



T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**KORONER BY-PASS CERRAHİSİNDE İNTRAOPERATİF
SIVI YÖNETİMİNİN İNTRAKRANİYAL BASINÇ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN OPTİK SİNİR KILIF ÇAPI VE VENA CAVA
İNFERİOR DİSTENSİBİLİTESİ İNDEKSİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Büşra AYATA BÜYÜKTEKELİ

UZMANLIK TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

SIVAS

2025



T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**KORONER BY-PASS CERRAHİSİNDE İNTRAOPERATİF
SIVI YÖNETİMİNİN İNTRAKRANİYAL BASINÇ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN OPTİK SİNİR KILIF ÇAPI VE VENA CAVA
İNFERİOR DİSTENSİBİLİTESİ İNDEKSİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Büşra AYATA BÜYÜKTEKELİ

UZMANLIK TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ

Doç. Dr. Oğuz GÜNDOĞDU

SIVAS

2025



Tıpta Uzmanlık Tez Yazım Yönergesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 10/02/2010 tarih ve 2010/1-2 sayılı kararı ile kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Bu tez bu yönetmelik hükümlerine göre yazılmıştır.

TEŞEKKÜR

Hekimlik basamağının en önemli süreci olan asistanlık sürecimde her fırsatta bilgi ve tecrübesinden faydalandığım, her konuda yenilikçi ve kendini geliştiren bakış açısıyla örnek teşkil eden ve tez danışmanlığı sürecimde de yol göstericiliği ve sabrı ile bana büyük destek sağlayan tez danışmanım Doç. Dr. Oğuz Gündoğdu'ya,

Uzmanlık eğitimim boyunca öğrendiğim tüm bilgi ve tecrübemi kazanmama vesile olan ve hekimlik sanatını öğrenmeme sayısız katkısı olan başta bölüm başkanımız Prof. Dr. Sinan Gürsoy'a, bölümümüzün değerli hocaları Prof. Dr. Kenan Kaygusuz'a, Prof. Dr. İclal Özdemir Kol'a, Prof. Dr. Cemil İsbir'e ve Doç. Dr. Onur Avcı'ya,

Birlikte çalışmak ve aynı ortamı paylaşmaktan mutluluk duyduğum, iyi ve kötü günleri birlikte geçirdiğim tüm asistan arkadaşlarıma,

Asistanlık sürecinde olduğu gibi her konuda yanımda olan desteklerini hep hissettiğim Dr. Meryem Koçak ABA ve Dr. Nezahat Halaç'a,

Özveriyle ve dürüstlikle çalışmanın önemini öğrendiğim babam Erdoğan AYATA'ya, fedakarlığın ne demek olduğunu öğrendiğim annem Sevim AYATA'ya, her şartta yanımda olan canım ablamlarıma,

Hekimlik yolunda her anımda yanımda olan, düştüğümde kaldıran desteğini her an hissettiğim hayat arkadaşım Dr. Onur BÜYÜKTEKELİ'ye ve doğduğu günden beri hayatıma ışık olan oğlum Gurur Kemal Büyüktekeli'ye

Sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

KORONER BY-PASS CERRAHİSİNDE İNTRAOPERATİF SIVI YÖNETİMİNİN İNTRAKRANİYAL BASINÇ ÜZERİNE ETKİLERİNİN OPTİK SİNİR KILIF ÇAPI VE VENA CAVA İNFERİOR DİSTENSİBİLİTESİ İNDEKSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Büşra AYATA BÜYÜKTEKELİ

Danışman Öğretim Üyesi Doç. Dr. Oğuz GÜNDOĞDU

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Sivas, 2025

Giriş ve Amaç: Kalp cerrahisinde intraoperatif sıvı yönetimi oldukça zorlu bir süreçtir. Kardiyak cerrahi geçiren tüm hastalarda intravenöz sıvı yönetimi ve sonuçları iyi bilinmelidir. Çalışmamızda koroner bypass cerrahisi geçiren hastalarda sıvı yönetiminin vena cava inferior distensibilite indeksi ile değerlendirilmesi ve kafa içi basınç üzerindeki etkisinin, optik sinir kılıf çapının ultrasonografik görüntüsü aracılığıyla erken ve girişimsel olmayan yöntemlerle değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamız Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde 1 Ekim 2022-1 Ekim 2023 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Çalışmamıza 18 yaş ve üzeri, elektif şartlarda kardiyopulmoner by-pass cerrahisi geçiren 50 hasta dahil edildi. Çalışmamızdaki hastaların demografik verileri ve ameliyat süresince laktat düzeyleri, total kan kayıp düzeyleri, giriş hemoglobin düzeyleri, ortalama arterial basınçları, kalp hızları, pompa süreleri kayıt altına alındı. Ultrason cihazı ile optik sinir kılıf çapı(ONSD) ölçümü kaydedildi. ONSD, hastaya anestezi uygulamadan önce (bazal değer-T0), santral venöz katater takıldıktan sonra (T1), ameliyatın 30. Dakikasında (T2), hipotermimin 10. dakikasında (T3), hastaların yeniden ısıtılması sonrası 10. dakikada (T4) ve postoperatif 1. saatte (T5) ölçüldü. Hastaların T0 ve T5 zamanlarında ultrason ile inferior vena cava distensibilite indeksi hesaplanarak kaydedildi. Çalışmaya alınan hastalara T0 ve T5 zamanlarında yoğun bakım ünitesinde konfüzyon değerlendirme testi (CAM-ICU) uygulandı.

Bulgular: Hastaların OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD-R, ONSD-L değerlerindeki değişim incelenmiştir. OAB değeri T4 ölçümüne kadar azalmış sonrasında artmıştır. Laktat değerinde sürekli bir artış olduğu, bu artışın özellikle T2 ölçümünden sonra daha fazla olduğu görülmüştür. CVP değeri T3 ölçümünden sonra

düzenli bir artış göstermiştir. ONSD-R ve ONSD-L değerlerinde ise T3 ölçümünde artış, sonrasında azalma ve tekrar artış olduğu görülmüştür. T0'da yapılan CAM-ICU testi ile ölçülen değerler arasında yapılan karşılaştırmada CAM-ICU (T0) pozitif saptananlarda CVP (T1), CVP (T2), ONSD-R (T0), ONSD-R (T5), ONSD-L (T0), ONSD-L (T5) değerleri daha yüksektir. CAM-ICU (T5) ile ölçülen değerler arasında yapılan karşılaştırmada CAM-ICU (T5) pozitif olanlarda Giriş Hgb, EF daha düşük iken, Yaş, Sıvı balansı, Laktat (T5), CVP (T4,T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) değerleri daha yüksektir. Yaş, BMI, Pompa süresi, Total kan kaybı, Giriş Hgb, Sıvı balansı, EF ile OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre yaş ile ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında aynı yönlü ve BMI ile ONSD-L (T0) arasında yine aynı yönlü korelasyon vardır. Total kan kaybı ile IVCDi (T5) ters yönlü, ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında aynı yönlü korelasyon vardır. Giriş Hgb ile Laktat (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında ters yönlü korelasyon vardır. Sıvı balansı ile Laktat (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında aynı yönlü korelasyon vardır. IVCDi ile CVP ve Laktat arasındaki korelasyona göre IVCDi (T0) ile Laktat (T0,T1,T2,T3) arasında ve IVCDi (T5) ile Laktat (T3) arasında ters yönlü korelasyon vardır. CAM-ICU (T5) varlığını predikte edebilecek CVP (T5) değeri incelenmiştir. Buna göre cut-off >13,5 alındığında %57,14 Sensitivite, %100 Spesifisite, %100 PPD ve %76,32 NPD elde edilmiştir.

Sonuç: Çalışmamızda IVCDi değeri artış göstermiş olsa da övolemik ve hipervolemik olan kardiyopulmoner bypass cerrahi geçiren hastalarda sıvı yönetimini belirlemede ön görücü bir test olmadığının kanaatindeyiz. Çalışmamızda bakılan hasta popülasyonunda hastaların yaş ve BMI indeksi gibi demografik verilerin ONSD değerini etkilediği, pozitif yönde sıvı dengesi olan hastalarda yüksek CVP değeri ve perfüzyon bozukluğunun ön görücüsü olduğu düşünülen yüksek laktat değeri olan hastalarda ONSD artışı hastaların postoperatif deliryum tablosu ile ilişkili bulunmuştur ve ONSD ölçümünün ICP'yi öngörebilen bir değer olduğunun kanaatindeyiz. Kardiyopulmoner bypass cerrahisi geçiren hastalarda sıvı yönetimi ve etkilerini, ICVD ve ONSD değerleriyle ön görülebilirliği ile ilgili yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: koroner arter cerrahisi, kardiyopulmoner bypass, deliryum

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTS OF INTRAOPERATIVE FLUID MANAGEMENT ON INTRACRANIAL PRESSURE IN CORONARY BYPASS SURGERY USING OPTIC NERVE SHEATH DIAMETER AND INFERIOR VENA CAVA DISTENSIBILITY INDEX

Dr. Büşra AYATA BÜYÜKTEKELİ

Department of Anesthesiology and Reanimation, Sivas, 2025

Introduction and Objective: Intraoperative fluid management in cardiac surgery is a highly challenging process. Proper understanding of intravenous fluid management and its outcomes is essential for all patients undergoing cardiac surgery. This study aims to evaluate fluid management in patients undergoing coronary bypass surgery using the inferior vena cava distensibility index and to assess its effects on intracranial pressure through early and non-invasive methods using ultrasonographic imaging of the optic nerve sheath diameter (ONSD).

Materials and Methods: This study was conducted at Sivas Cumhuriyet University Faculty of Medicine Hospital between October 1, 2022, and October 1, 2023. Fifty patients aged 18 and above who underwent elective cardiopulmonary bypass surgery were included. Demographic data, lactate levels, total blood loss, baseline hemoglobin levels, mean arterial pressures, heart rates, and pump durations were recorded. Optic nerve sheath diameter (ONSD) was measured using an ultrasound device at six time points: before anesthesia induction (baseline-T0), after central venous catheterization (T1), at the 30th minute of surgery (T2), at the 10th minute of hypothermia (T3), at the 10th minute after rewarming (T4), and at the 1st postoperative hour (T5). Inferior vena cava distensibility index (IVCDi) was calculated and recorded at T0 and T5. The Confusion Assessment Method for the Intensive Care Unit (CAM-ICU) test was administered at T0 and T5 in the intensive care unit.

Results: Changes in mean arterial pressure (MAP), central venous pressure (CVP), lactate, ONSD-R, and ONSD-L values were analyzed. MAP decreased until T4 and then increased. Lactate levels showed a continuous rise, particularly after T2.

CVP consistently increased after T3. ONSD-R and ONSD-L values increased at T3, then decreased before rising again. In patients with positive CAM-ICU (T0) results, CVP (T1, T2), ONSD-R (T0, T5), and ONSD-L (T0, T5) values were higher. In patients with positive CAM-ICU (T5) results, baseline hemoglobin and ejection fraction (EF) were lower, while age, fluid balance, lactate (T5), CVP (T4, T5), ONSD-R (T5), and ONSD-L (T5) values were higher. Correlations were found between demographic variables (age, BMI, pump time, total blood loss, baseline hemoglobin, fluid balance, EF) and parameters such as MAP, CVP, IVCDi, ONSD, and lactate. Specifically, age was positively correlated with ONSD-R (T5) and ONSD-L (T5), while BMI correlated with ONSD-L (T0). Total blood loss was inversely correlated with IVCDi (T5) but positively correlated with ONSD-R (T5) and ONSD-L (T5). Baseline hemoglobin was inversely correlated with lactate (T5), ONSD-R (T5), and ONSD-L (T5). Fluid balance was positively correlated with lactate (T5), ONSD-R (T5), and ONSD-L (T5). There is an inverse correlation between IVCDi (T0) and Lactate (T0, T1, T2, T3), as well as between IVCDi (T5) and Lactate (T3), according to the correlation between IVCDi and CVP and Lactate. For predicting CAM-ICU (T5) positivity, a CVP (T5) cut-off of >13.5 showed 57.14% sensitivity, 100% specificity, 100% positive predictive value, and 76.32% negative predictive value.

Conclusion: Although an increase in IVCDi was observed, we conclude that it is not a predictive test for fluid management in euvoletic and hypervolemic patients undergoing cardiopulmonary bypass surgery. In our patient population, demographic factors like age and BMI influenced ONSD values. High lactate levels that considered predictor of perfusion impairment and high CVP levels were associated with increased ONSD and postoperative delirium. Therefore, we believe that ONSD measurement can be a predictor of intracranial pressure (ICP). Further studies are needed on the predictability of fluid management and its effects in patients undergoing cardiopulmonary bypass surgery, in relation to ICVD and ONSD values.

Keywords: coronary artery surgery, cardiopulmonary bypass, delirium

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Koroner Arter Bypass Greftleme Cerrahisi ve Tarihçesi	3
2.2. Kardiyopulmoner Bypass	4
2.2.1. Kardiyopulmoner Sistem Elemanları	4
2.2.1.1. Kanüller.....	4
2.2.1.2. Vent Sistemi.....	5
2.2.1.3. Venöz rezervuar	5
2.2.1.4. Pompa	5
2.2.1.5. Filtreler.....	6
2.2.1.6. Isı Değiştirici.....	7
2.2.1.7. Oksijenatör	7
2.2.1.8. Kardiyopleji Solüsyonları	7
2.2.1.9. Hemofiltrasyon cihazı	7
2.2.2. Kardiyopulmoner Bypassın Hazırlanması.....	8
2.2.2.1. Priming Solüsyonu.....	8

2.2.2.2. Sistemik Heparinizasyon	8
2.2.3. Kardiyopulmoner Bypassın Başlatılması	9
2.2.3.1. Kardiyopleji	9
2.2.3.2. Hipotermi	9
2.2.3.3. Total Sistemik Kan Akımı (Perfüzyon akım hızı)	9
2.2.3.4. Kardiyopulmoner Bypass sırasında pH Yönetimi	10
2.2.4. Kardiyopulmoner Bypassın Çıkışı	10
2.2.5. Kardiyopulmoner Bypassın Etkileri	11
2.2.5.1. İnflamatuvar Yanıt	11
2.2.5.2. Kardiyak Etkileri	12
2.2.5.3. Hematolojik Etkileri	12
2.2.5.4. Respiratuvar Etkileri	13
2.2.5.5. Nörolojik Etkileri	13
2.2.5.6. Renal Fonksiyona Etkileri	13
2.2.5.7. Gastrointestinal Sistem Etkileri	14
2.3. İntraoperatif Sıvı Tedavisi	14
2.3.1. Sıvı Stratejileri	15
2.3.2. Geleneksel Sıvı Yönetimi	16
2.3.3. Restriktif Sıvı Yönetimi	16
2.3.4. Hedefe Yönelik Sıvı Yönetimi	16
2.4. Volüm Durumu Monitörizasyonu	17
2.4.1. Statik Parametreler	17
2.4.2. Dinamik Parametreler	18
2.4.2.1. Vena Cava Inferior Ölçümleri	19

2.4.2.2. Pletismografik Dalga Formu Değişimi (“Pleth Variability Index”-PVI)	20
2.4.2.3. Pasif Bacak Kaldırma Testi	21
2.4.2.4. Doppler Ekokardiografi	22
2.5. İntraoperatif Sıvı Yönetimi ve Kan Laktat Düzeyi	22
2.6. Optik Sinir Kılıf Çapı ve Klinik Kullanımı	23
2.6.1. Optik Sinir Kılıfı Anatomisi	23
2.6.2. Oküler Ultrasonografi ve Optik Sinir Kılıf Çapı Ölçüm Tekniği	24
2.6.3. Volüm Durumu ve Göz	25
2.7. Yoğun Bakım Ünitesinde Konfüzyon Değerlendirme Ölçeği (CAM-ICU)	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	28
3.1. Çalışma Yöntemi	28
3.2. İstatiksel Analiz	30
4. BULGULAR	31
5. TARTIşMA	45
6. SONUÇ	59
7. KAYNAKÇA	60

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACT:	Aktive Pıhtılaşma Zamanı
BMI:	Body Mass İndex
BOS:	Beyin Omurilik Sıvısı
CAM-ICU:	Yoğun Bakım Ünitesinde Konfüzyon Değerlendirme Ölçeği
CBF:	Serebral Kan Akımı
CO₂:	Karbondioksit
CPB:	Kardiyopulmoner Bypass
CVC:	Santral Venöz Kateter
CVP:	Santral Venöz Basınç
DAB:	Diyastolik Arter Basıncı
dk:	Dakika
EF:	Ejeksiyon Fraksiyonu
EKO:	Ekokardiografi
Hgb:	Hemoglobin
ICP:	İntrakranyal Basınç
IV:	İntravenöz
IVC:	İnferior Vena Cava
IVCCI:	İnferior Vena Cava Kollapsibilite İndeksi
IVCDi:	Vena Cava İnferior Distensibilite İndeksi
KAH:	Kalp Atım Hızı
Kg:	Kilogram
KİB:	Kafa İçi Basınç
L:	Litre
LVEF:	Sol Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu

mcg:	Mikrogram
mg:	Miligram
Mhz:	Megahertz
ml:	Mililitre
mm:	Milimetre
mmol:	Milimol
OAB:	Ortalama Arter Basıncı
ONSD-L:	Optic Nerve Sheath Diameter Left
ONSD-R:	Optic Nerve Sheath Diameter Right
PAC:	Pulmoner Arter Kateter
PBKT:	Pasif Bacak Kaldırma Testi
PEEP:	Pozitif Ekspirium Sonu Basıncı
PI:	Perfüzyon İndeksi
POD:	Postoperatif Deliryum
PPV:	Nabız Basıncı Değişimi
PVI:	Pleth Variability İndex
SAB:	Sistolik Arter Basıncı
ScvO:	Santral Venöz Oksijen Satürasyonu
SPV:	Sistolik Basıncı Değişimi
SV:	Stroke Volüm
SvO:	Mikst Venöz Oksijen Satürasyonu
SVV:	Atım Hacmi Değişimi
USG:	Ultrasonografi
VTI:	Subaortik Kan Akımının Hız Zaman İntegrali

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kardiyopulmoner Bypass Sistemi (13)	
Şekil 2. İspirasyon ve ekspirasyonda IVC çapı.....	20
Şekil 3. PVI hesaplanması.....	21
Şekil4. Pasif Bacak Kaldırma Testi.....	22
Şekil 5. Optik Sinir Kılıf Çapı Ölçümü.....	25
Şekil 6. Ortalama arter basıncındaki (OAB) değişim grafiği.....	32
Şekil 7. Kalp Hızındaki (KAH) değişim grafiği.....	33
Şekil 8. Laktat değerindeki değişim grafiği.....	33
Şekil 9. CVP değerindeki değişim grafiği.....	34
Şekil 10. IVCDi Değerindeki Değişim Grafiği.....	34
Şekil 11. ONSD-R Değerindeki Değişim Grafiği.....	35
Şekil 12. ONSD-L Değerindeki Değişim Grafiği.....	35
Şekil 13. CAM-ICU (T5) Pozitifliğini Predikte Edebilecek CVP (T5) Değerinin Sensitivite-Spesifite grafiği.....	38

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. <i>Yoğun</i> Bakım Ünitesinde Konfüzyon Değerlendirme Ölçeği (CAM-ICU) .27	27
Tablo 2. Hastaların demografik özellikleri ve pompa süresi, total kan kaybı, giriş Hgb, sıvı balansı, EF değerleri.....31	31
Tablo 3. Hastaların CAM-ICU, OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD-R, ONSD-L değerlerinin değişimlerinin incelenmesi.....32	32
Tablo 4. CAM-ICU (T0) Sonuçlarıyla Ölçümlerin Karşılaştırılması.....36	36
Tablo 5. CAM-ICU (T5) Sonuçlarıyla Ölçümlerin Karşılaştırılması.....37	37
Tablo 6. CAM-ICU (T5) Pozitifliğini Predikte Edebilecek CVP (T5), Laktat (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) değerlerinin incelenmesi.....38	38
Tablo 7. Yaş, BMI, Pompa süresi, Total kan kaybı, Giriş Hgb, Sıvı balansı, EF ile OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD Arasındaki Korelasyonu.....39	39
Tablo 8. IVCDi ile CVP ve Laktat Arasındaki Korelasyon.....41	41
Tablo 9. Sıvı Balansı ile Total Kan Kaybı ve Pompa Süresi Arasındaki Korelasyon..41	41
Tablo 10. OAB, KAH, Laktat, IVCDi, ONSD değerlerinin T0 ölçümleri arasındaki korelasyon.....42	42
Tablo 11. OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T1 ölçümleri arasındaki korelasyon.....42	42
Tablo 12. OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T2 ölçümleri arasındaki korelasyon.....43	43
Tablo 13. Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T3 ölçümleri arasındaki korelasyon.....43	43
Tablo 14. OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T4 ölçümleri arasındaki korelasyon.....44	44
Tablo 15. OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD değerlerinin T5 ölçümleri arasındaki korelasyon.....44	44

1. GİRİŞ

Koroner Bypass cerrahisi dünyada en sık yapılan ameliyatlardan biridir. Kalp cerrahisinde intraoperatif sıvı yönetimi oldukça zorlu bir süreçtir. Kardiyopulmoner bypass solüsyonları hazırlamada perfüzyonistler sorumlu iken, anestezi doktorları intraoperatif ve postoperatif sıvı yönetiminden sorumludur. Bu nedenle intraoperatif sıvı yönetimi ve etkileri sıkı takip edilmelidir (1). İntravenöz sıvı uygulaması kardiyak cerrahi geçiren tüm hastalarda önemlidir. Bu nedenle sıvı yönetiminin farmakolojik ve fizyolojik açıdan etkileri iyi bilinmelidir. Hem hastanın yoğun bakım ünitesinde ve hastanede kalış süresini kısaltması hem de uzun süreli yaşam kalitesinin iyileştirilmesi sadece ameliyat öncesi dönemde erken başlayan dikkatli planlamanın bir sonucu olabilir. İdeal sıvı yönetim planı hem hipovolemi hem de hipervolemiyi önleyecektir ve doğru zamanda verilen sıvıların doğru kombinasyonunun kullanılmasını içerecektir (2).

Solunum ilişkili kalbe dönen kan ve basınç değişimleri vena cava inferior çapı ve kan miktarını etkilemekle beraber, hastadaki sıvı durumu hakkında bilgi edinmeyi sağlamaktadır. Mekanik ventilasyon sırasındaki, inferior vena cava çapı değişiklikleri operasyon geçiren hastalarda sıvı cevabı belirlemede oldukça doğru, non-invaziv bir ölçümdür. Bu ölçümler ultrason ile non-invaziv olarak yapılabilmektedir. Yapılan birçok çalışmada 'IVC distensibilite indeksi' (IVCDi) hasta sıvı yanıtını belirlemek için değerli bulunmuştur (3).

Cerrahi, anestezi, perfüzyon ve operasyon sonrası bakımdaki ilerlemelere rağmen, olumsuz nörolojik sonuçlar kardiyopulmoner bypass (CPB) sonrasında ortaya çıkabilir. CPB'nin fizyolojik etkilerinin sonuçları operasyon sonrası dönemde kan-beyin bariyerini, otonöregülasyonu ve intrakranyal basıncı (ICP) değiştirebilir. Bu etkilerden dolayı hastanın operasyon içi ve sonrası beyin fonksiyonlarının hızlı ve etkin değerlendirilmesi oldukça önemlidir (4). Optik sinir kılıf çapının transorbital ultrasonografik ölçümü kafa içi basınç artışını tespit etmek için kullanılan yatak başı ve girişimsel olmayan bir tetkik yöntemidir. Yetişkin koroner by-pass cerrahisi geçiren hastalarda kafa içi basıncı değerlendirmede ultrasonografi ile yatak başında optik sinir kılıf çapını değerlendiren çalışma yoktur.

Çalışmamızda koroner bypass cerrahisi geçiren hastalarda sıvı yönetiminin vena cava inferior distensibilite indeksi ile değerlendirilmesi ve kafa içi basınç üzerindeki etkisinin, optik sinir kılıf çapının ultrasonografik görüntüsü aracılığıyla erken ve girişimsel olmayan yöntemlerle değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.



2. GENEL BİLGİLER

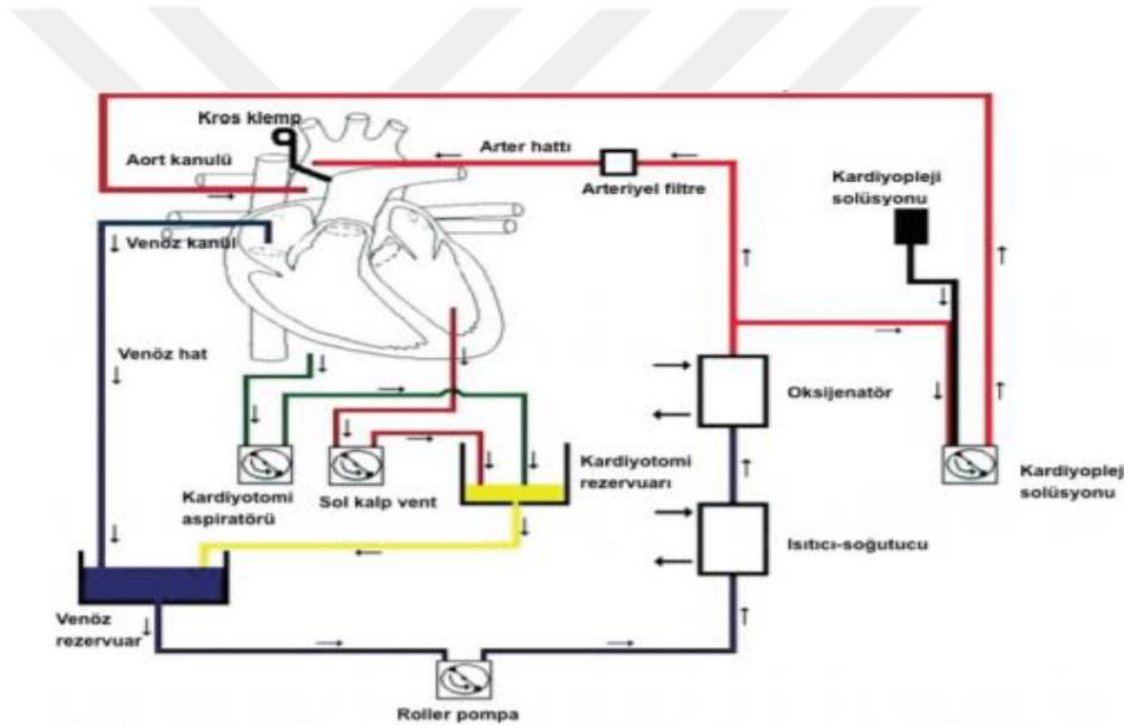
2.1. Koroner Arter Bypass Greftleme Cerrahisi ve Tarihçesi

Literatüre göre günümüzde kalp ve damar cerrahları tarafından en sık yapılan ameliyat koroner arter bypass greftleme cerrahisidir. Kalp-akciğer makinesi ile ilgili çalışmalar 19. yüzyılda başlamıştır. Ancak kalp-akciğer makinesinin klinik olarak uygulanmaya geçmesi 20. yüzyılın ortalarına doğru olmuştur. İlk kalp-akciğer makinesi 1885 yılında Gruber ve Von Frey tarafından yapılmıştır (5). 1932 yılında Beck miyokardın etrafına pektoral kastan oluşturduğu flebi sararak iskemik kalp hastalıklarında ilk cerrahi uygulamalardan birini yapmıştır (6). Dr. Jon Gibbon 1953 yılında bir hastasında kalp-akciğer makinesini kullanarak atrial septal defekt onarımı yapmış ve böylece ilk kez başarılı bir intrakardiyak operasyon gerçeklemiştir. Ancak daha sonra 4 hastada bu işlemi uygulamış ve bu hastalar kaybedilmiştir. Bundan dolayı Dr. Jon Gibbon'un geliştirdiği sistem ve teknikler tartışma konusu olmuştur (7). 1955 yılında Dr. John Kirklin ve arkadaşları tarafından ilk başarılı intrakardiyak operasyon serisi bildirilmiştir (8). İnsanlarda ilk kez başarılı olan koroner arter bypass greftleme operasyonu 1960 yılında Dr. Goetz tarafından yapılmıştır (9). W. Dudley Johnson ve arkadaşları 1967-1969 yıllarında 301 olguluk başarılı bir seri yayınlamış ve bu seri koroner arter bypass greftleme cerrahisinin başlangıcı olarak kabul görmektedir (10).

Koroner arter bypass greftleme cerrahisindeki temel amaç koroner arter hastalığı bulunan hastalarda mevcut olan semptomları gidermek, hastaların hayat kalitelerinde artış sağlamak ve hastalarda koroner arter hastalığına bağlı görülebilecek olan akut miyokard iskemisi, konjestif kalp yetmezliği ve ani ölüm gibi komplikasyonlardan koruma sağlamaktır. Koroner arter bypass greftleme cerrahisinde cerrahi ve teknik olarak yeni ortaya çıkan gelişmeler olmasına rağmen yaklaşım temelde aynı devam etmiştir (11). Dünya geneline bakıldığında hastalar median sternotomi, tam heparinizasyon, klempile kardiyopulmoner bypass, soğutmalı veya soğutmasız kardiyak arrest, safen venden greft hazırlanması ve koroner bypass cerrahisine uygun anestezi tekniği kullanılarak operasyona alınmaktadır (12).

2.2. Kardiyopulmoner Bypass

Kardiyopulmoner bypass birçok kalp cerrahisinin güvenle yapılmasına olanak sağlayan özel bir perfüzyon sistemidir. Bu perfüzyon sistemi sayesinde cerrahi sırasında tam veya kısmi olarak dolaşimsal ve solunumsal destek sağlanabilmektedir. Temel prensip kalbin yakınında olan santral bir venden alınacak olan deoksijenize kanın bir haznede biriktirilmesi sonrasında kanın oksijenize edilmesi ve filtreden geçirilip vücuda arteriyel sistem aracılığıyla geri gönderilmesidir. Kardiyopulmoner bypass düzeneği komponentleri kanüller, vent sistemi, venöz rezervuar, pompa, filtreler, ısı değiştirici, oksijenatör, kardiyopleji setleri ve hemofiltrasyon cihazından oluşur (13). Kardiyopulmoner bypass sistemi Şekil 1’de basitçe şematize edilmiştir.



Şekil 1. Kardiyopulmoner Bypass Sistemi (13)

2.2.1. Kardiyopulmoner Sistem Elemanları

2.2.1.1. Kanüller

Aortaya veya dallarına yerleştirilerek oksijenize kanı vücuda göndermek amacıyla kullanılmakta olan kanül arteriyel kanüldür. Arteriyel kanülasyon çıkan arcus aortadan veya karotis, aksiller, femoral arterler gibi periferik arterlerden de yapılabilir.

Kardiyopulmoner bypass sırasında hedeflenen akıma ve hastanın vücut yüzey alanına göre kullanılacak olan aort kanülünün çapı belirlenmelidir (14).

Venöz kanül venöz sistemde yer alan deoksijenize kanı ekstrakorporal sistemde bulunan venöz rezervuara taşımayı sağlar. Venöz kanülasyon santral veya periferik olarak yapılabilir. Venöz kanülasyon santral olarak vena cavalardan ya da sağ atriumdan yapılabilir. Periferik venöz kanülasyon için ise en sık internal jugüler venler ve femoral ven kullanılabilir. Periferik venöz kanülasyon çoğunlukla re-operasyonlarda ve minimal girişimsel uygulamalarda kullanılmaktadır (14).

2.2.1.2. Vent Sistemi

Vent sistemi ventriküllerdeki duvar gerilimini önlemek için kullanılmaktadır. Çünkü ventrikül duvar geriliminin artması durumunda miyokardın ihtiyacı olan oksijen miktarı artar bunun sonucunda da subendokardiyal koroner mikrosirkülasyon bozulur. Bunun yanında ventrikül duvar geriliminin artması pulmoner ödem ve pulmoner venöz basınç artışına neden olabilir (15).

2.2.1.3. Venöz rezervuar

Venöz rezervuar yaklaşık 3 litre kapasiteli hastadan toplanan kanın depolandığı bir haznedir. Venöz rezervuarın görevi güvenilir ve kolay bir biçimde venöz drenajın devam ettirilmesini sağlar. Ayrıca hava tahliyesinin yapılabilmesine ve sisteme kan, ilaçlar ve mayinin eklenebilmesine olanak sağlar (16).

2.2.1.4. Pompa

Kardiyopulmoner bypassda roller pompa ve daha az kullanılan sentrifugal pompa olmak üzere 2 çeşit pompa bulunmaktadır. Pompanın görevi venöz rezervuarda toplanmış olan deoksijenize kanı arteryel sisteme gitmeye hazır olduğu zaman alarak aortaya pompalamaktır (17).

Roller Pompalar

Kardiyopulmoner bypass ile yapılan ameliyatlarda son zamanlarda en sık olarak kullanılan pompa tipidir. Kolay kullanımlı, güvenli ve daha düşük maliyetlidir. Bu pompa tipinde birbirilerine zıt açılı 2 silindirik yapı, kanı taşımakta olan tüpler

üzerinde sırasıyla basınç uygulayarak döner. Bunun sonucunda da tüp içinde olan kana pozitif ivme kazandırır. Pompanın dönüş hızına, çapına ve tüplere basınç uygulanan mesafedeki uzunluğa bağlı olarak kan akım hızı değişmektedir. Bu sebeple belli zamanlarda kalibrasyon yapılmalıdır.

Roller pompalardaki önemli özelliklerden biri kompresyonun derecesini tarif eden oklüzyondur. İleri derecedeki oklüzyon kan elemanlarının hemolizine sebep olabilirken oklüzyonun yetersizliği ise sistemik damar yatağı ya da arteriyel kanülden dolayı meydana gelen direnç karşısında, akımın devamlılığında zorluk oluşturabilir. Outflowda kontrolsüz oklüzyon sonucu tüp içi basıncında aşırı yükselme oluşabilir ve buna bağlı olarak hatlarda patlama ya da tüp bağlantı bölgelerinde ayrılma meydana gelebilir. İnflow akımda bozulma olması durumunda ise negatif basınç oluşabilir ve bu kavitasyon etkisiyle birlikte mikro hava embolileri oluşabilir (18).

Sentrifugal Pompalar

Sentrifugal pompalar kinetik pompalardır. Bu pompalarda bir elektrik motoru sayesinde oluşan girdaptan meydana gelen merkezkaç kuvvetiyle kan pulsatil olmayan bir akımla pompa boyunca ilerler. Sentrifugal pompalar roller pompalardan farklı olarak oklüzif değildir. Afterloada bağımlı olarak akımı devam ettirdikleri için hatlarda meydana gelebilecek ani bükülmeler karşısında akım azalır ve böylece oluşabilecek patlama ya da ayrılmalar engellenir. Roller pompalardan farklı olarak inflow oklüzyonunda negatif basınç olmaz ve böylece mikro hava embolileri oluşmaz. Masif hava emboli riskinin daha az olması roller pompalara karşı olan bir diğer üstünlüğüdür.

Ancak roller pompalar ucuz ve basit oldukları, daha az başlangıç hacmine ihtiyaç duymaları, afterloaddan bağımsız bir biçimde akım debisini sağlamaları, havanın uzaklaştırılabilmesinin daha basit olması gibi özelliklerden dolayı sentrifugal pompalara göre daha sık rutin kardiyopulmoner bypassta kullanılmaktadır (19)

2.2.1.5. Filtreler

Kardiyopulmoner bypass sırasında oluşabilecek gaz veya partiküllere bağlı mikroembolilerin önlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

2.2.1.6. Isı Değiştirici

Kardiyopulmoner bypass sırasında özellikle beyin ve diğer organların metabolik ihtiyaçlarını en aza indirmek ve end organ hasarının önüne geçmek için hipotermi koşullarının sağlanması gerekmektedir. Isı değiştiricinin görevleri hipotermi esnasında kanın ısınmasının önüne geçmek, normotermi sırasında kanın tekrardan soğuması engellemek ve en son olarak da pompadan çıkılırken kanı ısıtmaktır (20).

2.2.1.7. Oksijenatör

Membran ve bubble oksijenatör olmak üzere günümüze 2 çeşit oksijenatör kullanımdadır.

Membran Oksijenatöler

Kan ile gazın birbirine teması olmadan ince bir membran aracılığıyla gaz alışverişi sağlanır.

Bubbler Oksijenatöler

Kan içerisine gaz kabarcıklarının verilmesi ile gaz kabarcığı yüzeyinden oksijen ve karbondioksit transferi prensibiyle çalışmaktadır. Ancak gaz embolisi oluşturma riski ve temas alanı nedeniyle oluşan inflamatuvar yanıtın dolayısı bu oksijenatörden uzaklaştırılmıştır (21).

2.2.1.8. Kardiyopleji Solüsyonları

Yüksek potasyumlu kardiyopleji solüsyonları diyastolik arrest sağlamak amacıyla kullanılır. Bu solüsyonlar kan veya kristaloid yapıda olabilmektedir. Uygulama şekline göre kardiyopleji, anterograd (aort kökünden verilirse) ve retrograd (koroner sinüs yoluyla verilirse) olarak ikiye ayrılır. Ayrıca soğuk (4°C) veya normotermik (35-37°C) olabilmektedirler. Normotermik olan solüsyonlar infüzyon şeklinde verilir, soğuk kardiyoplejik solüsyonlar aralıklı verilirler (22).

2.2.1.9. Hemofiltrasyon cihazı

Hemofiltrasyon cihazı yarı geçirgen membranlardan oluşur. Su ve elektrolitleri sistemden uzaklaştırarak dilüe olan kanın tekrardan konsantre şekilde dolaşıma kazandırılmasını sağlarlar. Tüm kardiyopulmoner bypass sırasında ya da ısınma döneminde bu işlem gerçekleştirilebilir (23).

2.2.2. Kardiyopulmoner Bypassın Hazırlanması

2.2.2.1. Priming Solüsyonu

Kardiyopulmoner bypass işlemi başlatılmadan önce priming denilen solüsyon ile sistem doldurulur. Bu sayede içerideki hava kabarcıklarının sistemden temizlenmesi sağlanır. Bu süreç perfüzyonist sorumluluğunda yaklaşık olarak 15 dakika sürer. Yetişkin bir hastada yaklaşık 1,5-2 litrelik prime solüsyonu gereklidir. Bu solüsyon plazmadaki pH ve iyon dağılımına benzer biçimde kolloid ve kristalloid sıvılar ile hazırlanmakta ve çoğunlukla kan ürünü içermemektedir.

Kardiyopulmoner bypass sırasına organ hasarını en düşük seviyeye indirmek için oluşturulan hipotermi kanın viskozitesini artırır bu yüzden hastaya hemodülsiyon yöntemi uygulanır ve hematokrit düzeyinin %25-30'a düşürülmesi amaçlanır. Bu işlem ile artmış kan viskozitesinin etkileri azaltılmaya ve düşük akım hızı ile yeterli bir doku perfüzyonu sağlamak amaçlanmaktadır. Fakat hemodülsiyon ile birlikte onkotik basıncın azalmasıyla kapiller geçirgenlik artarak doku ödemi oluşabilmektedir (24).

2.2.2.2. Sistemik Heparinizasyon

Koroner bypass cerrahisi yapılacak hastalarda kanın akışkanlığının sağlanması amacıyla koagülasyon kaskadının inhibisyonu için antikoagülasyon uygulanmalıdır. Antikoagülasyon işlemi için en çok kullanılan antikoagülan ise heparindir. Heparin etkisini Antitombin-III'ü aktive ederek sağlamaktadır. Heparinin rutin dozu 300-400 U/kg'dır. Cerrahi öncesi kanülasyon yapılmadan santral venöz yolla verilir. Heparin uygulandıktan 3-5 dakika sonrasında aktive pıhtılaşma zamanı (ACT) ile antikoagülasyonun yeterliliği monitorize edilmelidir. Normal ACT değeri 0-120 sn'dir. ACT değeri en az 400-450 sn olmadan kardiyopulmoner bypass başlatılmamalıdır. Kardiyopulmoner bypass başladıktan sonra da her 20-30 dakikada bir ACT kontrol edilip ACT düzeyi bu seviyede tutulmalıdır.

Kardiyopulmoner bypass işlemi bittikten sonra protamin uygulanarak antikoagülasyon nötralize edilmelidir. Bu işlem 100 ünite heparin için 1 mg protamin uygulanarak yapılır. Protamin verildikten 3-5 dakika sonra ACT değeri kontrol edilmelidir. Protamin hipotansiyona yol açabileceği için infüzyon ile uygulanır (25).

2.2.3. Kardiyopulmoner Bypassın Başlatılması

Kardiyopulmoner bypass anesteziyolog, perfüzyonist ve cerrahın ortak kararı ile başlatılır.

2.2.3.1. Kardiyopleji

Diyastolik arrest aortaya konulan klemp sonrasında kardiyopleji solüsyonu uygulanarak sağlanır. Arrest için rutinde 20-30 ml/kg kardiyoloji solüsyonu verilmektedir. İndüksiyon solüsyonunda 20-30 mEq/L potasyum bulunmalıdır. 20 dakikalık aralıklarda kardiyopleji tekrarlanmalıdır böylece kardiyoplejinin non-koroner akıma bağlı uzaklaşması ve miyokardın ısınması önlenmiş olur. Kardiyopleji solüsyonları genellikle anterograd olarak verilir ve anterograd olarak verilen kardiyoplejinin basıncı 60-100 mmHg arası olmalıdır (26).

2.2.3.2. Hipotermi

Sistemik hipotermi, hafif (32-35 °C), orta (26-31 °C), derin (20-25 °C) ve çok derin (20 °C'nin altı) olarak 4 gruba ayrılır (27).

Genel olarak vücut ısısındaki 10 derecelik her düşüşte oksijen tüketiminde yüzde 50 oranında bir azalma meydana gelir (27). Sistemik hipotermi oluşturularak oksijen tüketiminin azalmasıyla perfüzyonun güvenliği artmaktadır. Aynı zamanda başta beyin ve diğer tüm organların iskemiye olan toleransı artar. Ayrıca kardiyopulmoner bypass sırasındaki düşük hematokrit değerlerinin ve düşük akımın tolere edilmesini sağlar. Bununla beraber sistemik hipotermi enzim fonksiyonlarını olumsuz etkileyebilmekte, bunun sonucunda trombosit fonksiyon bozukluğu ve kanamaya yol açabilmektedir. Ek olarak hipotermi sonucu oluşabilen nörokognitif bozukluklar ve rewarming sırasında oluşabilecek hipertermi, cerrahiye bağlı morbidite ve mortalitede artışa neden olur (28).

2.2.3.3. Total Sistemik Kan Akımı (Perfüzyon akım hızı)

Kardiyopulmoner bypass sırasında 2,4 L/m²/dk lık bir sistemik kan akımı tüm organlardaki en uygun perfüzyonu sağlamak için gereklidir. Yeterli akımı belirlerken hastanın vücut yüzey alanı, asit-baz dengesi, oksijen tüketimi gibi etkenler göz önünde bulundurulmalıdır. Hastanın organlarında yapısal ve de fonksiyonel bir kayıp olmaması akım hızının yeterli olduğunun gösteren en önemli kriterdir (13).

2.2.3.4. Kardiyopulmoner Bypass sırasında pH Yönetimi

Hastada kardiyopulmoner bypass sırasında pH'daki değişikler yakın bir şekilde takip edilmelidir. Kardiyopulmoner bypass için pH yönetimi, pH-stat ve alfa-stat olmak üzere 2 farklı yolla yapılabilir.

pH-stat yaklaşımına göre tüm sıcaklıklarda pH 7,40 civarında tutulmaya çalışılır. pH'ı bu değerde tutabilmek için sisteme CO₂ eklenir. Parsiyel CO₂ basıncının artmasıyla da serebral vasküler yapılarda vazodilatasyon oluşur ve serebral perfüzyon artar. Bu yöntem daha çok neonatal ve infant vakalarda tercih edilir.

Yetişkin vakalarda daha sık tercih edilen yöntem ise alfa stattır. Sistemik hipotermide kanda CO₂ çözünürlüğü artar ve sonucunda respiratuvar alkaloz meydana gelir. Meydana gelen alkaloz hipotermimin derecesine göre normal olarak kabul edilir ve bunun serebral otheregülasyonu sağladığı ve iskemik hasar sırasında serebral koruma sağladığı düşünölmektedir (29).

2.2.4. Kardiyopulmoner Bypasstan Çıkış

Hasta kardiyopulmoner bypasstan ayrılmadan önce yeniden ısıtılmalıdır. Ancak hasta ısıtılırken vücut ısısının hızlı bir şekilde yükseltilmesi durumunda perfüzyonu yüksek olan beyin ve böbrek gibi organlarda hipertermi meydana gelmektedir. Bunun sonucunda da nörolojik hasar oluşabilmektedir. Rewarming döneminde serebral hipertermi ve oluşabilecek hava kabarcıklarının önlenmesi amacıyla perfüzyon ile venöz kan arasındaki ısı gradiyenti 10 °C'yi aşmamalı arteriyel hat ısısı ise 37 °C'ye sınırlandırılmalıdır. Aynı zamanda rewarming döneminde ilaçların farmokinetiğinde de değişiklik olduğu için anestezinin ve kas gevşemesinin yeterliliğinden emin olunmalıdır (30).

Kalp dolaşım yükünü almadan önce hava embolisinin önüne geçmek için büyük damarlarda ve greftlerde bulunan havanın çıkartılması gerekir. Pulmoner venler ve ventriküllerdeki havanın çıkartılabilmesi için hasta yüksek tidal volüm ile ventile edilirken sol ventrikülün ejeksiyonu sırasında, asendan aortaya aspirasyon yapılır. Bu dönemde ventriküler fibrilasyon gelişebilir ve tedavisi internal defibrilasyon ile yapılır.

Kardiyopulmoner bypass uygulanan hastalarda ayrılmanın başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için hastanın kalp atım hızı ve ritmi stabil olmalı, hasta normotermik olmalı, mekanik ventilasyon başlatılmış olmalı, kalbin tüm boşlukları ve greftlerden hava çıkartılmış olmalı, hastanın hematokrit, pH ve elektrolit değerleri normal sınırlarda olması gerekmektedir (31).

2.2.5. Kardiyopulmoner Bypassın Etkileri

Kardiyopulmoner bypass kardiyak cerrahi için çok önemli olmasına rağmen sistemler üzerinde istenmeyen etkiler oluşturabilmektedir. Kardiyopulmoner bypass'ta mikroembolilerin oluşabilmesi, kana ısıtma ve soğutulma işlemleri yapılması, pulsatil olmayan akım ve kanın yabancı bir yüzeyle temas etmesi gibi sebeplerden dolayı bu istenmeyen etkiler ortaya çıkabilmektedir (32).

2.2.5.1. İnflamatuvar Yanıt

Kardiyopulmoner bypassta kan devamlı olarak yabancı yüzeyler ile temasta bulunur. Kanda bulunan proteinler kalp-akciğer pompasındaki yabancı yüzeyler tarafından emilerek bu yüzey üzerinde proteinden oluşan bir katman oluşturur. Kanın oksijenatöre ulaşmasıyla kan burada bulunan negatif yük içeren membran yüzeyi ile temas eder. Bunun sonucunda kanda bulunan aktive trombositler ve fibrin parçaları membran yüzeyine yapışır. Bu sırada da ortamda bulunmakta olan kininojen prekallikrein ve kallikreine dönüşür ve faktör XII aktifleşir. Böylece koagülasyon tetkiklenir. Oluşan kallikrein trombositlerde bulunan glikoprotein IIb/IIIa aktivasyonuna yol açar bunun sonucunda protein elastaz salınır ve daha da fazla trombosit aktifleşir. Aktive olmuş trombositler yabancı yüzeylerle yapışır. Trombositler sferik yapıya dönüşür, adezyon ve agregasyon yeteneklerini kayıp ederler. Kallikrein aynı zamanda plazmin aktivasyonu yaparak fibrin yıkımını artırır. Tüm bunların sonucunda oluşan aktive trombositler, aktive olmuş fibrinolitik sistem ve trombositlerin fonksiyonlarını kaybetmesiyle fibrin yıkım ürünleri artar ve inflamatuvar yanıt ile doku organ hasarı ortaya çıkabilir (13).

2.2.5.2. Kardiyak Etkileri

Kardiyopulmoner bypass ile yapılan cerrahilerde morbidite ve mortalitenin en önemli sebeplerinden biri oluşabilen miyokard hasarıdır. Kardiyopulmoner bypass esnasında miyokardın yeterli seviyede korunamaması intraaortik balon pompası ve yüksek dozlarda inotrop ihtiyacını arttırır. Ayrıca postoperatif miyokardiyal fibrozis ve mortaliteye kadar gidiş olabilir (33).

Kalp vücut ağırlığının yaklaşık %0,5'inden küçük olsa da dinlenme esnasında vücudun oksijen ihtiyacının %7'sinden fazlasını kalp tüketmektedir. Kardiyopulmoner bypass esnasında miyokardın oksijene olan ihtiyacı değişiklikler göstermektedir. Kalp potasyum ile yapılan kardiyak arrest sırasında en düşük oksijen tüketimini gerçekleştirirken en yüksek oksijen tüketimini ise normotermik fibrilasyon ve kardiyopulmoner bypass sonrası gerçekleştirir (34).

Kardiyopulmoner bypass sırasında miyokardın yetersiz perfüzyonu, ventriküllerdeki distansiyon ve fibrilasyon, koroner arterlere hava embolisi ya da partikül kaçıışı, inotropik desteğin yüksek dozlara çıkması ve kardiyopulmoner bypassın veya aort klemp süresinin uzaması miyokardı etkileyen önemli etkenler arasındadır. Bunlardan bir ya da birkaçı birlikte görüldüğü zaman miyokardiyal hasar riskinde önemli bir oranda artışa sebep olur. Günümüzde farmakolojik arrest ve hipotermi miyokarda oluşabilecek hasarı azaltabilmek için kullanılmaktadır (35).

2.2.5.3. Hematolojik Etkileri

Kardiyopulmoner bypass uygulanan hastalarda sistemik heparinizasyon uygulanması, priming solüsyonu ile dilüsyon yapılması ve kanın perfüzyon hatlarına temas etmesiyle kanın pıhtılaşma özelliklerinde değişiklikler meydana gelir. Bu sebeple hastaların aktive pıhtılaşma zamanının (ACT) monitorize edilmesi gereklidir. Operasyon sonrasında drenaj nedeniyle revizyona alınan hastaların oranı %5'lere kadar çıkabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı hasta kardiyopulmoner bypasstan çıkarıldıktan sonra heparin tamamen nötralize edilmeli ve de ACT ile kontrol edilmelidir (36).

2.2.5.4. Respiratuvar Etkileri

Kardiyopulmoner bypassın solunum sistemindeki başlıca etkileri akciğer ödemi, atelektazi ve pulmoner fonksiyonlarda meydana gelebilecek gerilemedir (37). Kardiyopulmoner bypass pulmoner arterlere kan akışını keser, akciğer dokusu ise bronşiyal arterlerden gelen kan ile beslenir. Bu sebeple akciğerler kardiyopulmoner bypass sırasında iskemi açısından risk altındadır. Bu durumu kardiyopulmoner bypasstan ayrıldıktan sonra reperfüzyon hasarı izler sonrasında ise özellikle önceden akciğer hastalığı olan kişilerde operasyon sonrası pulmoner fonksiyonlarda bozulma meydana getirebilir. Kardiyopulmoner bypass esnasında azalan pulmoner perfüzyon çeşitli metabolik değişiklikler ve fibrinolitik kaskada değişikliklere sebep olur. Tüm bu olaylar sonuçta akciğer fonksiyonlarında bozulmaya ve daha ileri gitmesi durumunda akut respiratuvar distress sendromuna yol açabilir (38).

2.2.5.5. Nörolojik Etkileri

Kardiyopulmoner bypass kullanılan cerrahilerde hastaların yaklaşık yarısından fazlasında operasyon sonrası ilk haftada nörolojik ya da nöropsikolojik komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir. Kalp cerrahisinde en çok operasyon sonrası düşük kalp debisi sendromu ve atriyal fibrilasyon mortaliteye sebep olurken bu durumları nörolojik komplikasyonlar izlemektedir (39). Nörolojik ve nöropsikolojik komplikasyonların sebepleri multifaktöriyeldir. Serebral kan akımının anormal perfüzyon nedeniyle bozulması, inflamatuvar yanıt, emboli ve komplikasyonları kolaylaştırabilen ek hastalıklar bu faktörlerden bir kısmıdır (40). Kardiyopulmoner bypasstan çıkıldıktan sonra serebral kan akımında meydana gelen değişiklikler nörokognitif fonksiyonlarda bozulmaya neden olabilir. Bu durum operasyon sonrasındaki 6. aya kadar sürebilir (41). Postoperatif nöropsikolojik bozukluklar nöbet, deliryum, intraserebral kanama, ensefalopati, kognitif fonksiyon bozuklukları gibi geniş bir spektrumda ortaya çıkabilmektedir (40).

2.2.5.6. Renal Fonksiyona Etkileri

Kardiyopulmoner bypass esnasında hastaların yaklaşık yüzde 30'unda düşük perfüzyon akımı, hipotansiyon, pulsatil akımın yokluğu ve kanın yabancı yüzeylere

teması sonucu ortaya çıkan nöromedyatörler gibi nedenlerden dolayı renal fonksiyonlarda bozukluklar oluşabilir. Fakat bu hastaların çok az bir kısmında diyalize ihtiyaç duyulur (42). Operasyon öncesinde renal fonksiyon bozukluğu olan hastalarda böbrek yetmezliği gelişme olasılığı ve mortalite oranı daha fazladır. Kardiyopulmoner bypassın süresi, kullanılan diüretikler, operasyon öncesi hastaya radyoopak madde verilmesi ve operasyon sırasında kullanılan birçok ilaç renal fonksiyon üzerinde olumsuz etki gösterir. Ayrıca renal fonksiyonların korunması için kardiyopulmoner bypass sırasında hemodilüsyon iyi ayarlanmalıdır. Hastalarda sodyumun atılımını, kreatin klirensini ve idrar miktarını arttırmak için böbrek dozunda dopamin başlanması etkili olabilmektedir (43).

2.2.5.7. Gastrointestinal Sistem Etkileri

Kardiyopulmoner bypass uygulanan hastalarda gastrointestinal komplikasyon görülme sıklığı %0,3-1 oranındadır. Operasyon sonrasında şişkinlik, hafif karaciğer enzim yüksekliğinden ciddi pankreatite kadar komplikasyonlar görülebilir. Kardiyopulmoner bypass esnasındaki splanknik perfüzyon bozukluğu ile metabolik ihtiyaçlara yetersiz kalması gastrointestinal komplikasyonları en önemli sebeplerinden biridir. Aynı zamanda kardiyopulmoner bypass intestinal mukozada ödeme ve iskemiye neden olabilir. Mukozadaki geçirgenliğin bozulmasıyla da mikroorganizmalar ve endotoksinler dolaşıma karışabilir ve bunun sonucunda hastalarda sepsis ve multiorgan yetmezliği gelişebilir (44). Kardiyopulmoner bypass uygulanan hastalarda karaciğer enzimlerinde yükselme olabilir ve hastaların yüzde 10-20'inde hepatik konjesyon ve hemolize bağlı olarak sarılık görülebilir. Akut alkalküloz kardiyopulmoner bypassa bağlı görülebilen bir diğer mortalitesi yüksek komplikasyondur. Akut alkalküloz özellikle oral beslenmesi iyi olmayan, parenteral beslenen hastalarda, perfüzyon süresi uzayan yaşlı kadın hastalarda ve narkotik kullanımı olan vakalarda daha fazla karşılaşılmaktadır (45).

2.3. İntraoperatif Sıvı Tedavisi

Operasyon sırasında hastalar hipo-hipervolemi, dokuların perfüzyonunda azalma gibi riskler taşırlar. Hipovolemi kalp debisinin düşük olmasına ve sonucunda

doku perfüzyon bozukluğuna sebep olur. Hipovoleminin şiddetli olması şok ve çoklu organ yetmezliğine yol açabilir. Preoperatif dehidratasyon ve cerrahi sırasındaki kanama intraoperatif hipovoleminin ana nedenlerindedir (46).

Hipervolemi ise operasyon sırasında verilen sıvının tutulmasından dolayı yaygın görülür. Operasyon sonrası hasta ağırlığının yüzde 10'un üstünde kilo artışı postoperatif hipervolemi olarak tanımlanır ve postoperatif morbidite, mortalite ve yoğun bakımda kalış süresi ile ilişkilidir(47).

Hastaların intraoperatif sıvı gereksinimi cerrahi sırasındaki kayıpların karşılanması, interstisyel alana kaçan sıvıların replase edilmesi ve idame sıvı gibi etkenler tarafından belirlenmektedir. Operasyon sırasında oksijenizasyonun sağlanmasına, elektrolitlerin ve kan şekerinin normal düzeylerde tutulmasına dikkat edilmelidir. Hastalarda sıvı açığına yerine koymak ve cerrahi sırasında oluşan kan kaybını gidermek amacıyla yüksek miktarlarda kan ve sıvı replasmanı gerebilmektedir. Replasmanlar ayarlanırken preoperatif dönemde sıvı açığının hesaplanması, operasyon sırasında oluşan sıvı ve kan kayıplarının hesaplanması ve monitörize edilmesi gerekmektedir. Sıvı ve elektrolit dengesinde bozukluk oluşması durumunda kardiyovasküler, nörolojik, nöromusküler fonksiyonlarda değişiklikler meydana gelebilir ve sonucunda hayati risk oluşabilir (48).

2.3.1. Sıvı Stratejileri

İntraoperatif sıvı ihtiyacı hastanın preoperatif volüm durumu, komorbid hastalıkları, yaşı, kullanılan anestezi tekniği ve yapılan cerrahinin türü gibi pek çok faktöre bağlıdır. İntraoperatif sıvı yönetimindeki temel amaç normovoleminin korunmasıdır. Hastaya yeteri kadar sıvı tedavisi verilmediği durumda akut böbrek yetmezliği, çoklu organ yetmezliği, laktik asidoz gibi sonuçlar meydana gelirken fazla sıvı yüklenmesi durumunda ise kalp yetmezliği, akciğer ödemi gibi sonuçlar ortaya çıkabilir (49).

Pratikte sıklıkla geleneksel sıvı yönetimi kullanılıyor olsa da restriktif sıvı yönetimi ve hedefe yönelik sıvı yönetiminin kullanıldığı majör cerrahilerde operasyon sonrası mortalite ve morbiditenin azaldığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (50).

2.3.2. Geleneksel Sıvı Yönetimi

Geleneksel sıvı yönetiminde insensibl kayıplar, interstisyel alan kayıpları, üçüncü boşluklara kayıp, çıkan idrar miktarı, cerrahi sırasında kayıp gibi pek çok parametre önceden belirlenmiş algoritmalara göre hesaplanır ve buna göre sıvı tedavisi yapılır. Bu algoritmalarda başta hastanın kayıp ettiği kan miktarının ortalama olarak 3 katı kadar sıvı replasmanı yapılır (46).

Bu sıvı yönetimi tipinde hastanın yaşı, cinsiyeti, hemoglobin değeri, cerrahinin türü gibi faktörler göz ardı edilmektedir. Ayrıca hipervolemiye neden olma ihtimali fazladır. Hipervolemi de olumsuz sonuçlara sebep olduğu için alternatif yöntemlere yönelim olmuştur (51).

2.3.3. Restriktif Sıvı Yönetimi

Restriktif sıvı yönetiminde temelde sadece cerrahi sırasında kaybedilen sıvı replase edilir ve bu sayede sıvı yüklenmesinin önüne geçilir. Bununla beraber vazopressör ajanlar restriktif sıvı yönetiminde daha sık kullanılır. Restriktif sıvı yönetiminde operasyon sonrası pulmoner fonksiyonlarda daha kısa zamanda düzelme olduğu, bulantı, kusma gibi sık görülen komplikasyonların daha az görüldüğü, morbidite ve mortalitenin azaldığı gösterilmiştir. Restriktif sıvı tedavisinin nedeni bilinmeyen hipovolemi yapması bu sıvı yönetiminin dezavantajıdır (52).

2.3.4. Hedefe Yönelik Sıvı Yönetimi

Hedefe yönelik sıvı yönetiminde kardiyak outputu dinamik değerler ile optimize etmek amaçlanır. Bu sıvı yöntemi daha çok majör cerrahi operasyonlarda tercih edilir. Operasyon öncesi arter kanülasyonu yapılarak monitörizasyon sağlanır. Bazal stroke volüm (SV) elde edilir. Stroke volümdeki değişiklikler sürekli olarak izlenir ve bolus sıvı uygulanması sonrası stroke volümdeki değişikliklere göre hastanın sıvıya ya da vazoaktif ajana ihtiyacı olup olmadığı belirlenebilir. Bu sayede hastaya kaybettiği sıvıdan daha fazla sıvı verilmesinin önüne geçilerek hipervoleminin önlenmesi amaçlanır (53).

2.4. Volüm Durumu Monitörizasyonu

Operasyon sırasındaki sıvı tedavisinin esas amacı doku perfüzyonunu sağlamaktır. Bunu sağlamak için volüm kaybı varsa karşılanmalı, kardiyak debi optimize edilmeli ve intravasküler volüm ideal seviyelerde tutulmalıdır. Anestezik ajanlara ve operasyona bağlı volüm kayıpları hesaplanmalı ve kardiyak stabilizasyonu sağlamak için meydana gelen volüm değişiklikleri ideal seviyelere getirilmelidir (48).

Laboratuvar değerleri operasyon öncesindeki volüm durumu için kısmen bilgi verse de, volümdeki akut değişiklikler bu değerlere geç yansıdığından intraoperatif volüm değerlendirilmesinde hemodinamik monitörizasyon kullanılmaktadır. Hemodinamik monitörizasyon için statik ve dinamik parametreler kullanılabilir (54).

2.4.1. Statik Parametreler

Intravasküler volüm durumunu değerlendirmek ve buna uygun sıvı yöntemine karar vermek amacıyla pek çok parametreden yararlanılmaktadır. Arteriyel kan basıncı, kalp hızı, saatlik idrar miktarı, pulmoner kapiller kama basıncı ve santral venöz basınç (CVP) gibi parametreler bu amaçla kullanılabilir. Fakat bu parametreler perioperatif volüm durumu için yetersiz kalabilmektedir. Kan basıncı, saatlik idrar çıkışı gibi parametreler cerrahi sırasında hasta hipovolemik veya hipervolemik olmasına rağmen normal saptanabilir. Sık kullanılan bir yöntem olan CVP ölçümü ise pulmoner ödem açısından bilgi veremez. Sonuç olarak bu parametreler volüm durumu saptama ve sıvı yönetimine karar vermede yanıltıcı olabilmekte ve sadece bu parametreler kullanılarak yapılan sıvı tedavisi hipovolemi veya hipervolemiye sebep olabilir (55).

Saatlik idrar çıkımının $<0,5$ ml/kg olması oligüri olarak adlandırılır. İdrar çıkımı hipovolemik durumu değerlendirmek için sıkça kullanılır. Ancak hastalarda sıvı volümü ve doku perfüzyonu yeterli olsa bile kullanılan inhalasyon anestezikleri ve cerrahi stres nedeniyle idrar çıkışında azalma meydana gelebilir (56). Bu hastalarda yapılacak sıvı tedavisi hipervolemiye sebep olabilir (57).

Statik ölçümler arasında yer alan bir diğer yöntem ise oksijen tüketimine göre sıvı yönetimi yapılmasıdır. Santral venöz oksijen satürasyonu (ScvO) ve mikst venöz oksijen satürasyonu (SvO) ölçümleri doku perfüzyonunu belirlemek ve sıvı

yönetimine karar vermek için kullanılmıştır (58). Ancak perioperatif dönemde ortaya çıkan oksijen tüketimindeki değişiklikler her zaman oksijen sunumundaki değişiklikleri gösterememektedir. ScvO ve SvO doku oksijen sunumu arttıkça artarken, oksijen tüketimi arttıkça azalmaktadır (59).

İntravasküler volümü değerlendirmek amacıyla tüm bu invaziv olmayan yöntemler dışında invaziv yöntemlerde kullanılmaktadır. Hemodinamik takibinde pulmoner arter kateterler (PAC) ve santral venöz kateterler (CVC) uzun yıllar kullanılmıştır. PAC geçmiş yıllarda altın standart olarak belirtilmiş olsa da yapılan araştırmalar sonucu santral venöz basıncın (CVP) CVC ile ölçülmesinin pulmoner arter kateter ile ölçülmesine göre daha az girişimsel bir yöntem olduğu anlaşılmış ve pulmoner arter kateter kullanımı zamanlar terkedilmiştir (60). CVP kalp kapak hastalıkları, sağ ventrikül disfonksiyonu, pulmoner hipertansiyon ve solunuma bağlı olarak intratorasik basıncın artması gibi birçok patolojiden etkilenmektedir (61). Bununla beraber iki yöntemde de santral bir girişim gereklidir ve bu girişime bağlı olarak aritmiler, pnömotoraks ve vasküler yaralanmalar gibi komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir (62).

2.4.2. Dinamik Parametreler

Kalp ile akciğer arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi hemodinamik monitörizasyonun temelini oluşturur. Mekanik ventilasyon sırasında inspiyum fazında intratorasik basınç artar ve bunun sonucunda venöz dönüş azalır, sağ atrium basıncında artış olur ve vena kava genişler. Sağ ve sol ventrikül atım hacimlerinde azalma olur ve nabız değişiklikleri meydana gelir. Sıvı yanıtı ile tüm bu değişiklikler doğru orantılıdır (63). İntraoperatif sıvı yönetiminde atım hacmi değişimi (SVV), sistolik basınç değişimi (SPV), nabız basınç değişimi (PPV) gibi temel olarak solunumsal değişiklikleri alan değişkenler kullanılabilir. Sonuç olarak sıvı yanıtına cevabın dinamik parametreler ile değerlendirilmesiyle daha doğru sonuçlar elde edilebilir (58).

2.4.2.1. Vena Cava İnferior Ölçümleri

İnferior vena cava (IVC) ultrasonografisi non-invaziv bir yöntem olup intravasküler volüm durumunu değerlendirmek için kullanılabilir. IVC anatomik olarak aortun sağında retroperitonda bulunur. Karaciğerin posteriorundan geçip hepatic venler ile birleşir ve sağ atriuma açılır. Ultrasonografi ile gösterilebilmesi için düşük frekanslı (3,5-5 MHz) bir transduser tercih edilmelidir. Bazı çalışmalar ideal ölçüm için IVC'nın sağ atriumdan çıkış bölgesinin yaklaşık olarak 3 cm distalinden ölçüm yapılmasını önerirken (64) bazı çalışmalarda ise IVC'nın hepatic ven ile kesiştiği noktaya yakın bir bölgeden ölçüm yapılması önerilmektedir (65).

Spontan soluyan hastalarda inferior vena cava kollapsibilite indeksi (IVCCI), IVC'de ortaya çıkan kollaps miktarının değerlendirilmesine olanak sağlar ve sağ atriumdaki basıncı tahmin etme açısından yararlı olabileceği düşünülmektedir (66). İntratorasik basınç spontan solunum sırasında düşmektedir. Bunun sonucunda venöz kan vücudun alt bölümünden sağ atriuma doğru harekete geçer ve IVC çapında yaklaşık %50 oranında bir azalma olur. Preloadı arttırmak amacıyla volüm artışı gerektiğinde IVC'den kalbe doğru gelen volüm desteği sebebiyle IVC'de daha fazla oranda kollaps meydana gelecektir (67).

$IVCCI = (V_{max} - V_{min}) / V_{max} \times 100$ şeklinde formülize edilir. IVC çapının düşük olması ve IVCCI'nın yüksek olması (>%50) düşük volümün göstergesi iken tam tersi durum ise yüksek volümü gösterir (68). Spontan soluyan hastalarda IVC'de %12-18 arasında kollapsibilite olması sıvı yanıtının pozitif olduğunu göstermektedir (69).

Batın içi basıncın yüksek olduğu durumlarda ilk önce kapiller sonra venöz dönüşte değişiklikler meydana gelir ve perfüzyonda önemli ölçüde bir azalma meydana gelir. Bu nedenle ciddi akciğer ve sağ kalp patolojilerinde volüm takibinde IVC çapı ve IVCCI kullanımı sınırlanmaktadır (70).

Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda IVC çapındaki değişimlerin analizi daha farklıdır. Spontan soluyan hastalarda negatif basınç ile akciğerler havalanırken mekanik ventilasyonda akciğerler pozitif basınç sayesinde havalanmaktadır. Pozitif basınç IVC'nın genişlemesine neden olur ve bu genişleme soluk verme sırasında eski haline gelir. IVC'nın soluk alma sırasındaki genişlemesinin yüzdesine distensibilite

indeksi (IVCDi) adı verilir. IVCDi $(V_{\max}-V_{\min})/V_{\min}\times 100$ şeklinde formülize edilir. Bazı çalışmalar distensibilite indeksi $> \%18$ olan hastalarda sıvı yanıtı olduğunu gösterirken (71), bazı çalışmalarda ise bu oran $> \%16$ olarak belirtilmiştir (72). Spontan solunum yapan ve ideal vücut ağırlığında olan ancak tidal volümü 8-10 ml/kg dışında olan hastalarda distensibilite indeksi kullanılmamaktadır (72).



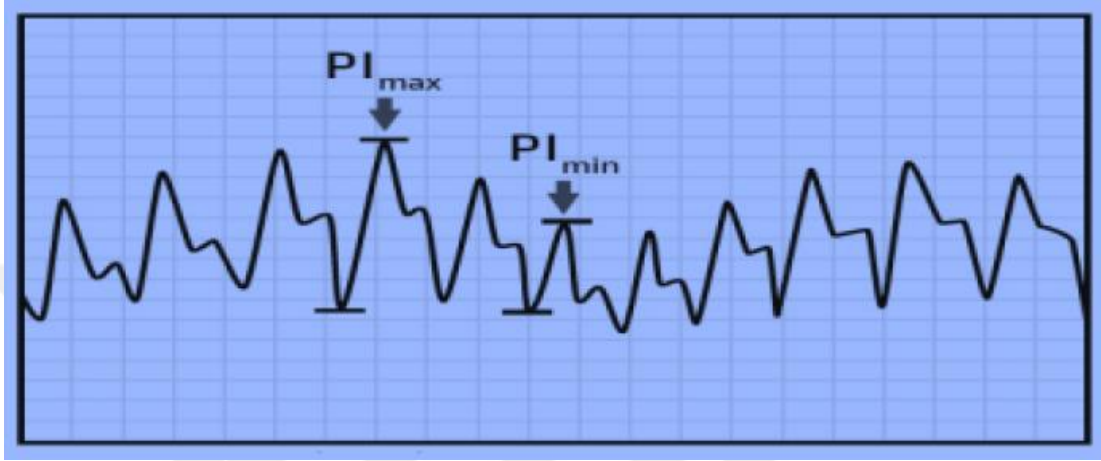
Şekil 2. İspirasyon ve ekspirasyonda IVC çapı

2.4.2.2. Pletismografik Dalga Formu Değişimi (“Pleth Variability İndex”-PVI)

Çoğunlukla parmak ve/veya kulağa takılan puls oksimetri probu ile solunum döngüsüyle eş zamanlı olarak dinamik otomatik ölçüm yapılan non-invaziv bir yöntemdir. Yöntemin dinamik olması, kullanımının kolay olması, devamlı olarak monitörizasyon sağlanması gibi özellikleri bulunması nedeniyle kullanımı yaygınlaşmaktadır. Birçok çalışmada aritmisi olmayan ve mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda PVI'nın sıvı yanıtında kullanılabildiği savunulsa da bu yöntemde

pek çok kısıtlama mevcuttur. PVI ameliyathane şartlarında ise düşük duyarlılıktadır (73).

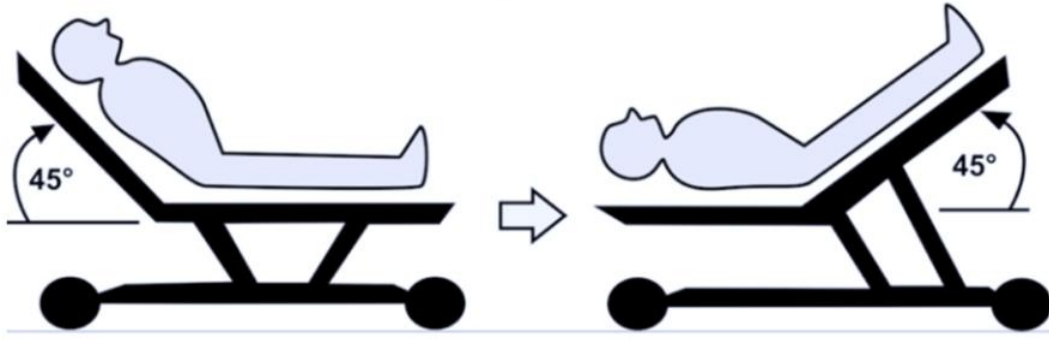
Perfüzyon indeksi (PI) kapiller non-pulsatil akımın pulsatil akıma oranını ifade eder. PVI, perfüzyon indeksi ile doğrudan ilişkili bir algoritmadır. $PVI(\%) = [(PI_{max} - PI_{min}) / PI_{max}] \times 100$ şeklinde formülize edilmektedir (74).



Şekil 3. PVI hesaplanması

2.4.2.3. Pasif Bacak Kaldırma Testi

İntrabdominal ve alt ekstremitedeki venöz kompartmanlarda bulunan kanın kalbe dönüşünü sağlamak pasif bacak kaldırma testindeki (PBKT) temel amaçtır (75). Bu test için önce hastaya 45 derece yarı oturur pozisyon verilerek temel ölçümler alınır. Sonrasında hastanın baş ve gövdesine supin pozisyon verilir, hastanın bacakları 45 derece yukarı kaldırılır ve bu şekilde 1 dakika beklenildikten sonra ölçümler tekrarlanır. Sonuçta yaklaşık olarak 150-300 ml kan kalbe geri dönmüş olur. Kalp debisindeki değişim için PBKT ile ilgili çalışmalarda eşik değerin $\%10 \pm 2$ olduğunu belirtilmiştir (76).



Şekil 4. Pasif Bacak Kaldırma Testi(77)

2.4.2.4. Doppler Ekokardiografi

Doppler ekokardiografi (EKO) kardiyak fonksiyonları istenilen aralıklarda değerlendirebilen en iyi yöntemdir ancak sürekli olarak hemodinamik veriler sağlayamaz. EKO ile çeşitli patolojiler belirlenebilir, uygun sıvı tedavisi seçimine yardımcı olabilir ve verilen sıvı tedavisine yanıtı değerlendirmek için EKO'dan yararlanılabilir (78).

Subaortik kan akımının hız zaman integrali (VTI) ve subaortik alan EKO ile hesaplanır. Bu hesaplamalar sonrasında SV ve kardiyak output değerleri belirlenebilir. Subaortik alan değişken bir parametre değildir bundan dolayı VTI'daki değişimler SV değişikliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılabilir ve sol ventrikülün kontraktilitesi ile sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) ölçümleri yapılabilir. LVEF sol ventrikül kontraktilitesini kesin bir şekilde göstermez ancak kalbin yüklenmeye uyum süreci ve biçimi hakkında bilgi verir. Pulse doppler EKO ile transmitral akımın analizi ve mitral annulusun doku doppler ile görüntülenmesi sol ventrikül dolum hacmini gösteren en iyi yöntemlerdir (78).

2.5. İntraoperatif Sıvı Yönetimi ve Kan Laktat Düzeyi

Kan laktat düzeyi indirekt olarak organ perfüzyonunu gösteren duyarlı bir parametredir (79). Doku hipoksisi ve intravasküler volümün yeterliliği kan laktat düzeyi ile koreledir. Laktat düzeyi volüm durumunun ve kardiyak önyükün optimize

edilmesiyle düzeltilebilir. Hipoperfüzyonu değerlendirmek amacıyla kan laktat düzeylerinin kullanılabilmesi için birkaç kez kan laktat düzeyinin ölçülmesi gereklidir. Laktat düzeyi $1\pm 0,5$ mmol/L referans olarak kabul edilebilirken kritik hastalarda ise <2 mmol/l referans olarak kabul edilebilir. Laktat düzeyindeki artış hipoperfüzyonun göstergesi olarak düşünülmektedir (80).

2.6. Optik Sinir Kılıf Çapı ve Klinik Kullanımı

2.6.1. Optik Sinir Kılıfı Anatomisi

Merkezi sinir sisteminin beyaz cevher yolu olan optik sinir ve leptomeninkslerden meydana gelen perioptik sinir kılıfı optik sinir kılıfı kompleksini oluşturur ve bu kompleks beynin dura mater kısmı ile devam eder. Optik sinir retinadaki yaklaşık 1,2 milyon gangliyon hücresinin aksonlarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Optik sinir yaklaşık olarak 40 mm uzunluğundadır. Optik sinir çapı ise yaklaşık olarak 3mm'dir. Optik sinir kılıfı ile birlikte ortalama olarak 4 mm çapındadır (81).

Optik kiazmaya kadar olan myelinli bölüm anatomik olarak optik sinir olarak adlandırılmakta ve dört bölüme ayrılmaktadır (82). Optik sinir başı da denilen "intraoküler parça" 1,5 mm çapındadır ve retinanın kanlanmasıyla sorumlu retinal arter ve ven bu parçanın merkezinden geçmektedir. Optik sinir aksonları lamina kribroza sonrasında myelin kılıf ile kaplanır. Optik sinirin myelin kılıf ile kaplanması sonrasında kalınlaştığı bölge "intraorbital parça"dır ve burada kalınlık 3-4 mm uzunluk ise 25-35 mm'dir. "İntrakanaliküler parça" optik kanal içerisinde yerleşen 9 mm'lik bölümdür. Frontal lobun inferiorundaki 10-16 mm uzunluğundaki bölüm ise "intrakranial parça" olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgenin lateral kesiminde internal karotid arterden köken alan ve optik siniri besleyen oftalmik arter yer alır (83).

Optik sinir kılıfının kendisi yaklaşık olarak 0,4 mm çaptadır. Optik sinir ile kılıfı arasında ise yaklaşık 0,1 mm'lik bir subaraknoid bölme yer almaktadır. Bu subaraknoid bölme yaklaşık olarak 0,1 ml BOS içermektedir. Araknoid ve pia tabakaları arasındaki bu yapı trabeküller, septa ve kalın sütunlardan meydana gelen

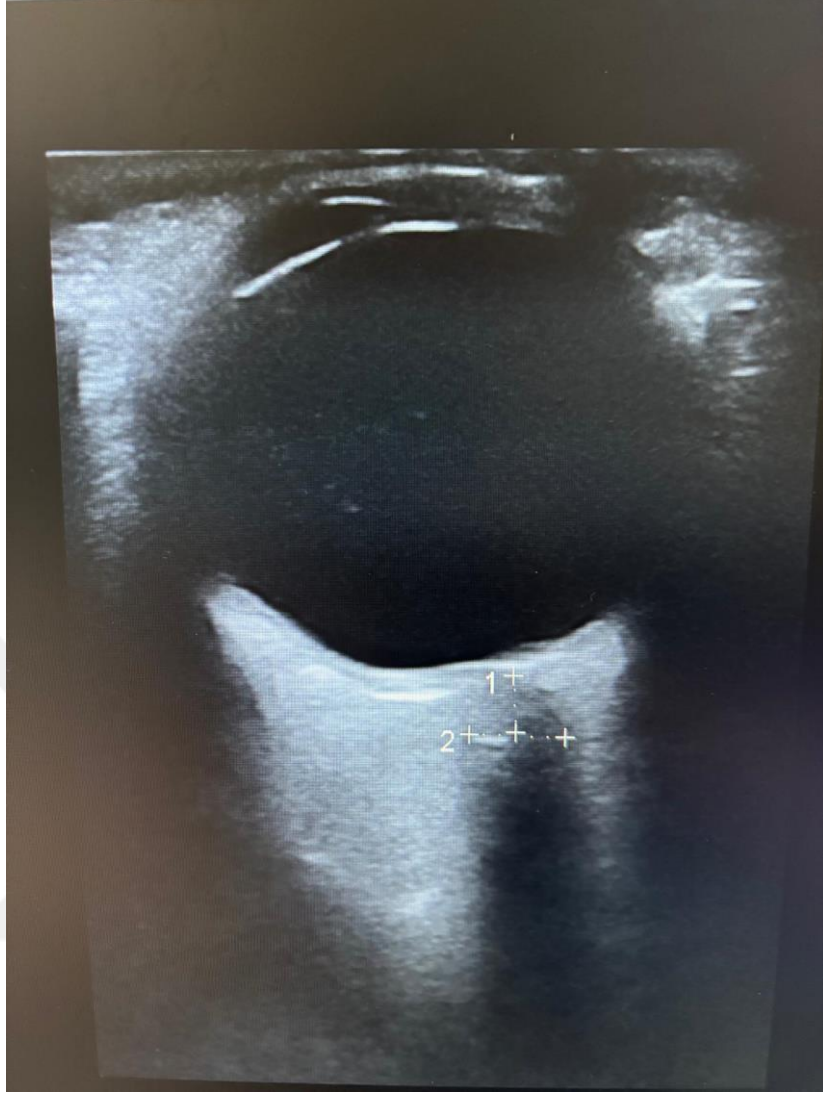
karmaşık bir yapıdadır. BOS bu sistem boyunca çeşitli faktörlere bağlı olarak belirli bir akım hızı ile dolaşır ve yavaşça süzülür (84).

2.6.2. Oküler Ultrasonografi ve Optik Sinir Kılıf Çapı Ölçüm Tekniği

Oküler ultrasonografi çeşitli göz hastalıklarının tanısı için kullanılan girişimsel olmayan işlevsel bir yöntemdir. Optik sinir kılıf çapının kafa içi basıncının indirekt bir göstergesi olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte bu alanda da popüler olarak kullanılmaya başlanmıştır (81).

Optik sinir kılıf ölçümü için yüksek frekanslı (7.5-10 Mhz) lineer bir prop tercih edilir. Ölçüm yapılırken hastanın supin pozisyonda ya da hasta supin pozisyonda duramıyorsa 20-30 derecelik bir baş elevasyonu yaptırılarak ölçüm yapılması önerilir. Hastaya USG jeli uygulanır ve USG'de insonasyon derinliği 4-8 cm'ye ayarlandıktan sonra, USG probu aksial bir düzlemde üst temporal göz kapağının üstüne yumuşak bir şekilde yerleştirilir. Burada elde edilen sonografik kesit, retrobulbar alan ve göz küresinin enine bir görüntüsünü verir. Kapalı olan gözün üzerine USG jelinin temasını önlemek için saydam koruyucu bir kılıf kullanılabilir. Uyanık olan hastalarda anatomik yapıları doğru olarak görebilmek ve ölçümleri doğru yapabilmek amacıyla gözlerin hareketsiz tutulması optik sinirin görüntünün ortasında kalması için önemlidir (85).

Optik sinir kılıf çapı hesaplanırken papillanın 3 mm aşağısından duramaterdeki en geniş olduğu noktadaki iki hipoeoik alanın arası ölçülür. Bu ölçüm esnasından sagittal ve aksiyal planda toplamda 4 ölçüm alınır ve ortalaması alınır. Böylece ortalama optik sinir kılıf çapı elde edilir (86). Optik sinir kılıf çapı için literatürde net belli bir eşik değer kabul edilmemiş olsa da çoğu yapılan çalışmada sınır olarak 5 mm kabul edilmiştir (87).



Şekil 5. Optik Sinir Kılıf Çapı Ölçümü

2.6.3. Volüm Durumu ve Göz

Volüm durumunun gözdeki etkileri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Read ve Collins yaptıkları bir çalışmada hastalarına 1 litre sıvı yüklenmesinden sonra izleme almışlardır. Sıvı yüklenmesinden sonra hasta gruplarında aksiyal uzunlukta anlamlı şekilde kısa süreli bir azalma gözlemlenmiştir. Yine bu çalışmada sıvı yüklenmesinin intraoküler basınçta anlamlı bir şekilde artışa sebep olduğu izlenmiştir. (88). Read ve Collins'in yaptıkları bir başka çalışmada ise hasta gruplarının yaptıkları kısa süreli dinamik egzersizler sonrasında aksiyal uzunlukta ve intraoküler basınçta azalma tespit edilmiştir (89). Martin ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada egzersize

bağlı olmuş dehidratasyonda intraoküler basınçta düşüş saptanmıştır (90). Klein Bek ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada ise sistemik kan basıncının azalmasının, azalmış intraoküler basınç ile ilişkili olduğunu gözlemlenmiştir (91). Oruç tutan hastaların göz ölçümlerinin değerlendirildiği bir başka çalışmada ise sabah saatlerindeki ölçümlerde göz içi basıncı yüksek bulunmuş ve bu durum hastaların oruca başlamadan önceki saatlerdeki sıvı yüklenmesine bağlı olduğu düşünülmüştür. Buna karşılık akşam saatlerindeki ölçümlerde ise dehidratasyona bağlı olarak göz içi basıncı düşük saptanmıştır (92). Yine dehidratasyonun retinal sinir lifi tabakasının kalınlığında ve de maküler volümde anlamlı değişikliklere neden olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (93).

2.7. Yoğun Bakım Ünitesinde Konfüzyon Değerlendirme Ölçeği (CAM-ICU)

Yoğun bakım hastalarındaki konfüzyonun değerlendirilmesi için Yoğun Bakım Ünitesinde Konfüzyon Değerlendirme Ölçeği (CAM-ICU) Ely ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Bu ölçek mekanik ventilasyon ile takip edilen hastalarda psikiyatrist olmayan doktorlar ve hemşireler gibi kişiler tarafından da uygulanabilen bir ölçektir (94).

Bu ölçekte ilk iki madde ile üçüncü veya dördüncü maddelerden birisinin pozitif olması durumunda deliryum tanısı konulabilmektedir. Hastalarda bilincin değerlendirilmesi 2 basamak ile yapılır. İlk basamakta hastanın sedasyon durum değerlendirilmesi yapılmalıdır. RASS -4 veya -5 olması durumunda değerlendirilmeye alınmaz. RASS -3 veya üzerindeyse 2. basamağa geçilmelidir. Deliryum değerlendirilmesi ikinci basamakta yapılmaya çalışılmaktadır. Dikkat eksikliği ve mental durumda değişiklik olması durumunda, bilinç düzeyi değişikliği veya düşünce içeriğinin bozulmasından birisinin olması halinde hasta deliryum olarak kabul edilir (95).

Tablo 1. Yoğun Bakım Ünitesinde Konfüzyon Değerlendirme Ölçeği (CAM-ICU) (95)

Özellikler (CAM-ICU)
<p>Özellik 1. Hastanın bilinç durumunda ki ani değişiklik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bilinci dalgalı seyir gösterdi mi? - Başlangıçtan farklı ani bilinç değişikliği olduğunu gösteren kanıt var mı? - Son 24 saat içinde davranışlarında dalgalanmalar oldu mu? Yani gelme gitme veya şiddetinde artma azalma oldu mu? - Bilgi kaynakları: Hastanın yoğun bakım hemşiresi tarafından 24 saat boyunca seri olarak kaydedilen GKS değerleri, RASS değerleri
<p>Özellik 2. Dikkat bozukluğu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasta dikkatini toplamakta güçlük çekiyor mu? - Hastanın dikkatini sürdürme veya başka yöne yöneltme becerisinde azalma var mı? - Randomize A Harfi Testi - Hastaya “size bir harf serisi okuyacağım. A harfini işittiğinizde, benim elimi sıkmanızı istiyorum” denir. Normal tonda her saniyede bir harf olacak şekilde listeyi okuyun. S A V E A H A A R T Doğru sayısı 8’in altında ise deliryum lehine pozitif yorumlanır.
<p>Özellik 3. Düşünce organizasyonunun bozulması, kombine skor 4’den az ise pozitif.</p> <p>Hastanın düşünceleri karışık veya anlamsız mı? Tutarsız veya konu dışı, anlamsız veya mantıksız düşünce akışı ya da konudan konuya tahmin edilemeyen geçişlerin olması gibi. Hasta ventilatörde ise, şu sorulara cevap verebiliyor mu?</p> <p>3A: Cevaplar (Evet/Hayır) -Taş suda yüzer mi? -Balık denizde mi olur? – Bir kilogram iki kilogramdan daha mı ağırdır? -Çivi çakmak için çekiç mi kullanılır?</p> <p>2’den fazla yanlış yaptı mı?</p> <p>3B: Komut; Hasta değerlendirme sürecinde soruları ve emirleri takip edebiliyor mu?</p> <p>Bu kadar parmağınızı kaldırın (değerlendirmeci hastanın görebileceği mesafede 2 parmağını kaldırır). Şimdi aynı hareketi öbür elinizle yapın (parmak sayısını tekrar göstermeden)</p>
<p>Özellik 4. Bilinç düzeyinde değişiklik. Aşırı alert, letarjik, stupor, koma</p>
<p>Özellik 1 ve 2 ile özellik 3 veya 4’den biri pozitif olması halinde deliryum kabul edilir.</p>

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Yöntemi

Prospektif, gözlemsel olarak planladığımız çalışmamız Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan (Karar no: Tarih:) onay alındıktan sonra Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde 1 Ekim 2022- 1 Ekim 2023 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Çalışmamıza 18 yaş ve üzeri, bilinci açık, elektif şartlarda kardiyopulmoner by-pass cerrahisi geçiren 50 hasta dahil edildi. Çalışmamıza katılan bireyler arasında uygulanacak işlem açısından sorun oluşturabilecek ya da çalışma sonuçlarını yanıltabilecek hastalığa sahip hasta grubu seçilerek çalışma dışı bırakıldı. Kafa içi yer kaplayan kitle, akut kafa içi kanama, kafa içinde damar tıkanıklığına bağlı yeni gelişmiş ödem ve göz ile ilgili akut veya kronik hastalık (Katarakt, glokom, optik nörit vb.) tanısı olan hastalar, göz cerrahisi geçirmiş hastalar, elektrolit imbalansı(hiponatremi, hipernatremi vb) , plevral efüzyon gelişmiş dekompanse kalp yetmezliği, kalp kapak patolojisi mevcut hastalar, kardiyak aritmisi olan hastalar, intrakardiyak şanlı hastalar, gebe hastalar,18 yaş altındaki hastalar ve kronik böbrek yetmezliği olan, göz içi basıncı etkilediği bilinen (Beta-blokerler, kalsiyum kanal blokerleri, nitratlar, statinler) ilaç kullanımı olan hastalar çalışmadan dışlandı.

Çalışmamıza gönüllü olan hastalardan alınan onam sonrası, hastaların yaş, boy, kilo cinsiyetini ve ek hastalıkları içeren demografik verileri kayıt altına alındı. Hastaların hemodinamik, solunumsal ve kardiyak monitörizasyon verileri işlem öncesi ve işlem sonrası kayıt altına alındı. Hastaların koroner by-pass cerrahisi ameliyatı öncesinde yapılan rutin monitörizasyon ve girişimsel uygulamaları yapıldı. Hastaların ekg monitörizasyonu ile kalp atım hızı (KAH) kayıt edildi. Hastaların anestezi doktorları tarafından sol radial artere uygulanan invaziv arter kan basıncı monitörizasyonundan sistolik arter basıncı (SAB), diyastolik arter basıncı (DAB), ortalama arter basıncı (OAB) kaydedildi. Monitörizasyon sonrası tüm hastalara genel anestezi uygulaması yapıldı. Hastalara analjezik fentanil 1.5 mcg/kg intravenöz (iv), anestezi olarak propofol 2 mg/kg iv ve kas gevşetici olarak rokuronyum 0.6mg/kg iv uygulandı ve hasta entübe edilerek solunum cihazına bağlandı. Bu standart genel anestezi uygulaması, koroner by-pass cerrahisi ameliyatlarındaki tüm hastalara klinik

pratikte uygulanmaktadır. Çalışmamız için bu standart genel anestezi tekniğinde bir değişiklik yapılmadı.

Genel anestezi indüksiyonu sonrası bütün hastalara sağ internal jugular venden santral venöz basınç kateterizasyonu ve sol radial arter kateterizasyonu işlemleri uygulandı. Hastalardan alınan laboratuvar tetkikleri arasından laktat düzeyleri ve total kan kayıp düzeyleri kayıt altına alındı. Koroner by-pass cerrahisinde uygulanan pompaya giriş süresi, pompadan çıkış süresi ve total pompa süresi kayıt altına alındı.

Kliniğimizde kullanılmakta olan ultrason cihazının (Esaote®, My Lab 30, Cenova, İtalya) lineer probu (7-10 MHz) hastanın kapalı konumda olan göz kapağı üzerine, baskı yaratmayacak şekilde, hafifçe konarak, ultrasonda görülen göz küresinin alt kenarından 3 mm aşağı çekilen çizgiyi dik açıyla kesen optik sinir kılıf çapını gösteren çizginin uzunluğu ölçülerek kaydedildi (Şekil 5). Optik sinir kılıf çapı ilk ölçümde her iki gözden transorbital sagittal ve aksiyal kesitlerde ikişer kez ölçülerek ortalamaları alındı. Optik sinir kılıf çapı ölçümleri, hastaya anestezi uygulamadan önce (bazal değer-t0), anestezi sonrası santral venöz katater takıldıktan sonra (t1), ameliyatın 30. Dakikasında (t2), hipoterminin 10. dakikasında (t3), hastaların yeniden ısıtılması sonrası 10. dakikada (t4) ve postoperatif 1. saatte (T5) ölçüldü. Hastalara yine aynı ultrason cihazının (Esaote®, My Lab 30, Cenova, İtalya) kardiyak probu (1-4 MHz) kullanılarak inferior vena cava distensibilite indeksi hesaplandı. Inferior vena cava ölçümleri; Ksifoid çıkıntı altından inferior vena çavanın sağ atriuma girmeden 2 cm öncesinden yapıldı. Hastaların bazal Inferior Vena Cava çapı, inferior vena cava distensibilite indeksi (IVCDi; Distensibility index) değerleri kaydedildi. IVC çap ölçümü için ultrasonun kardiyak probu (1-4 MHz) ; sternumun sol tarafından 4. İnterkostal aralığın, midklavikular bölgesine konularak öncelikle sağ atriyum bulundu. Karaciğer, kalp, hepatik venler ve IVC'nin sagittal görüntüsü B-Modda elde edildikten sonra, sağ atriyumun yaklaşık 2 cm distalinden IVC'nin inspiyum ve ekspiyum ile değişimi M-Modda kaydedildi. Ekspiyum sırasındaki maksimum çap: IVCmax, inspiyum sırasındaki minimum çap: IVCmin, değeri olarak hasta formuna kaydedildi. Ölçüm sonuçları $IVCDi = (IVCmax - IVCmin) / IVCmin \times 100$ formülüne göre hesaplanarak kaydedildi. IVCDi değerine anestezi indüksiyonundan hemen sonra (t1) ve postoperatif 1. saatte (t5) bakıldı.

Çalışmaya alınan hastalara preoperatif ve postoperatif 1. Saatte (kalp damar cerrahisi yoğun bakım ünitesinde) bilinç kontrol testi olan, yoğun bakım ünitesinde konfüzyon değerlendirme testi (CAM-ICU) yapıldı. Test araştırmacı tarafından ameliyat öncesi onamı alınan hastalara ve takip eden hemşirelerine bilinçleriyle ilgili sorular sorularak yapıldı. Yapılan değerlendirme sonucuna göre CAM-ICU testine göre hastalar deliryum var ya da deliryum yok olarak değerlendirildi.

3.2. İstatiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 25.0 programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma, ortanca, min-max değerler kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen (nonparametrik) değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Mann Whitney U Testi kullanılmıştır. Ölçümsel verilerin birbirleri ile analizinde Spearman Korelasyon Testi'nden faydalanılmıştır. Ölçülen değerlerdeki değişime McNemar ve Tekrarlayan Ölçümler Analizi ile bakıldı. Anlamlı cut-off değeri ROC analizi ile incelendi. P-değerinin 0.05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışmamıza Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesinde koroner bypass cerrahisi geçiren yaşları 37-80 arasında değişen 35 erkek ve 15 kadın olmak üzere toplam 50 hasta alınmıştır. Ortalama BMI $27,74 \pm 4,29$ olarak hesaplanmıştır. Pompa süresi, total kan kaybı, giriş Hgb, sıvı balansı, EF değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Hastaların demografik özellikleri ve pompa süresi, total kan kaybı, giriş Hgb, sıvı balansı, EF değerleri

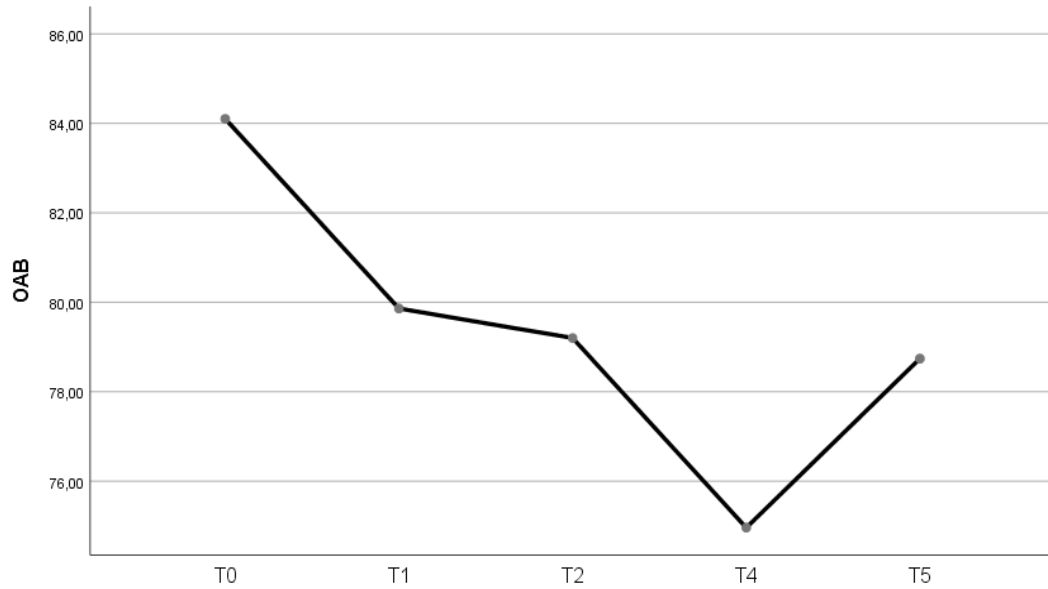
		Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)
Yaş		59,68±9,76	61 (37-80)
Cinsiyet	Erkek	35	%70
	Kadın	15	%30
BMI		27,74±4,29	27,05 (19,5-41)
Pompa süresi		116,22±35,73	105,5 (60-240)
Total kan kaybı		2,64±0,77	2,6 (0,9-4,4)
Giriş Hgb		12,55±1,83	12,4 (9,4-16,3)
Sıvı balansı		0,81±0,3	0,8 (0,2-1,4)
EF		55,16±6,35	55 (30-65)

Hastaların CAM-ICU, OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD-R, ONSD-L değerlerindeki değişim incelenmiş ve anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. CAM-ICU’da anlamlı artış olmuştur. OAB değeri T4 ölçümüne kadar azalmış sonrasında artmıştır. Laktat değerinde sürekli bir artış olduğu, bu artışın özellikle T2 ölçümünden sonra daha fazla olduğu görülmüştür. CVP değeri T3 ölçümünden sonra düzenli bir artış göstermiştir. ONSD-R ve ONSD-L değerlerinde ise T3 ölçümünde artış, sonrasında azalma ve tekrar artış olduğu görülmüştür.

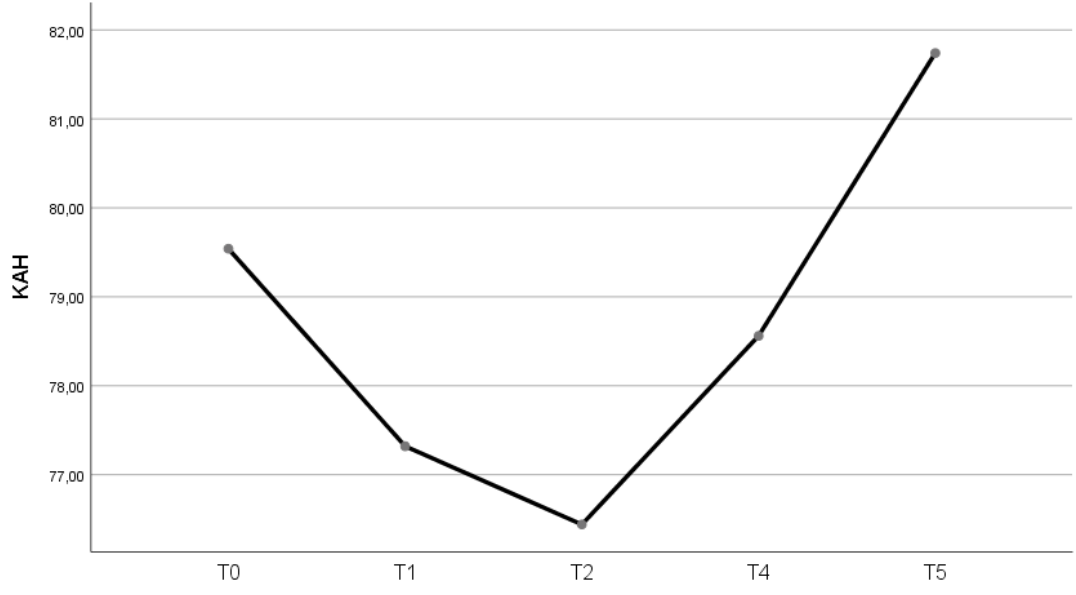
Tablo 3. Hastaların CAM-ICU, OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD-R, ONSD-L değerlerinin değişimlerinin incelenmesi

		T0	T1	T2	T3	T4	T5	p
CAM-ICU	n	2					21	<0,001 ¹
	%	%4					%42	
OAB	Ort±s.s.	84,1±13,81	79,86±14,23	79,2±15,81		74,96±10,51	78,74±12,98	0,007 ²
	Medyan (Range)	82 (64-113)	75,5 (55-124)	77,5 (54-128)		75 (56-105)	75,5 (60-127)	
KAH	Ort±s.s.	79,54±12,88	77,32±14,29	76,44±15,67		78,56±14,5	81,74±12,68	0,117 ²
	Medyan (Range)	78,5 (52-105)	78,5 (49-112)	76 (47-140)		78 (52-119)	80 (54-112)	
Laktat	Ort±s.s.	1,18±0,65	1,2±0,52	1,28±0,49	1,5±0,45	1,72±0,57	1,98±0,83	<0,001 ²
	Medyan (Range)	0,95 (0,6-4)	1 (0,6-3,2)	1,2 (0,6-2,8)	1,45 (0,8-2,7)	1,7 (0,8-3,5)	1,9 (0,9-6,5)	
CVP	Ort±s.s.		8,24±3,79	8,4±3,32	7,66±3,31	9,06±3,64	10,68±4,41	<0,001 ²
	Medyan (Range)		7 (3-20)	8 (3-18)	8 (2-16)	9 (2-18)	10 (4-20)	
IVCDi	Ort±s.s.	36,77±16,91					40,09±18,55	0,278 ²
	Medyan (Range)	32,45 (10,2-93,6)					34,25 (12,6-80,1)	
ONSD-R	Ort±s.s.	4,71±0,33	3,59±0,43	3,6±0,42	4,18±0,45	3,67±0,44	5,28±0,81	<0,001 ²
	Medyan (Range)	4,7 (4,1-6,2)	3,6 (2,7-5)	3,6 (2,8-5)	4,05 (3,4-6)	3,65 (2,9-5,8)	4,9 (3,9-7,1)	
ONSD-L	Ort±s.s.	4,64±0,34	3,45±0,63	3,43±0,62	4,1±0,5	3,59±0,42	5,21±0,84	<0,001 ²
	Medyan (Range)	4,65 (4-6,1)	3,55 (0,3-5,1)	3,5 (0,3-4,9)	4 (3,2-6,1)	3,5 (2,9-5,6)	4,9 (3,5-7)	

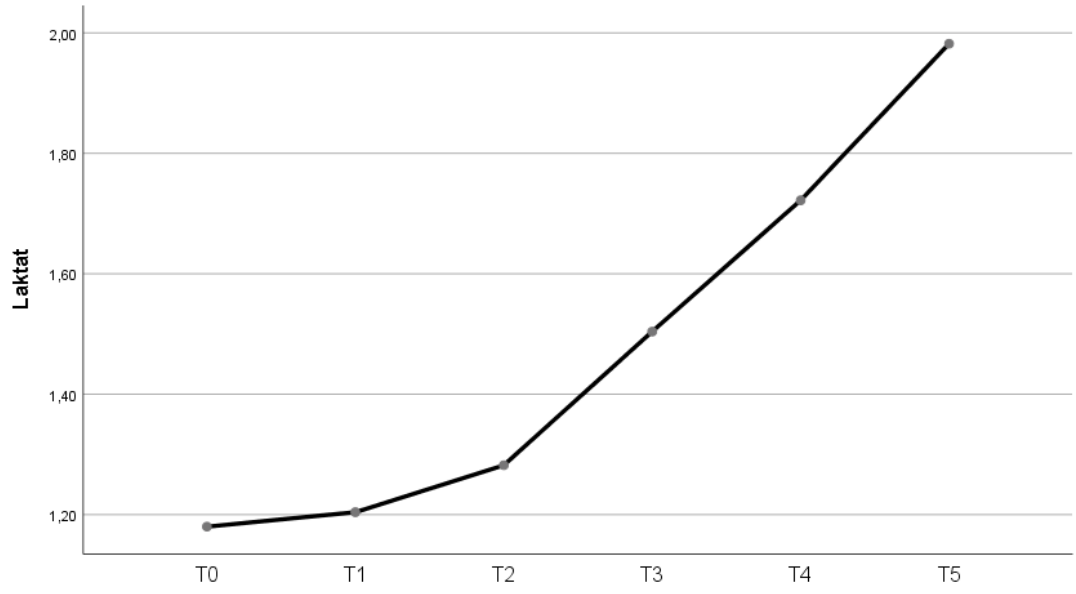
¹McNemar Test ²Tekrarlayan Ölçümler Analiz



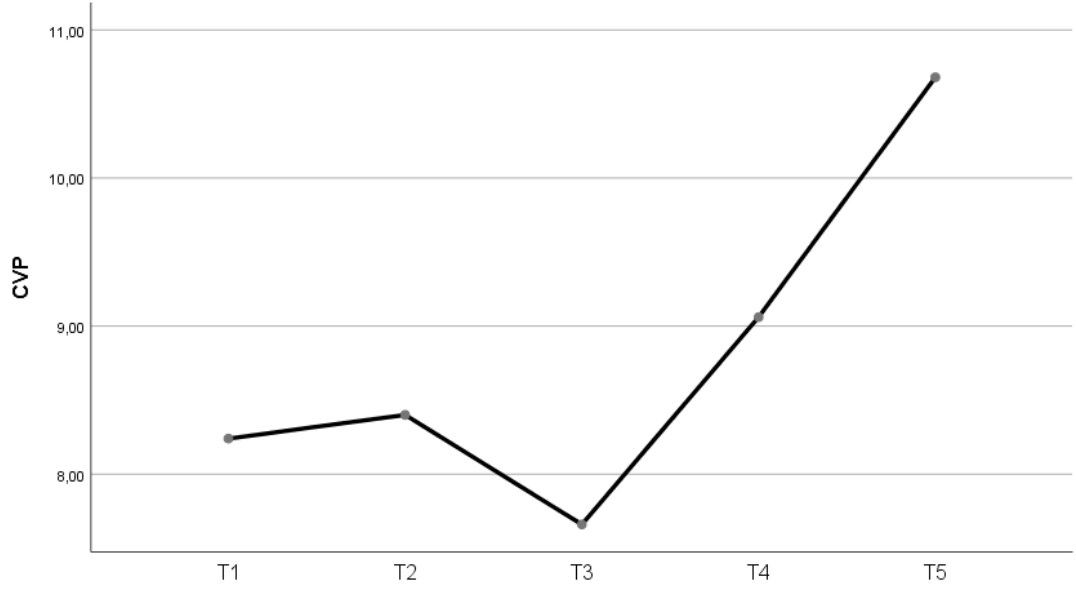
Şekil 6. Ortalama arter basıncındaki (OAB) değişim grafiği



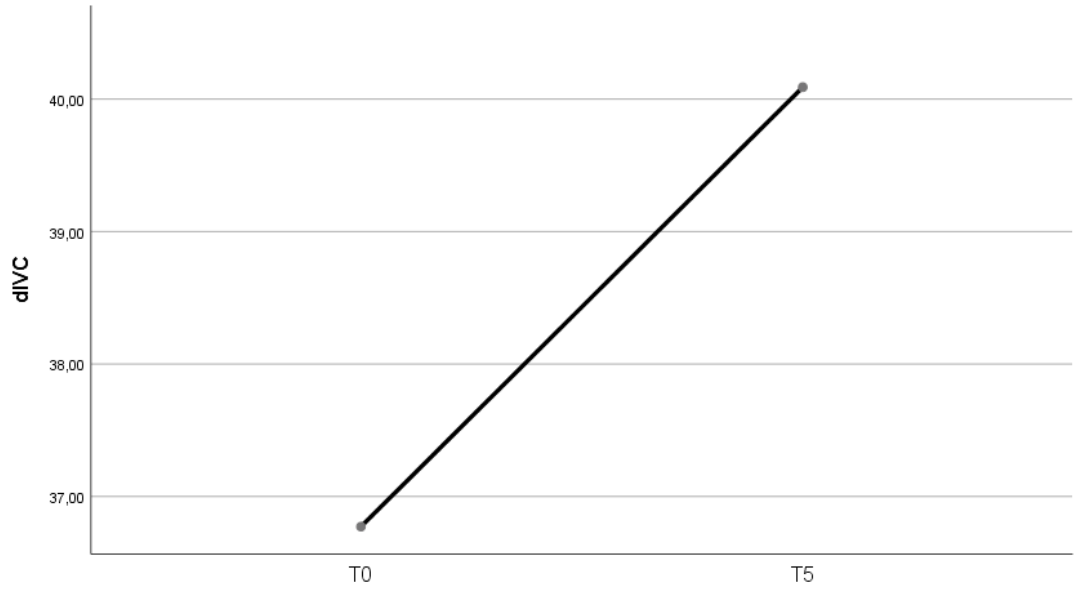
Şekil 7. Kalp Hızındaki (KAH) değişim grafiği



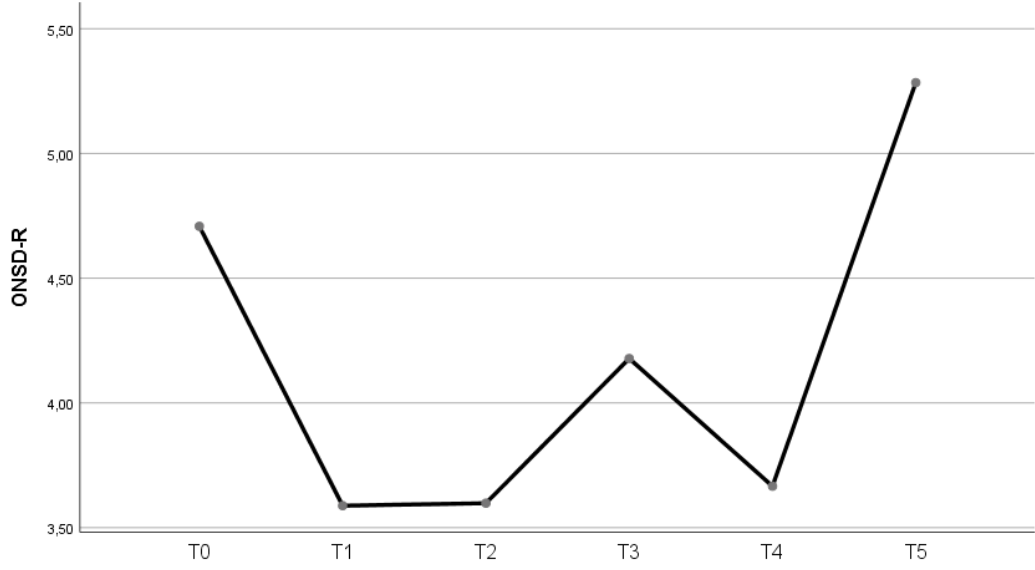
Şekil 8. Laktat değerindeki değişim grafiği



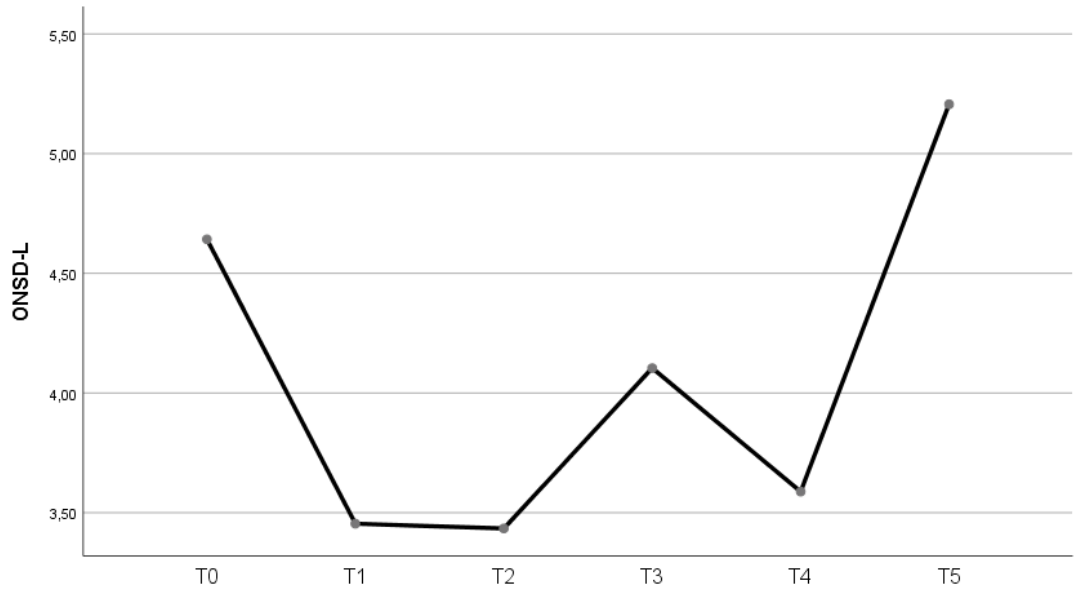
Şekil 9. CVP değerindeki değişim grafiği



Şekil 10. IVCDi Değerindeki Değişim Grafiği



Şekil 11. ONSD-R Değerindeki Değişim Grafiği



Şekil 12. ONSD-L Değerindeki Değişim Grafiği

T0'da yapılan CAM-ICU testi ile ölçülen değerler arasında yapılan karşılaştırmada anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre CAM-ICU (T0) pozitif saptananlarda Total kan kaybı daha düşük iken, KAH (T0), CVP (T1), CVP (T2), CVP (T4), ONSD-R (T0), ONSD-R (T5), ONSD-L (T0), ONSD-L (T5) değerleri daha yüksektir.

Tablo 4. CAM-ICU (T0) Sonuçlarıyla Ölçümlerin Karşılaştırılması

	CAM-ICU (T0)				p
	Yok		Var		
	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	
Yaş	60,08±9,74	61,5 (37-80)	50±4,24	50 (47-53)	0,118
BMI	27,72±4,37	27,05 (19,5-41)	28,25±2,62	28,25 (26,4-30,1)	0,692
Pompa süresi	114,27±34,19	105 (60-240)	163±55,15	163 (124-202)	0,137
Total kan kaybı	2,69±0,75	2,6 (0,9-4,4)	1,55±0,49	1,55 (1,2-1,9)	0,037
Giriş Hgb	12,63±1,82	12,5 (9,4-16,3)	10,65±0,78	10,65 (10,1-11,2)	0,113
EF	55,31±6,4	55 (30-65)	51,5±4,95	51,5 (48-55)	0,222
OAB (T0)	83,65±13,87	80,5 (64-113)	95±7,07	95 (90-100)	0,206
OAB (T1)	79,71±14,42	75 (55-124)	83,5±10,61	83,5 (76-91)	0,472
OAB (T2)	78,65±15,08	77,5 (54-128)	92,5±34,65	92,5 (68-117)	0,638
OAB (T4)	75,19±10,55	75 (56-105)	69,5±10,61	69,5 (62-77)	0,442
OAB (T5)	79,02±13,07	75,5 (60-127)	72±11,31	72 (64-80)	0,472
KAH (T0)	78,65±12,34	78 (52-105)	101±4,24	101 (98-104)	0,035
KAH (T1)	76,88±14,41	77 (49-112)	88±2,83	88 (86-90)	0,158
KAH (T2)	76,23±15,97	75 (47-140)	81,5±0,71	81,5 (81-82)	0,225
KAH (T4)	78,42±14,65	78 (52-119)	82±14,14	82 (72-92)	0,710
KAH (T5)	81,27±12,68	80 (54-112)	93±7,07	93 (88-98)	0,165
Laktat (T0)	1,2±0,65	1 (0,6-4)	0,7±0	0,7 (0,7-0,7)	0,090
Laktat (T1)	1,22±0,52	1,05 (0,6-3,2)	0,75±0,21	0,75 (0,6-0,9)	0,101
Laktat (T2)	1,3±0,48	1,2 (0,6-2,8)	0,75±0,07	0,75 (0,7-0,8)	0,053
Laktat (T3)	1,52±0,46	1,5 (0,8-2,7)	1,2±0,14	1,2 (1,1-1,3)	0,253
Laktat (T4)	1,69±0,53	1,7 (0,8-3,5)	2,55±1,2	2,55 (1,7-3,4)	0,253
Laktat (T5)	1,89±0,53	1,9 (0,9-3,1)	4,3±3,11	4,3 (2,1-6,5)	0,077
CVP (T1)	7,83±3,26	7 (3-18)	18±2,83	18 (16-20)	0,021
CVP (T2)	8,08±2,96	8 (3-16)	16±2,83	16 (14-18)	0,024
CVP (T3)	7,44±3,13	8 (2-14)	13±4,24	13 (10-16)	0,055
CVP (T4)	8,79±3,45	9 (2-18)	15,5±2,12	15,5 (14-17)	0,034
CVP (T5)	10,52±4,28	10 (4-20)	14,5±7,78	14,5 (9-20)	0,357
IVCDi (T0)	35,47±15,06	31,55 (10,2-78,2)	68,05±36,13	68,05 (42,5-93,6)	0,092
IVCDi (T5)	39,04±18,08	33,3 (12,6-80,1)	65,25±13,36	65,25 (55,8-74,7)	0,075
ONSD-R (T0)	4,67±0,25	4,7 (4,1-5,4)	5,6±0,85	5,6 (5-6,2)	0,022
ONSD-R (T1)	3,56±0,38	3,6 (2,7-4,6)	4,15±1,2	4,15 (3,3-5)	0,584
ONSD-R (T2)	3,58±0,37	3,6 (2,8-4,5)	4,1±1,27	4,1 (3,2-5)	0,690
ONSD-R (T3)	4,14±0,37	4,05 (3,4-5)	5±1,41	5 (4-6)	0,331
ONSD-R (T4)	3,63±0,31	3,65 (2,9-4,2)	4,45±1,91	4,45 (3,1-5,8)	0,842
ONSD-R (T5)	5,22±0,77	4,9 (3,9-6,7)	6,75±0,49	6,75 (6,4-7,1)	0,025
ONSD-L (T0)	4,6±0,26	4,6 (4-5,2)	5,55±0,78	5,55 (5-6,1)	0,023
ONSD-L (T1)	3,43±0,59	3,55 (0,3-4,4)	4,15±1,34	4,15 (3,2-5,1)	0,637
ONSD-L (T2)	3,41±0,6	3,5 (0,3-4,6)	4±1,27	4 (3,1-4,9)	0,636
ONSD-L (T3)	4,06±0,42	4 (3,2-5,2)	5,05±1,48	5,05 (4-6,1)	0,223
ONSD-L (T4)	3,55±0,3	3,5 (2,9-4)	4,4±1,7	4,4 (3,2-5,6)	0,765
ONSD-L (T5)	5,15±0,8	4,9 (3,5-6,7)	6,6±0,57	6,6 (6,2-7)	0,035

Mann Whitney U Testi

CAM-ICU (T5) ile ölçülen değerler arasında yapılan karşılaştırmada anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre CAM-ICU (T5) pozitif olanlarda Giriş Hgb, EF daha düşük iken, Yaş, Sıvı balansı, KAH (T0), KAH (T1), KAH (T2), Laktat (T5), CVP (T4), CVP (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) değerleri daha yüksektir.

Tablo 5. CAM-ICU (T5) Sonuçlarıyla Ölçümlerin Karşılaştırılması

	CAM-ICU (T5)				p
	Yok		Var		
	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min-Max)	
Yaş	56,97±10,34	57 (37-80)	63,43±7,65	63 (47-74)	0,025
BMI	27,89±4,33	26,8 (20,2-37,5)	27,53±4,34	28 (19,5-41)	0,813
Pompa süresi	112,69±20,78	106 (80-170)	121,1±49,8	105 (60-240)	0,867
Total kan kaybı	2,82±0,81	2,6 (0,9-4,4)	2,4±0,64	2,5 (1,1-3,7)	0,087
Giriş Hgb	13,25±1,88	13,8 (9,8-16,3)	11,6±1,27	11,8 (9,4-13,7)	0,001
Sıvı balansı	0,67±0,25	0,6 (0,2-1,1)	1,01±0,24	1,1 (0,6-1,4)	<0,001
EF	56±7,41	55 (30-65)	54±4,4	55 (42-62)	0,046
OAB (T0)	85,17±13,7	82 (64-110)	82,62±14,15	78 (65-113)	0,503
OAB (T1)	80,34±15,09	75 (56-124)	79,19±13,27	76 (55-102)	0,875
OAB (T2)	80,86±16,48	80 (60-128)	76,9±14,93	70 (54-117)	0,386
OAB (T4)	76,07±11,42	77 (56-105)	73,43±9,15	74 (60-93)	0,386
OAB (T5)	78,31±9,76	76 (60-110)	79,33±16,69	74 (64-127)	0,574
KAH (T0)	75,34±10,5	74 (60-102)	85,33±13,84	85 (52-105)	0,005
KAH (T1)	73,93±13,34	72 (51-112)	82±14,54	85 (49-108)	0,014
KAH (T2)	74,72±17,07	70 (54-140)	78,81±13,54	80 (47-101)	0,043
KAH (T4)	77±13,63	77 (52-119)	80,71±15,72	78 (52-114)	0,529
KAH (T5)	78,28±8,78	78 (60-100)	86,52±15,63	88 (54-112)	0,052
Laktat (T0)	1,07±0,44	0,9 (0,6-2)	1,33±0,84	1,2 (0,7-4)	0,368
Laktat (T1)	1,18±0,46	1 (0,6-2,1)	1,24±0,61	1 (0,6-3,2)	0,851
Laktat (T2)	1,27±0,43	1,2 (0,7-2,3)	1,3±0,57	1,2 (0,6-2,8)	0,937
Laktat (T3)	1,51±0,49	1,5 (0,8-2,7)	1,5±0,4	1,4 (0,8-2,5)	0,882
Laktat (T4)	1,57±0,5	1,5 (0,8-2,7)	1,93±0,61	1,8 (1,2-3,5)	0,053
Laktat (T5)	1,65±0,4	1,7 (0,9-2,4)	2,44±1,05	2,2 (1,4-6,5)	<0,001
CVP (T1)	7,45±2,72	7 (3-14)	9,33±4,77	8 (4-20)	0,329
CVP (T2)	7,59±2,76	8 (3-12)	9,52±3,75	8 (5-18)	0,123
CVP (T3)	6,9±3,02	7 (2-13)	8,71±3,48	9 (3-16)	0,075
CVP (T4)	7,9±2,88	8 (2-14)	10,67±4,03	10 (5-18)	0,032
CVP (T5)	8,66±2,35	9 (4-13)	13,48±5,07	14 (4-20)	0,001
IVCDi (T0)	36±12,32	34,1 (12,9-61,7)	37,84±22,04	31,4 (10,2-93,6)	0,555
IVCDi (T5)	38,09±14,08	35,2 (12,6-71,4)	42,86±23,49	32,8 (13,4-80,1)	0,898
ONSD-R (T0)	4,67±0,23	4,7 (4,1-5)	4,77±0,43	4,7 (4,2-6,2)	0,881
ONSD-R (T1)	3,55±0,44	3,6 (2,7-4,6)	3,64±0,41	3,6 (3,1-5)	0,730
ONSD-R (T2)	3,57±0,4	3,5 (2,8-4,5)	3,64±0,46	3,6 (3-5)	0,566
ONSD-R (T3)	4,14±0,42	4 (3,4-5)	4,23±0,49	4,1 (3,6-6)	0,573
ONSD-R (T4)	3,61±0,37	3,6 (2,9-4,2)	3,75±0,53	3,7 (3,1-5,8)	0,546
ONSD-R (T5)	4,66±0,29	4,8 (3,9-5,1)	6,14±0,4	6,2 (5,4-7,1)	<0,001
ONSD-L (T0)	4,6±0,26	4,7 (4-5,2)	4,7±0,42	4,6 (4,1-6,1)	0,481
ONSD-L (T1)	3,38±0,73	3,5 (0,3-4,4)	3,56±0,44	3,6 (3-5,1)	0,820
ONSD-L (T2)	3,38±0,72	3,5 (0,3-4,6)	3,51±0,47	3,5 (2,9-4,9)	0,752
ONSD-L (T3)	4,06±0,48	4 (3,2-5,2)	4,17±0,54	4 (3,5-6,1)	0,521
ONSD-L (T4)	3,53±0,32	3,5 (2,9-4)	3,66±0,52	3,7 (3,1-5,6)	0,657
ONSD-L (T5)	4,57±0,36	4,6 (3,5-5,1)	6,09±0,37	6 (5,4-7)	<0,001

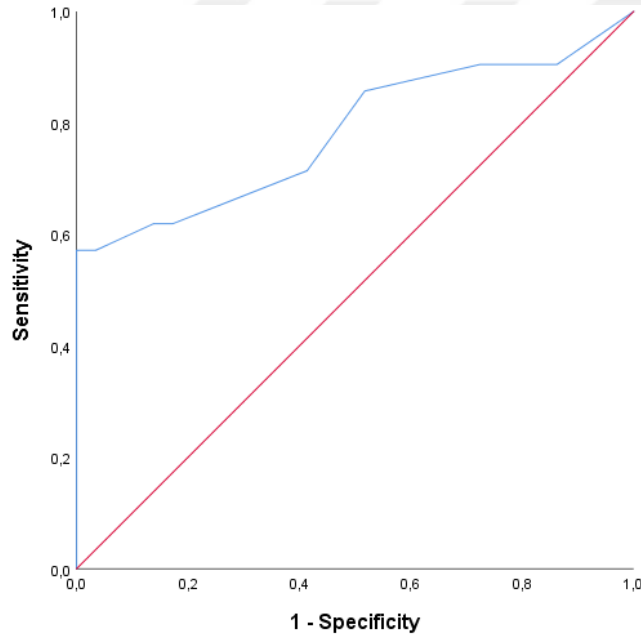
Mann Whitney U Testi

CAM-ICU (T5) varlığını predikte edebilecek CVP (T5) değeri incelenmiştir. Buna göre cut-off >13,5 alındığında %57,14 Sensitivite, %100 Spesifisite, %100 PPD ve %76,32 NPD elde edilmiştir.

Tablo 6. CAM-ICU (T5) Pozitifliğini Predikte Edebilecek CVP (T5), Laktat (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) değerlerinin incelenmesi

	AUC	p	Cut-off	Sensitivite	Spesifisite	PPD	NPD
CVP (T5)	0,783 (0,642-0,925)	0,001	>13,5	57,14%	100,00%	100,00%	76,32%
Laktat (T5)	0,823 (0,705-0,942)	<0,001	>1,95	71,43%	82,76%	75,00%	80,00%
ONSD-R (T5)	1	<0,001	>5,25	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
ONSD-L (T5)	1	<0,001	>5,25	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

ROC Analizi



Şekil 13. CAM-ICU (T5) Pozitifliğini Predikte Edebilecek CVP (T5) Değerinin Sensitivite-Spesifite grafiği

Yaş, BMI, Pompa süresi, Total kan kaybı, Giriş Hgb, Sıvı balansı, EF ile OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre yaş ile OAB (T2), OAB (T4), OAB (T5), KAH (T2) arasında ters yönlü, yaş ile ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında aynı yönlü korelasyon vardır. BMI ile CVP (T2), CVP (T3), CVP (T4), ONSD-R (T0), ONSD-R (T4), ONSD-L (T0), ONSD-L (T4) arasında aynı yönlü, BMI ile KAH (T2) arasında ters yönlü korelasyon vardır. Pompa süresi ile

CVP (T1), CVP (T2) arasında ters yönlü korelasyon vardır. Total kan kaybı ile CVP (T4), IVCDi (T5), ters yönlü ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında aynı yönlü korelasyon vardır. Giriş Hgb ile Laktat (T4), Laktat (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında ters yönlü korelasyon vardır. Sıvı balansı ile Laktat (T5), ONSD-R (T5), ONSD-L (T5) arasında aynı yönlü korelasyon vardır.

Tablo 7. Yaş, BMI, Pompa süresi, Total kan kaybı, Giriş Hgb, Sıvı balansı, EF ile OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD Arasındaki Korelasyonu

		Yaş	BMI	Pompa süresi	Total kan kaybı	Giriş Hgb	Sıvı balansı	EF
OAB (T0)	r	-0,006	-0,093	0,122	0,038	0,064	0,019	0,027
	p	0,965	0,520	0,400	0,792	0,660	0,896	0,855
OAB (T1)	r	-0,085	-0,228	0,069	-0,052	0,059	-0,042	0,068
	p	0,557	0,111	0,636	0,721	0,683	0,774	0,638
OAB (T2)	r	-0,282	-0,204	-0,033	-0,091	0,002	-0,125	0,158
	p	0,047	0,155	0,818	0,528	0,990	0,387	0,274
OAB (T4)	r	-0,366	-0,007	0,115	-0,025	-0,027	-0,079	0,092
	p	0,009	0,964	0,427	0,864	0,854	0,587	0,526
OAB (T5)	r	-0,421	0,026	0,080	0,026	0,059	-0,052	-0,092
	p	0,002	0,855	0,581	0,856	0,685	0,720	0,526
KAH (T0)	r	-0,066	-0,028	0,084	0,003	-0,135	0,222	-0,014
	p	0,651	0,848	0,564	0,986	0,348	0,121	0,921
KAH (T1)	r	-0,156	-0,317	0,012	-0,212	-0,199	0,247	-0,010
	p	0,280	0,025	0,935	0,140	0,166	0,084	0,943
KAH (T2)	r	-0,299	-0,307	0,090	-0,194	-0,223	0,258	0,066
	p	0,035	0,030	0,532	0,178	0,119	0,070	0,650
KAH (T4)	r	-0,196	-0,271	0,084	-0,116	-0,128	0,089	0,207
	p	0,173	0,057	0,560	0,424	0,377	0,538	0,149
KAH (T5)	r	-0,137	-0,175	0,028	-0,192	-0,137	0,256	-0,154
	p	0,342	0,225	0,848	0,181	0,343	0,073	0,286
Laktat (T0)	r	-0,023	-0,026	-0,046	0,030	-0,224	-0,066	-0,260
	p	0,872	0,855	0,752	0,837	0,118	0,650	0,069
Laktat (T1)	r	-0,037	0,028	-0,099	0,048	-0,226	-0,147	-0,185
	p	0,798	0,846	0,492	0,739	0,114	0,309	0,198
Laktat (T2)	r	0,164	-0,053	-0,093	0,154	-0,191	-0,151	-0,042
	p	0,254	0,715	0,522	0,286	0,183	0,295	0,773
Laktat (T3)	r	0,053	0,005	-0,004	0,140	-0,189	0,037	-0,021
	p	0,716	0,971	0,976	0,332	0,188	0,800	0,885
Laktat (T4)	r	0,102	0,028	-0,012	-0,208	-0,407	0,094	-0,159
	p	0,483	0,845	0,936	0,147	0,003	0,514	0,269
Laktat (T5)	r	0,062	-0,099	0,038	-0,178	-0,412	0,315	-0,262
	p	0,671	0,495	0,796	0,215	0,003	0,026	0,066
CVP (T1)	r	0,016	0,236	-0,373	-0,135	0,234	0,063	-0,033
	p	0,911	0,099	0,008	0,350	0,102	0,662	0,821
CVP (T2)	r	0,024	0,354	-0,333	-0,118	0,234	0,145	-0,088

	p	0,867	0,012	0,018	0,413	0,102	0,314	0,542
CVP (T3)	r	0,109	0,343	-0,223	-0,225	0,124	0,054	-0,100
	p	0,450	0,015	0,120	0,117	0,390	0,709	0,490
CVP (T4)	r	0,128	0,297	-0,193	-0,331	0,003	0,073	-0,002
	p	0,377	0,036	0,178	0,019	0,983	0,612	0,987
CVP (T5)	r	0,120	0,179	-0,158	-0,259	-0,158	0,225	0,046
	p	0,407	0,214	0,272	0,069	0,274	0,115	0,751
IVCDi (T0)	r	-0,139	-0,026	0,101	0,119	0,239	0,003	-0,101
	p	0,337	0,857	0,484	0,409	0,095	0,983	0,486
IVCDi (T5)	r	-0,131	-0,079	0,089	-0,292	-0,151	-0,145	0,037
	p	0,365	0,588	0,539	0,040	0,294	0,316	0,800
ONSD-R (T0)	r	-0,117	0,411	-0,264	0,277	0,160	-0,121	-0,034
	p	0,419	0,003	0,063	0,052	0,266	0,402	0,814
ONSD-R (T1)	r	-0,159	0,265	-0,201	0,093	0,231	0,136	-0,049
	p	0,271	0,063	0,162	0,519	0,106	0,347	0,735
ONSD-R (T2)	r	-0,079	0,244	-0,192	0,052	0,163	0,132	0,016
	p	0,584	0,088	0,183	0,722	0,257	0,361	0,915
ONSD-R (T3)	r	0,082	-0,053	-0,146	0,234	0,033	0,032	0,069
	p	0,571	0,715	0,311	0,102	0,819	0,824	0,632
ONSD-R (T4)	r	-0,023	0,327	-0,162	0,052	0,174	0,205	0,029
	p	0,874	0,021	0,261	0,718	0,227	0,154	0,844
ONSD-R (T5)	r	0,285	-0,049	-0,054	0,399	-0,395	0,489	-0,263
	p	0,045	0,736	0,708	0,004	0,004	0,000	0,065
ONSD-L (T0)	r	-0,060	0,297	-0,256	0,259	0,066	-0,084	-0,022
	p	0,679	0,036	0,073	0,069	0,648	0,563	0,881
ONSD-L (T1)	r	-0,127	0,199	-0,115	0,098	0,208	0,133	-0,069
	p	0,381	0,165	0,426	0,497	0,148	0,358	0,634
ONSD-L (T2)	r	-0,101	0,209	-0,115	0,079	0,116	0,122	0,068
	p	0,485	0,145	0,427	0,588	0,424	0,397	0,641
ONSD-L (T3)	r	0,056	-0,090	-0,019	0,174	0,055	0,107	0,099
	p	0,701	0,532	0,895	0,226	0,703	0,459	0,492
ONSD-L (T4)	r	0,037	0,296	-0,085	0,033	0,121	0,198	0,103
	p	0,800	0,037	0,559	0,821	0,404	0,169	0,477
ONSD-L (T5)	r	0,299	-0,051	-0,032	0,342	-0,392	0,500	-0,259
	p	0,035	0,727	0,827	0,015	0,005	0,000	0,069

Spearman Korelasyon Testi

IVCDi ile CVP ve Laktat arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre IVCDi (T0) ile Laktat (T0), Laktat (T1), Laktat (T2), Laktat (T3) arasında ve IVCDi (T5) ile Laktat (T3) arasında ters yönlü korelasyon vardır.

Tablo 8. IVCDi ile CVP ve Laktat Arasındaki Korelasyon

		IVCDi (T0)	IVCDi (T5)
CVP (T1)	r	0,121	0,131
	p	0,403	0,365
CVP (T2)	r	0,100	0,096
	p	0,491	0,506
CVP (T3)	r	0,143	0,198
	p	0,321	0,168
CVP (T4)	r	-0,066	0,131
	p	0,650	0,366
CVP (T5)	r	-0,099	0,242
	p	0,495	0,091
Laktat (T0)	r	-0,364	-0,088
	p	0,009	0,545
Laktat (T1)	r	-0,385	-0,136
	p	0,006	0,346
Laktat (T2)	r	-0,328	-0,279
	p	0,020	0,050
Laktat (T3)	r	-0,286	-0,329
	p	0,044	0,020
Laktat (T4)	r	-0,089	-0,073
	p	0,538	0,614
Laktat (T5)	r	-0,012	-0,244
	p	0,934	0,088

Spearman Korelasyon Testi

Sıvı balansı ile Total kan kaybı ve Pompa süresi arasında anlamlı korelasyon bulunmamaktadır.

Tablo 9. Sıvı Balansı ile Total Kan Kaybı ve Pompa Süresi Arasındaki Korelasyon

		Total kan kaybı	Pompa süresi
Sıvı balansı	r	-0,078	0,115
	p	0,591	0,428

Spearman Korelasyon Testi

OAB, KAH, Laktat, IVCDi, ONSD değerlerinin T0 ölçümleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre Laktat ile IVCDi arasında ters yönlü, ONSD-R ile ONSD-L arasında aynı yönlü korelasyon vardır.

Tablo 10. OAB, KAH, Laktat, IVCDi, ONSD değerlerinin T0 ölçümleri arasındaki korelasyon

		OAB (T0)	KAH (T0)	Laktat (T0)	IVCDi (T0)	ONSD-R (T0)	ONSD-L (T0)
OAB (T0)	r						
	p						
KAH (T0)	r	0,090					
	p	0,533					
Laktat (T0)	r	-0,173	0,035				
	p	0,229	0,808				
IVCDi (T0)	r	0,081	0,138	-0,364			
	p	0,574	0,338	0,009			
ONSD-R (T0)	r	-0,057	0,146	-0,239	0,052		
	p	0,695	0,312	0,095	0,718		
ONSD-L (T0)	r	0,032	0,231	-0,239	-0,067	0,898	
	p	0,825	0,106	0,095	0,645	<0,001	

Spearman Korelasyon Testi

OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T1 ölçümleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre OAB ile KAH arasında, CVP ile ONSD-R, ONSD-L arasında, ONSD-R ile ONSD-L arasında aynı yönlü korelasyon vardır.

Tablo 11. OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T1 ölçümleri arasındaki korelasyon

		OAB (T1)	KAH (T1)	Laktat (T1)	CVP (T1)	ONSD-R (T1)	ONSD-L (T1)
OAB (T1)	r						
	p						
KAH (T1)	r	0,376					
	p	0,007					
Laktat (T1)	r	-0,269	-0,001				
	p	0,059	0,996				
CVP (T1)	r	-0,009	0,147	-0,264			
	p	0,952	0,307	0,064			
ONSD-R (T1)	r	-0,001	0,109	-0,233	0,445		
	p	0,995	0,453	0,104	0,001		
ONSD-L (T1)	r	-0,004	0,086	-0,216	0,373	0,975	
	p	0,977	0,552	0,133	0,008	<0,001	

Spearman Korelasyon Testi

OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T2 ölçümleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre OAB ile KAH arasında aynı yönlü, Laktat ile CVP arasında ters yönlü, CVP ile ONSD-R, ONSD-L arasında aynı yönlü, ONSD-R ile ONSD-L arasında aynı yönlü korelasyon vardır.

Tablo 12. OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T2 ölçümleri arasındaki korelasyon

		OAB (T2)	KAH (T2)	Laktat (T2)	CVP (T2)	ONSD-R (T2)	ONSD-L (T2)
OAB (T2)	r						
	p						
KAH (T2)	r	0,348					
	p	0,013					
Laktat (T2)	r	-0,080	-0,134				
	p	0,581	0,352				
CVP (T2)	r	0,000	0,031	-0,350			
	p	0,998	0,830	0,013			
ONSD-R (T2)	r	0,057	0,225	-0,204	0,376		
	p	0,692	0,116	0,156	0,007		
ONSD-L (T2)	r	0,060	0,242	-0,180	0,286	0,952	
	p	0,681	0,090	0,211	0,044	<0,001	

Spearman Korelasyon Testi

Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T3 ölçümleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre Laktat ile CVP, ONSD-R arasında ters yönlü, ONSD-R ile ONSD-L arasında aynı yönlü korelasyon vardır

Tablo 13. Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T3 ölçümleri arasındaki korelasyon

		Laktat (T3)	CVP (T3)	ONSD-R (T3)	ONSD-L (T3)
Laktat (T3)	r				
	p				
CVP (T3)	r	-0,287			
	p	0,044			
ONSD-R (T3)	r	-0,282	0,169		
	p	0,048	0,242		
ONSD-L (T3)	r	-0,207	0,124	0,947	
	p	0,149	0,393	<0,001	

Spearman Korelasyon Testi

OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T4 ölçümleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre OAB ile KAH arasında, ONSD-R ile ONSD-L arasında aynı yönlü korelasyon vardır.

Tablo 14. OAB, KAH, Laktat, CVP, ONSD değerlerinin T4 ölçümleri arasındaki korelasyon

		OAB (T4)	KAH (T4)	Laktat (T4)	CVP (T4)	ONSD-R (T4)	ONSD-L (T4)
OAB (T4)	r						
	p						
KAH (T4)	r	0,449					
	p	0,001					
Laktat (T4)	r	-0,116	0,065				
	p	0,421	0,656				
CVP (T4)	r	-0,059	0,094	-0,171			
	p	0,685	0,518	0,235			
ONSD-R (T4)	r	-0,081	0,040	0,083	0,191		
	p	0,575	0,780	0,569	0,184		
ONSD-L (T4)	R	-0,143	0,012	0,158	0,166	0,918	
	P	0,321	0,932	0,272	0,250	<0,001	

Spearman Korelasyon Testi

OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD değerlerinin T5 ölçümleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Buna göre ONSD-R ve ONSD-L ile Laktat, CVP, ONSD-R arasında aynı yönlü korelasyon vardır.

Tablo 15. OAB, KAH, Laktat, CVP, IVCDi, ONSD değerlerinin T5 ölçümleri arasındaki korelasyon

		OAB (T5)	KAH (T5)	Laktat (T5)	CVP (T5)	IVCDi (T5)	ONSD-R (T5)	ONSD-L (T5)
OAB (T5)	r							
	p							
KAH (T5)	r	0,252						
	p	0,077						
Laktat (T5)	r	-0,177	0,193					
	p	0,219	0,179					
CVP (T5)	r	0,178	0,164	-0,059				
	p	0,215	0,256	0,684				
IVCDi (T5)	r	0,121	0,143	-0,244	0,242			
	p	0,402	0,320	0,088	0,091			
ONSD-R (T5)	r	-0,064	0,235	0,272	0,541	0,063		
	p	0,657	0,101	0,049	<0,001	0,663		
ONSD-L (T5)	r	-0,049	0,215	0,285	0,484	0,038	0,979	
	p	0,737	0,134	0,045	<0,001	0,794	<0,001	

Spearman Korelasyon Testi

5. TARTIŞMA

Koroner bypaas cerrahisinde sıvı yönetiminin noninvaziv yöntemlerle nasıl değerlendirildiği ve bunun postoperatif bilinç durumu üzerine etkisinin araştırıldığı, literatürde henüz benzeri olmayan bu çalışmayla sıvı yönetiminin yönlendirilmesi ve etkilerinin öngörülmesinde farklı ve pratik bir bakış açısı getirmek amaçlandı. Sonuç olarak hastaların övolemik ve hipervolemik olduğu durumlarda, kafa içi basıncın etkilendiği düşünüldü ve bu etkinin öngörücüsü olarak ONSD ile değerlendirilebileceği ve etkinin sonucu olarakda postoperatif deliryuma sebep olabileceği sonucuna varıldı.

Koroner bypass cerrahisi dünya çapında en sık yapılan kalp ameliyatıdır ve her yaş grubundaki hastalara uygulanmaktadır. Gerola ve arkadaşlarının koroner bypass cerrahisi geçiren 160 hasta ile yaptıkları çalışmadaki hastaların yaş ortalaması 58,81 olarak bulunmuştur (96). Kobayashi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise yaş ortalaması 59'dur (97). Sharma ve arkadaşlarının üçüncü basamak bir hastanedeki koroner arter bypass cerrahisi geçiren hastaları inceledikleri çalışmada ise yaş ortalaması 58,87 olarak bulunmuştur (98). Bizim çalışmamızda ise yaş ortalaması 59,68 olarak bulunmuş olup literatürdeki koroner bypass cerrahisi geçiren hastalar üzerinde yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Koroner bypass cerrahisi geçiren hastalarda cinsiyet farklılıklarının morbidite ve mortalite üzerindeki etkisini inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Çalışmamıza katılan hastaların %70i erkek %30'u ise kadın hastalardan oluşmaktaydı. ElBardissi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada koroner arter bypass cerrahisi geçiren hastaların %70,6 'sını erkek cinsiyet oluşturuyordu (99). De Figueiredo Neto ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka çalışmada ise hastaların %65i erkek %35i ise kadın hastalardan oluşmaktaydı (100). Çalışmamızdaki cinsiyet dağılımı literatürdeki çalışmalarla benzer özelliktedir.

Obezite koroner arter hastalığı açısından bir risk faktörüdür. Bizim çalışmamızda hastaların BMI ortalaması 27,74 medyanı ise 27,05 olarak bulunmuştur. Costa ve arkadaşlarının kardiyak cerrahi geçiren hastalarda BMI'nın etkisini inceledikleri çalışmada BMI ortalamasını 27,3 olarak bulmuşlardır (101). Buschmann

ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise medyan BMI medyanı 29 olarak bulunmuştur (102). Çalışmamız bu çalışmalarla benzerlik göstermekteydi.

Kardiyopulmoner bypass süresi kalp cerrahisi sonrasındaki morbidite ve mortalitenin bağımsız bir risk faktörüdür (103). Çalışmamızdaki hastalarda ortalama kardiyopulmoner bypass süresi 116,22 dk olarak bulunmuştur. Mork ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ortalama kardiyopulmoner bypass süresi 118 dakikadır (104). Barton ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise kardiyopulmoner bypass ortalama 115,5 dk sürmüştür (105). Axtell ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka çalışmada ise ortalama kardiyopulmoner bypass süresi 120 dakikadır (106). Çalışmamızdaki kardiyopulmoner bypass süresi bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Kalp cerrahisi geçiren hastaların başarılı idaresinin esası sıvı elektrolit dengesinin korunması ve etkilerinin bilinmesinden geçmektedir (107). Bu sebeple kan, sıvı ve elektrolit değişikliklerin etkin ve hızlı değerlendirilmesi ve düzenlenmesi gerekir (108). Sıvı ve elektrolit dengesindeki değişiklikler kardiyak yükü hacim olarak doğrudan etkilemesinin yanı sıra postoperatif dönemde ritim bozuklukları, akciğer ödemi, deliryum gibi multisistemik etkilere neden olmaktadır. Bu etkilerden dolayı sıvı elektrolit dengesindeki değişikliklerin postoperatif morbitite ve mortaliteyi etkilediği bilinmektedir (109). Bu nedenle literatürde sıvı tedavisini düzenlemesi ve etkileri açısından çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalarda sıvı değerlendirilmesi amacıyla DVIC kullanımı için net bir görüş birliğine varılamamıştır. Ancak korunmuş biventriküler kalp fonksiyonu olan seçilmiş hastalarda uygulanabilir (110). Ultrasonografi yardımı ile IVC çapı değerlendirilirken yüksek PEEP basıncı uygulanması (111), triküspit yetmezliği, sağ ventrikül yetmezliği, perikardial efüzyon (112), IVC stenozu ve trombozu gibi durumlarda IVC çapı volüm artışı olmaksızın artabilir. Tam tersi etki olarak karaciğer yetmezliği, sepsis, şiddetli hipoproteinemi gibi durumlarda 3. boşluklara sıvı kaçışına bağlı hastanın volüm durumundan bağımsız olarak splanik konjesyon nedeniyle IVC çapında azalma meydana gelebilir (110).

Pozitif basınçlı ventilasyonun intratorasik basıncı artırmasından dolayı sistemik venöz dönüş azalır ve IVC'daki venöz kan miktarı artar. Bu durum IVC boyutu ve distensibilitesini etkilemektedir (113). Ciozda ve ark. CVP ve IVC çapı

arasındaki klinik korelasyona baktıkları meta-analiz çalışmasında PEEP uygulanan hastalarda IVC çapı ve CVP arasında net klinik korelasyon saptanmamıştır (113). Suraphong Lorsomradee ve ark. elektif kalp cerrahisi geçiren 70 hastada IVCDi ve CVP arasında korelasyona baktıkları çalışmada PEEP uygulanan hastalarda IVCDi ve CVP de önemli artışlar gözlemlenmiş olmalarına rağmen PEEP ventilasyonu sırasında ICVD ve CVP arasında klinik korelasyon gösterememişlerdir. Aynı çalışmada CVP>11 üzeri olan hastalarda da CVP ile ICVD arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır (114). Jue ve ark. mekanik ventilasyon uygulanan kırk dokuz hastanın eş zamanlı ICVD ile CVP ölçümlerini prospektif olarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada ekspirasyondaki inferior vena kava çapı ile ortalama sağ atriyal basınç arasındaki korelasyon yalnızca 0,58 olarak bulunmuştur. Inferior vena kava çapındaki inspiratuar değişim ile ortalama sağ atriyal basınç arasındaki korelasyon zayıf olarak saptanmıştır. Buna rağmen ≤ 12 mm'lik bir inferior vena kava çapı, %100 oranında 10 mm Hg veya daha az bir sağ atriyal basıncı öngörmüş, ancak duyarlılık yalnızca %25 olarak bulunmuştur. O çalışmada 12 mm'den büyük inferior vena kava çapının ise sağ atriyal basınç için öngörü değeri yoktu (115). Çalışmalara benzer şekilde, bizim de yaptığımız çalışmada alınan ölçümler arasında ICVD ile CVP arasında korelasyon bakılmış olup istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunamamıştır. CVP'nin non-invaziv tahmini için IVC çapının kullanımı mekanik ventilatör uygulanan hastalar için desteklenmemektedir. Bunun nedenini intratorasik basınç, atriyum basıncı ve venöz dönüş arasındaki ilişkinin karışık etkilerden kaynaklanması ve birçok olasılığa bağlı olabilir (116).

Si Xiang ve ark. mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda farklı ventilatör ayarlarında IVCDi'ni ölçmüş ve IVCDi'nin sıvı yanıtını göstermede sınırlı bir yeteneği olduğunu göstermişlerdir. O çalışmada TV değeri ≥ 8 mL/kg ve PEEP değeri ≤ 5 cm H₂O olan hastalarda IVCDi sıvı yanıtının doğru bir öngörücüsü olarak belirlenmiştir. Ancak TV değeri < 8 mL/kg veya PEEP değeri > 5 cm H₂O olan hastalarda IVCDi'nin öngörücü gücü zayıf olarak bulunmuştur. Bu nedenle yoğun bakım uzmanları, IVCDi'yi bu koşullar altında kullanırken dikkatli olmalıdır (117). Daniele orsa ve ark. yaptığı sıvı yanıtını belirlemede vena cava inferior çap kullanımını inceleyen bir diğer çalışmada vena cava inferior çapının USG ile incelemesinin sıvı yanıtı belirlemede güvenli bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır (118). Tüm bu çalışmalar göz önüne

alındığında bizim çalışmamızla benzer şekilde IVCDi ile bakılan parametreler arası anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Ancak bizim çalışmamızda total kan kaybı artışı ile IVCDi (t5) ölçümü arasında ters korelasyon saptanmış olup bu durumun total kan kaybındaki artış sonucu venöz dönüşün azalmasına bağlı olduğunu düşünmekteyiz. Yine de bu durum hastalarda IVCDi parametresinin hipervolemik ve övolemik entübe hastalarda kullanımını desteklememektedir. Tüm bu nedenler göze alındığında IVCDi kullanımı sıvı yönetimi için tek başına uygun bir yöntem değildir. Kardiyopulmoner bypass cerrahisi geçiren hastalar gibi kritik hastalarda organ perfüzyonunu değerlendirmek için birden fazla inceleme alanını birleştiren klinik ve fizyopatolojik bakış açısıyla desteklenebilen bir yöntem gerekmektedir.

Ameliyat sırasında ve sonrasında artan kan laktat konsantrasyonları genellikle doku oksijen temini ve talebi arasındaki dengesizlikten kaynaklanabilir. Bu duruma Tip A laktik asidoz denir. Tip B laktik asidoz ise hipoksi dışı nedenlerle ilişkilendirilebilir. Örneğin glikoliz artışı, ilaçlar veya hipotermi gibi faktörler bu tür laktik asidoza yol açabilir (119). Ameliyat sırasında bu durumların önlenmesi veya tedavi edilmesi için çeşitli önlemler alınabilir. Bunlar arasında doku perfüzyonunu artırmaya yönelik tedbirler almak, kan volümünü optimize etmek, anestezi ve diğer ilaçların dikkatli bir şekilde yönetilmesi ve vücut sıcaklığının düzenlenmesi sayılabilir. Ameliyat sonrası dönemde ise hasta yakın takip altında tutulmalı ve metabolik dengenin korunması için gerekli olan tedbirler alınmalıdır. Bu süreçte vital fonksiyonlar, kan gazları ve elektrolit düzeyleri düzenli olarak izlenmelidir. Laktik asidozun ameliyat sırasında veya sonrasında gelişmesi durumunda, altta yatan nedenlerin tespiti ve tedavisi önemlidir. Bu şekilde komplikasyonlar minimize edilir ve hastanın iyileşme süreci desteklenir (120).

Staffan Svenmarker ve ark. kardiyopulmoner bypass uygulanan hastalar üzerinde yaptığı çalışmada büyük bir kohort baz alındığında, CPB kullanımının normal vakalarda hiperlaktatemiye (2mmol büyük) neden olmadığını izlemişler ancak laktat 2 mmol/l'den daha yüksek olan hasta grubunun dikkatli izlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır (121). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde alınan 50 vakanın ortalama laktat değeri 1,98±0,83 olarak gözlenmiştir. Ancak bu durum doku perfüzyonunda bozulma olmadığını göstermez. Doku hipoksisi mevcut olsa bile kan laktat seviyesinin normal aralıkta kalabileceği savunan çalışmalar da mevcuttur (122).

Ranucci ve ark. yaptığı çalışmada CPB ile kalp cerrahisi geçiren 54 hasta gözlenmiş ve hastalarda CBP ve sonrasında laktat düzeylerinde artış saptanmıştır (123). Naik ve ark. tarafından kardiyopulmoner bypass cerrahisi geçiren 370 hasta incelenmiş olup CBP süresince ve sonrasında laktat düzeylerinde anlamlı derece artış gözlenmiştir (124). Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara benzer şekilde kardiyopulmoner bypass esnasında (t3) ve sonrasında (t4-t5) laktat seviyelerinde artış gözlenmiştir. Bu durumun reperfüzyon sırasında artan oksijen ihtiyacından ve bu süreçte artan laktat oluşumundan kaynaklandığı düşünmekteyiz.

Demers ve ark. 1376 hastayla yaptıkları çalışmada giriş hemoglobini düşük olan hastalarda postoperatif laktat yüksekliğinin daha sık izlendiği gözlemlenmiştir (125). Maillet ve ark. yaptıkları bir diğer çalışma ise giriş hemoglobindeki düşüklüğün hiperlaktatemi için risk faktörü olduğu saptanmıştır (126). Bizim çalışmamızda da literatürle uyumlu şekilde giriş hemoglobin değerleri ile hastaların ölçülen laktat (t5) değeri arasında negatif korelasyon izlenmiştir.

Gülşan ve ark. yaptığı elektif kardiyopulmoner bypass geçiren hastalarda laktat düzeyleri ile komplikasyonları arası ilişkinin çalışıldığı çalışmada CPB süresi ile laktat yüksekliği arasında ve hemodinamik parametrelerle laktat arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır ve bu sonucun perioperatif laktat yüksekliği saptanan hastalarda oksijenizasyonun sağlanması, uygun sıvı replasmanı yapılması ve hemodinamik parametrelerin yeniden düzenlenmesinden kaynaklandığını savunmuşlardır (127). Cerovic ve ark. yaptığı çalışmada serum laktat düzeyindeki artışla hastaların hemodinamik parametreleri arasında bağlantı olsa da anlamlı korelasyon bulunamamıştır (128). Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara benzer şekilde CPB süresi ile laktat ve hemodinamik parametresi ile laktat arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Ancak literatür tarandığında CPB süresinin hiperlaktatemi için bir risk faktörü olduğu çalışmalar da mevcuttur. Bizim çalışmamızın CPB süresi ile ilişkili olmayan çalışmaları destekleme nedeninin çalışma popülasyonumuzdaki hastalarda CPB süresinin önemli ölçüde kısa (116,22 +- 35,3) olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

ICP'nin tanısı için altın standart tetkik ektraventriküler drenaj takılmasıdır. İnvaziv olmayan tetkikler ise USG, MR, BT ile alınan ölçümlerdir (129). Optik sinir

pia, araknoid ve dura mater tarafından çevrelenmiş bir yapıdır. Optik sinir kılıfı dura mater'in devamıdır ve subaraknoid boşluk beyin omurilik sıvısıyla doludur. Subaraknoid alanda basınç artışı ICP olarak değerlendirilir ve onu çevreleyen optik sinir kılıfına yansır (84). Robba ve ark. optik sinir kılıf çapının intrakranyal basıncı öngörmedeki doğruluğunu tespit etmek için yaptığı çalışmada ONSD'nin noninvaziv olarak ICP tahmini açısından kullanılabileceğini savunmuşlardır (130). ICP artışını tahmin etmede öngörücü olarak değer kazanan ONSD'nin eşik değeri literatürde halen tartışmalıdır. Soldatos ve ark. kritik bakım hastalarında eşik değerini 5,7 mm olarak değerlendirmiş, Kimberly ve ark. ICP'nin doğrudan ölçümü ile ONSD arası korelasyon baktığı çalışmada eşik değerini 5 mm olarak değerlendirmiş, Amini ve ark. lomber ponksiyonla ölçülen ICP ile ONSD'yi karşılaştırdıkları çalışmada ise eşik değerini 5,5 olarak değerlendirmişlerdir (131–133).

Genel anestezi indüksiyon ve idamesinde kullanan tüm anestezi ajanları (ketamin hariç) göz içi basıncı azaltır. Bu azalmanın kan basıncı, venöz dönüş, ekstraoküler kas tonusundan bağımsız merkezi kontrol mekanizmaları üzerinden doğrudan bir etkiye sahip olması daha olasıdır. Non-depolarizan kas gevşeticilerin ise göz içi basınç üzerine etkisi oldukça azdır (134). Bu nedenle çalışmamızdaki bütün hastalara aynı anestezi rejimini tercih ederek anestezi ajanlarının göz içi basıncına olan etkilerinden kaçınmaya çalıştık.

Wakimoto Mayuko ve ark. yapmış olduğu çalışmada pediatrik hasta grubuna bakılmış ve hastaların ölçülen ONSD değerlerinin değişimleri ile CPB süresi arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Ancak tek ventrikül anomalisi olan çocuklarda, diğer konjenital kalp anomalisi nedeniyle opere olan çocuklardan daha yüksek ONSD değeri gözlemlenmiştir. Çalışmaya katılan hastalarda artmış ICP'yi düşündüren klinik belirti ve bulgu tespit edilememiştir ancak hastaların tamamı konjenital anomalisi olan pediatrik grup olması çalışmanın kısıtlılığı olarak bildirilmiştir (4). Rivas-Rangel ve ark.'nın yaptıkları çalışmada pediatrik hastalarda ONSD ve ekstrakorporeal dolaşım süresi arasındaki korelasyona bakmışlar ve çalışmada hastaların postoperatif 6, 24, 72 saatler arası ONSD ölçümleri alınmıştır. ONSD artışı ile CPB süresi arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur. Aynı zamanda bu çalışmada laktat artışı ile ONSD arasında da anlamlı korelasyon bulunmuştur (135). Mermer ve ark. yenidoğanlarda kalp cerrahisi sırasında ONSD ile CPB süresi arası korelasyona bakmış, anlamlı korelasyon

olduğu gözlenmiş ve CPB esnasında ölçülen ONSD değerinde anlamlı artış gözlenmiştir (136). Bizim çalışmamızda ise ONSD değeri ile CPB süresi arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Ancak çalışmamız kardiyopulmoner bypass cerrahisi geçiren yetişkin hasta grubunda yapılmıştır ve literatürde benzer çalışma bulunamamıştır.

Taşkın ve ark.'nın yaptığı 20 hastalık çalışmada, tüm hasta gruplarında ekstrakorporeal dolaşım öncesine göre ONSD değerleri artmıştır. Ancak bu çalışmada ekstrakorporeal dolaşım bittikten sonra ve 90. Dakikayı aşan vakalar alınmamıştır. Vaka boyunca artan ONSD değerinin serebral otoregülasyondan kaynaklandığı düşünülmektedirler (137). Çalışmamızda ONSD değerleri hipotermi-pompa sürecinde (t3) pompa öncesi ve sonrasına (t2- t4) oranla artmıştır.

Serebral otoregülasyon, CBP'daki perfüzyon basıncı değişikliklerine rağmen serebral kan akışını sabit tutma çabasına denir. Bu durum serebral akım ve basınç arasındaki ilişkiyle sağlanır. CPB esnasında sıcaklık, anestezi derinliği, CMRO₂, serebral kan akışını (CBF) etkileyen ana faktörlerken, sistemik basınç ve pompa akışının CBF'na etkisi daha azdır (138). Reves tarafından yapılan bir çalışmada kardiyopulmoner bypass'ın bölgesel serebral kan akışı üzerine etkileri incelenmiş ve CPB sırasında serebral otoregülasyonun korunduğu sonucuna varılmıştır (139). CBP esnasında oksijen sunumunun azalmasına bağlı serebral otoregülasyonu sağlamak için serebral perfüzyon basıncı azalır ve CBF azalır (140). Serebral perfüzyon basıncı = OAB-KİB (kafa içi basınç) formülüyle hesaplanması nedeniyle çalışmamızda CBP esnasında hastaların OAB'ları hedeflenen aralıkta tutulduğu göz önüne alınırsa artmış ONSD değerlerinin İKB artışının göstergesi olduğu düşünülebilir.

CPB sırasında venöz dönüş pasif olarak gerçekleşir ve drenajın doğru yerleştirilmesi, uygun boyuttaki kanül kullanılması, intravasküler volüm durumu gibi bir çok faktöre bağlıdır (141). CPB esnasında venöz kanülasyonun komplikasyonu olarak venöz dönüşte azalma izlenebilir ve bu azalmaya bağlı serebral konjesyon gözlenebilir (142). Serebral konjesyon sonucunda kafa içi basınçta artış izlenebilir ve bu durum ONSD değerinde artış olarak gözlenebilir. Çalışmamızda ONSD (t3) yüksekliğinin sebebinin bu hipoteze dayanması muhtemel olmakla beraber ölçülen CVP (t3) değeri arasında korelasyon olmaması nedeniyle serebral perfüzyon basıncı

hipotezimize bağılı olduğunu düşünmekteyiz. Ancak benzer çalışma literatürde olmadığı için hipotermimin kafa içi basınca etkisinin patofizyolojisini araştıran ileri çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

Dip ve ark. 62 hastada yaptığı kafa içi basınç ile obezite arasındaki ilişkinin optik sinir kılıf çapıyla değerlendirilmesi adlı çalışmada obez hastalarda optik sinir kılıf çap ölçümü obez olmayanlara göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (143). Zheng ve ark. yaptıkları çalışmada 145 sağlıklı gönüllüde yüksek çözünürlüklü MRI kullanarak ölçülen ONSD ve BMI arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur (144). Dağdelen ve ark. yaptığı çalışmada idiyopatik intrakraniyal hipertansiyon hastalarında ONSD ölçülmüş ve normal sağlıklı bireylerle karşılaştırılmış sonuç olarak vücut kitle indeksi ile ONSD arasında pozitif bir korelasyon gözlemlenmiştir (145). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde ONSD (t0) ölçümü ile BMI arasında aynı yönlü korelasyon bulunmuştur. Bu durum BMI yüksek olan hastalarda artan abdominal basınç artışının intrakraniyal hipertansiyonla ilişkili olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (146,147). Abdominal basınç artışı, diyaframı yükselterek torasik boşlukta basınç artışına ve inferior vena cava sıkışmasına neden olabilir. Bu durum santral venöz basıncı arttırarak BOS basıncının artmasına ve intrakraniyal hipertansiyona neden olabilir (132).

Goeres ve ark. 120 sağlıklı yetişkinde ultrasonografik ONSD değerlendirdiği çalışmada, hastaların yaşları ve sağ-sol göz arası ONSD değerleri arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır (148). Rapeephan r.maude ve ark.'nın yaptığı 136 sağlıklı bireyde ONSD değerlerinin kaydedildiği çalışmada gönüllülerin yaşları ile ONSD değerleri arasında ve sağ-sol göz ONSD değerleri arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır (149). Ancak o çalışmalar sağlıklı gönüllerde yapılmıştır. Yang ve ark. yaptığı çalışmada internal jugüler ven kateterizasyonu olan ve olmayan hastaların vaka esnasında ONSD değerleri bakılmış santral venöz katateri olan hastalarda ONSD değeri daha yüksek bulunmuştur (150). Gündoğdu ve ark. yaptığı çalışmada interskalen blok uygulanan hastalarda internal jugüler ven çapında azalmanın olduğunu göstermiştir ve bu azalma sonucunda ICP artışını gösteren ONSD de artış bulmuşlardır (151). Ancak her iki çalışmada da aynı hastada bilateral gözler arasında ONSD değer farklıları belirtilmemiştir. İnternal jugüler ven (IJV) takılan hastalarda iki göz arası farkı belirtilen çalışma literatürde bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda

ONSD değerlerinin sağ göz (internal jugüler ven kataterizasyonun uygulandığı taraf) ve ONSD sol göz olarak ölçüm alınmıştır. Ölçümler arasında artışlar tüm zamanlarda koreledir ancak istatistiksel olarak ONSD-R ve ONSD-L arasında anlamlı fark bulunamamıştır. ONSD-R tüm ölçümlerde hafif derece yüksek saptanmıştır. Bunun nedeninin jugüler ven kataterizasyonuna bağlı IJV kapaklarında işlev bozulması ve yetersizliğe bağlı artmış ICP'nin göstergesi olabilir (152). Ancak bu konuda kataterizasyon uygulanan hastalar, bitarel göz ölçümlerinin alındığı ve sonuçlarının aratırıldığı ileri çalışmalar gerekmektedir. Hastalarımızda kaydedilen zamanlarda (t0-t1-t2-t3-t4) ONSD değerleri ile yaşları arasında anlamlı korelasyon bulunmamıştır. Tuman ve ark. yaptığı koroner arter ameliyatlarının nörolojik ve kardiyak riskleri üzerine ileri yaşın etkisini inceledikleri çalışmada hastaların artan yaşıyla nörolojik komplikasyon riskinin, kardiyak komplikasyona göre orantısız şekilde artış bulunmuştur (39). Yaşlanmayla beyin boyutu, işlevi, oteoregülasyonu ve moleküler morfoloji vb. birçok noktada değişiklikler olur (153). CBP sırasında, yaşlı hastalarda CBF oteoregülasyonu bozulmaya daha yatkındır ve bu durum hastaları beyin perfüzyon basınç artışına ve azalışına daha yatkın hale getirir (154). Çalışmamızda artan ONSD (t5) değeri ile yaş arasındaki pozitif korelasyonun yaşla beraber artan beyin fizyolojisindeki değişikliklere bağlı postoperatif artmış ICP insidansının göstergesi olduğunu düşünmekteyiz.

Kömürcü ve ark. yaptığı 60 hastalık sıvı yükleme testinin optik sinir kılıf çapına etkisini araştırdığı çalışmada hastalara 500 ml IV kristaloid sıvı 10 dakika verilmiş ve ONSD değerleri ölçmüştür. Sıvı yükleme testi bittikten sonra ölçülen ONSD değerlerinde anlamlı artış olup 30. dakikada ölçülen ONSD değerleri başlangıçla benzer bulmuştur. ONSD değerindeki bu artışın sıvı artışına bağlı intrakranial basınç artışından kaynaklandığı düşünülmüştür (155). Maissen ve ark.'nın yaptığı çalışmada subaraknoid kanaması olan hastalarda erken dönemde CVP, OAB, ICP arasındaki korelasyona bakılmış olup artan CVP değerlerinin ICP artışına neden olduğu görüşüne varmışlardır (156). Citerio ve ark. indüklenen intraabdominal basınç artışının intrakranial basınç artışına etkisine baktıkları çalışmada, abdominal bölgeye ağırlık yerleştirilmesi sonucunda CVP değeri 6.2 'den 10.4'e yükselmiş ve aynı zaman diliminde ölçülen ICP'de artış izlenmiştir (157). Abboot ve ark. yaptığı çalışmada kardiyopulmoner bypass sırasında kullanılan kristaloid ve kolloid sıvı solüsyonlarının

göz içi basınç artışına etkisini incelediği çalışmada yüksek hacimde kristaloid kullanılan hastalarda göz içi basınç artışının daha fazla olduğunu gözlemlenmiştir (158). Chen ve ark. yapmış olduğu çalışmada ise kalp cerrahisi sonrası 44 hastanın hacim durumunun IVC çapı, CVP, ONSD değerlerine etkilerine baktığı çalışmada ONSD İle CVP ve IVC çapı arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur. Bu sonuca bağlı olarak ONSD ölçümünün hacim durumunu değerlendirmede öngörücü bir test ve kalp cerrahisi için takip edilmesi gereken bir parametre olabileceği şeklinde yorumlanmıştır (159). Tüm bu çalışmalara benzer şekilde bizim çalışmamızda da ONSD (t5) değeri ile bakılan total kan kaybı, CVP, laktat, sıvı balansı arasında pozitif korelasyon gözlenmiştir. Kan plazmasının protein içeriğinde azalma, koloidal ozmotik basınçta azalma ve pompa sıvısında kristaloid sıvı kullanılması göz içi basınç artışı nedenlerinden sayılabilir (160). Domuzlarda yapılan deneysel bir çalışmada, hemodilüsyon uygulamalarının kan osmolaritesinde, dokular arasında sıvı dağılımında değişikliklere yol açarak göz içi basınç ve intrakraniyal basınç artışına neden olduğu gözlemlenmiştir (161). Bu nedenlerden dolayı kardiyopulmoner bypass ameliyatı sonrası sıvı volüm artışı ve intravasküler alandaki onkotik basınç değişikliklerine bağlı olarak ONSD değerinin arttığı ve bunun intrakraniyal basınç artışının göstergesi olabileceğini düşünmekteyiz.

Postoperatif deliryum (POD), dikkat dağınıklığı, hafıza kayıpları, psikomotor işlevlerde gerileme ile beraber seyreden mental durumda dalgalanmalardan kaynaklanır ve kalp cerrahisi geçiren hastaların %20-30'u kadarında gözlenir (162). Oldroyd ve ark. kardiyovasküler cerrahi geçiren hastalarda, 3817 hastayı kapsayan 16 çalışmayı incelediği meta-analizde deliryum insidansını %22,9 olarak değerlendirmişlerdir (163). Bizim çalışmamızda ise bu oran %21 olarak tespit edilmiştir.

Chen ve ark.'nın yaptığı kalp cerrahisi sonrası postoperatif deliryum risk faktörlerine baktıkları 13286 hastalı meta-analiz çalışmasında yaşla beraber deliryum insidansının arttığı gözlemlenmiştir (164). Trabold ve ark.'nın ameliyat sonrası deliryum risk faktörlerini değerlendirdiği çalışmada ise yaşın ameliyattan bağımsız bir risk faktörü olduğu sonucuna varılmıştır (165). Bizim çalışmamızda da literatüre benzer şekilde yaş ile deliryum arasında anlamlı pozitif korelasyon vardır. POD için belirtilen birçok risk faktörü bulunmaktadır bunlardan en az tartışmalı demografik risk faktörü

ise yaştır ve POD ile belgelenmiş bir ilişkisi vardır (166). Yaşlı hastalarda beklenen sessiz ateroskleroza bağlı kardiyovasküler hastalıklar ve mikroembolizasyon ilişkili faktörler CBP ameliyatı sonrası yaşla POD ihtimalinin artmasının en kabul edilebilir açıklamasıdır (167). Yaşlı hastalarda damarsal değişiklikler ve serebral otonöregülasyonda bozulmaya yatkınlık da POD nedenlerinde olabilir (168).

Kazmirerski ve ark.'nın yaptığı kalp cerrahisi geçiren hastalarda deliryum insidansının incelendiği çalışmaya 563 hasta dahil edilmiş olup perioperatif anemisi olan hastalarda deliryum insidansının 4 kat arttığını gözlemlemiştir (169). Stransky ve ark.'nın yaptıkları çalışmada, kalp ameliyatı geçiren 506 hasta taranmış ve yüksek hemoglobin düzeylerinin deliryum oranını %17 oranında azalttığı tespit edilmiştir (170). Fineberg ve ark.'nın lomber cerrahi sonrası deliryum insidansını değerlendirdiği çalışmada perioperatif anemisi olan hastalarda deliryuma yatkınlık artmış olarak değerlendirilmiştir (171). Hemoglobin düşüklüğü veya anemi, beyindeki kan-oksijen kapasitesini azaltabilir veya rezerv kapasitesini düşürerek hastanın nörokognitif fonksiyonlarını etkileyebilir (172). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde giriş hemoglobin değeri düştükçe hastaların postoperatif deliryum insidansı artmıştır. Perioperatif anemi, POD risk faktörü olarak değerlendirilebilir, ancak aneminin düzeltilmesi deliryum insidansını azaltır mı sorusunun cevabı için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir (173).

Smith ve ark. CPB süresi ve deliryum arasındaki ilişkiyi inceleyen 12 çalışmayı incelemiş, bu çalışmalardan altısında CBP süresi arttıkça ameliyat sonrası deliryum insidansının arttığı, beşinde herhangi bir korelasyon bulunmadığını, birinde ise negatif korelasyon olduğunu gözlemlemiştir (174). Hudetz ve ark. yaptığı çalışmada kapak replasmanı cerrahisi geçiren ve kapak replasmanı ile beraber koroner greftleme cerrahisi geçiren hastaları, izole koroner greftleme cerrahisi geçiren hastalarla kıyaslamış, kapak cerrahisi eklenen vakalarda deliryum insidansının arttığını bulmuşlardır (175). Kimball ve ark. yaptığı çalışmada ise cerrahi prosedür karmaşıklıkça deliryum insidansının bağımsız olarak arttığı bulunmuştur (176). Rudolph ve ark. yaptığı çalışmada ise izole koroner arter greftleme cerrahisinde mikroembolizasyon ve deliryum arasında bağlantı bulunamamıştır (177). Çalışmamızda CPB süresi ile deliryum arasında ilişki bulunamamıştır. Bunun muhtemel nedenin çalışmamıza izole koroner bypass greftleme cerrahisi geçiren

hastaların alınması ve CPB prosedürlerinin ve sürelerinin benzer ilerlemesinden kaynaklandığını düşünüyoruz.

Lee ve ark. yaptığı çalışmada 466 yaşlı travma hastasındaki laktat düzeyleri ve POD insidansı karşılaştırılmış olup, postoperatif 1. Saat laktat yüksek olan hastalarda POD ihtimali artmış olarak değerlendirilmiştir (178). Norkiene ve ark.'nın yapmış oldukları çalışmada deliryum olan hastalarda daha fazla pozitif yönlü sıvı dengesi ve daha yüksek laktat seviyesi bulunmuştur (179). Wang ve ark.'nın kalp cerrahisi geçiren hastalarda yaptıkları çalışmada yüksek laktat düzeyi ile POD arasında pozitif yönlü ilişki saptamışlardır (180). Laktat değeri kalp cerrahisi için iskemi ve reperfüzyonun hızlı ve güvenilir bir göstergesidir (181). Çalışmamızda literatüre benzer şekilde laktat yüksekliği ile deliryum arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Laktat değeri cut-off 1.95 olarak belirlendiğinde sensitivite %71.4 spesifitesi %82.9 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar göz önüne alındığında laktat değerinin POD için bir öngörücü olduğunu düşünmekteyiz.

Obermeier ve ark.'nın yaptığı çalışmada oral kavitede squamöz hücreli kanser tanısı olan hastalarda intraoperatif verilen sıvı miktarının, postoperatif deliryum üzerine etkisi araştırılmıştır ve hastalarda artan pozitif yönlü sıvı hacminin deliryum insidansını arttığı görüşünü bildirmişlerdir. Aynı çalışmada kanama miktarı fazla olan hastalarda POD gelişme insidansında artış görülmüştür ancak bu hastalarda verilen sıvı miktarının da fazla olacağı için bu durumun uygun sıvı tedavisiyle POD ihtimalini düşürebileceği savunulmuştur (182). Smulter ve ark.'nın yapmış olduğu çalışmada 70 yaş üstündeki kardiyopulmoner bypass geçiren hastalarda deliryum etyolojisi incelenmiş olup, hastalara ortalama 3,7 litre hacim verilmiş ve deliryum olan hastalar ile kontrol grubu arasında sayısal olarak fark küçük olsa da istatistiksel olarak anlamlı derece fark tespit edilmiştir. 1 litre hacim başına deliryum gelişme riskinde 3 kat artış izlenmiş ancak hacim yüküyle ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (183). Osawa ve ark. açık kalp cerrahisi geçiren hastalar üzerine yaptıkları çalışmada hedefe yönelik hemodinamik tedavi uygulanan hastalarda, standart tedavi grubuna göre daha az POD bulunduğunu bildirmişlerdir (184). Literatürdeki çalışmalara benzer olarak bizim çalışmamızda da sıvı balansı ile POD arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Hastalarımızda sıvı volümünü

değerlendirme açısından bakılan CVP değeri ile POD arasında anlamlı korelasyon varken IVCDi-POD arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır.

Bang ve ark.'nın yaptığı robot yardımcı laparoskopik prostatektomi geçiren hastaların ONSD ölçümleriyle değerlendirilen artmış ICP'nin nörolojik sonuçlar ve ameliyattan uyanma üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada artmış ONSD değerleri ile anesteziden yetersiz çıkış arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur (185). Yılmaz ve ark. laparoskopik histerektomi geçiren hastalarda ONSD değerindeki artışla postoperatif baş ağrısı arasındaki ilişkiyi gözlemlemişlerdir ve artmış ONSD değerinin postoperatif baş ağrısı için öngörücü olduğunu savunmuşlardır (186). Mevcut çalışmalar dışında literatürde POD ile ONSD arasında yeterince çalışma bulunamamıştır. Ancak yoğun bakım hastalarında tanımlanan deliryum ile ONSD arasında birkaç çalışma vardır. Yang ve ark.'nın yaptığı çalışmada yoğun bakımda yatan hastaların deliryum öncesi ve sonrası ONSD değerleri ölçülmüş olup hastalarda deliryum tanısı anında ölçülen ONSD değerleri öncesine göre yüksek olarak değerlendirilmiştir. Aynı çalışmada deliryumdan iyileşenlerin ve iyileşmeyenlerin ONSD değerinin deliryum anındaki ONSD değerine oranla azalışına bakılmış, bu oranın sıvı dengesiyle negatif yönlü olduğu gözlemlenmiştir (187). Battaglini ve ark. COVID-19 tanılı yoğun bakım hastalarında nörolojik komplikasyonların ONSD ile olan ilişkisini incelemiş ve ONSD değeri yüksek olan hastalarda yoğun bakım kalış süresinde artış olduğunu gözlemlemiş ve deliryum olan hastalarda yoğun bakımda kalış süresinin daha uzun olduğunu vurgulamışlardır (188).

Çalışmamızda POD tanısı alan hastalarla ONSD (t5) değeri arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur. Çalışmamıza alınan 50 hastadan 2 tanesi preoperatif deliryum olarak değerlendirilmiş ve bu iki hastanın da ONSD (t0) değerleri deliryum olmayan hastalara göre yüksek saptanmıştır. ONSD (t5) değeri cut-off 5.25 alındığında deliryum tanısı için spesifitesi ve sensitivitesi %100 olarak bulunmuş bu ONSD değerindeki yüksekliğin deliryumun öngörücüsü olduğunu düşünmekteyiz. ICP tanısında non-invaziv değerlendirme testi olarak ONSD defalarca vurgulanmıştır. Kafa içi basınç artışının sonucu olarak hastalarda postoperatif deliryum tablosunun görülmesinin muhtemel olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızın bazı kısıtlamaları mevcut olup bunlar, kısıtlı hasta sayısı, hastaların deliryum etkileyecek ek hastalıklarının dahil edilmemiş olması, hastalara beyin ödemi ortaya koymak açısından preoperatif ve postoperatif karşılaştırmalı beyin görüntülemesi yapılmamış olması, cerrahinin doğasından dolayı ameliyat sırasında inferior vena cava ile ilgili ölçümlerin yapılamamış olmasıdır.



6. SONUÇ

Çalışmamızda pozitif yönlü sıvı dengesinde olan ve mekanik ventilatör uygulanan hastalarda ICVD değeri ve CVP, laktat değerleri arasında anlamlı korelasyon bulunmamıştır. ICVD değeri her ne kadar artış gösterse de övolemik ve hipervolemik olan kardiyopulmoner bypass cerrahi geçiren hastalarda sıvı yönetimini belirlemede ön görücü bir test olmadığına kanaatindeyiz.

Çalışmamızda bakılan hasta popülasyonunda hastaların yaş ve BMI indeksi gibi demografik verilerin ONSD değerini etkilediği, pozitif yönde sıvı dengesi olan hastalarda yüksek CVP değeri ve perfüzyon bozukluğunun ön görücüsü olduğu düşünülen yüksek laktat değeri olan hastalarda ONSD artışı izlenmiştir. Bu artış hastaların postoperatif deliryum tablosu ile ilişkili bulunmuştur. Sonuç olarak kardiyopulmoner bypass cerrahi geçiren hastalar gibi kritik hasta grubunda ONSD ölçümü artmış ICP'yi öngörebilen bir değer olduğunun kanaatindeyiz.

Kardiyopulmoner bypass cerrahisi geçiren hastalarda sıvı yönetimi ve etkilerini, ICVD ve ONSD değerleriyle ön görübilirliği ile ilgili yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

1. Protsyk, V., Rasmussen, B. S., Guarracino, F., Erb, J., Turton, E., & Ender, J. (2017). Fluid Management in Cardiac Surgery: Results of a Survey in European Cardiac Anesthesia Departments. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 31(5), 1624–1629.
2. Shaw, A., & Raghunathan, K. (2013). Fluid management in cardiac surgery: Colloid or crystalloid? In *Anesthesiology Clinics* (Vol. 31, Issue 2, pp. 269–280).
3. de Oliveira OH, Freitas FGRd, Ladeira RT, ET AL. Comparison between respiratory changes in the inferior vena cava diameter and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness in postoperative patient. *J Crit Care* 2016;34:46-9.
4. Wakimoto, M., Patrick, J., Yamaguchi, Y., Roth, C., Corridore, M., & Tobias, J. (2022). Optic nerve ultrasound and cardiopulmonary bypass: A pilot study. *Saudi Journal of Anaesthesia*, 16(2), 188–193.
5. Philip H.kay. *Techniques in Extracorporeal circulation*. Third edition.
6. Beck CS. Coronary Artery Disease—Physiologic Concepts—Surgical Operation. *Ann Surg*. 1957 Apr;145(4):439–60.
7. Gibbon JH. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*. 1954 Mar;37(3):171–85; passim.
8. Kirklin JW, Dushane JW, Patrick RT, Donald DE, Hetzel PS, Harshbarger HG, et al. Intracardiac surgery with the aid of a mechanical pump-oxygenator system (gibbon type): report of eight cases. *Proc Staff Meet Mayo Clin*. 1955 May 18;30(10):201–6.
9. Goetz RH, Rohman M, Haller JD, Dee R, Rosenak SS. Internal mammary-coronary artery anastomosis. A nonsuture method employing tantalum rings. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1961 Mar;41:378–86.
10. Stephenson L.W. *State of The Heart*. chapter 8, Chicago: 1999. In.

11. Critical Analysis of Coronary Artery Bypass Graft Surgery: A 30-Year Journey - ScienceDirect [Internet]. [cited 2023 Nov 19]. Available from:
12. Katz NM, Gersh BJ, Cox JL. Changing practice of coronary bypass surgery and its impact on early risk and long-term survival. *Current Opinion in Cardiology*. 1998 Nov;13(6):465.
13. AK K. Kardiyopulmoner Baypas Optimal Koşullar. [kitap yaz.] Dönmez A. *Kalp ve Anestezi. İNTERTIP*, 2015, s. 121-138.
14. Hammon J. Extracorporeal circulation: The response of humoral and cellular elements of blood to extracorporeal circulation. *Cardiac Surgery in the Adult*. 2008 Jan 1;370–89.
15. Aksöyek A, Çiçekçioğlu F, Parlar Aİ. Ekstrakorporeal Perfüzyon Sistem Mekanikliği. *Türkiye Klinikleri J Cardiovascular Surgery*. 2004;5(2):59–74.
16. II H, Shann KG. Blood pumps, circuitry, and cannulation techniques in cardiopulmonary bypass. In 2015.
17. Esper E, Devineni R, Shah NS, Wurzel D, Brownstein L, Heagney MG, et al. Results of the unidirectional Centri-Safe arterial valve for prevention of retrograde flow during cardiopulmonary bypass. *ASAIO J*. 1994;40(3):M540-546.
18. Guyton RA, Mora CT, Finlayson DC, Rigatti RL. *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*. Springer Science & Business Media; 2012. 510 p.
19. Yoshikai M, Hamada M, Takarabe K, Okazaki Y, Ito T. Clinical use of centrifugal pumps and the roller pump in open heart surgery: a comparative evaluation. *Artif Organs*. 1996 Jun;20(6):704–6.
20. Stammers A. Extracorporeal devices and related technologies. 1993:995-1029. In.
21. HESSL E. practice. *Cardiopulmonary bypass circuitry and cannulation techniques*. 1993:55-92.

22. Carvajal C, Goyal A, Tadi P. Cardioplegia. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2023 Nov 20].
23. Magilligan DJ. Indications for ultrafiltration in the cardiac surgical patient. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1985 Feb;89(2):183–9.
24. Aykaç Z, Çoruh T. Erişkin kalp cerrahisinde anestezi. In:Tüzüner F.(ed) *Anestezi-Yoğun Bakım-Ağrı*, 1. Baskı MN Medikal&Nobel Ltd. ęti, Ankara 2010, Syf:850. In.
25. Mahmood S, Bilal H, Zaman M, Tang A. Is a fully heparin-bonded cardiopulmonary bypass circuit superior to a standard cardiopulmonary bypass circuit? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012 Apr;14(4):406–14.
26. Reoperations for bleeding after coronary artery bypass procedures during 25 years - PubMed [Internet]. [cited 2023 Nov 24].
27. Ralley FE, Wynands JE, Ramsay JG, Carli F, MacSullivan R. The effects of shivering on oxygen consumption and carbon dioxide production in patients rewarming from hypothermic cardiopulmonary bypass. *Can J Anaesth.* 1988 Jul;35(4):332–7.
28. McCullough JN, Zhang N, Reich DL, Juvonen TS, Klein JJ, Spielvogel D, et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *The Annals of Thoracic Surgery.* 1999 Jun 1;67(6):1895–9.
29. Abdul Aziz KA, Meduoye A. Is pH-stat or alpha-stat the best technique to follow in patients undergoing deep hypothermic circulatory arrest? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010 Feb;10(2):271–82.
30. Grocott H, Stafford-Smith M, Mora-Mangano C. Cardiopulmonary Bypass Management and Organ Protection. In: Kaplan's Essentials of Cardiac Anesthesia for Cardiac Surgery. 2018. p. 608–63.
31. Max SA, Çelik M, Durko A, Mahtab EAF. Weaning from cardiopulmonary bypass, decannulation, and closure. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2021 Sep 13;2021.

32. Erdoğan İBRİŞİM, Turhan YAVUZ. Kardiopulmoner Bypassın Neden Olduğu Organ Hasarı, Türkiye Klinikleri J Cardiovascular Surgery. 2004;5:197-201.
33. Atay Y, Okur FF, Ayık MF. Kalp Cerrahisinde Miyokard Koruması. [kitap yaz.] Akçevin A, Aykut Aka S, Büket S, Sarıoğlu T Paç M. Kalp ve Damar Cerrahisi. Ankara : MN Medikal & Nobel, 2013, Cilt 1, s. 181-203. In.
34. Buckberg GD, Brazier JR, Nelson RL, Goldstein SM, McConnell DH, Cooper N. Studies of the effects of hypothermia on regional myocardial blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. I. The adequately perfused beating, fibrillating, and arrested heart. J Thorac Cardiovasc Surg. 1977 Jan;73(1):87-94.
35. Schachner A, Schimert G, Lajos TZ, Lee AH, Montes M, Chaudhry A, et al. Selective Intracavitary and Coronary Hypothermic Cardioplegia for Myocardial Preservation: Clinical, Physiologic, and Ultrastructural Evaluation. Archives of Surgery. 1976 Nov 1;111(11):1197-209.
36. Brodie JE, Johnson RB. Klinik Perfüzyon El Kitabı. [çev.] İşkesen İ Zeybek R. 2. Manisa : Meta Basım, 1999. In.
37. Demirkılıç U. Kalp ve Damar Cerrahisi. Ekstrakorporeal Dolaşım. Ankara : Eflatun Yayınevi, 2008, s. 84-122. In.
38. Buggeskov KB, Maltesen RG, Rasmussen BS, Hanifa MA, Lund MAV, Wimmer R, et al. Lung Protection Strategies during Cardiopulmonary Bypass Affect the Composition of Blood Electrolytes and Metabolites—A Randomized Controlled Trial. J Clin Med. 2018 Nov 21;7(11):462.
39. Tuman KJ, McCarthy RJ, Najafi H, Ivankovich AD. Differential effects of advanced age on neurologic and cardiac risks of coronary artery operations. J Thorac Cardiovasc Surg. 1992 Dec;104(6):1510-7.
40. Bokesch PM. Brain injury and brain protection. Barash PG, Reves JG Estafanous Fg. Cardiac Anesthesia: Principles and Clinical Practice. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2001, s. 465-475. In.
41. Stroke After Coronary Artery Bypass | Stroke [Internet]. [cited 2023 Dec 4].

42. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD, Beck GJ, Blum JM, Paranandi L. Stratification of Morbidity and Mortality Outcome by Preoperative Risk Factors in Coronary Artery Bypass Patients: A Clinical Severity Score. *JAMA*. 1992 May 6;267(17):2344–8.
43. Utley JR. Renal function and fluid balance with cardiopulmonary bypass . [kitap yaz.] Davis RF, Utley JR Gravlee GP. *Cardiopulmonary Bypass*. Baltimore : Williams & Wilkins, 1993, s. 488. In.
44. Christenson JT, Schmuziger M, Maurice J, Simonet F, Velebit V. Gastrointestinal complications after coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1994 Nov;108(5):899–906.
45. Byhahn C, Strouhal U, Martens S, Mierdl S, Kessler P, Westphal K. Incidence of gastrointestinal complications in cardiopulmonary bypass patients. *World J Surg*. 2001 Sep 1;25(9):1140–4.
46. Chappell D, Jacob M, Hofmann-Kiefer K, Conzen P, Rehm M. A Rational Approach to Perioperative Fluid Management. *Anesthesiology*. 2008 Oct 1;109(4):723–40.
47. Lowell JA, Schifferdecker C, Driscoll DF, Benotti PN, Bistran BR. Postoperative fluid overload: not a benign problem. *Crit Care Med*. 1990 Jul;18(7):728–33.
48. Girish P Joshi. Intraoperative fluid management; UpToDate; 2022.
49. Holte K, Kehlet H. Compensatory fluid administration for preoperative dehydration – does it improve outcome? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2002;46(9):1089–93.
50. Navarro LHC, Bloomstone JA, Auler JOC, Cannesson M, Rocca GD, Gan TJ, et al. Perioperative fluid therapy: a statement from the international Fluid Optimization Group. *Perioper Med (Lond)*. 2015 Apr 10;4:3.
51. Yeager MP, Spence BC. CRITICAL CARE ISSUES FOR THE NEPHROLOGIST: Perioperative Fluid Management: Current Consensus and Controversies. *Seminars in Dialysis*. 2006;19(6):472–9.

52. Abraham-Nordling M, Hjern F, Pollack J, Prytz M, Borg T, Kressner U. Randomized clinical trial of fluid restriction in colorectal surgery. *British Journal of Surgery*. 2012 Feb 1;99(2):186–91.
53. Inter-device differences in monitoring for goal-directed fluid therapy | *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie* [Internet]. [cited 2023 Nov 28].
54. British consensus guidelines on intravenous fluid therapy for adult surgical patients (GIFTASUP) – Cassandra's view. *Anaesthesia*. 2009;64(3):235–8.
55. Cecconi M, Aya HD. Central venous pressure cannot predict fluid-responsiveness. *BMJ Evidence-Based Medicine*. 2014 Apr 1;19(2):63–63.
56. Isoflurane but Not Mechanical Ventilation Promotes Extravascular Fluid Accumulation during Crystalloid Volume Loading | *Anesthesiology* | American Society of Anesthesiologists [Internet]. [cited 2023 Dec 5].
57. Egal M, Erler NS, de Geus HRH, van Bommel J, Groeneveld ABJ. Targeting Oliguria Reversal in Goal-Directed Hemodynamic Management Does Not Reduce Renal Dysfunction in Perioperative and Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesth Analg*. 2016 Jan;122(1):173–85.
58. Renner J, Scholz J, Bein B. Monitoring fluid therapy. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2009 Jun 1;23(2):159–71.
59. Microcirculatory function monitoring at the bedside—a view from the intensive care - *IOPscience* [Internet]. [cited 2023 Dec 5].
60. Marik PE, Baram M, Vahid B. Does Central Venous Pressure Predict Fluid Responsiveness?*: A Systematic Review of the Literature and the Tale of Seven Mares. *CHEST*. 2008 Jul 1;134(1):172–8.
61. Osman D, Ridet C, Ray P, Monnet X, Anguel N, Richard C, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge*. *Critical Care Medicine*. 2007 Jan;35(1):64.

62. Gnaegi A, Feihl F, Perret C. Intensive care physicians' insufficient knowledge of right-heart catheterization at the bedside: Time to act? *Critical Care Medicine*. 1997 Feb;25(2):213.
63. Functional Hemodynamic Monitoring - PMC [Internet]. [cited 2023 Dec 6].
64. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007 Jul;20(7):857–61.
65. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography - Journal of the American Society of Echocardiography [Internet]. [cited 2023 Dec 6].
66. Assessment of right atrial pressure using echocardiography and correlation with catheterization - Yildirimturk - 2011 - Journal of Clinical Ultrasound - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2023 Dec 6].
67. Edited by J.-L.Vinced. *Annual Update In Intensive Care and Emergency Medicine*, Springer publishing, 2017. In.
68. Dipti A, Soucy Z, Surana A, Chandra S. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2012 Oct 1;30(8):1414-1419.e1.
69. Noninvasive Cardiac Output Monitors: A State-of-the-Art Review - Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia [Internet]. [cited 2023 Dec 6].
70. Ameloot K, Gillebert C, Desie N, Malbrain MLNG. Hypoperfusion, Shock States, and Abdominal Compartment Syndrome (ACS). *Surgical Clinics of North America*. 2012 Apr 1;92(2):207–20.
71. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients | *Intensive Care Medicine* [Internet]. [cited 2023 Dec 6].
72. Moretti R, Pizzi B. Inferior Vena Cava Distensibility as a Predictor of Fluid Responsiveness in Patients with Subarachnoid Hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2010 Aug 1;13(1):3–9.

73. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, Delannoy B, Robin J, Bastien O, et al. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *British Journal of Anaesthesia*. 2008 Aug 1;101(2):200–6.
74. Chu H, Wang Y, Sun Y, Wang G. Accuracy of pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput*. 2016 Jun 1;30(3):265–74.
75. Marik PE, Monnet X, Teboul JL. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Annals of Intensive Care*. 2011 Mar 21;1(1):1.
76. Prediction of fluid responsiveness: an update - PMC [Internet]. [cited 2023 Dec 6].
77. AYkAç ZZ, Arslantaş MK. Sıvı Tedavisi ve Yönetimi (II) Monitorizasyon ve Sıvı Yanıtlılığının Öngörülmesi. *Journal of the Society of Thoracic Cardiovascular Anaesthesia & Intensive Care* [Internet]. 2018 [cited 2023 Dec 6];24(1).
78. Vignon P, AitHssain A, François B, Preux PM, Pichon N, Clavel M, et al. Echocardiographic assessment of pulmonary artery occlusion pressure in ventilated patients: a transoesophageal study. *Crit Care*. 2008;12(1):R18.
79. Goal-Directed Fluid Management Based on the Pulse Oximeter–D... : *Anesthesia & Analgesia* [Internet]. [cited 2023 Dec 4].
80. Bakker J, Nijsten MW, Jansen TC. Clinical use of lactate monitoring in critically ill patients. *Ann Intensive Care*. 2013 May 10;3:12.
81. Optic nerve sonography: a new window for the non-invasive evaluation of intracranial pressure in brain injury | *Emergency Medicine Journal* [Internet]. [cited 2024 Jan 31].
82. Ultrastructure of Human and Monkey Lamina Cribrosa and Optic Nerve Head | *JAMA Ophthalmology* | JAMA Network [Internet]. [cited 2024 Jan 31].
83. 62. GÜVEN, D., Retina ve Optik Sinirin Anatomisi ve Fizyolojisi. *Türkiye Klinikleri Ophthalmology-Special Topics*, 2009. 2 (3): p. 6-12.

84. Killer HE, Laeng HR, Flammer J, Groscurth P. Architecture of arachnoid trabeculae, pillars, and septa in the subarachnoid space of the human optic nerve: anatomy and clinical considerations. *Br J Ophthalmol*. 2003 Jun;87(6):777–81.
85. Ultrasonography Assessments of Optic Nerve Sheath Diameter as a Noninvasive and Dynamic Method of Detecting Changes in Intracranial Pressure | *Neurology* | *JAMA Ophthalmology* | *JAMA Network* [Internet]. [cited 2024 Feb 1].
86. The subarachnoid space surrounding the optic nerves. An ultrasound study of the optic nerve sheath - PubMed [Internet]. [cited 2024 Feb 1].
87. Geeraerts T, Launey Y, Martin L, Pottecher J, Vigué B, Duranteau J, et al. Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. *Intensive Care Med*. 2007 Oct 1;33(10):1704–11.
88. Read SA, Collins MJ. Water drinking influences eye length and IOP in young healthy subjects. *Experimental Eye Research*. 2010 Aug 1;91(2):180–5.
89. Read SA, Collins MJ. The short-term influence of exercise on axial length and intraocular pressure. *Eye (Lond)*. 2011 Jun;25(6):767–74.
90. Martin B, Harris A, Hammel T, Malinovsky V. Mechanism of exercise-induced ocular hypotension. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 1999 Apr 1;40(5):1011–5.
91. Klein BEK, Klein R, Knudtson MD. Intraocular pressure and systemic blood pressure: longitudinal perspective: the Beaver Dam Eye Study. *Br J Ophthalmol*. 2005 Mar;89(3):284–7.
92. Kerimoglu H, Ozturk B, Gunduz K, Bozkurt B, Kamis U, Okka M. Effect of altered eating habits and periods during Ramadan fasting on intraocular pressure, tear secretion, corneal and anterior chamber parameters. *Eye*. 2010 Jan;24(1):97–100.
93. Balk LJ, Sonder JM, Strijbis EMM, Twisk JWR, Killestein J, Uitdehaag BMJ, et al. The Physiological Variation of the Retinal Nerve Fiber Layer Thickness and Macular Volume in Humans as Assessed by Spectral Domain–Optical

- Coherence Tomography. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2012 Mar 9;53(3):1251–7.
94. Bergeron N, Skrobik Y, Dubois MJ. Delirium in critically ill patients. *Crit Care*. 2002;6(3):181–2.
 95. Evaluation of delirium in critically ill patients: Validatio...: *Critical Care Medicine* [Internet]. [cited 2023 Dec 3].
 96. Gerola LR, Buffolo E, Jaskiw W, Botelho B, Bosco J, Brasil LA, et al. Off-pump versus on-pump myocardial revascularization in low-risk patients with one or two vessel disease: perioperative results in a multicenter randomized controlled trial. *Ann Thorac Surg*. 2004 Feb;77(2):569–73.
 97. Kobayashi J, Tashiro T, Ochi M, Yaku H, Watanabe G, Satoh T, et al. Early Outcome of a Randomized Comparison of Off-Pump and On-Pump Multiple Arterial Coronary Revascularization. *Circulation*. 2005 Aug 30;112(9_supplement):I–338.
 98. Sharma P, Yadav L, Nepal R, Khanal SB, Agrawal S, Kattel V. Coronary Artery Bypass Grafting among Patients Undergoing Cardiac Surgery in a Tertiary Care Hospital: A Descriptive Cross-sectional Study. *JNMA J Nepal Med Assoc*. 2022 Feb;60(246):116–20.
 99. ElBardissi AW, Aranki SF, Sheng S, O'Brien SM, Greenberg CC, Gammie JS. Trends in isolated coronary artery bypass grafting: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012 Feb;143(2):273–81.
 100. de Figueiredo Neto JA, Barroso LC, Nunes JKVRS, Nina VJ da S. Sex Differences in Mortality After CABG Surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2015;30(6):610–4.
 101. Costa VEA, Ferolla SM, dos Reis TO, Rabello RR, Rocha EAV, Couto CMF, et al. Impact of body mass index on outcome in patients undergoing coronary artery bypass grafting and/or valve replacement surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2015;30(3):335–42.

102. Buschmann K, Wrobel J, Chaban R, Rösch R, Ghazy A, Hanf A, et al. Body Mass Index (BMI) and Its Influence on the Cardiovascular and Operative Risk Profile in Coronary Artery Bypass Grafting Patients: Impact of Inflammation and Leptin. *Oxid Med Cell Longev*. 2020 Jun 23;2020:5724024.
103. Salis S., Mazzanti V.V., Merli G., Salvi L., Tedesco C.C., Veglia F., et. al.: Cardiopulmonary bypass duration is an independent predictor of morbidity and mortality after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2008; 22: pp. 814-822.
104. Mork C, Gahl B, Eckstein F, Berdajs DA. Prolonged cardiopulmonary bypass time as predictive factor for bloodstream infection. *Heliyon*. 2023 Jun 15;9(6):e17310.
105. Barton H, Zechendorf E, Ostareck D, Ostareck-Lederer A, Stoppe C, Zayat R, et al. Prognostic Value of GDF-15 in Predicting Prolonged Intensive Care Stay following Cardiac Surgery: A Pilot Study. *Dis Markers*. 2021 Jun 15;2021:5564334.
106. Andrea L. Axtell, Amy G. Fiedler, Serguei Melnitchouk, David A. D’Alessandro, Mauricio A. Villavicencio, Arminder S. Jassar, et al. Correlation of cardiopulmonary bypass duration with acute renal failure after cardiac surgery. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. January2020;Volume 159(Issue 1):Pages 170-178.e2.
107. F. TORAMAN, “Kalp cerrahisinde sıvı elektrolit tedavisi,” *Göğüs Kalp Damar Anest Yoğ Bak Derg* , vol.19, pp.53-66, 2013.
108. Shires T, Williams J, Brown F. Acute Change in Extracellular Fluids Associated with Major Surgical Procedures *. *Annals of Surgery*. 1961 Nov;154(5):803.
109. Gudbjartsson T, Helgadottir S, Sigurdsson MI, Taha A, Jeppsson A, Christensen TD, et al. New-onset postoperative atrial fibrillation after heart surgery. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2020;64(2):145–55.
110. Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, Corradi F. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. *Journal of Clinical Medicine*. 2023 Jan;12(6):2217.

111. Thieme E-Journals - Ultraschall in der Medizin - European Journal of Ultrasound / Abstract [Internet]. [cited 2024 Aug 12].
112. Common pitfalls in point-of-care ultrasound: a practical guide for emergency and critical care physicians | The Ultrasound Journal [Internet]. [cited 2024 Aug 12].
113. Ciozda W, Kedan I, Kehl DW, Zimmer R, Khandwalla R, Kimchi A. The efficacy of sonographic measurement of inferior vena cava diameter as an estimate of central venous pressure. *Cardiovascular Ultrasound*. 2016 Aug 20;14(1):33.
114. Lorsomradee S, Lorsomradee S, Cromheecke S, ten Broecke PW, De Hert SG. Inferior Vena Cava Diameter and Central Venous Pressure Correlation During Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2007 Aug 1;21(4):492–6.
115. Jue J, Chung W, Schiller NB. Does Inferior Vena Cava Size Predict Right Atrial Pressures in Patients Receiving Mechanical Ventilation? *Journal of the American Society of Echocardiography*. 1992 Nov 1;5(6):613–9.
116. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging - ClinicalKey [Internet]. [cited 2024 Aug 12].
117. Si X, Xu H, Liu Z, Wu J, Cao D, Chen J, et al. Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness in Mechanically Ventilated Patients? A Systematic Review and Meta-analysis. *Anesthesia & Analgesia*. 2018 Nov;127(5):1157.
118. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Inferior Vena Cava to Determine Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Intensive Care Med*. 2020 Apr 1;35(4):354–63.
119. Mizock BA, Falk JL. Lactic acidosis in critical illness. *Critical Care Medicine*. 1992 Jan;20(1):80.

120. Andersen LW, Mackenhauer J, Roberts JC, Berg KM, Cocchi MN, Donnino MW. Etiology and therapeutic approach to elevated lactate. *Mayo Clin Proc.* 2013 Oct;88(10):1127–40.
121. Full article: What is a normal lactate level during cardiopulmonary bypass? [Internet]. [cited 2024 Aug 12].
122. Experimental and Clinical Studies on Lactate and Pyruvate as Indicators of the Severity of Acute Circulatory Failure (Shock) | *Circulation* [Internet]. [cited 2024 Aug 12].
123. Ranucci M, Isgrò G, Romitti F, Mele S, Biagioli B, Giomarelli P. Anaerobic Metabolism During Cardiopulmonary Bypass: Predictive Value of Carbon Dioxide Derived Parameters. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2006 Jun 1;81(6):2189–95.
124. Naik R, George G, Karuppiyah S, Philip MA. Hyperlactatemia in patients undergoing adult cardiac surgery under cardiopulmonary bypass: Causative factors and its effect on surgical outcome. *Ann Card Anaesth.* 2016;19(4):668–75.
125. Demers P, Elkouri S, Martineau R, Couturier A, Cartier R. Outcome with high blood lactate levels during cardiopulmonary bypass in adult cardiac operation. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2000 Dec 1;70(6):2082–6.
126. Maillet JM, Le Besnerais P, Cantoni M, Nataf P, Ruffenach A, Lessana A, et al. Frequency, Risk Factors, and Outcome of Hyperlactatemia After Cardiac Surgery. *Chest.* 2003 May 1;123(5):1361–6.
127. Relationship Between Lactate Levels And Complications In Coronary Artery Bypass Grafting Surgery. *24(2):74–81.*
128. Cerović O, Golubović V, Špec-Marn A, Kremžar B, Vidmar G. Relationship between injury severity and lactate levels in severely injured patients. *Intensive Care Med.* 2003 Aug 1;29(8):1300–5.
129. Nag DS, Sahu S, Swain A, Kant S. Intracranial pressure monitoring: Gold standard and recent innovations. *World J Clin Cases.* 2019 Jul 6;7(13):1535–53.

130. Robba C, Santori G, Czosnyka M, Corradi F, Bragazzi N, Padayachy L, et al. Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2018 Aug 1;44(8):1284–94.
131. Soldatos T, Karakitsos D, Chatzimichail K, Papathanasiou M, Gouliamos A, Karabinis A. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury. *Crit Care.* 2008 May 13;12(3):R67.
132. Correlation of Optic Nerve Sheath Diameter with Direct Measurement of Intracranial Pressure - Kimberly - 2008 - Academic Emergency Medicine - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2024 Aug 12].
133. Amini A, Kariman H, Arhami Dolatabadi A, Hatamabadi HR, Derakhshanfar H, Mansouri B, et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure. *The American Journal of Emergency Medicine.* 2013 Jan 1;31(1):236–9.
134. Murgatroyd H, Bembridge J. Intraocular pressure. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain.* 2008 Jun 1;8(3):100–3.
135. Rivas-Rangel J, García-Arellano M, Marquez-Romero JM. Correlation between optic nerve sheath diameter and extracorporeal life support time. *Anales de Pediatría (English Edition).* 2022 Feb 1;96(2):91–6.
136. Mermer A, Aydoğan E, Celep A, Şimşek M, Dursin H, Tire Y, et al. Evaluation of the association between the optic nerve sheath diameter and extracorporeal life support time during cardiac surgery in newborns. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2023 Aug;27(15):7058–64.
137. Taşkın Ö, Demir U. Extracorporeal Circulation and Optic Nerve Ultrasound: A Pilot Study. *Medicina (Kaunas).* 2023 Feb 23;59(3):445.
138. Schell RM, Kern FH, Greeley WJ, Schulman SR, Frasco PE, Croughwell ND, et al. Cerebral blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg.* 1993 Apr;76(4):849–65.

139. Reves JG. Toward Understanding Cerebral Blood Flow during Cardiopulmonary Bypass: Implications for the Central Nervous System. *Anesthesiology*. 2019 Apr;130(4):609–13.
140. Murkin JM, Farrar JK, Tweed WA, McKenzie FN, Guiraudon G. Cerebral autoregulation and flow/metabolism coupling during cardiopulmonary bypass: the influence of PaCO₂. *Anesth Analg*. 1987 Sep;66(9):825–32.
141. Barash, P.G., et al., *Clinical Anesthesia*. 8 ed. 2017.
142. Sarkar M, Prabhu V. Basics of cardiopulmonary bypass. *Indian Journal of Anaesthesia*. 2017 Sep;61(9):760.
143. Dip F, Nguyen D, Sasson M, Menzo EL, Szomstein S, Rosenthal R. The relationship between intracranial pressure and obesity: an ultrasonographic evaluation of the optic nerve. *Surg Endosc*. 2016 Jun 1;30(6):2321–5.
144. Zheng Y mei, Hao D peng, Tang G zhang, Zhou R zhi, Pang J, Dong C. High-resolution MRI assessment of optic nerve sheath diameter in adults: optic nerve sheath variation and a new diagnostic tool for intracranial hypertension. *Acta Radiol*. 2021 Oct 1;62(10):1397–403.
145. Dağdelen K, Ekici M. Measuring optic nerve sheath diameter using ultrasonography in patients with idiopathic intracranial hypertension. *Arq Neuro-Psiquiatr*. 2022 May 20;80:580–5.
146. Sugerman HJ. Effects of increased intra-abdominal pressure in severe obesity. *Surg Clin North Am*. 2001 Oct;81(5):1063–75, vi.
147. Rosin D, Brasesco O, Varela J, Saber AA, You S, Rosenthal RJ, et al. Low-pressure laparoscopy may ameliorate intracranial hypertension and renal hypoperfusion. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2002 Feb;12(1):15–9.
148. Goeres P, Zeiler FA, Unger B, Karakitsos D, Gillman LM. Ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in healthy volunteers. *Journal of Critical Care*. 2016 Feb 1;31(1):168–71.
149. Maude RR, Hossain MA, Hassan MU, Osbourne S, Langan K, Sayeed A, et al. Correction: Transorbital Sonographic Evaluation of Normal Optic Nerve Sheath

- Diameter in Healthy Volunteers in Bangladesh. PLOS ONE. 2014 Jan 3;9(1):10.1371/annotation/4e2f88bd.
150. Yang B, Li M, Liang J, Tang X, Chen Q. Effect of internal jugular vein catheterization on intracranial pressure and postoperative cognitive function in patients undergoing robot-assisted laparoscopic surgery. *Front Med* [Internet]. 2023 May 4 [cited 2024 Aug 27];10.
 151. Gundogdu O, Avci O. Evaluation of the Effect of Interscalene Brachial Plexus Block on Intracranial Pressure Using Optic Nerve Sheath Diameter and Internal Jugular vein Collapsibility Index. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2022 Oct;32(10):1249-1254.
 152. Chen Q, Tang X, Wang T, Zheng L, Liu H. Influence of internal jugular vein catheterisation on optic nerve sheath diameter in patients undergoing robot-assisted laparoscopic surgery: a prospective cohort study. *Br J Anaesth*. 2022 Oct;129(4):e105–7.
 153. Ageing and the brain | Postgraduate Medical Journal | Oxford Academic [Internet]. [cited 2024 Aug 13].
 154. Nomura Y, Faegle R, Hori D, Al-Qamari A, Nemeth AJ, Gottesman R, et al. Cerebral Small Vessel, But Not Large Vessel Disease, Is Associated With Impaired Cerebral Autoregulation During Cardiopulmonary Bypass: A Retrospective Cohort Study. *Anesth Analg*. 2018 Dec;127(6):1314–22.
 155. Komurcu O, Dost B, Akdemir NU, Ulger F. The Effect of Fluid Challenge Test on Optic Nerve Sheath Diameter. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2022 Sep;32(9):1116–21.
 156. Maissen G, Narula G, Strässle C, Willms J, Muroi C, Keller E. Functional relationship of arterial blood pressure, central venous pressure and intracranial pressure in the early phase after subarachnoid hemorrhage. *Technol Health Care*. 2022;30(3):591–604.
 157. Citerio G, Vascotto E, Villa F, Celotti S, Pesenti A. Induced abdominal compartment syndrome increases intracranial pressure in neurotrauma patients: a prospective study. *Crit Care Med*. 2001 Jul;29(7):1466–71.

158. Abbott MA, McLaren AD, Algie T. Intra-ocular pressure during cardiopulmonary bypass--a comparison of crystalloid and colloid priming solutions. *Anaesthesia*. 1994 Apr;49(4):343–6.
159. Chen H, Wang XT, Ding X, Zhang HM, Zhao H, Chao YG, et al. [The correlation between optic nerve sheath diameter and volume status in patients after cardiac surgery]. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*. 2016 Oct 1;55(10):779–83.
160. Larkin DF, Connolly P, Magner JB, Wood AE, Eustace P. Intraocular pressure during cardiopulmonary bypass. *Br J Ophthalmol*. 1987 Mar;71(3):177–80.
161. Hørven I, Lundar T, Lilleaasen P, Hysing E, Stokke O. The effect of haemodilution on arterial blood pressure, central venous pressure, intracranial and intra-ocular pressures in pigs. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg*. 1981;15(3):273–7.
162. Bezu L, Cholley B. Neurocognitive Dysfunction and Delirium. In: Vives M, Hernandez A, editors. *Cardiac Anesthesia and Postoperative Care in the 21st Century* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2022 [cited 2024 Aug 13]. p. 365–76.
163. Oldroyd C, Scholz AFM, Hinchliffe RJ, McCarthy K, Hewitt J, Quinn TJ. A systematic review and meta-analysis of factors for delirium in vascular surgical patients. *J Vasc Surg*. 2017 Oct;66(4):1269-1279.e9.
164. Chen H, Mo L, Hu H, Ou Y, Luo J. Risk factors of postoperative delirium after cardiac surgery: a meta-analysis. *J Cardiothorac Surg*. 2021 Apr 26;16(1):113.
165. Trabold B, Metterlein T. Postoperative delirium: risk factors, prevention, and treatment. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014 Oct;28(5):1352–60.
166. Zhang X, Shen H, Hu Y. A commentary on “Progress of research in postoperative cognitive dysfunction in cardiac surgery patients: A review article” (*Int J Surg* 2021;95:106163). *International Journal of Surgery*. 2022 Apr 1;100:106254.
167. Kadoi Y, Goto F. Factors Associated with Postoperative Cognitive Dysfunction in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Surg Today*. 2006 Dec 1;36(12):1053–7.

168. Carlo AD, Perna AM, Pantoni L, Basile AM, Bonacchi M, Pracucci G, et al. Clinically relevant cognitive impairment after cardiac surgery: a 6-month follow-up study. *Journal of the Neurological Sciences*. 2001 Jul 15;188(1):85–93.
169. Kazmierski J, Kowman M, Banach M, Fendler W, Okonski P, Banys A, et al. Incidence and predictors of delirium after cardiac surgery: Results from The IPDACS Study. *J Psychosom Res*. 2010 Aug;69(2):179–85.
170. Stransky M, Schmidt C, Ganslmeier P, Grossmann E, Haneya A, Moritz S, et al. Hypoactive delirium after cardiac surgery as an independent risk factor for prolonged mechanical ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2011 Dec;25(6):968–74.
171. Fineberg SJ, Nandyala SV, Marquez-Lara A, Oglesby M, Patel AA, Singh K. Incidence and Risk Factors for Postoperative Delirium After Lumbar Spine Surgery. *Spine*. 2013 Sep 15;38(20):1790.
172. Atti AR, Palmer K, Volpato S, Zuliani G, Winblad B, Fratiglioni L. Anaemia increases the risk of dementia in cognitively intact elderly. *Neurobiology of Aging*. 2006 Feb 1;27(2):278–84.
173. O’Neal JB, Shaw AD. Predicting, preventing, and identifying delirium after cardiac surgery. *Perioper Med*. 2016 Apr 26;5(1):7.
174. Smith LW, Dimsdale JE. Postcardiotomy delirium: conclusions after 25 years. *Am J Psychiatry*. 1989 Apr 1;146(4):452–8.
175. Hudetz JA, Iqbal Z, Gandhi SD, Patterson KM, Byrne AJ, Pagel PS. Postoperative delirium and short-term cognitive dysfunction occur more frequently in patients undergoing valve surgery with or without coronary artery bypass graft surgery compared with coronary artery bypass graft surgery alone: results of a pilot study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2011 Oct;25(5):811–6.
176. Kimball CP. The Experience of Open Heart Surgery: III. Toward a Definition and Understanding of Postcardiotomy Delirium. *Archives of General Psychiatry*. 1972 Jul 1;27(1):57–63.

177. Microemboli are not associated with delirium after coronary artery bypass graft surgery - James L. Rudolph, Viken L. Babikian, Patrick Treanor, Val E. Pochay, Jeremy B. Wigginton, Michael D. Crittenden, Edward R. Marcantonio, 2009 [Internet]. [cited 2024 Aug 13].
178. The Association of Perioperative Serum Lactate Levels with Postoperative Delirium in Elderly Trauma Patients - Lee - 2019 - BioMed Research International - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2024 Aug 13].
179. Norkienė I, Ringaitienė D, Kuzminskaitė V, Šipylaitė J. Incidence and Risk Factors of Early Delirium after Cardiac Surgery. *BioMed Research International*. 2013;2013(1):323491.
180. Wang Y peng, Shen B bei, Zhu C cui, Li L, Lu S, Wang D jin, et al. Unveiling the nexus of postoperative fever and delirium in cardiac surgery: identifying predictors for enhanced patient care. *Front Cardiovasc Med* [Internet]. 2023 Nov 10 [cited 2024 Aug 13];10.
181. Effects of upper limb ischemia-reperfusion on regional oxidative stress during aortic surgery with moderate hypothermia - Balçı - 2021 - Journal of Cardiac Surgery - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2024 Aug 13].
182. Obermeier KT, Kraus M, Smolka W, Henkel J, Saller T, Otto S, et al. Postoperative Delirium in Patients with Oral Cancer: Is Intraoperative Fluid Administration a Neglected Risk Factor? *Cancers*. 2022 Jan;14(13):3176.
183. Smulter N, Lingehall HC, Gustafson Y, Olofsson B, Engström KG. Delirium after cardiac surgery: incidence and risk factors. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013 Nov;17(5):790–6.
184. Osawa EA, Rhodes A, Landoni G, Galas FRBG, Fukushima JT, Park CHL, et al. Effect of Perioperative Goal-Directed Hemodynamic Resuscitation Therapy on Outcomes Following Cardiac Surgery: A Randomized Clinical Trial and Systematic Review. *Critical Care Medicine*. 2016 Apr;44(4):724.
185. Bang YJ, Jeong H, Heo BY, Shin BS, Sim WS, Kim DK, et al. Effects of Increased Optic Nerve Sheath Diameter on Inadequate Emergence from

Anesthesia in Patients Undergoing Robot-Assisted Laparoscopic Prostatectomy: A Prospective Observational Study. *Diagnostics*. 2021 Dec;11(12):2260.

186. Yilmaz G, Akca A, Kiyak H, Salihoglu Z. Elevation in optic nerve sheath diameter due to the pneumoperitoneum and Trendelenburg is associated to postoperative nausea, vomiting and headache in patients undergoing laparoscopic hysterectomy. *Minerva Anesthesiol*. 2020 Mar;86(3):270–6.
187. Yang H, Zhang L, Huang P, Luo Y. [Investigation of intracranial pressure in intensive care unit patients with delirium assessed by bedside ultrasound]. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2022 Jun 1;34(6):635–9.
188. Battaglini D, Santori G, Chandratham K, Iannuzzi F, Bastianello M, Tarantino F, et al. Neurological Complications and Noninvasive Multimodal Neuromonitoring in Critically Ill Mechanically Ventilated COVID-19 Patients. *Front Neurol*. 2020;11:602114.