriksiyonla ilişkili olabileceği tartışılmıştır. Bu nedenle birçok merkez, rutin perioperatif kullanımda salin yerine dengeli solüsyonları tercih etmektedir.
- 2) **Dengeli (balanced) kristalloidler (örn. Ringer laktat, Plasmalyte vb.):**Elektrolit kompozisyonu plazmaya daha yakındır. Yapılan randomize kontrollü çalışmalar; dengeli kristaloid solüsyonlarının kullanımı ile salin solüsyonlarına kıyasla mortalite ve renal replasman tedavisi üzerindeki etki belirsiz olmakla birlikte, postoperatif asit-baz dengesini muhtemelen iyileştirdiğini göstermiştir(2).

2.3.2. Kolloidler

Kolloidler (albumin ve bazı sentetik kolloidler), daha yüksek onkotik basınca sahip olmaları nedeniyle aynı volümdeki kristalloidlere kıyasla daha fazla intravasküler alanda kalırlar. Ancak sentetik kolloidlerin bazı hasta gruplarında renal yan etkilerle ilişkilendirilmesi nedeniyle kullanım alanı daha seçici hale gelmiştir.

2.3.3. Kan ve kan ürünleri

Kan kaybı olan olgularda hedef; oksijen taşıma kapasitesini, koagülasyonu ve volümü uygun biçimde yerine koymaktır. İntraoperatif transfüzyon gereksinimi, kan kaybı ve hemodinami ile birlikte Hb trendi üzerinden değerlendirilir. Toraks cerrahisinde kan ürünleri ve toplam sıvı yükünün artması pulmoner komplikasyon riskine katkıda bulunabileceğinden, gereksiz replasmandan kaçınma yaklaşımı önemlidir(24).

2.4. Sıvı Yönetimi

Sıvı desteği belirlenmiş hemodinamik hedefler doğrultusunda perfüzyon basıncının sürekliliğini sağlayarak kalp debisi, doku kan akımı ve yeterli oksijen sunumunun sürdürülmesini amaçlar. Perioperatif hemodinamik yönetimde çoğu zaman ilk basamak, intravasküler volümün desteklenmesine yönelik sıvı tedavisidir. Anestezi indüksiyonu ile birlikte gelişen vazodilatasyon ve miyokardiyal depresyon, ayrıca cerrahi travmanın oluşturduğu fizyolojik yanıt, efektif dolaşan hacimde azalma ve hemodinamik dalgalanmalara neden olabilir. Dokulara oksijen taşınımının optimize edilmesi ve metabolik ürünlerin uzaklaştırılmasının sürdürülebilmesi için uygun olgularda sıvı tedavisine ek olarak farmakolojik destek (vazopresör/inotrop) ve bazı durumlarda ileri kardiyovasküler destek yöntemleri gerekebilir.

İntravenöz sıvı infüzyonu öncelikle damar içi hacmi artırır; bunu takiben sistemik ve bölgesel perfüzyonu iyileştirir ve preload yanıtı hastalarda arter basıncında yükselmeye yol açabilir. Bu süreç çoğu zaman oksijen sunumunu ve doku oksijenasyonunu desteklese de, elde edilen hemodinamik yanıtın büyüklüğü ve yönü; kalbin fonksiyonel rezervi, preload yanıtı ve periferik vasküler tonus gibi hasta spesifik faktörlere belirgin ölçüde bağlıdır. Bu nedenle aynı sıvı yüklemesi farklı kardiyovasküler profillere sahip hastalarda farklı sonuçlar doğurabilir. Sonuç olarak, kontrolsüz sıvı yüklemesi ya da kardiyovasküler rezerv yeterince değerlendirilmeden

vazopresör kullanımına yönelmek uygun değildir; yaklaşım hemodinamik izlem ve klinik bağlamla uyumlu biçimde bireyselleştirilmelidir(1).

Bu fizyolojik ilkeler temelinde, hemodinamik optimizasyon yaklaşımı her hastada üç ana tedavi bileşeninin planlanmasını gerektirir:

1. **Volüm eksikliğinin düzeltilmesi:** Yetersiz dolaşan kan hacmi ve buna bağlı doku oksijen sunumundaki azalmayı gidermek amacıyla uygun **sıvı tedavisi** uygulanması,
2. **Damar tonusu ve basınç yönetimi:** Arter basıncının sürdürülmesi ve vasküler tonusun düzenlenmesi için **vazopresör** ve gerekli olgularda **vazodilatörlerin** kullanılması,
3. **Kontraktilite desteği:** Volüm optimizasyonuna rağmen kalp debisinin yetersiz kaldığı durumlarda **inotropik destek** sağlanması(25, 26).

İntravenöz sıvı infüzyonu sonrası oluşan plazma volüm artışı; verilen sıvının kolloid osmotik özellikleri, kan akımının sistemik dağılımı, anestezi tekniği ve derinliği, endotel–glikokaliks bütünlüğü ve hastanın fizyolojik durumuna göre değişkenlik gösterir. Plazma hacmindeki genişleme, ortalama sistemik dolum basıncını yükselterek, sağ atriyum basıncına göre daha yüksek bir düzeye ulaştığında venöz dönüşü belirleyen basınç gradiyentini artırabilir. Venöz dönüşün artması, sağ ve sol ventrikülün preload yanıtı olduğu koşullarda, stroke volüm ve dolayısıyla kalp debisinde artış ile sonuçlanır. Preload yanıtılık, uygulanan volüm yüklemesi sonrası stroke volüm/kardiyak outputta klinik olarak anlamlı bir artışın (pratikte çoğu protokolda yaklaşık %10–15 ve üzeri) gözlenmesi olarak tanımlanabilir.

Cerrahi hastalarında preoperatif açlık, hipertonic bağırsak hazırlıkları, anestezi ajanların vazodilatör etkileri ve PBV'nun (pozitif basınçlı ventilasyon) venöz dönüşü azaltması gibi birçok etken, etkin dolaşan kan hacminde azalmaya katkıda bulunur. Taşikardi hipovoleminin klasik bulgularından biri olarak kabul edilse de, yalnızca kalp hızına dayanarak intravasküler volüm durumunu değerlendirmek duyarlılık ve özgüllük açısından sınırlıdır; ayrıca yaşlı cerrahi hastalarda beta-bloker kullanımının yaygın olması, kompansatuvar taşikardik yanıtı baskılayarak klinik değerlendirmeyi daha da güçleştirebilir(25).

Bu nedenle perioperatif dönemde kan hacmindeki değişikliklerin doğru biçimde değerlendirilmesi çoğu zaman zordur ve majör cerrahiye eşlik eden çok sayıda klinik/fizyolojik süreç bu dinamikleri etkiler.

Standart hemodinamik izlem parametreleri (örn. kalp hızı ve arter basıncı gibi), intraoperatif dönemde gelişebilen ve yetersiz doku perfüzyonu ile postoperatif komplikasyonlara katkıda bulunabilen “gizli hipovolemi”yi ya da volüm değişikliklerini her zaman erken dönemde saptayamayabilir. Bu çerçevede perioperatif volüm açığını azaltmaya yönelik sıvı rejimleri uygulanırken temel amaç, hasta özellikleri ve cerrahi stres yanıtı dikkate alınarak övolemiyi sürdürmek ve sıvı dengesini korumaktır. Uygun olmayan sıvı yönetimi (aşırı kısıtlama veya aşırı yüklenme) toraks cerrahisi hastalarında özellikle postoperatif pulmoner komplikasyonlar (atelektazi, pnömoni, solunum yetmezliği, ARDS-acute respiratory distress syndrome, plevral efüzyon) ile renal komplikasyonlar (AKI-acute kidney injury) riskinde artışla ilişkilendirilebilmektedir(4, 27).

Cerrahi travma, organizmada nörohumoral aktivasyon ve inflamatuvar yanıt ile karakterize bir stres reaksiyonunu tetikler. Bu süreçte kapiller geçirgenlik, hormonal regülasyon (ör. katekolaminler, kortizol, RAAS-renin angiotensin-aldosterone system, ADH-antidiüretic hormone) ve inflamatuvar mediyatörler aracılığıyla sıvı–elektrolit dağılımı ve intravasküler/ekstravasküler kompartman dengesi değişebilir. Uygun şiddet ve sürede gelişen stres yanıtı homeostazın korunmasına katkı sağlayarak fizyolojik açıdan yararlı olabilir; ancak yanıtın abartılı veya uzamış olması ya da fizyolojik rezervi kısıtlı hastalarda ortaya çıkması durumunda, doku perfüzyonu ve organ fonksiyonları üzerinde olumsuz etkilerle patolojik bir tabloya dönüşebilir. Bu nedenle intraoperatif sıvı tedavisi planlanırken; hastanın mevcut sıvı elektrolit gereksinimi, uygulanacak sıvıların kompartmanlar arası dağılım özellikleri ve cerrahi stres yanıtının dinamikleri birlikte değerlendirilerek bireyselleştirilmiş bir yaklaşım benimsenmelidir.

2.4.1. Preoperatif dönem

Cerrahi öncesinde hastalarda sıvı ve elektrolit dengesizlikleri mevcut olabilir. Özellikle kalp, böbrek ve karaciğer disfonksiyonları hücre dışı sıvı hacmi ve dağılımını olumsuz etkileyerek perioperatif volüm yönetimini güçleştirir.

Oligürrik son dönem böbrek yetmezliği bulunan hastalarda preoperatif diyaliz zamanlaması hemodinamik stabilite ve elektrolit kontrolü açısından kritik önemdedir. Bunun yanında kronik diüretik kullanımı da hipovolemiye eğilim ve elektrolit bozukluklarına yol açabilir.

Hipertansif hastalarda göreceli bir intravasküler volüm azlığı bulunabileceği, bunun da anestezi indüksiyonu sırasında intraoperatif hipotansiyona yatkınlık oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Preoperatif açlık tek başına majör bir volüm kaybı nedeni olarak değerlendirilmemekle birlikte, toplam sıvı dengesi üzerinde etkisi olabileceğinden klinik planlamada dikkate alınmalıdır. Güncel perioperatif uygulamalarda elektif cerrahiden 2 saat öncesine kadar berrak sıvı (su) alımının kısıtlanmaması önerilmektedir(28, 29).

Öte yandan, ameliyat öncesi uygulanan mekanik bağırsak hazırlığı gastrointestinal kanaldan yaklaşık 1.5–1.7 L düzeyinde ozmotik sıvı kaybına neden olabilir; bu nedenle zorunlu endikasyon yoksa rutin uygulanması önerilmemektedir.

Kanama, gastrointestinal kayıplar, inflamasyona bağlı kapiller kaçak vb. gibi durumlarda hastalar preoperatif dönemde daha belirgin sıvı elektrolit dengesizliği ile karşımıza çıkabilir. Ayrıca ileus veya pankreatit gibi klinik tablolar interstisyel ödem ve inflamasyon aracılığıyla efektif dolaşan hacmi azaltarak volüm açığına katkıda bulunabilir. Ciddi kanaması olan hipovolemik hastalarda, volüm replasmanı yapılırken eş zamanlı olarak kanama kontrolünün önceliklendirilmesi ve gerekirse cerrahi hemostazın hızla sağlanması gerekebilir(29).

2.4.2. İntraoperatif dönem

İntraoperatif sıvı dengesi; intravasküler volümün kompartmanlar arası dağılımındaki değişiklikler, kanama, inflamasyona bağlı redistribüsyon/kapiller kaçak, idrar çıkışı ve cerrahi stres yanıtı gibi çok sayıda değişken tarafından dinamik biçimde etkilenir.

1) İntravasküler volüm dağılımında değişiklik

Anestezik ajanlar venöz ve arteriyel vazodilatasyona neden olarak venöz dönüşü ve sistemik vasküler direnci azaltabilir; bunun sonucunda kalbin preload ve afterloadu düşer. Bu durum, nöroaksiyel blok uygulanan olgularda sempatik blokaja bağlı

vazodilatasyon ile belirginleşebilir. Ayrıca bazı anestezi ilaçlarının negatif inotrop etkileri kardiyak kontraktiliteyi azaltarak kardiyak outputta düşüşe katkıda bulunabilir. Anesteziye eşlik eden otonomik yanıtların baskılanması kompensatuvar mekanizmaları sınırlandırarak hemodinamik dalgalanmaları artırabilir. Sonuçta intravasküler volüm dağılımının bozulması doku perfüzyon basıncında azalma ve oksijen sunumunun yetersizleşmesi ile ilişkilendirilebilir(30).

2) Kanamaya bağlı intravasküler volüm azalması

Cerrahi sırasında gelişen kanamanın miktarı ve hızı klinik bulguların şiddetini belirler. Özellikle kısa sürede gelişen yüksek hacimli kanamalarda hemodinamik kompensasyon yetersiz kalabilir; buna bağlı olarak intravasküler volümde belirgin azalma, hipotansiyon ve doku perfüzyon bozukluğu görülebilir.

3) İnsensibl kayıplar

Cerrahi sahadan ve mukozal yüzeylerden buharlaşmaya bağlı kayıplar intraoperatif sıvı dengesini etkileyebilir; ancak bu kayıpların miktarını klinik olarak kesin tahmin etmek güçtür.

4) İnflamasyon ilişkili redistribüsyon

Minör cerrahilerde de inflamatuvar yanıt ortaya çıkabilmekle birlikte majör cerrahi sonrası daha belirgin bir sistemik inflamatuvar yanıt gelişir. Sitokin aracılı endotel geçirgenliği artışı ve kapiller kaçak nedeniyle sıvı intravasküler kompartımandan interstisyel alana geçerek efektif dolaşan hacmi azaltabilir. Bu süreç çoğu zaman postoperatif dönemde daha belirgin hale gelmekle birlikte intraoperatif dönemde de volüm dengesini etkileyebilecek bir mekanizmadır.

5) İdrar çıkışı

Perioperatif dönemde idrar miktarını belirleyen birçok neden vardır. ADH sekresyon artışı ve PBV'a bağlı intratorasik basınç artışı venöz dönüşü azaltır. Azalan venöz dönüş kalp debisini azaltır. Kalp debisini azalması ile idrar miktarı azalır.

Ayrıca sempatik aktivasyon ve atrial natriüretik peptid supresyonu gibi nörohumoral yanıtlar da idrar miktarını azaltır(31). Sonuç olarak, intraoperatif idrar çıkışını belirleyen birçok faktör vardır ve intravenöz verilen sıvı miktarı ile ilişkisi sınırlıdır.

6) Stres yanıtı

Majör cerrahi ile birlikte stres yanıtın erken fazı aktive olur. İntraoperatif mutlak veya göreceli hipovolemi kompensatuvar mekanizmaları tetikleyerek kan akımının hayati organlara (kalp ve beyin gibi) yönlendirilmesine neden olabilir. Buna eşzamanlı olarak doku travması inflamatuvar ve immün yanıtı başlatır; bu süreç postoperatif dönemde de devam eder. İnflamatuvar yanıtla ilişkili vazodilatasyon ve hipotansiyon doku perfüzyonunun azalmasını derinleştirerek hipoperfüzyon riskini artırabilir(28). Perioperatif dönemde doku perfüzyonundaki azalma yalnızca hipovolemiyle sınırlı değildir; normovolemi veya hipervolemi varlığında da görülebilir. Doku kan akımı kalp debisindeki azalma ile düşebileceği gibi, debi korunuyor olsa bile periferik vazokonstriksiyon nedeniyle de azalabilir. Ayrıca hipermetabolik durumlarda oksijen tüketiminin artması göreceli “oksijen sunumu yetersizliği” üzerinden perfüzyon bozukluğu ile benzer klinik sonuçlara yol açabilir. Kapak hastalıkları, miyokard iskemisi ve çeşitli sistemik hastalıklara sekonder endokard-miyokard-perikard tutulumları gibi nedenlerle kardiyak fonksiyon bozulduğunda doku perfüzyonundaki azalma çoğu kez kompensatuvar sıvı/sodyum retansiyonu ile birliktelik gösterebilir; bu durum bazı hastalarda hipervolemik bir profile eşlik edebilir.

7) Anesteziye bağlı faktörler

Nöroaksiyel anesteziye bağlı sempatik blok venöz kapasitans ve/veya arteriyoller rezistans damarlarında dilatasyon oluşturarak hipotansiyona neden olabilir. Benzer şekilde bazı anestezik ve analjezik ilaçlar da vazodilatasyon ve miyokard depresyonu üzerinden kan basıncını düşürebilir. Renal perfüzyon dinamikleri de anestezinin yaptığı hemodinamik değişikliklerden etkilenir; bazı durumlarda vazodilatasyonla idrar çıkışı artabilir ve bu durum sıvı retansiyonunu kısmen sınırlayabilir.

Anesteziklere bağı hipotansiyonu “sadece sıvı vererek” düzeltmeye çalışmak aşırı volüm yüklenmesine yol açabileceğinden, gereksiz derin genel anesteziden kaçınmak ve uygun olguda vazodilatasyona yönelik farmakolojik ajanları (örn. fenilefrin) kullanmak gerekebilir.

8) Cerrahiye bağı faktörler

Cerrahi sırasında ani gelişen kanama intravasküler volümü akut olarak azaltarak hipovolemi ve hemodinamik instabiliteye yol açabilir. Dilüsyon ve/veya hipotermiye bağı koagülopati ise kanamayı ağırlaştırabilir. Özellikle açık cerrahide operasyon süresinin uzaması travma ve inflamasyon aracılığıyla barsak ödemi artırabilir. Hipovolemi kalp debisinde düşme ve doku perfüzyonunun azalması ile sonuçlanır; şiddetli olgularda şok ve çoklu organ yetmezliğine ilerleyebilir. İntraoperatif hipovoleminin başlıca kaynakları preoperatif dehidratasyon ve masif cerrahi kanamadır.

İntraoperatif dönemde yalnızca hipovolemi değil; hipovolemik olmayan hastalarda dahi vazopresör infüzyonu ve toplam vazopresör/diüretik doz yükü gibi değişkenler de akut renal hasar (AKI) gelişimine katkıda bulunabilir(32). Hipovolemiye yanıt olarak gelişen splanknik vazokonstrüksiyon ile kan akımı splanknik yataktan hayati organlara yönlendirilir; bu, erken kompensatuvar yanıttır ancak splanknik perfüzyon azalması çoğu zaman diğer vasküler yataklara göre daha belirgindir.

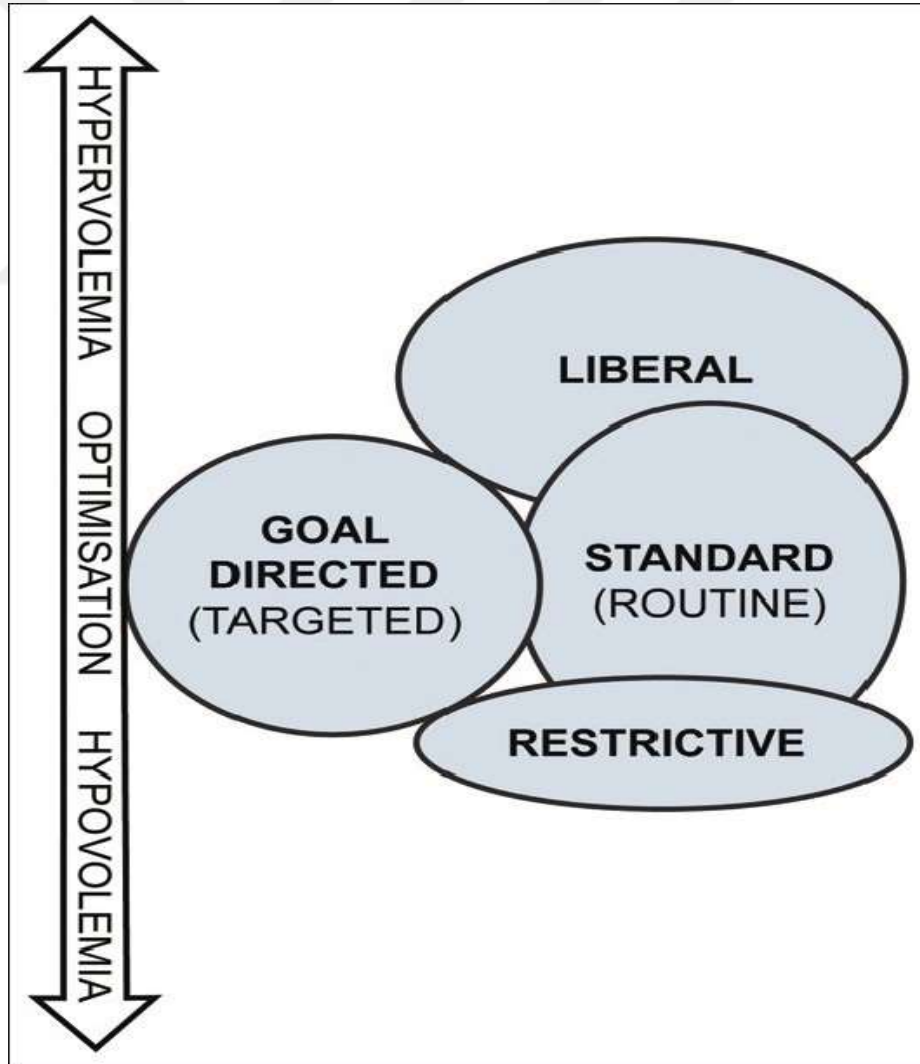
Öte yandan intraoperatif dönemde aşırı sıvı uygulamasına bağı hipervolemi de sık görülebilir. Preoperatif ağırlığa göre >%10 kilo artışı ile tanımlanan belirgin postoperatif sıvı yükünün; morbidite, akciğer problemleri, yoğun bakımda kalış süresi ve mortalite artışı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Hipervolemi, özellikle kalp yetmezliği öyküsü olan hastalarda pulmoner ödem riskini artırabilir; artmış ekstrasvasküler akciğer sıvısı gaz değişimini bozarak postoperatif solunum yetmezliği ve pnömoni olasılığını yükseltebilir.

2.5. İntraoperatif Sıvı Tedavisi Uygulamaları

İdeal volüm tedavi stratejisi; yeterli damar içi volümü ve elektrolit dengesini korumalı, mikrosirkülasyonu ve doku oksijenizasyonunu iyileştirmeli ve normoglisemi sağlamalıdır (33-35).

İntravenöz sıvı tedavisi konusunda yapılan çok sayıda çalışmadan elde edilen net sonuç perioperatif dönemde yeterli miktarda sıvı verilmesinin gerektiği, buna karşılık daha fazla sıvının belirgin olarak olumsuz sonuçlara sebep olduğudur (36) . Yetersiz intravenöz sıvı tedavisinin yaşamı tehdit eden sonuçları laktik asidoz, akut renal yetersizlik ve çoklu organ yetersizliğidir. Aşırı intravenöz sıvı tedavisinin yaşamı tehdit eden sonuçları ise akciğer ödemi ve kalp yetersizliğidir. Periferik ödem, periorbital ödem, bağırsak fonksiyonunda ve yara iyileşmesinde bozulma aşırı intravenöz sıvı tedavisinin ölümcül olmayan sonuçlarıdır(37).

Sıvı yönetiminde kanıta dayalı standardize bir kılavuz bulunmamaktadır. Sıvı yönetim yaklaşımlarının tamamı farklı sebeplerle daha faydalı bir yöntem olduğu gerekçesiyle savunulabilmektedir(38) (Şekil 5).



Şekil 5. Sıvı Tedavisi Stratejileri (39).

2.5.1. İlimli (Standart) Sıvı Tedavisi

İntraoperatif dönemde uygulanacak toplam sıvı miktarı preoperatif açlık süresince oluşan gereksinimin karşılanması ve cerrahi sırasında gelişen kayıpların yerine konmasını hedefleyen bir replasman yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilir. Gerekli sıvı miktarının hesaplanmasında açlığa bağlı bazal gereksinime ek olarak nazogastrik aspirasyon, drenaj gibi ölçülebilir ek kayıplar da dikkate alınır. Bazal gereksinimin pratik hesaplanmasında klasik olarak 4-2-1 kuralı kullanılabilir. Açlık süresince hesaplanan sıvı açığının erken dönemde (örn. operasyonun ilk saatlerinde) yerine konması amaçlanır. Ayrıca cerrahi tipine göre değişebilen insensibl kayıplar ve cerrahinin türü/süresine bağlı kayıplar da sıvı planlamasına yansıtılmalıdır. İntraoperatif kan kaybı ise miktarı ve hızı dikkate alınarak replase edilmeli; replasman stratejisinde kristalloid/kolloid seçenekleri ve gerektiğinde kan ürünleri kullanımı, hastanın kardiyovasküler rezervi ve risk profili ile uyumlu biçimde bireyselleştirilmelidir.

İlimli sıvı yönetimi yaklaşımında kan basıncı, kalp hızı, santral venöz basınç, periferik oksijen satürasyonu ve idrar çıkışı gibi fizyolojik değişkenlerin rutin izlemi intravasküler volüm durumunu değerlendirme ve sıvı tedavisini yönlendirmede sık başvuru parametrelerdir. Bununla birlikte bu “statik” parametreler perioperatif dönemde sık görülen subklinik hipovolemi veya subklinik hipervolemi durumlarını her zaman güvenilir biçimde ortaya koyamayabilir. Kan basıncı, kalp hızı ve/veya idrar çıkışı normal sınırlarda olan bir hastada dahi efektif dolaşan hacim yetersiz ya da fazla olabilir. Benzer şekilde kardiyak preloadın değerlendirilmesinde kullanılan santral venöz basınç ve pulmoner arter oklüzyon basıncı gibi ölçümler hastaya ve klinik koşullara bağlı olarak yanıltıcı sonuçlar verebilir; ayrıca gelişmekte olan hipervolemiyi ve pulmoner ödem riskini erken dönemde öngörmekte tek başına yeterli olmayabilir.

Perioperatif sıvı tedavisini yönlendirmede sık başvuru parametrelerden biri de oligüri olup genellikle idrar çıkışının $<0,5$ mL/kg/saat olması şeklinde tanımlanır. Oligüri çoğu zaman hipovoleminin bir göstergesi olarak yorumlansa da bu yaklaşımı güçlü biçimde destekleyen kanıtlar sınırlıdır(40). Ayrıca intraoperatif oligürinin tek başına AKI için güvenilir bir gösterge olmadığı kabul edilmektedir. İnhalasyon anestezikleri ve cerrahi stres yanıtı normovolemi ve doku perfüzyonu yeterli olsa dahi renal kan akımı ve hormonal yanıtlar üzerinden idrar çıkışını azaltabilir. Bu nedenle yalnızca idrar çıkışını artırmak amacıyla “refleks” biçimde sıvı verilmesi her zaman endike değildir; tersine

gereksiz sıvı uygulaması sıvı yüklenmesi riskini artırabilir(41). Seçilmiş hastalarda, sürekli fiberoptik pulmoner arter kateteri veya aralıklı kan gazı analizi ile elde edilen miks venöz oksijen satürasyonu ile santral venöz oksijen satürasyonu değerleri, doku oksijen sunumunun dolaylı göstergeleri olarak sıvı ve hemodinamik yönetimde yardımcı parametreler şeklinde kullanılabilir. Ancak bu parametreler yalnızca oksijen sunumunu değil, aynı zamanda oksijen tüketimi ve ekstraksiyonundaki değişimleri de yansıttığından, özellikle intraoperatif dönemde oksijen tüketiminin dinamik biçimde değiştiği koşullarda oksijen sunumundaki değişikliklerin doğrudan göstergesi olarak yorumlanmaları her zaman uygun değildir. Teorik olarak SvO₂(mixed venous oxygen saturation) ve ScvO₂(central venous oxygen saturation) kalp debisi ve dokuya oksijen sunumu ile doğru, doku oksijen tüketimi ile ters orantılıdır.

Toraks cerrahisi literatüründe intraoperatif kristalloid verilmiş hızı olarak geniş bir aralık (3-7 mL/kg/saat) bildirilmekle birlikte, çoğu protokol “standart/ılımlı” idameyi yaklaşık 5 mL/kg/saat olarak tanımlamaktadır(42).

2.5.2. Kısıtlayıcı (Restriktif) Sıvı Tedavisi

Kısıtlayıcı sıvı tedavisi intraoperatif dönemde temel olarak kaybedilen volümün replasmanını hedefleyerek gereksiz pozitif sıvı dengesini ve buna bağlı sıvı yüklenmesini önlemeyi amaçlar. Bu stratejide hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi ve doku perfüzyonunun korunması için intravenöz sıvı uygulamasına ek olarak vazopresör kullanımına daha sık başvurulabilir. Bununla birlikte kısıtlayıcı yaklaşımın potansiyel dezavantajı standart izlem parametreleriyle kolay fark edilmeyebilen “gizli hipovolemi” ve buna bağlı hipoperfüzyon riskini artırabilmesidir.

Majör cerrahi geçiren hastalarda daha kısıtlayıcı perioperatif sıvı stratejilerinin, bazı çalışmalarda pulmoner komplikasyonlarda azalma ve gastrointestinal fonksiyonların daha erken toparlanması ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir(43). Ancak mevcut kanıtların yorumlanmasını güçleştiren önemli sınırlılıklar (küçük örneklem büyüklüğü, kullanılan sıvı türlerinin heterojenliği, çalışma tasarımlarındaki tutarsızlıklar ve eşlik eden perioperatif yönetim protokollerinin değişkenliği vb) sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Ayrıca kısıtlayıcı yaklaşımın “optimal” intraoperatif sıvı miktarı açısından evrensel bir uzlaşma bulunmamaktadır.

Volüm kısıtlayıcı rejimler için intraoperatif/erken postoperatif dönemde 1–2 mL/kg/saat düzeylerinin önerildiği yayınlar mevcuttur(44). Toraks cerrahisinde yapılan çalışmalarda sıvı kısıtlamasının tek başına AKI için zorunlu bir risk faktörü olmadığı, ancak hasta seçimi ve hemodinamik yönetimin belirleyici olduğu vurgulanmıştır(45).

2.5.3. Hedefe Yönelik Sıvı Tedavisi (Goal Directed Fluid Therapy)

Hedefe yönelik sıvı yönetimi, belirli hemodinamik hedeflere ulaşmak amacıyla (ör. maksimum atım hacmi, kardiyak output/kardiyak indeks gibi) sıvı tedavisinin planlanması ve hasta yanıtına göre volüm titrasyonunu ifade eder. Bu yaklaşımda kalp performansını değerlendirmek ve sıvı yönetimini optimize etmek için gerekli verileri sağlayan farklı hemodinamik izlem yöntemleri kullanılabilir(46). Teknoloji destekli hemodinamik monitörizasyon yöntemleri volüm yanıtılığının ve dolaşım hedeflerinin daha objektif değerlendirilmesini sağlayarak perioperatif dönemde aşırı sıvı yüklenmesi ile ilişkilendirilen olumsuz sonuçlardan (artmış mortalite ve renal fonksiyonlarda kötüleşme gibi) kaçınmaya katkıda bulunabilir(47, 48). Transpulmoner termodilüsyon ve arteriyel dalga formu analizine dayalı sistemler gibi daha invaziv yöntemlerin yanı sıra Doppler temelli uygulamalar gibi minimal/az invaziv teknikler aracılığıyla hastaya uygulanacak sıvı tedavisi hedefler doğrultusunda yönlendirilebilir.

Güncel yaklaşımlar GDFT uygulamasında, cerrahinin tipine ek olarak aşağıdaki bileşenlere odaklanmaktadır:

- 1. Sıvının tipi** (kristalloid/kolloid, dengeli solüsyonlar vb.)
- 2. Sıvının verilme zamanı** (idame, bolus, kanama/redistribüsyon dönemleri)
- 3. Bir seferde verilen sıvı miktarı** (bolus hacmi ve yanıt değerlendirmesi)
- 4. Toplam sıvı yükü** (kümülatif sıvı dengesi/pozitif yük)

Sonuç olarak en uygun yaklaşım, perioperatif sıvı tedavisinin tek bir şemaya bağlı kalmaksızın optimize edilmesi ve bireyselleştirilmesidir. Bununla birlikte sıvı optimizasyonunda iki temel güçlük öne çıkar: (i) hipovolemi ve doku hipoperfüzyonunun en doğru biçimde nasıl saptanacağı ve (ii) vasküler hacim, kardiyak dolum, sistemik/bölgesel perfüzyon ile doku oksijenlenmesinin hangi strateji ve hedeflerle en etkin şekilde optimize edileceği.

Hemodinamik destek ve perioperatif sıvı gereksiniminin optimizasyonunda en sık kullanılan göstergeler; klinik değerlendirme ile birlikte idrar çıkışı, ortalama arter basıncı (OAB) ve santral venöz basınç (SVB/CVP) gibi temel parametrelerdir. Ek olarak kardiyak output(CO), sistemik vasküler direnç(SVR), serum laktat düzeyi ve santral veya miks venöz oksijen saturasyonu (ScvO₂/SvO₂) gibi değişkenler de klinik karar sürecini destekleyebilir.

Sıvı yüklemesine kardiyak output yanıtı hastanın preload durumu ile sağ ve sol ventrikülün fonksiyonel rezervine/kontraktilitesine (Frank–Starling ilişkisi) bağlıdır. Bu nedenle özellikle kritik veya yüksek riskli cerrahi hastalarda her olguda sıvı yükleme gerçek anlamda endike olmayabilir. Klinik pratikte hastaların yalnızca bir kısmı “sıvıya yanıtı” olup, bu grupta volüm yüklemesi sonrası stroke volüm(SV) ve kardiyak output artışı gözlenirken; diğer grupta gereksiz sıvı uygulanması kardiyak yüklenmeye ve sıvı fazlalığına zemin hazırlayabilir. Bu çerçevede sıvı uygulama kararı verilirken preload artışına yanıtın değerlendirilmesinde CO/SV değişikliğinin izlenmesi klinik açıdan daha rasyonel bir yaklaşım sağlar. Nitekim intraoperatif sıvı resüsitasyonunda kardiyak output hedefleriyle yönlendirilen stratejilerin kullanıldığı çalışmalarda, postoperatif komplikasyonlar ve hastanede yatış süresinde azalma bildirildiği görülmüştür(49, 50).

Perioperatif GDFT uygulaması tüm hasta gruplarında ve tüm cerrahi tiplerinde yararı kesinleşmiş olmamakla birlikte anestezi indüksiyonunu takiben iki aşamalı bir hedefe yönelik yaklaşım önerilmektedir. İlk aşamada hastada hemodinamik destek gereksinimi veya kardiyovasküler fonksiyonun artırılmasına ihtiyaç olup olmadığı değerlendirilir. İkinci aşamada ise gereksinim mevcutsa ve hasta sıvıya yanıtı görünüyorsa, sıvı bolusu uygulanması düşünülür; bolus sonrası yanıtın mümkünse sürekli, değilse sık aralıklarla yeniden değerlendirilmesi önerilir(25). Bu yaklaşımın temel mantığı, hem hipoperfüzyonu düzeltmeyi hem de gereksiz sıvı yüklenmesine bağlı olumsuz sonuçlardan kaçınmayı hedeflemesidir. Sıvı bolusu sonrası hemodinamik yanıtın büyüklüğü ve devamlılığı; hastanın fizyolojik durumu, kardiyak rezervi, vasküler tonusu ve uygulanan sıvının özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Ayrıca uygun resüsitasyonla hemodinami düzeltilirken, devam eden kanama gibi durumların erken fark edilmesi ve kontrol altına alınması da kolaylaşabilir.

Sıvı yüklemesine bağlı SV artışını doğru biçimde ortaya koyacak “optimum volüm düzeyini” belirlemek klinik olarak karmaşıktır. Hipovolemi ve yetersiz doku perfüzyonu koşullarında, organizma normal volüm, basınç ve perfüzyonu sürdürebilmek için fizyolojik kompensatuvar mekanizmaları aktive eder; bu süreçte uygulanan intravenöz volümün damar içinde tutulma eğilimi artar. Bu kompanzasyon; vazopressin, anjiyotensin ve aldosteron düzeylerindeki artışa böbrek yanıtı ile su-sodyum retansiyonunun artması; venöz ve kapiller basınçtaki azalmaya bağlı kapiller filtrasyonun azalması; ayrıca sıvı bileşimi ve atriyal natriüretik peptid (ANP) düzeylerindeki düşüşle ilişkili olarak kapiller hidrolik iletkenliğin azalması gibi mekanizmalarla açıklanabilir. Bu bağlamda, belirli ve sınırlı volüm seçenekleri ile standartlaştırılmış infüzyon hızlarının kullanılması; volüme yanıtın ve daha önemlisi volüme yanıtın zaman içindeki değişiminin karşılaştırılabilir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayan pratik bir “test” yaklaşımı sunar(46).

Hemodinamik yönetimin hedefi basınç, perfüzyon ve oksijen sunumunun iyileştirilmesi olduğunda, bazı yaklaşımlarda bolus uygulaması yerine kontrollü sürekli infüzyon tercih edilebilmektedir. Bununla birlikte klinik pratikte, sıvı yönetiminin daha güvenilir ve tekrarlanabilir olabilmesi için sıvının tipi, bolus hacmi, infüzyon hızı ve bolus sonrasında yapılacak yanıt değerlendirme zamanlaması mümkün olduğunca standardize edilmelidir. Sıvı bolusunun etkinliğini değerlendirmede kullanılan değişkenler, ideal olarak kardiyak output ve/veya atım volümündeki klinik olarak anlamlı değişiklikleri içermelidir(25).

Bazı meta-analizlerde GDFT uygulanan hastalarda, diğer sıvı stratejilerine kıyasla solunumsal, renal ve gastrointestinal komplikasyonlarda azalma, barsak fonksiyonlarında daha erken geri dönüş ve hastanede kalış süresinde kısalma bildirilmiş; ayrıca postoperatif enfeksiyon ve hastane mortalitesinde azalma eğilimi rapor edilmiştir(51).

2.5.3.1. Hemodinamik Monitörizasyon

Hedefe yönelik sıvı tedavisi ile gerçekleştirilen ileri hemodinamik izlem, kardiyak fonksiyondaki olumsuz değişikliklerin, doku perfüzyon bozukluklarının ve standart izlem parametreleriyle klinik belirti vermeden seyredebildiği düşünülen kanama durumlarının daha erken ve daha duyarlı biçimde fark edilmesine olanak sağlayabilir(52).

Hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulaması için geliştirilen hemodinamik monitörizasyon yöntemleri genel olarak invaziv olmayan, yarı invaziv ve invaziv olmak üzere üç grupta sınıflandırılabilir (Şekil 6). **İnvaziv olmayan** yöntemler nabız, kan basıncı ve kardiyak output gibi parametreleri içermekle birlikte periferik vazomotor tonustaki değişikliklere (vazokonstriksiyon/vazodilatasyon) duyarlı olmaları nedeniyle ölçüm doğruluğu klinik duruma bağlı olarak azalabilir. **İnvaziv** izlem yöntemlerinde santral venöz kateter ve/veya pulmoner arter kateteri gibi girişimler gerekebilir. **Yarı invaziv** yöntemlerde ise çoğu zaman arteriyel kateter aracılığıyla elde edilen dalga formunun analizi yeterli olmaktadır.



Şekil 6. Kardiyak Output Ölçüm Yöntemleri

1) İnvaziv olmayan yöntemler

Bu grupta kardiyak output (CO) cilt yüzeyinden alınan sinyaller veya periferik dalga formu üzerinden algoritmalarla hesaplanır.

- **Torasik elektriksel biyoempedans (TEB):** Toraksa yerleştirilen elektrotlarla empedans değişimlerini kullanarak kardiyak output(CO), kardiyak indeks(CI), sistemik vasküler rezistans (SVR) gibi değerler türetebilir. Ölçümler çoğu zaman ortalamaya dayandığı için hızlı değişimler kaçabilir; aritmi, plevral efüzyon, pulmoner ödem ve mekanik ventilasyon hataya neden olabilir(53).
- **Torakal biyoreaktans:** TEB'e benzer bir yaklaşım olup torakstaki elektriksel direnç frekansındaki değişimleri hesaplar.

- **Dijital fotopletismografi:** Parmak düzeyinde optik sinyalden periferik dolaşım değişkenlerini izler; bazı sistemler basınç dalga formu türetilen CO yanında stroke volüm(SV), stroke volüm varyasyon(SVV), pulse pressure varyasyon(PPV) gibi parametreler verebilir.

2) İnvaziv yöntemler

İnvaziv yöntemler tarihsel olarak yüksek doğrulukla ilişkilendirilse de girişim ve komplikasyon riski nedeniyle günümüzde seçilmiş hasta popülasyonlarında tercih edilmektedir.

- **Pulmoner arter katateri (Swan–Ganz) ile termodilüsyon:** Venöz yoldan pulmoner artere ilerletilen kateterle termodilüsyon eğrisi üzerinden CO hesaplanır; ayrıca PAB(pulmoner arter basıncı) PAWP(pulmoner arter wedge basıncı) ve SvO₂(santral venöz oksijen saturasyonu) gibi ek veriler sağlayabilir. Komplikasyonları (aritmi, enfeksiyon, emboli, pulmoner arter rüptürü vb.) nedeniyle rutin kullanımı azalmıştır.
- **Transpulmoner termodilüsyon:** Santral venöz kataterden verilen soğuk serum fizyolojinin arter hattında olan termistörle sıcaklık değişimine bakılır. Pulmoner arter kataterinden daha az invazivdir.
- **Lityum dilüsyon:** Düşük doz lityum enjeksiyonu sonrası arteriyel konsantrasyon-zaman eğrisi ile CO hesaplanır.

3) Yarı invaziv yöntemler

Bu grupta genellikle arter hattı yeterlidir; bazı sistemler kalibrasyon için ek girişim gerektirebilir. Klinik pratikte kullanım kolaylığı ve daha düşük komplikasyon riski nedeniyle yaygındır.

- **Özefageal Doppler:** Desendan aort akım hızını ölçerek SV/CO hakkında çıkarım yapar.
- **PİCCO:** Transkardiyopulmoner termodilüsyon ve nabız kontur analizinin bir kombinasyonu yoluyla hem statik hem de dinamik parametreleri entegre eden bir kardiyak debi ölçme yöntemidir.

- **FloTrac/Vigileo:** Standart bir arteriyel kateterden elde edilen arter basıncı dalga formunu analiz ederek kardiyak outputu (ve ilişkili hemodinamik parametreleri) hesaplayan, nabız kontur analizine dayalı bir izlem sistemidir.
- **ProAQT/PulsioFlex:** PiCCO'ya benzer şekilde nabız kontur analizi ile arteriyel basınç dalga formundan kardiyak output hesaplar.
- **LiDCOplus:** Periferik veya santral venöz yoldan düşük doz lityum bromür uygulanır; arter hattındaki lityum sensörüyle oluşturulan konsantrasyon–zaman eğrisinden kalibrasyon yapılır ve sonrasında arteriyel basınç dalga formu analiz edilerek sürekli CO verileri üretilir.
- **Nabız kontur analizi (PCA):** Bu yöntemi kullanan başlıca sistemler FloTrac/Vigileo/EV1000, LiDCO, ProAQT/PulsioFlex ve MostCare'dir. MostCare, arter hattından alınan dalga formunu PRAM (Pressure Recording Analytical Method) algoritmasıyla analiz ederek CO türeten minimal invaziv bir monitördür (Şekil 7). Santral venöz kateter zorunlu değildir; uygun bir arteriyel dalga formu elde edilmesi kritik önemdedir. PRAM, dalga formunun sistolik ve diyastolik bileşenlerini birlikte değerlendirir ve yüksek örnekleme frekansı ile sinyal ayrıntısını artırmayı amaçlar. Ölçüm doğruluğunu sınırlayan temel faktör, arteriyel sinyal kalitesi ve transdüser–tüp sisteminin dinamik yanıtıdır; ciddi aort kapak patolojileri veya arteriyel iletim bozukluklarında sonuçlar güvenilirliğini kaybedebilir.



Şekil 7. Mostcare Cihazı

2.6. Sıvı Tedavi Stratejilerinin Postoperatif Komplikasyonlar Üzerine Etkileri

Toraks cerrahisinde komplikasyon riski; tek akciğer ventilasyonu, cerrahi travma ve inflamasyon, perioperatif hemodinamik dalgalanmalar ve sıvı yönetimi ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle ERAS/ESTS kılavuzları “övolemik sıvı yönetimi”ni temel intraoperatif hedeflerden biri olarak vurgular: aşırı sıvı yüklenmesi pulmoner ödem/oksijenizasyon bozukluğu riskini artırabilirken, aşırı kısıtlama da hipoperfüzyon üzerinden renal hasar riskini artırabilir(54).

Restriktif (kısıtlayıcı) sıvı rejimi uygulaması, intravasküler hacim ve doku perfüzyonunun yetersiz kalması durumunda mikrosirkülasyon düzeyinde bozulmaya yol açarak laktik asidoz, akut böbrek yetmezliği ve ilerleyen olgularda çoklu organ yetmezliği

gibi yaşamı tehdit eden komplikasyonlara zemin hazırlayabilir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda perioperatif kısıtlayıcı sıvı tedavisi ile postoperatif kardiyopulmoner komplikasyonların ve doku iyileşmesine bağlı sorunların daha düşük olabileceği bildirilmiştir. Bu yaklaşımın özellikle majör elektif cerrahiler sonrasında daha fazla önerildiğine ilişkin veriler de bulunmaktadır(55).

Standart (ılımlı) sıvı rejimi uygulanan hastalarda ise postoperatif dönemde pulmoner fonksiyonlarda iyileşme, egzersiz kapasitesinde artış ve stres yanıtında azalma ile birlikte; bulantı, uyuklama, baş dönmesi, halsizlik ve denge fonksiyon bozukluğu gibi semptomlarda belirgin düzelme rapor edilmiştir(38). Bağırsak dışı cerrahilerde ılımlı sıvı uygulamasının semptomların daha hızlı gerilemesiyle ilişkili olabileceği de gösterilmiştir(33).

Hedefe yönelik sıvı rejimi uygulanan ve tek akciğer ventilasyonu yapılan toraks cerrahilerinde GDFT'nin sonuçlarını değerlendiren meta-analizler, GDFT'nin postoperatif komplikasyonlarda azalma ile ilişkili olabileceğini bildirmektedir; ancak algoritmaların (SVV/PPV, stroke volume optimizasyonu, kardiyak indeks hedefleri vb.) ve hasta seçiminin heterojenliği nedeniyle sonuçlar her ortamda aynı ölçüde genellenemeyebilir(56).

2.6.1. Postoperatif Pulmoner Komplikasyonlar

Postoperatif pulmoner komplikasyonlar, postoperatif dönemde ortaya çıkan ve klinik olarak anlamlı hastalık ya da işlev bozukluğuna yol açan her türlü pulmoner anormalliği kapsayan geniş bir kavramdır. Bu başlık altında solunum sayısındaki bozukluklar, bronkospazm, hipoksemi, pulmoner ödem, plevral efüzyon, ateletazi, pnömoni, pnömotoraks, hemotoraks, ampiyem, solunum yetmezliği, non-invaziv mekanik ventilasyon veya yüksek akımlı oksijen tedavisi gereksinimi, uzamış hava kaçağı, bronkoplevral fistül, akut akciğer hasarı, akut solunum sıkıntısı sendromu ve planlanmamış invaziv mekanik ventilasyon gereksinimi gibi tablolar yer almaktadır. Bu komplikasyonlar gaz değişiminde bozulma, yoğun bakım ve ventilatuvar destek ihtiyacında artış, hastanede kalış süresinde uzama ve mortalitede artış ile ilişkilidir; ayrıca başarılı şekilde tedavi edilseler bile uzun dönem sağkalım üzerinde olumsuz etki gösterebilirler(57, 58).

Bradipne, postoperatif dönemde solunum dürtüsünün baskılanmasına bağlı olarak solunum sayısının azalmasıdır ve özellikle rezidüel anestezi etki, opioid kullanımı veya nöromusküler blokaj rezidüsü ile ilişkili olabilir.

Takipne, hipoksemi, ağrı, atelektazi, sekresyon retansiyonu, metabolik stres veya gelişmekte olan solunum yetmezliğinin erken bir bulgusu olarak görülebilir.

Bronkospazm, hava yolu düz kaslarının daralması sonucu wheezing, artmış hava yolu direnci ve ventilasyon bozukluğu ile seyreden bir tablodur.

Hipoksemi, arteriyel oksijenlenmenin yetersizliğini; pulmoner ödem ise alveolo-interstisyel alanda sıvı birikimine bağlı gaz değişimi bozukluğunu ifade eder.

Plevral efüzyon, plevral boşlukta sıvı toplanması sonucu akciğer ekspansiyonunu kısıtlayabilen bir durumdur.

Solunum yetmezliği, hastanın yeterli oksijenasyonu ve/veya karbondioksit eliminasyonunu sürdürememesi nedeniyle ek oksijen, non-invaziv ventilasyon ya da invaziv mekanik ventilasyon gereksinimi doğuran klinik tablodur.

Atelektazi, toraks cerrahisi sonrası en sık görülen pulmoner komplikasyonlardan biridir. Gelişiminde özellikle tek akciğer ventilasyonu sırasında opere edilen akciğerin ventile edilmemesi, postoperatif hipoventilasyon, etkisiz öksürük ve sekresyon birikimi rol oynar.

Pnömoni, akciğer rezeksiyonu sonrası önemli morbidite nedenlerinden biridir; insidans çeşitli serilerde değişmekle birlikte birkaç yüzde puandan çift haneli oranlara kadar bildirilmektedir. İleri yaş, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, geçirilmiş pnömoni öyküsü, alkol kullanımı, atriyal fibrilasyon, erkek cinsiyet ve torakotomi gibi faktörler postoperatif pnömoni açısından risk artışı ile ilişkilendirilmiştir(59).

Akut solunum sıkıntısı sendromu, akut bir klinik olay sonrasında gelişen, bilateral pulmoner opasiteler ile seyreden ve kalp yetmezliği ya da sıvı yüklenmesi ile tam olarak açıklanamayan hipoksemik solunum yetmezliği tablosudur(60).

Uzamış hava kaçağı, genel olarak hava kaçağının yedi günden uzun sürmesi şeklinde tanımlanır ve akciğer rezeksiyonu sonrası en sık karşılaşılan komplikasyonlardan biridir; hastanede kalış süresini uzatır ve iyileşmeyi geciktirir.

Bronkoplevral fistül, bronşiyal sistem ile plevral boşluk arasında patolojik bir ileti oluşmasıdır. Erken postoperatif dönemde genellikle bronş güdüğü ayrışmasına bağlı gelişirken, daha geç dönemde enfeksiyon, iskemi veya tümör nüksü ile ilişkili olabilir.

Pnömotoraks, plevral boşlukta hava birikmesi sonucunda akciğerin kısmen ya da tamamen kollabe olmasıdır; toraks cerrahisi sonrasında genellikle rezidüel hava kaçağı, dren disfonksiyonu veya parankimal yaralanma ile ilişkilidir.

Hemotoraks, plevral boşlukta kan birikmesidir ve postoperatif erken dönemde çoğu zaman cerrahi kanama odağına bağlı gelişir.

Ampiyem, plevral boşlukta enfekte materyal ve püy birikimi ile karakterizedir; akciğer kanseri cerrahisi sonrası nadir görülse de mortalitesi ve tedavi yükü yüksektir.

Pulmoner emboli toraks cerrahisinin en ciddi komplikasyonlarından biri olup ani hipoksemi, hemodinamik bozulma, sağ ventrikül yüklenmesi ve mortalite riski ile ilişkilidir.

2.6.2. Postoperatif Renal Komplikasyonlar

Toraks cerrahisi sonrası ABH (akut böbrek hasarı), son yıllarda giderek daha fazla önem kazanan ve kısa ile uzun dönem klinik sonuçları anlamlı biçimde etkileyebilen bir postoperatif komplikasyondur. Yayınlarda bildirilen insidans oranları, hasta popülasyonunun özellikleri, uygulanan cerrahi girişimin kapsamı, perioperatif yönetim ve kullanılan tanı kriterlerine bağlı olarak değişmekte; toraks cerrahisi sonrası ABH insidansı yaklaşık %2,2 ile %35 arasında bildirilmektedir. Ayrıca rezeksiyon genişliği arttıkça riskin yükseldiği, sublobar rezeksiyonlarda daha düşük, bilobektomi veya pnömonektomi ile özofajektomi gibi daha majör girişimlerde ise daha yüksek oranlara ulaşıldığı gösterilmiştir(61, 62).

Akut böbrek hasarının tanımlanmasında tarihsel olarak farklı sınıflamalar kullanılmıştır. Bu alanda ilk standart yaklaşımlardan biri olan RIFLE kriterleri, akut böbrek hasarını serum kreatinin düzeyi, glomerüler filtrasyon hızındaki azalma ve idrar çıkışına göre “Risk, Injury, Failure, Loss ve End-stage kidney disease” basamaklarıyla sınıflandırmıştır(63). Daha sonra geliştirilen AKIN kriterleri ise özellikle serum kreatinin düzeyinde kısa süre içinde gelişen küçük artışların klinik önemini vurgulamış ve 48 saat içinde kreatininde $\geq 0,3$ mg/dL artışı akut böbrek hasarı tanımına dahil etmiştir(64). **AKI** tanımlanmasında günümüzde en yaygın kabul gören sınıflama Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) 2012 kriterleridir. Buna göre akut böbrek hasarı; serum kreatinin düzeyinde 48 saat içinde en az 0,3 mg/dL artış, ya da 7 gün içinde bazal değerinin en az 1,5 katına yükselme, ve/veya idrar çıkışının en az 6 saat süreyle 0,5

mL/kg/saatin altına düşmesi ile tanımlanır; evreleme de serum kreatinin değişimi ve oligüri süresine göre yapılır. Bununla birlikte bu kılavuz, ABH açısından riskli hastalarda kreatinin ve idrar çıkışının birlikte izlenmesini önermektedir; bu durum toraks cerrahisi hastalarında sıvı dengesi, diüretik kullanımı ve kas kitlesine bağlı kreatinin değişkenliği nedeniyle özellikle önemlidir(65).

Toraks cerrahisinde ABH çoğu zaman multifaktöriyel bir süreçtir. Tek akciğer ventilasyonu sırasında gelişebilen hipoksemi ve hiperkapni eğilimi, pozitif basınçlı ventilasyona bağlı hemodinamik değişiklikler, sistemik inflamatuvar yanıt ve renal perfüzyonu etkileyen nörohumoral mekanizmalar böbrek hasarına zemin hazırlayabilir. Bunun yanı sıra ileri yaş, azalmış bazal böbrek fonksiyonu, komorbid yük, daha geniş rezeksiyon, açık torakotomi, uzamış operasyon süresi, vazopressör gereksinimi, intraoperatif oligüri ve kan transfüzyonu gibi değişkenler de risk artışı ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle toraks cerrahisinde böbrek fonksiyonunun korunması, yalnızca verilen sıvı miktarının belirlenmesinden ibaret olmayıp yeterli doku perfüzyonunun sürdürülmesi, hemodinamik stabilitenin korunması ve gereksiz volüm yüklenmesinden kaçınılmasını içeren dengeli bir perioperatif yaklaşım gerektirir(66).

ABH'nın klinik önemi yalnızca geçici kreatinin yüksekliği ile sınırlı değildir. Toraks cerrahisi sonrası gelişen akut böbrek hasarının hastanede kalış süresini uzattığı, kısa dönem mortaliteyi artırdığı ve renal olmayan komplikasyonlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Özellikle meta-analiz ve gözlemsel çalışmalarda, AKI gelişen hastalarda daha yüksek kısa dönem mortalite, daha uzun hastane yatışı, ayrıca pnömoni ve yeniden entübasyon gibi olumsuz sonuçların daha sık görüldüğü gösterilmiştir. Ayrıca Kidney Disease: Improving Global Outcomes kılavuzu (KDIGO), akut böbrek hasarı geçiren hastaların 3 ay sonra çözülme, yeni başlayan ya da kötüleşen kronik böbrek hastalığı açısından yeniden değerlendirilmesini önermektedir; bu yaklaşım, akut böbrek hasarının uzun dönem böbrek ve kardiyovasküler risklerle ilişkili olabileceğini yansıtmaktadır. Bu nedenle toraks cerrahisi hastalarında postoperatif erken dönemde kreatinin ve idrar çıkışının yakın izlenmesi, akut böbrek hasarının erken tanınması ve önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır(67).

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Araştırmanın Özellikleri

Çalışmamız, Helsinki Bildirgesi'ne uygun bir şekilde Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırma Etik Kurul onayı (tarih: 06/09/2024, sayı: 147/4) ile hastalardan sözlü ve yazılı bilgilendirilmiş olur alındıktan sonra Mayıs 2024 ve Ekim 2025 tarihleri arasında prospektif ve randomize olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2. Dahil Etme Kriterleri

- 18 yaş üzeri,
- Amerikan Anestezistler Topluluğu (ASA) fiziksel sınıfı I-III,
- Tek akciğer ventilasyonu altında torakoskopik cerrahi geçirecek,
- ERAS protokolü uygulanan,
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olan hastalar.

3.3. Hariç Tutma Kriterleri

- 18 yaş altı,
- ASA > III,
- Yakın zamanlı oral beta-bloker kullanımı olan,
- Kardiyak, renal ve/veya hepatik yetmezliği olan,
- Ameliyat öncesi anormal akciğer fonksiyonu ($FEV1 < \%50$) olan,
- Peroperatif ERAS protokolü uygulanamayan,
- Morbid obez ($BMI > 35 \text{ kg/m}^2$),
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmayan hastalar.

3.4. Monitörizasyon ve Anestezi Yönetimi

Hastalar ameliyat öncesi poliklinikte değerlendirilerek çalışma hakkında bilgilendirildi. ERAS protokolüne uygun olarak ameliyattan 2 saat öncesine kadar berrak sıvı (su ve elma suyu) ve 6 saat öncesine kadar katı gıda alımına izin verildi.

Hastalar cerrahi günü premedikasyon uygulanmadan operasyon odasına alındı. Rutin monitörizasyon olarak elektrokardiyografi (EKG), noninvaziv sistolik kan basıncı

(SKB), diyastolik kan basıncı (DKB) ve ortalama arter basıncı (OAB), periferik oksijen satürasyonu (SpO₂), end-tidal CO₂ (EtCO₂) ve anestezi derinliği takibi için bispektral indeks (BIS; BIS™ Brain Monitoring System, Covidien, Mansfield, MA, USA) monitörizasyonu uygulandı. Hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulanacak hastalara radyal arter kanülasyonu sonrası arter hattından alınan dalga formunu PRAM (Pressure Recording Analytical Method) algoritmasıyla analiz ederek kardiyak output (CO) türeten minimal invaziv bir monitör olan MostCare cihazı kuruldu.

Anestezi indüksiyonu iv 1-2 mg/kg propofol, 1 mcg/kg fentanil, 0,6 mg/kg rokuronyum ile sağlandı. Yeterli kas gevşekliği sağlandıktan sonra uygun boyutta çift lümenli tüp (erkek hastalar için 39-41 F, kadın hastalar için 35-37 F) havayoluna yerleştirildi, tüpün pozisyonu fiberoptik bronkoskopi ile doğrulandı. Anestezi idamesi %1-2 sevoflurane ve %60/40 N₂O/O₂ karışımı ile sağlandı. İndüksiyon propofol dozu ve intraoperatif sevofluran konsantrasyonu BIS değeri 40-60 arasında olacak şekilde (yaklaşık 50) titre edildi.

Cerrahi boyunca akciğer koruyucu ventilasyon stratejileri uygulandı. Tidal hacim çift akciğer ventilasyonu sırasında ideal vücut ağırlığına göre 6-8 ml/kg, tek akciğer ventilasyonu sırasında 4-6 mL/kg olarak ayarlandı. Solunum sayısı normokapniyi (PaCO₂: 35-45 mmHg) sürdürecektir şekilde, PEEP 5-10 cmH₂O aralığında, FiO₂ ise SpO₂>90 mmHg değerini sağlayacak en düşük konsantrasyon olacak şekilde ayarlandı. İhtiyaç durumunda akciğer açma manevrası uygulandı.

Postoperatif analjezi için kliniğimizin rutin multimodal analjezi protokolü uygulandı. Bu amaçla entübasyon ve cerrahi pozisyonu takiben sorumlu anesteziist tarafından ultrasonografi eşliğinde T5 (5. torakal vertebra) seviyesinden ESPB (erektör spina alan bloğu) ve cerrahinin bitiminden yaklaşık 30 dakika önce intravenöz 0,1 mg/kg morfin, 1 gr parasetamol ve 400 mg ibuprofen yapıldı. Postoperatif bulantı ve kusmanın önlenmesi için ondansetron (iv, 4 mg) kullanıldı.

Cerrahi bitiminde tüm anestezi ajanları sonlandırılarak kas gevşetici etki antagonize edildi. Yeterli solunum eforu gösteren hastalar ekstübe edilerek anestezi sonrası bakım ünitesine alındı. Bir saatlik takip sonrası Aldrete skoru 10 olan hastalar göğüs cerrahisi servis odalarına transfer edildi.

3.5. Çalışma Grupları ve Randomizasyon

Çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan hastalar bilgisayarlı randomizasyon tekniği ile oluşturulan kodları içeren kapalı zarf yöntemi ile üç gruba ayrıldı:

Grup M (n=71): Ameliyat boyunca 5 mL/kg/st laktatlı ringer (RL) solüsyonu devamlı infüzyon sıvısı olarak kullanıldı. Sorumlu anesteziist, OAB>65 mmHg ve KAH 60-100 atım/dk olacak şekilde sıvı (kristalloid veya kolloid) ve/veya vazopressör kullanımı ve diürezis konularında serbest bırakıldı.

Grup P (n=71): Ameliyat boyunca 5 mL/kg/st RL solüsyonu devamlı infüzyon olarak başlandı. OAB<65 mmHg ve SVV>%15 ise ilave 250 mL RL/5 dk bolus uygulaması yapıldı, SVV<%15 olana kadar sıvı bolus uygulaması tekrar edildi. OAB<65 mmHg ve SVV<%15 iken CI<2.6 L/min/m² ise dobutamin infüzyonu (2-20 mcg/kg/dk, iv) başlandı. 5'er dakika aralıklarla SVV ve CI takibi yapıldı. SVV<%15 ve CI>2.6 L/min/m² iken OAB<65 mmHg ise efedrin 5-15 mg iv bolus veya norepinefrin infüzyonu uygulandı. Hedeye yönelik sıvı tedavi stratejisi Şekil 8'de özetlenmiştir.

Grup R (n=71): Ameliyat boyunca 2 mL/kg/st RL solüsyonu devamlı infüzyon sıvısı olarak kullanıldı. Sorumlu anesteziist, OAB>65 mmHg ve KAH 60-100 atım/dk olacak şekilde sıvı (kristalloid veya kolloid) ve/veya vazopressör kullanımı ve diürezis konularında serbest bırakıldı.



Şekil 8. Hedeye yönelik sıvı tedavisi uygulanan grup için algoritma

Her üç grupta da kan transfüzyon eşik değeri olarak hemoglobin (Hb) < 8mg/dL (koroner arter hastalığı durumunda <9 mg/dL) kabul edildi.

İntraoperatif yönetimden sorumlu anestezi, grup atamalarının farkında iken araştırma ekibinin diğer üyeleri, diğer sağlık hizmeti sağlayıcıları ve hastalar gruplar açısından kördü. Araştırmacılar için randomizasyon gizliliği istatistiksel veri analizi için çalışmanın sonuna kadar sürdürüldü. Postoperatif dönemde göğüs cerrahisi servisinde her üç grup için de cerrahi ekibin standart sıvı rejimi uygulandı, bu konuda herhangi bir müdahalede bulunulmadı.

3.6. Veri Toplama

Hastaların demografik özellikleri [yaş, cinsiyet, boy, kilo, vücut kitle indeksi (VKİ), ideal vücut ağırlığı (İVA)], eşlik eden hastalıklar, ASA sınıfı, ACE inh. (angiotensin-converting enzyme inhibitor)/ARB (angiotensin II receptor blocker) kullanımı, sigara öyküsü, preoperatif BUN (blood urea nitrogen) , kreatinin, eGFR (estimated glomerular filtration rate) değerleri, preoperatif FVC (forced vital capacity), FEV1 (forced expiratory volume in the first second), FEV1/FVC değerleri, yapılan ameliyat ve ARISCAT skorları kaydedildi.

İntraoperatif dönemde verilen iv sıvı, kan ve kan ürünü miktarı, idrar çıkışı, inotrop ve/veya vazopressör ihtiyacı, anestezi süresi, tek akciğer ventilasyon süresi ve ekstübasyon süresi kaydedildi. İntraoperatif dönemde gelişebilecek olası komplikasyonlar (arrest, aritmi, kan transfüzyon ihtiyacı oluşturan cerrahi kanama, hipotansiyon, bradikardi, tepe havayolu basınç artışı, hipoksi) takip edilerek kaydedildi. Aritmi; yeni gelişen ya da tedavi gerektiren ritm bozukluğu, hipotansiyon; 3 dakikadan uzun süre OAB <65 mmHg, bradikardi; kalp atım hızı <50 atım/dk, tepe hava yolu basınç artışı; tepe hava yolu basıncının bazal değerden >20% artışı, hipoksi; 3 dakikadan uzun süre SpO₂<%90 olması olarak tanımlandı.

Postoperatif anestezi derlenme odasında 5, 15, 30. ve 60. dakikalardaki hemodinamik veriler (kalp atım hızı, SAB, DAB, OAB, SpO₂, solunum sayısı) kaydedildi. Gelişebilecek olası komplikasyonlar (bulantı-kusma, desatürasyon, solunum egzersiz ihtiyacı, bronkodilatör ihtiyacı, hipoksi, hiperkapni, hava yolu obstrüksiyonu, reentübasyon ihtiyacı, respiratuar arrest, aritmi) açısından takip edildi. Desatürasyon; oda havasında SpO₂<%95 olması, hipoksi; oda havasında SpO₂≤90% ve ek O₂ ihtiyacı

olması, solunum yetmezliği; ek oksijen desteğine rağmen $SpO_2 < \%90$ olması, hiperkapni; $PaCO_2 > 45$ mmHg olması, havayolu obstrüksiyonu apne, horlama ya da stridor olması olarak tanımlandı.

Hastalar postoperatif 1. gün, 3. gün ve 5. gün yattıkları klinikte ziyaret edilerek SpO_2 değerleri, inotrop ve/veya vazopressör ihtiyacı, diüretik ihtiyacı, 24 saatlik idrar çıkışı, ilk mobilizasyon zamanı, BUN, kreatinin, eGFR değerleri kaydedildi. Pulmoner komplikasyonlar [bradipne, takipne, aspirasyon pnömonisi, bronkospazm, hipoksemi, pulmoner ödem, pnömoni, pnömotoraks, plevral efüzyon, solunum yetmezliği, solunum egzersiz ihtiyacı, bronkodilatör ihtiyacı, non-invaziv mekanik ventilasyon (NIMV) ihtiyacı, yüksek akımlı oksijen tedavisi (HFNO) ihtiyacı, solunum arresti, pulmoner emboli, atelektazi ya da grafide ekspansiyon kusuru, bronşial fistül, akut akciğer hasarı, planlanmamış invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı, uzamış hava kaçağı, ARDS veya SIRS (systemic inflammatory response syndrome)] ve kardiyak (hipotansiyon, hipertansiyon, disritmi, miyokard enfarktüsü, kalp yetmezliği) komplikasyonlar açısından değerlendirildi. Renal komplikasyonlar için akut böbrek hasarı tanısı KDIGO kriterleri (serum kreatinin değerinde 48 saat içinde ≥ 0.3 mg/dl artış) baz alınarak konuldu.

Ek olarak postoperatif yoğun bakım ihtiyacı, re-operasyon ihtiyacı ve taburculuk süresi kaydedildi. Postoperatif 30. günde hastalar telefonla aranarak sağ kalım durumları takip edildi.

3.7. Çalışmanın Birincil ve İkincil Sonlanım Noktaları

Çalışmamızın birincil sonuç ölçütleri postoperatif pulmoner ve renal komplikasyonlar, ikincil sonlanım ölçütleri ise taburculuk süresi ve 30 günlük mortalitedir.

3.8. Örneklem Büyüklüğü Belirleme ve Güç Analizi

Torakoskopik cerrahi geçiren tek akciğer ventilasyonu yapılan hastalarda sıvı tedavi stratejilerinin postoperatif pulmoner ve renal komplikasyonlar üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada Çukurova Üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı tarafından çalışmanın örneklem ölçümü hesaplanırken G*Power 3.1.9.7 programı kullanıldı.

Sıvı yüklemesi gruplarında; 2 ml/kg saat, 5 ml/kg saat ve hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulanmasına göre, primer sonuç değişkeni indeks ölçümünün benzer olup olmadığı değerlendirildi. Literatürde aynı tasarımda ve grupları içeren benzer çalışma bulunmadığı için Cohen tarafından önerilen orta düzeyli etki büyüklüğünde (effect size $d=0,25$), %90 güç ve %5 hata ile her grupta 69 kişi olmak üzere toplamda 207 kişi ile çalışmanın yürütülebileceği hesaplandı. Eksik veri/veri kaybı göz önünde bulundurularak her grupta en az 71 hasta olacak şekilde (toplamda 213 kişi) çalışmanın yürütülmesi planlandı.

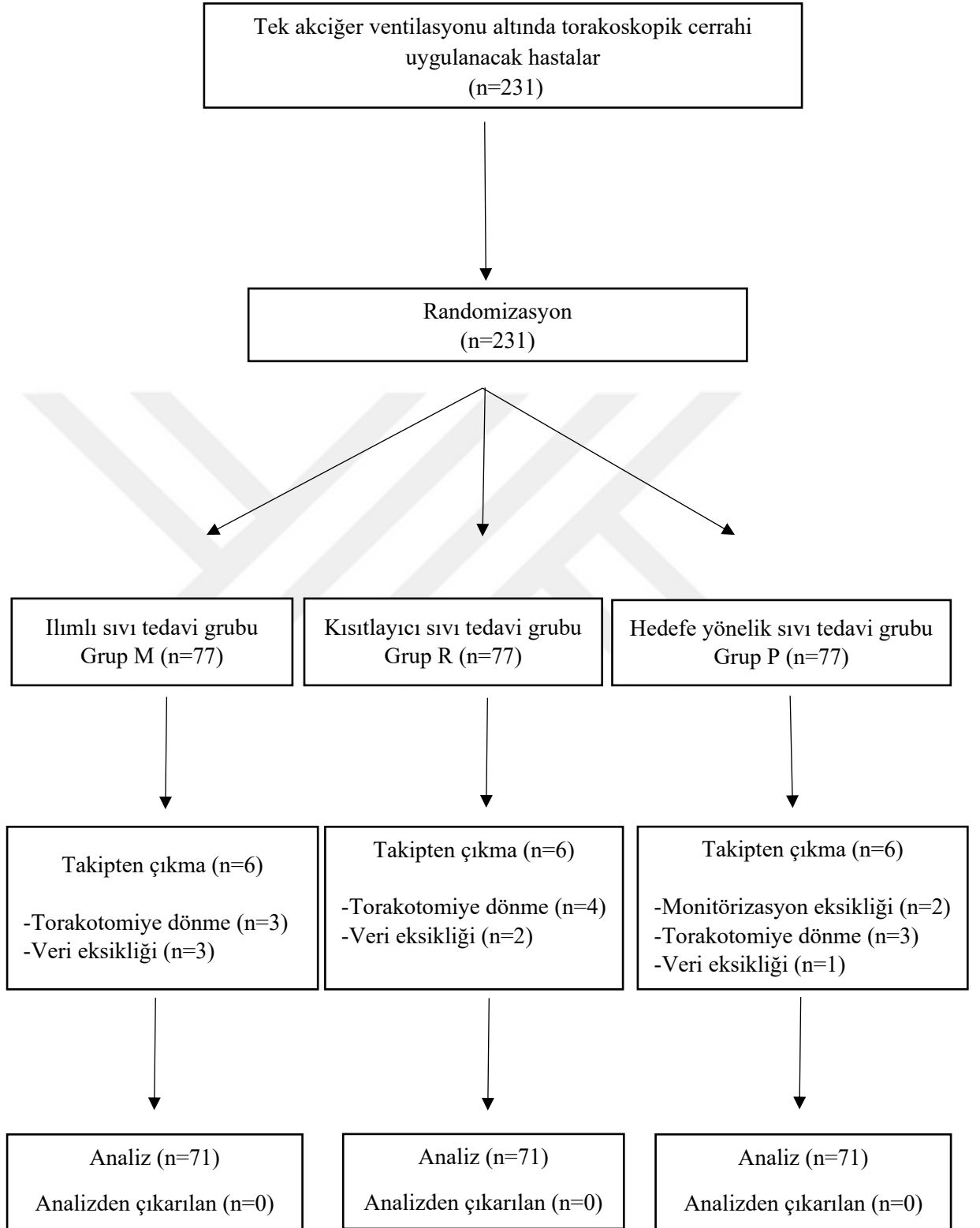
3.9. İstatiksel Analiz

Kategorik ölçümler sayı (n) ve yüzde (%), sayısal ölçümler ortalama±standart sapma ve medyan (Ç1-Ç3) olarak özetlendi. Kategorik ölçümlerin gruplar arasında karşılaştırılmasında Ki-Kare test istatistiği kullanıldı. Sayısal ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlamadığı Kolmogorov Smirnov testi ile sınıandı. İki'den fazla grupta sayısal ölçümler, varsayımların sağlanması durumunda Tek Yönlü ANOVA, sağlanmaması durumunda ise Kruskal Wallis testi ile karşılaştırıldı. Anlamlı bulunan değişkenlerde ikili karşılaştırmalarda ANOVA sonrasında Bonferroni testi, Kruskal Wallis testi sonrasında ise Dunn testi kullanıldı. Verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS 20 paket programı kullanıldı. Tüm testlerde istatistiksel testlerde $p<0.05$ olan durumlar anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Torakoskopik cerrahi geçiren ve tek akciğer ventilasyonu yapılan hastalarda sıvı tedavi stratejilerinin postoperatif pulmoner ve renal komplikasyonlar üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada 231 hasta uygunluk açısından değerlendirilerek çalışmaya alındı. Ancak hastalardan 10'u operasyonun açık torakotomiye dönmesi, 7'si ise postoperatif servis takibinde veri eksikliği sebebiyle çalışma dışı bırakılarak her grupta 71 hasta olacak şekilde toplam 213 hasta ile çalışma sonlandırıldı. Çalışmanın akış şeması Şekil 9'da gösterilmiştir.





Şekil 9. Çalışma akış şeması

4.1. Grupların Demografik ve Cerrahi Özellikleri

Çalışmaya dahil edilen hastaların 135'i erkek (% 63,4), 78'i kadın (% 36,6) idi. Hastaların yaş ortalamaları $53,9 \pm 16,0$ yıl, boy ortalamaları $168,5 \pm 7,8$ cm, vücut ağırlığı ortalaması $72,0 \pm 12,6$ kg, vücut kitle indeksi (VKİ) ortalaması $25,3 \pm 4,3$ kg/m² idi. Hastaların 159'u ASA 2 grubuna (%74,6), 34'ü ASA 3 grubuna (% 16,0), 20 tanesi ise ASA 1 grubuna (% 9,4) dahildi. En sık wedge rezeksiyon (n=90, % 42,3), lobektomi (n=68, % 31,9) ve plevral/lenf nodu biyopsisi (n=31, % 14,6) cerrahileri uygulandı. Anjiotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörü kullanım yüzdesi % 10,3 (n=22) ve anjiotensin reseptör blokleri (ARB) kullanım yüzdesi % 7 (n=15) idi. Sigara ve ek hastalık öyküsü sırasıyla 125 (%58,7) ve 169 (% 79,3) hastada mevcuttu. En sık görülen ek hastalıklar malinite (n=89, % 41,8), hipertansiyon (n=59, % 27,7), pulmoner hastalık (astım, bronşit, kronik obstrüktif ve/veya interstisyel akciğer hastalığı, n=53, % 24,9), diyabet (n=38, % 17,8) ve koroner arter hastalığı (n=32, % 15,0) idi. Gruplar arasında demografik özellikler açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p>0,05) (Tablo 1)

Tablo 1. Grupların demografik özellikleri

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
Yaş (yıl)	52,5±18,0	55,0±15,3	54,3±14,8	0,634
Boy (cm)	168,2±6,2	169,0±8,4	168,4±8,5	0,813
Ağırlık (kg)	69,7±11,9	72,3±12,9	73,9±12,9	0,130
Vücut kitle indeksi (kg/m ²)	24,6±4,0	25,3±4,6	26,0±4,3	0,158
İdeal vücut ağırlığı (kg)	62,5±7,2	63,9±8,6	62,6±9,3	0,543
Cinsiyet - Erkek - Kadın	40 (% 56,3) 31 (% 43,7)	51 (% 71,8) 20 (% 28,2)	44 (% 62,0) 27 (% 38,0)	0,152
ASA sınıfı - 1 - 2 - 3	8 (% 11,3) 53 (% 74,6) 10 (% 14,1)	6 (% 8,5) 54 (% 76,1) 11 (% 15,5)	6 (% 8,5) 52 (% 73,2) 13 (% 18,3)	0,932
Yapılan ameliyat - Wedge rezeksiyon - Lobektomi - Metastazektomi - Plevral/lenf nodu biyopsi - Timektomi - Kistektomi	28 23 4 13 1 2	32 23 3 8 2 3	30 22 3 10 2 4	0,816
ACE inh kullanım	6 (% 8,5)	10 (% 14,1)	6 (% 8,5)	0,444
ARB kullanım	7 (% 9,9)	3 (% 4,2)	5 (% 7,0)	0,423
Sigara öyküsü	38 (% 53,5)	39 (% 54,9)	48 (% 67,6)	0,172
Ek hastalık varlığı - Malinite - Hipertansiyon - Pulmoner hastalık - Diyabet - Koroner arter hastalığı - Tiroid hastalığı - Romatizmal hastalık - Myastenia Graves	52 (% 73,2) 30 (% 42,3) 19 (% 26,8) 23 (% 32,4) 12 (% 16,9) 10 (% 14,1) 4 (% 5,6) 2 (% 2,8) 1 (% 1,4)	60 (% 84,5) 32 (% 45,1) 22 (% 31,0) 19 (% 26,8) 14 (% 19,7) 10 (% 14,1) 4 (% 5,6) 2 (% 2,8) 0	57 (% 80,3) 27 (% 38,0) 18 (% 25,4) 11 (% 15,5) 12 (% 16,9) 12 (% 16,9) 8 (% 11,3) 2 (% 2,8) 0	0,246 0,693 0,737 0,060 0,880 0,863 0,336 1,000 0,366
ARISCAT skoru -Düşük (<26 puan) -Orta (26-44 puan) -Yüksek (≥45 puan)	17 (% 23,9) 41 (% 57,7) 13 (% 18,3)	8 (% 11,3) 49 (% 69) 14 (% 19,7)	13 (% 18,3) 39 (% 54,9) 19 (% 26,8)	0,210

Veriler hasta sayısı (n) ve yüzde (%) veya ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. ACE: Anjiotensin dönüştürücü enzim, ARB: Anjiotensin reseptör blokleri, ARISCAT: Katalonya'daki cerrahi hastalarda solunum riskinin değerlendirilmesi, ASA: Amerikan Anestezistler Topluluğu.

4.2. Grupların Preoperatif Laboratuvar ve Solunum Fonksiyon Test Sonuçları

Çalışmamızdaki üç grubun preoperatif solunum fonksiyon test değerleri incelendiğinde; FVC, FEV1 ve FEV1/FVC değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla; $p=0,624$; $p=0,621$; $p=0,671$) (Tablo 2).

Benzer şekilde böbrek fonksiyon göstergelerinden BUN, kreatinin ve eGFR değerleri bakımından da gruplar arasında anlamlı farklılık izlenmedi (sırasıyla; $p=0,714$; $p=0,409$; $p=0,540$) (Tablo 2).

Tablo 2. Grupların preoperatif laboratuvar ve solunum fonksiyon test sonuçları

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
FVC (L)	3,3±0,8	3,2±0,7	3,2±0,9	0,624
FEV1 (L)	2,6±0,7	2,5±0,7	2,5±0,7	0,621
FEV1/FVC	76,4±8,0	75,2±12,7	74,0±8,8	0,671
BUN (mg/dL)	13,2±4,2	14,0±5,3	13,3±4,4	0,714
Kreatinin (mg/dL)	0,7±0,2	0,8±0,2	0,8±0,2	0,409
eGFR (mL/dk)	100,4±19,9	100,3±19,6	97,0±19,7	0,540

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. FVC: zorlu vital kapasite; FEV1: birinci saniyedeki zorlu ekspirasyon volümü; BUN: kan üre azotu; GFR: Glomeruler filtrasyon hızı.

4.3. Grupların Anestezik Özellikleri ile İntraoperatif Sıvı, Kan Ürünü ve İnotrop/Vazoaktif Ajan Kullanımı

Üç grubun anestezik özellikleri karşılaştırıldığında anestezi süresi, TAV süresi ve ekstübasyon süresi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla; $p=0,060$; $p=0,110$; $p=0,052$). Benzer şekilde intraoperatif idrar çıkışı, eritrosit süspansiyonu ihtiyacı, atropin ihtiyacı ve efedrin ihtiyacı da gruplar arasında benzer bulundu (sırasıyla; $p=0,734$, $p=1,000$, $p=1,000$, $p=0,623$) (Tablo 3).

Buna karşılık, total verilen kristalloid miktarı karşılaştırıldığında, en düşük kristalloid miktarı Grup R’de [432 (300–600) mL] saptanırken, bu değer Grup M [800 (620–1200) mL] ve Grup P’ye [923 (700–1100) mL] kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu ($p<0,001$) (Tablo 3).

Noradrenalin ve dobutamin kullanımı da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulundu ($p<0,05$). Grup P’de %15,5 ($n=11$) noradrenalin kullanımı olmuş iken, bu oran Grup M’de %36,6 ($n=26$) ve Grup R’de %38 ($n=27$) olarak belirlendi ($p=0,005$). Dobutamin kullanımı açısından da gruplar arasında anlamlı fark saptanmış olup Grup P’de % 25,4 oranında ($n=18$) dobutamin kullanımı olmuşken, Grup M ve Grup R’de hiç kullanım olmadığı görüldü ($p<0,001$). Bu bulgular, grupların genel anestezi özellikler bakımından benzer olduğunu ancak intraoperatif sıvı yönetimi ve inotrop/vazoaktif ajan kullanımı açısından gruplar arasında anlamlı farklılıklarının bulunduğunu göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Grupların anestezi özellikleri ile intraoperatif sıvı, kan ürünü ve inotrop/vazoaktif ajan kullanımı

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
Anestezi süresi (dk)	163,8±59,0	166,5±63,6	186,0±79,3	0,060
TAV süresi (dk)	100,9±53,0	113,8±51,2	120,0±60,2	0,110
Ekstübasyon süresi (dk)	7,0±3,3	7,6±3,4	6,3±2,4	0,052
Total verilen kristalloid (mL)	800 (620-1200)	923 (700-1100)	432 (300-600) ^a	<0,001*
İntraoperatif idrar çıkışı (mL)	100 (70-150)	100 (60-150)	100 (50-200)	0,734
Eritrosit süspansiyonu ihtiyacı	2 (% 2,8)	2 (% 2,8)	2 (% 2,8)	1,000
Atropin ihtiyacı	8 (% 11,3)	8 (% 11,3)	8 (% 11,3)	1,000
Efedrin ihtiyacı	5 (% 7,0)	7 (% 9,9)	4 (% 5,6)	0,623
Noradrenalin ihtiyacı	26 (% 36,6)	11 (% 15,5)	27 (% 38)	0,005*
Dobutamin ihtiyacı	0	18 (% 25,4)	0	<0,001*

Veriler hasta sayısı (n) ve yüzde (%) veya ortalama±standart sapma veya medyan (Ç1-Ç3) olarak verilmiştir. * $p<0,05$; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. TAV: tek akciğer ventilasyonu.

4.4. Grupların İntraoperatif Komplikasyon Görülme Sıklıkları

İntraoperatif dönemde görülen komplikasyon sıklıklarının gruplara göre dağılımı Tablo 4'te özetlenmiştir. Genel olarak intraoperatif komplikasyon gözlenme sıklığı Grup M'de % 63,4, Grup P'de % 77,5 ve Grup R'de %76,1 olup, gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0,118$).

Gelişen komplikasyonlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde; aritmi, kanama, hipotansiyon, bradikardi, tepe havayolu basınç artışı ve hipoksi açısından da gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$). Her ne kadar sayısal olarak hipotansiyon ve hipoksi gözlenen hasta sayısı Grup R'de, aritmi gözlenen hasta sayısı ise hem Grup P hem de Grup R'de Grup M'ye kıyasla daha yüksek gözlenirse de bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$).

Bu bulgular, intraoperatif komplikasyon sıklığı açısından üç grubun da benzer dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır ($p>0,05$).

Tablo 4. Grupların intraoperatif komplikasyon görülme sıklıkları

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
İntraoperatif komplikasyon	45 (% 63,4)	55 (% 77,5)	54 (% 76,1)	0,118
-Var	26 (% 36,6)	16 (% 22,5)	17 (% 23,9)	
-Yok				
Aritmi	0	3 (% 4,2)	2 (% 2,8)	0,238
Kanama	2 (% 2,8)	2 (% 2,8)	2 (% 2,8)	1,000
Hipotansiyon	28 (% 29,5)	28 (% 29,5)	39 (% 41,1)	0,100
Bradikardi	10 (% 14,1)	11 (% 15,5)	10 (% 14,1)	0,963
Tepe havayolu basınç artışı	21 (% 29,6)	20 (% 28,2)	19 (% 26,8)	0,933
Hipoksi	11 (% 15,5)	17 (% 23,9)	19 (% 26,8)	0,242

Veriler hasta sayısı (n) ve yüzde (%) olarak verilmiştir.

4.5. Grupların Postoperatif Anestezi Derlenme Odasındaki Hemodinamik Verileri ve Komplikasyon Görülme Sıklıkları

Grupların anestezi derlenme odasındaki 15. ve 30. dakika kalp atım hızı ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla; $p=0,038$ ve $p=0,030$). Bu farkın Grup R'nin Grup M'ye kıyasla daha yüksek kalp atım hızı değerlerine sahip olmasından kaynaklandığı tespit edildi ($p=0,032$ ve $p=0,024$) (Tablo 5).

Sistolik arter basıncı ölçümleri açısından 5. ve 15. dakikalarda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık izlendi (sırasıyla $p=0,006$ ve $p=0,001$). İleri analizde, 5. dakikada Grup R'nin SAB değerlerinin Grup M ve Grup P'ye göre (sırasıyla; $p=0,025$ ve $p=0,013$), 15. dakikada ise Grup P'ye göre ($p=0,001$) anlamlı olarak daha yüksek olduğu belirlendi (Tablo 5). Ortalama arter basıncı açısından ise gruplar arasında yalnızca 15. dakikada anlamlı fark saptandı ($p<0,001$) ve bu farkın Grup R'nin Grup M'ye göre daha yüksek OAB değerlere sahip olmasından kaynaklandığı görüldü ($p=0,009$) (Tablo5). Diyastolik arter basıncı değerlerinde ise hiçbir zaman noktasında gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Tablo 5. Grupların postoperatif anestezi derlenme odasındaki hemodinamik verileri

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
Kalp atım hızı (atım/dk)				
- 5. dakika	79,0±15,1	80,9±15,2	84,8±14,0	0,061
- 15. dakika	76,4±13,7	79,5±14,8	82,4±12,8 ^u	0,038*
- 30. dakika	74,5±12,7	77,1±12,6	80,2±12,8 ^y	0,030*
- 60. dakika	75,0±11,3	78,3±11,6	77,5±10,3	0,167
Sistolik arter basıncı (mmHg)				
- 5. dakika	133,7±18,5	132,9±20,4	143,8±27,6 ^{a,β}	0,006*
- 15. dakika	133,8±17,4	128,0±21,9	141,3±23,7 ^γ	0,001*
- 30. dakika	133,2±16,3	129,9±15,8	136,2±20,3	0,105
- 60. dakika	129,6±14,3	125,2±14,0	127,8±15,4	0,198
Diastolik arter basıncı (mmHg)				
- 5. dakika	75,2±11,5	76,3±11,1	80,4±18,2	0,063
- 15. dakika	75,2±10,2	75,0±9,7	78,3±13,7	0,152
- 30. dakika	75,2±9,8	75,6±10,3	77,7±11,3	0,300
- 60. dakika	73,5±9,2	73,2±9,1	73,8±9,2	0,941
Ortalama arter basıncı (mmHg)				
- 5. dakika	94,6±13,0	94,9±13,6	99,5±18,4	0,099
- 15. dakika	94,8±11,9	92,3±12,1	101,8±17,2 [∞]	<0,001*
- 30. dakika	95,0±10,5	92,7±11,6	96,5±13,7	0,163
- 60. dakika	92,4±9,8	90,7±9,7	91,8±9,9	0,571

Veriler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. *p<0,05; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu.

^up=0,032 ve ^yp=0,024 Grup R ile Grup M arasında, ^ap=0,025 Grup R ile Grup M arasında, ^βp=0,013 Grup R ile Grup P arasında, ^γp=0,001 Grup R ile Grup P arasında, [∞]p=0,009 Grup R ile Grup M arasında istatistiksel anlamlı fark gözlemlendi. ANOVA, Bonferroni Multiple Comparisons testleri.

Anestezi derlenme odasında Grup M ve Grup R’de % 60,6, Grup P’de ise % 46,5 oranında komplikasyon geliştiği saptandı, ancak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p=0,149).

Gelişen komplikasyonlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde; desatürasyon, hipoksi, solunum yetmezliği, solunum egzersizi ihtiyacı, bronkodilatör ihtiyacı, hiperkapni, havayolu obstrüksiyonu, re-entübasyon gereksinimi, bulantı-kusma ve aritmi oranları açısından da gruplar arasında anlamlı farklılık izlenmedi (p>0,05). Her ne kadar hipoksi, solunum yetmezliği, solunum egzersizi ihtiyacı sayısal olarak Grup R’de daha yüksek görünse de, bu farklar istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmadı. Hiçbir grupta respiratuvar arrest gözlenmezken re-entübasyon gereksinimi de olmadı.

Bu bulgular, postoperatif derlenme odası komplikasyonları bakımından üç grubun benzer özellikler gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 6. Grupların postoperatif anestezi derlenme odasındaki komplikasyon oranları

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
Komplikasyon varlığı	43 (% 60,6)	33 (% 46,5)	43 (% 60,6)	0,149
Desatürasyon	41 (% 57,7)	33 (% 46,5)	37 (% 52,1)	0,405
Hipoksi	8 (% 11,3)	6 (% 8,5)	15 (% 21,1)	0,069
Solunum yetmezliği	0	2 (% 2,8)	3 (% 4,2)	0,238
Solunum egzersizi ihtiyacı	5 (% 7,0)	5 (% 7,0)	9 (% 12,7)	0,397
Bronkodilatör ihtiyacı	8 (% 11,3)	9 (% 12,7)	6 (% 8,5)	0,711
Hiperkapni	2 (% 2,8)	0	2 (% 2,8)	0,361
Havayolu obstrüksiyonu	0	0	1 (% 1,4)	0,366
Re-entübasyon ihtiyacı	0	0	0	-
Respiratuvar arrest	0	0	0	-
Bulantı-kusma	10 (% 14,1)	10 (% 14,1)	11 (% 15,5)	0,963
Aritmi	0	1 (% 1,4)	0	0,366

Veriler hasta sayısı (n) ve yüzde (%) olarak verilmiştir.

4.6. Grupların Ameliyat Sonrası Servisteki Renal Fonksiyon Laboratuvar Değerleri ve İdrar Çıkışları

Postoperatif BUN ve eGFR değerleri karşılaştırıldığında Grup M, Grup P ve Grup R arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$) (Tablo 7). Postoperatif 1. ve 3. günlerdeki serum kreatinin düzeyleri Grup R’de Grup M ve Grup P’ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu (sırasıyla; $p=0,047$ ve $p=0,024$). Postoperatif 5. günde ise kreatinin düzeyleri açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunamadı ($p=0,072$) (Tablo 7) (Şekil 11).

Postoperatif 1. ve 5. gün idrar çıkışı açısından Grup R’de Grup M ve Grup P’ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (sırasıyla; $p=0,003$ ve $p=0,011$), ancak üçüncü gün grupların idrar çıkışları benzer bulundu ($p=0,077$) (Tablo 7). İdrar çıkışı 1. günde Grup R’de Grup P’ye göre ($p=0,002$), 5. günde hem Grup M’ye ($p=0,028$) hem de Grup P’ye ($p=0,034$) göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu (Tablo 7).

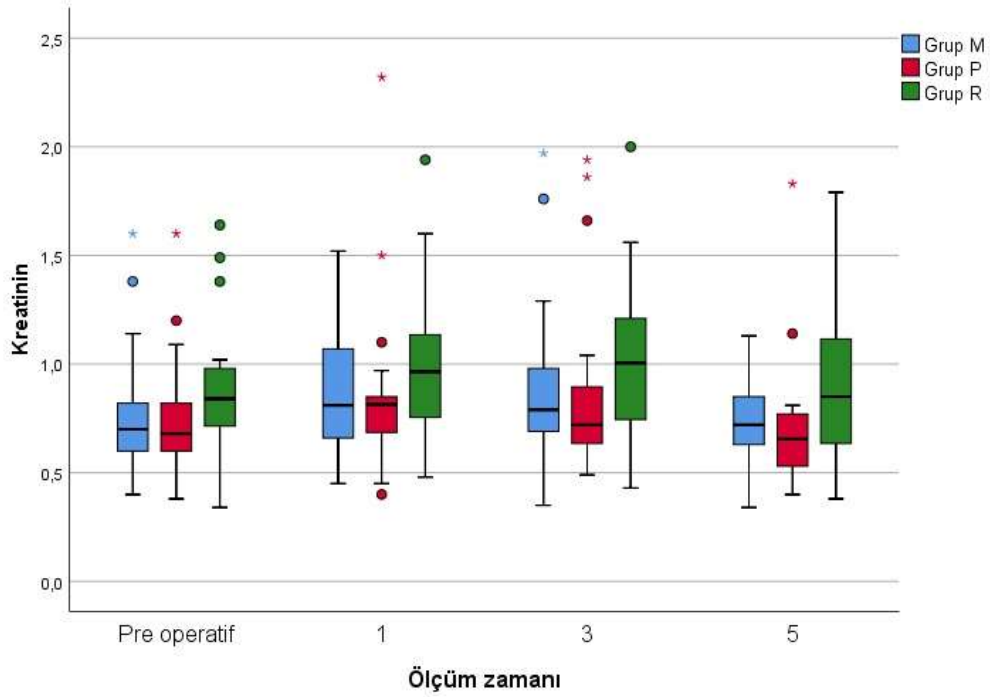
Tablo 7. Grupların postoperatif renal fonksiyon laboratuvar değerleri ve idrar çıkışları

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
BUN (mg/dL)				
1. gün	14,9±5,7 14,5 (10,6-17,5)	14,8±5,4 13,2 (10,9-16,9)	14,6±4,7 13,8 (11,1-17,2)	0,973
3. gün	15,8±8,2 13,3 (9,8-20,1)	15,4±7,0 12,6 (10,2-18,4)	15,8±6,9 14,4 (10,7-20,0)	0,815
5. gün	14,9±7,1 14,3 (9,1-20,9)	14,8±7,8 11,8 (9,9-18,4)	15,9±10,1 12,0 (10,1-17,8)	0,963
Kreatinin (mg/dL)				
1. gün	0,8±0,2 0,8 (0,6-0,9)	0,8±0,3 0,7 (0,6-1,0)	0,9±0,3 ^{α, β} 0,8 (0,7-1,0)	0,047*
3. gün	0,8±0,3 0,7 (0,6-0,9)	0,8±0,3 0,7 (0,6-0,9)	0,9±0,3 ^γ 0,9 (0,7-1,1)	0,024*
5. gün	0,7±0,2 0,7 (0,6-0,8)	0,7±0,3 0,7 (0,5-0,8)	0,9±0,3 0,8 (0,6-1,1)	0,072
eGFR (mL/dk)				
1. gün	96,0±24,6 97,0 (79,0-110,5)	96,7±22,3 102,0 (85,0-110,0)	89,6±20,8 89,0 (78,0-106,0)	0,126
3. gün	99,1±24,9 98,0 (91,0-111,0)	95,9±25,0 100,0 (84,0-112,0)	88,3±25,2 90,0 (71,0-109,0)	0,069
5. gün	99,9±21,1 96,0 (84,0-116,0)	105,1±23,8 110,0 (97,0-121,0)	92,4±27,0 91,0 (75,0-106,0)	0,197
İdrar çıkışı				
1. gün	1373,8±529,5 1300 (1000-1800)	1650,7±924,3 1600 (1200-2000)	1244,9±593,8 [∞] 1200 (850-1600)	0,003*
3. gün	1773,8±467,7 1800 (1550-2050)	1794,7±534,8 1800 (1400-2100)	1576,8±648,4 1450 (1100-1950)	0,077
5. gün	2102,0±350,1 2000 (1800-2400)	2124,7±599,9 2000 (1670-2500)	1672,2±719,0 ^{μ, ¥} 1500 (1100-2000)	0,011*

Veriler ortalama±standart sapma ve medyan (Ç1-Ç3) olarak verilmiştir. *p<0,05 gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlılık bulundu.

^αp=0,028 Grup R ile Grup M arasında, ^βp=0,037 Grup R ile Grup P arasında, ^γp=0,007 Grup R ile Grup M arasında

[∞]p=0,002 Grup R ile Grup P arasında; ^μp=0,028 Grup R ile Grup M arasında, [¥]p=0,034 Grup R ile Grup P arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlendi. ANOVA, Bonferroni Multiple Comparisons testleri.



Şekil 10. Grupların preoperatif ve postoperatif serum kreatinin değerleri

4.7. Grupların Ameliyat Sonrası Servis Komplikasyon Oranları, Taburculuk Süreleri ve 30-gün Mortalite Karşılaştırması

Postoperatif servis takiplerinde bulantı-kusma sıklığı, inotrop/vazopressör ihtiyacı, diüretik ihtiyacı, postoperatif yoğun bakım ihtiyacı, re-operasyon, taburculuk süresi ve 30-gün mortalite açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$) (Tablo 8).

Pulmoner komplikasyonlar genel olarak gruplar arasında fark göstermezken alt başlıklar halinde değerlendirildiğinde, takipne gelişimi ve solunum egzersizi ihtiyacı bakımından gruplar arasında anlamlı farklılık izlendi (sırasıyla; $p=0,015$ ve $p=0,029$) (Tablo 8). Grup R’de takipne %16,9 sıklıkta ($n=12$) gözlenirken, bu oran Grup M ($n=3$, % 4,2) ve Grup P’ye ($n=4$, %5,6) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu ($p=0,015$). Benzer şekilde solunum egzersizi ihtiyacı da Grup R’de (% 62) Grup M (%45,1) ve Grup P’ye (%40,8) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu (sırasıyla; $p=0,012$ ve $p=0,029$). Diğer pulmoner komplikasyonların sıklığı gruplar arasında benzer bulundu ($p>0,05$) (Tablo 8).

Akut böbrek hasarı (ABH) ve kardiyak komplikasyon gelişimi yönünden ise gruplar arasında anlamlı farklılık izlenmedi ($p>0,05$) (Tablo 8).

Tablo 8. Grupların postoperatif servis takiplerinde komplikasyon görülme sıklıkları, taburculuk süreleri ile 30-gün mortalite oranları

	Grup M (n=71)	Grup P (n=71)	Grup R (n=71)	p
Bulantı-kusma	26 (% 36,6)	25 (% 35,2)	23 (% 32,4)	0,865
İnotrop-vazopressör ihtiyacı	1 (% 1,4)	0	0	0,366
Diüretik ihtiyacı	2 (% 2,8)	1 (% 1,4)	3 (% 4,2)	0,598
Pulmoner komplikasyon	45 (% 63,4)	45 (% 63,4)	48 (% 67,6)	0,831
-Bradipne	0	0	0	-
-Takipne	3 (% 4,2)	4 (% 5,6)	12 (% 16,9)	0,015*
-Aspirasyon pnömonisi	0	0	0	-
-Bronkospazm	0	0	0	-
-Hipoksemi	21 (% 29,6)	16 (% 22,5)	21 (29,6)	0,553
-Pulmoner ödem	0	0	0	-
-Pnömoni	3 (% 4,2)	0	3 (% 4,2)	0,214
-Pnömotoraks	6 (% 8,5)	9 (% 12,7)	5 (% 7,0)	0,488
-Plevral efüzyon	5 (% 7,0)	5 (% 7,0)	11 (% 15,5)	0,149
-Solunum yetmezliği	1 (% 1,4)	3 (% 4,2)	3 (% 4,2)	0,554
-Solunum egzersizi ihtiyacı	32 (% 45,1) ^μ	29 (% 40,8) ^{&}	44 (% 62,0)	0,029*
-NIMV ihtiyacı	2 (% 2,8)	0	2 (% 2,8)	0,361
-HFNO ihtiyacı	0	1 (% 1,4)	2 (% 2,8)	0,363
-Bronkodilatör ihtiyacı	31 (% 43,7)	34 (% 47,9)	21 (% 29,6)	0,066
-Respiratuvar arrest	0	0	1 (% 1,4)	0,366
-Pulmoner emboli	0	1 (% 1,4)	0	0,366
-Atelektazi/Grafide ekspansiyon kusuru	34 (% 47,9)	28 (% 39,4)	38 (% 53,5)	0,239
-Bronşial fistül	0	1 (% 1,4)	1 (% 1,4)	0,604
-Akut akciğer hasarı	0	1 (% 1,4)	1 (% 1,4)	0,604
-Planlanmamış IMV ihtiyacı	0	0	0	-
Kardiyak komplikasyon	11 (% 15,5)	13 (% 18,3)	11 (% 15,5)	0,872
-Hipotansiyon	2 (% 2,8)	5 (% 7,0)	5 (% 7,0)	0,452
-Hipertansiyon	8 (% 11,3)	5 (% 7,0)	4 (% 5,6)	0,436
-Disritmi	2 (% 2,8)	4 (% 5,6)	4 (% 5,6)	0,651
-Myokard infarktüsü	0	1 (% 1,4)	0	0,366
-Kalp yetmezliği	0	0	0	-
Akut böbrek hasarı	18 (% 25,4)	8 (% 11,3)	13 (% 18,3)	0,095
Postop yoğun bakım ihtiyacı	5 (% 7)	4 (% 5,6)	1 (% 1,4)	0,256
Re-operasyon	0	1 (% 1,4)	2 (% 2,8)	0,363
Taburculuk süresi (gün)	5,0±3,0 4 (3-6)	4,6±2,0 4 (3-6)	5,5±3,7 5 (3-7)	0,425
30-gün mortalite	0	1 (% 1,4)	1 (% 1,4)	0,604

Veriler hasta sayısı (n) ve yüzde (%) veya ortalama±standart sapma ve medyan (Ç1-Ç3) olarak verilmiştir.

*p<0,05 gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu; ^μp=0,002, ^μp=0,029 ve [&]p=0,012

Grup R'ye kıyasla. NIMV:non-invaziv mekanik ventilasyon , HFNO:yüksek akışlı nazal oksijen , IMV:invaziv mekanik ventilasyon

5. TARTIŞMA

Toraks cerrahisinde üç farklı sıvı tedavi rejiminin postoperatif renal ve pulmoner etkilerini karşılaştırdığımız çalışmamızda kısıtlayıcı sıvı tedavi rejimi uygulanan grupta postoperatif idrar çıkışında azalma, kreatinin değerlerinde artış, takipne görülme sıklığı ve solunum egzersiz ihtiyacında artış olduğunu gözlemledik. Bununla birlikte ılımlı sıvı tedavisi ve GDFT uygulanan gruplarda postoperatif renal ve pulmoner komplikasyonlar arasında fark bulamadık. Ayrıca kısıtlı sıvı tedavisi uygulanan grupta postoperatif erken dönemde daha fazla hemodinamik değişim gözledik. Bu sonuçlar, toraks cerrahisinde intraoperatif ılımlı ya da hedefe yönelik olarak planlanan sıvı tedavi rejimlerinin postoperatif renal ve pulmoner komplikasyonlar açısından kısıtlayıcı sıvı tedavisine üstün olduğunu desteklemektedir.

Çalışmamızda grupların demografik özellikleri, ASA sınıfı, ameliyat tipi, ARISCAT skoru, preoperatif solunum fonksiyon testleri ve böbrek fonksiyonları açısından benzer olması postoperatif dönemde saptanan farklılıkların başlangıç hasta özelliklerinden çok uygulanan intraoperatif sıvı stratejileri ile ilişkili olarak yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Ma ve arkadaşlarının ERAS altında torakoskopik pulmoner rezeksiyon uygulanan yaşlı hastalarda GDFT ile kısıtlayıcı sıvı tedavisini karşılaştırdığı prospektif randomize çalışmada, grupların başlangıç özelliklerinin benzer olduğu bildirilmiş ve sonuçlar bu temel üzerinden değerlendirilmiştir(68). Benzer biçimde Punzo ve arkadaşlarının 2024 tarihli randomize kontrollü çalışmasında da PPV rehberli hedefe yönelik sıvı tedavisi ile kontrol grubu karşılaştırılırken, grupların preoperatif klinik özellikler açısından dengeli olması sonuçların güvenilir yorumlanması açısından önemli bir metodolojik unsur olarak öne çıkmıştır(69). Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmamızda gözlenen postoperatif renal ve pulmoner değişikliklerin hasta kaynaklı başlangıç farklılıklarından ziyade sıvı tedavi stratejilerinin etkisini yansıtırıyor olması muhtemeldir.

Çalışmamızda intraoperatif dönemde anestezi süresi, tek akciğer ventilasyonu süresi, ekstübasyon süresi ve intraoperatif idrar çıkışı bakımından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamış, buna karşın toplam verilen kristalloid miktarı ile vazoaktif/inotrop ajan kullanımı açısından belirgin farklılıklar izlenmiştir. Beklendiği üzere en düşük kristalloid miktarı kısıtlayıcı sıvı tedavisi uygulanan grupta saptanmıştır.

Bununla birlikte noradrenalin gereksiniminin Grup P’de daha düşük, dobutamin kullanımının ise yalnızca bu grupta görülmesi, hedefe yönelik sıvı tedavisinin yalnızca sıvı miktarını değil, dolaşım desteğinin niteliğini de değiştirdiğini düşündürmektedir. Bu bulgu, ileri hemodinamik monitörizasyon eşliğinde uygulanan hedefe yönelik yaklaşımın hemodinamik desteğin bireyselleştirilmesine katkı sağladığını düşündürmektedir. Nitekim çalışmamızda cerrahi ve anestezi özelliklerinin gruplar arasında benzer olması, toplam uygulanan kristalloid miktarı ile vazoaaktif/inotrop ajan kullanımındaki farklılıkların cerrahi ya da anestezi yönetiminden ziyade uygulanan sıvı stratejisi ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında hedefe yönelik yaklaşım yalnızca ‘daha fazla’ ya da ‘daha az’ sıvı verilmesine yol açan bir yöntem olarak değil, hangi hastada vazopressör, hangi hastada inotrop desteğinin daha uygun olacağını ayırt etmeye yardımcı olan bireyselleştirilmiş bir hemodinamik yönetim aracı olarak düşünülmelidir. Güncel literatürde de GDFT sıvı, vazopressör ve inotrop kullanımının fizyolojik hedeflere göre titre edildiği bir yaklaşım olarak tanımlanmakta; özellikle vazopressör tedavisinin de hasta özellikleri ve klinik koşullara göre bireyselleştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır(70). Benzer şekilde Han ve arkadaşlarının 2024 tarihli meta-analizinde de GDFT’nin torasik cerrahide pulmoner komplikasyonlar açısından tutarlı bir klinik üstünlük göstermediği, ancak elde edilen sonuçların kullanılan monitörizasyon tekniği ve uygulanan algoritmaya duyarlı olduğu belirtilmişti(71). Şentürk ve arkadaşları da göğüs cerrahisi anesteziinde genel olarak ılımlı sıvı rejiminin uygun bir yaklaşım olduğunu, ancak özellikle daha yüksek riskli hastalarda ileri monitörizasyon eşliğinde uygulanan hedefe yönelik tedavinin daha güvenli ve rasyonel bir seçenek olabileceğini vurgulamıştır(72). Ma ve arkadaşlarının prospektif randomize çalışmasında GDFT grubunda toplam intraoperatif infüzyon hacmi ve idrar çıkışı daha yüksek, norepinefrin gereksinimi ise daha düşük bulunmuştur(73). Daha yeni bir çalışmada düşük doz norepinefrin ile kombine edilen hedefe yönelik yaklaşımın postoperatif pulmoner komplikasyonları azaltabildiği bildirilmiş olmakla birlikte, genel olarak bu veriler hedefe yönelik tedavinin toraks cerrahisinde esas katkısının komplikasyon oranlarını doğrudan değiştirmekten çok, hastanın hemodinamik gereksinimine göre sıvı ve dolaşım desteğini daha rasyonel ve bireyselleştirilmiş biçimde yönlendirmek olduğunu göstermektedir(74). Batchelor’un 2024 tarihli derlemesinde, toraks cerrahisinde modern sıvı yönetiminin yalnızca intraoperatif verilen toplam sıvı miktarına indirgenemeyeceği; ERAS ilkeleri

doğrultusunda preoperatif hidrasyonun korunması ve tüm perioperatif süreç boyunca övoleminin hedeflenmesinin ön planda tutulması gerektiği vurgulanmıştır(75). Benzer şekilde 2024 tarihli perioperatif kalite girişimi uzlaşısı raporunda da, toraks cerrahisi dahil majör cerrahilerde sıvı tedavisinin sabit kısıtlayıcı ya da liberal şemalarla değil, intravasküler volüm durumu, komorbiditeler, cerrahinin kapsamı ve hastanın hemodinamik yanıtı dikkate alınarak bireyselleştirilmesi önerilmiştir(76). Çalışmamızda hedefe yönelik sıvı tedavi grubunda MostCare kullanımına rağmen ılımlı sıvı uygulanan gruba göre belirgin klinik üstünlüğün sağlanamaması, hedefe yönelik tedavinin toraks cerrahisindeki değerinin ortadan kalktığını değil; asıl katkısının komplikasyonları doğrudan azaltmaktan çok, sıvı tedavisi ile vazoaktif/inotrop desteğini hastaya özgü biçimde yönlendirmesi olduğunu düşündürmektedir. Bununla beraber çalışmamızda ERAS kapsamında preoperatif berrak sıvı alımının ameliyattan 2 saat öncesine kadar izin verilmiş olmasının da övolemi yönünde katkı sağlayarak GDFT ve ılımlı sıvı rejimi grupları arasındaki farkı ortadan kaldırmış olabileceği kanaatindeyiz. Bu yönüyle bulgularımız literatürle uyumlu görünmektedir.

Erken postoperatif dönemde, kısıtlayıcı sıvı tedavisi uygulanan grupta daha belirgin bir hemodinamik yanıt ortaya çıktığı görülmüştür. Kalp atım hızının 15. ve 30. dakikalarda, sistolik arter basıncının ise 5. ve 15. dakikalarda Grup R’de daha yüksek bulunması; ayrıca ortalama arter basıncındaki erken dönem farklılıklar, kısıtlayıcı sıvı yaklaşımının postoperatif erken dönemde daha belirgin bir sempatoadrenal aktivasyon ve dolaşımsal stres yanıtına yol açmış olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte söz konusu farklılıkların sonraki ölçümlerde ortadan kalkması, bu etkinin kalıcı bir hemodinamik instabiliteden çok erken postoperatif fizyolojik adaptasyon sürecine ait geçici bir yanıt olduğunu düşündürmektedir. Toraks cerrahisinde tek akciğer ventilasyonu sırasında uygulanan intraoperatif sıvı stratejilerinin hemodinamik dengeyi etkileyebildiği daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir. Kısıtlayıcı sıvı yaklaşımının erken postoperatif dönemde gözlenen taşikardi ve arter kan basıncı artışları ile daha belirgin bir sempatoadrenal aktivasyon ve dolaşımsal stres yanıtı oluşturmuş olabileceği düşünülebilir; ancak bu yorum doğrudan nörohormonal ölçümlere değil, fizyolojik çıkarıma dayanmaktadır. Literatürde düşük efektif dolaşan hacim ve baroreseptör boşalmasının sempatik aktivasyonu artırabileceği, ayrıca tek akciğer ventilasyonu uygulanan toraks cerrahisinde intraoperatif sıvı stratejilerinin hemodinamik dengeyi

etkileyebildiği bildirilmektedir(77). Xu ve arkadaşlarının randomize çalışmasında, tek akciğer ventilasyonu altında uygulanan hedefe yönelik sıvı yönetiminin intraoperatif hemodinamik ve akciğer mekaniklerini pozitif yönde etkilediği açıkça belirtilmiştir(78). Çalışmamızda ise kısıtlayıcı yaklaşımın erken dönemde daha belirgin bir fizyolojik stres yanıtı oluşturmaya rağmen bunun ciddi hemodinamik komplikasyonlara dönüşmemesi, zamanla gruplar arasında hemodinamik dengeye ulaşılması toraks cerrahisinde hedefe yönelik ya da ileri monitörizasyon eşliğinde uygulanan sıvı stratejilerinin çoğu zaman majör klinik üstünlükten ziyade hemodinamik ince ayar ve bireyselleştirilmiş dolaşım yönetimi sağladığını gösteren literatür ile uyumlu görünmektedir.

İntraoperatif dönemde ve PACU takipleri sırasında gelişen komplikasyonların çalışma gruplarımız arasında benzer bulunması farklı sıvı stratejilerinin intraoperatif ve erken postoperatif dönemde majör komplikasyon profili üzerinde belirgin bir ayrışma yaratmadığını düşündürmektedir. Güncel yayınlar da bu görüşü desteklemektedir. Özellikle Punzo ve arkadaşlarının PPV rehberli GDFT çalışmasında, daha fazla sıvı verilmesine rağmen pulmoner gaz değişimi, ekstübasyon süresi, postoperatif pulmoner komplikasyon tipi ve hastanede kalış süresi açısından klinik fayda gösterilememiştir(55). Şahutoğlu ve arkadaşları da stroke volume variation rehberli sıvı yönetiminin toraks cerrahisinde uygulanan kristalloid ve kolloid miktarını artırdığını, saatlik idrar çıkışını olumlu etkilediğini, ancak postoperatif komplikasyonları belirgin biçimde azaltmadığını bildirmiştir(79). Bu açıdan çalışmamızda intraoperatif ve PACU komplikasyonlarının benzer bulunması, güncel literatürle uyumlu görünmektedir.

PPK'lar (postoperatif pulmoner komplikasyon) açısından, toraks cerrahisinde intraoperatif sıvı yönetiminin etkisi konusunda literatürde net bir görüş birliği yoktur. Kısıtlayıcı, ılımlı ve hedefe yönelik sıvı tedavisi yaklaşımlarını değerlendiren çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar bildirilmiştir. Bazı çalışmalarda ılımlı sıvı stratejilerinin pulmoner komplikasyonları azalttığı gösterilmiştir; örneğin Licker ve arkadaşları, torasik cerrahide hedefin yalnızca “dry lung” yaklaşımı olmaması gerektiği, bunun yerine pulmoner ödem riskini azaltırken organ perfüzyonunu koruyan dengeli bir sıvı stratejisinin benimsenmesinin daha uygun olduğunu belirtmiştir(4). Nitekim Wu ve arkadaşlarının minimal invaziv lobektomi hastalarında yaptığı analizde, intraoperatif toplam sıvı ve kolloid infüzyon hızları ile arasında anlamlı ilişki saptanmış; hem aşırı kısıtlayıcı hem de daha liberal uygulamaların olumsuz sonuçlarla ilişkili olabileceği

bildirilmiştir(80). Benzer şekilde Kim ve arkadaşlarının torakotomi hastalarını içeren geniş retrospektif çalışmasında, en düşük pulmoner ve renal komplikasyon oranının orta düzey intraoperatif sıvı hızında görüldüğü, daha düşük düzeydeki sıvı uygulamalarının ise daha iyi sonuç vermediği gösterilmiştir(81). Bazı çalışmalar, sıvı yüklenmesinin özellikle pulmoner komplikasyon riskini artırdığını ve kısıtlayıcı stratejilerin bu açıdan koruyucu olabileceğini bildirmiştir. Evans ve arkadaşları toraks cerrahisinde perioperatif sıvı yönetimi ile alakalı literatürde altmış yedi makale içinden en iyi kanıt veren on dört makaleyi derledikleri çalışmalarında liberal sıvı yönetiminin daha yüksek postoperatif akut akciğer hasarı insidansına neden olduğunu göstermişlerdir(82). Benzer biçimde Zorrilla-Vaca ve arkadaşlarının 2024 tarihli analizinde, yüksek perioperatif sıvı yükünün atelektazi ve pulmoner enfeksiyon oranlarını artırdığı, düşük hacimli grubun ise daha kısa hastanede kalış süresine sahip olduğu gösterilmiştir(83). Adhikari ve arkadaşlarının 2025 tarihli sistematik derleme ve meta-analizinde intraoperatif sıvı hacmindeki artışın postoperatif pulmoner komplikasyonlarla ilişkili olduğu, kısıtlayıcı sıvı stratejisinin ise PPK gelişimini azaltmada daha güvenli olabileceği belirtilmiştir(84). Arslantaş ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; ameliyat sırasında uygulanan sıvı infüzyon hızı 6 mL/kg/saati aşarsa, ameliyat sonrası pulmoner komplikasyon görülme sıklığının arttığı bulunmuştur(85). Benzer şekilde Baar ve arkadaşlarının açık torakotomi hastalarını içeren çok merkezli çalışmasında da intraoperatif kristalloid infüzyonunun >6 mL/kg/saat olması PPK için risk faktörleri arasında yer almıştır(86). Bu çalışmaların ortak mesajı, toraks cerrahisinde pulmoner sonuçlar açısından en uygun yaklaşımın aşırı kısıtlama ya da liberal sıvı tedavisi değil, dengeli bir övoleminin korunması olduğudur. Bazı çalışmalarda GDFT'nin postoperatif pulmoner komplikasyonlar açısından üstünlük sağlamadığı belirtilmiştir. Örneğin Han ve arkadaşlarının 2024 yılında yayımladığı sistematik derleme ve meta-analizde, toraks cerrahisi hastalarında hedefe yönelik sıvı tedavisinin postoperatif pulmoner komplikasyon insidansını anlamlı olarak azaltmadığı bildirilmiştir(71). Benzer şekilde Ma ve arkadaşlarının 2023 yılında ERAS protokolü altında torakoskopik pulmoner rezeksiyon uygulanan yaşlı hastalarda yaptığı prospektif randomize çalışmada da, GDFT ile kısıtlayıcı sıvı tedavisi arasında postoperatif komplikasyonlar açısından belirgin fark gösterilememiştir(68). Nitekim Punzo ve arkadaşlarının tek akciğer ventilasyonu gerektiren göğüs cerrahisinde PPV rehberliğinde uygulanan hedefe yönelik sıvı tedavisini değerlendirdikleri çalışmada, bu yaklaşımın

PaO₂/FiO₂ oranı ve pulmoner komplikasyonlar üzerinde belirgin üstünlük sağlamadığı, buna karşın geleneksel hemodinamik parametrelere dayalı yönetime göre daha fazla sıvı uygulanmasına yol açtığı bildirilmiştir(87). Haas ve arkadaşları da sınırlı sayıda hastada GDFT ile fazladan sıvı yüklenmesine yol açılmadığını ancak pulmoner fonksiyonlar üzerinde belirgin üstünlük sağlanmadığını bildirmiştir(88). Yine Min Li ve arkadaşlarının yaptığı GDFT ve kısıtlayıcı sıvı tedavilerinin, torakoskopik lobektomi geçiren hastalarda postoperatif komplikasyonlar üzerine etkisinin değerlendirildiği prospektif çalışmada; kısıtlayıcı sıvı tedavisinin postoperatif pulmoner komplikasyonlar, akut böbrek yetmezliği açısından GDFT'ye benzer performans gösterdiği bulunmuştur(89). Kauffman ve ark. yaptığı çalışmada toraks cerrahisinde 96 hasta çalışmaya dahil etmişler, GDFT yapılan grupta kontrol grubuna göre daha az postoperatif pulmoner komplikasyonlar ve hastanede yatış süresi gözlemlemiştirler(90), aynı şekilde Li ve arkadaşlarının 2023 meta-analizinde hedefe yönelik sıvı tedavisinin postoperatif komplikasyonları azaltabileceği bildirilmiştir(91). Dushianthan ve arkadaşlarının yaptığı meta-analiz rutin hemodinamik parametrelerle sıvı kullanımına kıyasla, GDFT'nin ameliyat sonrası pulmoner komplikasyon gelişimini azalttığını göstermektedir(92). Çalışmamızda ise kısıtlı sıvı stratejisi uygulanan grupta diğer iki gruba göre bazı pulmoner negatif etkileri (takipne, solunum egzersizi ihtiyacı) daha fazla gözlemlerken hipoksemi, pulmoner ödem, pnömoni, NIMV/HFNO gereksinimi, akut akciğer hasarı ve planlanmamış invaziv mekanik ventilasyon gibi daha ağır pulmoner komplikasyonlar açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Aynı şekilde taburculuk ve 30-günlük mortalite açısından da gruplar arasında anlamlı farklılık bulamadık.

Postoperatif renal sonuçlar değerlendirildiğinde, kısıtlayıcı sıvı tedavisi uygulanan grupta serum kreatinin düzeylerinin postoperatif 1. ve 3. günlerde daha yüksek, idrar çıkışının ise postoperatif 1. ve 5. günlerde daha düşük olduğu saptanmıştır. Buna karşın BUN, eGFR ve AKI oranları açısından gruplar arasında anlamlı fark izlenmemiştir. Bu bulgular, kısıtlayıcı yaklaşımın belirgin ve kalıcı bir renal hasardan çok, erken dönemde renal perfüzyon azalması veya geçici prerenal etkilenme ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle kreatinin düzeylerindeki farkın postoperatif 5. günde anlamlılığını kaybetmesi, bu etkinin büyük ölçüde erken ve fonksiyonel düzeyde kaldığını desteklemektedir. Ancak idrar çıkışındaki azalmanın daha geç dönemde de devam etmesi, kısıtlayıcı sıvı stratejisinin renal toparlanma sürecini olumsuz

etkileyebileceğini düşündürmektedir. Shin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada hem liberal hem de kısıtlayıcı sıvı tedavi stratejileri AKI ile anlamlı derecede ilişkili bulunmuştur.(93). Literatürde aşırı sıvı kısıtlamasının renal perfüzyon üzerindeki olası olumsuz etkilerine dikkat çeken çalışmalardan Kim ve arkadaşlarının 2020 yılında açık torakotomi hastalarında yaptığı retrospektif kohort analizinde, daha kısıtlayıcı intraoperatif sıvı yönetiminin komplikasyon oranlarında artışla ilişkili olduğu ve özellikle akut böbrek hasarı açısından risk oluşturabileceği bildirilmiştir(81). Bizim verilerimiz, torasik cerrahide sıvı stratejilerinin renal etkilerinin her zaman AKI gibi sert sonlanımlara yansımayaabileceğini, ancak kreatinin değişimi ve idrar çıkışı gibi daha duyarlı parametrelerde ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir ve bu bulgunun klinik önemi küçümsenmemelidir. MERITS çok merkezli kohort çalışmasında toraks cerrahisi sonrası AKI insidansı %7,2 olarak bildirilmiş ve AKI gelişiminin daha uzun hastanede kalış ve artmış mortalite ile ilişkili olduğu gösterilmiştir(94). Ayrıca Lei ve arkadaşlarının 2023 tarihli sistematik derleme ve meta-analizinde, genel toraks cerrahisi sonrası AKI gelişen hastalarda kısa dönem mortalitenin anlamlı biçimde arttığı ve hastanede kalış süresinin uzadığı ortaya konmuştur(62). Bizim bulgularımız bu çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, torasik cerrahide sıvı kısıtlamasının özellikle erken postoperatif dönemde kreatinin ve idrar çıkışı gibi duyarlı göstergeler üzerinden renal etkilenmenin ortaya çıkabileceği anlaşılmaktadır. Öte yandan Ma ve arkadaşlarının 2023 yılında ERAS altında torakoskopik pulmoner rezeksiyon uygulanan yaşlı hastalarda yaptığı prospektif randomize çalışmada, GDFT ile kısıtlayıcı sıvı tedavisi arasında AKI insidansı açısından anlamlı fark bulunmamış olsa da postoperatif serum kreatinin artışının kısıtlayıcı grupta daha yüksek olduğu bildirilmiştir(68). Ancak bu bulgulara rağmen, literatürde renal sonuçlar açısından hedefe yönelik sıvı tedavisinin kısıtlayıcı sıvı yaklaşımına belirgin bir üstünlük sağladığı tutarlı biçimde gösterilememiştir. Zorrilla-Vaca ve arkadaşlarının 2022 yılında yüksek riskli torasik pulmoner cerrahi hastalarında ERAS programı içinde yürüttüğü çalışmada, GDFT'nin standart bakıma göre postoperatif renal sonuçlar üzerinde belirgin üstünlük sağlamadığı gösterilmiştir(83). Ayrıca Zheng Guan ve arkadaşlarının yaptığı yüksek riskli hastalarda ERAS protokolleri ile intraoperatif GDFT ve kısıtlayıcı sıvı tedavisini karşılaştıran çalışmada; AKI insidansını azaltmada gruplar arasında fark bulunamamıştır(95).

Çalışmamızda da postoperatif en düşük AKI insidansını GDFT grubunda saptamış olmakla beraber AKI gelişimi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulamadık.

Literatürde toraks cerrahisinde sıvı tedavisini değerlendiren çalışmaların önemli bir kısmı iki grup üzerinden, çoğunlukla kısıtlayıcı ve hedefe yönelik ya da kısıtlayıcı ve liberal yaklaşımları karşılaştıracak şekilde planlanmıştır. Çalışmamızın en önemli güçlü yönlerinden biri, toraks cerrahisi hastalarında intraoperatif sıvı yönetimini kısıtlayıcı, ılımlı ve hedefe yönelik olmak üzere üç ayrı strateji üzerinden karşılaştırmış olmasıdır. Üç farklı yaklaşımın aynı çalışma popülasyonu içinde birlikte değerlendirilmiş olması sıvı yönetiminin postoperatif renal ve pulmoner sonuçlar üzerindeki etkisini daha bütüncül biçimde ortaya koymasına katkı sağladığı kanaatindeyiz. Çalışmamızın prospektif, randomize, kontrollü ve kısmi kör tasarımı yürütülmüş olması ve preoperatif sıvı rejiminin standardize edilmiş olması da diğer güçlü yönleri arasındadır. Tüm hastalara ERAS yaklaşımı doğrultusunda ameliyat öncesi 2 saate kadar berrak sıvı alımına izin verilmiş olması, klasik uzun açlık sürelerine bağlı preoperatif dehidratasyon etkisini azaltmış ve intraoperatif sıvı stratejilerinin daha kontrollü koşullarda değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bunun yanında hedefe yönelik tedavi kolunda MostCare tabanlı ileri hemodinamik monitorizasyon kullanılması, yalnızca verilen toplam sıvı miktarının değil, hastanın dinamik dolaşım gereksinimine göre şekillenen bireyselleştirilmiş tedavinin de değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Bu yönüyle çalışmamız, toraks cerrahisinde güncel perioperatif yaklaşımı yansıtan klinik olarak anlamlı veriler sunmaktadır.

Bununla birlikte çalışmamızın bazı kısıtlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle çalışma tek merkezde yürütülmüş olduğundan, elde edilen sonuçların farklı hasta popülasyonlarına ve farklı perioperatif uygulama alışkanlıklarına sahip merkezlere genellenmesi sınırlı olabilir. Ayrıca postoperatif renal değerlendirmede serum kreatinin, BUN, eGFR ve idrar çıkışı gibi rutin klinik parametreler kullanılmış; böbrek hasarını daha erken gösterebilecek yeni biyobelirteçlere yer verilememiştir. Benzer şekilde pulmoner sonuçlar klinik komplikasyonlar üzerinden değerlendirilmiş olup, ekstrasvasküler akciğer suyu ya da ayrıntılı oksijenasyon indeksleri gibi daha ileri fizyolojik parametreler incelenmemiştir. Bu durum, özellikle subklinik düzeydeki organ etkilenmelerinin gösterilmesini güçleştirmiş olabilir.

Ayrıca gruplar arasında bazı sonuçlanımlarda istatistiksel farkın saptanmamış olması, sıvı stratejilerinin gerçekten eşdeğer olduğunu değil, toraks cerrahisi gibi çok sayıda değişkenin etkili olduğu bir klinik tabloda farkın daha büyük örneklemelerde ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir.



6. SONUÇ

Bu çalışmada toraks cerrahisinde intraoperatif uygulanan kısıtlayıcı, ılımlı ve hedefe yönelik sıvı tedavi stratejilerinin postoperatif renal ve pulmoner sonuçlar üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Bulgularımız, kısıtlayıcı sıvı tedavisinin postoperatif erken dönemde kreatinin düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı artış ve idrar çıkışında azalma ile ilişkili olduğunu, AKI gelişme yüzdesinin GDFT grubunda daha düşük olmakla beraber gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermiştir. Pulmoner komplikasyonlar açısından ise genel olarak gruplar arasında anlamlı fark saptanmamışken takipne gelişme sıklığı ve solunum egzersizi ihtiyacı kısıtlayıcı sıvı grubunda istatistiksel olarak anlamlı yüksek saptanmıştır. Bu sonuçlar, toraks cerrahisinde ılımlı ve hemodinamik monitorizasyon eşliğinde uygulanan hedefe yönelik sıvı tedavisinin organ perfüzyonunu daha iyi koruyabilecek dengeli bir yaklaşım sunabileceğini düşündürmektedir. Özellikle ERAS ilkeleri doğrultusunda standardize edilmiş perioperatif bakım altında, hedefe yönelik ve ılımlı sıvı stratejilerinin kısıtlayıcı yaklaşıma göre renal ve pulmoner açıdan daha dengeli sonuçlar sağlayabileceği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte postoperatif pulmoner ve renal komplikasyonlar üzerindeki etkinin daha net ortaya konabilmesi için, daha geniş örneklemli ve çok merkezli çalışmalara ihtiyaç olduğu kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

1. **Zhu AC, Agarwala A, Bao X.** Perioperative Fluid Management in the Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Pathway. *Clinics in colon and rectal surgery.* **2019**;32(2):114-20.
2. **Vignarajah M, Berg A, Abdallah Z, Arora N, Javidan A, Pitre T, et al.** Intraoperative use of balanced crystalloids versus 0.9% saline: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. *British Journal of Anaesthesia.* **2023**;131(3):463-71.
3. **Woodcock TE, Woodcock TM.** Revised Starling equation and the glycocalyx model of transvascular fluid exchange: an improved paradigm for prescribing intravenous fluid therapy. *Br J Anaesth.* **2012**;108(3):384-94.
4. **Licker M, Hagerman A, Bedat B, Ellenberger C, Triponez F, Schorer R, et al.** Restricted, optimized or liberal fluid strategy in thoracic surgery: A narrative review. **2021**;15(3):324-34.
5. **Öztürk GJTSBD.** Toraks cerrahisi konusundaki yayınların global analizi ve Türkiye'nin katkısı. **2022**;2(1):39-50.
6. **Shanmugam G, Pla R.** 37Physiology of One-Lung Ventilation. **2021** [cited 10/8/2025]. In: *Thoracic Anesthesia Procedures* [Internet]. Oxford University Press, [cited 10/8/2025]; [0]. Available from: <https://doi.org/10.1093/med/9780197506127.003.0003>.
7. **Dienemann HC, Hoffmann H, Detterbeck FC.** *Chest Surgery.* Dienemann HC, Hoffmann H, Detterbeck FC, editors. Berlin: Springer; **2015**. 3 p.
8. **Lacin T, Swanson S.** Current costs of video-assisted thoracic surgery (VATS) lobectomy. *Journal of thoracic disease.* **2013**;5 Suppl 3(Suppl 3):S190-3.
9. **Benumof JL.** Anesthesia for thoracic surgery. In: Gropper MA, editor. *Miller's Anesthesia.* 9 ed. Philadelphia: Elsevier; **2020**.
10. **Campos JH, Hallam EA.** A Practical Guide for Using the EZ-Blocker Endobronchial Blocker. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* **2013**;27(5):853-8.
11. **Cohen E.** The Use of Double-Lumen Endobronchial Tubes and Bronchial Blockers for Lung Isolation. *Anesthesia & Analgesia.* **2001**;93(4):882-5.
12. **Dunham-Snary KJ, Wu D, Sykes EA, Thakrar A, Parlow LRG, Mewburn JD, et al.** Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction: From Molecular Mechanisms to Medicine. *Chest.* **2017**;151(1):181-92.
13. **Lumb AB, Slinger PJSoA.** Hypoxic pulmonary vasoconstriction: physiology and anesthetic implications. **2015**;59(4):188.
14. **Bjertnaes L, Hauge A, Nakken K, Bredesen JJAPS.** Hypoxic pulmonary vasoconstriction: inhibition due to anesthesia. **1976**;96(2):283-5.
15. **Liu Z, Liu X, Huang Y, Zhao JJS.** Intraoperative mechanical ventilation strategies in patients undergoing one-lung ventilation: a meta-analysis. **2016**;5(1):1251.
16. **Hedenstierna GJMa.** Pulmonary perfusion during anesthesia and mechanical ventilation. **2005**;71(6):319-24.

17. **Sentürk NM, Dilek A, Camci E, Sentürk E, Orhan M, Tuğrul M, et al.** Effects of positive end-expiratory pressure on ventilatory and oxygenation parameters during pressure-controlled one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* **2005**;19(1):71-5.
18. **Tuğrul M, Camci E, Karadeniz H, Sentürk M, Pembeci K, Akpir KJBJoA.** Comparison of volume controlled with pressure controlled ventilation during one-lung anaesthesia. **1997**;79(3):306-10.
19. **Slinger PDJJoca.** Fiberoptic bronchoscopic positioning of double-lumen tubes. **1989**;3(4):486-96.
20. **Choi YS, Bae MK, Kim SH, Park J-E, Kim SY, Oh YJJYmj.** Effects of alveolar recruitment and positive end-expiratory pressure on oxygenation during one-lung ventilation in the supine position. **2015**;56(5):1421.
21. **Batchelor TJ, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, et al.** Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). **2019**;55(1):91-115.
22. **Gao S, Barello S, Chen L, Chen C, Che G, Cai K, et al.** Clinical guidelines on perioperative management strategies for enhanced recovery after lung surgery. **2019**. 2019;8(6):1174-87.
23. **Malbrain M, Langer T, Annane D, Gattinoni L, Elbers P, Hahn RG, et al.** Intravenous fluid therapy in the perioperative and critical care setting: Executive summary of the International Fluid Academy (IFA). *Annals of intensive care.* **2020**;10(1):64.
24. **Blank RS, Hucklenbruch C, Gurka KK, Scalzo DC, Wang XQ, Jones DR, et al.** Intraoperative factors and the risk of respiratory complications after pneumonectomy. *The Annals of thoracic surgery.* **2011**;92(4):1188-94.
25. **Navarro LHC, Bloomstone JA, Auler Jr JOC, Cannesson M, Rocca GD, Gan TJ, et al.** Perioperative fluid therapy: a statement from the international Fluid Optimization Group. **2015**;4(1):3.
26. **Chawla L, Ince C, Chappell D, Gan T, Kellum J, Mythen M, et al.** Vascular content, tone, integrity, and haemodynamics for guiding fluid therapy: a conceptual approach. **2014**;113(5):748-55.
27. **Budacan A-M, Naidu BJJoTD.** Fluid management in the thoracic surgical patient: where is the balance? 2019. **2019**;11(6):2205-7.
28. **Edwards MR, Grocott MP.** Perioperative fluid and electrolyte therapy. **2015**.
29. **Jacob M, Chappell D, Conzen P, Finsterer U, Rehm MJAAS.** Blood volume is normal after pre-operative overnight fasting. **2008**;52(4):522-9.
30. **Priebe HJ.** The aged cardiovascular risk patient. *British Journal of Anaesthesia.* **2000**;85(5):763-78.
31. **Tallarico RT, McCoy IE, Dépret F, Legrand M.** Meaning and Management of Perioperative Oliguria. *Anesthesiology.* **2024**;140(2):304-12.
32. **Douville NJ, Mathis M, Kheterpal S, Heung M, Schaub J, Naik A, et al.** Perioperative Acute Kidney Injury: Diagnosis, Prediction, Prevention, and Treatment. *Anesthesiology.* **2025**;142(1):180-201.
33. **Erol DDJTKJoMS.** Perioperatif Sıvı Tedavisi: Güncel Yaklaşımlar. **2007**;27(6):894-901.
34. **Sakr Y, Dubois M-J, De Backer D, Creteur J, Vincent J-LJCcm.** Persistent microcirculatory alterations are associated with organ failure and death in patients with septic shock. **2004**;32(9):1825-31.

35. **Boldt JJRMdA.** Intraoperative fluid therapy—crystalloid/colloid debate. **2005**;28(S1):23-8.
36. **Yeager MP, Spence BC, editors.** Critical care issues for the nephrologist: Perioperative Fluid Management: Current Consensus and Controversies. Seminars in Dialysis; **2006**: Wiley Online Library.
37. **Holte K, Sharrock N, Kehlet HJBjoa.** Pathophysiology and clinical implications of perioperative fluid excess. **2002**;89(4):622-32.
38. **Bundgaard-Nielsen M, Secher N, Kehlet HJAAS.** ‘Liberal’ vs. ‘restrictive’ perioperative fluid therapy—a critical assessment of the evidence. **2009**;53(7):843-51.
39. **Patel S, Lutz JM, Panchagnula U, Bansal S.** Anesthesia and perioperative management of colorectal surgical patients – specific issues (part 2). **2012**;28(3):304-13.
40. **Srinivasa S, Lemanu DP, Singh PP, Taylor MHG, Hill AG.** Systematic review and meta-analysis of oesophageal Doppler-guided fluid management in colorectal surgery. *BJS*. **2013**;100(13):1701-8.
41. **Thiele RH, Raghunathan K, Brudney CS, Lobo DN, Martin D, Senagore A, et al.** American Society for Enhanced Recovery (ASER) and Perioperative Quality Initiative (POQI) joint consensus statement on perioperative fluid management within an enhanced recovery pathway for colorectal surgery. *Perioperative medicine* (London, England). **2016**;5:24.
42. **Batirel HF.** Fluid administration during lung resection: what is the optimum? *Journal of thoracic disease*. **2019**;11(5):1746-8.
43. **Pang Q, Liu H, Chen B, Jiang Y.** Restrictive and liberal fluid administration in major abdominal surgery. *Saudi medical journal*. **2017**;38(2):123-31.
44. **Evans RG, Naidu B.** Does a conservative fluid management strategy in the perioperative management of lung resection patients reduce the risk of acute lung injury? *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. **2012**;15(3):498-504.
45. **Ahn HJ, Kim JA, Lee AR, Yang M, Jung HJ, Heo B.** The Risk of Acute Kidney Injury from Fluid Restriction and Hydroxyethyl Starch in Thoracic Surgery. *Anesthesia and analgesia*. **2016**;122(1):186-93.
46. **Fellahi JL, Futier E, Vaisse C, Collange O, Huet O, Loriau J, et al.** Perioperative hemodynamic optimization: from guidelines to implementation-an experts' opinion paper. *Annals of intensive care*. **2021**;11(1):58.
47. **NJ W.** The effects of balanced versus saline-based hetastarch and crystalloid solutions on acid-base and electrolyte status and gastric mucosal perfusion in elderly surgical patients. **1988**.
48. **Brady MC, Kinn S, Stuart P, Ness V, reviews CWGJCdos.** Preoperative fasting for adults to prevent perioperative complications. 1996;**2010**(5).
49. **Pearse R, Dawson D, Fawcett J, Rhodes A, Grounds RM, Bennett ED.** Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. A randomised, controlled trial [ISRCTN38797445]. *Critical care* (London, England). **2005**;9(6):R687-93.
50. **Donati A, Loggi S, Preiser J-C, Orsetti G, Münch C, Gabbanelli V, et al.** Goal-Directed Intraoperative Therapy Reduces Morbidity and Length of Hospital Stay in High-Risk Surgical Patients. *Chest*. **2007**;132(6):1817-24.

51. **Grocott MP, Dushianthan A, Hamilton MA, Mythen MG, Harrison D, Rowan K, et al.** Perioperative increase in global blood flow to explicit defined goals and outcomes following surgery. **2012**(11).
52. **Protsyk V, Rasmussen BS, Guarracino F, Erb J, Turton E, Ender JJ, et al.** Fluid management in cardiac surgery: results of a survey in European Cardiac Anesthesia Departments. **2017**;31(5):1624-9.
53. **Alkanat M, ŞH BJCÜTFD.** Kalp debisi ölçüm yöntemleri. **2008**;30:89-100.
54. **Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, et al.** Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery. **2019**;55(1):91-115.
55. **Brandstrup B, Tønnesen H, Beier-Holgersen R, Hjortso E, Ørding H, Lindorff-Larsen K, et al.** Effects of intravenous fluid restriction on postoperative complications: comparison of two perioperative fluid regimens: a randomized assessor-blinded multicenter trial. Annals of surgery. **2003**;238(5):641-8.
56. **Li X, Zhang Q, Zhu Y, Yang Y, Xu W, Zhao Y, et al.** Effect of perioperative goal-directed fluid therapy on postoperative complications after thoracic surgery with one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis. World journal of surgical oncology. **2023**;21(1):297.
57. **Lusquinhos J, Tavares M, Abelha F.** Postoperative Pulmonary Complications and Perioperative Strategies: A Systematic Review. Cureus. **2023**;15(5):e38786.
58. **Ufuk F, Ocak İ, Chelala L, Landaras L.** Postoperative Pulmonary Complications: Clinical and Imaging Insights. Balkan medical journal. **2025**;42(5):405-18.
59. **Giudici VM, Brascia D, Mangiameli G, Voulaz E, Bottoni E, Crepaldi A, et al.** Identifying risk factors and pathogens in postoperative pneumonia after lung surgery for cancer: a retrospective cohort study. Journal of thoracic disease. **2025**;17(9):6530-41.
60. **Yoon SM, Lee YJ.** Redefining Acute Respiratory Distress Syndrome: A New Clinical Perspective. Tuberculosis and respiratory diseases. **2026**;89(1):10-7.
61. **Yu Y, Xu S, Yan B, Tang X, Zhang H, Pan C, et al.** Incidence and Associations of Acute Kidney Injury after General Thoracic Surgery: A System Review and Meta-Analysis. **2023**;12(1):37.
62. **Lei S-H, Guo G-F, Yan T, Zhao B-C, Qiu S-D, Liu K-X.** Acute Kidney Injury After General Thoracic Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of Surgical Research. **2023**;287:72-81.
63. **Bellomo R, Ronco C, Kellum JA, Mehta RL, Palevsky P.** Acute renal failure - definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. Critical care (London, England). **2004**;8(4):R204-12.
64. **Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, et al.** Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. Critical care (London, England). **2007**;11(2):R31.
65. **Kidney Disease: Improving Global Outcomes Acute Kidney Injury Work G.** KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney International Supplements. **2012**;2(1):1-138.

66. **Jomjai K, Pipanmekaporn T, Leurcharusmee P, Chotprom P, Jiruttikarnsakul T, Lapisatepun P, et al.** Predictors and clinical outcomes of acute kidney injury after thoracic surgery: a retrospective cohort study. **2026**. 2026;18(2):70.
67. **Yu Y, Xu S, Yan B, Tang X, Zhang H, Pan C, et al.** Incidence and Associations of Acute Kidney Injury after General Thoracic Surgery: A System Review and Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*. **2022**;12:37.
68. **Ma H, Li X, Wang Z, Qiao Q, Gao Y, Yuan H, et al.** The effect of intraoperative goal-directed fluid therapy combined with enhanced recovery after surgery program on postoperative complications in elderly patients undergoing thoracoscopic pulmonary resection: a prospective randomized controlled study. *Perioperative medicine (London, England)*. **2023**;12(1):33.
69. **Punzo G, Beccia G, Cambise C, Iacobucci T, Sessa F, Sgreccia M, et al.** Goal-Directed Fluid Therapy Using Pulse Pressure Variation in Thoracic Surgery Requiring One-Lung Ventilation: A Randomized Controlled Trial. **2024**;13(18):5589.
70. **Saugel B, Kouz K, Scheeren TWL.** The '5 Ts' of perioperative goal-directed haemodynamic therapy. *Br J Anaesth*. **2019**;123(2):103-7.
71. **Han S, Wu X, Li P, He K, Li JJJoCS.** The impact of goal-directed fluid therapy on postoperative pulmonary complications in patients undergoing thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. **2024**;19(1):60.
72. **Şentürk M, Bingül ES, Turhan ÖJCOiA.** Should fluid management in thoracic surgery be goal directed? **2022**;35(1):89-95.
73. **Ma H, Li X, Wang Z, Qiao Q, Gao Y, Yuan H, et al.** The effect of intraoperative goal-directed fluid therapy combined with enhanced recovery after surgery program on postoperative complications in elderly patients undergoing thoracoscopic pulmonary resection: a prospective randomized controlled study. **2023**;12(1):33.
74. **Gao Y, Ji D, Fang Q, Li Y, Wang K, Liu J, et al.** Effect of low-dose norepinephrine combined with goal-directed fluid therapy on postoperative pulmonary complications in lung surgery: A prospective randomized controlled trial. **2024**;99:111645.
75. **Batchelor TJJCOiA.** Modern fluid management in thoracic surgery. **2024**;37(1):69-74.
76. **Ostermann M, Auzinger G, Grocott M, Morton-Bailey V, Raphael J, Shaw AD, et al.** Perioperative fluid management: evidence-based consensus recommendations from the international multidisciplinary PeriOperative Quality Initiative. **2024**;133(6):1263-75.
77. **Pan WT, Ji MH, Ma D, Yang JJ.** Effect of perioperative autonomic nervous system imbalance on surgical outcomes: a systematic review. *Br J Anaesth*. **2025**;135(3):608-22.
78. **Xu H, Shu S-H, Wang D, Chai X-Q, Xie Y-H, Zhou W-DJJoTD.** Goal-directed fluid restriction using stroke volume variation and cardiac index during one-lung ventilation: a randomized controlled trial. **2017**. 2017;9(9):2992-3004.
79. **Sahutoglu C, Turksal E, Kocabas S, Askar FZJT, Management CR.** Influence of stroke volume variation on fluid treatment and postoperative complications in thoracic surgery. **2018**:575-81.
80. **Wu Y, Yang R, Xu J, Rusidanmu A, Zhang X, Hu J.** Effects of Intraoperative Fluid Management on Postoperative Outcomes After Lobectomy. *The Annals of thoracic surgery*. **2019**;107(6):1663-9.

81. **Kim JA, Ahn HJ, Oh AR, Choi JJSR.** Restrictive intraoperative fluid management was associated with higher incidence of composite complications compared to less restrictive strategies in open thoracotomy: A retrospective cohort study. **2020**;10(1):8449.
82. **Evans RG, Naidu BJc,** surgery t. Does a conservative fluid management strategy in the perioperative management of lung resection patients reduce the risk of acute lung injury? **2012**;15(3):498-504.
83. **Zorrilla-Vaca A, Cata JP, Brown JK, Mehran RJ, Rice D, Mena GE.** Goal-Directed Fluid Therapy Does Not Have an Impact on Renal Outcomes in an Enhanced Recovery Program. The Annals of thoracic surgery. **2022**;114(6):2059-65.
84. **Adhikari SD, Gupta N, Gupta M, Nagesh SK, Chaudhuri S, Garg R.** Effect of intraoperative fluid volume on postoperative pulmonary complications in thoracic surgeries: A systematic review and meta-analysis. Indian journal of anaesthesia. **2025**;69(1):78-85.
85. **Arslantas MK, Kara HV, Tuncer BB, Yildizeli B, Yuksel M, Bostanci K, et al.** Effect of the amount of intraoperative fluid administration on postoperative pulmonary complications following anatomic lung resections. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. **2015**;149(1):314-20, 21.e1.
86. **Baar W, Semmelmann A, Knoerlein J, Weber F, Heinrich S, Loop TJJocm.** Risk factors for postoperative pulmonary complications leading to increased in-hospital mortality in patients undergoing thoracotomy for primary lung cancer resection: a multicentre retrospective cohort study of the German thorax registry. **2022**;11(19):5774.
87. **Punzo G, Beccia G, Cambise C, Iacobucci T, Sessa F, Sgreccia M, et al.** Goal-directed fluid therapy using pulse pressure variation in thoracic surgery requiring one-lung ventilation: A randomized controlled trial. **2024**;13(18):5589.
88. **Haas S, Eichhorn V, Hasbach T, Trepte C, Kutup A, Goetz AE, et al.** Goal-Directed Fluid Therapy Using Stroke Volume Variation Does Not Result in Pulmonary Fluid Overload in Thoracic Surgery Requiring One-Lung Ventilation. **2012**;2012(1):687018.
89. **Li M, Peng M.** Prospective comparison of the effects of intraoperative goal-directed fluid therapy and restrictive fluid therapy on complications in thoracoscopic lobectomy. **2021**;49(12):03000605211062787.
90. **Kaufmann K, Stein L, Bogatyreva L, Ulbrich F, Kaifi J, Hauschke D, et al.** Oesophageal Doppler guided goal-directed haemodynamic therapy in thoracic surgery-a single centre randomized parallel-arm trial. **2017**;118(6):852-61.
91. **Li X, Zhang Q, Zhu Y, Yang Y, Xu W, Zhao Y, et al.** Effect of perioperative goal-directed fluid therapy on postoperative complications after thoracic surgery with one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis. World journal of surgical oncology. **2023**;21(1):297.
92. **Dushianthan A, Knight M, Russell P, Grocott MP.** Goal-directed haemodynamic therapy (GDHT) in surgical patients: systematic review and meta-analysis of the impact of GDHT on post-operative pulmonary complications. Perioperative medicine (London, England). **2020**;9:30.
93. **Shin CH, Long DR, McLean D, Grabitz SD, Ladha K, Timm FP, et al.** Effects of Intraoperative Fluid Management on Postoperative Outcomes: A Hospital Registry Study. Annals of surgery. **2018**;267(6):1084-92.
94. **Naruka V, McKie MA, Ahmadi N, Pama EAC, Coonar AS, Collaborators M.** Multicentre evaluation of renal impairment in thoracic surgery (MERITS): a retrospective cohort study. BMJ open. **2022**;12(9):e058542.

95. **Guan Z, Gao Y, Qiao Q, Wang Q, Liu J.** Effects of intraoperative goal-directed fluid therapy and restrictive fluid therapy combined with enhanced recovery after surgery protocol on complications after thoracoscopic lobectomy in high-risk patients: study protocol for a prospective randomized controlled trial. *Trials*. **2021**;22(1):36.

