



T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERFÜZYON ANABİLİM DALI
PERFÜZYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİDOĞAN ARKUS AORT CERRAHİSİNDE ANTEGRAD
SEREBRAL PERFÜZYON

Senanur SEZER UZUN

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ali KOCAİLİK

İSTANBUL-2025

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERFÜZYON ANABİLİM DALI
PERFÜZYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİDOĞAN ARKUS AORT CERRAHİSİNDE ANTEGRAD
SEREBRAL PERFÜZYON

Senanur SEZER UZUN

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ali KOCAİLİK

İSTANBUL-2025

ÖZET

YENİDOĞAN ARKUS AORT CERRAHİSİNDE ANTEGRAD SEREBRAL PERFÜZYON

Ekstrakorporeal dolaşım; kalp cerrahisinde sıklıkla tercih edilmekte olup operasyon esnasında kalp ve akciğerin yaptığı işi geçici olarak üstlenerek cerrahi işlemlerin güvenli şekilde yapılmasını sağlar. Ekstrakorporeal dolaşımın doku ve organlar üzerine olumsuz etkileri de söz konusudur. Bu araştırma, yenidoğan arkus aort cerrahisinde ark tamiri yapılan hasta grubunda uygulanan antegrad serebral perfüzyonla birlikte uygulanan distal perfüzyonun hemodinamik yanıt, etkinlik ve hasta biyokimyasal parametreleri üzerine olumlu ya da olumsuz sonuçlarını perfüzyonistler açısından risklerini belirlemek amacı ile retrospektif olarak yapılmıştır.

Araştırma, 2017-2023 tarihleri arasında İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde gerçekleştirilmiştir. Yenidoğan arkus aort cerrahisinde antegrad serebral perfüzyon ile birlikte distal perfüzyon uygulanan otuz iki hasta (Grup 1, n=32) ile antegrad serebral perfüzyon uygulanan kırk hasta (Grup 2, n=40) retrospektif olarak karşılaştırılmıştır. KPB sırasında ortalama arter basıncı Grup 1 de daha düşük bulunmuştur. Pompa süreleri karşılaştırıldığında Grup 1 de yer alan hastaların pompa süreleri daha uzun saptanmıştır. Veri analizleri sonucu Grup 1 de yer alan hastaların laktat değerleri Grup 2 de yer alan hastalara göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Başlangıç idrar miktarları arasında iki grup arasında yapılan analizlerde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Ancak perioperatif ve postoperatif idrar miktarları karşılaştırıldığında Grup 1 içinde yer alan hastaların idrar miktarları anlamlı düzeyde yüksektir. Grup 2 de yer alanların tamamının periton diyalizine ihtiyacı oluşmuştur. Postoperatif dönemde ürik asit, kreatinin, BUN, ALP ve bilirubin değerleri karşılaştırıldığında Grup 1'de istatistiksel olarak anlamlı azalış saptanmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda Antegrad serebral perfüzyon ile birlikte distal perfüzyon yapılan hasta grubunun antegrad serebral perfüzyon yapılan vakalar ile karşılaştırıldığında daha iyi doku ve organ perfüzyonu sağlandığı, hemodinamik stabilitenin daha iyi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler:Antegrad serebral perfüzyon, Arkus aort cerrahisi, Kardiyopulmoner bypass, Serebral perfüzyon, Distal perfüzyon,

ABSTRACT

ANTEGRADE CEREBRAL PERFUSION IN NEONATAL AORTIC ARCH SURGERY

Extracorporeal circulation is frequently used in cardiac surgery, as it temporarily takes over the function of the heart and lungs during the operation, enabling surgical procedures to be performed safely. However, it also has potential adverse effects on tissues and organs. This retrospective study aimed to evaluate the effects—both positive and negative—of distal perfusion applied in combination with antegrade cerebral perfusion on hemodynamic responses, efficacy, and biochemical parameters in patients undergoing aortic arch repair in neonatal surgery. It also aimed to identify the associated risks from a perfusionist's perspective.

The study was conducted at the University of Health Sciences Istanbul Ümraniye Training and Research Hospital between 2017 and 2023. A total of seventy-three neonatal patients undergoing aortic arch surgery were retrospectively evaluated. Thirty-two patients received both antegrade cerebral and distal perfusion (Group 1, n=32), while forty patients received only antegrade cerebral perfusion (Group 2, n=40). Mean arterial pressure during cardiopulmonary bypass was found to be lower in Group 1. When comparing pump times, patients in Group 1 had significantly longer durations. However, lactate levels in Group 1 were significantly lower compared to those in Group 2. No significant difference was found between the groups regarding initial urine output. Nevertheless, perioperative and postoperative urine output was significantly higher in Group 1. All patients in Group 2 required peritoneal dialysis. In the postoperative period, levels of uric acid, creatinine, BUN, ALP, and bilirubin were significantly lower in Group 1. In conclusion, patients who underwent combined antegrade cerebral and distal perfusion demonstrated better tissue and organ perfusion and greater hemodynamic stability compared to those who received only antegrade cerebral perfusion.

Keywords: Antegrade cerebral perfusion, Aortic arch surgery, Cardiopulmonary bypass, Cerebral perfusion, Distal perfusion

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlanma fırsatı bulduğum tez danışmanım Prof. Dr. Ali KOCAİLİK'e;

Başlangıcından itibaren yol gösterici fikirlerinden, eşsiz nezaketlerinden tezimin tamamlanması aşamasında engin tecrübelerini esirgemeyen, mesleki deneyimime olan katkıları, perfüzyonistlerin eğitimine verdikleri önem ve büyük destekten tezime olan bilimsel katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Alican VURAN ve Doç. Dr. Mehmet DEDEMOĞLU'na , Mesleki katkıları kıymetli bilgi ve deneyimlerini aktarmaktan çekinmeyen, yetişmemde büyük emekleri olan çok kıymetli çalışma arkadaşım Perfüzyonist Yeliz KOÇOĞLU'na;

Çalışmam sırasında bilgi ve birikimleriyle hep paylaşım içinde olduğum yetişmemde büyük emekleri olan Perfüzyonist Nihal KOLBAŞ ve Perfüzyonist Hilal CAN'a;

Bu günlere ulaşmamda büyük emeği geçen sevgili annem Şerife SEZER ve babam Nevzat SEZER'e sevgili ablalarım Serap KAYA, Serpil ÜNAL ve Şehnaz IŞIKVEREN'e;

Eğitimim süresince bilgisini, emeğini ve sabrını esirgemeyen, her daim yanımda en büyük destekçim olan kıymetli eşim Enes UZUN'a, en içten teşekkür ve saygılarımla...

BEYAN FORMU

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, tarafımdan üretildiğini ve Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim

Tarih

Senanur SEZER UZUN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
BEYAN FORMU	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Tarihçe	3
2.2. Ektrakorporéal Dolaşım (EKD)	4
2.3. Kardiyopleji	10
2.4. Hipotermi	11
2.5. Konjenital Kalp Anomalileri	12
2.5.1. Asiyantik konjenital kalp anomalileri	13
2.5.2. Siyantik konjenital kalp anomalileri	14
2.6. Konjenital Kalp Hastalıklarında Perfüzyon Teknikleri	16
2.7. Serebral Fizyoloji.....	17
2.8. Serebral Kan Akımı	18
2.9. KPB'nin Serebral Perfüzyona Etkileri	18
2.10. Aort Cerrahisinde Serebral Koruma Yöntemleri	19
2.10.1. Derin hipotermik sirkülatuar arrest (DHSA veya TCA).....	20
2.10.2. Retrograd serebral perfüzyon (RSP).....	21
2.10.3. Antegrad serebral perfüzyon (ASP).....	21
2.11. Kalp Cerrahisinde Serebral Monitörizasyon.....	23
2.12. Antegrad Serebral Perfüzyon Sırasında Serebral Monitörizasyon	23
2.13. Near İnfrared Spectroscopy (NIRS)	24
2.14. KPB'nin Böbrekler Üzerine Etkisi	24
2.15. Distal Perfüzyon	25
3. GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1. Araştırmanın Amacı.....	27

3.2. Araştırmanın Şekli	27
3.3. Araştırmanın Yeri ve Zamanı	27
3.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	27
3.4.1. Araştırmaya kabul edilme ve dışlanma kriterleri.....	28
3.5. Veri Toplama Araçları	28
3.6. Verilerin Analizi	28
3.7. Kardiyopulmoner Bypass Protokolü.....	29
4. BULGULAR.....	32
5. TARTIŞMA.....	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKÇA.....	48
EKLER	54
Ek 1. Etik Kurul Onayı	54
Ek 2. Özgeçmiş	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1: John GIBBON	3
Şekil 2: Hipotermi altında yapılan ilk kardiyovasküler operasyon	4
Şekil 3: Doğumsal kalp anomalileri Diagramı	13
Şekil 4: Antegrad Serebral Perfüzyon	22
Şekil 5: Besleme Tablosu	33



TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1: Klinik Bilgiler	32
Tablo 2: İdrar Çıkış Değerlerinin ASP+Distal perfüzyon Yapılan ve Yapılmayan Bebeklerde Karşılaştırılması	33
Tablo 3: Böbrek Fonksiyon Değerlerinin Preoperatif ve Postoperatif Ölçümlerinin Tüm Hasta Grubunda Karşılaştırılması	34
Tablo 4: Böbrek Fonksiyon Değerlerinin Preoperatif ve Postoperatif Ölçümlerinin Gruplararası Karşılaştırılması	35
Tablo 5: Böbrek Fonksiyon Değerlerinin Preoperatif ve Postoperatif Ölçümleri Arasındaki Değişimin Gruplar arasında Karşılaştırılması	36
Tablo 6: Periton Diyaliz İhtiyacının ASP + distal perfüzyon Yapılan ve Yapılmayan Gruplarda Karşılaştırılması	36
Tablo 7: Kan gazı Değerlerinin Preop, Pompa Giriş, Cross ve Pompa Çıkış Ölçümlerinin Gruplar Arasında Karşılaştırılması	37
Tablo 8: Serebral ve Renal Prob Parametrelerinin Preop, Pompa Giriş, Cross ve Pompa Çıkış Ölçümlerinin Gruplar Arasında Karşılaştırılması	39
Tablo 9: Pompa Giriş-Çıkış Değerlerindeki Değişimin Gruplar Arasındaki Karşılaştırması	40
Tablo 10: Mortalitenin Gruplararası Karşılaştırılması	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
ABH	: Akut Böbrek Hasarı
ABY	: Akut Böbrek Yetmezliği
ACT	: Etkinleştirilmiş Pıhtılaşma Zamanı (Activated Clotting Time)
ALT	: Alanin Aminotransferaz
ASP	: Antegrad Serebral Perfüzyon
AST	: Aspartat Aminotransferaz
BE	: Baz Eksisi
BMI	: Vücut Kitle İndeksi
BSA	: Vücut Yüzey Alanı (Body Surface Area)
BUN	: Kan üre azot (Blood Urea Nitrogen)
Ca⁺	: Kalsiyum
CABG	: Koroner Arter Baypas Greftleme
CI	: Kardiyak İndeks
CO₂	: Karbondioksit
CVP	: Santral Venöz Katater
DHSA	: Derin Hipotermik Sirkulatuar Arrest
EF	:Ejeksiyon Fraksiyon
EKD	: Ekstrakorporeal Dolaşım
ES	: Eritrosit Süspansiyonu
HCO₃	: Bikarbonat
HCT	: Hematokrit
HGB	: Hemoglobin
IVC	: İnférieur Vena Kava
K⁺	: Potasyum
KKH	: Konjenital Kalp Hastalığı
KPB	: Kardiyopulmoner Baypas
Mg⁺	: Magnezyum
Na⁺	: Sodyum
NIRS	: Near Infrerad Spectroskopy
O₂	: Oksijen
OAB	: Ortalama Arter Basıncı

PCO2	:Parsiyel Karbondioksit Basıncı
PGE1	: Prostaglandin
PH	: Potansiyel Hidrojen
PO2	: Parsiyel Oksijen Basıncı
RA	: Sağ Atriyum
RSP	: Retrograd Serebral Perfüzyon
SIRS	: Sistemik İnflamatuvar Yanıt Sendromu
SKA	: Serebral Kan Akımı
SPSS	: Statistical Package For Social Sciences
SSS	: Santral Sinir Sistemi
SVC	: Superior Vena Cava
TDP	: Taze Donmuş Plazma
YBÜ	:Yoğun Bakım Ünitesi

1. GİRİŞ

Açık kalp cerrahisinde ameliyatların yapılabilmesi için ameliyat sahasında kan akımının engellenmiş ve kalp hareketlerinin durdurulmuş olması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için kalbin ve akciğerlerin görevini yerine getirecek kalp-akciğer makinesi olarak isimlendirilen cihaza ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu cihaz temelde kalbin işlevini yerine getirmek için bir pompa ve akciğerlerin işlevini yerine getirmek için bir oksijenaratörden oluşmaktadır.

Kan dolaşımının kalp-akciğer pompası üzerinden gerçekleştirilmesine ekstrakorporeal dolaşım denmekte olup, kalp ve akciğerlerin işlevlerinin geçici olarak kalp-akciğer pompası tarafından yapılmasına ise kardiyopulmoner-bypass (KPB)denir.

İnferior ve süperior vena kavalara ayrı ayrı konulan iki kanül ya da sağ atriuma konulan tek kanül ile oksijenden fakir olan venöz kan yerçekimi etkisi ile venöz rezervuara alınır. Venöz kan pompa kafası aracılığı ile oksijenaratöre iletilir. Burada ameliyatın ve insan fizyolojisinin devamlılığını sağlanması açısından gerekli olan filtreden geçirme, oksijenlendirme ve ısıtma ya da soğutma işlemleri gerçekleştirilir. Bu işlemlere maruz kalan kan genellikle asendan aortaya (çıkan aort) konulan arter kanül aracılığı ile hastaya geri verilerek vücut dışı dolaşım gerçekleştirilir.

Pediyatrik kalp cerrahisinde ekstrakorporeal dolaşım sıklıkla tercih edilen güvenli bir yöntemdir. Pediyatrik açık kalp cerrahisi kompleks anomalileri beraberinde getirmektedir. Cerrahi ve perfüzyon açısından değerlendirildiğinde yetişkin kalp cerrahisinden farklı bir yaklaşım gerektirmektedir. Anatomik ve fizyolojik yapılar, kan hacmi, metabolik ihtiyaçlar, kullanılan malzemeler, kanülasyon stratejileri, kan koruma yöntemleri, hipotermi yönetimi, oksijenasyon ihtiyacı, inflamatuvar yanıt, kanama ve koagülasyon stratejileri yetişkinden oldukça farklıdır. Perfüzyonistler açısından pediyatrik vakalar daha fazla dikkat, deneyim gerektirir. Özellikle yenidoğanlarda minimal hemodilüsyon, derin hipotermi ve daha agresif hemodinamik izlem gibi ihtiyaçlar öne çıkmaktadır.

Beynin istirahat halindeki metabolik hızı vücudun diğer organlarından 7 kat daha fazladır. Glikoz beyinin esas enerji kaynağıdır ve beyinde depolanamaz. Bu nedenle beyin, yeterli bir kan akımı ile oksijen ve glikozu sürekli olarak alması gerekmektedir. Beyinde metabolik ihtiyaca göre kan akımı sürekli değişmektedir. Değişen perfüzyon basınçlarında sabit akım sağlayan oto regülasyon sistemi de bulunmaktadır. Beyin

hücrelerini asidozdan korumak için hipotermi önemli bir yer tutmaktadır.(Qu et al., 2021)

Aort cerrahisi sırasında günümüzde en sık kullanılan beyin koruma yöntemi serebral perfüzyondur. Serebral perfüzyon, kardiyopulmoner bypass esnasında beyin dokusunun oksijenlendirilmesi açısından kritik bir yer tutmaktadır. Operasyon sırasında uygulanan teknik, perfüzyon takip parametreleri, hastanın fizyolojik durumu ve nörolojik risk faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır.(Takagi et al., 2019)

KPB'nin böbrekler üzerine etkileri hemodinamik değişiklikler, enflamatuvar yanıt ve hipoksidir. Akut böbrek hasarı (AKI), önemli bir morbidite kaynağıdır. AKI, çocuklarda cerrahi sonrası iyileşmeyi olumsuz etkileyerek mortalite ve morbiditeyi artırabilir.(Wang & Bellomo, 2017)

Bu araştırma, yenidoğan kalp cerrahisinde uygulanan antegrad serebral perfüzyonile distal perfüzyon yönteminin hasta hemodinamisi, böbrek ve karaciğer fonksiyonları ile postoperatif süreç üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Spesifik olarak, bu perfüzyon yönteminin yenidoğan hastalarda cerrahi sırasında ve sonrasında biyokimyasal ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

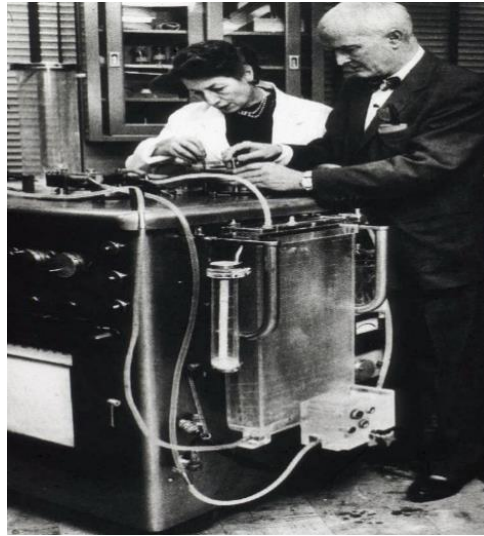
2.1. Tarihçe

19.yy. sonlarında bilim insanları organ perfüzyonu ile ilgilenmiş ve bu amaçla kanın oksijenlenmesini sağlamak için yöntem geliştirmişlerdir.(Miller, 2000)1885'te Von Frey ve Gruber film yüzeyi üzerinden geçen kanda gaz alışverişinin gerçekleşeceğini tanımlamışlardır.(Ghosh et al., 2009)

Ekstrakorporeal dolaşımın prensiplerinin önemli olanı antikoagülasyondur.(Livesey & Lennox, 1992) Heparin 1915'te Jay McLean tarafından tıp eğitimi sırasında yapmış olduğu çalışmalarda bulunmuş olup, kalp damar cerrahisinde çok büyük bir gelişim sağlamıştır.(MacLean, 1959)

Vücut sıcaklığının normal değerlerinin altına düşürülerek oksijen tüketiminin azalmasını sağlayan hipotermi tekniği 1950 yılında Bigelow tarafından köpekler üzerindeki çalışmalarda uygulanmıştır.(Melrose, 1986) Sonrasında bu tekniği Swan uygulayarak 13 vaka bildirimini yapmıştır. (Stephenson, 2003)

John Gibbon 1931 yılında başladığı çalışmalarıyla kalp-akciğer makinesinin fikrinsel temellerini atmış, oksijenden fakir kanın toplardamarlar aracılığıyla alınıp oksijenlenebileceği bir sistemde toplanması ve daha sonra pompa vasıtasıyla oksijenden zengin kanın atardamardan dolaşıma verilmesini sağlayacak ilk kalp-akciğer makinesini geliştirerek 1953 yılında kullanmaya başlamıştır.(Gibbon Jr, 1954)

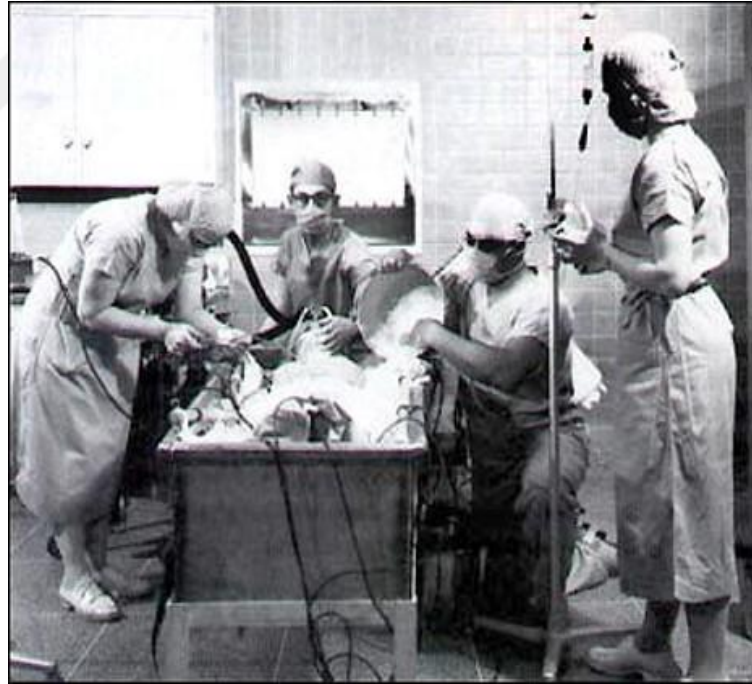


Şekil 1: John GIBBON

1954 yılında C Walton Lillehei tarafından geliştirilmiş ve kros sirkülasyon olarak isimlendirilmiş yöntem ile VSD (Ventriküler septal defekt) tanılı 10 aylık çocuk, kan grubu uyumu sağlanan babası tarafından dolaşımı sağlanarak ameliyat edilmiştir.(Lillehei et al., 1955)

Ülkemizde açık kalp cerrahisi 1950’li yıllarda gelişim göstermeye başlamıştır. M.Tekdoğan ve ekibi 1960 yılında 20 yaşında genç bir kadında ASD (atriyal septal defekt) tamiri Hacettepe Üniversitesi’nde gerçekleştirilmiştir.(Ak, 2015) Kalp akciğer makinası kullanılarak seri halinde ameliyatlar 1962 yılında A.Aytaç ve M.Tekdoğan tarafından yapılmıştır.1963 yılında Haydarpaşa Göğüs Cerrahisi Merkezi’nde S. Ersek ve ekibi tarafından yapılmaya başlanmıştır.(Demirkılıç, 2015)

Ülkemizde ilk kapak ameliyatını S.Ersek, K.Beyazıt ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Sonraki yıllarda ise 1967 de Gülhane Askeri Tıp Akademisi ve Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi’nde, 1968 de Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi’nde ilk açık kalp ameliyatları yapılmıştır.(Demirkılıç, 2015)



Şekil 2: Hipotermi altında yapılan ilk kardiyovasküler operasyon

2.2. Ektrakorporeal Dolaşım (EKD)

Kardiyopulmoner bypass (KPB), kalp cerrahisinde kullanılan hayati bir tekniktir ve ameliyat sırasında kalbin ve akciğerlerin işlevlerini geçici olarak üstlenen bir sistemdir. Bu yöntem, cerrahların kalp üzerinde çalışabilmesine olanak sağlarken, hastanın

vücuduna yeterli oksijen akışının gerçekleşmesini ve dolaşımın devam etmesini garanti altına alır.EKD, kanın vücut dışına alınarak oksijenlendirilmesini ve karbondioksitten arındırılmasını sağlayan bir oksijenatör içerir. Aynı zamanda, kanın vücuda geri pompalanmasını sağlayan bir pompa mekanizmasına sahiptir. Bu süreç, kalbin ameliyat sırasında durdurulmasına ve cerrahların güvenli bir şekilde ameliyatı gerçekleştirmelerine olanak tanır.KPB'nin temel bileşenleri;kanüller, venöz rezervuar, oksijenatör, ısıtıcı-soğutucu, tubing sistemi, filtreler, pompa kafası, suctionlar (emme sistemleri), ventler ve kardiyopleji setinden oluşur. Venöz rezervuar, hastanın vücudundan gelen kanı depolarken, oksijenatör kanın oksijenlenmesini sağlar. Isı değiştirici, vücut ısısının kontrol edilmesine yardımcı olurken, arteriyel pompa oksijenlendirilmiş kanı tekrar dolaşıma sokar.EKD, uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken birçok önemli faktör vardır. Kan akış hızının doğru şekilde ayarlanması, uygun oksijen seviyelerinin sağlanması ve kanın pıhtılaşmasını önleyici tedbirlerin alınması kritik öneme sahiptir. Ayrıca, ameliyat sonrası dönemde hastanın hemodinamik dengesinin korunması, komplikasyon risklerinin azaltılması açısından büyük önem taşır.(Demirkılıç, 2015)

Operasyonda uygulanacak teknik ve prosedürler, perfüzyonistten beklentiler cerrahi ekip ile görüşülerek belirlenir. Hasta bilgileri değerlendirilir. Yapılacak olan cerrahi işleme uygun malzeme seçimi önem taşımaktadır. Hastanın vücut yüzey alanına (BSA) uygun oksijenatör ve tubing set seçimi yapılır. Seçilen oksijenatör ve tubing setin sterilitesine dikkat edilerek kurulumu gerçekleştirilir. Setin bağlantı yerleri özellikle gözden geçirilip hasta güvenliği açısından uygun olduğuna kanaat getirildiğinde prime aşamasına geçilir. Prime solüsyonu ile setin havası çıkarılır. Sistem üzerinde yer alan güvenlik ekipmanları aktif duruma getirilir.(Ak, 2015)

Kardiyopulmoner bypassa geçilmeden önce checklist ile kontrol sağlanır. Kanülasyon aşamasına geçilmeden önce antikoagülasyon tamamlanmalı ve ACT takibi ile kontrolü yapılmalıdır. ACT (>480 sn.) ulaştığında anesteziist, cerrah ve perfüzyonist ortak değerlendirmesi sonucu KPB a geçiş yapılır. Vaka öncesi hastanın BSA hesabına göre ideal pompa debisi hesaplanır. KPB'ye geçişin ilk dakikaları esnasında venöz akışın değerlendirilmesi, ideal arter hat basıncının sağlanması, oksijen sunumunun yeterliliği değerlendirilmesi tamamlandıktan sonra hastanın ihtiyacı olan pompa debisine 2-3 dakika içerisinde ulaşılmalıdır. Tam debiye ulaşıldıktan sonra sistemik soğutma işlemine başlanmalıdır. Aortaya kross klemp konularak seçilmiş kardiyopleji

çeşidi ve yöntemi ile kalp diyastol evresindeyken arrest sağlanır. Böylece cerrahi açıdan çalışılabilir kansız ve hareketsiz bir alan oluşturulmuş olur. (Ghosh et al., 2015)

EKD sırasında kullanılan venöz kanüller, venöz kanın rezervuar sistemine aktarılmasını sağlayan kanüllerdir. Hastanın bulunduğu konum venöz rezervuardan 60-75 cm yukarda olmalıdır. Bu sayede yerçekiminin etkisiyle venöz rezervuara kan pasif olarak dolar. Venöz kanülün hastaya uygunluğunu belirleyebilmek için vücut yüzey alanı (BSA) hesaplanır ve bu çıkan değere göre en uygun kanül seçimi gerçekleştirilir süperior vena kava (SVC) ve inferior vena kava (IVC) yoluyla ya da sağ atriyuma yerleştirilen tek bir venöz kanül aracılığıyla rezervuara yönlendirilmesini sağlar. Bu süreç, yer çekimi veya vakum desteğiyle gerçekleşir. (Tan et al., 2022)

Kardiyopulmoner bypassın başlamasıyla kalpte bulunan venöz kanın toplandığı yer olarak kullanılan rezervuar ameliyat süresince kansız bir alan yaratılmasına yardımcı olur. İçinde bulunan filtreleri sayesinde kanı partiküllerden ayırır. İlaç, kan ve sıvı uygulamasına olanak sağlar. Polikarbonattan yapılmış sert yapılıdır. Üreticinin belirlediği seviye alt limitinin üzerinde kullanılması hava embolisi ihtimalini düşürmektedir. Vacuum-assisted venous return (vakum yardımcı venöz dönüş) kullanılabilen, bu sayede venöz dönüş artırılabilir. (Saczkowski et al., 2022)

Kanın venöz rezervuardan alınıp belirli bir basınç ve akım ile oksijenatöre iletilmesini sonrasında ise arteriyel sisteme verilmesi pompa aracılığı ile gerçekleşir. Pompalar çalışma prensiplerine, kullanıldıkları yere göre 3 bölümde incelenir. Roller pompalar içlerine yerleştirilen polivinil, silikon ya da latex tüplerin silindirik rollerlar tarafından bir yönde sıkıştırılması ile çalışır. Bir eksen etrafında dönen iki küçük silindir, tüpü sıkıştırarak kanın ileriye doğru itilmesini sağlar. Kan akımında doğru miktarda sağlanabilmesi için pompanın oklüzyon ayarının yapılması gerekmektedir. Oklüzyon ayarı yetersiz kaldığında bir miktar geriye kaçış olur. Oklüzyon ayarının sıkı olması durumunda hatların başlık ile temas yerlerinde aşınma ve yırtılmalar görülebilir. Roller pompalar ön yük ve art yükten bağımsız çalışabilir. (Gao et al., 2023)

Santrifugal pompalar ise manyetik kuplaj veya manyetik levitasyon prensibi ile çalışırlar. Kan, pompa başlığı içindeki kanı koni biçimindeki pervane vasıtasıyla pompalamaktadır. Konik başlığın dönmesiyle merkezkaç kuvveti oluşur bu durum kanın ileriye doğru gönderilmesini sağlar. Santrifüj pompalar ön yük ve art yükten etkilenirler. Bir direnç ile karşılaştığında kan akımı yavaşlar. Bu sebeple mutlaka akımölçerle takip edilmelidir. Pompa durdurulduğunda geriye kaçışı önlemek için mutlaka klemplenmelidir. Hava embolisi riski düşüktür. Devamlı nonpulsatil akım sağlar.

İmpeller pompalar ise hızla dönen konsantrik koniler ve çarklar yardımıyla çalışır. Kan hızla çarkta çevrilerek ileriye yönlendirilir. Devamlı nonpulsatil bir akım oluştururlar.(Ramakrishna et al., 2022)

Oksijenatörler tarihsel süreç içinde gelişmiş ve değişime uğramıştır. Oksijenatörlerin çalışma prensibi akciğerin gaz değişimi fonksiyonunu taklit etmektedir. Kanın geniş bir yüzey alanından geçmesini sağlayarak temas süresini uzatarak oksijenlenmeyi artırıp karbondioksit atılımını sağlamaktır. Tarihsel gelişime göre sıralanacak olursa film oksijenatör, bubble oksijenatör ve membran oksijenatör olarak üç başlıkta incelenir. Film oksijenatörler Gibbon tarafından ilk başarılı kalp cerrahisinde kullanılmıştır. Metal plaka üzerinde oksijenlendirilen kan dolaşıma kazandırılır. Bubble oksijenatörlerde kan ve gaz direkt olarak temas halindedir. Gaz değişimi kanın içerisine oksijen verilmesi ile oluşan kabarcık yüzeyinde gerçekleşir. Mikroemboli oluşma riski oldukça yüksek olup kanın şekilli elemanlarının tahrip olmasına da neden olurlar. Ayrıca kısa süreli kullanım için uygundur. Membran oksijenatörlerin çalışma prensibinde kanın gaz ile olan teması yarı geçirgen bir zarla ayrılmaktadır. Membran oksijenatörlerin üç çeşidi bulunmaktadır. Bunlar;

Dönen düz tabakalı membran oksijenatör

Düz tabakalı membran oksijenatör

Hollow fiber membran oksijenatörlerdir. (Dikme, 2023)

En çok kullanılan membran oksijenatörler hollow fiber oksijenatörlerdir. Membran oksijenatörlerde kan ile gaz teması yoktur. Bu yönü ile bubble oksijenatörlerden ayrılırlar. Membran oksijenatörlerde bir yüzeyden kan geçerken membranın diğer tarafından gaz akışı olmaktadır. Gaz değişimi membran üzerinde bulunan mikro gözenekler sayesinde olur. Kan ile gaz teması direkt olmadığından bubble ve hemoliz olmasının önüne geçilmiş olur.(Karaman, 2024)

KPB sırasında vücut sıcaklığının kontrolü için ısı değiştiriciler kullanılır. Sıcaklık takibi nazofarenks, rektum veya mesaneyeyleştirilen ısı problemleri ile monitörize edilir ve bu sayede vaka boyunca sıcaklık takibi yapılabilir. Isı değiştiricinin içinde 1 °C – 42°C sıcaklığında su dolaşır. Kan 42 °C'nin üzerine çıkarılırsa içindeki kan proteinlerinin yapısı bozulur. Soğuma sırasında sıcaklık dakikada 0.7 – 1.5 °C azaltılmalıdır. Isınma süresi boyunca dakikada 0.2 – 0.5 °C arttırılmalıdır. Hasta güvenliğinin sağlanabilmesi için hasta ile perfüzyat sıvısı arasındaki sıcaklık farkı 12 – 14 °C den fazla olmamalıdır. Hava embolisine sebep olmamak için hastanın vücut

sıcaklığı ile perfüzyon dolaşımı arasındaki sıcaklık farkı 5-10 °C'yi aşmamalıdır.(Kiziltug & Martinez, 2018)

KPB sırasında kanın dış yüzeyle teması sonucu gaz ve partiküllerin sebep olabileceği embolilerden korunmak için filtreler kullanılır. Mikroemboliler mortalite ve morbiditeyi artıran faktörlerdir. Bu durumun önüne geçmek için filtreler naylon ya da polyesterden üretilmiş olup 20-43 mikron çapındaki pordan oluşur. Arteriyel kan filtresi, kardiyopleji filtresi, gaz filtresi, kardiyotomi filtresi olarak çeşitlilik gösterirler. Kan ürünleri, trombüs, yağ ve kemik parçaları, kalsiyum partikülleri, sütür materyali, ve hava kabarcıkları filtreler tarafından tutularak dolaşıma katılması önlenir. Gelişen teknoloji ile entegre arteriyel filtreli oksijenatörler kullanılmaktadır. (Jabur et al., 2016)

KPB'nin komplikasyonsuz bir şekilde planlandığı gibi sonlandırılabilmesi için güvenlik sistemleri kullanılmaktadır. Bunlar; arteriyel hat basınç sensörü, venöz rezervuar üzerinden seviye takip etmeyi sağlayan level sensör, arter ya da venöz hat üzerinden sıcaklık değerini görebilmeyi sağlayan ısı sensörü, mikro embolilerin hastaya gitmesini engelleyen bubble sensörler, invaziv veya non-invaziv kan gazı analizörleri sayesinde hastanın elektrolitleri, hemoglobini ve oksijen saturasyonu gibi güvenli perfüzyon sunumu için gerekli olan bilgiler perfüzyonist tarafından anında görülebilir.(Moore & Martinez, 2015)

Oksijenden zengin kanın vücut dolaşımına katılması arter kanüller ile sağlanır.Arteriyel kanülasyon yerlerinden en çok tercih edilen asendan aortadır. Ancak acil müdahale gerektiren durumlarda, aort diseksiyonu, aort anevrizması veya reoperasyonlarda femoral arter kanülasyonu tercih edilir. Her ikisine alternatif olarak iliak arter ya da aksiller arter de tercih edilebilir. Kanül seçimi yapılırken vücut yüzey alanı göz önünde bulundurulur. Arter hat basıncının 150-180mmHg arasında tutulmasına özen gösterilmelidir.(Choudhary & Reddy, 2022)

Kalp akciğer pompasının kurulumu yapıldıktan sonra hastaya bağlamadan önce sistemin tamamını sıvı ile doldurarak devrelerden hava çıkartılır. Bu işlem, kardiyopulmoner bypass sırasında hemodilüsyona yol açar. Prime solüsyonları kristaloit ve kolloid olarak ikiye ayrılır. En çok kullanılan dengeli elektrolit solüsyonlarıdır. Kullanılacak olan prime solüsyon miktarı tüp setin boyuna, çapına ve oksijenatörün hacmine bağlı olarak değişmektedir. Yetişkin hastalarda genellikle izotonik solüsyon, heparin, mannitol ve bazı ilaçlar kullanılırken, pediatrik hastalar için ek olarak eritrosit süspansiyonutaze donmuş plazma ve albümin de eklenebilir.(Mathieu et al., 2024)

Kardiyopulmoner baypas (KPB) işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için antikoagülasyon sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla en yaygın olarak heparin kullanılmakta olup antitrombin III (AT-III) aracılığıyla etkisini göstermektedir. AT-III eksikliğinde taze donmuş plazma (TDP) uygulaması, heparinin etkinliğini artırmaktadır. Hızlı ve etkili başlangıcı, klinikte güvenli kullanımı, protamin ile kolay nötralizasyonu ve düşük maliyeti nedeniyle heparin, en yaygın tercih edilen antikoagülasyon yöntemidir. Heparin uygulaması santral venöz kateter yoluyla gerçekleştirilir ve Activated Clotting Time (ACT) ile takip edilir. Başlangıç dozu 300-400 U/kg olup, uygulamadan 3-4 dakika sonra ACT ölçümü yapılır. KPB'nin başlanabilmesi için ACT'nin 450-480 saniye aralığında olması gerekmektedir ve operasyon süresince düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir.(Cartwright & Mundell, 2023)KPB sonrası heparinin nötralizasyonu, intravenöz olarak uygulanan protamin ile sağlanır. Her 100 IU heparine karşılık 1 mg protamin uygulanarak etkin nötralizasyon gerçekleştirilir. Ancak, protaminin alerjik reaksiyon ve akut hipotansiyon gibi yan etkileri olabileceğinden, uygulama yavaş ve kontrollü bir şekilde yapılmalıdır. (Faggian et al., 2023)

Hemofiltrasyon-ultrafiltrasyon;yarı geçirgen membran zardan oluşan hemokonsatratörlerin, sistem içinde bulunan sıvı ve elektrolitlerin KPB devresinden uzaklaştırmasını sağlar. Diüretik kullanımına göre değerlendirildiğinde daha fazla potasyum atılmasını sağladıkları görülmüştür. Hemofiltrasyona başlamak için ısınma aşamasına gelinmesi beklenmeli hasta sıcaklığı 28-30 °C ulaştığında başlanmalıdır. İstenilen sıvı miktarı uzaklaştırılıp Hct beklenen seviyeye ulaştığında sonlandırılmalıdır. (Özbek & Demir, 2023)

EKD sonrası hemodilüsyondan kaynaklı doku ödemi ve inflamatuvar yanıt ortaya çıkar, postoperatif süreçte vücut ödemi gözlemlenir.İnflamatuvar yanıtın azaltılması için antiinflamatuvar kullanılması, prime volüm miktarının azaltılması, diüretik uygulaması, operasyon sonrasında periton diyalizi, operasyon sürecinde ultrafiltrasyon uygulanabilir. EKD'nin yan etkilerini azaltmak için diğer bir seçenek ise modifiye ultrafiltrasyondur (MUF). MUF uygulaması EKD sonrasında yapılır. Ultrafiltrasyon setinin arter hat ile venöz hat arasına yerleştirilerek arter kanül üzerinden alınan kanın filtre edilip süzülmesi ardından bir pompa başlığı aracılığı ile venöz kanül yardımıyla verilmesi ile gerçekleşir. EKD sebebiyle oluşan hemodilüsyonu önler ve hematokrit seviyesini artırır. Hematokrit yükselmesi ise dokulara oksijen taşınma miktarında artış sağlar. EKD sırasında inflamatuvar yanıt ile salınan sitokinlerin kandan uzaklaştırılmasını sağlar. (Lei et al., 2024)

Cerrahi işlemin tamamlanmasına 15-20 dakika kaldığında hasta ısıtılmaya başlanır. Hastanın sıcaklığı 36,5-37⁰C olduğunda ise KPB den ayrılmaya hazırlanılır. Akut bir kanama olup olmadığı değerlendirilir. Kan gazı değerlerinin optimal koşulları sağladığı ve yeterli idrar çıkışı olduğu saptanır. Ritim ve qrs-t dalga kompleksi morfolojik olarak değerlendirilir. Değerlendirmeler sonucunda tüm parametrelerin uygun olduğuna karar verilirse akciğerler ventile edilebilir. Pompa rezervuarında bulunan kan yavaşça ve dengeli biçimde hasta lehine geçilmeye başlanır. Yeterli doluluk oranına ulaşıldığında ise pompa debisi kademeli azaltılarak KPB sonlandırılır. Nötralizasyonu sağlamak için protamin başlanır. 3-5 dakika sonra ACT değerlendirmesi yapılır. Durum stabil ise dekanülasyon aşamasına geçilerek işlem tamamlanır.(Falter et al., 2022)

2.3. Kardiyopleji

Cerrahi müdahale sırasında miyokardın korunmasını sağlamak amacıyla, özel solüsyonların kullanılarak kalp aktivitesinin geçici olarak durdurulması kardiyopleji ile sağlanmaktadır. Kardiyopulmoner baypas (KPB) sırasında uygulanarak, kalbin metabolik gereksinimlerini azaltır, iskemik hasarı önler ve cerrahi işlemlerin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Genellikle hiperkalemik olan kardiyopleji solüsyonları ile miyokard hücrelerindeki aksiyon potansiyelini bloke ederek diyastolik evrede kalbin arrest olmasını sağlar. Böylece kalp cerrahisi sırasında hemodinamik stabilite sağlanırken, oksijen tüketimi ve metabolik ihtiyaçlar önemli ölçüde azaltılır. Hipotermi (soğuk kardiyopleji) uygulanarak hücresel oksijen tüketimi %80'e kadar azaltılabilir.Kardiyoplejiler uygulama yöntemi, sıcaklık ve solüsyon bileşenleri açısından üç başlık altında incelenebilir.(Sharma et al., 2021)

Uygulama Yöntemine Göre Kardiyopleji Çeşitleri;

Antegrad Kardiyopleji: Solüsyon, aort kökünden veya koroner ostiumlardan verilir.

Retrograd Kardiyopleji: Solüsyon, koroner sinüs yoluyla venöz sistemden uygulanır. Ciddi koroner arter hastalığı olanlarda, proksimal darlıkları bulunan hastalarda veya aort yetmezliği durumunda tercih edilir.

Hibrit Kardiyopleji: Antegrad ve retrograd kardiyoplejinin birlikte uygulanmasıdır.Kompleks cerrahilerde daha iyi bir myokard koruması için tercih edilebilir.

Sıcaklıklarına Göre Kardiyopleji Çeşitleri;

Soğuk Kardiyopleji 4-10°C miyokardın oksijen tüketimini azaltarak koruma sağlar ve daha uzun süreli arrest sağlamak için uygundur.

Ilık Kardiyopleji 28-32°C Daha fizyolojiktir. İskemi riskini azaltır erken metabolik toparlanma sağlar.

Sıcak Kardiyopleji 37°C Operasyon sırasında miyokard fonksiyonlarının korunmasına yardımcı olur. Özellikle kalp nakilleri sırasında tercih edilebilir.

Solüsyon Bileşenlerine Göre Kardiyopleji Çeşitleri;

Kristalloid Kardiyopleji (St. Thomas, Custodiol, Plegisol): Kristalloid bazlıdır, genellikle hiperkalemiktir.Miyokard'ın hızlıca arrest olmasını sağlar. Yaygın olarak tercih edilirler.

Kan Kardiyopleji:%4-8 oksijenlenmiş kan içerir. Daha iyi oksijenasyon, metabolik destek sağlar. 15-30 dakikada bir tekrarlanması gereken kardiyopleji türüdür.

Del Nido Kardiyopleji: Kristalloid-kan karışımı. Tek dozda uzun süreli koruma sağlar, pediatrik ve yetişkin cerrahisinde güvenli olarak tercih edilebilir.

Bretschneider (Custodiol) Kardiyopleji: Düşük sodyum, histidin içeriğine sahiptir.Uzun süreli koruma sağlar, nadir olarak tekrar doz ihtiyacı duyulur.(Sarkar & Prabhu, 2017)

Kardiyopleji sistemleri, hastanın durumuna, cerrahi girişimin süresine ve cerrahin tercihlerine bağlı olarak seçilir. Minimal invaziv ve pediatrik vakalarda uzun süreli etkili olması beklenen tek doz kardiyopleji Del Nido avantajlı olabilir. Uzun sürmesi beklenen kompleks ameliyatlarda, aort ark cerrahisi sırasında ya da nakillerde Custodiol gibi uzun süreli koruma sağlayan solüsyonlar tercih edilebilir.(Demirkılıç, 2015)

2.4. Hipotermi

Hipotermi, vücut sıcaklığının normal fizyolojik sınırların altına düşmesi olarak tanımlanabilir. Kardiyopulmoner baypas (KPB) esnasında uygulanan kontrollü hipotermi, metabolik hızı düşürülerek organ ve dokuların oksijen ihtiyacının azaltılmasını amaçlayan bir tekniktir. Bu teknik, cerrahi işlem sırasında iskemiye olan toleransı artırmak ve organ fonksiyonlarını korumak amacıyla kullanılmaktadır. Hipotermi, metabolik hızın her 1°C düşüşte yaklaşık %7 azalmasına neden olur. 28°C'nin altındaki sıcaklıklarda ise metabolik hız %50 oranında düşmektedir. Bu nedenle, hipotermi stratejileri, cerrahi işlem süresine ve organ koruma gereksinimlerine göre belirlenmelidir. Hipoterminin doku ve organlar üzerine ciddi etkileri mevcuttur.

Hafif hipotermi genellikle böbrek fonksiyonlarını korur, ancak derin hipotermi idrar çıkışını azaltabilir. Hipotermi, kan viskozitesini artırabilir ve ayrıca koagülasyon sistemi üzerinde etkili olabilir. Hipotermi, özellikle nörolojik koruma ihtiyacı olan uzun süreli cerrahilerde, kompleks konjenital ameliyatlarda ve dolaşımın durdurulmasıdır.(Haider et al., 2022)

Hipotermi sıcaklık derecelerine göre dört başlık altında incelenir;

Hafif Hipotermi: 32-35°C Çoğu kardiyak cerrahide tercih edilir, hafif metabolik koruma sağlar.

Orta Dereceli Hipotermi: 28-32°C Miyokard ve nörolojik koruma için yaygın olarak kullanılır.

Derin Hipotermi: 20-28°C Dolaşım durdurma gerektiren prosedürlerde (örn. aort cerrahisi) kullanılır.

Ultra-Derin Hipotermi: <20°C Nadir uygulanır, uzun süreli dolaşım durdurma gereken durumlarda kullanılır.(Browne, 2022)

Hipotermi yönetimi üç aşamada ele alınır:

Soğutma Aşaması:Başlangıç sıcaklığına (37°C) göre hedef olarak belirtilmiş hipotermi derecesine kademeli geçiş sağlanmalıdır. Hızlı bir şekilde soğutma yerine kontrollü ve dengeli soğutma tercih edilmelidir. Kan viskozitesini artırmamak için perfüzyon basıncı ayarlanmalı ve hematokrit seviyeleri izlenmelidir.

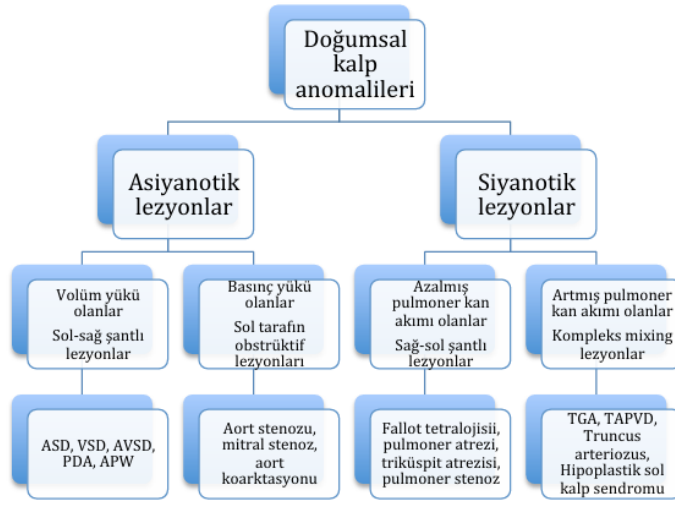
Hipotermik Dönem: Hafif-orta dereceli hipotermide KPB akışı %20-30 oranında azaltılabilir.

Yeniden Isıtma Aşaması (Rewarming): Hızlı ısıtma nörolojik hasar riskini artırır. İdeal ısıtma hızı 0.3-0.5°C/dakika olmalıdır. Reperfüzyon hasarını önlemek için oksijenizasyon, kan gazları ve hemodinamik parametreler sıkı takip edilmelidir.(Whiting et al., 2015)

2.5. Konjenital Kalp Anomalileri

Konjenital kalp hastalıklarının yaklaşık %20–30 kadarının yenidoğan döneminde tedavi ihtiyacı mevcut olup, %90'a yakını ise tama yakın düzeltilbilir.

Röntgen Işınları ve Radyoaktivite, Annenin geçirdiği enfeksiyonlar, Diyabetik anne, Kromozomal anomaliler, Fenil ketonüri, SLE (Down, Marfan vs), Annenin kullandığı bazı ilaçlar ve alkol konjenital kalp anomalilerinin meydana gelmesinden sorumlu başlıca sebeplerdir.(Olimjonovna, 2024)



Şekil 3: Doğumsal kalp anomalileri Diagramı

2.5.1. Asiyantotik konjenital kalp anomalileri

Atriyal septal defekt (ASD), sol ve sağ atriyumu birbirinden ayıran atriyal septum üzerinde, interatriyal bir açıklık bulunması olarak tarif edilebilir. Hastalığın en ileri aşamasında pulmoner hipertansiyon geri dönüşümsüz hale gelebilir ve şantın yönü sağ-sol olarak değişebilir. Buna bağlı olarak hastada siyanoz ortaya çıkar ve artık ASD'nin kapatılması kontrendikasyon olarak kabul edilir. Bu durum Eisenmenger sendromu olarak adlandırılır. ASD anomalisinde interatriyal seviyedeki şantın yönü, soldan sağa doğrudur.(Le Gloan et al., 2018)

Ventriküler septal defekt (VSD), sağ ve sol ventrikülü birbirinden ayıran interventriküler septumda bir açıklık bulunmasıdır. Çocuklarda en sık görülen konjenital kalp anomalisidir.(Dakkak et al., 2024) Sol ventrikül ile sağ ventrikül arasındaki basınç farklılığı sol-sağ şanta yol açar. Şantın yönünün tersine döndüğü durum ise Eisenmenger sendromu olarak bilinir ve bu aşamada VSD'nin kapatılması kontrendikasyon haline gelir.(Mavroudis, Backer, & Anderson, 2023)

Atriyoventriküler septal defekt (AVSD), atriyoventriküler kanal defekti olarak bilinir. Atriyoventriküler kapaklar tek ve birleşik bir kapak halindedir ve çeşitli derecelerde anomaliler gösterirler. Down sendromu bulunan bebeklerde AVSD görülme sıklığı fazladır. (Soran Türkcan et al., 2023)

Aorta-pulmoner pencere (APW) anomalisinde asendan aorta ile ana pulmoner arter arasında bir defekt söz konusudur. Erken bebeklik çağında ciddi pulmoner hipertansiyon ve konjestif kalp yetersizliğine yol açar.

Aort koarktasyonu, aortun genellikle torasik segmentinde görülen konjenital bir daralmasıdır. Bu durum, sol ventrikülden çıkan kanın sistemik dolaşıma ulaşmasını zorlaştırarak çeşitli hemodinamik ve klinik etkiler yaratır. Aort koarktasyonu, sıklıkla duktus arteriosusun kapanması gereken bölgesinde görülür. Turner sendromu gibi genetik hastalıklarla ilişkilidir. Daralma sonrası aort segmentinde basınç düşerken, proksimal segmentte kan basıncı artar. Bunun sonucunda; baş ve kollara giden arterlerde yüksek basınç alınırken, alt ekstremitelere giden arterlerde düşük basınç görülür. Üst ve alt ekstremiteler arası kan basıncı farkı (>20 mmHg) ölçülür. (Raza et al., 2023)

2.5.2. Siyanotik konjenital kalp anomalileri

Fallot tetralojisi, en sık görülen siyanotik konjenital kalp anomalisidir. Dört komponenti bulunan bir anomalidir. Subaortik VSD, aortanın dextrapozisyonu, pulmoner stenoz ve sağ ventrikül hipertrofisidir. Hipoksik spell denilen, derin hipoksi ve asidozun eşlik ettiği nöbetler görülebilir. Büyük çocuklarda, hipoksiyi azaltmak için çömelme sıklıkla gözlemlenir. Sol-sağ şanlı hastalardan farklı olarak kalp yetersizliği görülmez. (Wilson et al., 2019) Bebeklerin gelişmeleri ve kilo alımları yeterli düzeydedir. Altı ay ve üzeri hastalarda tam düzeltme ameliyatı yapılır. (Karl & Stocker, 2016)

Büyük arterlerin transpozisyonu (TGA), aortanın sağ; pulmoner arterin sol ventrikülden kaynak alması halidir. Sistemik dolaşım, akciğerlere uğrayamadan, devamlı kendi içinde gerçekleşir. (Mavroudis, Backer, & Herrmann, 2023) Pulmoner dolaşım da sistemik tarafa geçemez ve kendi içinde kısır döngü oluşturur. Bu durum yaşamla bağdaşmaz. Hastanın hayatını sürdürebilmesi için duktus arteriosusun açık kalması ayrıca sistemik ve pulmoner dolaşım arasında karışım (mixing) oluşturmaya bağlıdır. (Zubrzycki et al., 2024)

Total anormal pulmoner venöz dönüş (TAPVD), dört tane bulunan pulmoner venlerin tümünün, sistemik venöz sisteme ya da sağ atriyuma dökülmesi durumudur. Sağkalım için interatriyal septumda bir ASD veya PFO açıklığına ihtiyaç vardır. Tüm

pulmoner venöz dönüş, sağ kalbe gerçekleştiği için, sağ kalp boşluklarında genişleme görülür.(Kao et al., 2017)

Ventriküler septal defektli pulmoner atrezi (PA-VSD), sağ ventrikül çıkış yolunun yetersiz gelişimi, pulmoner valvüler atrezi, geniş VSD ve aortanın dekstrapozisyonunu içeren siyanotik bir kalp hastalığıdır. Bazı hastalarda hiç pulmoner arter bulunmayabilir. Girişim uygulanana kadar PGE1 infüzyonu ile duktusun açık tutulması gerekir.(Wright et al., 2019)

Bland- White-Garland Sendromu olarak da bilinen ALCAPA Sendromu sol ana koroner arterin (LCA) pulmoner arterden orijin alması olarak tanımlanır. Doğumla birlikte pulmoner arter basıncı düşer ve LCA beslenmesi bozularak, miyokardiyal iskemi ortaya çıkar.(Moeinipour et al., 2016)

Çift çıkışlı sağ ventrikül (DORV)'de her iki büyük damar da sağ ventrikülden çıkar. Fallot tetralojisinden, büyük damar transpozisyonuna kadar geniş bir dağılım gösterebilir. Çift çıkışlı sağ ventrikül, daima VSD ile birlikte dir. VSD'nin büyük damarlarla ilişkisine göre sınıflandırılır. Çift çıkışlı sağ ventriküle birçok kalp anomalisi eşlik edebilir. Bunların çoğu klinik bulguları etkileyebilir ve onarımı kısıtlayabilir. (Weisert & Cheng, 2024)

Sol ventrikül çıkış yolu darlığı konjenital anatomik defekte bağlı, kan akımının sistemik ventrikülden asendan aortaya yönlendirilememesidir. Sol ventrikül çıkış yolu kompleks anatomik yapıdadır. Bir veya daha fazla seviyede tıkanıklık olabilir ve sonuçta sol ventrikülden hipertrofi (LVH) gelişmesine neden olabilir.(Singh, 2017)

Hipoplastik sol kalp sendromu, sol ventrikülün az gelişmesi ile karakterize aort, aort kapak ve mitral kapak anomalileriyle birlikte olabilen konjenital kalp defektlerinin bütünüdür. Tedavi edilmezse hayatın ilk haftası içinde ölüm ile sonuçlanır. Sol taraf yapıları sistemik dolaşımı yetersiz biçimde destekler. Böylelikle sistemik ve pulmoner dolaşım sağ ventrikül üstünden gerçekleşir. Atriyel seviyede soldan sağa şant yoluyla pulmoner venöz dönüş sağ atriyuma gelir ve geniş bir PDA yoluyla sağdan sola şantla da sistemik perfüzyon sağlanır.(Chiu & Emani, 2021) Arkus ve çıkan aortaya olan retrograt akım sayesinde serebral ve koroner kan akımı sağlanır. Böylece oksijenizasyon ve perfüzyon büyük ölçüde duktus açıklığına ve pulmoner ve sistemik akımlar arasındaki dengeye bağlıdır.(Jacobs, 2022) Hipoplastik sol kalp sendromlu infantlar, zamanında doğar ve doğduklarında normal görünebilirler veya hafif siyanotik olurlar. Doğumda duktal açıklığı korumak için infantlara PGE1 infüzyonu gerekebilir. Duktus

açıklığı sağlanamazsa kalp yetmezliği ve ani sirkülatuar kollaps gelişebilir. (Gobergs et al., 2016)

Interrupted aortik ark, aortik arkın kesintiye uğraması ve devamlılığının olmaması ile karakterize edilen, nadir görülen fakat ciddi bir konjenital kalp hastalığıdır. Aortun proksimal ve distal uçları arasında doğrudan bir bağlantının bulunmaması ile tanımlanır. Sistemik dolaşımın sağlanabilmesi PDA (patent ductus arteriosus) ya da kollateral damarlara bağlıdır. Erken neonatal dönemde ciddi hemodinamik bozukluklara yol açabilir. DiGeorge sendromu ile ilişkilidir. Doğum sonrası duktus arteriozus kapanmaya başladığında distal aort ve alt ekstremitelere kan akışı ciddi biçimde azalır. Bu durum şiddetli asidoz, hipoperfüzyon, kardiyojenik şok ve multiorgan yetmezliğine yol açabilir. Alt ekstremitelerde hipotansiyon ve nabız kaybı görülür. Interrupted aortic arch, doğum sonrası erken dönemde hızla tanınması ve müdahale edilmesi gereken, yüksek mortaliteye sahip ciddi bir konjenital kalp hastalığıdır. Tedavi edilmezse ortalama yaşam süresi 4 gündür. Çoğu hastada PDA'nın kapanmasıyla metabolik asidoz ve hemodinamik kollapsla gelişir. Konjestif kalp yetmezliği de görülebilir. (Korsuize et al., 2021)

2.6. Konjenital Kalp Hastalıklarında Perfüzyon Teknikleri

EKD'a bağlı olarak ortaya çıkan fizyolojik olmayan yanıtlara rağmen doğumsal kalp anomalilerinin cerrahi tedavisinde EKD vazgeçilemeyen bir yöntemdir. Kullanılan pompalar, oksijenatörler, filtreler, tubing setler ve kanüller yetişkinlere kıyasla büyük değişimler göstermektedir. EKD'ye bağlı olarak ortaya çıkan sistemik inflamatuvar ve immünolojik reaksiyonlar yenidoğan, infantlarda önemli morbidite ve mortalite sebebidir. (Oldeen et al., 2021)

Pediyatrik EKD sırasında sıcaklık, hemodilüsyon ve kan akımı geniş farklılıklar gösterebilir. Derin hipotermi (5-20), düşük perfüzyon basınçları (20-30mmHg), Ph stratejileri (alfa-stat\ Ph-stat), total sirkülatuar arrest yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca EKD'ye bağlı olarak ortaya çıkan etkilerin pediatrie daha yaygın görülmesinin sebebi beyin, endokrin sistemi, akciğerler ve koagülasyon sistemlerinin henüz olgunlaşmaya başlamamış ya da tamamlanmamış olmasıdır. EKD devreleri, yetişkine kıyasla karşılaştırıldığında hala çok büyüktür. Bu durum hemodilüsyona, kanın şekilli elemanlarının tahribatına, pıhtılaşma faktörlerinin ve plazma proteinlerinin azalmasına neden olmaktadır. Yenidoğanlarda EKD sonrası renal fonksiyon bozukluğu ile daha sık

karşılaşılmaktadır. Pediatrik EKD uygulaması yetişkine yüzeysel olarak benzerlik gösterse bile temelinde çok önemli farklılıkları içermekte ve özel teknikler gerektirmektedir.(Walczak et al., 2021)

2.7. Serebral Fizyoloji

Beyin, bulunduğumuz çevreyi algılamamızı sağlar, konuşma, hafıza, düşünme, hareket ve birçok organı yönetme fonksiyonlarını yürütür, ayrıca stres korku heyecan anında kalp ve solunum hızını belirler. Metabolik ihtiyacı en fazla olan organdır. Beyin total vücut oksijen tüketiminin %20'sini kontrol eder.(Takahashi, 2022)

Willis poligonu beynin temel arterlerini birbirine bağlayan ve serebral dolaşımı düzenleyen bir sistemdir. Bu yapı oksijenlendirmenin sürekliliği için kritik öneme sahiptir. Serebral kan akışını dengelemek için yedek bir dolaşım mekanizmasına sahiptir. (Zarrinkoob et al., 2015)Eğer beyin arterlerinden birinde daralma, tıkanıklık veya kan akışında azalma olursa (örneğin karotis arter tıkanıklığı) Willis poligonu diğer arterlerden gelen kanı yönlendirerek beynin yeterli perfüze olmasını sağlar. Kan basıncında meydana gelen değişiklikleri karşılayarak kan akışını dengeler. Serebrovasküler olay (inme veya anevrizma) durumlarında kan akışı alternatif yollar ile sağlanarak iskemi riski en aza indirilir. Willis poligonu, kan akışının beynin yarımküreleri arasında geçişini sağladığı için antegrad serebral perfüzyon sırasında kritik öneme sahiptir. Willis poligonunun tam gelişmediği ya da eksik olduğu durumlarda iskemi riski artmaktadır.(Muskat et al., 2021)

Kardiyopulmoner bypass sırasında, anestezi altında serebral metabolizma ve serebral kan akımı azalmaktadır. Vücut sıcaklığı serebral kan akımında önemlidir. Vücut sıcaklığının her bir derecesindeki düşüşü merkezi sinir sisteminde glukoz tüketimini yaklaşık %5-10 değiştirmektedir.(J. Magistretti & Allaman, 2022) KPB'ta hemodilüsyon, sıcaklık değişimi ve non-pulsatile akım gibi farklı fizyolojik olmayan durumlar meydana gelmektedir. Bu şartlarda normal serebral fizyolojiyi belirlemek zordur. KPB' ta iken serebral oksijen ihtiyacı vücut sıcaklığına bağlıdır. Serebral perfüzyonu oksijen saturasyonu, parsiyel oksijen basıncı, parsiyel karbondioksit basıncı, hematokrit ve ortalama arter basıncı sağlamaktadır. Dolayısıyla bu değişkenler birlikte veya bağımsız hareket ederek serebral perfüzyonu artırabilir ya da azaltabilmektedir. Serebral oksijen sunumunun metabolik ihtiyacı karşılayabilmesi önem taşımaktadır.

KPB'ta serebral perfüzyonu; asit-baz tedavi stratejisi ve anestezi derinliği de etkilemektedir.(Spilka et al., 2021)

2.8. Serebral Kan Akımı

Beyin kan akımı %90 karotis arter aracılığı ile %10 vertebral arterler ile gerçekleşir. Arkus aort, brakiosefalik arter (innominat arter), sol karotis arter ve sol subklavian arter olmak üzere üç dala ayrılır. Brakiosefalik arter ise sağ subklavian ve sağ karotis arter olarak iki dala ayrılmaktadır. Sağ ve sol subklavian arterler üst ekstremitenin ana arterleridir ve boyun bölgesinden dallanırlar. Subklavian arterin arka üst tarafından vertebral arterler ayrılırlar. Vertebral arter yukarı doğru uzandıktan sonra kafa boşluğunu girmektedir. Daha sonra karşı vertebral arter ile birleşip baziler arteri oluşturmaktadır. Baziler arter karotis internal arterlerle birlikte "circulus arteriosus cerebreyi" şekillendirip beyininin beslenmesini sağlamaktadır.(Claassen et al., 2021)

Eksternal karotis arter baş ve yüzü beslerken internal karotis arter ise beyin ön ve iç kısmını besler. Vertebral arterler spinal kordu, beyin sapı ve beyin arka kısmını beslerler. Beyin venleri ise büyük venöz sinüse dökülür. Venöz kanın büyük kısmı internal juguler venler vasıtası ile kafatasından çıkmaktadır. Kalan kısım ise vertebral venler ile dönmektedir.(Nourhashemi et al., 2017)

2.9. KPB'nin Serebral Perfüzyona Etkileri

Serebral perfüzyon, kardiyopulmoner bypass esnasında beyin dokusunun oksijenlendirilmesi açısından kritik bir yer tutmaktadır. Operasyon sırasında uygulanan teknik, perfüzyon takip parametreleri, hastanın fizyolojik durumu ve nörolojik risk faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır.(Lim et al., 2016)

KPB esnasında serebral kan akışı normal fizyolojinin aksine non-pulsatil hale geçerve kalp atımına bağlı olarak oluşan fizyolojik pulsatil akım kaybolur. Uzun süreli non-pulsatil perfüzyonun serebral otoregülasyonu etkileyeceği düşünülmektedir. Serebral kan akış hızının azalması hipoperfüzyon olarak adlandırılır ve beyin iskemi riskini artırır. Serebral kan akımının olması gerekenin üstüne çıkarılması, yüksek perfüzyon basıncına ulaşılması hiperperfüzyon olarak bilinir ve bu durum serebral ödem ve kanama sebebidir.

Normal koşullarda serebral otoregülasyon ile basınç değişikliklerinde serebral kan akışı sabit tutulur. Ancak KPB sırasında uygulanan hipotermi ve kullanılan anestezi

ajanlar otoregölasyonu baskılayabilir. KPB esnasında uygulanan hipotermi serebral metabolizma hızını düşürerek enerji ihtiyacını azaltır. Bu durum yetersiz perfüzyona karşı koruyucu bir yapı olur.(Ferradal et al., 2017)

KPB sırasında kan gazı yönetimi serebral perfüzyon için önemli bir yere sahiptir. Alfa-stat yöntemi otoregölasyonu koruyarak serebral akışı metabolik ihtiyaçlara göre optimal hale getirir. pH-stat yönetiminde ise hipokapni önlenerek serebral kan akışının artması hedeflenir. DHCA esnasında tercih edilen kan gazı yönetimidir.

KPB sırasında mikroemboliler nörolojik komplikasyon sebebidir. Hava kabarcıkları, hızlı soğuma ve ısınmaya bağlı olarak oluşabileceği gibi perfüzyon devresinden kaynaklı olarak da meydana gelebilir. Kateterizasyon ya da kanülasyon esnasında partiküller ve trombüs emboli riski oluşturabilir. Mikroemboliler serebral disfonksiyon sebebidir.(Faraoni et al., 2019)

KPB altında PaCO₂ seviyesinin düşmesi serebral vazokonstriksiyona neden olabilir. PaCO₂ seviyesinin yükselmesi ise serebral vazodilatasyon yaparak hiperperfüzyona sebep olur. PaO₂ azalması hipoksemi olarak bilinir ve serebral iskemi sebebidir.Nörolojik komplikasyonların azaltılması için optimal perfüzyon basıncının (50-80 mmHg) korunması, hipotermi, kan gazı yönetiminin ve kan akışının kontrollü ve hasta bazlı yapılması gerekmektedir. Bu stratejiler nörolojik komplikasyon riskini azaltarak daha iyi sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. (Dehaes et al., 2015)

2.10. Aort Cerrahisinde Serebral Koruma Yöntemleri

Beynin istirahat halindeki metabolik hızı vücudun diğer organlarından 7 kat daha fazladır. Glikoz beyinin esas enerji kaynağıdır ve beyinde depolanamaz. Bu nedenle beyin, oksijen ve glikozu yeterli bir kan akımı ile sürekli olarak alması gerekmektedir. Beyinde metabolik ihtiyaca göre kan akımı sürekli değişmektedir. Değişen perfüzyon basınçlarında sabit akım sağlayan oto regölasyon sistemi de bulunmaktadır. Beyin hücrelerini asidozdan korumak için hipotermi önemli bir yer tutmaktadır. (Qu et al., 2021)

Kardiyak cerrahide hipotermi kullanılarak serebral koruma yöntemleri zaman içinde gelişmiştir. Bu yöntemler;

- Derin Hipotermik Sirkülatuar Arrest (DHSA ya da TCA)
- Retrograd Serebral Perfüzyon (RSP)
- Antegrad Serebral Perfüzyon (ASP)'dur. (Abjigitova et al., 2022)

2.10.1. Derin hipotermik sirkülatuar arrest (DHSA veya TCA)

Cerrahi sırasında dolaşımın tamamen durdurulduğu, metabolik aktiviteyi en aza indirmek için vücut ısısının derin hipotermi seviyelerine düşürüldüğü tekniktir. Aort cerrahisi ve komplike kardiyovasküler cerrahi uygulamalarında beynin ve diğer organların korunduğu yöntemdir. Komplike cerrahi işlem sırasında cerrahi alanı rahatlatmak amacıyla tercih edilebilir. Vücut sıcaklığı düştüğünde oksijen tüketimi ve metabolik ihtiyaç belirgin biçimde azalır. Derin hipotermi (18–20°C) sırasında hücrelerin enerji ihtiyacı minimum seviyeye iner. Bu durum ise dolaşımın geçici olarak durdurulmasına ve cerrahi işlemin güvenli şekilde yapılmasına olanak sağlar. Derin hipotermik sirkülatuar arrest sırasında dolaşımın durdurulması cerrahi görüşü artırır, ancak dolaşımın durdurulması 20-40 dakika güvenli aralık sağlar. Sürenin uzaması durumunda nörolojik komplikasyon oluşma riski çok yüksektir. (Gocoł et al., 2021) Cerrahi işlem tamamlandıktan sonra kalp akciğer pompası ile dolaşım tekrar başlatılır. Burada unutulmaması gereken en önemli noktalardan biri hastanın derin hipotermiden döndürülmesinin hızlıca yapılmaması gerektiğidir. Hızlı ısıtma gaz embolisi riskine sebep olacağından sıcaklık kademeli artırılmalıdır. Arkus aort anevrizmaları, aort diseksiyonları, kompleks konjenital kalp anomalileri, büyük serebral damarları içeren cerrahi işlemlerde derin hipotermik sirkülatuar arrestten yararlanır. (Das et al., 2021) Hipotermi sayesinde güvenli iskemi süresi uzatılır ve kan akışından arındırılmış cerrahi alanda etkin bir çalışma sağlanabilir. Derin hipotermik sirkülatuar arrestin ciddi risklere sahip olduğu bilinmelidir. Dolaşım durdurma süresinin üzerine çıkıldığında beyin dokusu hasarı ve iskemisi görülebilir, hipotermi pıhtılaşma sistemini negatif yönde etkilediği için kanama riskini artırabilir, kan dolaşımı tekrar başladığında hücresel hasar, inflamasyon tablosu görülebilir ve uzun süreli hipotermi ile dolaşımın durdurulması sebebiyle böbrek-karaciğer gibi organlarda fonksiyon bozukluğuna sebebiyet verilebilir. Bu risklerin önüne geçmek için antegrad ya da retrograd serebral perfüzyon yapılması, nöroprotektif ilaçlar (barbitüratlar) ile beyin metabolizması azaltılabilir. Bu nedenle dolaşımın durdurulması gereken karmaşık cerrahi işlemler sırasında organ korunmasını sağlamak için kullanılan bir yöntem olduğu bilinmekle beraber ek koruma yöntemleri ile birleştirilerek uygulanması gerekmektedir. (Kosiorek et al., 2022)

2.10.2. Retrograd serebral perfüzyon (RSP)

Cerrahi işlem sırasında beyin dokusunun oksijen ihtiyacının karşılanması, serebral iskemi riskinin azaltılması için kullanılan beyin koruma yöntemidir. Bu teknikte oksijenize kan venöz sisteme (süperior vena kava) verilerek akış yönünün tersine bir akım ile beyin koruması sağlanmış olur. Aort cerrahisi, derin hipotermik sirkülatuvar arrest (DHCA) sırasında uygulanabilir. (Samanidis et al., 2021) Beyin venöz sistemine kan akışı sağlayarak metabolik atıkları uzaklaştırmak ve serebral iskemi süresini tolere edilebilir seviyede tutmaktır. Kan akışı süperior vena kava (SVC) yoluyla venözden artere olarak şekilde iletilir. Kan, süperior vena kava aracılığı ile jugular venler ve beyin venöz sinüsleri yoluyla arteriyel sisteme retrograd yönde ulaştırılır. Retrograd akış hızı 200-500 ml/dk arasında tutulur. Süperior vena kava basıncı 20-25 mmHg olarak ayarlanmalıdır. Yüksek basınç serebral venöz tıkanıklık veya ödem riskini artırır. Serebral oksijenlenmeyi izlemek için yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) kullanılır. Kan gazı ve oksijen-karbondioksit seviyeleri takip edilmelidir. RSP, beyin dokusunda biriken laktik asit ve metabolik atıkların uzaklaştırılmasını sağlar. Ancak retrograd akış beyin tüm bölgelerine etkili şekilde ulaşmayabilir. Willis poligonunun distal bölgeleri yetersiz akıma maruz kalabilir. Arkus aort cerrahisi sırasında DHCA uygulamalarında, komplike aort anevrizmalarında ve alternatif serebral koruma yöntemleri kullanılmadığı durumlarda retrograd serebral perfüzyon tercih edilebilir. RSP cerrahi sırasında serebral oksijenlendirmeyi artırarak nörolojik komplikasyonları en aza indirmeyi hedefler. Ancak ASP yöntemi ile birlikte veya gereklilik durumunda yedek bir teknik olarak tercih edilir. (Takagi et al., 2019)

2.10.3. Antegrad serebral perfüzyon (ASP)

Kardiyovasküler cerrahide kullanılan beyin koruma yöntemlerinden biridir. Doğal anatomik yapıya uygun olarak beyin arteriyel sistemine oksijenize kan akımının gerçekleşmesini sağlayan yöntemdir. ASP özellikle doğumsal kalp anomalilerinin cerrahisinde, aort cerrahisinde veya aort diseksiyonu gibi patolojilerde kullanılır. (Tian, Weller, et al., 2019) Serebral koruma yöntemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Beyin dokusunun yeterli perfüzyonunu sağlama, beyin fonksiyonlarını koruma ve nörolojik komplikasyon riskini azaltmak için antegrad serebral perfüzyon klinikte büyük öneme sahiptir. ASP'nin en büyük avantajlarından biri ılımlı hipotermi (28–32°C) ile beyin korumasının ve perfüzyonunun sağlanabilir olmasıdır. (Kornilov et al., 2015) ASP için

kanülasyon yeri olarak sağ karotis, sol karotise direkt olarak veya sağ subklavian artere greft kullanılarak kanülasyon uygulaması tercih edilir. ASP kan akış hızı 10-20 ml/kg/dk olarak hesaplanır. Ortalama arter basıncının ise 50-70 mmHg arasında tutulması hedeflenir. ASP'nin yeterliliğinin değerlendirilmesi için NIRS cihazı ile kan akışının bölgesel oksijenlenmeye etkisi gözlemlenir. NIRS monitörizasyonuna ek olarak kan gazı analizleri, oksijenlenme ve karbondioksit seviyeleri takip edilmelidir. ASP'nin sonlandırılması ve tekrar normal kan akışı sağlandığında perfüzyon yeterliliği değerlendirilmeli, oksijenlendirme, kan gazı ve NIRS parametreleri göz önünde bulundurulmalıdır. ASP sırasında hipotermi uygulaması beyin metabolik ihtiyacını azalttığı için nörolojik açıdan da önemlidir. Kan akışının yönlendirilmesinde hastanın damar anatomisi ve cerrahın çalışma stratejisine bağlı değişkenlik gösterebilir. ASP cerrahisi sırasında iskemi riskinin azaltılması ve nörolojik komplikasyonların önlenmesi için büyük önem taşımaktadır.(Okita et al., 2015)



Şekil 4: Antegrad Serebral Perfüzyon

2.10.3.A. Unilateral Antegrad Serebral Perfüzyon (UASP)

Unilateral ASP, oksijenize kanın beyin tek bir yarımküresine genel olarak sağ karotis arter yolu ile gerçekleştirilir. Beynin karşı yarımküresi, Willis poligonu aracılığı ile perfüze edilir. Willis poligonu, sağ ve sol beyin damarları arasında kan akışını sağlayan arteriyel bir bağlantı ağıdır. Sadece bir arterin kanülasyonu ile uygulanabildiği için daha az invaziv risk taşımaktadır.(Wang et al., 2020)

2.10.3.B. Bilateral Antegrad Serebral Perfüzyon (BASP)

Bilateral antegrad serebral perfüzyon, oksijenize kanın her iki karotis arter aracılığıyla beyin iki yarımküresine birden akış sağlamaktadır. Hem sağ hem sol karotis arterlere kanül yerleştirilir. Beynin her iki yarımküresine eşit miktarda kan gönderilir.(Tian, Wilson-Smith, et al., 2019) Willis poligonunun tam işlevsel olmadığı

durumlarda her iki yarımküreye doğrudan kan akışı sağlanmış olur. Her iki arterin kanüle edilmesi gerektiğinden invaziv girişim riski daha yüksektir. Willis poligonunun tam işlevsel olmadığı durumlarda bile her iki yarım küreye doğrudan bir kan akışı olmaktadır.(Carrel et al., 2023)

2.11. Kalp Cerrahisinde Serebral Monitörizasyon

Beyin fizyolojisini ve fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir. Cerrahi girişimler, travma, inme ve yoğun bakımda serebral kan akımını ve oksijenlenmeyi izlemek için kullanılır. Serebral monitörizasyon ile oksijenlenme ve kan akışını takibi yapabilmek, iskemi ve hipoksi riskini azaltmak ve nörolojik fonksiyonları korumak için büyük öneme sahiptir. Serebral perfüzyonu izlemek için kullanılan yöntemler şunlardır;

- EEG: Beyin elektriksel aktivitesinin ölçülmesini sağlar. Özellikle iskeminin tespitinde kullanılır. İzole EEG değişiklikleri hipoksi ve iskemide belirginleşir.
- BIS: Anestezi derinliğinin değerlendirilmesinde kullanılır.
- TCD: Kafatası içindeki büyük kan damarlarında gerçekleşen kan akımının takibinde kullanılır.
- NIRS: Beyin dokusundaki oksijen saturasyonunu ölçmek için kullanılan noninvaziv bir yöntemdir.

Serebral monitörizasyon fizyolojik süreçlerin devamlılığını sağlamak ve patolojik durumları önleyebilmek için önemlidir. Nörolojik komplikasyonları azaltmak, hasta sonuçlarını iyileştirmek için önemli bir araç olmaktadır.(Dix et al., 2017)

2.12. Antegrad Serebral Perfüzyon Sırasında Serebral Monitörizasyon

ASP sırasında serebral fonksiyonların korunabilmesi, iskeminin önlenmesi için monitörizasyon önemli bir yer tutmaktadır. ASP, aort cerrahisi sırasında derin hipotermi ve dolaşım arresti ile birlikte kullanılan serebral koruma tekniğidir. Serebral oksijenlenmenin izlemi noninvaziv yöntem olan yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) ile ölçülür. Kafa derisine yapıştırılan sensör pedler ile ölçüm yapılır. Bölgesel serebral oksijenlendirme (rSO₂) %60-70 arasında tutulur. rSO₂'de %20'den fazla düşüş hipoperfüzyonun göstergesidir. Hücrelerin metabolik durumunu değerlendirmek için ise glukoz, laktat, pH parametreleri takip edilir. Laktat/piruvat oranında artış anaerobik metabolizmayı gösterir. Derin hipotermi serebral metabolizma hızını azaltmaktadır.

Serebral metabolizma her 1°C düşüşte %6-7 azalmaktadır. Serebral koruma stratejilerinin başarısı kritik öneme sahip olmakla birlikte antegrad serebral perfüzyon sırasında kapsamlı bir monitörizasyon protokolü uygulanmaktadır. Komplikasyonları önlemek ve fonksiyonları korumak bu şekilde mümkün olmaktadır.(Qu et al., 2021)

2.13. Near İnfrared Spectroscopy (NIRS)

Non-invaziv olarak bölgesel serebral oksijenasyonu(rso2) ölçen bir monitörizasyon yöntemidir. Fronto-temporal bölgeye yerleştirilen prop yardımı ile hem ekstrakraniyal hem de beyin dokusundan verileri aktarmaktadır.(Silverton et al., 2021) Başlangıç değeri önemlidir mutlaka kaydedilmelidir. Serebral değerden %10 veya daha az görüldüğünde şok durumu kabul edilmektedir. Serebral rSO2'yi arttırmak için beyne oksijen sunumunun artırılması gerekmektedir. Bu sebeple PaCO2'nin, hemoglobin değerinin ve kalp debisinin artırılması gerekebilir. Bir diğer yöntem ise oksijen ihtiyacını azaltmaktır bunun için vücut sıcaklığının düşürülerek serebral metabolik hızın (her 10 °C için %7-10) azaltılması sağlanmaktadır. (Levy et al., 2024)

Günümüzde kalp cerrahisinden sonra nörolojik morbidite ciddi bir problemdir. Nörolojik hasarın önüne geçebilmek için beyin etkili bir şekilde monitörize edilmelidir. NIRS kardiyak cerrahide ideal bir serebral monitörizasyondur. Başlangıç değerine göre %20 azalma sonuçlar üzerinde etki göstermektedir. (Sood et al., 2015)

2.14. KPB'nin Böbrekler Üzerine Etkisi

KPB'nin böbrekler üzerine etkileri hemodinamik değişiklikler, enflamatuar yanıt ve hipoksidir. Bu etkiler akut böbrek hasarını (ABH) tetikler niteliktedir. Hastanın klinik seyri bu sebeple olumsuz etkilenebilir. Böbrek kan akışının azaldığı durumlarda özellikle düşük kardiyak output ve yetersiz kan basıncı böbrek perfüzyonunda azalmaya neden olur. KPB esnasında hipotermi uygulaması metabolik hızı azaltır ancak hipotermi renal vazokonstriksiyona neden olarak kan akışını azaltabilir. Hasta yeniden ısıtılmaya başlandığında hızlı sıcaklık değişimleri böbrek fonksiyonlarını etkiler.

KPB'de kullanılan priming solüsyonları hemodilüsyona sebebiyet verir. Bu durum hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesinde azalmaya neden olur ve böbrek hipoksik kalır. KPB sırasında kan, yabancı yüzey alanları ile temas ettiği için kompleman sistem aktive olur, geniş bir enflamatuar yanıt oluşur. Sitokin salınımı böbrek dokusunda enflamasyon ve hasar sebebidir.(S.-M. Yuan, 2019)

KPB esnasında böbrekler düşük perfüzyon nedeniyle iskemiye uğrayabilir. Bypass sonrası yeniden perfüzyonun başlaması reperfüzyon hasarını doğurur. Bu sebeple hücrel hasar artar, geçirgenlik ve glomerüler filtrasyon hızında (GFR) azalma görülür.

KPB'nin en önemli böbrek komplikasyonu olarak akut böbrek hasarı (ABH) bilinir. KPB öncesinde bilinen böbrek rahatsızlığı, diyabet, hipertansiyon, düşük kardiyak debi ve uzamış bypass süreleri ABH tablosunun oluşmasına neden olur. Klinik olarak serum kreatinin seviyesinde artış, idrar çıkışında azalma ve elektrolit dengesizlikleri ile birlikte seyredilir.(O'Neal et al., 2016)

KPB'nin böbrek fonksiyonları üzerine etkisini azaltmak için hastanın hemodinamisi korunmalıdır. Optimal perfüzyon basıncı bu nedenle önemlidir. Hipoterminin kademeli olarak uygulanması ve yeniden ısıtmanın kontrollü olması gerekmektedir. KPB sırasında fazla sıvının ve enflamatuvar ajanların uzaklaştırılması hemofiltrasyon ile sağlanmalıdır.(Thiele et al., 2015)

KPB böbrek fonksiyonlarını birçok faktör ile etkilemektedir. En büyük sebepler yetersiz perfüzyon, enflamasyon, uzun bypass süreleri, preoperatif böbrek fonksiyon bozukluklarıdır. Etkin monitörizasyon böbrek hasarını önlemede kritik öneme sahiptir.(Wang & Bellomo, 2017)

2.15. Distal Perfüzyon

Distal perfüzyon, kan akışının doğal yollarla sağlanamadığı distal bölgelerdeki organ ve dokulara kan akışı sağlamak için uygulanan yöntemdir. Özellikle kardiyovasküler ve aort cerrahisinde iskemi riskini azaltmak ve hedef dokuların oksijenlenmesini sağlamak için uygulanır. Normal dolaşımın geçici olarak kesildiği cerrahi işlemlerde distal organ ve dokulara kan akışının devam etmesi için yapılır. (Kılıç et al., 2022)Aortta cerrahi onarım yapılırken distal perfüzyon ile böbrekler, bağırsaklar ve spinal korda kan akışının devam etmesi sağlanmış olur. Distal perfüzyon için en yaygın kullanılan kanülasyon bölgesi femoral arterdir. Femoral arterden yerleştirilen kanülden oksijenize kan distal bölgelere ulaştırılır. Distal perfüzyon ile dokulara yeterli oksijen taşımak için sürekli bir akım sağlanır. Akış hızı ise hedef organ ihtiyacına göre değişiklik gösterebilir. (Kulyabin et al., 2020)Özellikle aort cerrahisi sırasında spinal kord iskemisinin önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Böbrekler, bağırsaklar ve alt ekstremitelerde kan akımının sürdürülmesi sağlanmış olur. Kanül yerleşimi sırasında invaziv girişim zorluğuna bağlı olarak damar hasarı ya da tromboz riski, embolizasyon

önemli risk faktörleridir. Distal perfüzyon, iskemiye karşı doku ve organları korumak için geliştirilmiştir. Doğru uygulanması komplikasyon riskini azaltmaktadır. Ancak yeterli perfüzyonun değerlendirilmesi, akış hızı, basınç kontrolü ve perfüzyonun etkinliği denetlenmelidir. Bu teknik cerrahinin önemli bir parçası olmuştur.(Boburg et al., 2020)



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma, yenidoğan kalp cerrahisinde uygulanan antegrad serebral perfüzyona ek distal perfüzyon yönteminin hasta hemodinamiği, böbrek ve karaciğer fonksiyonları ile postoperatif süreç üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Spesifik olarak, bu perfüzyon yönteminin yenidoğan hastalarda cerrahi sırasında ve sonrasında biyokimyasal ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

3.2. Araştırmanın Şekli

Araştırma retrospektif bir düzende tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında, 2017-2023 yılları arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin pediatrik kalp ve damar cerrahisi kliniğinde arkus aort cerrahisi yapılan hastalar retrospektif olarak incelenmiştir. Veriler hasta kayıtları, hemşire ve doktor günlükleri ile biyokimyasal test sonuçlarından elde edilmiştir.

3.3. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma Ocak 2024 – Haziran 2024 tarihleri arasında İstanbul ilinde bulunan Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi pediatrik kalp ve damar cerrahisi kliniğinde gerçekleştirilmiştir.

3.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini; Ağustos 2017 -Ekim 2023 tarihleri arasında eğitim araştırma hastanesinin pediatrik kalp ve damar cerrahisi kliniğinde arkus cerrahisi tamiri yapılan hastalarda elektif şartlarla operasyona alınan antegrad perfüzyon ile birlikte distal perfüzyon uygulanan ya da antegrad serebral perfüzyon uygulanan hastalar oluşturmuştur.

Çalışmanın örneklemini ise; Yenidoğan arkus aort cerrahisinde antegrad serebral perfüzyon ile birlikte distal perfüzyon uygulanan otuz iki hasta (Grup 1, n=32) ile antegrad serebral perfüzyon uygulanan kırk hasta (Grup 2, n=40) oluşturmuştur.

3.4.1. Araştırmaya kabul edilme ve dışlanma kriterleri

Yenidoğan döneminde arkus cerrahisi uygulanan ve elektif şartlarla operasyona alınan vakaları kapsamaktadır. Acil cerrahi gerektiren vakalar, ek anatomik anomalilere sahip olan hastalar ve eksik veri içeren dosyalar araştırmaya dahil edilmemiştir.

3.5. Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada veri toplama yöntemi olarak doküman / kayıt incelemesi seçilmiştir. Veri olarak 2017-2023 yılları arasında yapılan 72 adet arkus aort cerrahisi kayıtları alınmıştır. Bu kayıtlara hastane bilgi yönetim sistemi ve arşiv üzerinden elde edilmiştir. İçerik olarak; biyokimyasal test parametreleri ve hasta prognozunu içerir. Bu verilerden biyokimyasal test parametresi olanlar hastane bilgi yönetim sistemi (HBYS) ve vaka esnasında tutulan, perfüzyon hasta takip formundan elde edilmiştir. Hasta prognozu ise hastane bilgi yönetim sistemi (BYS) ve hasta dosyası arşiv kayıtlarında geçen günlük hemşire gözlem notları ve günlük doktor gözlem notlarından elde edilmiştir. Araştırmada; neonatal arkus aort cerrahisi esnasında uygulanan antegrad serebral perfüzyon (ASP) ile birlikte distal perfüzyon işlemlerinin operasyon esnasında ve sonrası süreçte hasta seyri üzerine olan etkilerinin karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için kullanılan verilerden biyokimyasal testler şunlardır; arter kan gazında laktat ve baz açığı, periferik venöz kandan kreatinin ve bilirubindir. Operasyon esnasında elde edilen NIRS (Nearinfraredspectroscopy) ile elde edilen serebral ve renal doku oksijen saturasyonu ve klinik gözlem notları da hasta seyri üzerine etkinin araştırılması için kullanılmak üzere alınmıştır. Bu çalışmada bağımsız değişken ASP ve distal perfüzyon işlemi olup bağımlı değişkenler ise laktat, baz açığı, bilirubin, kreatinin, NIRS-c ve NIRS-r dir.Araştırmada hastaların demografik özellikleri; yaş, cinsiyet, boy, kilo, BSA değerleri kaydedilmiştir. Preop, perop ve postop idrar çıkışı takibi, hemodinami, böbrek fonksiyonları açısından değerlendirilmesi, vaka sonrası prognozunun takibi yapılmıştır.

3.6.Verilerin Analizi

Çalışmada sürekli ölçümler ortalama ve standart sapma kategorik ölçümler sayı ve yüzde olarak özetlendi. Normal dağılımı uygunluk kolmogrov Smirnov testi kullanılarak gerçekleştirildi.

Normal dağılım varsayımını karşılayan parametrelerde iki grup arası ortalamaların karşılaştırılması bağımsız örneklem T testiyle karşılamayan parametrelerde ise Mann-

whitney u testiyle değerlendirildi. Tekrarlayan ölçümlerin ortalamaları Wilcoxon sıra işareti testiyle, kategorik ölçümler arasındaki ilişkiler ise Fisher's exact test ve ki-kare testiyle değerlendirildi. Verilerin analizi IBM SPSS Statistics v.26 ile gerçekleştirildi. Tüm ölçümlerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ kabul edildi.

3.7. Kardiyopulmoner Bypass Protokolü

Olgular ameliyat odasına alındıktan sonra, standart monitörizasyon prosedürleri kapsamında elektrokardiyografi (EKG), noninvaziv kan basıncı ve periferik nabız satürasyonu ölçümleri yapılmıştır. Ek olarak, serebral ve renal oksijenasyonu izlemek amacıyla hastaların frontal ve renal bölgelerine yerleştirilen pediatrik rSO₂ probrarı, Masimo cihazına bağlanarak sürekli bir takip sağlanmıştır.

Hastalara premedikasyon olarak intravenöz (IV) midazolam (0,05-0,1 mg/kg) uygulanmıştır. Anestezi indüksiyonu sırasında midazolam (0,05-0,1 mg/kg), fentanil (2-3 µg/kg), propofol (1-2 mg/kg) ve esmeron (0,6-1,2 mg/kg) kombinasyonu kullanılmıştır. Anestezi indüksiyonunu takiben hastalar entübe edilerek mekanik ventilasyona alınmıştır. Anestezi idamesi sırasında sevofluran (%1-3), %50 oksijen ve %50 hava karışımı tercih edilmiştir. Ayrıca Ultiva infüzyonu (0,05-0,2 µg/kg/dk) uygulanarak anestezi sürecinin sürdürülebilirliği sağlanmıştır.

İnvaziv monitörizasyon için arteriyel kan basıncı ölçümüne yönelik arter kanülasyonu yapılmış, santral venöz basınç takibi amacıyla santral venöz kateter yerleştirilmiştir. İntraoperatif vücut sıcaklığı, rektal ısı probu ile izlenmiştir.

Operasyon sırasında kullanılan cihazlar arasında Stöckert S5 roller pompa (Stöckert Instrumente GmbH, Münih, Almanya), Stöckert 3T Heater-Cooler System (LivaNova PLC) ve yenidoğan tüp seti ile birlikte Terumo Capiox FX 05 entegre filtreli oksijenatör (Terumo Corporation, Tokyo, Japonya) yer almıştır. Her iki grupta da standart santral kanülasyon yöntemi uygulanmıştır.

Arteriyel kanülasyon, hastaların beden yüzey alanı (BSA), damar çapı ve akış hızı göz önüne alınarak uygun boyuttaki kanüllerle (6-8-10 Fr, DLP™ Pediatric One-Piece Arterial Cannulae) gerçekleştirilmiştir. Venöz kanülasyon ise benzer şekilde, hasta BSA değerleri dikkate alınarak 8-10-12-14 Fr kanüller (Bio-Medicus™ NextGen Femoral Venous Cannulae) ile sağlanmıştır. Vena cava superior ve inferior kanülasyonunun ayrı ayrı yapılması gereken durumlarda, vena cava superior için 12-14 Fr (DLP™ Single-

Stage Venous Cannulae with Right Angle Metal Tip) ve vena cava inferior için 12-14-16 Fr kanüller kullanılmıştır.

KPB sırasında pompa akış hızları hastaların vücut sıcaklığına göre 2-2,6 L/dk/m² arasında ayarlanmıştır. Ortalama arter basıncı ise 30-50 mmHg aralığında tutulmuştur.

KPB devresinde kullanılan prime solüsyon, şu bileşenlerle hazırlanmıştır:

İzolen Dengeli Elektrolit Solüsyonu (Polifleks, Polifarma, Tekirdağ),

Heparin (Nevparin, Mustafa Nevzat, İstanbul, Türkiye),

Sodyum bikarbonat (%8,4 molar, Osel, İstanbul, Türkiye),

Mannitol (%20, Polifleks, Polifarma, Tekirdağ).

İlk olarak, KPB devresi 200 ml izolen dengeli solüsyon ile doldurularak oksijenatör ve tubing set üzerinden geçirilmiş ve boşaltılmıştır. Sonrasında, hastanın kilosuna bağlı olarak albümin miktarı (Prime hacmi x 3,5 x 0,01 formülü ile) hesaplanarak sisteme dahil edilmiştir. Ayrıca, eritrosit süspansiyonu ihtiyacı aşağıdaki formüllerle belirlenmiştir:

- Hasta Kan Volümü = Kilogram x 0,85
- Hedef Eritrosit Süspansiyonu (ES) = (Hasta Kan Volümü + Primer Hacmi) x İstenen Hematokrit
- Gerekli ES Miktarı = Hedef ES - (Hasta ES / 0,70)

Prime solüsyona ayrıca mannitol (kg x 2,5), sodyum bikarbonat (kg x 1), heparin (3000 IU), prednol (kg x 30) ve kalsiyum (1 cc) eklenmiştir. Bunun yanı sıra, anestezi ekibi tarafından hazırlanan antibiyotik ve mide koruyucu ilaçlar da prime solüsyona dahil edilmiştir. Prime solüsyonundan sonra devrede kan dönmeye başladıktan sonra, kan gazı analizleri yapıp ve eksik elektrolitler tamamlanmıştır.

Her iki grupta miyokard koruması gereken durumlar için Del Nido Kardiyopleji kullanılmıştır. Delnido solüsyonu, aşağıdaki bileşenlerle hazırlanmıştır:

Mannitol (%20, 8.15 ml),

Magnezyum sülfat (8 mEq, 6.7 ml),

Sodyum bikarbonat (6.5 ml),

Lidokain (%2, 3.25 ml),

Potasyum klorür (%7,5, 13 ml).

Hazırlanan solüsyon 1:5 oranında kan ile karıştırılarak tamponize edilmiş ve başlangıç dozu olarak kilo x 20 ml hesabıyla kardiyopleji uygulanmıştır. Miyokard koruması, ilave dozlar (kilo x 10 ml) ile 60-90 dakikalık aralıklarla sürdürülmüştür. Del Nido Kardiyopleji'nin güvenli koruma süresi 90-120 dakika olarak belirtilmiştir.

Operasyon sonunda tüm vakalarda modifiye ultrafiltrasyon uygulanmıştır. Bu süreçte, Disposet FX Class Pediatric Dialyser kullanılmıştır. Ultrafiltrasyon, arterden artere teknikle ve roller pompaüzerinden (0,01-0,03 rpm) kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Grup 1 de yer alan hastalara femoral arter üzerinden açılan katater aracılığı ile antegrad serebral perfüzyona ek olarak distal perfüzyon yapılmıştır.



4. BULGULAR

ASP + distal perfüzyon yapılan bebeklerin sıcaklık değerleri anlamlı düzeyde daha yüksek ($p<0,001$), pompa süreleri ise anlamlı düzeyde daha yüksek izlendi ($p=0,009$).

Tablo 1: Klinik Bilgiler

	ASP+Distal perfüzyon		P
	Yapıldı (n=32)	Yapılmadı (n=40)	
	Ortalama±Std. Sapma Medyan (Min-Max)	Ortalama±Std. Sapma Medyan (Min-Max)	
Yaş (gün)	24,91±43,67 11(4-180)	29,60±65,72 7(1-330)	0,730 [†]
Boy (cm)	46,97±6,01 45(40-62)	45,45±5,76 45(40-59)	0,279 [†]
Kilo (kg)	3,34±0,97 3(2-6,6)	3,29±0,84 3,2(2,2-7,3)	0,813 [†]
Bsa	0,21±0,04 0,2(0,16-0,34)	0,22±0,04 0,21(0,17-0,37)	0,568 [†]
Sıcaklık (C°)	32,37±1,60 32,5(30-35)	30,08±2,63 30(25-33)	<0,001 ^{†*}
Pompa Süresi	135,59±74,00 108(52-350)	185,38±82,21 162,5(77-386)	0,009 ^{†*}
Cross Süresi	61,22±53,08 43,50(8-219)	63,20±49,38 49(3-203)	0,901 [†]
Serebral Perf. Süresi	-	52,00±24,79 48,50(11-120)	
Miyokardiyal+Serebra Perf. Süresi	36,19±9,66 36(16-53)	-	
Umbilikal Arter Perfüzyon Süresi	40,47±11,24 40(20-63)	-	
Muf Miktarı	167,81±69,87 190(50-350)	53,50±67,05 0(50-250)	<0,001 ^{†*}
Hemofiltrasyon Miktarı	191,87±251,22 150(10-1520)	114,62±66,90 110(10-300)	0,027 ^{††*}
Mean Basınç	44,41±2,01 44,5(41-48)	46,55±3,87 46(41-57)	0,006 ^{†*}
Entübe Takip Süresi	8,62±6,10 6(3-25)	16,67±18,08 7(3-59)	0,369 ^{††}
Yoğun Bakım Yatış Süresi	17,09±12,64 15,5(1-65)	21,69±32,56 8(1-176)	0,182 ^{††}

([†]Bağımsız Örneklem T-Testi, ^{††}Mann-Whitney U Testi * $p<0,005$)

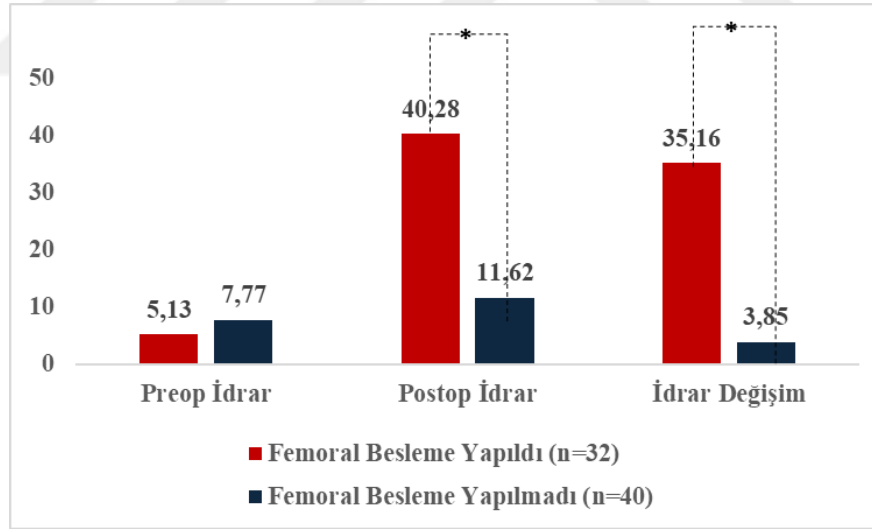
Muf miktarı ($p<0,001$) ve hemofiltrasyon miktarı ($p=0,027$) da ASP + distal perfüzyonyapılan grupta daha düşük, ortalama basınç ise daha düşük görüldü ($p=0,006$).

Tablo 2: İdrar Çıkış Değerlerinin ASP+Distal perfüzyon Yapılan ve Yapılmayan Bebeklerde Karşılaştırılması

	ASP + Distal perfüzyon		p
	Yapıldı (n=32)	Yapılmadı (n=40)	
	Ortalama±Std. Sapma Medyan (Min-Max)	Ortalama±Std. Sapma Medyan (Min-Max)	
Preop İdrar	5,13±10,58 0(0-50)	7,77±8,55 5(0-30)	0,244
Postop İdrar	40,28±41,22 26(5-190)	11,62±9,87 9,50(0-35)	<0,001 ^{†*}
İdrar Değişim	35,16±34,60 20(5-140)	3,85±3,19 3(0-14)	<0,001 ^{†*}

[†]Bağımsız Örneklem T-Testi, *p<0,005

Hastaların preop ve post op idrar miktarları arasında anlamlı değişim gözlemlendi (p<0,001). ASP-distal perfüzyon yapılan grupta preoperatif idrar çıkışları yapılmayan gruba benzer iken (p=0,244) postoperatif dönemde ASP+distal perfüzyon yapılan grubun idrar çıkışları yapılmayan gruba göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görüldü (p<0,001). İdrar miktarındaki değişim de benzer şekilde ASP + distal perfüzyon yapılan grupta yapılmayan gruba göre daha yüksek artış gösterdi (p<0,001).



Şekil 5:Femoral Besleme Tablosu

Tablo 3: Böbrek Fonksiyon Değerlerinin Preoperatif ve Postoperatif Ölçümlerinin Tüm Hasta Grubunda Karşılaştırılması

	Preop (n=32)	Postop (n=40)	p
	Ortalama±Std.Sapma Medyan (Min-Max)	Ortalama±Std.Sapma Medyan (Min-Max)	
Ürik Asit	4,98±3,13 4,20(0,68-22)	5,34±2,01 5,10(2,20-14)	0,015^{¶*}
Krea	0,64±0,34 0,58(0,18-2,40)	0,72±0,21 0,70(0,32-1,58)	<0,001^{¶*}
BUN	23,40±15,47 19,50(4,10-67,10)	42,04±40,28 32,25(4,80-278)	<0,001^{¶*}
HCO ₃	25,77±3,91 25,50(18,20-38,70)	24,85±4,52 24,85(13,70-35,90)	0,066
AST	59,24±97,25 35(15,00-790)	109,87±107,14 85(10,40-650)	<0,001^{¶*}
ALT	37,33±72,78 17,50(5-565)	39,42±84,75 12,50(3-486)	0,013^{¶*}
ALP	155,32±98,45 128,50(29-542)	106,11±73,22 85(20-459)	<0,001^{¶*}
Bilirubin	1,62±5,13 0,52(0,10-34)	0,87±0,97 0,62(0,11-7,30)	0,015^{¶*}

[¶]Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi, *p<0,05

Tüm hasta grubunda ürik asit (p=0,015), kreatinin (p<0,001), BUN (p<0,001), AST (p<0,001) ve ALT (p=0,013) parametrelerinin postoperatif ölçümlerinde anlamlı artış gözlenirken ALP(p<0,001) ve bilirubin (p=0,015) parametrelerinde anlamlı azalış gözlemlendi.

Tablo 4: Böbrek Fonksiyon Değerlerinin Preoperatif ve Postoperatif Ölçümlerinin Gruplararası Karşılaştırılması

	ASP+Distal perfüzyon		P
	Yapıldı (n=32)	Yapılmadı (n=40)	
	Ortalama±Std.Sapma Medyan (Min-Max)	Ortalama±Std.Sapma Medyan (Min-Max)	
Preop Ölçümler			
ürük asit	5,47±3,68 4,8(1,9-22)	4,58±2,58 4(0,68-15,4)	0,255 ^{††}
krea	0,63±0,42 0,54(0,21-2,4)	0,65±0,26 0,585(0,18-1,6)	0,194 ^{††}
BUN	20,98±16,34 15,4(4,1-67,1)	25,34±14,65 22,45(6,4-57)	0,238 [†]
HCO₃	26,33±3,60 25,95(18,2-37,3)	25,31±4,12 25,15(19,2-38,7)	0,273 [†]
AST	57,41±57,03 37(15-320)	60,70±120,95 34(15-790)	0,526 ^{††}
ALT	49,12±101,75 18,5(5-565)	27,90±34,75 16,5(7-204)	0,658 ^{††}
ALP	180,72±110,93 147,5(33-542)	135,00±83,12 121,5(29-458)	0,047^{††*}
Bilirubin	1,19±1,94 0,66(0,1-11)	1,97±6,68 0,43(0,19-34)	0,002^{††*}
Postop Ölçümler			
ürük asit	4,65±1,44 4,6(2,6-8,5)	5,89±2,23 5,45(2,2-14)	0,008^{†*}
krea	0,62±0,14 0,61(0,32-0,94)	0,80±0,23 0,745(0,5-1,58)	<0,001^{†*}
BUN	25,33±25,63 18,95(4,8-148)	55,42±44,93 48,6(10,7-278)	<0,001^{††*}
HCO₃	26,26±4,19 26,05(18,9-35,9)	23,73±4,50 23,65(13,7-33,2)	0,026^{††*}
AST	90,08±116,48 56(10,4-650)	125,70±97,65 92(13-451)	0,162 [†]
ALT	43,12±88,42 18(5-486)	36,45±82,71 9,5(3-480)	0,742 [†]
ALP	83,53±43,31 74(31-198)	124,18±86,70 104(20-459)	0,026^{††*}
Bilirubin	1,00±1,33 0,64(0,11-7,3)	0,77±0,55 0,605(0,3-3,6)	0,634 ^{††}

[†]Bağımsız Örneklem T-Testi, ^{††}Mann-Whitney U Testi, *p<0,005

ASP+distal perfüzyon yapılan grubun preoperatif ALP değerleri yapılmayan gruba göre anlamlı düzeyde daha yüksek (p=0,047), bilirubin değerleri anlamlı düzeyde daha düşük (p=0,002) izlendi.

Postoperatif ölçümlerde ise femoral besleme yapılan grubun ürik asit(p=0,008), kreatinin (p<0,001), Bun (p<0,001), ve ALP (p=0,026) değerleri yapılmayan gruba göre anlamlı düzeyde düşük, HCO₃ değerleri (p=0,026) ise anlamlı düzeyde yüksekti.

Tablo 5:Böbrek Fonksiyon Değerlerinin Preoperatif ve Postoperatif Ölçümleri Arasındaki Değişimin Gruplar arasında Karşılaştırılması

	ASP+Distal perfüzyon		p
	Yapıldı(n=32)	Yapılmadı (n=40)	
	Ortalama±Std.Sapma Medyan (Min-Max)	Ortalama±Std.Sapma Medyan (Min-Max)	
Δ ürük asit	-0,83±3,90 -0,15(-3,8-18,9)	1,31±2,34 1,5(-7,2-6,3)	0,001 ^{††*}
Δ krea	-0,01±0,36 0,08(-0,38-1,46)	0,16±0,23 0,145(-0,67-0,78)	0,022 ^{††*}
Δ bun	4,34±27,21 3,95(-48,3-133)	30,08±44,41 24,7(-28-243,8)	<0,001 ^{††*}
Δ hco3	-0,08±5,27 0,45(-11,8-16,2)	-1,58±4,42 -1,75(-7,9-11,1)	0,193 [†]
Δ ast	32,67±73,88 15(-330-44,6)	65,00±117,93 50(-411-430)	0,005 ^{††*}
Δ alt	-6,00±20,89 -3(-34-79)	8,55±89,58 -7,5(-169-465)	0,424 ^{††}
Δ alp	-97,19±114,16 -63(-88-460)	-10,83±110,79 6(-352-328)	0,002 ^{†*}
Δ bil	-0,19±0,88 -0,04(-1,05-3,7)	-1,20±6,75 0,21(-33,52-3,1)	0,002 ^{††*}

[†]Bağımsız Örneklem T-Testi, ^{††}Mann-Whitney U Testi, *p<0,005

Preoperatif ve postoperatif ölçümler arasındaki değişimler gruplar arasında incelendiğinde ASP+ distal perfüzyon yapılan grupta ürik asit (p=0,001) ve kreatinin (p=0,022) değerleri anlamlı düşüş gösterirken yapılmayan grupta yükselme gözlemlendi. BUN değerleri (p<0,001) ve AST değerlerinde (p=0,005) her iki grupta da artış izlendi fakat ASP+ distal perfüzyon yapılan gruptaki artış yapılmayan gruba göre anlamlı düzeyde daha düşüktü. ALP ve Bilirubin değerlerinde de her iki grupta da azalma izlendi. ALP ölçümleri ASP+ distal perfüzyon yapılan grupta daha yüksek azalma gösterirken (p=0,002), Bilirubin değerleri daha düşük azalma gösterdi (p=0,002).

Tablo 6:Periton Diyaliz İhtiyacının ASP + distal perfüzyon Yapılan ve Yapılmayan Gruplarda Karşılaştırılması

	ASP+Distal perfüzyon		p
	Yapıldı (n=32), n%	Yapılmadı (n=40), n%	
Periton Diyalizi			
Yapıldı	3(9,40) ^a	40(100,0) ^b	<0,001 ^{***}
Yapılmadı	29(90,60) ^a	0 ^b	

^{*}Ki-Kare Analizi ^{**}Fisher's Exact Test, *p<0,05

ASP+distal perfüzyonyapılmayan bebeklerin tamamına periton diyaliz uygulanırken ASP+distal perfüzyon yapılan grubun yalnızca %9,40'ında diyaliz ihtiyacı gözlemlendi (p<0,001).

Tablo 7: Kan gazı Değerlerinin Preop, Pompa Giriş, Cross ve Pompa Çıkış Ölçümlerinin Gruplar Arasında Karşılaştırılması

	ASP+Distal perfüzyon		p
	Yapıldı	Yapılmadı	
	Ortalama±Std. Sapma Medyan(Min-Max)	Ortalama±Std. Sapma Medyan(Min-Max)	
pH preop	7,44±0,10 7,45(7,28-7,65)	7,39±0,10 7,37(7,20-7,66)	0,025**
pH Pompa girişi	7,46±0,08 7,46(7,32-7,7)	7,41±0,08 7,42(7,18-7,54)	0,005**
pH CROSS	30,32±129,50 7,43(7,31-740)	25,43±113,94 7,42(7,23-728,00)	0,536††
pH Pompa çıkışı	7,40±0,06 7,385(7,27-7,56)	7,41±0,09 7,40(7,22-7,63)	0,493†
PCO2 preop	37,59±10,72 37,45(3,2-58,7)	43,22±14,15 42,35(17,20-84,20)	0,067†
PCO2 pompa girişi	30,88±7,70 30,45(7,48-53,8)	32,82±6,79 32(20,80-54,20)	0,264†
PCO2 CROSS	33,06±9,06 34,85(3,6-50)	30,31±6,73 30,95(14-41,50)	0,144†
PCO2 Pompa çıkışı	36,93±22,30 33,05(7,38-149)	31,87±6,27 31(20,90-47,10)	0,234††
PO2 preop	45,53±23,96 37,15(20,6-141,5)	43,92±22,19 40,10(19,20-166)	0,742††
PO2 pompa giriş	147,09±73,05 167(28,7-259)	160,65±53,48 158,50(23-252)	0,366†
PO2 CROSS	178,86±50,68 182,5(34,4-250)	196,46±41,40 193,50(112-300)	0,109†
PO2 Pompa çıkış	172,07±49,50 171(37,2-267)	194,77±49,50 200(80,80-300)	0,057†
BE preop	2,37±5,13 2,1(-7,5-15,9)	0,02±5,44 -1,25(-11,90-13,70)	0,065†
BE pompa giriş	-0,65±3,71 -0,85(-9,4-7,4)	-3,34±3,52 -4,10(-9-8,60)	0,002**
BE CROSS	-1,18±2,75 -1,45(-5,5-5,2)	-4,78±4,53 -5,25(-15,40-8)	<0,001**
BE pompa çıkış	-2,68±2,70 -3,1(-6,8-4)	-4,35±3,73 -4,30(-14,60-5,60)	0,037**
HCT preop	33,23±6,64 33,85(5,7-42)	36,74±5,77 37,05(25-48,40)	0,025***
HCT pompa giriş	32,19±3,57 33(24-42)	41,41±45,81 34,10(27,30-323,00)	0,023***
HCT CROSS	31,46±2,81 31(27-39)	34,01±4,44 33,50(24-43)	0,004**
HCT pompa çıkış	32,36±6,38 33,8(3-40)	35,44±4,66 35,70(25-43)	0,026***
K preop	3,86±3,70 3,1(2,5-24)	2,81±0,85 2,85(1,10-4,80)	0,010***
K Pompa giriş	8,69±28,71 3,55(2,6-166)	3,29±0,64 3,20(2,30-5,10)	0,038††
K cross	9,59±34,57 3,55(0,7-199)	3,76±0,86 3,45(2,50-5,80)	0,598††
K Pompa çıkış	7,86±25,07 3,8(-4,6-145)	3,61±0,75 3,50(2,50-5,30)	0,288††
LAC Preop	2,47±1,61 1,9(0-6,3)	2,60±4,55 1,65(0,80-30)	0,266††
LAC pompa giriş	3,87±1,62 3,7(1-8,4)	4,54±1,70 4,30(2,20-9,20)	0,094†

LAC CROSS	4,63±1,66 4,35(1,8-9,1)	8,97±2,56 8,70(4,30-15,70)	<0,001^{†*}
LAC pompa çıkış	4,83±1,58 4,85(1,9-9,9)	11,18±3,06 9,85(7-20,20)	<0,001^{†*}

[†]Bağımsız Örneklem T-Testi, ^{††}Mann-Whitney U Testi, *p<0,005



Kangazı değerlerinin preop değerleri incelendiğinde ASP+distal perfüzyon yapılan grubun pH ($p=0,025$) ve K ($p=0,010$) değerleri yapılmayan gruba göre daha yüksek, HCT değerleri ($p=0,025$) daha düşüktü. Pompa giriş değerleri incelendiğinde ASP+distal perfüzyon yapılan grubun BE değerleri ($p=0,002$) ve K değerleri ($p=0,010$) yapılmayan gruba göre daha yüksek, HCT değerleri ($p=0,023$) daha düşüktü. Benzer şekilde Be cross değerleri ($p<0,001$) ASP+distal perfüzyon yapılan grupta daha yüksek, HCT ve laktat değerleri ($p<0,001$) daha düşüktü. Pompa çıkış değerlerinde ise Be ölçümleri ASP+distal perfüzyon yapılan grupta daha yüksek ($p=0,037$), HCT ($p=0,026$) ve laktat ($p<0,001$) değerleri anlamlı düzeyde daha düşüktür.

Tablo 8:Serebral ve Renal Prob Parametrelerinin Preop, Pompa Giriş, Cross ve Pompa Çıkış Ölçümlerinin Gruplar Arasında Karşılaştırılması

	ASP+Distal perfüzyon		P
	Yapıldı	Yapıldı	
	Ortalama±Std. Sapma Medyan(Min-Max)	Ortalama±Std. Sapma Medyan(Min-Max)	
S.P Preop	45,13±10,62 47(22-67)	44,10±5,87 44(33-66)	0,605 [†]
S.P Pompa giriş	63,44±12,77 65,5(34-89)	66,42±86,90 51(37-600)	<0,001 ^{††*}
S.P CROSS	58,59±10,50 58(40-82)	41,10±8,40 40(20-60)	<0,001 ^{†*}
S.P Pompa çıkış	67,31±12,95 66,5(43-98)	41,92±12,42 41(20-84)	<0,001 ^{†*}
R.P Preop	50,91±12,55 50(30-84)	43,80±5,74 43,50(31-55)	0,005 ^{†*}
R.P Pompa giriş	67,12±12,46 67,5(38-93)	52,10±10,90 51(23-80)	<0,001 ^{†*}
R.P CROSS	61,75±11,61 60,5(40-95)	30,67±9,99 30(13-61)	<0,001 ^{†*}
R.P Pompa çıkış	71,63±12,87 71(48-95)	34,49±10,40 33(18-70)	<0,001 ^{†*}

[†]Bağımsız Örneklem T-Testi, ^{††}Mann-Whitney U Testi, * $p<0,005$

ASP+distal perfüzyon yapılan grubun serebral prob ölçümlerinde pompa giriş ($p<0,001$) değerleri daha düşük, cross ($p<0,001$) ve pompa çıkış ($p<0,001$) ölçümleri daha yüksek izlendi. Renal prob ölçümlerinde ise preop (0,005), pompa giriş ($p<0,001$), cross ($p<0,001$) ve pompa çıkış ($p<0,001$) ölçümleri ASP+distal perfüzyon yapılan grupta anlamlı düzeyde daha yüksek izlendi.

Tablo 9: Pompa Giriş-Çıkış Değerlerindeki Değişimin Gruplar Arasındaki Karşılaştırması

	ASP+Distal perfüzyon		P
	Yapıldı (n=32)	Yapılmadı (n=40)	
	Ortalama±Std.Sapma Medyan(Min-Max)	Ortalama±Std.Sapma Medyan(Min-Max)	
ΔpH	-0,06±0,09 -0,07(-0,29-0,13)	0,00±0,11 0(-0,19-0,21)	0,006^{†*}
ΔCO ₂	6,06±22,37 1,6(-29-116,9)	-0,92±10,25 -0,2(-28,9-17,1)	0,119 ^{††}
ΔO ₂	24,98±69,69 12(-78-218,4)	34,12±61,98 32,5(-87,2-213,7)	0,558 [†]
ΔBE	-2,02±4,32 -2,2(-10,3-8,1)	-1,01±3,19 -1,25(-12,3-4,3)	0,255 [†]
ΔHCT	0,17±6,62 0(-27,6-10)	-5,97±46,32 1(-290,1-10,3)	0,751 ^{††}
ΔK	-0,83±4,03 0(-21-1,7)	0,33±0,68 0,25(-1,1-2,1)	0,078 [†]
ΔLAC	0,97±1,56 0,95(-2,1-4,1)	6,65±2,99 6,15(1,3-15,3)	<0,001^{††*}
ΔSP	3,88±15,44 4(-27-37)	-24,92±88,84 -13(-557-33)	<0,001^{††*}
ΔRP	4,50±12,07 3,5(-20-37)	-17,92±14,04 -20(-51-9)	<0,001^{†*}

[†]Bağımsız Örneklem T-Testi, ^{††}Mann-Whitney U Testi, *p<0,005

Pompa giriş değerlerinde değişimler gruplar arasında değerlendirildiğinde pH değerleri ASP+distal perfüzyon yapılan grupta azalma gösterirken yapılmayan grupta belirgin değişiklik gözlenmedi (p=0,006). Laktat değerlerinde her iki grupta da artış izlenirken ASP+distal perfüzyon yapılmayan grupta bu artış anlamlı düzeyde daha yüksekti (p<0,001). Serebral prob değerleri (p<0,001) ve renal prob değerleri (p<0,001) ASP+distal perfüzyon yapılan grupta artış gösterirken yapılmayan grupta azalma gösterdi.

Tablo 10: Mortalitenin Gruplararası Karşılaştırılması

	ASP+Distal perfüzyon		P
	Yapıldı (n=32), n%	Yapılmadı (n=40), n%	
Mortalite			
Ex	6(18,80) ^a	25(62,50) ^b	<0,001^{**}
Sağ	26(81,30) ^a	15(37,50) ^b	

^aKi-Kare Analizi ^{**}Fisher's Exact Test, *p<0,05

Sağkalım oranları incelendiğinde ASP+distal perfüzyon yapılan grubun exon oranı %18,80, yapılmayan grubun ise %62,50 idi (p<0,0)

5.TARTIŞMA

Kardiyopulmoner bypass (CPB), pediatrik kalp cerrahisinde yaygın olarak kullanılan bir teknik olup bu süreçteki komplikasyonlar, özellikle akut böbrek hasarı (AKI), önemli bir morbidite kaynağıdır. AKI, çocuklarda cerrahi sonrası iyileşmeyi olumsuz etkileyerek mortalite ve morbiditeyi artırabilir. Çalışmalar, ASP+distal perfüzyon uygulanan çocuklarda postoperatif idrar miktarlarının anlamlı şekilde arttığını göstermektedir. Bu bulgu, böbreklerin filtrasyon kapasitesinin iyileştiğini ve renal perfüzyonun etkili bir şekilde sağlandığını işaret eder.

Son yıllarda ASP, renal perfüzyonun artırılması ve böbrek fonksiyonlarının korunması amacıyla dikkat çekici bir strateji olarak öne çıkmıştır. Bu çalışma, femoral arter zerinden distal perfüzyonun pediatrik kalp cerrahisi sonrası AKI'nin önlenmesi üzerindeki etkilerini incelemektedir.

Shi-Min Yuan çalışmasında, pediatrik kalp cerrahisi sonrasında görülen AKI'nin, hastaların morbidite ve mortalite oranlarını artıran yaygın bir komplikasyon olduğunu, kardiyopulmoner baypas (CPB) sırasında renal perfüzyonun artırılmasının, AKI'nin önlenmesinde önemli olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda, ASP ile birlikte distal perfüzyon uygulanan gruptaki sıcaklık, pompa süreleri, hemokonsantrasyon ve diyaliz gereksinimleri gibi veriler, bu yöntemin böbrek fonksiyonları üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır.(S.-M. Yuan, 2019)

ASP ve Böbrek Fonksiyonu

ASP+ distal perfüzyon yapılan bebeklerdeki yüksek sıcaklık ($p<0,001$) ve pompa süreleri ($p=0,009$), bu grubun daha iyi bir metabolik duruma sahip olduğunu ve dolayısıyla böbrek işlevlerini daha iyi koruyabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular, DAC (Descending Aortic Cannulation) ile yapılan çalışmalardaki verilerle paralellik göstermektedir. Hammel ve arkadaşlarının çalışmasında, DAC destekli hipotalamik CPB uygulanan hastaların, DHCA ve SCP kombinasyonu uygulanan hastalara göre daha iyi renal fonksiyonlar gösterdiği ortaya konmuştur.

İdrar Çıktısı ve Biyokimyasal Değişiklikler

ASP+ distal perfüzyon grubunun postoperatif dönemdeki idrar miktarının anlamlı şekilde yüksek olması ($p<0,001$), bu grubun böbreklerinin daha iyi çalıştığını ve sıvı

dengesinin daha etkin bir şekilde yönetildiğini göstermektedir. Ayrıca, serumdaki ürik asit ve kreatinin düzeylerinde ($p=0,001$ ve $p<0,001$) gözlemlenen düşüş, hemofiltrasyon veya diğer renal destek yöntemleriyle ilişkili olabilir. Palanzo ve arkadaşlarının çalışması, modifiye ultrafiltrasyon (MUF) uygulamalarının, bebek ve pediatrik cerrahisi popülasyonunda olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Ancak, MUF'un gerekliliği konusunda daha fazla araştırma yapılması gerektiği de vurgulanmaktadır. (Palanzo et al., 2023)

Hemofiltrasyon ve Akut Böbrek Hasarı

Hastaların postoperatif döneminde serumdaki proinflamatuvar sitokinlerin atılımının, hemofiltrasyon veya sıvı kısıtlaması ile sağlanabileceği görülmektedir. Ancak, hemofiltrasyonun gerektirdiği sistemik antikoagülasyon ve vasküler erişim gereksinimleri, özellikle yenidoğanlarda ciddi komplikasyonlar doğurabilir. Baskin ve arkadaşlarının çalışmasında, periton diyalizi uygulanan hastaların böbrek işlevlerinin daha iyi korunduğu, ancak sıvı kısıtlamasının da etkili bir alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Sağkalım Oranları ve Diyaliz İhtiyacı

ASP+distal perfüzyon yapılmayan gruptaki yüksek diyaliz ihtiyacı ($p<0,001$), bu grubun böbrek fonksiyonlarının daha kötü olduğunu ve postoperatif süreçte daha fazla komplikasyon riski taşıdığını ortaya koymaktadır. Çalışmalar, ASP+distal perfüzyon uygulanan hastalarda diyaliz ihtiyacının belirgin şekilde azaldığını ve sağkalım oranlarının arttığını göstermektedir. Bu durum, Antegrad serebral perfüzyonun, AKI'nin önlenmesinde ve böbrek fonksiyonlarının korunmasında etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca hemofiltrasyon tekniklerinin modifikasyonu ile iyileştirilmiş hayatta kalma oranları elde edilmiştir. (S. M. Yuan, 2019)

ASP+distal perfüzyon grubundaki düşük diyaliz oranları, bu yöntemin böbrek koruma üzerindeki etkisini desteklemektedir. Hatta, ASP+distal perfüzyon yapılmayan grubun sağkalım oranlarının %18,80 olarak belirlenmesi, diğer grupta %62,50 olması ($p<0,001$), bu yöntemle elde edilen avantajların önemini pekiştirmektedir.

ASP+distal perfüzyonun avantajları göz önünde bulundurulduğunda, bu uygulamanın pediatrik kalp cerrahisi pratiğinde daha yaygın hale gelmesi gerektiği

açıktır. Ancak, ASP+distal perfüzyon uygulamasının uzun dönem etkileri ve farklı hasta gruplarındaki sonuçları üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Gelecek çalışmalar, bu yöntemin farklı cerrahi teknikler ve hasta profilleri üzerindeki etkilerini inceleyerek, ASP+distal perfüzyonun klinik uygulamadaki yerini daha da sağlamlaştırabilir.

Okita ve arkadaşlarının aortik ark cerrahisinde en çok kullanılan beyin koruma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Antegrad serebral perfüzyon ile derin hipotermik sirkülatuar arreste ek retrograd serebral perfüzyon yöntemi uygulanmış iki hasta grubu arasında ölüm ve felç kalma riski değerlendirildiğinde benzer sonuçlara sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak derin hipotermik sirkülatuar arreste ek retrograd serebral perfüzyon yapılan hasta grubunun yoğun bakımda kalış sürelerinin diğer gruba kıyasla daha uzun olduğu sonucuna ulaşmışlardır. (Okita et al., 2015)

ASP uygulaması, konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda renal perfüzyonu artırmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Ancak, bu uygulamanın bazı yan etkileri ve riskleri bulunduğu da unutulmamalıdır.

Femoral artere anestezi indüksiyonu sırasında takılan kataterin femoral besleme amacı ile kullanılması enfeksiyon riskini artırabilir. Kanama riski, özellikle invaziv işlemler sırasında artabilir. Kan akışındaki değişiklikler, nadiren de olsa, nörolojik hasara yol açabilir. Yanlış besleme dozları, diğer organların perfüzyonunu olumsuz etkileyebilir. Kan basıncında dalgalanmalar gözlemlenebilir.

Bu yan etkiler, uygulamanın dikkatli bir şekilde izlenmesini ve yönetilmesini gerektirmektedir. Tüm tıbbi müdahalede olduğu gibi, risklerin ve faydaların dikkatlice değerlendirilmesi önemlidir.

Hipotermi

Tian ve arkadaşlarının on sekiz araştırmayı dahil ettikleri bir meta-analiz çalışmasında, aortik ark tamiri yapılan hastalarda antegrad serebral perfüzyon sırasında ılımlı hipotermi uygulanmış hastaların orta ve derin hipotermi uygulanmış hastalara kıyasla kalıcı nörolojik hasarların görülme sıklığının azaltılabileceğini ve diğer klinik sonuçları iyileştirebileceğini belirtmişlerdir. (Tian, Weller, et al., 2019)

Bilateral-Unilateral ASP

Aytekin ve arkadaşlarının torasik aort cerrahisi sırasında tek taraflı antegrad serebral perfüzyonun güvenliğini ve etkinliğini araştırırken beynin her iki yarım küresi arasındaki kan akışı ve oksidatif stres belirteçlerini incelediler. Orta derece hipotermi altında gerçekleştirilen operasyonlarda beynin her iki tarafı arasında oksijenlenme ve stres belirteçlerinde önemli bir fark olmaksızın yeterli beyin koruması sağlandığını gördüler. Kompleks aort ark onarımlarının bu teknik ile güvenli şekilde gerçekleştirilebileceği ve beyin hasarı riskinin en aza ineceğini görülmüştür.(Aytekin et al., 2017)

Wilson Smith ve arkadaşlarının meta analiz çalışmasında tek taraflı antegrad serebral perfüzyon yapılan grup ile çift taraflı antegrad serebral perfüzyon yapılan grup karşılaştırılmıştır. Ölüm, kalıcı nörolojik hasar veya böbrek hasarı gibi önemli sonuçlarda anlamlı bir fark bulunamamakla birlikte her iki tekniğinde güvenle kullanılabilceği belirtilmiştir.(Tian, Wilson-Smith, et al., 2019)

Distal Perfüzyon

Boburg ve arkadaşlarının çalışmasında aortik ark cerrahisinde alt vücut perfüzyonunu sağlamak için femoral artere sheath yerleştirilmiştir. Bu yöntemin desendan aorta kanülasyon yapılarak distal perfüzyon uygulamasına göre daha uygulanabilir, komplikasyonsuz, güvenli ve risksiz olduğu sonucuna erişilmiştir.(Boburg et al., 2020)

Kılıç ve arkadaşları aortik ark onarımı için uygulanan tekniklerden antegrad serebral perfüzyonun yeterli olmayacağını savunmuşlardır. Yalnızca beyin perfüzyonunun sağlanması değil alt vücut perfüzyonunun da yapılması ile hayati organların daha iyi korunabileceğini belirtmişlerdir.(Kılıç et al., 2022)

Kulyabin ve arkadaşlarının bebeklerde aortik ark tamiri sırasında standart antegrad selektif serebral perfüzyon tekniğine sürekli alt ekstremité perfüzyonunun eklenmesinin yoğun bakım kalış sürelerini anlamlı ölçüde düşürdüğü ayrıca ameliyat sonrası erken dönem sonuçlarını iyileştirdiği saptanmıştır.(Kulyabin et al., 2020)

Nörolojik Etkileri

Kornilov ve arkadaşları bebeklerde aortik ark tamiri operasyonlarında beyin korunması için iki önemli yöntem olan antegrad selektif serebral perfüzyon (ASCP) ile derin hipotermik sirkülatuar arresti (DHCA) karşılaştırdılar. Elde ettikleri veriler

doğrultusunda antegrad selektif serebral perfüzyonun daha az nörolojik komplikasyona sebep olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Wang ve arkadaşlarının derin hipotermik sirkülatuar arrest veya unilateral antegrad serebral perfüzyon yöntemlerini uygulayarak gerçekleştirmiş oldukları aortik ark tamiri operasyonlarını karşılaştırmışlardır. Mortalite ve nörolojik komplikasyon risklerini belirlemişlerdir. Unilateral antegrad serebral perfüzyon yapılan hastalar için 38 dakikalık güvenlik eşiği belirlenmiş ve orta derecede hipotermi önerilmiştir.(Kornilov et al., 2015)



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kardiyopulmoner baypas (CPB), pediatrik kalp cerrahisi sırasında sıklıkla kullanılan bir tekniktir ve bu süreçte Akut Böbrek Hasarı (AKI) riski önemli bir endişe kaynağıdır. ASP-distal perfüzyon uygulaması, özellikle konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda renal perfüzyonun iyileştirilmesi amacıyla değerlendirilen bir stratejidir. Bu çalışma, ASP+distal perfüzyon uygulamasının AKI önlenmesindeki rolünü ve böbrek fonksiyonlarının korunmasına etkilerini incelemektedir.

ASP+distal perfüzyon, alt vücut perfüzyonunu artırarak böbreklerin daha iyi bir kan akışı almasını sağlar. Bu durum, renal perfüzyonu artırarak böbreklerin oksijen ve besin maddeleri almasını iyileştirir. Özellikle CPB sırasında düşük kan akışı ve hipotansiyon gibi durumlar, böbreklerin perfüzyonunu olumsuz etkileyebilir. Femoral besleme ile sağlanan daha iyi perfüzyon, böbrek fonksiyonlarının korunmasına yardımcı olabilir.

ASP+distal perfüzyon uygulanan çocuklarda yapılan çalışmalarda, postoperatif dönemde idrar miktarlarının anlamlı şekilde yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu, böbreklerin daha iyi çalıştığını ve sıvı dengesinin daha etkin yönetildiğini gösterir. İdrar çıkışındaki artış, böbreklerin filtrasyon yeteneğinin iyi olduğunu ve renal fonksiyonların korunmuş olduğunu işaret eder. Ancak, ASP+distal perfüzyonun uzun vadeli böbrek fonksiyonları üzerindeki etkileri daha detaylı incelenmelidir. Bu, ASP +distal perfüzyon uygulanan çocukların uzun yıllar boyunca böbrek fonksiyonlarını (glomerüler filtrasyon hızı, idrar protein atılımı) takip eden kohort çalışmaları ile yapılabilir.

ASP+distal perfüzyon, renal perfüzyonu artırmanın yanı sıra, inflamatuvar yanıtı da etkileyebilir. CPB sırasında artan proinflamatuvar sitokinler, böbrek hasarına yol açabilir. Femoral besleme ile sağlanan daha iyi perfüzyon, bu sitokinlerin atılımını kolaylaştırarak, AKI riskini azaltabilir. Bu açıdan, femoral besleme uygulaması hem renal koruma hem de inflamatuvar yanıtın yönetimi açısından önem taşır. Bu bağlamda, ASP+distal perfüzyon uygulaması, böbrek hasarını azaltmada potansiyel bir strateji olarak değerlendirilmektedir. İnflamasyonun kontrol altına alınması, cerrahi sonrası böbrek fonksiyonlarının korunmasında kritik bir faktördür.

ASP+distal perfüzyon uygulanan gruptaki düşük diyaliz ihtiyacı ve yüksek sağkalım oranları, bu stratejinin etkinliğini destekleyen önemli veriler sunmaktadır. Bu durum, ASP+distal perfüzyon'un renal koruma üzerindeki etkisini vurgulamakta ve klinik sonuçların iyileşmesine katkı sağladığını göstermektedir.

ASP+distal perfüzyon uygulaması, pediatrik kalp cerrahisi sonrasında AKI'nin önlenmesi ve böbrek fonksiyonlarının korunmasında önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Renal perfüzyonu artırma, inflamatuvar yanıtı yönetme ve klinik sonuçları iyileştirme potansiyeli ile femoral besleme, pediatrik cerrahide dikkate alınması gereken yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu stratejinin etkinliğini artırmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır, ancak mevcut veriler ASP+distal perfüzyon faydalarını açıkça ortaya koymaktadır.

ASP+distal perfüzyon uygulaması, pediatrik kalp cerrahisi sırasında AKI'nin önlenmesi ve böbrek fonksiyonlarının korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Renal perfüzyonu artırarak, idrar çıkışını iyileştirerek ve inflamatuvar yanıtı yöneterek, bu strateji, postoperatif komplikasyonların azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, ASP+distal perfüzyon uygulamasının, pediatrik kalp cerrahisi pratiğinde daha yaygın ve sistematik bir şekilde kullanılması gerektiğini düşünmekteyiz. Ancak, bu uygulamanın bazı yan etkileri ve riskleri bulunduğu da unutulmamalıdır. Femoral arterin kullanılması, enfeksiyon riskini artırabilir. Kanama riski, özellikle invaziv işlemler sırasında artabilir. Kan akışındaki değişiklikler, nadiren de olsa, nörolojik hasara yol açabilir. Yanlış besleme dozları, diğer organların perfüzyonunu olumsuz etkileyebilir. Kan basıncında dalgalanmalar gözlemlenebilir.

Çalışmalar, bu yöntemle elde edilen sonuçların, renal perfüzyonu artırma, diyaliz ihtiyacını azaltma ve genel sağkalımı artırma yönünde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir. Gelecek çalışmalarda, femoral besleme ve diğer perfüzyon stratejileri üzerine daha fazla prospektif veri toplanması, bu konudaki vurgumuzu derinleştirecektir. Bu öneriler doğrultusunda yapılacak olan çalışmalar, ASP+distal perfüzyonun pediatrik kalp cerrahisinde AKI'nin önlenmesi ve böbrek fonksiyonlarının korunmasındaki rolünü daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu da çocukların cerrahi sonrası süreçlerini iyileştirmeye ve yaşam kalitelerini artırmaya katkı sağlamış olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abjigitova, D., Veen, K. M., van Tussenbroek, G., Mokhles, M. M., Bekkers, J. A., Takkenberg, J. J., & Bogers, A. J. (2022). Cerebral protection in aortic arch surgery: systematic review and meta-analysis. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 35(3), ivac128. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9419700/pdf/ivac128.pdf>
- Ak, K. (2015). Kardiyopulmoner Bypass ve Optimal Koşulları. . In *Kalp ve Anestezi* (pp. 121-140). İntertıp Yayınevi.
- Aytekin, B., Ünal, E. U., Demir, A., Aksu, U., Çalışkan, A., Vardar, K., Toraman, F., & Sarıtaş, A. (2017). Unilateral antegrade cerebral perfusion and moderate hypothermia: assessing safety with novel biomarkers. *Heart, Lung and Circulation*, 26(5), 495-503. [https://www.heartlungcirc.org/article/S1443-9506\(16\)31581-5/abstract](https://www.heartlungcirc.org/article/S1443-9506(16)31581-5/abstract)
- Boburg, R. S., Rosenberger, P., Kling, S., Jost, W., Schlensak, C., & Magunia, H. (2020). Selective lower body perfusion during aortic arch surgery in neonates and small children. *Perfusion*, 35(7), 621-625. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7536511/pdf/10.1177_0267659119896890.pdf
- Bradley, E. A., & Zaidi, A. N. (2020). Atrial septal defect. *Cardiology clinics*, 38(3), 317-324. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733865120300242?via%3Dihub>
- Browne, L. P. (2022). Temperature management on cardiopulmonary bypass: Is it standardised across Great Britain and Ireland? *Perfusion*, 37(3), 221-228. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659121995996?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed
- Carrel, T., Schmiady, M., Ouda, A., & Vogt, P. R. (2023). Uni-versus bilateral antegrade cerebral perfusion during repair of acute aortic dissection: Still a discussed matter! *JTCVS techniques*, 17, 18-22. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9938364/pdf/main.pdf>
- Cartwright, B., & Mundell, N. (2023). Anticoagulation for cardiopulmonary bypass: part one. *BJA education*, 23(3), 110-116. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9947996/pdf/main.pdf>
- Chiu, P., & Emani, S. (2021). Left ventricular recruitment in patients with hypoplastic left heart syndrome. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery: Pediatric Cardiac Surgery Annual*,
- Choudhary, S. K., & Reddy, P. R. (2022). Cannulation strategies in aortic surgery: techniques and decision making. *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 38(Suppl 1), 132-145. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8980986/pdf/12055_2021_Article_1191.pdf
- Claassen, J. A., Thijssen, D. H., Panerai, R. B., & Faraci, F. M. (2021). Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation. *Physiological reviews*, 101(4), 1487-1559. <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/physrev.00022.2020>
- Dakkak, W., Alahmadi, M. H., & Oliver, T. I. (2024). Ventricular septal defect. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
- Das, D., Dutta, N., & Roy Chowdhuri, K. (2021). Total circulatory arrest as a support modality in congenital heart surgery: review and current evidence. *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 37(Suppl 1), 165-173. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7859125/pdf/12055_2020_Article_930.pdf
- Dehaes, M., Cheng, H. H., Buckley, E. M., Lin, P.-Y., Ferradal, S., Williams, K., Vyas, R., Hagan, K., Wigmore, D., & McDavitt, E. (2015). Perioperative cerebral hemodynamics and oxygen metabolism in neonates with single-ventricle physiology. *Biomedical optics express*, 6(12), 4749-4767. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4679251/pdf/4749.pdf>

- Demirkılıç, U. (2015). *Ekstrakorporal dolaşım*. Türkiye Klinikleri Yayınları.
- Dikme, R. (2023). Modern Oksijenatörün Gelişimi. *MEHES JOURNAL*, 1(1), 43-51.
- Faggian, G., Bernabei, A., Tropea, I., Francica, A., & Onorati, F. (2023). Hemostasis during cardiopulmonary bypass. In *Cardiopulmonary Bypass* (pp. 295-309). Elsevier.
- Falter, F., Perrino, A. C., Perrino Jr, A. C., & Baker, R. A. (2022). *Cardiopulmonary bypass*. Cambridge University Press.
- Faraoni, D., Meier, J., New, H. V., Van der Linden, P. J., & Hunt, B. J. (2019). Patient blood management for neonates and children undergoing cardiac surgery: 2019 NATA guidelines. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 33(12), 3249-3263. [https://www.jcvaonline.com/article/S1053-0770\(19\)30296-4/abstract](https://www.jcvaonline.com/article/S1053-0770(19)30296-4/abstract)
- Ferradal, S. L., Yuki, K., Vyas, R., Ha, C. G., Yi, F., Stopp, C., Wypij, D., Cheng, H. H., Newburger, J. W., & Kaza, A. K. (2017). Non-invasive assessment of cerebral blood flow and oxygen metabolism in neonates during hypothermic cardiopulmonary bypass: feasibility and clinical implications. *Scientific reports*, 7(1), 44117.
- Gao, Y., Li, M., Jiang, M., Zhang, Y., Wu, C., & Ji, X. (2023). Hemolysis performance analysis and a novel estimation model of roller pump system. *Computers in Biology and Medicine*, 159, 106842. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010482523003074?via%3Dihub>
- Ghosh, S., Falter, F., & Cook, d. j. (2009). *Cardiopulmonary Bypass*. Cambridge University Press.
- Ghosh, S., Falter, F., & Perrino, A. C. (2015). *Cardiopulmonary bypass*. Cambridge university press.
- Giacomini, D., Romanucci, G., & Savastano, S. (2016). CT diagnosis of a coronary-pulmonary baffle leak complicating Takeuchi repair procedure for ALCAPA syndrome. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 10(2), 184-185. [https://www.journalofcardiovascularct.com/article/S1934-5925\(15\)30009-5/abstract](https://www.journalofcardiovascularct.com/article/S1934-5925(15)30009-5/abstract)
- Gibbon Jr, J. H. (1954). Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med.*, 37(3), 171-180.
- Gobergs, R., Salputra, E., & Lubaua, I. (2016). Hypoplastic left heart syndrome: a review. *Acta medica Lituanica*, 23(2), 86. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5088741/>
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5088741/pdf/aml-23-086.pdf>
- Gocoł, R., Hudziak, D., Bis, J., Mendrala, K., Morkisz, Ł., Podsiadło, P., Kosiński, S., Piątek, J., & Darocha, T. (2021). The role of deep hypothermia in cardiac surgery. *International journal of environmental research and public health*, 18(13), 7061.
- Haider, A., Khwaja, I. A., Qureshi, A. B., Khan, I., Majeed, K. A., Yousaf, M. S., Zaneb, H., Rehman, A., Rabbani, I., & Tahir, S. K. (2022). Effectiveness of mild to moderate hypothermic cardiopulmonary bypass on early clinical outcomes. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 9(5), 151. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9145413/pdf/jcdd-09-00151.pdf>
- Jabur, G., Sidhu, K., Willcox, T., & Mitchell, S. (2016). Clinical evaluation of emboli removal by integrated versus non-integrated arterial filters in new generation oxygenators. *Perfusion*, 31(5), 409-417. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659115621614?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed
- Jacobs, J. P. (2022). Hypoplastic left heart syndrome: definition, morphology, and classification. *World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery*, 13(5), 559-564. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21501351221114770?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed

- Kao, C.-C., Hsieh, C.-C., Cheng, P.-J., Chiang, C.-H., & Huang, S.-Y. (2017). Total anomalous pulmonary venous connection: from embryology to a prenatal ultrasound diagnostic update. *Journal of Medical Ultrasound*, 25(3), 130-137. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6029298/pdf/JMU-25-130.pdf>
- Karaman, E. B. (2024). Farklı Yüzey Alanlı Membran Oksijenatörlerin Düşük Yüzey Alanlı Hastalarda Kullanımı. *Turk J Clin Cardio Perfusion*, 2(2), 47-51.
- Karl, T. R., & Stocker, C. (2016). Tetralogy of Fallot and its variants. *Pediatric critical care medicine*, 17(8), S330-S336.
- Kılıç, Y., Selçuk, A., Korun, O., Ceyda, H., Çiçek, M., Yurdakök, O., Altın, F., Erdem, H., Aydemir, N. A., & Şaşmaz, A. (2022). Comparison of cases with and without additional lower body perfusion in newborns undergoing aortic arch reconstruction with antegrade selective cerebral perfusion method. *Turkish Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 30(2), 192.
- Kiziltug, H., & Martinez, G. (2018). Cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 19(7), 353-360.
- Kornilov, I. A., Sinelnikov, Y. S., Soinov, I. A., Ponomarev, D. N., Kshanovskaya, M. S., Krivoschapkina, A. A., Gorbatykh, A. V., & Omelchenko, A. Y. (2015). Outcomes after aortic arch reconstruction for infants: deep hypothermic circulatory arrest versus moderate hypothermia with selective antegrade cerebral perfusion. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 48(3), e45-e50.
- Kosiorek, A., Donofrio, M. T., Zurakowski, D., Reitz, J. G., Tague, L., Murnick, J., Axt-Flidner, R., Limperopoulos, C., Yerebakan, C., & Carpenter, J. L. (2022). Predictors of neurological outcome following infant cardiac surgery without deep hypothermic circulatory arrest. *Pediatric Cardiology*, 43(1), 62-73. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00246-021-02693-z>
- Kulyabin, Y. Y., Gorbatykh, Y. N., Soynov, I. A., Zubritskiy, A. V., Voitov, A. V., & Bogachev-Prokophiev, A. V. (2020). Selective antegrade cerebral perfusion with or without additional lower body perfusion during aortic arch reconstruction in infants. *World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery*, 11(1), 49-55. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2150135119885887?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed
- Le Gloan, L., Legendre, A., Iserin, L., & Ladouceur, M. (2018). Pathophysiology and natural history of atrial septal defect. *Journal of thoracic disease*, 10(Suppl 24), S2854. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6174151/pdf/jtd-10-S24-S2854.pdf>
- Lei, D., Zhou, C., & Bingyang, J. (2024). Guidelines on patient blood management for adult cardiovascular surgery under cardiopulmonary bypass. *Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 31(11), 1547-1559.
- Lillehei, C., Cohen, M., Warden, H., & Varco, R. (1955). The direct vision intracardiac correction of congenital anomalies by controlled cross circulation. *Surgery*, (38), 11.
- Lim, J. M., Kingdom, T., Saini, B., Chau, V., Post, M., Blaser, S., Macgowan, C., Miller, S. P., & Seed, M. (2016). Cerebral oxygen delivery is reduced in newborns with congenital heart disease. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 152(4), 1095-1103. [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(16\)30465-2/pdf](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(16)30465-2/pdf)
- Livesey, S., & Lennox, S. (1992). Historical Aspects. In *Techniques in extracorporeal circulation 3rd ed* (pp. 1-8). Butterworth-Heinemann Ltd.
- MacLean, J. (1959). The discovery of heparin. In *Circulation* (Vol. 19, pp. 75-78).
- Mathieu, L., Brunetti, C., Detchepare, J., Flambard, M., Germain, C., Langouet, E., Tafer, N., Roubertie, F., & Ouattara, A. (2024). Reducing the prime cardiopulmonary bypass volume during paediatric cardiac surgery. *Perfusion*, 02676591241296319.

- Mavroudis, C., Backer, C. L., & Anderson, R. H. (2023). Ventricular septal defect. *Pediatric cardiac surgery*, 317-360.
- Mavroudis, C., Backer, C. L., & Herrmann, J. L. (2023). Transposition of the great arteries. *Pediatric cardiac surgery*, 539-579.
- Melrose, D. (1986). a history of cardiopulmonary bypass. In *Cardiopulmonary bypass* (pp. 1-7). Chapman and Hall.
- Miller, G. (2000). *King of Hearts: The True Story of the Maverick Who Pioneered Open Heart Surgery*. Crown.
- Moeinipour, A., Abbassi Teshnisi, M., Mottaghi Moghadam, H., Zirak, N., Hassanzadeh, R., Hoseinikhah, H., & Bahreini, A. (2016). The anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery (ALCAPA): a case series and brief review. *International Journal of Pediatrics*, 4(2), 1397-1405.
- Moore, J., & Martinez, G. (2015). Cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 16(10), 498-503.
- Nourhashemi, M., Kongolo, G., Mahmoudzadeh, M., Goudjil, S., & Wallois, F. (2017). Relationship between relative cerebral blood flow, relative cerebral blood volume, and relative cerebral metabolic rate of oxygen in the preterm neonatal brain. *Neurophotonics*, 4(2), 021104-021104. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5394502/pdf/NPh-004-021104.pdf>
- O'Neal, J. B., Shaw, A. D., & Billings, F. T. (2016). Acute kidney injury following cardiac surgery: current understanding and future directions. *Critical care*, 20, 1-9.
- Okita, Y., Miyata, H., Motomura, N., Takamoto, S., & Organization, T. J. C. S. D. (2015). A study of brain protection during total arch replacement comparing antegrade cerebral perfusion versus hypothermic circulatory arrest, with or without retrograde cerebral perfusion: analysis based on the Japan Adult Cardiovascular Surgery Database. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 149(2), S65-S73.
- Oldeen, M. E., Angona, R. E., Hodge, A., & Klein, T. (2021). American Society of ExtraCorporeal Technology: development of standards and guidelines for pediatric and congenital perfusion practice (2019). *World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery*, 12(1), 84-92. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2150135120956938?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed
- Olimjonovna, K. O. (2024). TYPES OF CONGENITAL HEART DISEASES. *WORLD OF SCIENCE*, 7(5), 107-113.
- Özbek, E., & Demir, T. (2023). Pediatrik Açık Kalp Cerrahisi Ameliyatlarında Kardiyopulmoner Bypass Sonrası Uygulanan Modifiye Ultrafiltrasyonun Etkisi. *Turk J Clin Cardio Perfusion*, 1(3), 78-84.
- Palanzo, D. A., Wise, R. K., Woitas, K. R., Ündar, A., Clark, J. B., & Myers, J. L. (2023). Safety and utility of modified ultrafiltration in pediatric cardiac surgery. *Perfusion*, 38(1), 50-155.
- Qu, J. Z., Kao, L.-W., Smith, J. E., Kuo, A., Xue, A., Iyer, M. H., Essandoh, M. K., & Dalia, A. A. (2021). Brain protection in aortic arch surgery: an evolving field. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 35(4), 1176-1188. [https://www.jcvaonline.com/article/S1053-0770\(20\)31270-2/abstract](https://www.jcvaonline.com/article/S1053-0770(20)31270-2/abstract)
- Ramakrishna, R., Hemalatha, S., & Rao, D. S. (2022). Analysis and performance of centrifugal pump impeller. *Materials Today: Proceedings*, 50, 2467-2473.
- Rao, P. S. (2022). Double-inlet left ventricle. *Children*, 9(9), 1274. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9497213/pdf/children-09-01274.pdf>

- Saczkowski, R., Zulauf, F., & Spada, S. (2022). An evaluation of hard-shell venous reservoir integrated pressure relief valve pressure mitigation performance. *Perfusion*, 37(1), 37-45. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659120976278?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed
- Sarkar, M., & Prabhu, V. (2017). Basics of cardiopulmonary bypass. *Indian Journal of anaesthesia*, 61(9), 760-767. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5613602/pdf/IJA-61-760.pdf>
- Sharma, A., Dixit, S., Mittal, S., Sharma, M., Sharma, D., & Mawar, K. (2021). DelNido cardioplegia versus St Thomas cardioplegia solution in double valve replacement: a single centre experience. *Perfusion*, 36(5), 476-481. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659120961921?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub 0pubmed
- Singh, Y. (2017). Echocardiographic evaluation of hemodynamics in neonates and children. *Frontiers in pediatrics*, 5, 201. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5605552/pdf/fped-05-00201.pdf>
- Soran Türkcan, B., Atalay, A., Ecevit, A. N., Yılmaz, M., Kavurt, A. V., Özdemir Şahan, Y., Selçuk Sert, G., & Özişik, K. (2023). Atrioventricular Septal Defects Repair: Comparison of Classic Single Patch and Double-Patch Techniques.
- Stephenson, L. (2003). History of cardiac surgery. In *Cardiac surgery in the adults*. 3rd ed. (pp. 3-31). McGRAW-HILL Medical Publishing Division.
- Takagi, H., Mitta, S., & Ando, T. (2019). A contemporary meta-analysis of antegrade versus retrograde cerebral perfusion for thoracic aortic surgery. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 67(05), 351-362.
- Takahashi, S. (2022). Metabolic contribution and cerebral blood flow regulation by astrocytes in the neurovascular unit. *Cells*, 11(5), 813. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8909328/pdf/cells-11-00813.pdf>
- Tan, A., Newey, C., & Falter, F. (2022). Pulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass: a literature review. *The Journal of ExtraCorporeal Technology*, 54(1), 50.
- Thiele, R. H., Isbell, J. M., & Rosner, M. H. (2015). AKI associated with cardiac surgery. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 10(3), 500-514.
- Tian, D. H., Weller, J., Hasmat, S., Preventza, O., Forrest, P., Kiat, H., & Yan, T. D. (2019). Temperature selection in antegrade cerebral perfusion for aortic arch surgery: a meta-analysis. *The Annals of Thoracic Surgery*, 108(1), 283-291.
- Tian, D. H., Wilson-Smith, A., Koo, S. K., Forrest, P., Kiat, H., & Yan, T. D. (2019). Unilateral versus bilateral antegrade cerebral perfusion: a meta-analysis of comparative studies. *Heart, Lung and Circulation*, 28(6), 844-849. [https://www.heartlungcirc.org/article/S1443-9506\(19\)30045-9/abstract](https://www.heartlungcirc.org/article/S1443-9506(19)30045-9/abstract)
- Walczak, A., Klein, T., Voss, J., Olshove, V., Gupta, R., Averina, T., Caneo, L., & Groom, R. (2021). International pediatric perfusion practice: 2016 survey results. *The Journal of Extra-corporeal Technology*, 53(1), 7.
- Wang, X., Yang, F., Zhu, J., Liu, Y., Sun, L., & Hou, X. (2020). Aortic arch surgery with hypothermic circulatory arrest and unilateral antegrade cerebral perfusion: perioperative outcomes. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 159(2), 374-387. e374. [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(19\)30362-9/pdf](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(19)30362-9/pdf)
- Wang, Y., & Bellomo, R. (2017). Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment. *Nature Reviews Nephrology*, 13(11), 697-711. <https://www.nature.com/articles/nrneph.2017.119>

- Weisert, M., & Cheng, A. (2024). Double Inlet Ventricle. In *Pediatric Cardiology: Fetal, Pediatric, and Adult Congenital Heart Diseases* (pp. 1597-1623). Springer.
- Whiting, D., Yuki, K., & DiNardo, J. A. (2015). Cardiopulmonary bypass in the pediatric population. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 29(2), 241-256.
- Wilson, R., Ross, O., & Griksaitis, M. (2019). Tetralogy of fallot. *BJA education*, 19(11), 362-369. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7807827/pdf/main.pdf>
- Wright, L. K., Knight, J. H., Thomas, A. S., Oster, M. E., St Louis, J. D., & Kochilas, L. K. (2019). Long-term outcomes after intervention for pulmonary atresia with intact ventricular septum. *Heart*, 105(13), 1007-1013. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6571047/pdf/nihms-1015053.pdf>
- Yuan, S.-M. (2019). Acute kidney injury after pediatric cardiac surgery. *Pediatrics & Neonatology*, 60(1), 3-11.
- Yuan, S. M. (2019). kidney injury after pediatric cardiac surgery. *Pediatrics & Neonatology*, 60(1), 3-11.
- Zubrzycki, M., Schramm, R., Costard-Jäckle, A., Morshuis, M., Gummert, J. F., & Zubrzycka, M. (2024). Pathogenesis and Surgical Treatment of Dextro-Transposition of the Great Arteries (D-TGA): Part II. *Journal of Clinical Medicine*, 13(16), 4823. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11355351/pdf/jcm-13-04823.pdf>