



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KALP VE DAMAR CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

**İZOLE KORONER ARTER BYPASS
GREFT (CABG) OPERASYONLARINDA
DÜŞÜK TİDAL VENTİLASYONUN
POSTOPERATİF SONUÇLARI**

Dr. Muhammet Safa Yiğit

UZMANLIK TEZİ

Antalya, 2025



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KALP VE DAMAR CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

**İZOLE KORONER ARTER BYPASS GREFT
(CABG) OPERASYONLARINDA DÜŞÜK TİDAL
VENTİLASYONUN POSTOPERATİF
SONUÇLARI**

Dr. Muhammet Safa Yiğit

UZMANLIK TEZİ

**Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Salih
ÖZÇOBANOĞLU**

“Kaynak gösterilerek tezinden yararlanılabilir”

Antalya, 2025

TEŐEKKÜR

Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimi sürecinde tecrübe, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, her zaman desteğini hissettiğim değerli hocam Prof. Dr. Ömer BAYEZİD'a, eğitimime ciddi katkısı bulunan, emeği geçen kıymetli hocalarım Prof. Dr. Cengiz TÜRKAŸ , Prof. Dr. İlhan GÖLBAŐI ve Prof. Dr. Ozan ERBASAN'a,

Tez çalışmamda bana desteklerini esirgemeyen ve her konuda yardımcı olan tez danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Salih ÖZÇOBANOĞLU'na,

Ailemden daha çok birlikte vakit geçirdiğim araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda olan sevgili eşim Gülşah'a, oğullarım Alp ve Deniz'e, anneme ve babama

En içten minnet ve teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Kardiyopulmoner Bypass	2
2.1.1 Tanım ve Tarihçe:.....	2
2.1.2 Ekstrakorporeal Dolaşımın Bileşenleri.....	3
2.1.3 Yönetimi	9
2.1.4 Komplikasyonlar.....	16
2.2. KPB ve Düşük Tidal Volüm ile Devamlı Ventilasyon	19
2.3. KPB’de Sürfaktan ve Pulmoner Fonksiyon İlişkisi	20
3. MATERYAL VE METHOD	22
3.1. Hasta seçimi ve Takibi	22
3.2. Çalışma Tekniği	23
3.2.1 Anestezi	23
3.2.2 KPB , Cerrahi Teknik, Ventilasyon Stratejisi.....	24
4. BULGULAR.....	25
5. TARTIŞMA	45
6. SONUÇ	48
7. ÖZET.....	49
8. ABSTRACT	50
9. KAYNAKLAR	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACT	AKTİVE PIHTILAŞMA SÜRESİ
BSA	VÜCUT YÜZEY ALANI
CABG	KORONER ARTER BYPASS GREFT
CPB	KARDİYOPULMONER BYPASS
CVP	SANTRAL VENÖZ BASINÇ
DHCA	DERİN HİPOTERMİK SİRKÜLATUAR ARREST
ECMO	EKSTRAKORPOREAL MEMBRAN OKSİJENTÖR
EKG	ELEKTROKARDİYOĞRAFI
F _i O ₂	ALINAN HAVANIN OKSİJEN YÜZDESİ
FRC	FONKSİYONEL REZİDÜEL KAPASİTE
Hct	HEMATOKRİT
KBP	KARDİYOPULMONER BYPASS
LA	BÜYÜK SÜRFAKTAN AGREGATLARI
MPO	MİKROPORÖZ MEMBRAN OKSİJENATÖR
MUF	MODİFİYE ULTRAFİLTRASYON
PaO ₂	PARSİYEL ARTERİYEL OKSİJEN BASINCI
PaCO ₂	PARSİYEL ARTERİYEL KARBONDİOKSİT BASINCI
PEEP	POZİTİF EKSPİRATUVAR BASINÇ
PBV	HASTANIN KAN HACMİ
PVC	POLİVİNİL KLORÜR
SA	KÜÇÜK SÜRFAKTAN AGREGATLARI
SFT	SOLUNUM FONKSİYON TESTİ
SIRS	SİSTEMİK İNFLAMATUVAR YANIT SENDROMUNA
SVC	SÜPERİOR VENA CAVA
SVR	SİSTEMİK VASKÜLER DİRENÇ
TEE	TRANSÖZOFAGEAL EKOKARDİYOĞRAFI
TMO	TRUE MEMBRAN OKSİJENATÖR
TCV	TOPLAM DOLAŞIM HACMİ
YBÜ	YOĞUNBAKIM ÜNİTESİ

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
4.1. Çalışma Grupları	25
4.2. İzole Koroner Bypass Greft Anastomoz Sayısı	26
4.3. Biyolojik Özellikler	26
4.4. Preoperatif Ejeksiyon Fraksiyonu (EF) ve Pulmoner Arter Basıncı (PAB) Değerleri	27
4.5. Preoperatif NYHA Anjina Sınıflandırması	27
4.6. Sigara Kullanımı ve Diyabetes Mellitus (DM) ve Hipertansiyon (HT) Bilgileri	28
4.7. Cerrahi Bilgileri	28
4.8. Toraks Direni Bilgileri	29
4.9. Cerrahi Sonrası Bilgiler	29
4.10. Preoperatif ve Postoperatif SFT Ölçüm Değerleri	30
4.11. CXR Akciğer Grafisi Skorum Değerleri	31
4.12. Çalışma Gruplarına Göre İzole Koroner Bypass Greft Anastomoz Sayısı	31
4.13. Çalışma Gruplarına Göre Biyolojik Özellikler	32
4.14. Çalışma Gruplarına Göre Preoperatif Ejeksiyon Fraksiyonu (EF) ve Pulmoner Arter Basıncı (PAB) Değerleri	33
4.15. Çalışma Gruplarına Göre Preoperatif NYHA Anjina Sınıflandırması	33

4.16. Çalışma Gruplarına Göre Sigara Kullanımı ve Diyabetes Mellitus (DM) ve Hipertansiyon (HT) Bilgileri	34
4.17. Çalışma Gruplarına Göre Cerrahi Bilgileri	34
4.18. Çalışma Gruplarına Göre Toraks Direni Bilgileri	35
4.19. Çalışma Gruplarına Göre Cerrahi Sonrası Bilgiler	35
4.20. Çalışma Gruplarına Göre Preoperatif ve Postoperatif Ölçüm Değerleri	36
4.21. Çalışma Gruplarına Göre CXR Akciğer Grafisi Skorum Değerleri	37
4.22. Preoperatif ve Postoperatif SFT FEV1 Ölçüm Değerlerindeki Değişimler VAS skorları	38
4.23. Preoperatif ve Postoperatif SFT FVC Ölçüm Değerlerindeki Değişimler VAS skorları	40
4.24. Preoperatif ve Postoperatif SFT FEV1/FVC Ölçüm Değerlerindeki Değişimler VAS skorları	42
4.25. CXR Akciğer Grafisi Skorum Değerlerindeki Değişim	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Ekstrakorporeal Dolaşımın Bileşenleri	3
2.2. Heparin Konsantrasyonu ve ACT ilişkisi	11
2.3. Farklı sıcaklık düzeylerinde perfüzyon akım hızı ile oksijen tüketimi arasındaki korelasyon	13
4.1 Çalışma Gruplarına Göre Yaş	31
4.2 Çalışma Gruplarına Göre Hastanede Kalış Süresi	35

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kalp cerrahisi sonrası postoperatif pulmoner komplikasyonlar, hastaların %40'ında görülebilen ve sıklıkla kardiyovasküler komplikasyonlardan sonra ikinci sırayı alan sorunlardır (1,2). Bunlar atelektazi, plevral efüzyon, diafragma disfonksiyonu, solunum yetmezliği, ventilatör veya hastane kaynaklı pnömoni ve uzamış mekanik ventilasyon gibi durumları içerir (3). Bu komplikasyonlar, yoğun bakım ünitesinde (YBÜ) ve hastanede daha uzun süre yatış ile artmış mortalite ile ilişkilidir (4–6). Median sternotomi, kardiyopulmoner baypas (KPB) sırasında ventilasyon eksikliği, transfüzyonla ilişkili akut akciğer yaralanması ve koroner arter bypass greft (CABG) cerrahisinde internal mamarian arterin alınması gibi faktörler, solunum komplikasyonlarına katkıda bulunan çeşitli etkenlerdir. Ayrıca KPB kendisi, iskemi-reperfüzyon yaralanmaları ve pro-inflamatuar sistemik yanıt aracılığıyla akciğer hasarının oluşumuna katkıda bulunur (7). KPB sırasında ventilasyonun devam ettirilmesinin yararları hala tartışmalıdır (8). Bu nedenle, KPB sırasında dinlenen akciğer ventilasyon stratejisi en yaygın uygulamadır. Bu strateji, olumsuz hemodinamik etkilerden kaçınmayı ve cerrahi prosedürün karmaşıklığını azaltmayı amaçlar, ancak atelektaziye yol açabilir (9). Bununla birlikte, birkaç çalışma, KPB sırasında ventilasyonun devam ettirilmesinin kan oksijenlenmesi ve inflamatuvar yanıt açısından fayda sağladığını göstermiştir (10,11). KPB sırasında minimal ventilasyon sağlamanın çeşitli yöntemleri mevcuttur, bunlardan biri düşük tidal volüm ve düşük frekansta mekanik ventilasyon ile pozitif ekspiratuvar basınç (PEEP) uygulamasıdır, bunlara alveolar rekrütman manevraları da eklenebilir (12). Bu çalışmada izole CABG prosedürü geçiren hastalarda düşük volüm ventilasyon stratejisinin etkilerini incelemeyi amaçlıyoruz.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kardiyopulmoner Bypass

2.1.1 Tanım ve Tarihçe:

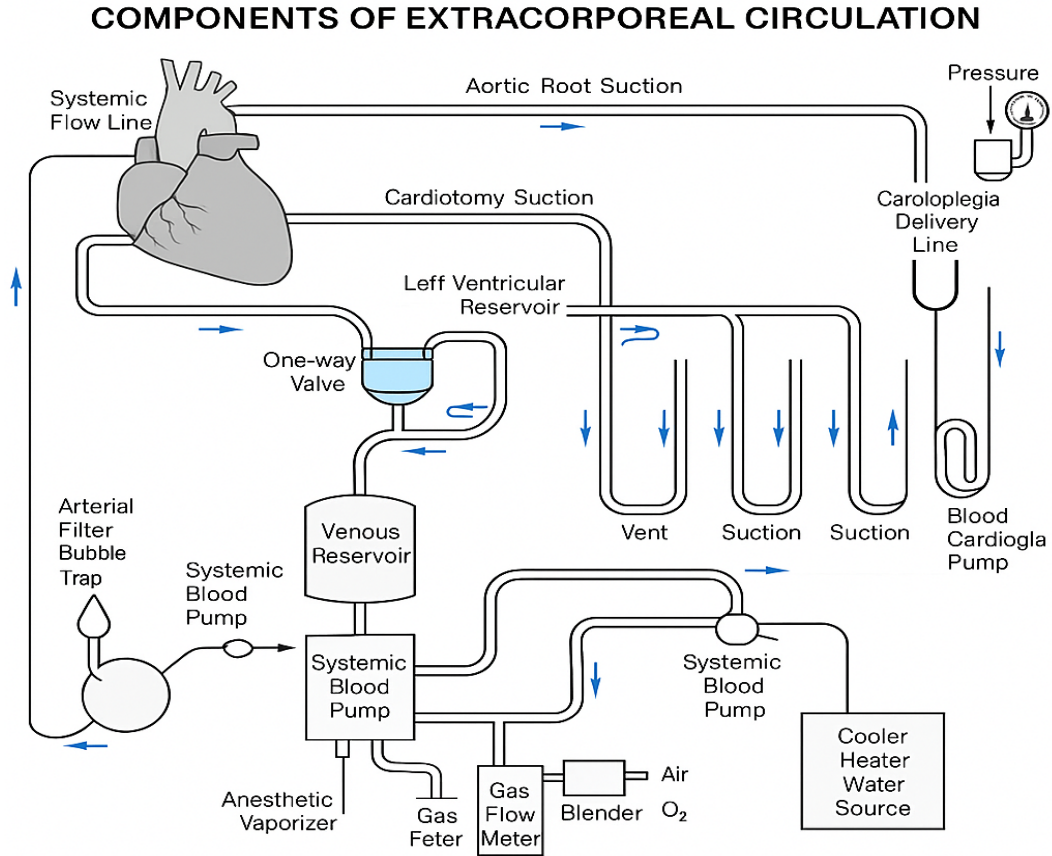
Kardiyopulmoner bypass (CPB), kalp cerrahisi sırasında kalp ve akciğerlerin işlevlerini geçici olarak devralan bir dizi makine ve teknikten oluşan kompleks bir sistemdir. Bu sistem, kalp cerrahlarının kalp üzerinde çalışırken hastanın kan dolaşımını ve oksijenasyonunu sürdürmelerine olanak tanır. Kardiyopulmoner bypass'ın tarihçesi, tıbbi teknoloji ve cerrahi tekniklerdeki önemli ilerlemelerle şekillenmiştir. Bu sistemin geliştirilmesi, 20. yüzyılın ortalarında başlamıştır. İlk olarak, 1950'lerde Dr. John H. Gibbon Jr. tarafından kalp cerrahisi sırasında kan dolaşımını ve oksijenasyonunu sağlamak amacıyla "heart-lung machine" (kalp-akciğer makinesi) olarak adlandırılan bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz, hastanın kanını aldıktan sonra oksijenle zenginleştirip, karbondioksiti gidererek tekrar hastanın damarlarına veriyordu. 1953 yılında, Dr. Gibbon bu makineyi kullanarak ilk başarılı açık kalp ameliyatını gerçekleştirmiştir. Bu ameliyat sırasında, bir atriyal septal defekti olan 18 yaşındaki bir hastanın kalbine başarılı bir şekilde müdahale edilmiştir (13). Sonraki yıllarda, kardiyopulmoner bypass teknolojisi hızla gelişmiştir. 1960'lar ve 1970'ler boyunca, makine ve teknikler daha da geliştirilerek, kalp cerrahisinin kapsamının genişlemesine olanak sağlanmıştır. Bu gelişmeler, CABG, kalp nakli ve diğer kompleks kalp cerrahi işlemlerinin gerçekleştirilmesini mümkün kılmıştır (14). 1980'ler ve 1990'lar, kardiyopulmoner bypass'ın daha da geliştirilmesi ve minimal invaziv cerrahi tekniklerin ortaya çıkmasıyla karakterize edilmiştir. Bu dönemde, daha küçük ve daha verimli makinelerin geliştirilmesi, cerrahi işlemlerin daha az travmatik hale gelmesini sağlamıştır (15). 2000'li yıllarda, kardiyopulmoner bypass teknolojisi daha da ilerlemiş, yeni nesil makineler ve teknikler geliştirilmiştir. Bu gelişmeler, kalp cerrahisinin daha güvenli, daha etkili ve daha az invaziv hale gelmesini sağlamıştır (16).

Bugün, kardiyopulmoner bypass, kalp cerrahisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu teknoloji, kalp cerrahlarının daha kompleks ve riskli işlemleri gerçekleştirmelerine olanak tanır. Kardiyopulmoner bypass'ın tarihçesi, tıbbi teknoloji ve cerrahi tekniklerdeki önemli ilerlemelerin bir yansımasıdır ve kalp cerrahisi alanında devam eden gelişmelerin bir göstergesidir.

2.1.2 Ekstrakorporeal Dolaşımın Bileşenleri

CPB devresi, pompalar, kanüller, tüpler, rezervuar, oksijenatör, ısı değiştirici ve arteriyel hat filtresi gibi bileşenleri içerir. Modern CPB makineleri, basınç, sıcaklık, oksijen doygunluğu, hemoglobin, kan gazları, elektrolitler gibi parametrelerin izlenmesi için sistemlere sahiptir. Ayrıca, güvenlik özelliklerine sahip olup, bunlar arasında köpük dedektörleri, oksijen sensörü ve rezervuar düşük seviye algılama alarmı gibi özellikler bulunur.

Şekil-2.1. Ekstrakorporeal Dolaşımın Bileşenleri



Pompa

"Roller pompalar, dönen bir kol üzerinde konumlandırılmış iki silindirik roller içerir. Bir eksen etrafında dönen küçük iki silindir lastik tüpü sıkıştırarak tüpün içindeki kanı ileri doğru itmektedir. Ancak, bu eylem hemoliz ve tüp hasarı oluşturabilir ve bunların görülme sıklığı zamanla artar. Bu nedenle, roller pompaların uzun süreli işlemlerde kullanılması önerilmez. Sentrifugal pompalar, içlerinde konsentrik koniler bulunan bir muhafaza içerir. Hızlı bir şekilde döndürüldüğünde, bir girişte negatif basınç ve diğerinde pozitif basınç oluşturur, böylece kanı ileriye doğru iter. Sentrifugal pompalar, akışı sağlamak için sürekli dönen bir pervane kullanır ve basınca karşı hassas yapıdadır. Sistemik vasküler direnç (SVR) yükseldiğinde, yani periferik arterlerdeki direnç arttığında, pompanın karşılaştığı art yük (afterload) artar. Sentrifugal pompalar bu artan dirence karşı basınç üretilmediği için, sabit bir debi sağlayamazlar. Eğer bu durumda pompa hızı artırılmazsa veya direnç azaltılmazsa, pompadan çıkan kan miktarı azalır ve bu da kardiyak debide düşüşe yol açar. Sentrifugal pompalar, uzun süreli işlemlerde trombosit korunmasını, böbrek fonksiyonunu ve nörolojik sonuçları iyileştirebilir (17).

Kanül ve Hatlar(Tubing)

Kanülasyon, hastayı devreye ve dolayısıyla CPB makinesine bağlar. Polivinil klorürden (PVC) yapılmışlardır ve eğilmeye bağlı tıkanmayı önlemek için tel takviyelidir. Venöz kanüller: tek aşamalı kanüller, çoğu açık kalp cerrahisinde kullanılır, burada iki kanül superior ve inferior vena kava'ya yerleştirilir ve bir Y-parçasıyla birleştirilir. Çift aşamalı kanüller, çoğu kapalı kalp prosedürlerinde kullanılır, burada tek bir kanül sağ atriyumuna yerleştirilir. Drenaj, yerçekimi yoluyla gerçekleşir. Rezervuara uygulanan vakum, daha küçük kanüller ve tüplerin kullanılmasına izin verir, böylece devre hacmi azalır. Alternatif bir kanülasyon alanı, minimal invaziv veya yeniden cerrahi işlemlerde femoral vena yerleştirilen uzun bir kanüldür. Transözofageal ekokardiyografi (TEE), kanüllerin uygun yerleştirilmesinin değerlendirilmesine yardımcı olur. Kalbin sol tarafının

boşaltılması için bir vent gereklidir, çünkü bronşiyal ve tebesian damarlarından akan kanın boşaltılması gerekir.Arteriyel bir kanül genellikle asendan aortaya yerleştirilir. Acil durumlar, yeniden cerrahi, minimal invaziv cerrahi veya asendan aorta ve arkus aortanın dahil olduğu işlemlerde bölgesel perfüzyon elde etmek gibi durumlarda femoral, innominat veya aksiller arter gibi alternatif bölgeler kullanılabilir.

Hatlar genellikle PVC'den yapılır, çünkü PVC'nin dayanıklılığı ve kabul edilebilir hemoliz oranı vardır. PVC'ye esneklik kazandırmak için eklenen plastikleştiricilerden di(2-etilheksil) ftalat potansiyel olarak toksiktir ve tüpten sızdığı gösterilmiştir (18). Daha yeni olan plastikleştiricilerden dioctyl adipat, daha az sızma göstermekte olup çalışmaları devam etmektedir. PVC'nin (Polivinil Klorür) özellikleri, tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır ancak, plastikleştiricilerin potansiyel toksisitesi ve tüpten sızma olasılığı, yeni ve daha güvenli alternatiflerin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Oksijenatör

Kardiyopulmoner baypas (KPB) sırasında, hastanın oksijenlenmesini sağlayan temel bileşenlerden biri olan oksijenatör, hastanın akciğer fonksiyonlarını geçici olarak üstlenir ve dolaşımdaki kanın gaz alışverişini gerçekleştirir. İdeal bir oksijenatörde dört ana faktör bulunmalıdır:

1.Maksimum gaz transferi: Kanın yeterli oksijenlenmesi ve karbondioksit eliminasyonu sağlanmalıdır.

2.Kolay oksijen-karbondioksit kontrolü: Cihazın hem oksijen hem de karbondioksit seviyelerinin hassas bir şekilde kontrol edilebilmesi gerekir.

3.Kan travmasının en aza indirilmesi: Kan elemanlarının oksijenatörden geçerken en az zarar görmesi sağlanmalıdır.

4.Optimum ısı değiştirici performansı: Vücut sıcaklığını korumak ve metabolik ihtiyaçları dengelemek için etkin bir ısı değişimi sağlanmalıdır.

Oksijenatörlerin iki ana tasarımı vardır: bubble oksijenatörler ve membran oksijenatörler. Bu iki sistem, farklı tekniklerle kanın oksijenlenmesini sağlar.

Bubble oksijenatörler dört ana bileşenden oluşur:

•Oksijenlendirme bölümü: Oksijen, difüzyon plağı yardımıyla venöz kan içerisinde binlerce küçük baloncuk oluşturur. Bu baloncuklar, oksijen ve karbondioksit değişimini sağlar.

•Baloncuk oluşumunu engelleyen (defoaming) bölüm: Oksijenlenen kanın hava kabarcıklarından arındırılması bu bölümde gerçekleşir.

•Venöz rezervuar: Oksijenlenen kanın depolandığı ve dolaşıma geri verildiği kısımdır.

•Isı değiştirici: Kanın vücut sıcaklığını koruyacak şekilde ısıtılması veya soğutulmasını sağlar.

Bubble oksijenatörlerde, oksijenin küçük baloncuklar halinde kana verilmesi oksijenlenme oranını artırsa da, bu durum hava embolisi ve kan elemanlarının zarar görme riskini yükseltir. Bu nedenle, bu tür oksijenatörler günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Üretimi sona eren bubble oksijenatörler, dakikada 1-7 litre kan akışı ile yaklaşık 350-400 ml oksijen sağlar ve 300-330 ml karbondioksiti uzaklaştırabilir (19).

Membran oksijenatörler gaz ve kan arasındaki gaz alışverişinin bir membran aracılığıyla gerçekleştirildiği sistemlerdir. İki alt tipi bulunmaktadır:

•Mikroporöz membran oksijenatörler (MPO): Günümüzde cerrahi işlemlerde en çok kullanılan tiptir. MPO'larda, gazın kana karışmasını engelleyen, ancak oksijen ve karbondioksit geçişini kolaylaştıran küçük gözenekli membranlar kullanılır. Bu membranlar, plazma ile kaplanarak gaz ve kanın doğrudan temasını engeller.

•True membran oksijenatörler (TMO): Daha çok ECMO (ekstrakorporeal membran oksijenasyonu) gibi uzun süreli oksijenasyon gerektiren işlemlerde kullanılır. TMO'lar, MPO'lara göre daha iyi bir akciğer fonksiyonu taklidi sunar. Kan ile gaz arasındaki transfer tamamen difüzyon prensibine dayanır. Ancak daha fazla prime hacmi gerektirdikleri ve maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle TMO'lar cerrahide daha az tercih edilmektedir (20).

Modern membran oksijenatörlerinde kullanılan membranlar, 0.3-0.8 mikrometre çapındaki mikroporöz polipropilen veya silikon kauçuk materyalinden yapılmıştır. Oksijenin difüzyonunu artırmak için, ince bir film tabakası boyunca geniş bir yüzeyde yayılması sağlanır. Aynı zamanda, gaz basıncı artırılarak difüzyon hızı yükseltilir. Oksijen, kan akımıyla membran arasındaki basınç farkı sayesinde kana transfer edilir. Karbondioksit transferi ise daha düşük basınç farkıyla sağlanır, çünkü karbondioksit plazmada daha iyi çözünür ve oksijenden yaklaşık 20 kat daha fazla geçirgenlik gösterir (21). Membran oksijenatörlerinin bir diğer avantajı, kan elemanlarına daha az zarar vermeleri ve hava embolisi riskini azaltmalarıdır. Bu sayede, daha uzun süreli güvenli kullanım sağlarlar. Dakikada 1-7 litre kan akışıyla 470 ml oksijen transferi sağlarken, 350 ml karbondioksiti elimine edebilirler. Ayrıca, prime hacimleri 250-500 ml arasında değişir ve cerrahi işlemlerde tercih edilen oksijenatörler arasında yer alırlar.

Rezervuar

Venöz rezervuar, kardiyopulmoner baypas (KPB) devrelerinde volüm rezervuarı olarak işlev görür ve arteriyel pompa öncesine yerleştirilir. Venöz dönüşün toplandığı nokta olup, perfüzyon sisteminin kanın geçici olarak depolandığı bölümüdür. Bu yapı sayesinde, venöz hatlardan gelen kan yerçekimi etkisiyle rezervuara akar ve burada toplanır. Tipik olarak, venöz hatlar yaklaşık 3000 cc kapasiteye sahiptir ve polivinilden yapılmıştır. Venöz rezervuar, perfüzyon sırasında çeşitli ilaçların, kan ürünlerinin ve prime sıvılarının güvenli bir şekilde verilmesini de sağlar (22). Venöz rezervuarlar iki ana tipte üretilir: sert (açık) rezervuarlar ve yumuşak (kapalı) rezervuarlar. Sert plastikten üretilen açık rezervuarlar, sabit hacim avantajına sahiptir ve atmosfere açık bir sistem sunar. Bu yapı, hacim ölçümlerinin kolaylığı, prime işlemlerinin basitliği ve venöz hava yönetiminin kontrol edilebilirliği gibi özellikleriyle avantaj sağlar. Ayrıca, vakum destekli venöz drenaj uygulamalarına olanak tanır ve ekonomik olarak daha uygun olabilir (23). Öte yandan, yumuşak kapalı rezervuarlar kollabe olabilen malzemeden yapılmıştır ve özellikle masif hava embolisi riskini azaltmada etkilidir. Bu tip rezervuarlar genellikle hava embolisi riskini önlemek için düşük hacim

seviyelerini veya arteriyel hatlarda hava tespit edildiğinde uyarı veren sistemlerle donatılmıştır (24). KPB devresine tam geçildiğinde, venöz rezervuar aracılığıyla hastadan sisteme 1 ile 3 litre arasında kan aktarılabilir. Bu rezervuar aynı zamanda, perfüzyon sırasında venöz dönüşün ani azalması veya kesilmesi durumunda sisteme birkaç saniyelik bir tepki süresi sağlar, bu da cerrahi müdahaleler sırasında hayati bir avantajdır. Bununla birlikte, venöz rezervuarların bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin, silikon köpük önleyici bileşenlerin kullanımı mikroemboli riskini artırabilir ve geniş yüzey alanı, kan elemanlarının aktivitesini olumsuz yönde etkileyebilir (25).

Kardiyopleji Sistemi

İntrakardiyak onarım sırasında, aortanın kros-klemp uygulanması gereklidir, bu da kalbi iskemik hale getirir. Kardiyopleji, kalbin elektromekanik arrestine neden olan ve böylece miyokardiyal oksijen tüketimini azaltan bir çözelti ile perfüze edildiği bir miyokardiyal koruma yöntemidir. Ameliyat sırasında kardiyopleji kanülü, kalbe daha yakın bir bölgeye (aortun proksimaline) yerleştirilir. Buna karşılık, aort kanülü kalpten daha uzak bir yere, yani aort klempinin distal tarafına yerleştirilir. Kardiyopleji, ya antegrad olarak aort köküne ya da retrograd olarak koroner sinüse veya her iki yolla da ayrı bir pompa ile verilir. Transezofageal ekokardiyografi (TEE), balon uçlu retrograd kanülün koroner sinüse yerleştirilmesinde rehberlik edebilir. Retrograd kardiyopleji tek başına sağ ventrikülün yeterli korumasını sağlayamaz. Ciddi aort yetmezliği durumunda koroner ostiuma kardiyopleji uygulanır.

Kardiyopleji kristalloid (soğuk) veya kan bazlı (sıcak veya soğuk) olabilir; sürekli veya aralıklı olarak verilebilir. Potasyum bazlı çözeltiler yaygın olarak kullanılır. Kan kardiyoplejisi, 1:1'den 8:1'e kadar değişen oranlarda oksijenlenmiş kan ve kristalloidin bir kombinasyonudur. Bikarbonat, mannitol, magnezyum, kalsiyum, adenosin, prokain, glikoz ve glutamat gibi maddeler eklenebilir.

Diğer devre bileşenleri, taze gazı kontrollü bir karışımda oksijenatöre ileten gaz hattı ve blender'dir. Ayarlanan FiO₂, PaO₂'yi belirlerken, toplam akış PaCO₂'yi belirler. Pompa sonrasında yer alan arteriyel hat filtresi, 20–40 µm'den

büyük partikülleri temizler. Devrenin yüzeyi çeşitli materyallerle kaplanarak biyoyumluluğun artırılması, inflamasyonun ve trombüs oluşumunun minimize edilmesi amaçlanmıştır. Kovalent olarak bağlı heparin devrelerinin, birçok çalışmada daha az inflamasyon ve trombosit aktivasyonu ile kanama ve transfüzyonların azalmasına neden olduğu kanıtlanmıştır (26–29). Yeni kaplama malzemeleri arasında poli-2-metoksietilakrilat, fosforilkolin ve trillium bulunmaktadır. Bir kaplama tipinin diğerine olan klinik yararları ise hala tartışmalıdır (30).

2.1.3 Yönetimi

Prime Solusyonu Verilmesi

Kardiyopulmoner bypass (CPB) devresinin hava giderilmesi, kristalloid ve kolloid karışımından oluşan prime çözeltiler ile yapılır. Prime, hemodilüsyona yol açarak hipotermi sırasında akışların iyileştirilmesini sağlar. Prime çözeltiye 3–4 ünite/ml heparin eklenir. Pre-bypass hemoglobini ve prime hacmine bağlı olarak, bypass sırasında hedef hematokriti korumak amacıyla dış kan eklenmesi gerekebilir (yetişkinlerde %21–24, çocuklarda %28–30). Aşağıdaki denklemler hedef hematokriti korumak kullanılır:

- Toplam dolaşım hacmi (TCV) = Hastanın kan hacmi + prime hacmi
- CPB'deki hedef hematokrit (Hct) = Hastanın kan hacmi (PBV) × Hct/TCV
- Prime eklenmesi gereken kan miktarı = (Hedef Hct × TCV) – (Hasta Hct × PBV)/Bağışçı kanının Hct'si

37°C'de, 70 kg ağırlığındaki normal metabolizmaya sahip bir yetişkinde kardiyak indeks 2.2–2.4 L/m²/dak'dır. Her 1°C sıcaklık düşüşü için, gerekli kardiyak output %7 azalır ve pompa akışı bu orana denk şekilde azaltılabilir. Hastanın vücut yüzey alanı (BSA) bilinerek, gerekli pompa akışı şu şekilde hesaplanır:

- Pompa akış hızı = BSA × Kardiyak indeks

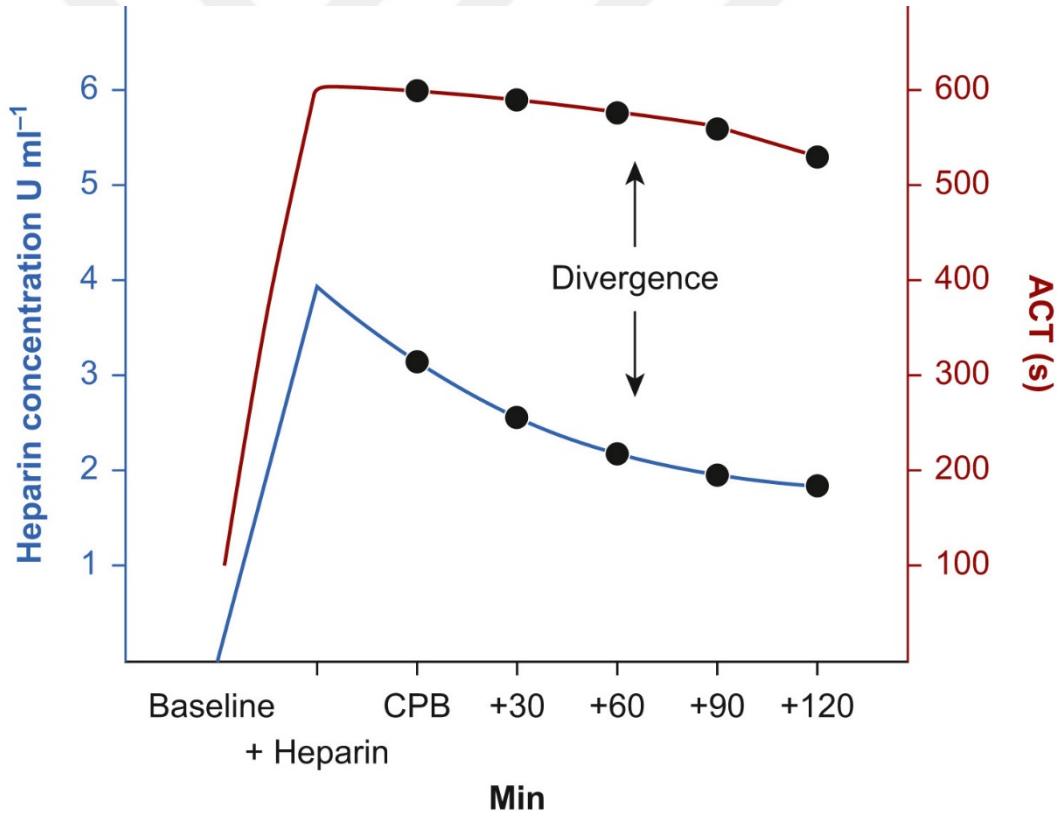
Antikoagölasyon ve KPB başlama

CPB sırasında pıhtı oluşumu hayatı tehdit eder. Heparinizasyonun yeterliliğini operasyon esnasında değerlendirmek için kullanılan aktive pıhtılaşma süresi (ACT), normalde 80 ila 120 saniye arasında değişir (31). Bu süre, hemodilüsyon ve hipotermiden etkilenebilir. Bypass sırasında ACT, her 30-40 dakikada bir izlenmelidir. Aktive Pıhtılaşma Süresi (ACT) ölçümünde yaygın olarak kullanılan otomatik cihazlar arasında, Amerika Birleşik Devletleri menşeli Werfen USA LLC tarafından üretilen Hemochron® sistemi ile yine ABD merkezli Medtronic firmasının geliştirdiği HemoTec® cihazları yer almaktadır. Ancak bu cihazlar arasında ölçüm sonuçları açısından standardizasyon bulunmamaktadır. Özellikle pediatrik hastalarda yapılan karşılaştırmalı ölçümlerde, Hemochron® cihazı ile elde edilen ACT değerlerinin, HemoTec® cihazına kıyasla belirgin şekilde daha uzun olduğu bildirilmiştir (32,33). Antikoagölasyonun titrasyonu için diğer yöntemler arasında heparin doz-yanıt eğrisi ve plazma heparin konsantrasyonunu ölçen ABD merkezli Medtronic firmasının geliştirdiği Hepcon® cihazı bulunmaktadır. Bazı hastalarda, hedef ACT'ye ulaşmada zorluk görülebilir ve ek heparin dozlarına yanıt olarak hedef ACT sonunda elde edilir. Heparin direnci, yüksek dozda heparine (800-1000 U/kg) rağmen hedef ACT'ye ulaşamaması durumudur (34). Bu durumun nedenleri arasında ileri yaş, yakın zamanda heparin kullanımı, nitrogliserin infüzyonu, trombositoz ve antitrombin III eksikliği (konjenital/kazanılmış) yer alır. Tedavi olarak antitrombin III konsantreleri (1000 ünite) veya taze donmuş plazma (2-4 ünite) uygulanır (35). Heparin maruziyeti, heparin kaynaklı trombositopenisi olan ve CPB gerektiren hastalarda endişe kaynağıdır. Alternatif antikoagölünler arasında lepirudin, argatroban, danaparoid ve bivalirudin bulunur ve bunların hiçbirinin spesifik bir ters çevirme ajanı yoktur. Bivalirudinin avantajı, bivalirudin bağlı trombin tarafından metabolize edilmesi nedeniyle 24 dakikalık kısa yarı ömre sahip

olmasıdır (31). Bu nedenle, devrede stazı önlemek için dikkatli olunmalıdır, çünkü bivalirudin statik kanda sürekli dolaşım olmaması durumunda tüketilecektir.

Arteriyel kanülasyon öncesinde, 300 U/kg IV heparin uygulanır ve 3 dakika sonra ölçülen hedefle ACT 480 saniyenin üzerinde olmalıdır. Arteriyel kanülasyon sırasında, aort diseksiyonu riskini azaltmak için sistolik basınç 90-100 mm Hg arasında tutulmalıdır. İlk olarak aort kanülasyonu yapılır, çünkü venöz kanülasyona bağlı hipotansiyon durumunda hacim resüsitasyonu sağlanabilir. Aort kanülü tüplere bağlandıktan sonra diseksiyonu dışlamak için hat basıncı kontrol edilir. Venöz kanülasyondan sonra, venöz klemp yavaşça açılarak tam CPB kurulumu sağlanır ve ardından ventilasyon durdurulur.

Şekil-2.2. Heparin Konsantrasyonu ve ACT ilişkisi



Anestezi ve Monitörizasyon

Perfüzyon basıncı, organ perfüzyonunun dolaylı bir göstergesi olarak kullanılır ve 50 ila 70 mmHg arasında tutulmalıdır. Hipertansif hastalar ve inme riski taşıyan bireyler, organ perfüzyonunu sağlamak için daha yüksek akış ve perfüzyon basınçlarına ihtiyaç duyarlar (36). Beyin kan akışının yeterliliğini değerlendirmek için serebral oksimetri, uyarılmış potansiyeller ve transkraniyal doppler kullanılabilir. Karışık venöz oksijen saturasyonu izleme, global oksijen sunumu ile talep arasındaki dengeyi tahmin etmek için kullanılabilir. Karışık venöz oksimetri %70 veya üzerinde tutulur, ancak bu bile tüm doku yataklarının yeterli perfüzyonunu garanti etmez (37).

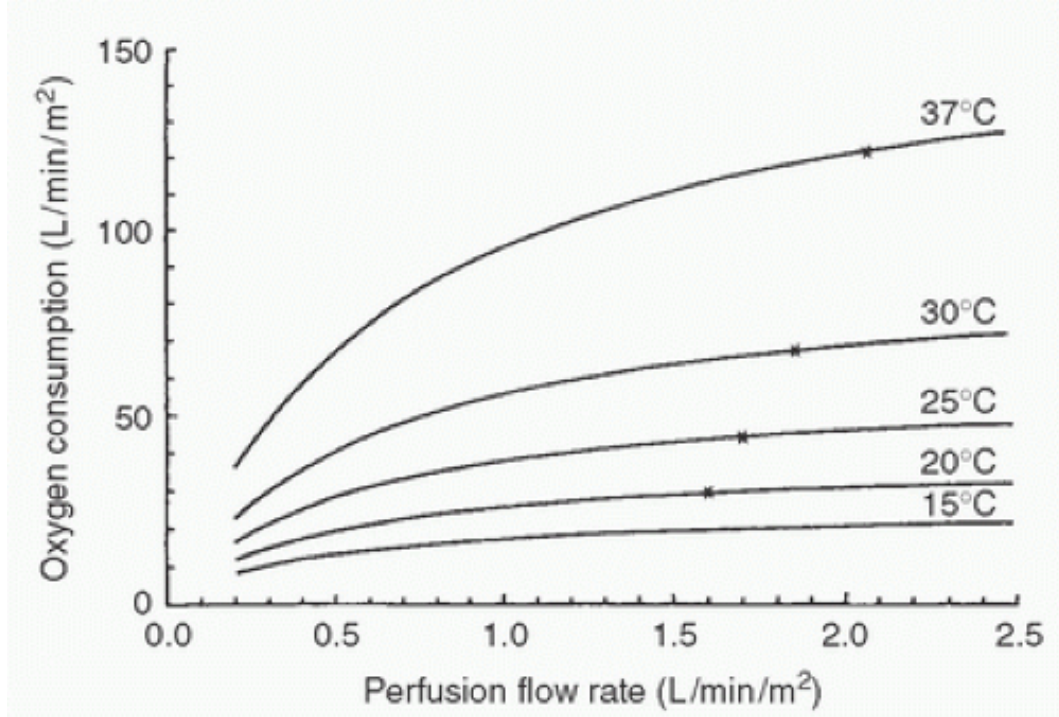
Hava embolisini önlemek için rezervuardaki kan seviyesi izlenmelidir. Santral venöz basınç (CVP) düşük olmalıdır. Yüksek CVP, zayıf venöz dönüşü gösterir. Aort hattı basıncı, kan sıcaklığı ve oksijenatöre gaz sağlama bütünlüğünün izlenmesi hayati önem taşır. Kan şekeri 120 ila 180 mg/dL arasında tutulmalıdır (38). Anestezi, inhalasyon yoluyla sürdürülebilir veya total intravenöz anestezi uygulanabilir. Uçucu anestezikler, miyokardiyal oksijen ihtiyacını azaltarak kardiyoprotektif etkiler sağlar. Hipotermi ile birlikte anestezik gereksinimler azalır, ancak hemodilüsyon ve değişen metabolizma nedeniyle ilaç farmakokinetiği de değişir, bu da değişken etkilere yol açar.

Asid-Baz Dengesi ve Sıcaklık

Asit-Baz dengesi özellikle hipotermik CPB ve derin hipotermik sirkülatuar arresti (DHCA) sırasında önemlidir. Soğutma ile CO₂, kanda daha çözünür hale gelir (parsiyel basıncı düşer) ve alkalozu neden olur. “Alfa” terimi, histidinin alfa-imidazol halkasına atıfta bulunur; bu halka, önemli bir hücre içi tampon görevi görür. Bu halkanın yük durumunun sabitliği, pH’ya bağlı hücresel süreçlerin düzenlenmesinde önemlidir. Alfa-stat yönetiminde, pH düzeltilmez ve hipotermi ile PaCO₂ düşmesine izin verilir. Kan gazları 37°C’de ölçülür ve düzeltilmez. Alfa-stat, serebral otonöregülasyonu koruyarak mikroembolileri sınırlar. Ancak, alfa-stat yönetiminin dezavantajı, serebral soğutmanın homojen olmamasıdır. pH-stat

yönetimi, hipotermi ile sabit bir pH ve PaCO₂ seviyesini korur. CO₂, oksijenatöre eklenir ve bu da serebral kan akışını artırarak daha fazla soğutma sağlar. Uzun süreli pH-stat yönetimi, ciddi asidoza yol açabileceğinden, yeniden ısınma aşamasında geleneksel alfa-stat'a geçiş yapılması gerekir. Orta dereceli hipotermisi olan yetişkinlerde, alfa-stat faydalıdır (39). Bebeklerde ise beyin hasarı daha çok hipoperfüzyon ile ilişkilidir, bu nedenle pH-stat yararlıdır (40,41). DHCA kullanıldığında, bir çapraz strateji uygulanabilir; soğutmanın başlangıç aşamasında pH-stat, ardından alfa-stat'a geçiş yapılabilir. Bu, serebral soğutmayı maksimize eder ve uzun süreli pH-stat yönetimi ile oluşabilecek ciddi asidozdan kaçınır (42).

Şekil-2.3. Farklı sıcaklık düzeylerinde perfüzyon akım hızı ile oksijen tüketimi arasındaki korelasyon



Sıcaklık yönetiminde kardiyopulmoner bypass (CPB) sırasında organları koruyucu etkileri olduğu düşünülen hipotermi sıklıkla kullanılır. Hipotermi ile kanın viskozitesi artar ve hemodilüsyona rağmen daha yüksek perfüzyon basıncının korunmasını sağlar. Ancak, hipotermi pıhtılaşma faktörlerini ve trombositleri geri dönüşümlü olarak inhibe eder. Hipotermik bypassın normotermik bypassa

üstünlüğü konusunda mevcut veriler henüz kesin değildir (43). Mutlak sıcaklıktan ziyade, yeniden ısınma hızı ve serebral hipertermi, beyin hasarını önlemede daha önemli bulunmuştur (44–46). Çekirdek sıcaklık izleme bölgeleri arasında rektum, idrar torbası, özofagus ve pulmoner arter bulunur. Nazofaringeal sıcaklık, serebral sıcaklığı tahmin etmek için kullanılabilir.

Ultrafiltrasyon

Kardiyopulmoner bypass (CPB) sırasında ve sonrasında ultrafiltrasyon, inflamatuvar mediatörleri ve fazla sıvıyı uzaklaştırarak hemokonsantrasyona yol açar. Geleneksel ultrafiltrasyon, bypass devresine yerleştirilen bir hemofiltreden yararlanır. Modifiye ultrafiltrasyon (MUF), cerrahi onarım tamamlandıktan sonra, protamin uygulanmadan önce kullanılır; kan arteriyel hattan alınır ve hemofiltreden geçirildikten sonra venöz hatta geri verilir. İlk kez 1991 yılında Naik ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (47). Birçok randomize kontrollü çalışma, özellikle pediatrik hastalarda MUF kullanımı ile azalan kan kaybı ve transfüzyon ihtiyacını göstermiştir (48).

Sonlandırma ve Nötralizasyon

Weaning(sonlandırma), ekstrakorporeal desteğin kademeli olarak çekilmesi ve kalbin dolaşımı devralması sürecidir. Başarılı bir weaning işlemi için birkaç adım gereklidir. Hipotermi kullanımı, yeniden ısınma dönemini gerektirir. Hızlı yeniden ısınma ve hipertermi, serebral yaralanmalarla ilişkilendirilmiştir. Nazofaringeal sıcaklık 37°C'yi aşmamalıdır, ancak bazı yazarlar 35.5°C–36.5°C sıcaklık aralığını kabul etmektedir. Isıtıcı ve venöz kan arasındaki sıcaklık farkı 10°C'yi geçmemelidir. Çekirdek ve periferik sıcaklık arasındaki yüksek fark, sıcaklık düşüşüne yol açabilir. Vazodilatör kullanımı, homojen yeniden ısınmayı sağlamak ve devre kanının transfüzyonu sırasında venöz kapasiteyi artırmak için faydalı olabilir. Ek anestezi dozları uygulanır; asit-baz dengesi, elektrolitler, PaO₂, PaCO₂, glukoz ve hematokrit normal sınırlarda tutulur. Aritmileri önlemeye yardımcı olmak amacıyla serum potasyumu 4.5–5 mmol/L arasında hedeflenir.

Açık kalp ameliyatlarından sonra kalpten hava çıkarılması yapılır. Transezofageal ekokardiyografi (TEE), hava çıkarılmasının yeterliliğini değerlendirmek için faydalıdır. Genellikle ön konumundan dolayı sağ koroner arterin etkilenmesi sonucu hava embolisi aritmilere, ST yükselmesine ve miyokardiyal disfonksiyona neden olabilir. Bu durum, perfüzyon basıncının artırılması ve venöz hattın kısmen klempenmesiyle pulsatil perfüzyonun sağlanmasıyla tedavi edilir. Kalp hızı, ritmi ve kasılma gücü değerlendirilir. Sinüs bradikardisi atropin ve/veya beta-adrenerjik agonistlerle tedavi edilirken, kalıcı atriyoventriküler blok durumunda epikardiyal pacing kullanılır. Aort kros klempinin kaldırılması, özellikle sol ventrikül hipertrofisine neden olan ciddi aort stenozu gibi durumlarda ventriküler fibrilasyon ile ilişkilendirilebilir. Defibrilasyon, 5-20 J bifazik enerji ile internal pedler kullanılarak sağlanır. Kalıcı disritmiler için amiodaron, lidokain ve magnezyum gibi antiaritmikler eklenebilir (49). Mekanik ventilasyon başlatılır ve perfüzyonist, venöz dönüşü kademeli olarak keserken pompa akışlarını azaltır ve kalbi doldurur. Weaning sırasında karşılaşılan sistemik hipotansiyon, hipovolemi, ventriküler disfonksiyon veya düşük sistemik vasküler dirençten (SVR) kaynaklanabilir. Hipovolemi, devreden kontrollü kan bolusları verilerek tedavi edilir. Düşük SVR, fenilefrin, noradrenalin veya vazopressin gibi vazopresörlerle tedavi edilir. İnotrop ihtiyacı, kasılma gücü görsel olarak ve TEE ile değerlendirilerek belirlenmelidir. Önceden mevcut sol ventrikül disfonksiyonu, ciddi pulmoner hipertansiyon, yetersiz miyokardiyal koruma ve uzamış kros klemp süresi, post-bypass dönemde inotrop kullanımını belirlemede dikkate alınması gereken faktörlerdir. Bir dizi inotrop mevcuttur, ancak bir inotropun diğerine üstünlüğünü destekleyen kanıtlar yetersizdir. Milrinon, dobutamin ve levosimendan gibi inodilatörler, artmış afterload ile birlikte ventriküler disfonksiyon durumunda kullanılabilir. Levosimendan kullanımı, mortalitede azalma ile ilişkilendirilebilir (50). Tüm önlemlere rağmen hasta weaning işleminde başarısız olursa, mekanik destek cihazları, intraaortik balon pompası, ventriküler destek cihazı veya ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) dikkate alınmalıdır. CPB'den ayrıldıktan sonra heparin, protamin ile 1:1–1:3 oranında geri çevrilir. Protamin 10–15 dakika içinde uygulanır. Protamin, üç farklı reaksiyona neden olabilir: Tip I (hızlı infüzyona bağlı hipotansiyon), Tip II

(anafilaksi) ve Tip III (pulmoner hipertansif kriz). Bu reaksiyonlar şiddetine bağlı olarak, protaminin durdurulması, sıvılar, vazokonstriktörler/inotropik ajanlar veya bypassa dönüş ile yönetilebilir. Protamin uygulaması tamamlandıktan sonra, aktive pıhtılaşma süresi (ACT) normale döndüğünü doğrulamak için kontrol edilir. Heparin içeren devre kanı transfüze edilirse, ek protamin verilmelidir. Yüksek dozda protamin, antikoagülasyona da neden olabilir. Özellikle obez hastalarda, kötü perfüze edilmiş bölgelerden ilacın serbest kalması nedeniyle, heparin reboundu görülebilir. Son adım, arteriyel kanülasyonun çıkarılmasıdır. CPB sonrası, radyal arter kateterleri, üst ekstremitedeki vazodilatasyon ve arteriovenöz şantlar nedeniyle merkezi aort sistolik basıncını olduğundan düşük gösterebilir, ancak ortalama basınç eşdeğerdir.

2.1.4 Komplikasyonlar

- **Mekanik ve Teknik Sorunlar**

Kardiyopulmoner Bypass (CPB) sırasında kullanılan tüpler veya bağlantı elemanları bükülebilir, çatlayabilir, ayrılabilir, yırtılabilir, üzerine basılabilir, sıkışabilir ya da trombüsle tıkanabilir ve bu durum acil tamirat gerektirebilir. Mekanik bir sorun, venöz dönüşü pompa ya da arteriyel akışı hastaya etkileyecek şekilde engelliyorsa, düşük akışlı dönemler meydana gelebilir. Bu dönemler kısa sürmezse, hipotermi sağlanması, başın buzla sarılması, eksitatör nörotransmitterleri inhibe eden bir anestezi uygulanması ve belki de steroidlerin verilmesi düşünülmelidir (51). Venöz rezervuar, ister atmosfere açık ister kapalı olsun, genellikle ilk olarak trombüsün fark edildiği yerdir. Bu özellikle, aktive pıhtılaşma süresi (ACT) terapötik düzeyde olmadığı veya CPB sırasında plazma ya da trombosit gibi prokoagülan ajanlar verildiğinde kontrol edilmelidir. Vakum destekli venöz drenaj kullanılıyorsa (kapalı devre ile), venöz sistem aşırı basınç altında kalabilir ve bu da aşırı negatif basınç oluşturarak venöz drenajın bozulmasına ya da venöz rezervuarın implozyonuna yol açabilir (52). Kanı santrifüj kuvvetiyle pompalayan santrifüj başı çatlayabilir ya da mıknaatısları ayrılabilir, bu da pompa arızasına neden olabilir. Oksijenatörün kendisi de CPB sırasında arızalanabilir. Bu,

başlangıçta PaCO₂ artışı ve ardından PaO₂ düşmesiyle fark edilebilir. Isı değiştiricide bir çatlak oluşması, kanın ısıtıcı-soğutucu su hatlarına karışmasına ya da venöz rezervuarda beklenmedik bir seviye artışına yol açabilir. Oksijenatör, pıhtının fark edildiği başka bir yer olabilir, özellikle yetersiz antikoagölasyon durumunda, hasta hiperkoagölabl bir duruma sahipse veya CPB süresi özellikle uzunsa soğuk aglutininleri olan hastalar için bu, özel bir sorun oluşturur. Bu hastalarda oksijenatörde kanın pıhtılaşması, terapötik antikoagölasyon sağlanarak ve hastanın termal amplitüdünün altında sıcaklıklardan kaçınılarak tedavi edilebilir (53). İnsan hatası, bypass devresi arızalarının en yaygın nedenlerinden biridir (54). Örneğin, oksijen ve anestezi gaz hatları oksijenatöre düzgün bir şekilde bağlanmamış olabilir. Başka bir örnek olarak, tüpler devreye bükülme olasılığına yol açacak şekilde bağlanabilir ve bu da çeşitli sorunlara neden olabilir.

- **Kanülasyon ve Olası Sorunlar**

Hastadan gelen ve hastaya giden yeterli kan akışı, kanüllerin ve bağlantıların doğru bir şekilde yerleştirilmesine bağlıdır. Nadir görülen bir hata, arteriyel ve venöz hatların pompadan yanlış bağlanmasıdır; bu durum, önemli miktarda arteriyel kanın pompa yönünde boşalmadan önce hemen fark edilmelidir. Aort kanülasyonu ile ilgili sorunlar arasında, kanülün aortun gerçek lümeninde olmaması yer alır. Bu durum, diseksiyona yol açabilir ve transözofageal ekokardiyografi (TEE) ile tespit edilebilir (55). Bu durumu önlemek için, perfüzyonist arter hattındaki nabızlı kan basıncını kontrol eder ve bu basıncı arteriyel kateter ile karşılaştırır, ardından test infüzyonu yapılır. Aort kanülasyon bölgesi, yalnızca cerrah tarafından palpasyon yoluyla değil, aynı zamanda transözofageal ekokardiyografi (TEE) ya da epikardiyal ultrason görüntüleme ile kalsifikasyon açısından incelenmelidir. Aort kanülasyonunun intraluminal kısmı oldukça kısa olacak şekilde tasarlandığı için yanlış yerleştirilme olasılığı daha düşüktür. Femoral, aksiller veya subklavian gibi periferik kanülasyonlar gerektiğinde, kılavuz telin gerçek lümeninde olduğundan emin olmak için TEE kullanılmalıdır. Kanüller, çıkan aortaya doğru ilerletilirken ekokardiyografi rehberliği sağlanmalıdır. Aort arteriyel kanülü de yanlış yönlendirilebilir. Örneğin, kanül ucu innominate artere

doğru yönlendirilirse, o damar yatağında hiperperfüzyon olabilir ve vücudun geri kalanında hipoperfüzyon olabilir. Benzer şekilde, doğrudan aksiller arter kanülasyonu gerçek lümeni kaçırabilir ve bu da diseksiyon ile vücuda yetersiz kan akışına yol açabilir. Arterdeki ya da ona bağlı bir greftteki bir bükülme, arteriyel girişe yüksek direnç oluşturabilir. Eğer aksiller arter kanülü çok derin yerleştirilirse, dolaşım durdurma dönemlerinde innominate arterin klempenmesi sırasında tıkanabilir. Benzer şekilde, femoral arter kanülasyonu, damar diseksiyonuna yol açarak vücuda yetersiz akış sağlayabilir. Bu damar üzerindeki “tam kat” hasar, kan hacmi ve hematokrit düşüşü ile kendini gösteren retroperitoneal kanamaya yol açabilir (56).

Venöz kanülasyon genellikle sağ atrium yoluyla iki veya üç aşamalı bir kanül ile gerçekleştirilir. Eğer kanül çok derin yerleştirilirse, inferior vena kavaya sıkışarak yetersiz venöz drenaja yol açabilir. Ayrıca, venöz kanüllerin hepatic venlere yerleşmesi venöz dönüşü daha da azaltabilir. Eğer kanül yeterince derin yerleştirilmezse ve drenaj delikleri atmosfere maruz kalırsa, hava pompa yönünde ilerleyerek “hava kilidi” oluşturabilir ve venöz drenaj tamamen durabilir. Çok büyük bir venöz kanül, inferior vena kavanın ve sağ atriumun kanül etrafında çökmesine neden olabilir ve bu da venöz hat üzerinde “chatter” (titreme) olarak kendini gösterebilir, venöz drenajın zayıflamasına ve vücudun alt kısmında tıkanmaya yol açabilir. Bu venöz hipertansiyon, perfüzyon basıncının azalmasına ve buna bağlı olarak renal ve visseral iskemik hasara neden olabilir (57).

Benzer bir sorun, bikaval kanülasyonda da ortaya çıkabilir; inferior vena kava kanülü çok büyük veya çok derin olmamalıdır. Bu venöz kanüllerin yerleştirilmesinde TEE çok yardımcı olmasa da, femoral venöz kanülasyon yapılırken TEE rehberliği son derece önemlidir (58). Bu uzun kanül, çok sayıda yan deliğe sahip olup, doğru bir şekilde yerleştirilmesi için superior vena kavada sonlanmalıdır. Kılavuz tel ve dolayısıyla kanül ucu superior vena kavaya (SVC) yerleştirilmezse, kalbin perforasyonu veya çok zayıf venöz drenaj olasılığı artar.

Kardiyopleji kanülleri genellikle aort kökü veya koroner sinüs içine yerleştirilir. Aort kök kanülünün yanlış yerleştirilmesi, yine TEE ile fark edilebilecek bir aort diseksiyonuna yol açabilir. Ekokardiyografi ayrıca koroner

sinüs kateterinin yerleştirilmesini doğrulamak veya yönlendirmek için de kullanılabilir. Bu kanülle ilgili sorunlar arasında koroner sinüsün perforasyonu veya rüptürü ya da yetersiz derinlikte kanülasyon nedeniyle yetersiz kardiyopleji verilmesi yer alır. Açık aort vakalarında, koroner ostial perfüzyon kateterleri kullanılabilir ve bunlar koroner arterlerin kendisinde diseksiyona neden olabilir. Bu durum, CPB'den ayrılma(weaning) girişimleri sırasında iskemik miyokardiyal disfonksiyon ve elektrokardiyografik değişiklikler olarak ortaya çıkabilir.

- **Embolizasyon**

Kardiyopulmoner Bypass (CPB) sırasında devrede hava bulunması önemli bir sorun olabilir. Bu durum, venöz hatların dikkatli incelenmesiyle görülen küçük hava kabarcıklarından, hastaya giren büyük hava embolisine kadar değişiklik gösterebilir (59). Venöz dönüş tarafına hava girişi genellikle kanüllerin yanlış yerleştirilmesi, atriyum ya da venlerin cerrahi yaralanması, devrede aşırı negatif basınç veya kapatılmamış merkezi venöz kateterler gibi hatalar nedeniyle oluşur. Büyük miktarda venöz hava, “hava kilidi” oluşturabilir ve venöz dönüşü engelleyebilir. Devredeki filtreler çoğu hava kabarcığını etkili bir şekilde temizlese de, büyük miktarda venöz hava, arteriyel hatta hava girmesine yol açabilir. Bu durum, beyin ve diğer organlar üzerinde yıkıcı etkiler yaratarak nöbetler ve diğer iskemik nörolojik yaralanmalara neden olabilir. Büyük miktarda venöz hava görüldüğünde, hastanın Trendelenburg pozisyonuna getirilmesi, arteriyel akışın geçici olarak azaltılması, venöz rezervuarda bir miktar kan tutulması ve havanın kaynağının hızla tespit edilmesi uygun bir yanıt olacaktır. CPB'den ayrılma sonrası geçici bir iskeminin görülmesi, süpüne pozisyonundaki bir hastada sağ koroner arter (RCA) ostiyumu üstte yer aldığı için özellikle RCA dağılımında yaygındır. CPB sırasında küçük partikül maddeler de embolize olabilir ve koroner dolaşıma girebilir. Bu durum, CPB'den ayrılırken, iskemik elektrokardiyografik değişiklikler ve miyokardiyal disfonksiyon olarak kendini gösterebilir.

2.2. KPB ve Düşük Tidal Volüm ile Devamlı Ventilasyon

KPB sırasında akciğerlerin uzun süre deprese edilmesi, kanın KPB devresiyle teması ve non-pulsatil akım nedeniyle ortaya çıkan sistemik inflamatuvar

yanıt sendromunu (SIRS) şiddetlendirebilir ve YBÜ’de erken postoperatif süreci olumsuz etkileyebilir (60). Hipoksi, atelektazi , intrapulmoner şantların artışı, kapiller permeabilitenin artması, gaz değişiminde bozulma ve enfeksiyon yatkınlığının yükselmesi, KPB’ye bağlı pulmoner komplikasyonlar arasında yer almakta olup, bu durum genel klinik sonucun kötüleşmesine yol açabilir. KPB sonrası gelişen akciğer hasarlarını en aza indirmek veya tamamen önlemek amacıyla çeşitli teknikler araştırılmıştır. Çoğu yaklaşım, steroidler, statinler veya heparin gibi ilaçların uygulanmasıyla inflamasyonu azaltmaya odaklanmıştır. Farmakolojik olmayan stratejiler ise KPB sisteminin küçültülmesi, biyouyumlu materyallerin kullanımı ve kan filtrelerinin entegrasyonu üzerine yoğunlaşmıştır. Bu stratejilerin bazıları, sitokin üretiminin azalması ve reaktif oksijen türlerinin oluşumunun önlenmesi gibi umut verici başlangıç sonuçları vermiştir; ancak klinik sonuçlar açısından belirgin bir iyileşme sağladıkları henüz kanıtlanamamıştır.

KPB sırasında düşük tidal volüm ve düşük frekanslı mekanik ventilasyon uygulanması, kardiyak cerrahi geçiren hastalarda uzun süreli akciğer deprese edilmesini önlemek için düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir stratejidir. Bu müdahalenin temel dayanağı, KPB sırasında akciğer parankiminin normal hacimde kalmasını sağlayarak potansiyel olarak koruyucu bir etki göstermesi beklenmektedir.

2.3. KPB’de Sürfaktan ve Pulmoner Fonksiyon İlişkisi

Kardiyopulmoner baypas uygulanan hastalarda yoğun bakım ünitesinde uzamış mekanik ventilasyon gerekebileceği bildirilmiştir. Bu durum, hem morbidite hem de mortalitede artışla ilişkilidir (61). Mekanik ventilasyonun durdurulmasıyla gelişen atelektazi ve CPB sırasında kullanılan yabancı dolaşım sistemi, pulmoner surfaktan yapısını etkileyebilir; bu değişikliklerin uzamış mekanik ventilasyon süresiyle ilişkili olup olmadığı ise netlik kazanmamıştır.

Akciğer kompliyansını artırarak ve alveoler yüzey gerilimini azaltarak atelektaziyi önleyen pulmoner surfaktan, alveoler tip II hücreler tarafından sentezlenir ve bileşiminde %10 oranında protein (özellikle surfaktan proteinleri A, B, C ve D) ve %90 oranında fosfolipit bulunur. Fosfolipitler, büyük surfaktan

agregatları (LA) ve küçük surfaktan agregatları (SA) olmak üzere ikiye ayrılır. LA, SA'nın metabolik öncülleri olup yüzey geriliminin azaltılmasında en etkili olan yapılardır (62).

Akut akciğer hasarı modellerinde LA, orantısız şekilde SA'ya dönüşmektedir. Bunun sonucunda SA:LA oranında artış görülmekte ve bu dengesizlik, azalmış akciğer kompliyansı ve solunum fonksiyon bozukluğu ile ilişkilendirilmektedir. Normal surfaktan üretimi ve fonksiyonu, atelektaziyi önlemede ve uzamış mekanik ventilasyon ihtiyacını azaltmada temel bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Ameliyat sırasında gelişen atelektazi ve buna eşlik eden alveoler inflamasyonun, intraoperatif gaz değişiminde azalma ve sonrasında uzamış mekanik ventilasyon gereksinimi ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir (63).

CPB sırasında, ventilasyon çoğunlukla durdurulmakta ve bu da akciğerlerin fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC) seviyesine kadar kollabe olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, hastanın kanının yabancı baypas devresiyle temas etmesi, sistemik inflamatuvar yanıt sendromuna (SIRS) neden olabilir. Bu durum, surfaktan konsantrasyonu ve etkinliğini olumsuz etkileyerek atelektaziye katkıda bulunabilir (64).

3. MATERYAL VE METHOD

3.1. Hasta seçimi ve Takibi

Bu çalışma, Haziran 2024 ile Şubat 2025 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen izole koroner arter bypass greftleme (CABG) operasyonları kapsamında yürütülmüştür. Çalışmaya, yalnızca izole CABG uygulanan ve perioperatif takibi eksiksiz gerçekleştirilebilen hastalar dahil edilmiştir. Toplamda 50 hastanın verileri toplanarak değerlendirme süreci tamamlanmıştır. Çalışmaya başlamadan önce, tüm hastalara ve yakınlarına çalışma hakkında kapsamlı bilgi verilmiş, katılımın gönüllülük esasına dayalı olduğu belirtilmiş ve yazılı onam formları imzalatılmıştır. Etik uygunluk, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve 5/9/2024 tarihli, TBAEK-555 sayılı karar ile onaylanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'ne ait Elektronik Hasta Dosyası Sistemi'nden (veritabanı), hastalara ait epikriz formlarından, laboratuvar sonuçlarından ve hastalardan doğrudan alınan anamnez bilgilerinden elde edilmiştir. Verilerin doğruluğunu artırmak amacıyla tüm kaynaklar karşılaştırılarak eksik veya hatalı bilgiler kontrol edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilecek hasta grubunun homojenliğini sağlamak amacıyla belirli dışlama kriterleri uygulanmıştır. Buna göre:

- Redo cerrahisi geçiren hastalar,
- Acil cerrahi girişime ihtiyaç duyan olgular,
- Preoperatif dönemde aktif inflamatuvar veya infektif akciğer hastalığı bulunan hastalar,
- Tanımlanmış renal yetmezlik öyküsü olan hastalar,
- Kronik karaciğer hastalığı tanısı konmuş bireyler çalışma dışında tutulmuştur.

Hastaların kardiyopulmoner bypass (CPB) yöntemiyle total veya parsiyel ekstrakorporeal dolaşıma alınıp alınmayacağı, cerrahi ekibe bağımsız bir

araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Klinik takip ve tedavi s¼recinde g¼rev alan diğer sağlık personeli ise hastanın bypass tekniği hakkında bilgilendirilmemiş ve b¼y¼ce k¼rleme (blinding) y¼ntemi sağlanmıştır. Bu yaklaşım ile olası g¼zlemci yanlılıklarının ¼n¼ne geçilmesi amaçlanmıştır.

3.2. Çalışma Tekniği

3.2.1 Anestezi

Anestezi uygulamasına geçilmeden ¼nce, t¼m hastalara antimikrobiyal profilaksi amacıyla standart olarak intraven¼z yoldan 1 gram sefazolin uygulanmıştır. Anestezi y¼netimi s¼resince her hastaya ¼nceden belirlenmiş bir standart protokol doğrultusunda m¼dahale edilmiştir. Başlangıçta, hastaların t¼m¼ %100 oksijen ile yeterli s¼re boyunca preoksijenize edilerek anestezi ind¼ksiyonuna hazırlanmıştır. Anestezi ind¼ksiyonu, sedatif ve analjezik ajanlar olarak midazolam ve fentanil kullanımı ile başlatılmış; ardından hipnotik bir ajan olan propofol ile derinleştirilmiştir. Kas gevşemesi sağlamak amacıyla rokuronyum uygulanmış, volatil anestezi ajan olarak ise izofluran tercih edilmiştir. Operasyon s¼resince, kas gevşetici ihtiyacını karşılamak ¼zere intraoperatif d¼nemde ek doz vekuronyum kullanımı gerçekleştirilmiştir. Cerrahi m¼dahale sırasında ortaya çıkan hipertansif epizodlar, anestezi derinliğinin artırılması amacıyla izofluran konsantrasyonunun y¼kseltilmesi, intraven¼z gliseroltrinitrat inf¼zyonu ve gerektiğinde ek fentanil bolusları uygulanarak kontrol altına alınmıştır. ¼te yandan, gelişen hipotansif ataklarda hemodinamik stabilitenin korunması amacıyla adrenalin başta olmak ¼zere çeşitli inotropik ajanların titrasyonlu inf¼zyonları tercih edilmiştir. T¼m farmakolojik m¼dahaleler, hastaların intraoperatif hemodinamik parametrelerini optimal aralıktaki tutmak ve olası komplikasyonları en aza indirmek hedeflenerek uygulanmıştır.

3.2.2 KPB , Cerrahi Teknik, Ventilasyon Stratejisi

Çalışma kapsamındaki hastaların büyük çoğunluğunda, median sternotomi sonrası sol internal mamaryen arterin (LIMA) hazırlanması sırasında sol plevra açılmıştır. Sadece iki hastada sol plevra bütünlüğü korunmuştur. Tüm olgularda sistemik antikoagülasyon, 3 mg/kg dozunda intravenöz heparin uygulanarak sağlanmış; aktif pıhtılaşma süresinin (ACT) 500 saniyenin üzerine çıkmasıyla birlikte hipotermik kardiyopulmoner bypass (KPB) başlatılmıştır. KPB sırasında vücut ısısı minimum 29 °C olacak şekilde sürdürülmüştür. Perfüzyon yönetimi, pompa akımı 2,4 L/dakika/m² ve ortalama arteriyel basınç 60–70 mmHg aralığında olacak şekilde optimize edilmiştir. Miyokard koruması, tüm hastalarda modifiye Del Nido kardiyopleji solüsyonu ile sağlanmış; kardiyopleji uygulanmasının ardından aortik klempleme gerçekleştirilmiştir. Cerrahi olarak hem tüm distal hem de proksimal anastomozların tamamlanmasının ardından aortik klemp kaldırılmış ve KPB sonlandırılmıştır. Bypass sonrası heparin nötralizasyonu amacıyla protamin sülfat kullanılmıştır. İntraoperatif dönemde hemodinamik destek gereksinimi doğan hastalarda dopamin, dobutamin, adrenalin ve noradrenalin infüzyonları uygulanmıştır. Hipertansif seyreden olgularda gliseril trinitrat tercih edilmiştir.

Tüm hastalar, KPB öncesi ve sonrası dönemlerde %50–60 oranında oksijen konsantrasyonu ile ventile edilmiştir. Arteriyel oksijen satürasyonu yeterli olduğu sürece FiO₂ düzeyi artırılmamıştır. Mekanik ventilasyon parametreleri pre- ve post-bypass dönemlerinde tidal volüm 5–7 mL/kg, solunum sayısı ise 10–12/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu parametreler, arteriyel parsiyel karbondioksit basıncı (PaCO₂) doğrultusunda bireysel olarak titrasyonlanmıştır. Hastaların bir kısmı, KPB süresince “düşük tidal volüm ventilasyon” protokolü kapsamında; %21 FiO₂(hava), tidal volüm 3 mL/kg, solunum sayısı 6/dk ve 8 mmHg PEEP (Positive End-Expiratory Pressure) ile sürekli mekanik ventilasyona tabi tutulmuştur. Diğer hasta grubuna ise KPB süresince ventilasyon uygulanmamıştır. Cerrahi işlemin tamamlanmasının ardından tüm hastalar, hemodinamik ve solunumsal açıdan stabil durumda, volüm kontrollü ventilasyon modunda yoğun bakım ünitesine alınmıştır.

4. BULGULAR

Veri IBM SPSS Statistics 25 © Copyright SPSS Inc. 1989, 2017 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada yer alan kategorik değişkenler frekans (n) ve yüzde (%) ile sürekli değişkenler ortalama±standart sapma (SS), medyan (IQR 25-75) ve minimum-maksimum değerleri ile sunulmuştur. Bağımsız kategorik değişkenlerin analizinde Pearson Ki-Kare Testi, Fisher's Exact Test ve Yates Düzeltmesi kullanılmıştır. Bağımsız iki grup analizlerinde, en az bir grupta örneklem sayısı (n) 30'un altında kaldığından dolayı non-parametrik bir test olan Mann Whitney U Testi tercih edilmiştir. Bağımlı iki grup analizinde de, yine aynı nedenlerle non-parametrik test kullanılmış ve veri Wilcoxon Testi ile incelenmiştir. Çalışmada istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada iki grup bulunmaktadır. 25'er kişiden oluşan iki gruptan birinde hastalara düşük tidal ventilasyon uygulanmıştır. Diğer gruptaki hastalar ise ventilasyon uygulanmayan hastalardır (Tablo 1).

Tablo 4.1. Çalışma Grupları

Değişkenler (n=50)	Sayı (n)	Yüzde (%)
Çalışma Grupları		
Düşük Tidal Ventilasyon Uygulananlar	25	50,0
Ventilasyon Uygulanmayanlar	25	50,0

Tablo 2'de İzole Koroner Bypass Greft Anastomoz Sayısı bilgileri yer almaktadır. Hastaların %46'sı CABG3x, %32'si ise CABG4x kategorisinde yer almıştır. CABG1x veya CABG2x olan hastaların oranı ise %22'dir.

Tablo 4.2. İzole Koroner Bypass Greft Anastomoz Sayısı

Değişkenler (n=50)	Sayı (n)	Yüzde (%)
Anastomoz Sayısı		
CABG1x/2x	11	22,0
CABG3x	23	46,0
CABG4x	16	32,0

Hastaların en genci 45, en yaşlısı ise 75 yaşındadır. Ortalama yaşları $60,92 \pm 8,28$ yıl olarak hesaplanan hastaların kilo ortalamaları $84,5 \pm 13,66$ kg. ve boy ortalamaları $172 \pm 8,32$ cm.'dir. Hastaların %88'ini erkek bireyler oluşturmaktadır (Tablo 3).

Tablo 4.3. Biyolojik Özellikler

Değişkenler (n=50)	Ort \pm SS	Med(IQR)	Min-Max
Yaş (Yıl)	$60,92 \pm 8,28$	61,5(56-67)	41-75
Kilo (kg)	$84,5 \pm 13,66$	80(76-91)	63-120
Boy (cm)	$172 \pm 8,32$	173(167-176)	150-190
	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Cinsiyet			
Kadın	6	12,0	
Erkek	44	88,0	

38 ile 65 arasında değişen değerler alan Preoperatif Ejeksiyon Fraksiyonu ortalama değeri 61,14±6,22'dir. Preoperatif Pulmoner Arter Basıncı değerleri ise en az 25, en fazla 58 olarak ölçülmüş ve 32,24±6,61 ortalama değerini almıştır (Tablo 4).

Tablo 4.4. Preoperatif Ejeksiyon Fraksiyonu (EF) ve Pulmoner Arter Basıncı (PAB) Değerleri

Değişkenler (n=50)	Ort±SS	Med(IQR)	Min-Max
EF	61,14±6,22	65(56-65)	38-65
PAB	32,24±6,61	29(28-35)	25-58

Hastaların %68'si Anjina Sınıflandırmasında "2" kategorisinde yer almıştır. Anjina "1" kategorisinde yer alan hastaların oranı ise %32'dir (Tablo 5).

Tablo 4.5. Preoperatif NYHA Anjina Sınıflandırması

Değişkenler (n=50)	Sayı (n)	Yüzde (%)
Anjina Sınıflandırması		
1,00	16	32,0
2,00	34	68,0

Hastaların %70'i sigara kullanmaktadır. %40'ın Diyabetes Mellitus tanısı olan hastaların %66'sında ise Hipertansiyon saptanmıştır (Tablo 6).

Tablo 4.6. Sigara Kullanımı ve Diyabetes Mellitus (DM) ve Hipertansiyon (HT) Bilgileri

Değişkenler (n=50)	Sayı (n)	Yüzde (%)
Sigara Kullanımı		
Yok	15	30,0
Var	35	70,0
DM		
Yok	30	60,0
Var	20	40,0
HT		
Yok	17	34,0
Var	33	66,0

Tablo 7’de hastaların cerrahi süreçlerine ilişkin bazı bilgiler yer almaktadır. Buna göre, 50 ile 200 dakika arasında değişen Kardiyopulmoner Bypass süresi ortalaması tüm hastalar için $131\pm 33,52$ dakikadır. Kros Klemp süresi ortalaması $79,32\pm 23,37$ dakikadır. 1650-2650 cc aralığında değişen değerler alan intraoperatif verilen sıvı miktarı ortalaması ise $1998,98\pm 322,02$ cc’dir. Son olarak, total kan nakli ünitesi ortalaması $4,74\pm 1,48$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.7. Cerrahi Bilgileri

Değişkenler	n	Ort±SS	Med(IQR)	Min-Max
Kardiyopulmoner Bypass (KBP) Süresi (dk)	50	$131\pm 33,52$	132,5(120-155)	50-200
Kros Klemp Süresi (dk)	50	$79,32\pm 23,37$	80(60-95)	30-120
İntraoperatif Verilen Sıvı (cc)	49	$1998,98\pm 322,02$	1900(1650-2150)	1650-2650
Total Kan Nakli	50	$4,74\pm 1,48$	4(4-6)	2-11

Hastaların %4'ünde Sağ Toraks Direni, %96'sında ise Sol Toraks Direni mevcuttur (Tablo 8).

Tablo 4.8. Toraks Direni Bilgileri

Değişkenler (n=50)	Sayı (n)	Yüzde (%)
Sağ Toraks Direni		
Yok	48	96,0
Var	2	4,0
Sol Toraks Direni		
Yok	2	4,0
Var	48	96,0

Tablo 9'da görülen cerrahi sonrası bilgilere bakıldığında, hastaların ortalama $0,12 \pm 0,44$ gün sonra Ekstübe oldukları, yoğun bakımda ortalama $4,77 \pm 1,29$ gün kaldıkları ve hastanede toplam kalış süresi ortalamasının ise $10,62 \pm 4,77$ gün olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.9. Cerrahi Sonrası Bilgiler

Değişkenler	n	Ort±SS	Med(IQR)	Min-Max
Postoperatif Ekstübasyon Süresi (gün)	50	$0,12 \pm 0,44$	0(0-0)	0-2
Yoğunbakımda Kalış Süresi (gün)	48	$4,77 \pm 1,29$	4(4-6)	3-7
Hastanede Kalış Süresi (gün)	48	$10,62 \pm 4,77$	9,5(8-11)	5-30

Tablo 10’da ise Preoperatif ve Postoperatif dönemlerde ölçülen SFT FEV1, SFT FVC ve SFT FEV1/FVC parametrelerine ilişkin istatistiki bilgiler yer almaktadır.

Tablo 4.10. Preoperatif ve Postoperatif SFT Ölçüm Değerleri

Değişkenler (n=50)	Ort±SS	Med(IQR)	Min-Max
Preoperatif Ölçümler			
SFT FEV1	92,59±14,98	93,4(83,9-102)	58,3-118,9
SFT FVC	82,96±13,04	82,75(76,5-88,8)	56,8-108,8
SFT FEV1/FVC	88,2±6,72	88(83-94)	75-100
Postoperatif Ölçümler			
SFT FEV1	75,21±14,37	74,65(65,6-87,3)	36,8-99
SFT FVC	67,86±11,74	67,65(63,1-75,2)	41,4-91,2
SFT FEV1/FVC	83,72±8,17	82,5(78-90)	70-108

CXR Akciğer Grafisi skorlama değerleri Preoperatif dönemde, Postoperatif 1. Günde, Postoperatif 7. Günde ve Postoperatif 30. Günde ölçülmüştür. Bu ölçümlere ilişkin istatistiki bilgiler Tablo 11’de yer almaktadır.

Tablo 4.11. CXR Akciğer Grafisi Skorlama Değerleri

Değişkenler (n=50)		Ort±SS	Med(IQR)	Min-Max
	Preoperatif CXR	0,42±0,81	0(0-0)	0-3
CXR	Postoperatif 1.Gün	6,1±1,2	6(5-7)	4-8
	Postoperatif 7.Gün	3,2±1,07	3(2-4)	2-7
CXR	Postoperatif 30.Gün	1,06±1,13	1(0-2)	0-4

Düşük Tidal ventilasyon uygulanan hastalar ile ventilasyon uygulanmayan hastalar arasında İzole Koroner Bypass Greft Anastomoz sayısı kapsamında istatistiksel açıdan herhangi bir anlamlı farklılık bulunmamaktadır (p=0,233; Tablo 12).

Tablo 4.12. Çalışma Gruplarına Göre İzole Koroner Bypass Greft Anastomoz Sayısı

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Yok (n=25)	p*
Anastomoz Sayısı			0,233
CABG1x/2x	3(12)	8(32)	
CABG3x	13(52)	10(40)	
CABG4x	9(36)	7(28)	

*Pearson Ki-Kare Testi, n(%)

Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastaların yaşlarının, ventilasyon uygulanmayan hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu anlaşılmıştır (p=0,041; Tablo 13; Grafik 1).

Tabloda yer alan diğer biyolojik özellikler ise iki grupta benzer değer ve oranlar almıştır (p>0,05).

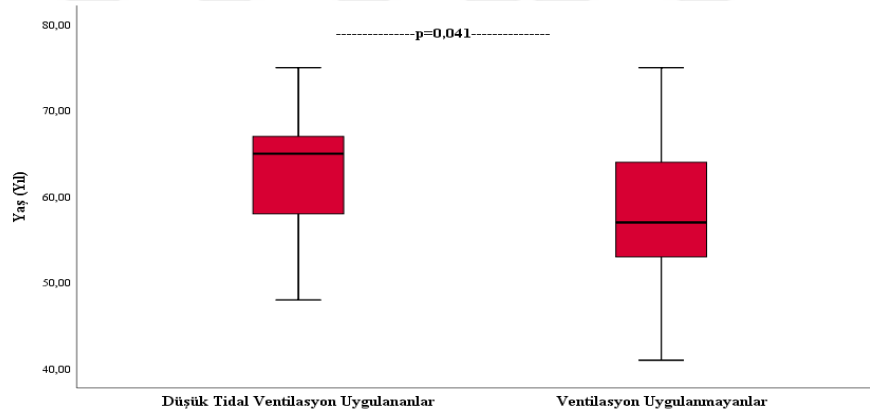
Tablo 4.13. Çalışma Gruplarına Göre Biyolojik Özellikler

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Yok (n=25)	p
Yaş (Yıl)	65(58-67)	57(53-64)	0,041^u
Kilo (kg)	80(76-89)	80(76-98)	0,340 ^u
Boy (cm)	174(165-176)	171(168-175)	0,734 ^u
Cinsiyet			>0,999*
Kadın	3(12)	3(12)	
Erkek	22(88)	22(88)	

*Pearson Ki-Kare Testi, Fisher's Exact Test, n(%)

^uMann Whitney U test, Med(IQR)

Şekil 4.1 Çalışma Gruplarına Göre Yaş



Preoperatif dönemde ölçülen Ejeksiyon Fraksiyonu ve Pulmoner Arter Basıncı değerleri Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda biraz daha yüksek bulunmuş olsa da, istatistiksel analiz söz konusu farkın anlamlı olmadığını ortaya koymuştur ($p > 0,05$; Tablo 14).

Tablo 4.14. Çalışma Gruplarına Göre Preoperatif Ejeksiyon Fraksiyonu (EF) ve Pulmoner Arter Basıncı (PAB) Değerleri

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Yok (n=25)	p
EF	65(60-65)	65(56-65)	0,722 ^u
PAB	30(28-35)	29(28-30)	0,399 ^u

^uMann Whitney U test, *Med(IQR)*

Her iki çalışma grubunda yer alan hastaların Anjina “1” ve Anjina “2” kategorisinde yer alma oranları birbirine eşittir (Tablo 15).

Tablo 4.15. Çalışma Gruplarına Göre Preoperatif NYHA Anjina Sınıflandırması

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Yok (n=25)	p[*]
Anjina Sınıflandırması			>0,999
1,00	8(32)	8(32)	
2,00	17(68)	17(68)	

*Pearson Ki-Kare Testi, Yates Düzeltmesi, *n(%)*

Sigara kullanım oranı ventilasyon uygulanmayan hastalarda, Diyabetes Mellitus ve Hipertansiyon tanısı alan hastaların oranı ise Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda daha yüksektir. Ancak, istatistiksel açıdan bu oranlar benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

Tablo 4.16. Çalışma Gruplarına Göre Sigara Kullanımı ve Diyabetes Mellitus (DM) ve Hipertansiyon (HT) Bilgileri

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Yok (n=25)	p*
Sigara Kullanımı			>0,999
Yok	8(32)	7(28)	
Var	17(68)	18(72)	
DM			0,386
Yok	13(52)	17(68)	
Var	12(48)	8(32)	
HT			>0,999
Yok	8(32)	9(36)	
Var	17(68)	16(64)	

*Pearson Ki-Kare Testi, Yates Düzeltmesi, *n*(%)

İki çalışma grubunda istatistiksel açıdan benzer bulunan bir diğer parametre grubu Cerrahi Bilgiler olmuştur ($p>0,05$; Tablo 17). Total kan nakli ünitesi haricinde kalan tüm diğer parametreler Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda daha yüksek değerler almış olsa da, bu farklılıklar istatistiksel bir anlam ifade etmediği anlaşılmıştır.

Tablo 4.17. Çalışma Gruplarına Göre Cerrahi Bilgileri

Değişkenler	n₁/n₂	Düşük Tidal Ventilasyon	Ventilasyon Yok	p[#]
KBP (Kardiyopulmoner Bypass) Süresi (dk)	25/25	140(120-160)	120(110-150)	0,100
Kros Klemp Süresi (dk)	25/25	80(60-95)	80(65-90)	0,668
İntraoperatif Verilen Sıvı (cc)	24/25	1950(1850-2150)	1850(1650-2250)	0,729
Total Kan Nakli	25/25	4(4-5)	4(4-6)	0,984

[#]Mann Whitney U test, *Med(IQR)*

Her iki çalışma grubunda da eşit sayıda hastada Sağ ve Sol Toraks Direni saptanmıştır (Tablo 18).

Tablo 4.18. Çalışma Gruplarına Göre Toraks Direni Bilgileri

Değişkenler (n=50)	Düşük (n=25)	Tidal Ventilasyon	Ventilasyon (n=25)	Yok	p*
Sağ Toraks Direni					>0,999
Yok		24(96)		24(96)	
Var		1(4)		1(4)	
Sol Toraks Direni					>0,999
Yok		1(4)		1(4)	
Var		24(96)		24(96)	

*Pearson Ki-Kare Testi, Fisher's Exact Test, n(%)

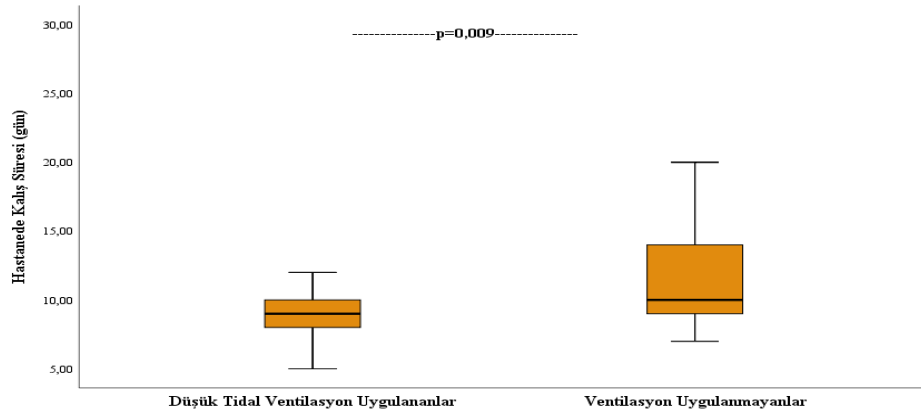
Postoperatif Ekstübasyon Süresi (p=0,322) ve Yoğunbakımda Kalış Süresi (p=0,814) çalışma gruplarında istatistiki açıdan benzer değerler almışken; ventilasyon uygulanmayan hastaların hastanede kalış sürelerinin, Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalara göre istatistiksel olarak daha yüksek bir değer aldığı anlaşılmıştır (p=0,009; Tablo 19; Grafik 2).

Tablo 4.19. Çalışma Gruplarına Göre Cerrahi Sonrası Bilgiler

Değişkenler	n ₁ /n ₂	Düşük Tidal Ventilasyon	Ventilasyon Yok	p [#]
Postoperatif Ekstübasyon Süresi (gün)	25/25	0(0-0)	0(0-0)	0,322
Yoğunbakımda Kalış Süresi (gün)	23/25	4(4-6)	4(4-6)	0,814
Hastanede Kalış Süresi (gün)	23/25	9(8-10)	10(9-14)	0,009

[#]Mann Whitney U test, Med(IQR)

Şekil 4.2 Çalışma Gruplarına Göre Hastanede Kalış Süresi



SFT FEV1, SFT FVC ve SFT FEV1/FVC parametrelerinin preoperatif ve postoperatif ölçüm değerleri Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda ve ventilasyon uygulanmayan hastalarda istatistiksel açıdan benzerdir ($p>0,05$; Tablo 20).

Tablo 4.20. Çalışma Gruplarına Göre Preoperatif ve Postoperatif Ölçüm Değerleri

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Uygulanmayanlar (n=25)	Yok	p [#]
Preoperatif Ölçümler				
SFT FEV1	91,8(82-98,8)	94,8(87,7-102)		0,352
SFT FVC	79,5(71,4-88,2)	84,7(82-96)		0,051
SFT FEV1/FVC	89(85-94)	88(81-91)		0,209
Postoperatif Ölçümler				
SFT FEV1	73,3(66,3-87,4)	76,7(65,6-86,3)		0,756
SFT FVC	66,4(60,2-75,1)	70,4(64,4-75,2)		0,587
SFT FEV1/FVC	83(78-90)	82(78-89)		0,683

[#]Mann Whitney U test, Med(IQR)

CXR Akciğer Grafisi Skorlama Değerlerine ilişkin yapılan dört ölçüm sonucu çalışma gruplarında istatistiki açıdan herhangi bir anlamlı farklılık göstermemiştir. Bu değerlerin tamamı ventilasyon uygulanmayan hastalarda daha yüksek bulunmuş olsa da, istatistiki açıdan benzerlik söz konusudur ($p>0,05$; Tablo 21).

Tablo 4.21. Çalışma Gruplarına Göre CXR Akciğer Grafisi Skorlama Değerleri

Değişkenler (n=50)	Düşük Tidal Ventilasyon (n=25)	Ventilasyon Yok (n=25)	p[#]
Preoperatif CXR	0(0-0)	0(0-1)	0,067
Postoperatif 1.Gün CXR	6(5-6)	7(5-7)	0,115
Postoperatif 7.Gün CXR	3(2-4)	3(3-4)	0,242
Postoperatif 30.Gün CXR	0(0-1)	1(0-2)	0,086

[#]Mann Whitney U test, *Med(IQR)*

Tablo 4.22. Preoperatif ve Postoperatif SFT FEV1 Ölçüm Değerlerindeki Değişimler VAS skorları

Değişkenler (n=25)		Ort±SS	Sıralar	n	Sıra Ortalaması	Ortalamalar Toplamı	z	p
<i>Düşük Tidal Ventilasyonu</i>								
FEV1	Preoperatif SFT	90,94±16,26	Negatif sıralar	24	13,50	324,00		
FEV1	Postoperatif SFT	74,38±16,36	Pozitif sıralar	1	1,00	1,00	- 4,346	<0,001 ^w
			Eşit	0				
			Toplam	25				
<i>Ventilasyon Uygulanmayanlar</i>								
FEV1	Preoperatif SFT	94,25±13,7	Negatif sıralar	24	13,33	320,00		
FEV1	Postoperatif SFT	76,05±12,34	Pozitif sıralar	1	5,00	5,00	- 4,238	<0,001 ^w
			Eşit	0				
			Toplam	25				

^wWilcoxon Test

Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastaların ve ventilasyon uygulanmayan hastaların preoperatif ve postoperatif dönem SFT FEV1 (Tablo 22), SFT FCV (Tablo 23) ve SFT FEV1/FVC (Tablo 24) skorlarının anlamlı bir fark gösterip göstermediğini test etmek amacıyla yapılan analiz sonuçları ilgili tablolarda sunulmuştur. Her iki çalışma grubu için de, tüm parametrelerde iki ölçüm arasında istatistiksel açıdan anlamlı düşüşler olduğu görülmüştür ($p<0,001$).

Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda SFT FEV1 değeri ortalamaları preoperatif dönem için $90,94\pm 16,26$ ve postoperatif dönem içinse $74,38\pm 16,36$ olarak hesaplanmıştır. Ventilasyon uygulanmayan hastalarda ise bu değerler sırasıyla $94,25\pm 13,7$ ve $76,05\pm 12,34$ olmuştur. İki çalışma grubunda da, iki ölçüm döneminde 24 hastanın SFT FEV1 skoru azalmış, 1 hastanın ise SFT FEV1 skoru artmıştır (Tablo 22).

Tablo 4.23. Preoperatif ve Postoperatif SFT FVC Ölçüm Değerlerindeki Değişimler VAS skorları

Değişkenler (n=25)		Ort±SS	Sıralar	n	Sıra Ortalaması	Ortalamalar Toplamı	Z	p
<i>Düşük Tidal Ventilasyonu</i>								
FVC	Preoperatif SFT	79,71±13,31	Negatif sıralar	24	13,46	323,00		
	Postoperatif SFT FVC	66,76±11,91	Pozitif sıralar	1	2,00	2,00	- 4,319	<0,001 ^w
			Eşit	0				
			Toplam	25				
<i>Ventilasyon Uygulanmayanlar</i>								
FVC	Preoperatif SFT	86,22±12,16	Negatif sıralar	24	13,50	324,00		
	Postoperatif SFT FVC	68,97±11,7	Pozitif sıralar	1	1,00	1,00	- 4,346	<0,001 ^w
			Eşit	0				
			Toplam	25				

^wWilcoxon Test

Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda $79,71 \pm 13,31$ olarak ölçülen preoperatif SFT FCV değeri, ventilasyon uygulanmayan hastalarda $86,22 \pm 12,16$ 'dır. Her iki çalışma grubunda da postoperatif dönemde anlamlı düşüşün izlendiği ve sırasıyla $66,76 \pm 11,91$ ve $68,97 \pm 11,7$ olarak hesaplanan SFT FCV değeri iki grupta 24'er hastada azalmış, 1'er hastada ise artış göstermiştir (Tablo 23).

Tablo 4.24. Preoperatif ve Postoperatif SFT FEV1/FVC Ölçüm Değerlerindeki Değişimler VAS skorları

Değişkenler (n=25)		Ort±SS	Sıralar	n	Sıra Ortalaması	Ortalamalar Toplamı	Z	p
<i>Düşük Tidal Ventilasyonu</i>								
Preoperatif	SFT	89,44±6,18	Negatif sıralar	18	14,50	261,00		
Postoperatif	SFT	84±7,97	Pozitif sıralar	6	6,50	39,00	- 3,175	0,001^w
			Eşit	1				
			Toplam	25				
<i>Ventilasyon Uygulanmayanlar</i>								
Preoperatif	SFT	86,96±7,13	Negatif sıralar	19	12,21	232,00		
Postoperatif	SFT	83,44±8,52	Pozitif sıralar	5	13,60	68,00	- 2,345	<0,001^w
			Eşit	1				
			Toplam	25				

^wWilcoxon Test

SFT FEV1/FVC değerleri Düşük Tidal Ventilasyonu uygulanan hastaların 18'inde, ventilasyon uygulanmayan hastalarınca 19'unda düşmüştür. Söz konusu değer, Düşük Tidal Ventilasyonu grubunda 6 hastada, ventilasyon uygulanmayan grupta ise 5 hastada artmıştır. Her iki grupta 1'er hastada ise değerde herhangi bir değişiklik görülmemiştir (Tablo 24).

Tablo 4.25. CXR Akciğer Grafisi Skorlama Değerlerindeki Değişim

Değişkenler (n=25)	Preoperatif	Postoperatif 1.Gün	Postoperatif 7.Gün	Postoperatif 30.Gün	p ^f	Post-Hoc Analiz Sonuçları
<i>Düşük Tidal Ventilasyonu</i>					<0,001	1<2,3 (p<0,001)
CXR	0,24±0,66	5,84±1,11	3,12±1,27	0,76±0,93		3<2 (p=0,026); 4<2,3 (p<0,05)
<i>Ventilasyon Uygulanmayanlar</i>					<0,001	1<2,3 (p<0,001)
CXR	0,6±0,91	6,36±1,25	3,28±0,84	1,36±1,25		3<2 (p=0,022); 4<2,3 (p<0,05)

^fFriedman Testi. Dunn Testi, Post-Hoc Bonferroni Düzeltmesi.

Post-Hoc analiz sonuçlarının gösteriminde kullanılan rakamların karşılıkları şöyledir:

- 1: Preoperatif
- 2: Postoperatif 1.Gün
- 3: Postoperatif 7.Gün
- 4: Postoperatif 30.Gün

Çalışmanın son bölümünde, CXR Akciğer Grafisi Skorlama Değerlerindeki değişimler analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, hem Düşük Tidal Ventilasyon uygulanan hastalarda, hem de ventilasyon uygulanmayan hastalarda CXR değerlerinde anlamlı değişimler görülmüştür ($p<0,001$; Tablo 25). Anlamlı değişimlerin hangi ölçümler arasında olduğunu belirlemek amacıyla Dunn Testi ve Post-Hoc Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Buna göre, her iki çalışma grubunda da, postoperatif 1. Gün ve postoperatif 7. Gün CRX değerleri, preoperatif CRX değerlerine göre anlamlı şekilde yüksek çıkmıştır. Yine her iki grupta, postoperatif 7. Günde CRX değeri, postoperatif 3. Güne göre anlamlı şekilde düşmüştür. Son olarak, postoperatif 30. Gün CRX değerinin postoperatif 1. Gün ve postoperatif 7. Gün CRX değerlerine göre anlamlı olarak düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5. TARTIŞMA

Kardiyopulmoner baypas (KPB) sırasında akciğerlerin ventilasyonsuz bırakılması, perfüzyonun oksijen ihtiyacını karşılayacağı düşüncesine dayalı geleneksel bir uygulamadır. Ancak son yıllarda bu yaklaşımın postoperatif pulmoner komplikasyonlara katkı sağlayabileceği yönündeki bulgular, intraoperatif dönemde akciğer ventilasyonunun yeniden değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Bu çalışmada, KPB sırasında düşük tidal hacimli ve düşük frekanslı ventilasyon uygulamasının postoperatif pulmoner fonksiyonlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, ventilasyon uygulanan grupta hastane kalış süresinin anlamlı olarak daha kısa olduğunu göstermiştir. ($p=0,009$; Tablo 19; Grafik 2). Ancak solunum fonksiyon testleri, ekstübasyon süresi ve yoğun bakım kalış süresi gibi erken postoperatif parametrelerde anlamlı fark saptanmamıştır. KPB sırasında akciğerlerin mekanik ventilasyona devam edilmesiyle atelektazi ve ventilatör ilişkili komplikasyonların önlenebileceği hipotezi, literatürde geniş yankı bulmuştur. Alveolar kollapsın engellenmesi, intrapulmoner şantın azaltılması ve inflamatuvar cevabın baskılanması, bu stratejinin temel fizyopatolojik dayanaklarını oluşturmaktadır. Nitekim PROVECS ve MECANO gibi geniş hasta serilerine sahip çalışmalarda, CPB süresince açık akciğer stratejileri uygulanan gruplarda oksijenasyon parametrelerinde iyileşmeler gözlenmiş; ancak bu iyileşmenin mortalite ve majör komplikasyonlar üzerindeki etkisi tartışmalı kalmıştır (65). Bu çalışmada da, benzer biçimde, ventilasyon uygulanan grupta klinik açıdan daha stabil oksijenlenme eğilimleri gözlemlenmiş; fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. ($p>0,05$; Tablo 20).

Çalışmamızda, FEV_1 , FVC ve FEV_1/FVC oranları postoperatif dönemde her iki grupta da anlamlı şekilde düşmüş, ancak gruplar arasında belirgin bir farklılık saptanmamıştır. Bu durum, KPB'nin kendisinin akciğer fonksiyonları üzerinde bir baskı oluşturduğunu düşündürmektedir. Sternotomiye bağlı göğüs duvarı rijiditesi, CPB'ye bağlı sistemik inflamatuvar yanıt ve anestezi ajanlarının solunumsal kaslar üzerindeki etkileri bu düşüşte rol oynamaktadır. Yapılan bir çalışmada da, CPB sırasında ventilasyon uygulamasının FEV_1/FVC oranı gibi parametreler üzerindeki

etkisinin sınırlı kaldığı, bu tür uygulamaların esasen radyolojik ve oksijenlenme düzeylerinde fayda sağladığı vurgulanmıştır (66).

İnflamasyon parametreleri açısından da ventilasyonun olası yararları üzerinde durulmaktadır. Akciğerin CPB sırasında kollabe edilmesiyle ventilatör kaynaklı inflamasyon engellenirse de, alveoler hipoksi ve reperfüzyon hasarı gibi mekanizmalar epitel hasarına yol açmaktadır. Özellikle sRAGE (soluble receptor for advanced glycation end-products) düzeyleri gibi akciğere özgü biyobelirteçlerin değerlendirilmesi, ventilasyon stratejilerinin epitel düzeydeki etkilerinin anlaşılması açısından önemlidir. Bu parametreye dair çalışmalarda, CPB sırasında düşük tidal hacimli ventilasyonun alveolo-kapiller bariyer bütünlüğünü daha iyi koruduğu ve dolayısıyla sRAGE düzeylerinin daha düşük seyrettiği bildirilmiştir. Zhang ve arkadaşları, ventilasyon uygulanan hastalarda postoperatif 6. saatte sRAGE düzeylerinin anlamlı olarak düşük olduğunu göstermiştir (67).

Klinik parametreler açısından değerlendirildiğinde, ventilasyon grubunda ortalama hastane kalış süresi anlamlı ölçüde daha kısa bulunmuştur. ($p=0,009$; Tablo 19; Grafik 2). Bu durum, daha az komplikasyon gelişimi, erken mobilizasyon ve oksijenlenmenin daha kısa sürede normale dönmesi ile açıklanabilir. Lellouche ve arkadaşlarının çalışmasında da CPB süresince düşük frekanslı ventilasyon uygulanan hastalarda hastane yatış süresinin daha kısa olduğu belirtilmiştir (68). Ancak bu avantajın yoğun bakımda kalış süresine yansımadağı görülmüştür. Bu çalışmada da benzer biçimde, yoğun bakım kalış süresi ve ekstübasyon süresi açısından gruplar arasında fark saptanmamıştır. Bu bulgu, ekstübasyonun çok faktörlü bir değişken olmasından ve ventilasyon stratejisinin bu sürece sınırlı etki etmesinden kaynaklanıyor olabilir. Literatürde ventilasyon stratejilerine ilişkin sonuçlar oldukça heterojendir. Bunun nedenleri arasında ventilasyon parametrelerinin (tidal hacim, frekans, PEEP düzeyi), uygulama süresinin, hasta gruplarının (örneğin izole CABG vs. kombinasyon cerrahisi) ve CPB süresinin değişkenliği yer almaktadır. Ayrıca bazı araştırmalarda postoperatif pulmoner değerlendirmeler ilk 24 saatte yapılırken, bazılarında 72 saat ya da 7 gün sonrası hedeflenmiştir. Bu heterojenlik, sonuçların doğrudan kıyaslanmasını güçleştirmektedir. Buna rağmen, literatürün ortak olduğu bir nokta; CPB sırasında düşük düzeyde dahi olsa ventilasyonun oksijenlenme, akciğer grafisi skoru ve

bazen de inflamatuvar profil üzerinde iyileştirici etkiler yaratabileceğidir. Ancak bu avantajların klinik parametrelere (mortalite, ventilatör ilişkili pnömoni, uzun YBÜ yatışı gibi) güçlü biçimde yansımadağı yönünde görüş birliğı bulunmaktadır.

Çalışmamız klinik pratikte uygulanabilirliğı olan basit bir protokol üzerinden hasta sonuçlarını değerlendirmektedir. İntraoperatif dönemde hastalara %21 FiO₂ (hava) ile, düşük tidal hacimli (3 mL/kg), düşük frekanslı (6/dk) ventilasyonun 8 mmHg PEEP ile uygulanması, fizyolojik olarak akciğeri açık tutmaktadır ancak çalışmanın sınırlılıkları da göz önünde bulundurulmalıdır. Örneklem büyüklüğünün sınırlı olması, inflamatuvar belirteçlerin sadece rutin parametrelerle sınırlı tutulması ve postoperatif solunum fonksiyonlarının yalnızca erken dönemde incelenmesi, intraoperatif cerrahi alan kısıtlılığı bu sınırlamalardandır.

Gelecekteki araştırmalarda ventilasyonun süresi, hacmi ve PEEP düzeyinin farklı kombinasyonlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, hasta gruplarına göre (örneğin KOAH eşlik eden hastalar, ileri yaş grubu, uzun CPB süresi olan olgular) etkilerinin analiz edilmesi, daha güçlü sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Kısıtlılıklar

1. Tek merkezli ve prospektif gözlemsel tasarım; randomizasyon olmaması seçim yanlılığı riskini doğurur.
2. Örneklem büyüklüğü (n = 50), nadir görülen komplikasyonları saptamak için yetersiz olabilir.
3. Yaş dağılımındaki dengesizlik ve ventilasyon stratejisinin cerrah-anestezist tercihlerine göre belirlenmesi, dış geçerliliğı sınırlayabilir.
4. Solunumsal sitokin profilleri, alveoler örnekler veya difüzyon kapasitesi gibi laboratuvar belirteçleri değerlendirilmemiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışma, kardiyopulmoner baypas (KPB) sırasında uygulanan düşük tidal hacimli, düşük frekanslı ventilasyon stratejisinin postoperatif pulmoner fonksiyonlar, oksijenlenme ve hastane kalış süresi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, intraoperatif dönemde sürdürülen mekanik ventilasyonun özellikle hastane yatış süresini anlamlı biçimde kısalttığını, dolayısıyla iyileşme sürecine olumlu katkı sunduğunu göstermektedir. Ancak erken postoperatif solunumsal parametreler, inflamatuvar belirteçler ve yoğun bakım kalış süresi gibi diğer ölçütler açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır. Ventilasyon uygulamasının atelektazi gelişimini sınırlayarak oksijenlenmeyi destekleyebileceği, aynı zamanda alveoler yapıyı ve sistemik inflamatuvar yanıtı olumlu yönde etkileyebileceği yönündeki literatürle uyumlu olan bu sonuçlar, klinik pratikte güvenli ve uygulanabilir bir strateji olarak düşük tidal hacimli ventilasyonun değerini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, çalışmanın sınırlı örneklem büyüklüğü, biyobelirteç analizinin sınırlı olması ve uzun dönem takip eksikliği, bu sonuçların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır.

Gelecekte yapılacak olan, daha geniş örneklemlili, çok merkezli ve protokol bazlı araştırmalar ile ventilasyon stratejilerinin hastane komplikasyonları, mortalite ve pulmoner iyileşme üzerindeki etkileri daha kapsamlı biçimde ortaya konabilecektir. Bu bağlamda, KPB sırasında akciğerleri pasif durumda bırakmak yerine kontrollü ventilasyon ile desteklemek, klinik sonuçları iyileştirme potansiyeli taşıyan, dikkatle ele alınması gereken bir yaklaşımdır.

7. ÖZET

İZOLE KORONER ARTER BYPASS GREFT (CABG) OPERASYONLARINDA DÜŞÜK TİDAL VENTİLASYONUN POSTOPERATİF SONUÇLARI

Bu çalışma, kardiyopulmoner baypas (KPB) sırasında düşük tidal hacimli, düşük frekanslı ve sürekli ventilasyon uygulamasının postoperatif solunumsal fonksiyonlara, oksijenlenme parametrelerine ve klinik sonuçlara olan etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmaya Eylül 2024 – Mart 2025 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği'nde izole koroner arter bypass greft (CABG) operasyonu uygulanan 50 hasta dahil edilmiştir. Hastalar rastgele olarak iki gruba ayrılmıştır: Grup 1'de (n=25) KPB sırasında düşük tidal hacimli ventilasyon (3 mL/kg, 6/dk, PEEP: 8 cmH₂O, FiO₂: 21%) uygulanmış; Grup 2'de (n=25) ise KPB süresince ventilasyon durdurulmuştur. Tüm hastalarda postoperatif dönemde solunum fonksiyon testleri, CXR akciğer grafi skorlama testi ve klinik sonuçlar (hastanede kalış süresi, ekstübasyon süresi, yoğun bakım kalış süresi) değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda her iki grupta postoperatif FEV₁, FVC ve FEV₁/FVC değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma tespit edilmiştir. Ancak gruplar arasında bu parametreler bakımından anlamlı fark bulunmamıştır (p>0.05). Ekstübasyon süresi, yoğun bakım kalış süresi ve inflamatuvar belirteçlerde gruplar arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Buna karşın, ventilasyon uygulanan grupta hastanede kalış süresi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha kısa saptanmıştır (p<0.05).

KPB sırasında düşük tidal hacimli ventilasyon uygulaması, solunumsal fonksiyonlar üzerinde anlamlı iyileşme sağlamasa da, hastane yatış süresini kısaltarak klinik iyileşmeye katkı sunmaktadır. Bu yöntem, düşük riskli ve uygulanabilir bir strateji olarak rutin cerrahi uygulamalarda değerlendirilmeye açıktır. Daha büyük örneklemler ve biyobelirteç takibini de içeren ileri çalışmalarla bu yaklaşımın etkinliği daha net biçimde ortaya konabilir.

Anahtar Sözcükler: kardiyopulmoner baypas, sürekli ventilasyon, düşük tidal

8. ABSTRACT

POSTOPERATIVE OUTCOMES OF LOW TIDAL VENTILATION IN ISOLATED CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT (CABG) SURGERIES

This study aimed to evaluate the effects of continuous low tidal volume and low-frequency ventilation during cardiopulmonary bypass (CPB) on postoperative respiratory function, oxygenation parameters, and clinical outcomes.

Fifty patients who underwent isolated coronary artery bypass grafting (CABG) at the Department of Cardiovascular Surgery, Akdeniz University Medical Faculty, between September 2024 and March 2025 were prospectively enrolled. Patients were randomly divided into two groups. Group 1 (n=25) received low tidal volume ventilation during CPB (3 mL/kg tidal volume, 6 breaths/min, PEEP 8 cmH₂O, FiO₂ 21%), while Group 2 (n=25) received no ventilation during CPB. Postoperative pulmonary function tests, chest X-ray (CXR) lung scoring, and clinical outcomes including hospital stay, extubation time, and intensive care unit (ICU) stay were evaluated in all patients.

In both groups, postoperative FEV₁, FVC, and FEV₁/FVC ratios significantly decreased compared to preoperative values (p<0.05). However, there was no statistically significant difference between the groups regarding these respiratory parameters (p>0.05). No significant differences were observed between the groups in terms of extubation time, ICU stay, or inflammatory markers. Conversely, the duration of hospital stay was significantly shorter in the ventilated group (p<0.05).

Although low tidal volume ventilation during CPB did not result in significant improvement in respiratory function, it was associated with a shorter hospital stay, suggesting a potential contribution to enhanced clinical recovery. As a low-risk and feasible strategy, this ventilation approach may be considered in routine cardiac surgical practice. Further large-scale studies, including advanced biomarker monitoring, are warranted to more clearly determine its clinical effectiveness.

Keywords: cardiopulmonary bypass, continuous ventilation, low tidal

9. KAYNAKLAR

1. Canet J, Gallart L, Gomar C, Paluzie G, Valles J, Castillo J, et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology*. 2010;113(6):1338–50.
2. Mohamed MA, Ding S, Ali Shah SZ, Li R, Dirie NI, Cheng C, et al. Comparative Evaluation of the Incidence of Postoperative Pulmonary Complications After Minimally Invasive Valve Surgery vs. Full Sternotomy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials and Propensity Score-Matched Studies. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:724178.
3. Tanner TG, Colvin MO. Pulmonary complications of cardiac surgery. *Lung*. 2020;198(6):889–96.
4. Filsoufi F, Rahmanian PB, Castillo JG, Chikwe J, Adams DH. Predictors and early and late outcomes of respiratory failure in contemporary cardiac surgery. *Chest*. 2008;133(3):713–21.
5. Kollef MH, Sharpless L, Vlasnik J, Pasque C, Murphy D, Fraser VJ. The impact of nosocomial infections on patient outcomes following cardiac surgery. *Chest*. 1997;112(3):666–75.
6. Allou N, Bronchard R, Guglielminotti J, Dilly MP, Provenchere S, Lucet JC, et al. Risk factors for postoperative pneumonia after cardiac surgery and development of a preoperative risk score. *Crit Care Med*. 2014;42(5):1150–6.
7. Den Hengst WA, Gielis JF, Lin JY, Van Schil PE, De Windt LJ, Moens AL. Lung ischemia-reperfusion injury: a molecular and clinical view on a complex pathophysiological process. *Am J Physiol Circ Physiol*. 2010;299(5):H1283–99.
8. Bignami E, Guarnieri M, Saglietti F, Belletti A, Trumello C, Giambuzzi I, et al. Mechanical ventilation during cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2016;30(6):1668–75.

9. Mahmood SS, Pinsky MR. Heart-lung interactions during mechanical ventilation: the basics. *Ann Transl Med.* 2018;6(18):349.
10. Beer L, Warszawska JM, Schenk P, Debreceni T, Dworschak M, Roth GA, et al. Intraoperative ventilation strategy during cardiopulmonary bypass attenuates the release of matrix metalloproteinases and improves oxygenation. *J Surg Res.* 2015;195(1):294–302.
11. Beer L, Szerafin T, Mitterbauer A, Debreceni T, Maros T, Dworschak M, et al. Continued mechanical ventilation during coronary artery bypass graft operation attenuates the systemic immune response. *Eur J Cardio-Thoracic Surg.* 2013;44(2):282–7.
12. Lellouche F, Delorme M, Bussi eres J, Ouattara A. Perioperative ventilatory strategies in cardiac surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2015;29(3):381–95.
13. Gibbon Jr JH. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med.* 1954;37(3):171–80.
14. Kirklin, J W. The middle 1950s to the middle 1970s: The development of cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 1979;28(3):238–45.
15. Cooley, D A. Development of cardiopulmonary bypass. *Texas Hear Inst J.* 1987;14(2):143–8.
16. Edmunds, L H. Advances in cardiopulmonary bypass. *Cardiol Clin.* 2003;21(3):357–65.
17. Wheeldon DR, Bethune DW, Gill RD. Vortex pumping for routine cardiac surgery: a comparative study. *Perfusion.* 1990;5(2):135–43.
18. Gourlay T, Samartzis I, Stefanou D, Taylor K. Inflammatory response of rat and human neutrophils exposed to di-(2-ethyl-hexyl)-phthalate-plasticized polyvinyl chloride. *Artif Organs.* 2003;27(3):256–60.
19. Smith, J R. Bubble oxygenators: Historical development and modern use. *Med Device J.* 2008;19(1):25–34.
20. Doyle, E A, Gage, M J. Membrane oxygenation in modern extracorporeal

- circulation systems. *Perfus Sci.* 2015;30(2):112–26.
21. Barker, S J, Taylor, A A. Advances in membrane oxygenators for cardiopulmonary bypass. *J Cardiovasc Technol.* 2016;34(5):392–405.
 22. Stewart, S F, Lyman, D J. Venous reservoirs in extracorporeal circulation: Function and clinical applications. *J Cardiothorac Technol.* 2001;17(3):178–90.
 23. Doyle, E A, Gage, M J. Perfusion system design: The role of venous reservoirs. *Perfus Sci.* 2014;29(4):240–56.
 24. Barker, S J, Taylor, A A. Advances in venous reservoir technology for cardiopulmonary bypass. *J Cardiovasc Technol.* 2016;34(5):392–405.
 25. Smith, J R. Understanding venous reservoirs and their impact on perfusion. *Med Device J.* 2008;19(1):34–48.
 26. Boonstra PW, Gu YJ, Akkerman C, Haan J, Huyzen R, Van Oeveren W. Heparin coating of an extracorporeal circuit partly improves hemostasis after cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994;107(1):289–92.
 27. Thelin S, Bagge L, Hultman J, Borowiec J, Nilsson L, Thorelius J. Heparin-coated cardiopulmonary bypass circuits reduce blood cell trauma. *Eur J cardio-thoracic Surg.* 1991;5(9):486–91.
 28. Ranucci M, Mazzucco A, Pessotto R, Grillone G, Casati V, Porreca L, et al. Heparin-coated circuits for high-risk patients: a multicenter, prospective, randomized trial. *Ann Thorac Surg.* 1999;67(4):994–1000.
 29. Mahoney CB, Lemole GM. Transfusion after coronary artery bypass surgery: the impact of heparin-bonded circuits. *Eur J cardio-thoracic Surg.* 1999;16(2):206–10.
 30. Murphy GS, Hessel EA, Groom RC. Optimal perfusion during cardiopulmonary bypass: an evidence-based approach. *Anesth Analg.* 2009;108(5):1394–417.
 31. Lesserson LS, Enriquez LJ. Coagulation monitoring. *Kaplan's Card Anesth* 7th ed Philadelphia Elsevier. 2017;699.

32. Reich DL, Zahl K, Perucho MH, Thys DM. An evaluation of two activated clotting time monitors during cardiac surgery. *J Clin Monit.* 1992;8:33–6.
33. Horkay F, Martin P, Rajah SM, Walker DR. Response to heparinization in adults and children undergoing cardiac operations. *Ann Thorac Surg.* 1992;53(5):822–6.
34. Mehta AR, Romanoff ME, Licina MG, Preincision B, Incision C, Hypotension A, et al. Anesthetic management in the precardiopulmonary bypass period. *A Pract approach to Card Anesth.* 2012;5:209.
35. Gibbs NM, Larach DR. Anesthetic management during cardiopulmonary bypass. *A Pract Approach to Card Anesth.* 2013;5:223.
36. Gold JP, Charlson ME, Williams-Russo P, Szatrowski TP, Peterson JC, Pirraglia PA, et al. Improvement of outcomes after coronary artery bypass: a randomized trial comparing intraoperative high versus low mean arterial pressure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;110(5):1302–14.
37. Schmid FX, Philipp A, Foltan M, Jueckstock H, Wiesenack C, Birnbaum D. Adequacy of perfusion during hypothermia: regional distribution of cardiopulmonary bypass flow, mixed venous and regional venous oxygen saturation. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;51(06):306–11.
38. Lazar HL, McDonnell M, Chipkin SR, Furnary AP, Engelman RM, Sadhu AR, et al. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: blood glucose management during adult cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2009;87(2):663–9.
39. Murkin JM, Martzke JS, Buchan AM, Bentley C, Wong CJ. A randomized study of the influence of perfusion technique and pH management strategy in 316 patients undergoing coronary artery bypass surgery:: II. neurologic and cognitive outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;110(2):349–62.
40. Duebener LF, Hagino I, Sakamoto T, Mime L Ben, Stamm C, Zurakowski D, et al. Effects of pH management during deep hypothermic bypass on cerebral microcirculation: alpha-stat versus pH-stat. *Circulation.* 2002;106(12_suppl_1):I–103.

41. Laussen PC. Optimal blood gas management during deep hypothermic paediatric cardiac surgery: alpha-stat is easy, but pH-stat may be preferable. *Pediatr Anesth*. 2002;12(3):199–204.
42. Nussmeier NA, Sarwar MF, Searles BE, Shore-Lesserson L, Stone ME, Russell I. *Anesthesia for cardiac surgical procedures*. 2015;
43. Rees K, Beranek-Stanley M, Burke M, Ebrahim S, Group CH. Hypothermia to reduce neurological damage following coronary artery bypass surgery. *Cochrane database Syst Rev*. 1996;2013(1).
44. Grigore AM, Grocott HP, Mathew JP, Phillips-Bute B, Stanley TO, Butler A, et al. The rewarming rate and increased peak temperature alter neurocognitive outcome after cardiac surgery. *Anesth Analg*. 2002;94(1):4–10.
45. Grocott HP, Mackensen GB, Grigore AM, Mathew J, Reves JG, Phillips-Bute B, et al. Postoperative hyperthermia is associated with cognitive dysfunction after coronary artery bypass graft surgery. *Stroke*. 2002;33(2):537–41.
46. Thong WY, Strickler AG, Li S, Stewart EE, Collier CL, Vaughn WK, et al. Hyperthermia in the forty-eight hours after cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg*. 2002;95(6):1489–95.
47. Naik Sk, Knight A, Elliott MJ. A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion*. 1991;6(1):41–50.
48. Groom RC, Froebe S, Martin J, Manfra MJ, Cormack JE, Morse C, et al. Update on pediatric perfusion practice in North America: 2005 survey. *J Extracorp Technol*. 2005;37(4):343–50.
49. England MR, Gordon G, Salem M, Chernow B. Magnesium administration and dysrhythmias after cardiac surgery: a placebo-controlled, double-blind, randomized trial. *Jama*. 1992;268(17):2395–402.
50. Landoni G, Biondi-Zoccai G, Greco M, Greco T, Bignami E, Morelli A, et al. Effects of levosimendan on mortality and hospitalization. A meta-analysis of randomized controlled studies. *Crit Care Med*. 2012;40(2):634–46.

51. Swain JA, McDonald Jr TJ, Griffith PK, Balaban RS, Clark RE, Ceckler T, et al. Low-flow hypothermic cardiopulmonary bypass protects the brain. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991;102(1):76–84.
52. Walker JL, Young HA, Lawson DS, Husain SA, Calhoon JH. Optimizing venous drainage using an ultrasonic flow probe on the venous line. *J Extracorpor Technol.* 2011;43(3):157–61.
53. Barbara DW, Mauermann WJ, Neal JR, Abel MD, Schaff H V, Winters JL. Cold agglutinins in patients undergoing cardiac surgery requiring cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;146(3):668–80.
54. Wiegmann D, Suther T, Neal J, Parker SH, Sundt TM. A human factors analysis of cardiopulmonary bypass machines. *J Extracorpor Technol.* 2009;41(2):57–63.
55. Still RJ, Hilgenberg AD, Akins CW, Daggett WM, Buckley MJ. Intraoperative aortic dissection. *Ann Thorac Surg.* 1992;53(3):374–80.
56. Huang L chen, Xu Q chen, Chen D zhong, Dai X fu, Chen L wan. Peripheral vascular complications following totally endoscopic cardiac surgery. *J Cardiothorac Surg.* 2021;16:1–8.
57. Sarkar M, Prabhu V. Basics of cardiopulmonary bypass. *Indian J Anaesth.* 2017;61(9):760–7.
58. Riley W, FitzGerald D, Cohn L. Single, percutaneous, femoral venous cannulation for cardiopulmonary bypass. *Perfusion.* 2007;22(3):211–5.
59. Mills NL, Ochsner JL. Massive air embolism during cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1980;80(5):708–17.
60. Pągowska-Klimek I, Świerzko AS, Michalski M, Głowacka E, Szala-Poździej A, Sokołowska A, et al. Activation of the lectin pathway of complement by cardiopulmonary bypass contributes to the development of systemic inflammatory response syndrome after paediatric cardiac surgery. *Clin Exp Immunol.* 2016;184(2):257–63.
61. Bando K, Sun K, Binford RS, Sharp TG. Determinants of longer duration of

- endotracheal intubation after adult cardiac operations. *Ann Thorac Surg.* 1997;63(4):1026–33.
62. Veldhuzien RAW, Yao LJ, Hearn SA, Possmayer F, Lewis JF. Surfactant-associated protein A is important for maintaining surfactant large-aggregate forms during surface-area cycling. *Biochem J.* 1996;313(3):835–40.
 63. Malbouisson LMS, Humberto F, Rodrigues R dos R, Carmona MJC, Auler Jr JOC. Atelectasis during anesthesia: pathophysiology and treatment. *Rev Bras Anesthesiol.* 2008;58:73–83.
 64. Haslam PL, Baker CS, Hughes DA, Macnaughton PD, Moat NE, Dewar ANN, et al. Pulmonary surfactant composition early in development of acute lung injury after cardiopulmonary bypass: prophylactic use of surfactant therapy. *Int J Exp Pathol.* 1997;78(4):277–89.
 65. Suleiman M, Hyman, J B, Wilcox, T H. The Provecs trial: Protective ventilation with open lung approach during cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023;37(1):10–7.
 66. Bignami E, Guarnieri M, Gemma M. Ventilation strategies during cardiopulmonary bypass: A systematic review. *Ann Card Anaesth.* 2018;21(2):192–200.
 67. Zhang Y, Li J, Chen Z. Impact of intraoperative lung-protective ventilation on biomarkers of lung injury after cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med.* 2022;50(2):120–6.
 68. Lellouche F, L’Her E, Bouchard, P A. Intraoperative low tidal volume ventilation improves postoperative lung function. *Br J Anaesth.* 2015;114(6):1024–31.