



T.C.

ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK KALP AMELİYATLARINDA KULLANILAN  
PERFÜZYON SİSTEMİNİN HASTANIN KENDİ KANI İLE  
DOLDURULMASININ (RETROGRAD OTOLOG PRIME)  
HEMODİLÜSYON VE KAN TRANSFÜZYONU  
ÜZERİNE ETKİSİ**

SERKAN CİN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KALP VE DAMAR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Cem Alhan

İkinci Tez Danışmanı

Doç. Dr. A. Ümit Güllü

İSTANBUL-2021





T.C.

ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK KALP AMELİYATLARINDA KULLANILAN  
PERFÜZYON SİSTEMİNİN HASTANIN KENDİ KANI İLE  
DOLDURULMASININ (RETROGRAD OTOLOG PRIME)  
HEMODİLÜSYON VE KAN TRANSFÜZYONU  
ÜZERİNE ETKİSİ**

SERKAN CİN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KALP VE DAMAR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Cem Alhan

İkinci Tez Danışmanı

Doç. Dr. A. Ümit Güllü

İSTANBUL-2021

## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

18/05/2021

Serkan CİN

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleri ile eğitimime olan katkılarından dolayı değerli hocalarım; Prof. Dr. Cem ALHAN, Prof. Dr. L. Ertan SAĞBAŞ, Prof. Dr. E. Hasan KARABULUT, Prof. Dr. Şahin SENAY, Doç. Dr. A. Ümit GÜLLÜ, Doç. Dr. Selim AYDIN, Doç. Dr. Süleyman YAZICI, Yrd. Doç. Dr. E. Hüsnü UĞUR'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Perfüzyonist olarak yetiştiren ustalarım ve abilerim; Cumhur BEZSATAN, Ömer ŞAŞMAZ, Muhammer TOKGÖZ, Erhan PULAT ve Seyhan ÇITAK'a teşekkür ederim.

Eğitim süresince desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım; Muhammed KAŞ, Mustafa BAYRAM, Ali İmran GÜN MÜZ, Yalçın YILDIZ, Egemen ERSİN, Behiç DANIŞAN ve Emrah ÖZER'e teşekkür ederim.

Her zaman destek olan ve birlikte geçireceğimiz zamanlardan ödün veren nişanlım Kübra AZAZ'a ve canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

<b>BEYAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>RESİMLER LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>1</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>2</b>
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	<b>3</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>6</b>
2.1. Kardiyopulmoner Baypas Tarihçe .....	6
2.2. Kardiyopulmoner Baypas.....	8
2.3. Kalp Akciğer Makinesinin ve Ekstrakorporal Devrenin Bileşenleri .....	9
2.3.1. Pompalar .....	9
2.3.1.1. Roller pompa.....	10
2.3.1.2. Santrifugal pompa .....	10
2.3.1.3. Aksiyel pompa .....	11
2.3.2. Oksijenatörler .....	11
2.3.3. Venöz rezervuarlar .....	16
2.3.3.1. Yumuşak kabuklu venöz rezervuar .....	16
2.3.3.2. Sert kabuklu venöz rezervuar .....	16
2.3.4. Kardiyotomi rezervuarı ve aspirasyon sistemi .....	18
2.3.5. Ekstrakorporal dolaşım tubing sistemleri.....	19
2.3.6. Kanüller.....	21
2.3.6.1. Arteriyel kanül .....	22
2.3.6.2. Venöz kanül .....	23
2.3.6.3. Kardiyopleji kanülü.....	24
2.3.7. Kardiyopulmoner baypas filtreleri .....	25

2.3.7.1. Derinlik filtreleri .....	25
2.3.7.2. Ekran filtreleri .....	25
2.3.7.3. Arteryel hat filtreleri .....	26
2.3.7.4. Beyaz hücre filtreleri .....	27
2.3.8. Isı değiştirici .....	27
2.4. Perfüzyon Basıncı .....	27
2.4.1. Pompa kan akımı .....	29
2.5. Prime (Başlangıç) Sıvılar .....	31
2.5.1. Prime solüsyon olarak kristalloidler .....	32
2.5.1.1. Kristalloid sıvılar ve özellikleri .....	33
2.5.2. Prime solüsyonu olarak kolloidler .....	34
2.5.2.1. Kolloid sıvılar ve özellikleri .....	35
2.5.3. Doğru prime solüsyon seçim kriterleri .....	40
2.5.4. Hemostazda priming etkisi .....	42
2.6. Kardiyopulmoner Baypassta Kan Kullanımını Azaltan Mekanik Yöntemler ...	43
2.6.1. Ototransfüzyon .....	43
2.6.2. Hemofiltrasyon .....	45
2.6.3. Modifiye ultrafiltrasyon .....	46
2.6.4. Vakum destekli venöz drenaj tekniği .....	47
2.6.5. Heparin kaplı sistemler .....	49
2.6.6. Akut normovolemik hemodilüsyon .....	50
2.6.7. Mini kardiopleji (mikropleji) .....	52
2.6.8. Retrograd otolog prime (ROP) .....	52
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>56</b>
3.1. Verilerin İstatistiksel Analizi .....	58
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>59</b>
<b>5. TARTIşMA VE SONUÇ .....</b>	<b>68</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>74</b>
<b>7. ÖZGEÇMİş .....</b>	<b>79</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<b>AAA</b>	: Asendan Aort Anevrizması
<b>ACT</b>	: Aktive Edilmiş Pıhtılaşma Zamanı
<b>ANH</b>	: Akut Normovolemik Hemodilüsyon
<b>AOP</b>	: Antegrad Otolog Prime
<b>ASD</b>	: Atrial Septal Defekt
<b>AVR</b>	: Aort Valve Replasmanı
<b>AY</b>	: Aort Yetmezliği
<b>CI</b>	: Kardiyak İndeks
<b>CO</b>	: Kardiyak Output
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>EKMO</b>	: Ekstrakorporal Membran Oksijenizasyonu
<b>ES</b>	: Eritrosit Süspansiyonu
<b>Hb</b>	: Hemoglobin
<b>Hct</b>	: Hematokrit
<b>HES</b>	: Hidroksietil Nişasta
<b>HSA</b>	: İnsan Serum Albumini
<b>İKH</b>	: İskemik Kalp Hastalığı
<b>KABG</b>	: Koroner Arter Baypas Greft
<b>KOB</b>	: Kolloid Osmotik Basınç
<b>KPB</b>	: Kardiyopulmoner Baypas
<b>Mn</b>	: Moleküler Sayıları
<b>MP</b>	: Mitral Plasti
<b>MUF</b>	: Modifiye Ultrafiltrasyon
<b>MVR</b>	: Mitral Valve Replasmanı
<b>Mw</b>	: Moleküler Ağırlıkları
<b>MY</b>	: Mitral Yetmezliği
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen
<b>RBC</b>	: Kırmızı Kan Hücreleri
<b>ROP</b>	: Retrograd Otolog Prime

<b>TDP</b>	: Taze Donmuş Plazma
<b>TDP</b>	: Taze Donmuş Plazma
<b>TP</b>	: Triküspit Plasti
<b>TY</b>	: Triküspit Yetmezliği
<b>VAD</b>	: Ventriküler Destek Cihazı
<b>VWF</b>	: Willebrand Faktör
<b>WBC</b>	: Beyaz Kan Hücreleri



## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b> Kardiyopulmoner Baypas Tarihçesi.....	6
<b>Tablo 2.2.</b> Türkiye’deki Kalp Damar Cerrahisi Tarihçesi.....	7
<b>Tablo 2.3.</b> Hasta Ağırlığına Göre Arteriyel ve Venöz Hat Çapları .....	20
<b>Tablo 2.4.</b> Hattın Çapına Göre Metre Başına Gerekli Volüm Miktarı.....	20
<b>Tablo 2.5.</b> Hipotermiye Göre İstenilen Hematokrit (Htc) ve Kardiyak İndeks (CI) Değerleri.....	31
<b>Tablo 4.1.</b> Hastaların Demografik Bilgileri ve Hasta Patolojileri ile Yapılan Operasyon Dağılımları (N=80) .....	59
<b>Tablo 4.2.</b> Hastaların Kontrol Edilen Zamanlara Göre Hemaglobin Değer Aralıkları (N=80) .....	60
<b>Tablo 4.3.</b> Hastaların Sıvı Düzeyleri ve Kullanılan Kan ve Kan Ürünleri (N=80)...	61
<b>Tablo 4.4.</b> Hastaların Yoğun Bakım, Entübasyon ve Servis Süreleri (N=80).....	63
<b>Tablo 4.5.</b> Gruplararası Demografik Bilgilerin ve Pompa Sürelerinin Karşılaştırılması (N=80) .....	63
<b>Tablo 4.6.</b> Gruplararası Zamana Göre Hemoglobin Değerlendirmeleri (N=80).....	64
<b>Tablo 4.7.</b> Gruplararası Volüm Miktarları ile Kan ve Kan Ürünü Kullanımı Değerlerine İlişkin Kıyaslamalar (N=80) .....	65
<b>Tablo 4.8.</b> Gruplararası Yoğun Bakım Kalış Süresi, Entübasyon Süresi ve Serviste Kalış Süresinin Kıyaslanması (N=80).....	66

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Graplarda Zamana Göre Hemoglobin Değerinin Değişimi..... 65



## RESİMLER LİSTESİ

<b>Resim 2.1.</b> Kalp Akciğer Makinesi ve Kurulu Devresi .....	9
<b>Resim 2.2.</b> Hallow Fiber Membran Oksijenatör.....	14
<b>Resim 2.3.</b> Sert Kabuklu Venöz Rezervuar .....	17
<b>Resim 2.4.</b> Ekstrakorporal Dolaşım Tubing Seti .....	20
<b>Resim 2.5.</b> Arteriyel Filtre .....	26
<b>Resim 2.6.</b> Rop Tekniği Uygulanmış KPB Sistemi.....	55



## ÖZET

Açık kalp cerrahisinde kullanılan kalp-akciğer makinesindeki mevcut hatlardan ameliyata başlamadan hava çıkarılması amacıyla sistemi doldurmak üzere başlangıç (prime) solüsyonları kullanılmaktadır. Kullanılan bu başlangıç solüsyonları kardiyopulmoner baypas esnasında hemodilüsyona sebep olmaktadır. Hemodilüsyonu ve kan tranfüzyonunu azaltmak amacıyla geliştirilen tekniklerden biri Retrograd Otolog Prime (ROP)'dir. Bu çalışmanın amacı ROP tekniğinin hemoglobin değerleri ve transfüzyon uygulamaları üzerinde etkilerini araştırmaktır. Bu sebeple, açık kalp cerrahisi yapılan, ejeksiyon fraksiyonu %35'in üzerinde, ilk kez opere olacak, elektif şartlarda operasyona alınan, hematolojik hastalığı ve bilinen bir kanama patolojisi bulunmayan, erişkin dönem 80 hasta çalışmaya alınmıştır. Hastalar 40'ar kişilik iki gruba randomizasyon yöntemiyle ayrılıp, bir gruba KPB sırasında standart prime solüsyonu (Kontrol Grubu), bir gruba ROP tekniği uygulandı (Çalışma Grubu). Bütün hastalara standart KPB ve perfüzyon teknikleri kullanıldı. ROP grubundaki hastaların intraoperatif ve postoperatif hemoglobin değerleri daha yüksek bulundu. ROP grubu hastalarında kan ve kan ürünleri tranfüzyonunun daha az olduğu sonucuna varıldı. Çalışma (ROP) grubunda drenaj miktarı ( $p=0.005$ ), pompa prime miktarı ( $p<0.001$ ), verilen toplam volüm ( $p<0.001$ ), total denge ( $p<0.001$ ), pompada kullanılan ES ( $p=0.018$ ), anestezi ES ( $p<0.001$ ), anestezi TDP ( $p=0.002$ ), anestezi trombosit ( $p=0.016$ ), yoğun bakım ES ( $p=0.009$ ), yoğun bakım TDP ( $p=0.007$ ), toplam ES ( $p<0.001$ ) ve toplam TDP ( $p<0.001$ ) değerlerinin kontrol grubu hastalarının değerlerinden daha düşük olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Hemodilüsyon, Hemoglobin , Kardiyopulmoner Baypas, Retrograd Otolog Prime, Transfüzyon.

## SUMMARY

### **The Effect of Filling the Perfusion System Used in Open Heart Operations With The Patient's Own Blood (Retrograd Otolog Prime) on Hemodilusion and Blood Transfusion**

Prime solutions are used to fill the system in order to extract air from the existing lines in the heart-lung machine used in open heart surgery before starting the operation. These starting solutions used cause hemodilution during cardiopulmonary bypass. Retrograde Autologous Prime (ROP) is one of the techniques developed to reduce hemodilution and blood transfusion. The aim of this study is to investigate the effects of ROP technique on hemoglobin values and transfusion applications. For this reason, 80 adult patients who underwent open heart surgery, with an ejection fraction of over 35%, will be operated for the first time, undergoing elective surgery, without hematological disease and a known bleeding pathology were included in the study. Patients were divided into two groups of 40 people by randomization method, and a standard prime solution (Control Group) was applied to one group during CPB, and ROP technique was applied to one group (Study Group). Standard CPB and perfusion techniques were used in all patients. Intraoperative and postoperative hemoglobin values were found to be higher in the patients in the ROP group. It was concluded that transfusion of blood and blood products was less in ROP group patients. In the study (ROP) group, drainage amount ( $p = 0.005$ ), pump prime amount ( $p < 0.001$ ), total volume delivered ( $p < 0.001$ ), total balance ( $p < 0.001$ ), ES used in the pump ( $p = 0.018$ ), anesthesia ES ( $p < 0.001$ ), anesthesia FFP ( $p = 0.002$ ), anesthesia platelet ( $p = 0.016$ ), intensive care ES ( $p = 0.009$ ), intensive care FFP ( $p = 0.007$ ), total ES ( $p < 0.001$ ), and total FFP ( $p < 0.001$ ) values were found to be lower than the control group patients' values.

**Keywords:** Cardiopulmonary Bypass, Hemodilution, Hemoglobin, Retrograde Autologous Priming, Transfusion.

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kardiyopulmoner baypas (KPB), açık kalp cerrahisinde kalp ve akciğerleri geçici olarak devre dışı bırakılmasına izin veren bir tekniktir. Ameliyat sırasında kalbin ve akciğerlerin işlevini geçici olarak üstlenerek kan dolaşımını ve vücudun oksijen içeriğini korur. Bu tekniğin yapılmasına olanak sağlayan cihazın adı ise kalp akciğer makinesi ya da pompa olarak da bilinir. Bu makinayı yöneten kişiler ise perfüzyonistlerdir (1,3).

Kardiyopulmoner baypas devresi, cerrahi onarım sırasında kansız alanı korumak için hastanın kan dolaşımını, kalp gibi yönlendirmek için tasarlanmış bir cihazdır. Kalp akciğer makinesinin bileşenleri, pompa (yapay kalp), plastik borulardan oluşan devreler, kanüller, venöz rezervuar, filtreler, oksijenatör (yapay akciğer) ve ısı değiştiriciden oluşmaktadır (3,7).

Venöz kan, sağ atriya veya süperior vena kava ve inferior vena kavaya yerleştirilen kanüller ile venöz rezervuara yerçekimi yardımı ile boşaltılır (7). Daha sonra kan rezervuardan roller pompa ya da santrifugal pompa ile oksijenatöre yollanır. Burada kanın oksijenlenmesi ve karbondioksit atılımı sağlanır. İstenilirse vücut içi soğutma ya da ısıtma işlemi oksijenatöre bağlanmış ısıtıcı-soğutucu cihazıyla sağlanır (7). Oksijenatörden çıkan arteryel hat ile ateryel filtreden de geçirilerek çıkan kan arter sistemine geri döndürülür.

KPB öncesi, pompa ile hasta arasında bağlantı sağlayan hatlar, venöz rezervuar ve oksijenatör prime (başlangıç) solüsyonları ile doldurularak priming sağlanır. Sistemdeki havanın çıkarılması için iyon içeriği plazmaya yakın olan ve normal pH değer aralıklarını barındıran bu solüsyonlara prime (başlangıç) solüsyon denir (3).

KPB sisteminin kullanıldığı ilk yıllarda sistem donör kanı ile doldurularak hazırlanmaktaydı. Başlangıç solüsyonu olarak kullanılan kan, kapiller tıkanıklık, doku perfüzyon bozuklukları, inme ve konvülsiyon gibi komplikasyonların görülmesine sebep olduğundan ağır anemili hastalar dışında kandan fakir prime solüsyonları tercih edilmeye başlanmıştır. Erişkin dönem hastaların sisteminde kullanılan oksijenetör, tubing sete göre değişmekte olan prime solüsyonları 1300 ile 2000 ml arasındadır. Prime solüsyonları dengeli elektrolit içeren kristalloid ve kolloid sıvılardan oluşur ve kullanılan bu prime solüsyonlar hemodilüsyona sebep olmaktadır (8,9,13).

KPB hastalarında karşılaşılan en önemli problemler, prime işlemine bağlı oluşan hemodilüsyon, oluşan hemodilüsyon sonucunda kan nakil oranlarının yüksek olması ve KPB devrenin kullanılabilmesi için yapılan heparinizasyona bağlı kanamadır (21).

Hemodilüsyon, kanın seyrelmesi sonucu eritrositlerin ve diğer şekilli elamanlarda azalmaya sebep olur. Hemodilüsyonun oluşturduğu anemi nedeniyle kandaki eritrositler azaldığından taşınan O<sub>2</sub> miktarı da azılır ve kan tranfüzyonu ihtiyacı doğar (44).

Kan transfüzyonu yapılan kişilerde hepatit, Human İmmunodeficiency Virüs (HIV), allerjik ve febril reaksiyonlar görülebilir. Enfeksiyonel hastalıkların bulaşması riski ile beraber akut akciğer hasarı sendromu, KPB’da laktat yükselmesi gibi erken ve geç dönem komplikasyonları vardır. Diğer bir açıdan bakarsak da kan ve kan ürünü kullanımı hastane maliyetlerini de yükselttiği yapılan çalışmalarda görünmektedir (25,32,37).

Yeterli miktarda oksijen taşınabilmesi için minimum hematokrit (Htc) seviyesinin %20 ve üzeri olduğu bilinmektedir. Hematokrit değerinin düşük olması doku hipoksisine sebep olur ve hiperlaktatemi görülebilir (37).

KPB’da kullanılan, prime solüsyonları nedeniyle ortaya çıkan hemodilüsyon, kolloid osmotik basıncı da düşürerek doku ödemeine sebep olur. KPB’da hemodilüsyonun gözlemlenen en belirgin komplikasyonu KPB’a girildiği anda görülen perfüzyon basıncında ki düşüştür. Kalp cerrahisinde en çok karşılaşılan kanamanın sebebi hemodilüsyonun oluşturduğu trombosit sayılarındaki azalmadır (30,36).

Gizli viral veya transfüzyonla bulaşan, bulaşıcı hastalık gibi uzun süreli kan transfüzyonu yapılacak hastalar ve hekimler için endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Ameliyat sırasında transfüzyon gereksinimlerini azaltma stratejileri klinik bakımda yüksek öncelik olmaya devam etmektedir (22,37,39).

Operatif kan kaybını azaltarak KPB’da görülen hemodilüsyonel anemiyi ve kan, kan ürünü tranfüzyonunun azaltılması için kan koruma teknikleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemler, mini kardiyopleji sistemleri, akut normovolemik hemodilüsyon (ANH), hemofiltrasyon, ototranfüzyon (cell saver), venöz vakum drenajı sistemleri, heparin kaplı sistemler ve retrograd otolog prime’dır (16,17,18).

Kan koruma tekniklerinden biri olan retrograd otolog prime (ROP) tekniği KPB geçilmeden hemen önce hemodinamik parametreler dikkate alınarak hastanın kendi kanının perfüzyon sistemindeki prime solüsyonlarının yerini alarak, en az prime solüsyon ile hemodilüsyonu azaltmaya dayalı bir tekniktir. Bu çalışmanın hedefi ROP’un intraoperatif ve postoperatif dönemlerde hemoglobin değerleri ile kan ve kan ürünü kullanımı üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kardiyopulmoner Baypas Tarihçe

Theodor Billroth kalp üzerinde çalışmanın çok çılgınca ve cehaletin bir göstergesi olduğunu vurgulamıştı. Bu nedenle kimse kalbe dokunmaya cesaret edemiyordu. Yirminci yüzyılın başlarında tam bir rüya olan kalp cerrahisi, bu yüz yılın ortalarında hayallerin gerçekleşmesi ile sonuçlanmıştır (1).

Tarihsel süreci, ekstrakorporal dolaşımın organ fonksiyonunu destekleyebileceği kavramı ilk olarak 1813'te Le Gallois tarafından önerilmesi ile başlayarak 6 Mayıs 1953 yılında John Gibbon tarafından yapılan ilk açık kalp ameliyatı ile sonuçlanmıştır (1).

**Tablo 2.1.** Kardiyopulmoner Baypas Tarihçesi (1)

1800'ler	Bazı fizyologlar ekstrakorporal pompa oksijenatörleri ile organları geçici olarak destekliyor
1813	Le Gallois: Ekstrakorporal organ desteği kavramı
1885	Frey ve Gruber (Almanya): Kalp-akciğer makinesinin kavramsal çizimi
1900-1915	Landsteiner: Kan gruplarının keşfi, antikoagülasyon ve kan depolanması ve kan nakli
1916	McLean ve Howell: Heparinin keşfi
1929-1940	Forssmann (1929), Cournand ve Richards (1941): Kalp kateterizasyonu
1934	Michael DeBakey: Transfüzyon için kullanılan silindir pompası
1935	Gibbon: Kedilerde ilk kalp-akciğer makinesi çalışması ile 117 dakikaya kadar destek
1937	Heparinin üretilmesi
1937-1939	Chargraff ve Olson: Heparinin protaminle nötralizasyonunun sağlanması
1939	Gibbon: Kalp-akciğer makinesinde oklüzyon ayarının kedilerin uzun süreli hayatta kalmasını sağlaması
1940	Murray: Heparinin ilk klinik kullanımı (derin ven trombozu için)

**Tablo 2.1.** Kardiyopulmoner Baypas Tarihçesi (1) (Devam)

1946	Bigelow: Hipoterminin faydalarını kavramsallaştırması
1950	Leland Clark: Kabarcık oluşumunu engellenmek için kullanılan silikon köpük önleyici oksijenatör
1951	Gibbon'u Model II kalp-akciğer makinesini geliştirmek için John Gibbon ile birlikte çalışması
1952	Gibbon: Gibbon Model II kalp-akciğer makinesini kullanılarak 18 köpeğin %88'i hayatta kalması
1953 (6 Mayıs)	Gibbon (Gibbon Model II): Toplam başarılı ilk açık kalp cerrahisi kalp-akciğer makinesi ile kardiyopulmoner baypas
1955 İlkbahar-yaz	İlk başarılı hasta serisi

Kalp cerrahisinde dünyada yaşanan bu gelişmeler ile birlikte türkiyede de kalp cerrahisi gelişim sürecindeydi (1,2).

**Tablo 2.2.** Türkiye'deki Kalp Damar Cerrahisi Tarihçesi (1,2)

1960	Mehmet Tekdoğan: Ekstrakorporal dolaşım ile açık kalp ameliyatı
1962	Aydın Aytaç: Ülkemizde ilk kalp pili ameliyatı gerçekleştirildi
1963	Siyami Ersek: Türkiye'de ilk defa yapay kapak takıldı
1963-1965	Siyami Ersek ve Kemal Beyazıt: Ülkemizdeki ilk çift kapak ve üçlü kapak replasmanını yapıldı
1967	Kemal Bayezid: Teknik yönden başarılı iki kalp nakli yapıldı, Heterogreft kalp ameliyatları gerçekleştirildi
1969	Aydın Aytaç: Türkiye'nin ilk Pediatrik Kalp Cerrahisi Departmanı kuruldu
1970	Transpozisyon ülkemizde başarıyla ameliyat edildi
1974	Aydın Aytaç ilk koroner baypas ameliyatı safen ven kullanılarak yapıldı
1980	Coşkun İkizler: Ülkemizde ilk başarılı Fontan tipi ameliyat Björk modifikasyonu olarak uygulandı, Tayyar Sarioğlu: Arterial Switch ameliyatı başarılı olarak uygulandı, Cevat Yakut: Erişkin kalp cerrahisinde uzun süre yaşayan kalp nakli başarısı
1988	Hakkı Akalın: İlk mekanik kalp başarıyla takıldı
1995	Öztekin Oto: Ülkemizde ilk başarılı Video Eşliğinde Toraks Cerrahisi (VATS) Uygulamaları gerçekleştirildi
1998	Öztekin Oto: Türkiye'de ilk kez kalp ve akciğer transplantasyonu
1999	Öztekin Oto: İki taraflı akciğer transplantasyonu Dr. Oto ve ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir.

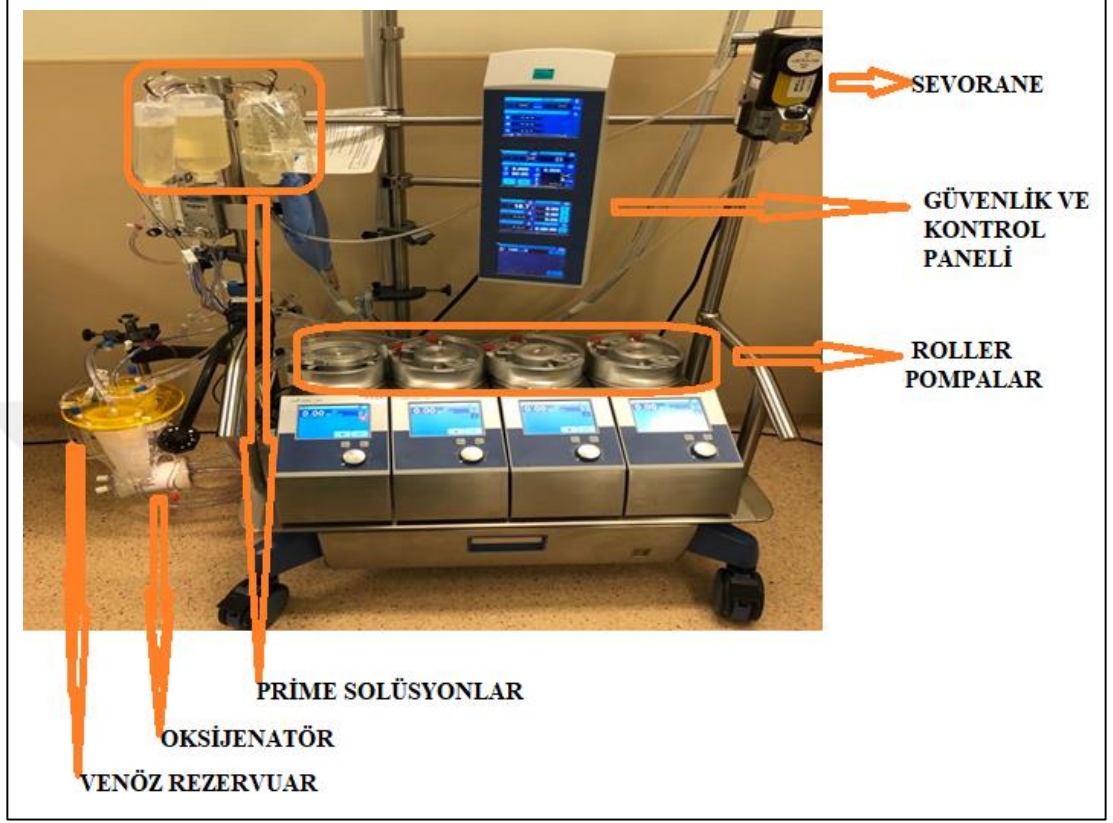
## 2.2. Kardiyopulmoner Baypas

Kardiyopulmoner baypas (KPB), kalp ve akciğerleri geçici olarak devre dışı bırakılmasına izin veren bir tekniktir. Ameliyat sırasında kalbin ve akciğerlerin işlevini geçici olarak üstlenerek kan dolaşımını ve vücudun oksijen içeriğini korur. Bu tekniğin yapılmasına olanak sağlayan cihazın adı ise kalp akciğer makinesi ya da pompa olarak da bilinir. Bu makinayı yöneten kişiler ise perfüzyonistlerdir (3,4).

Kardiyopulmoner baypas devresi, cerrahi onarım sırasında kansız alanı korumak için hastanın kan dolaşımını, kalp gibi yönlendirmek için tasarlanmış bir cihazdır. Tipik kardiyopulmoner baypas makinesi, tek kullanımlık tüp, merkezi kontrol monitörü, veri yönetim sistemi, acil durum pili ve kardiyopulmoner destek sağlayan bir dizi roller veya santrifugal kan pompasından oluşur. Kalp akciğer makinesinin bileşenlerini incelediğimizde; pompa, plastik borulardan oluşan devreler, kanüller, venöz rezervuar, filtreler, ısı değiştirici ve oksijenatör olarak söyleyebiliriz (5,7).

Kalp akciğer makinesinin amacı; ameliyat sırasında sistemik kan akışını, oksijenasyonu sağlamak ve sıcaklık düzenlemesini korumak için tasarlanmıştır. Venöz kan, sağ atriya veya süperior vena kava ve inferior vena kavaya yerleştirilen kanül ve venöz hat ile rezervuara boşaltılır. Daha sonra kan rezervuardan roller pompa ya da santrifugal pompa ile oksijenatöre yollanır. Burada kanın oksijenlenmesi ve karbondioksit atılımı sağlanır. İstenilirse vücut içi soğutma ya da ısıtma işlemi oksijenatöre bağlanmış ısıtıcı-soğutucu cihazıyla sağlanır (7). Kan oksijenatörden çıkan arteriyel hat ile arteriyel filtreden de geçirilerek hastanın arteriyel sistemine geri döndürülür (5).

### 2.3. Kalp Akciğer Makinesinin ve Ekstrakorporal Devrenin Bileşenleri



**Resim 2.1.** Kalp Akciğer Makinesi ve Kurulu Devresi.

#### 2.3.1. Pompalar

Kalp akciğer makinesinin iki çeşit pompa başlığı vardır. Bunlar roller ve santrifugal olarak adlandırılır. Her iki pompanın da amacı aynıdır. Ancak yapısal olarak değişiklik göstermesi bu iki pompayı avantajlı ve dezavantajlı olarak birbirinden ayırmaktadır (7,10).

### **2.3.1.1. Roller pompa**

Kalp akciğer makinasının bir bileşeni olan roller pompalar kalbin fonksiyonel işlevini gerçekleştirir. Bunu gerçekleştirirken vena kavadan yerçekimi ile rezervuara toplanan kanın belirli bir basınç ve akış hızında kanı oksijenatöre, buradan da arteryel sisteme pompalar. Roller pompa en yaygın kullanılan pompa türüdür. Bu pompa silindir şeklinde olup kanın yer değiştirmesini sağlamak amacı ile silindir içine sıkıştırılabilir hat (boru) yerleştirilerek “U” şeklindeki kanal ile dönen başlığın hattı sıkıştırarak kanın ilerlemesini sağlamaktadır. Pompanın debisi boru çapı ve silindirin dönme hızı ile orantılıdır. Akım hızı ise boru çapına ve dönüş hızına göre değişir. Mekanizmanın tıkayıcı doğası, giriş tarafında negatif basınçlara neden olur ve bu sayede mekanizma hem arteryel kan pompalamaya hem de aspirasyon işlemi gibi kanı hastadan rezervuara geri almak kullanılır (3,7,10).

### **2.3.1.2. Santrifugal pompa**

Santrifugal pompalar pervane sistemine sahiptir. Bu tür pompalar roller pompalardan farklı olarak merkez kaç kuvvetini kullanırlar ve hattı sıkıştırmadıklarından dolayı kanın hemoliz olmasını önlemektedirler. Bu pompada bulunan pervane, şeffaf bir plastik gövdeye monte edilir. Santrifugal pompa konsolundaki manyetik bağlantı ile dönüşüm sağlanmaktadır. Bu durum kanın dairesel hareketine neden olur ve santrifüj kuvveti ile akış ve basınç üretir. Santrifüjün dakikada en fazla 4000 ya da 5500 devir dönüş hızına sahip olması bu pompanın yüksek hızda dönüşünü sağlamaktadır (7,10).

### 2.3.1.3. Aksiyel pompa

Aksiyel kan pompası yeni nesil bir döner pompa olup, kan iç pervanesini döndürerek bir aksenal akış üretmek için bir elektrik motoru tarafından tahrik edilen aksenal veya diyagonal pervaneden oluşur. Pervane, aksiyel pompada önemli bir bileşendir ve yapısı çoğunlukla kalp pompası performansını belirler. Bu nedenle pervane tasarımındaki belirgin gelişmeler yüksek akış hızı ve az kan hasarı sağlar. Aksiyel pompa, yüksek hızlı dönüş sağlamak için elektrik motoru tarafından sağlanmaktadır. Bazı nesillerde hem sürekli akış hem de pulsatil çalışma mümkündür (4,10).

Santrifugal ve aksiyel pompa tasarım teorisi arasında karşılaştırıldığında, santrifugal pompalar düşük akışlarda daha yüksek basınç üretebilirken, aksiyel pompalar tipik olarak düşük basınç artışlarında daha yüksek akış üretir. Aksiyel pompaların beslenme hacmi santrifugal pompalardan daha küçüktür, bu nedenle genellikle pediatri ekstrakorporal membran oksijenizasyonu (EKMO) ve ventriküler destek cihazında (VAD) kullanılır. Ek olarak, aksiyel akış pompaları, daha hafif güç kaynağı bileşenlerine ve pillere izin veren daha düşük enerji tüketimine sahiptir (10).

### 2.3.2. Oksijenatörler

Oksijenatörler kana oksijen eklemek ve venöz kandan karbondioksit çıkarmak için tasarlanmıştır. İki yerde kullanılır; kardiyopulmoner baypas (KPB) ve uzun süreli yaşam destek cihazı (EKMO). Kabarcık (bubble) oksijenatör kalp cerrahisinde kardiyopulmoner baypas için kullanılan ilk oksijenatördür, ancak malzeme bilimindeki ilerlemeler sonucunda, membran oksijenatör 1980'den beri kabarcık (bubble) oksijenatörün yerine geçti. Heparin kaplı oksijenatörün daha az sistemik

inflamasyon ürettiği ve kanın pıhtılaşma eğilimini azalttığı inancı giderek güçlenmektedir (7).

İdeal oksijenatör; venöz kanın oksijenlenmesi, karbondioksit eliminasyonu, minimum kan travması, küçük doldurma hacmi, kolay monte edilmesi, güvenlik, minimum arıza olayları ve herhangi bir komplikasyon esnasında kolay değiştirme gibi özelliklere sahip olmalıdır (5).

Oksijenatör ana fonksiyonları, rezervuar fonksiyonu olarak köpük giderici, filtreleme ve kanı depolamaktır. Membran (oksijenatör) fonksiyonu olarak, gaz değişimi ve ısı değişimi sağlamaktır (7).

#### **2.3.1.2.1. Bubble oksijenatör**

Tipik kabarcık oksijenatör iki bölüme ayrılmıştır. İlk bölüm, taze gazın elek yoluyla kana aktığı ve küçük kabarcıkların oluşmasına neden olan karıştırma odasıdır (oksijen odası). Oksijen kabarcıklardan kana aktarılır ve karbondioksit kandan kabarcıklara aktarılır. İkinci bölüm, kanın köpükten arındırıldığı ve içinde bulunduğu rezervuardır (5).

Kabarcık oksijenatörün dezavantajı, kan ve hava arasında gaz emboli oluşumuna izin veren doğrudan temas oluşmasıdır. Kabarcık oksijenatörlerin ana avantajı, membran oksijenatörlerine kıyasla, oksijenatör boyunca akışa karşı düşük direnç ve düşük basınçtır (7,10).

### 2.3.1.2.2. Membran oksijenatör

Membran oksijenatör, gaz değişim membranları ve su devresini içeren polikarbonattan yapılmış plastik bir gövdeden oluşur. Gaz alışverişi ve ısı değişiminde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Venöz kan membran giriş portundan girer, oksijen sağlandıktan sonra membran çıkışından ayrılır ve karbondioksitten kurtulur (3).

Kan sıcaklığı bir ısıtıcı-soğutucu cihaz ile kontrol edilir. Oksijenatörün hazırlama hacmi, mikro gözenekli polipropilen veya silikon elyafların farklı boyut ve uzunlukları seçilerek ayarlanabilir. Düşük hazırlama hacmi hemodilüsyonu azaltır. Mikro gözenekli polipropilen lifler oksijene ve diğer yaygın gazlara oldukça nüfuz etmektedir (3,10).

Mikro gözenekli polipropilen membran oksijenatör içi boş elyaf yapısıdır. Membrandaki gaz değişimi, membran duvarından difüzyon ve mikro gözenekli geçiş yoluyla gerçekleşir. Önceki tasarımlarda, kan akışı içi boş elyaftan oluşuyordu. Ancak bugün tasarımların çoğu, içi boş liflerden oluşmaktadır. Bu yapılandırma oksijenatör üzerindeki kan basıncı düşüşünü azaltır (5).

Mikro gözenekli membran oksijenatör kullanıldığında, mikro kanallar aracılığıyla gaz tarafından kan tarafına herhangi bir gaz emboli girmesini önlemek için, kan tarafındaki basınç her zaman gaz tarafındaki basıncı aşmalıdır. Kanın yüzey gerilimi, KPB sırasında plazma suyunun membranın gaz tarafına girmesini önler ve kan tarafına gaz sızmasını önler.

Bununla birlikte, yaklaşık altı saat mikro gözenekli membran kullanıldıktan sonra, mikro gözenek içine plazma sızması, gaz değişimi, buharlaşma ve mikro gözeneklerin içinden sızan serumun yoğunlaşması oksijenasyon veriminin düşmesine yol açar (5).

Bu nedenle, perfüzyonist bu tür oksijenatörleri altı saatten fazla kullanırken daha dikkatli olmalı, altı saatten sonra perfüzyonist gaz değişim gözlemine arttırmalıdır. Kan gazı örnekleri ile arteriyel ve venöz hat arasındaki renk farkını sürekli kontrol ederek gerekirse oksijenatör değişimine hazır olmalıdır. Membran oksijenatörleri, membran boyunca kan akışına karşı yüksek dirence sahiptir. Çünkü venöz kanın rezervuardan roller veya santrifüj pompası ile oksijenatöre aktif olarak pompalanması gerekir. Membrana aşırı basınç gelmesi, akış koşullarına bağlı olarak kan sızıntısına veya hava embolisine neden olabilir (3,6,10).

Düz tabaka mikro gözenekli membran oksijenatörde, membran bir kan bölmesini gaz bölmesinden ayıran plakalar oluşturmak için katlanan düz bir tabaka şeklindedir. Bu oksijenatörlerin ilk cihazları 1970'lerin ortalarında piyasaya sürüldü. Düz plaka mikro gözenekli membran oksijenatörler, hava kabarcıkları yakalama ve dışarı atmada daha etkilidir.



**Resim 2.2.** Hallow Fiber Membran Oksijenatör

Arteriyel filtre entegreli oksijenatörler, entegre arteriyel filtrelere sahip yeni nesil içi elyafli oksijenatördür. Arteriyel hata dönmeden önce kandaki partikül ve hava embolilerini yakalamak veya çıkarmak için oksijenatörün içi boş elyaf tabakasını çevreleyen bir ekran filtresine sahiptir. Kanda mevcut olabilecek gaz halindeki emboli, elek filtre ağında hapsolmüştür. Basınç farkı (kan tarafı 100-300 mmHg - gaz tarafı 0-15 mmHg) ile uyarılan gaz embolisi oluşabilir, mikro gözenekli içi boş fiberin iç lümenine girer ve çıkışı yoluyla elimine edilir (3,5).

Gerçek membran (Gözeneksiz membran) oksijenatörler ise silikon kauçuk tabakaları silindirik bir şekilde sarmak suretiyle üretilir (Silikon bir termoset plastiktir; Daha iyi boyutsal kararlılığa, ısı direncine ve kimyasal dirence sahiptir).

Membranın bir tarafında kan, diğer tarafında gaz bulunur. Membran, kan ve gaz arasında tam bir bölme sağlar, böylece transfer tamamen gazın zar materyali içinden difüzyonuna bağlıdır. Bu oksijenatörler, içi boş elyaf oksijenatörlerden daha büyük bir yüzey alanına sahiptir, daha büyük prime hacimleri gerekir ve daha pahalıdır (4,10).

Oksijenatörlerde kan akışı yolu genel olarak, oksijenatörlerden geçen kan akışı radyal veya aksenal yollardan geçer. Kan akışının yolu oksijenleme verimliliğinde, hava embolinin çıkarılmasında, basınç düşmesinde ve ısı değıştirici performansında etkilidir. Kan, oksijenatörün kan girişinden girer, kan çıkışından çıkmadan oksijen değıştirici demetinden önce ısı değıştiricisinden geçer.

Membran oksijenatör çalışma prensibinde gaz transferi, zar oksijenatöründe difüzyon yoluyla meydana gelir. Difüzyon, moleküllerin veya atomların daha yüksek konsantrasyon alanından daha düşük konsantrasyon alanına rastgele bir hareketidir (5,7).

Oksijenatörde gazların difüzyonu, kan ve gazdaki belirli gazın kısmi basınç farkına, bir gazın difüzyon özellikleri, belirli bir gazın konsantrasyonu, membranın fiziksel özelliklerine (yüzey alanı, akış yolu, türü) bağlıdır (5).

### **2.3.3. Venöz rezervuarlar**

Venöz rezervuarın çalışma prensibi, hastadan gelen venöz kanı depolayarak, kandaki hava ve çökelmiş maddeleri kaldırmaktır. İki çeşit venöz rezervuar vardır (7).

#### **2.3.3.1. Yumuşak kabuklu venöz rezervuar**

Yumuşak kabuklu rezervuarlar (Esnek venöz rezervuarlar), içerisine aldıkları kan miktarına göre boyutunu büyütme ve küçültme avantajına sahiptir bu nedenle kazara havanın hastaya verilmesini önleyen hava boşluğu yoktur. Giriş portu mikro filtreden geçer, roller veya santrifüj pompası ile rezervuarın çıkış portundan alınan kan oksijenatörün giriş portuna verilir. Giriş portu pozisyonu, çıkış portunun üzerine karıştırmayı destekleyen, girdabı önleyen, havayı çıkarmayı optimize eden ve düşük venöz direnci destekleyen daha büyük bir hacim veren çıkış portunun üzerindedir (3,7).

#### **2.3.3.2. Sert kabuklu venöz rezervuar**

Sert kabuklu rezervuar, polikarbonattan yapılmış sert bir plastik kaptır ve entegre bir filtre mekanizması içerir. Venöz kan, venöz giriş, bir köpük giderici (Poliüretan köpük), derinlik filtreleri (Polyester veya dacron yünü) ve ekran filtreleri (Polyester veya polipropilen)'nden oluşur. Ayrılmadan önce kanın partikül malzemelerden

(pıhtılar, yağ embolileri, fibrin ve cerrahi kontaminasyon) filtrasyonunu yaparak rezervuardan venöz kanın çıkışı sağlanır (7).

Sert rezervuarın avantajları; kolay hacim ölçümleri, venöz havanın yönetimi, daha büyük kapasite, daha kolay prime edilmesi ve vakum yardımıyla venöz drenaj için emilime izin verir. Dezavantajları; girdabı oluşturma olasılığı ve kan elemanlarının artan aktivasyonu nedeniyle mikro hava kabarcıklarını içerir (3,7).



**Resim 2.3.** Sert Kabuklu Venöz Rezervuar

#### 2.3.4. Kardiyotomi rezervuarı ve aspirasyon sistemi

Pompada bulunan emiciler, istenilen kanın operasyon alanından rezervuara kazanılmasına izin verir. Kalbin boşaltılması ve cerrahi alanın daha net görülebilmesi için aort köküne, sağ superior pulmoner vene, sol ventrikül apeksine, pulmoner artere, sol atriyum veya sol ventriküle yerleştirilen kanüllerdir. Bu kanüllerin cinsi yerleştirilen yere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Bu sistemin kullanımından önce, emme etkisini onaylamak için havalandırma deliğinin ucunu ameliyat yerinde bir kan havuzuna daldırılarak test edilmelidir. Hemolize neden olabilecek aşırı negatif basınçlardan kaçınılması önemlidir. Bu havalandırma, hatta tek yönlü bir negatif basınç tahliye vanası kullanılarak veya basıncı tahliye etmek için havalandırma hattına küçük çaplı bir iğne yerleştirilerek yapılabilir (10).

KPB sırasında kalbi boşaltmanın birkaç nedeni vardır. Bu nedeneler kalbin gerilmesini önlemek, yeniden ısınmasını azaltmak, kalp odalarından havayı boşaltmak ve özellikle KABG cerrahisinin distal koroner anastomoz aşamasında kuru bir cerrahi alan oluşturmaktır. Komplikasyonları ise, aşırı emme nedeniyle sol ventrikül duvarında hasara neden olur (5,10).

Cerrahi alandan dikkatli emilasyon ve mümkün olan en büyük emiş uçları kullanılarak emilen akış hızlarının en aza indirilmesi ve iyi oklüzyon kan hasarını azaltabilir. Diğer komplikasyonları ise; hemoliz, pıhtılaşma ve fibrinoliz aktivasyonu, trombosit yaranması ve kaybı, hücresel toplama, gaz halindeki mikroemboli, cerrahi alandaki sistemik inflamatuvar yanıtı ve mikrosirkülasyon disfonksiyonunu ağırlaştırabilecek yağ, kemik, lipitler ve diğer kalıntıların aspire edilmesi (5).





**Resim 2.4.** Ekstrakorporal Dolaşım Tubing Seti

**Tablo 2.3.** Hasta Ağırlığına Göre Arteriyel ve Venöz Hat Çapları (5,10)

Ağırlık	Arteriyel Hat Çapı	Venöz Hat Çapı
<3 Kg	1/8	3/16
3-6 Kg	3/16	3/16
6-9 Kg	3/16	1/4
9-20 Kg	1/4	1/4
20-35 Kg	1/4	3/8
35-50Kg	3/8	3/8
50 Kg ve üzeri	3/8	1/2

**Tablo 2.4.** Hattın Çapına Göre Metre Başına Gerekli Volüm Miktarı (10)

Hat Çapı	Hat Volüm Kapasitesi ml/m
1/8	9 ml/m
3/16	19 ml/m
1/4	32 ml/m
3/8	72 ml/m
1/2	127 ml/m

### 2.3.6. Kanüller

Kalp cerrahisinde kullanılacak, uygun kanüllerin seçilmesi perfüzyonist için önemlidir. Bu kanüller, kalp akciğer makinasının devresini hastaya bağlar. Kardiyopulmoner baypas devresinin kanülleri arasında arteriyel kanül, venöz kanül, antegrad ve retrograd kardiyopleji kanülü, sol ventriküler sumpları, pulmoner arter sumpları ve aort kökü sumpları bulunur.

Perfüzyonist basınç değerlerini aşmadan hastanın ihtiyaç duyduğu belirli akışları elde etmek için belirli bir boyutta kanül seçer. Ancak bazı durumlarda, özel cerrahi nedenlerden dolayı (hastanın patolojisine göre) kanülün cerrah tarafından sınırlandırılması zorunludur.

Cerrahi sırasında hastanın sağ atriyumundan oksijenlenmemiş kan alınır ve kalp-akciğer makinesinde oksijenlendirilip doğrudan hastanın arter sistemine iletilir. Bu nedenle kanüller, hastanın boyu, ağırlığı ve kan akışı ile belirlenir. Perfüzyonistin vücut yüzey alanını ve ideal akış hızını hesaplayabilmesi için hastanın boy ve kilosunun ayrıntıları gerekir.

Vücut yüzey alanı (Body Surface Area, BSA) =  $\sqrt{((\text{Boy} \times \text{Vücut ağırlığı}) / 3600)}$  metrekare cinsinden (m<sup>2</sup>). Hasta için ideal pompa kan akışını belirlemek için ise; Pompa Kan Akışı (Flow) = BSA x Kardiyak İndeks (CI) formülü kullanılır ve bu formüller sayesinde hastaya uygun boyutta venöz kanül, arteriyel kanül ve oksijenatör seçimi yapılır (3,10).

### 2.3.6.1. Arteriyel kanül

Genelde aortaya bağlantı yapılan kanüldür. Arteriyel kanül, kanül üzerinde aşırı basınç farkı olmadan yeterli akış sağlamalıdır. Arteriyel kanülün boyutu, basınç düşüşünün akışı ve ölçümü değerlendirilerek belirlenmiştir. Basınç düşümü, kanüle giren basınç ile ayrılma (aorttaki basınç) arasındaki direnci gösterir, kanül boyunca yüksek direnç basınç düşüşünde bir artışa neden olur. 100 mm Hg üzerindeki basınç farkları aşırı hemoliz ve protein denatürasyonu ile ilişkilidir. Kanüllerin ucu sert olmalı kanülasyon sırasında bükülmemeli ve kanüle edilen bölgeye sabitlenebilir olmalıdır (4,10).

Arteriyel kanüllerde kabul edilebilir basınç, arteriyel filtre havalandırma portundan (membranların yüzey alanı ve arteriyel filtre bu noktada basınç okumasında bir düşüğe neden oluyorsa) ölçüm 200 mmHg'yi ve pediatrikte ise 350 mmHg'yi geçmemelidir.

Farklı kanül tipleri mevcuttur. Bazı kanüllerin kenarında aortaya sokmak için dik açılı uçları vardır. Bazılarında, direnci en aza indirmek veya periferik girişi sağlamak için düz uçları vardır. Bazılarında da sabitlemeye yardımcı olmak ve kanülün aortaya çok fazla sokulmasını önlemek için engel bulunur (10).

Arteriyel kanül, yüksek dirençli basınç akışına sahiptir. Bu nedenle arteriyel kanül ucu akışı azaltmak ve yumuşak akışı sağlamak için tasarlanmıştır. Bunun amacı aort duvarındaki hızı, püskürtme ve kalsifiye plakların çıkıklığını azaltmaktır (5,10).

Arteriyel kanül boyutu, gerekli kan akışı ile belirlenir. Düz uçlu arteriyel kanül kullanımı, aşırı basınç olmadan küçük bir uç boyutu kullanılmasına izin verir, çünkü düz uçlu kanül boyunca direnç, açılı uç kanülündeki dirençten daha azdır.

Aort kanülü yanlış yerleştirilmiş, kanül çapı çok küçük ise, arteriyel sistemik basınç çok yüksek ise, aort diseksiyonu var ise, kros klemp kanülün çok yakınında ve yanlış tarafta ise ve arteriyel filtrede tıkanma varsa yüksek basınç görülür (4).

### 2.3.6.2. Venöz kanül

Venöz kanül akışı drenajı genellikle yerçekimi ile gerçekleştirilir. Yerçekimi drenajında, daha büyük venöz kanül, akışa daha düşük direnç ve daha iyi drenaj sağlar. Venöz drenaj miktarı santral venöz basıncı (CVP), hastanın seviyesindeki ve venöz rezervuardaki kan seviyesinin üstündeki fark ve venöz kanüllerde, venöz hat konnektörlerdeki direnç ile belirlenir. Aşırı negatif basıncın neden olabileceği aşırı drenaj, uyumlu damar duvarlarının venöz kanüllerin uçlarının etrafında çökmesine neden olabilir. Bu, venöz hattın klemp yardımıyla kısmen tıkanması veya sistemik kan akışının arttırılmasıyla iyileştirilebilir (10).

Farklı venöz kanül tipleri mevcuttur. En yaygın kullanılan iki aşamalı (Two Stage) kanüldür; sağ atriya yerleştirilen ucundaki delik İnferior vena kava (IVC) içine yerleştirilmiş iki delikli kanüldür. Üç aşamalı venöz kanül; prosedür boyunca mükemmel akış hızlarını korumak için tasarlanmıştır. Büyük tek aşamalı kanül; iki aşamalı bir kanül IVC'ye girmeyeceği zaman atriya yerleştirilebilir.

Bikaval kanülün bir tanesi Süperior Vena Kavaya (SVC) ve diğeri İnferior Vena Kavaya (IVC) yerleştirilir. Bunlar Y-konnektörlü ortak bir venöz hatta bağlanır. Kanülün kalpten ve akciğerlere kan dolaşması nedeniyle, bu tip kanülasyon ayrıca kısmi baypas olarak adlandırılır. SVC ve IVC'deki kanül etraflarında naylon bant çekildiğinde, hepsi kalbe gelen kan kanüllere yönlendirilir. Buna da total baypas denir. Bu venöz kanülasyon yöntemi çoğunlukla konjenital veya kapak cerrahisinde kullanılır (3,10).

### **2.3.6.3. Kardiyopleji kanülü**

Baypas sırasında kullanılan diğer kanüller belirli prosedürlere özgüdür.

#### **2.3.6.3.1. Retrograd kardiyopleji kanülü**

Venöz yolla kardiyopleji verilen bir tekniktir. Kanül koroner sinüse yerleştirilir. Kanülün ucunda şişirildiğinde kardiyoplejinin sağ atriyuma geri akışını önleyen bir balon vardır (10).

#### **2.3.6.3.2. Antegrad kardiyopleji kanülü**

Aort kökü veya doğrudan koroner ostiallere kan akışının normal yönde verilmesini sağlarlar. Aort kökü kanülü (Root kanülü) kardiyoplejiyi doğrudan aort kapağının yakınında aort köküne verir. Aort içine yerleştirilmiş kısa bir iğne ucu vardır. Aort kapağı ve aort kros klemp her iki yönde de akışı önler ve böylece koroner arterlere kardiyopleji verilir.

Koroner perfüzyon kanülü koroner arterlerin içine yerleştirilir. Koroner arterlere kardiyopleji doğrudan koroner ostium ağzından verilmesi gerektiğinde, bu kanül çeşitli boyutlarda ve farklı konfigürasyonlarda olur. Koroner perfüzyon kanülünün iki yaygın tasarımı vardır; koroner ostial üzerine yerleştirilen yumuşak uçlu küçük el tipi kanül ve koroner ostiaya doğrudan yerleştirilen kendiliğinden şişen balonlu koni uçlu kanüldür. Bu kanüller, aort kökü açıldığında örneğin aort kapak replasmanında supra koroner aortanın kesildiği durumlarda kullanılır (7,10).

### **2.3.7. Kardiyopulmoner baypas filtreleri**

KPB devresi içinde kullanılabilir kan filtrasyonunu sağlayan iki ana filtre türü vardır: derinlik filtreleri ve ekran filtreleri.

#### **2.3.7.1. Derinlik filtreleri**

Dacron yününün paketlenmiş liflerinden veya poliüretan köpükten oluşur. Bu filtreler, kanı emerek filtrelemek için geniş ıslak yüzey alanlarına sahiptir, kabarcıkların yakalanmasında etkilidirler. Derinlik filtrelerinde, partikül giderimi; ıslanan yüzey alanı miktarı, filtre kalınlığı, sızdırmazlık, kıvrımlılık ve malzeme, parçacıkların kimyasal yapısı, kan akış yollarının çapına bağlıdır (3,5).

#### **2.3.7.2. Ekran filtreleri**

Ekran filtreleri dokumadan oluşur ve örgüde tanımlı gözenek boyutlarına sahip polyester elyaf örgü filtrelerdir. Kullanılan arteryel filtrelerin neredeyse tamamında bu teknikten yararlanır. Partikül malzeme bu filtrelerde tutulur, çünkü parçacıklar gözeneklerden daha büyüktür, gaz halindeki mikroemboli de ıslak gözeneklerden gelen yüzey gerilimi etkisi nedeniyle tutulur.

Kardiyotomi rezervuarı, oda havasıyla birlikte büyük miktarda kalıntı içeren venöz kanı alır. Bu nedenle hem derinlik hem de ekran filtrelerinin bir kombinasyonuna dayanan entegre bir filtre mekanizması içerir (5).

### 2.3.7.3. Arteriyel hat filtreleri

Perfüzyon devresi yoluyla hastaya embolik yük kaynaklarını sınırlamak için kardiyopulmoner baypas devresinin en önemli bileşenidir. Arteriyel hat filtreleri, dokuma bir ağdan oluşan 20 µm'den büyük embolilerin geçişine izin vermeyen KPB sisteminin güvenlik ekipmanlarından birisidir.

Arteriyel hat filtreleri, gazlı mikroemboliyi ıslak gözenekler üzerindeki yüzey aktif kuvvetlerle giderir, kan filtreye girdikten sonra ıslatılmış ağa temas ettiğinde akış hızında ani bir düşüş, hava kabarcıklarının filtrenin üst kısmına yükselebilmelerine neden olur. Yeni nesil filtreler, kanın filtreye teğetsel bir şekilde girmesine izin verir. Bu da havanın filtrenin tepesine çıkma olasılığını artırır. Filtrenin üst kısmına çıkan hava buraya bağlanmış tek yönlü akım sağlayan hat sayesinde venöz rezervuara alınarak boşaltılması sağlanır (10).



**Resim 2.5.** Arteriyel Filtre

#### **2.3.7.4. Beyaz hücre filtreleri**

Son yıllarda, KPB devresine kan nakli sırasında aktif beyaz hücrelerin olumsuz etkileri giderek artmaktadır. Bu da KPB'ye inflamatuvar bir yanıt verebilir. Birçok kardiyak merkez şimdi beyaz hücre içermeyen homolog kan kullanmayı tercih etmektedir. Lökosit tüketen teknikler, kardiyopulmoner baypas süresi boyunca beyaz hücreleri sürekli olarak filtrelemek için arteriyel hat lökosit azaltma filtreleri kullanılarak baypas kurulumuna dahil edilebilir, bu teknik bazı klinik faydalar göstermiştir. Yeni nesil lökosit filtreler, dokuma olmayan bir ağ olarak hazırlanan sentetik mikrofiber malzemelerden oluşur. Bu filtreler lökositlerin %99,9'unu kandan uzaklaştırır. Bu filtreler derinlik veya ekran tiplerinden oluşur (6,10).

#### **2.3.8. Isı değiştirici**

Kalp cerrahisi sırasında perfüze edilen kanın sıcaklığı ameliyat sırasında hem kalp sağlığı hem de ameliyat koşullarına göre değiştirilmesi istenebilir. Bunun için geliştirilen ısı değiştiricileri vardır. Isı değiştiricilerinin içinde 1 °C ile 42 °C arasında su dolaşır. Bu ısıtıcının sıcaklığı arttırılır ve 42 °C'nin üzerine çıkarsa kan hasar görür. Yetişkin hastalarda soğuma esnasında perfuzat ve ısıtıcı arasında dakikada 0,7 - 1,5°C'lik azalmaya ve ısınma esnasında ise dakikada 0,2 - 0,5 derecelik artışa dikkat edilir (3,7).

#### **2.4. Perfüzyon Basıncı**

Perfüzyonist gerekli perfüzyon basıncını korumak için çalışır. Bu perfüzyon basıncı hedeflerine ulaşmak için ekip (perfüzyonist ve anesteziist) pompa akışında değişiklikler veya vazoaaktif ilaçların uygulanması gerekir. Cerrahi durumlar izin

veriyorsa hipotansiyon durumunda pompa akışı arttırılabilir. Alternatif olarak, perfüzyon basıncını desteklemek için fenilefrin ve noradrenalin kullanılabilir. Hipertansiyon durumunda ise, pompa akışı azaltılabilir. Bu azaltılmış akış hızı, hastanın sıcaklığı için uygun değilse kan akışı yetersiz oksijen verilmesi olasılığını artırabilir. Daha fazla güvenlik için bir vazodilatör (sodyum nitroprussid veya nitrogliserin) uygulanabilir (12).

KPB başlaması, seyreltme ve sistemik enflamatuar yanıtın aktivasyonundan kaynaklanan viskozitedeki dramatik azalmalar nedeniyle genellikle sistemik arteriyel hipotansiyonun akut geçici durumu ile ilişkilidir. Ayrıca, KPB'nin başlatılmasında hemodilüsyonun erken döneminde meydana gelen oksijen iletimindeki azalma, vazodilatasyon maddesinin akut salınmasına neden olur ve bu da periferik vazodilatasyona neden olur. İlk düşüşten sonra, sistemik arter basıncı sıklıkla renin-angiyotensin sisteminin veya sempatik sinir sisteminin aktivasyonunu yansıtarak kendiliğinden artmaya başlar. Birkaç dakika sonra basınç normal seviyelere yükselmezse, serebral kan akışının sürdürülmesi gerekir perfüzyon basınçlarını arttırmak için vazopresör ajanların eklenmesi gerekebilir. Daha düşük basınçlar serebral kan akışını azaltabilir. Kan basıncı 100 mmHg'den yüksek ise bozulmaya yol açabilir ve doku perfüzyonunun yanı sıra kafa içi kanama riskine neden olabilir (10,11,12).

Yetişkinlerde eğer mümkün ise düşük kan basınçlarından (<50 mmHg) kaçınılmalıdır. Daha yüksek basınçlar (>60 mmHg) yeniden ısınma sırasında kullanılır. 70-90 mmHg basıncına kadar serebral vasküler hastalığı olan hastalarda kullanılabilir. Hipertansiyon genellikle uçucu maddelerle sistemik vasküler direncin azaltılması veya nitroprussidin sürekli intravenöz uygulamasıyla tedavi edilir. Nitrogliserin, vazodilatasyondaki etkisi nedeniyle sistemik vasküler direnci azaltmıştır. Düşük dozlarda, nitrogliserin venöz damarları arterlerden daha fazla genişletir ve böylece ön yükü azaltır. Ancak daha yüksek dozlar arterleri genişletir ve böylece son yükü azaltır (12).

Artmış santral venöz basınç ve yetersiz venöz dönüş, venöz kanülün yanlış pozisyonunu yansıtabilir ve bu da venöz drenajın tıkanmasına neden olabilir. Örneğin, bir kanülün superior vena kavaya çok uzağa yerleştirilmesi, innominat veni engelleyerek serebral venöz basınç ve serebral ödemin artmasına neden olabilir. Bir kanülün inferior vena kavaya fazla sokulması hepatic veni tıkayabilir ve karın şişliğine neden olabilir. Perfüzyon akışını değerlendirmek için kardiyopulmoner baypas sırasında kan gazları ve pH değerleri sık sık izlenir. İdrar çıkışı, renal perfüzyonun yeterliliği için bir rehberdir (En az 0,5-1 mL / kg / saat) (10).

#### **2.4.1. Pompa kan akımı**

Arteriyel kan akımının yeterliliği, arteriyel basınç, arteriyel saturasyon gibi parametrelerin KPB sırasında sürekli monitörizasyon ve belirli aralıklarla kontrol edilen kan gazları ile ölçülebilir (10).

Kan akışı (FLOW), kalp akciğer makinesinin bir dakikada vücuda gönderdiği kan miktarıdır. Bu işlem besin maddelerinin, hormonların, metabolik atıkların ve gazların taşınmasını sağlar. Kan akışı kardiyak outputa eşittir.

Kardiyak indeks (CI), farklı yaş ve boyutlardaki bireylerin metre kareye düşen ortalama kan miktarıdır. Kardiyak output (CO), kalbin sol ventrikülünden bir dakikada dolaşıma pompalanan kan miktarıdır. Normal perfüzyon akışı, dokuların oksijen ve gıda ihtiyaçlarını karşılamak için normal sıcaklıkta (37°C), KPB süresinde pompalanması gereken kan miktarıdır (10).

Maksimum perfüzyon akışı, hastanın yaşı, kilosu, aortik kanül büyüklüğü ve oksijenatör boyutuna bağlı olarak hastanın sıcaklığına bakılmaksızın, gerektiğinde

basınç düşmesi veya fizyopatolojik özellikler gibi herhangi bir nedenle pompalanabilecek en büyük kan miktarıdır.

Minimum perfüzyon akışı, yeterli en düşük geri akış miktarını azaltmak cerrahın çalışması gerektiğinde kansız bir alan sağlamak veya karmaşık ve uzun vakalarda kan üzerindeki pompa yan etkilerini azaltmak için hastaya ısı düşürülerek pompalanabilen kan miktarıdır.

Hasta basıncının değeri ile perfüzyon akışı miktarı arasında güçlü bir ilişki vardır. İyi bir basınç değeri olmadan yeterli miktarda perfüzyon akışı olmaz, bu da küçük dokulara kan sağlanmaması anlamına gelir. Ayrıca, yeterli miktarda perfüzyon akışı olmadan (hastanın sıcaklığına göre) uygun basınç değeri, dokuların oksijen ihtiyacını karşılamaya yetmeyecektir.

Bu nedenle, hasta için maksimum miktarda perfüzyon akışı sağlansada, küçük kılcal damarlara kan akışının iyi olmasını sağlamak için yeterli basıncı sağlamak gerekir. Ayrıca, akış hızını düşürmek gerektiğinde (hastanın sıcaklığına uygun), hasta basıncı düşük ise, önce ilaçlarla hasta basıncını yükseltmek gerekir ve ardından perfüzyon akış hızını hastanın sıcaklığına uygun bir debiye kadar düşürebiliriz (10).

POMPA KAN AKIŞI;

VÜCUT YÜZEY ALANI (BSA) =  $\sqrt{((\text{Boy} \times \text{Vücut ağırlığı}) / 3600)}$

POMPA KAN AKIŞI (FLOW) = CI X BSA

formülleri kullanılarak hesaplanabilir.

**Tablo 2.5.** Hipotermiye Göre İstenilen Hematokrit (Htc) ve Kardiyak İndeks (CI) Değerleri (10)

Hipotermi (°C)	İstenilen Htc (%)	Kardiyak İndeks (lt/dk/m <sup>2</sup> )
32-36	30-32	2,4-2,5
28-31	25-28	1,8-2,2
24-27	22-25	1,6-2,0
17-23	20-22	1,4-1,8

## 2.5. Prime (Başlangıç) Sıvılar

KPB uygulamalarının kullanımında ilk denemeler KPB'nin kan ile doldurulmasını önermekteydi. Bu durum kan bankalarında aşırı yüklenmeye neden oldu ve planlanan prosedür sayısını uygulama yeteneğini sınırladı.

Daha sonra taze kan kullanımına alternatif olarak, depolanmış kan çözeltisi içinde muhafaza edilen çözelti kullanıldı. Kan kullanım komplikasyonları arasında, aşırı hemoliz, proteinlerin denatürasyonu, transfüzyon reaksiyonları, viral partikül iletimi ve artmış postoperatif morbidite sayılabilir.

Kanın değiştirilmesi için oksijenatörde salin çözeltisi kullanılarak hemodilüsyonu sağladı. Eğer hemodilüsyon dikkatli bir şekilde yapılmazsa, hemoglobin seviyeleri ve oksijen içeriği azalır. Bunun sonucunda ise arteriyel kandaki yüksek pO<sub>2</sub> seviyelerine rağmen az oksijen dokulara taşınarak hipoksiye neden olur. Hidrasyondaki artış nedeniyle diğer komplikasyonlar ortaya çıkabilir, bunlar hemofiltrasyon tekniklerinin gerekliliğine yol açar (10,13).

KPB devresi için doğru hazırlama çözeltisini seçme konusu çok önemlidir ve dikkat gerektirir. Temel olarak, hazırlama çözeltilerini iki kategoriye ayırabiliriz;

kristaloidler ve kolloidler. Kristalloidler, normal plazma elektrolit konsantrasyonlarını taklit eden, etkili hemodilüsyonla kullanılabilen ancak onkotik aktiviteden yoksun olan hacim genişletici çözeltilerdir. Kolloidler, onkotik basıncı koruma ve doku ödemi azaltma yeteneğine sahiptir. Ancak kullanımları anafilaktoid reaksiyon insidansı ve klinik koagülopati ile ilişkilidir (6,10,13).

### **2.5.1. Prime solüsyon olarak kristalloidler**

Kristalloidler kolayca karışabilen ve bir çözelti içinde çözülen küçük bileşenlere sahiptir. Bileşenler (solütler), yarı geçirgen zardan geçiş yapma kabiliyetine ve kan dolaşımından hücrelere ve vücut dokularına hareket kabiliyeti olan küçük moleküllerden oluşan elektrolitler (örneğin, Normal salin, Ringer Laktat veya Solüsyonu) veya elektrolit olmayanlar (örneğin Dekstroz) olabilir. Bu yetenek, hem interstisyel hem de intravasküler boşluklarda sıvı hacmini artırabilir, ancak kristaloid sıvıların genel etkisi, plazma hacmi yerine interstisyel hacmi genişletmektir. Kristalloidlerin üç tipi vardır; hipertonic kristaloid, hipotonik kristalloid ve izotonik kristaloid (10,13).

Hipertonik kristalloid, vücut plazmasından daha yüksek bir elektrolit konsantrasyonuna sahip kristalloid çözeltisi (Suyun damar dışı boşluklardan damar içi boşluğa kaymasına neden olur). Hipotonik kristalloid, vücut plazmasından daha düşük bir elektrolit konsantrasyonuna sahip kristalloid çözeltisi (Suyun intravasküler boşluktan ekstravasküler boşluğa kaymasına neden olur). İzotonik kristalloid, vücut plazması ile aynı elektrolit konsantrasyonuna sahip kristalloid çözeltisi (vücut bölmeleri arasında suyun kaymasına neden olmaz).

### **2.5.1.1. Kristalloid sıvılar ve özellikleri**

#### **2.5.1.1.1. Dekstroz**

Dekstroz, primingde kan kullanımını yerine kardiyopulmoner baypas devrelerini doldurmak için prime solüsyonu olarak kullanılan ilk kristalloidlerden birisidir.

Kristalloid sıvıların kullanımını, kardiyopulmoner baypas devreleri için hazırlama çözeltisi olarak banka kan kullanımını ile karşılaştırırken, kristalloidlerin yararlı etkileri eritrositlerin mekanik hasarının azaltılması, intraoperatif ve postoperatif diürezin iyileştirilmesini sağladı. Ayrıca, dekstroz içeren kristalloit prime, aynı zamanda periferik sıvı ihtiyacının azalmasına ve postoperatif sıvı tutulumunun azalmasına neden olmuştur. Bir hazırlama çözeltisi olarak dekstroz kullanmanın dezavantajları arasında; sistemik metabolik asidozise neden olabilir, kan şekeri seviyesini artırabilir (özellikle diyabetik hastalarda), kardiyopulmoner baypasta nörolojik komplikasyon riskini artırma olasılığı vardır (10,13).

#### **2.5.1.1.2. Dengeli kristalloid sıvılar**

Dengeli kristalloidler nötr pH değerine sahip sıvılardır. Plazma-Lyte çözeltisi (pH 7.4) veya biraz düşük pH (hafif asidotik)'ken, Ringer (pH 6.6) olarak izotoniktir ve insan plazmasına benzer elektrolit iyonlarından oluşur.

Ringer laktat veya Hartmann's (Ringer çözeltisi), dengeli bir kristalloidin tipik bir örneğidir. Ringer laktat içeriği olan laktat bir bikarbonat kaynağıdır. Ancak, laktat, glukoneojenik yoldan glikoza dönüştürülebileceğinden, diyabetik hastalarda büyük miktarda sıvı içeren laktat kullanırken dikkatli olunmalıdır. Dengeli bir kristalloidin

başka bir örneği Plazma Lyte çözeltisi, asetat ve glukonat bikarbonat üretim, magnezyum (hücre içi katyon) enerji transferi ve miyokardiyal ATP metabolizmasında hücrenel süreçte önemlidir (10,13).

### **2.5.1.1.3. Mannitol**

Mannitol hipertonic, asidotik (pH 4.5 –7.0) ve düşük molekül ağırlıklı bir kristalloiddir ve diürezi uyarmak için klinik uygulamada yaygın olarak kullanılır. Ayrıca Mannitol bir hacim genişleticidir. Başlangıçta sıvı kılcal damardan plazmaya çeker. Daha sonra mannitol hızla interstisyel sıvıya yayılır ve vücut hücrelerinden hücre dışı fazına su çeker. Sonuçta hücre dışı faz veya bölme hacminde ortaya çıkar. Mannitol, böbrek fonksiyonu üzerinde koruyucu bir etkiye sahip, beyin ve kalp dahil tüm organlar üzerinde yararlı etkilere sahiptir. Mannitol, kardiyopulmoner baypas devresini prime etmede yaygın olarak kullanılır. Genellikle uygulanan miktarı ise 0,5-1 g/kg'dir. Mannitolün diüretik etkisi 12 saate kadar devam eder. Osmatik diüretik olarak sınıflandırılır (13,32).

### **2.5.2. Prime solüsyonu olarak kolloidler**

Kolloid çözeltileri büyük proteinler veya yüksek moleküler ağırlıklı madde (genellikle MW> 30,000 Da) içeren, kristalloidlerden daha büyük vasküler boşlukta (kan damarları) kalma eğilimindedirler (kılcal duvarlardan kristalloidler kadar kolay geçmez).

Kolloid ozmotik basınç (Onkotik basınç), bir kan damarı içindeki proteinler veya diğer yüksek moleküler ağırlıklı maddeler tarafından uygulanan, genellikle ekstrasvasküler boşluklardan intravasküler boşluklara su çekme eğilimi gösteren bir

ozmotik basınç türüdür. Kılcal filtrasyon basıncına ve interstisyel kolloidal ozmotik basınca karşı kuvvettir. Ekstravasküler boşluklar; damarların dışındaki boşluklardır. Hücre içi ve interstisyel boşluktan oluşur. Hücre içi boşluk; hücrelerin içindeki boşluktur. İnterstisyel boşluk; hücreler arasındaki boşluktur (9).

İntravasküler boşluk; kan damarlarındaki boşluktur. Kardiyopulmoner baypas için hazırlama çözeltisinde kolloid sıvıların kullanılması, tüm operasyon süresi boyunca plazma hacminin korunmasında faydalıdır. Kolloid sıvıların intravasküler boşlukta kalma ve plazma hacmini artırma eğilimi daha yüksektir, bu nedenle kolloid sıvıların vasküler boşluğa infüzyonu kristalloid sıvılara kıyasla plazma hacminde daha uzun süreli bir genişlemeye yol açar. Bu gücün çoğu, her bir sıvı tarafından uygulanan kolloid ozmotik basınç ile ilgilidir (9,10).

Kolloid çözeltilerin amacı kılcal damarların duvarının karşısında kolloid ozmotik (onkotik) basıncı korumaktır. Albümin çözeltileri ve yapay kolloidler içeren çeşitli diğer kolloid çözeltileri mevcuttur. Kolloidlerin seçimi genellikle maliyete dayanmaktadır ve hasta durumuna uygunluğu önemlidir. Kolloidler doğal (insan albümini) ve yapay (dekstran çözeltileri, jelatin ve hisroksietil nişasta) olarak ikiye ayrılır (9).

### **2.5.2.1. Kolloid sıvılar ve özellikleri**

#### **2.5.2.1.1. Albümin**

Albümin en yaygın olan doğal kolloiddir. Plazma proteinlerinin %50-60'ını oluşturur, asidotiktir (pH). Albumin, kandaki birçok küçük molekülün (bilirubin, kalsiyum ve magnezyum) taşınması dahil olmak üzere birçok işlevi yerine getirir.

Normal ozmotik basıncın % 75 ila % 80'ine katkıda bulunur ve vücut plazma hacminin korunması gibi bir sorumluluğu vardır. Albümin sadece karaciğer tarafından üretilir.

Yarılanma ömrü vücutta 15-20 gün ve plazmada 2 gündür. Albümin, 585 amino asitlik tek bir polipeptit zincirinden oluşur ve yaklaşık 69.000 daltonun moleküler ağırlığındadır. Kardiyopulmoner baypas devresi için hazırlama sıvısında albümin kullanılması durumunda, albümin genellikle kristaloid sıvılarla kombinasyon halinde kullanılır. Devre başlangıcında kullanılan albümin miktarı 100 ml prime çözeltisi başına 2,5 - 5 gm, kristaloid sıvının infüzyonundan kaynaklanabilecek intravasküler kolloid ozmotik basıncın düşmesini önlemek amaçlı kullanılır. Albumin'in kardiyopulmoner baypas için hazırlama çözeltisinde kullanılması kolloid ozmotik basınç için uygun sonuçlar göstermektedir. % 5 albümin çözeltileri (50 g / L veya 5 g / dL) bir kolloide sahiptir. Ozmotik basınç 20-29 mmHg'dır. Bu nedenle onkotik aktivitede plazmaya benzer. % 25 albümin çözeltisi (250 g / L veya 25 g / dL) 70-120 mm Hg kolloid ozmotik basınca sahiptir. % 25 Albumin'in hacim genişleme derecesi kolloidlere kıyasla daha fazladır. % 5 albümin çözeltisi hidroksietil nişastaya (HES) ile benzer hacimde genişmesine sahiptir ve jelatinlerden, dekstranlardan daha küçüktür. Albüminin onkotik etkileri 12 ila 18 saat sürer. Çünkü albümin preparatları ısıtılardan geçirildiğinden viral bulaşma riski yoktur. Ayrıca, albümin asalı, sentetik kolloidlere kıyasla alerjik reaksiyonlar, anafilaktoid reaksiyonlar ve pıhtılaşma anormallikleri gibi minimum yan etkilerle ilişkilidir. Dezavantajları; albümin diğer kolloidlere kıyasla pahalıdır (13,15).

#### **2.5.2.1.2. Dekstranlar**

Dekstranlar birçok glikoz molekülünden yapılmış kompleks dallı polisakkarit molekülleridir ve asidotiktir (pH 4.5). İki formülasyonda yapay kolloidler olarak kullanılabilirler. Dekstran 40 ortalama molekül ağırlığı ile 40.000 dalton, ve Dekstran 70 ortalama molekül ağırlığı çözeltisi ile 70.000 daltondur. Bakteriyel enzim dekstran

(bazı laktik asit bakterileri) kullanılarak sentez yoluyla sükrözdan üretilirler. Dekstran 40, plazmadan iki kat daha fazla kolloid ozmotik basınca sahiptir. Bu nedenle güçlü hacim genişletici, ekstrasvaskülerden intravasküler boşluğa su çekmede güçlü bir etkiye sahiptir. % 10 çözelti içinde hazırlanan dekstran 40, dekstran 70'ten daha etkili bir hacim genişleticidir. Çünkü litre başına neredeyse iki kat daha fazla kolloid içerir (Dekstran 40% 10 COP = 160 mmHg, Dekstran70% 6). Bununla birlikte, dekstranın (40) süre etkisi dekstrandan (70) çok daha azdır. Çünkü dekstran (40) böbrekler tarafından hızla ortadan kaldırılmasını sağlayan küçük moleküllere sahiptir. Hem dekstran-40 hem de dekstran-70, HES ve % 5 albümin ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir hacim genişlemesine yol açar. Onkotik etki süresi 6-12 saat sürer (9).

Dekstran ekstrakorporal dolaşımında hipovolemide hacim genişletici olarak kullanılmıştır. Ayrıca, kan viskozitesini, antitrombotik (antitrombosit) etkileri azaltarak, eritrosit agregasyonunu inhibe ederek ve mikrosirkülasyonda lökositlerin yapışmasını önleyerek mikro dolaşım akışını iyileştirir. Dekstran infüzyonunun toplam dozu 1.5 g / kg / gün'ü geçmemelidir. Bu doz, kardiyopulmoner baypas uygulanan hastalarda kullanılan heparin nedeniyle daha da sınırlandırılmalıdır. Dekstran genellikle vasküler cerrahide trombozu önlemek için kullanılır, ancak kardiyopulmoner baypas cerrahisinde nadiren birincil hacim genişletici olarak kullanılır. Dekstran'ı bir prime çözeltisi olarak kullanmanın dezavantajları arasında; anaflaktoid reaksiyonlar, pıhtılaşma anormallikleri, akut böbrek yetmezliği (böbrek perfüzyonu azaldığında) kullanılan dekstranın dezavantajları olarak ortaya çıkabilir (10,13).

### **2.5.2.1.3. Jelatinler**

Jelatin büyük moleküler ağırlıklı protein hayvanların bağ dokuları kaynatıldığında kollajen hidrolizinden oluşur (yapay kolloidler). Sıcak suda çözünme ve soğutulduğunda bir jöle oluşturma özelliğine sahiptirler.

Jelatinler ortalama olarak sığır kollajeninden üretilir. Molekül ağırlığı 30.000 ila 35.000 daltondur. İki tip jelatin kardiyopulmoner baypas için prime sıvısı olarak kullanılır; üre bağlantılı jelatin (örneğin, Polygeline) ve succinyllinked veya modifiye edilmiş sıvı jelatinler (örn., Gelofusine, Plasmagel, Plasmion). Üre bağlantılı jelatin kalsiyum içerir ve bu nedenle pıhtı oluşumunu önlemek için sitratlanmış kanla karıştırılmamalıdır. Prime çözeltisi olarak üre bağlantılı jelatin ve yüksek konsantrasyonlar kullanıldığında plazma kalsiyum konsantrasyonu artabilir. KPБ sonunda kalsiyumun alınması koroner vazokonstriksiyona neden olabilir.

Jelatinler %70-80 hacim genişlemesine yol açar. Ancak etki süresi albümin ve nişastalarla karşılaştırıldığında daha kısadır. Jelatinlerin avantajları KPБ için hazırlama çözeltisinde kullanılmasının düşük maliyetli ve diğer sentetik kolloidlerle karşılaştırıldığında jelatinler herhangi bir sınırlama olmadan verilebilir olmasıdır (15,33).

Dezavantajları ise daha yüksek anafilaktoid reaksiyon insidansı doğal kolloid albümin ile karşılaştırıldığında, bazı çalışmalar KPБ uygulanan hastalarda kan pıhtılaşması üzerinde olumsuz etkilerinden bahsetmişlerdir (artmış kanama süresi, bozulmuş trombosit yapışkanlığı).

#### **2.5.2.1.4. Hidroksietil nişasta**

Hidroksietil nişasta (HES) bir sentetik protein olmayan kolloid hipovolemi tedavisinde kullanılan çözeltidir. Amilopektinden türetilen hidroksietillenmiş glikoz polimerlerinden oluşur. Farklı hidroksietil nişasta tipleri tipik olarak bunların moleküler ağırlık aralığı (Mw), ve dereceleri ile tanımlanır. Ayrıca, hidroksietil nişasta türleri, konsantrasyon % olarak tarif edilir (100ml başına gram).

Hidroksietil nişastanın (fiziksel ve kimyasal) özellikleri, moleküler sayı (Mn), moleküler ağırlık aralığı (Mw) ve molar ikame oranı ile belirlenir. Moleküler sayı (Mn) hidroksietil nişasta kolloidal etkisi, daha yüksek bir Mn'ye sahip hidroksietil nişasta, alt Mn nişastasından daha fazla sayıda nişasta molekülü içerir. Bu nedenle daha düşük bir Mn ile nişastadan daha yüksek bir kolloid ozmotik basınca sahiptir. Mw ve molar ikame oranı, hücre içi yarı ömrünü belirler. Daha yüksek bir Mw ve daha kapsamlı bir ikame derecesi, daha yavaş bir eliminasyonla sonuçlanır (yarılanma ömrü vücutta 48-67 gün ve plazmada 5-7 gün). Hidroksietil nişasta ile daha düşük bir Mn ve molar ikame oranı daha kısa bir yarı ömre sahiptir (yarılanma ömrü vücutta 15-24 gün ve plazmada 1-4 gün) ve daha yüksek bir Mn molar ikame oranına sahip nişastadan daha fazladır (14).

Hetastarch HES ilk hidroksietil nişastasıdır. kardiyopulmoner baypas için prime çözeltisi olarak kullanılmıştır. İzotonik salin içinde % 6'lık bir çözelti halinde bulunur. İyi bir genişleme etkinliğine sahip kristalloid hazırlama sıvıları olarak güvenlidir. Bir kolloid hazırlama sıvısı olarak albümin ile karşılaştırıldığında, hidroksietil nişastanın kardiyopulmoner baypas geçiren hastalarda daha düşük anafilaktoid reaksiyon insidansına benzer klinik etkilere ulaştığı görülmüştür. Hemostaz bozukluğu ile ilişkili retikülo-endotelial sistemde HES'i (450 / 0.7) tutar. Hetastarch'ın onkotik etkileri 24 saat içinde kaybolur (9).

Pentastarch HES (200 / 0.5) bir orta molekül ağırlıklı hidroksietil nişastasıdır. 1980'lerin sonunda piyasaya sürülen izotonik tuzlu su içinde %10'luk bir çözelti içerir. Pentastarch HES, hacim genişletici olarak hetastarch'tan daha etkilidir ve daha güvenlidir. Bununla birlikte, 200 / 0.5 nişasta çözeltisinin hemostaz üzerindeki olumsuz etkileri de rapor edilmiştir. Onkotik etkileri 12 saate kadar sürer.

Tetrastarch (üçüncü nesil nişasta) (130 / 0.4) düşük moleküler ağırlık hidroksietil nişastadır. Geliştirilmiş bir metabolik eliminasyon profili ile geliştirilmiştir ve

herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı için kardiyopulmoner baypas devrelerine emiş sıvısı olarak kullanılması güvenlidir. Tam perioperatif dönemde 3 L'ye kadar olan hacimlerde hemostaz üzerine etkilidir (14).

Hextend Hes (/ 0.75 670) yüksek molekül ağırlıklı bir hidroksietil nişastasıdır dengeli elektrolitler içeren yüksek molar ikameli çözeltidir. Sodyum, klorür, kalsiyum, magnezyum ve potasyum, yanı sıra glikoz ve laktat içerir. Bazı klinik raporlar, Hextend'in (670 / 0.75) hetastarch (450 / 0.7) ile karşılaştırıldığında hacim genişletici ile benzer klinik etkilere sahip olduğunu, ancak düşük kan kaybı insidansı ile uygun bir metabolik denge sağlayabildiğini ortaya koymuştur. Farklı türleri Hes fizikokimyasal ve farmakokinetik özellikleri, bileşimi, kullanışlılığı ve çoğunlukla olumsuz etkileri bakımından farklılık gösterir. HES tipi ürünler bir homojen grup olarak kabul edilmemeli ve bir ürüne ait veriler diğerine tahmin edilmemelidir. Özellikle, Tetrastarch (Voluven) 130 / 0.4 (üçüncü nesil nişasta), bir güvenlik ve etkinlik kombinasyonu sunmaktadır. Sentetik kolloidler hipovolemi tedavisi için en uygun gibi görünmektedir ve Voluven maliyet, güvenlik profili ve etkinlikle karşılaştırıldığında şu anda mevcut olan albümin ve sentetik kolloidler arasında en iyisini sunuyor gibi görünmektedir. Hes çözeltiler sadece tek başına kristaloidler yeterli kabul edilmediğinde akut (ani) kan kaybının neden olduğu hipovolemi (düşük kan hacmi) tedavisinde kullanılmalı ve hastaların böbrek fonksiyonları daha sonra izlenmelidir. Böbrek hasarı riski ve mortalite riskini artırması nedeniyle, sepsis (kandaki bakteriyel enfeksiyon) veya yanık yaralanması veya kritik hastalığı olan hastalar da dahil olmak üzere kritik hasta yetişkinlerde Voluven dahil HES ürünleri kullanılmamalıdır (9,14).

### **2.5.3. Doğru prime solüsyon seçim kriterleri**

Kardiyopulmoner baypas prime solüsyonları, bu ameliyatlar yapılan merkezlere göre farklılık gösterir. Doğru prime solüsyonu kıyaslayan çok sayıda çalışma vardır.

Ancak, Şu ana kadar prime solüsyonu hazırlama seçimi konusunda fikir birliği yoktur. Prime solüsyonda karar verirken esas olarak maliyete, kullanım kolaylığına, kolloid ozmotik basıncına ve minimum yan etkilerine bakılır.

Kristalloidler daha ucuz, anafilaktoid reaksiyonlar içermeyen ve ilişkili kolloidler ile postoperatif akciğer ve böbrek fonksiyonlarında düzelme sağlamaktadır. Ama ne zaman ekstrakorporal devrede büyük miktarlarda kullanılırsa kolloid aşırı hemodilüsyon sonucu ozmotik basıncı düşerebilmektedir.

Düşük intravasküler kolloid ozmotik basınç, suyun intravasküler sıvıdan interstisyel sıvıya kaymasına neden olarak doku ödemeine yol açabilir. Kolloid ozmotik basıncın normal aralığı 25 mmHg'dir. Kardiyopulmoner baypas sırasında, doku ödemi ve organ fonksiyon bozukluğuna yol açmadan 15 mmHg'lik bir alt sınır tolere edilebilir. Perfüzyona başlamadan önce ana replasman tekniği, vakum destekli venöz drenaj ve daha küçük kardiyopulmoner baypas devresi gibi yeni teknolojiler kullanılarak azaltılmış prime sıvıları, sonunda ozmotik aktivite olmadan kardiyopulmoner baypas için priming çözeltileri olarak kristalloid çözeltilerin kullanılmasına izin verebilir (9,10).

Bazı kurumlar kolloid basıncını korumak için kristalloidlerle hazırlama çözeltilisine albümin eklemeyi tercih ederler. Birçok merkez, kristalloid ve sentetik kolloidin birleşik stratejisini kullanmıştır. Sentetik kolloidler ucuz alternatiflerdir ve kardiyopulmoner baypas hastaları için kolloid basıncını korumada albümin ile benzer bir etkiye sahiptir, ancak kan pıhtılaşması üzerinde bazı olumsuz etkileri olabilir. Birçok merkez rutin olarak prime katkı maddesi olarak mannitol ve sodyum bikarbonat kullanmıştır.

Kolloidler arasında moleküler ağırlıkları (Mw) ve moleküler sayıları (Mn) açısından önemli farklılıklar vardır. Mw viskoziteyi belirler, küçük Mw kan viskozitesini azaltabilir ve kan akış dağılımını teşvik edebilir. Mn, onkotik basıncı gösterirken, daha büyük Mn daha büyük onkotik basınca sahiptir (5).

#### **2.5.4. Hemostazda priming etkisi**

Hem kristalloidler hem de kolloid sıvılar normal kan pıhtılaşma sistemini ve hemostazını etkileyebilir. Bu etkiler, büyük miktarda priming solüsyon kullanıldığında daha belirgindir. Hemodilüsyonun bir sonucu olarak, pıhtılaşma faktörlerinin konsantrasyonundaki azalmaya bağlı olarak bir miktar koagülopati ve hemostaz bozukluğu beklenebilir. Kristalloid sıvılar hemostazda etki eder. Çok miktarda kristalloid hazırlama sıvısının (örneğin yetişkinler için 1 litrenin üzerinde) infüzyonu, trombosit agregasyonunda önemli bir artışa ve dolaşımdaki antitrombin III'te bir azalmaya neden olur. Kolloid sıvıların hemostazda ki etkileri ise dekstranlar, faktör VIII'de bir azalmaya neden olur ve trombosit fonksiyonuna, özellikle 1,0 ila 1,5 g / kg / gün üzerindeki dozlarda müdahale edebilir (36).

Jelatinlerin pıhtılaşma üzerindeki etkisi net değildir, baypas döneminde trombosit yapışkanlığının bozulmasına ve von Willebrand faktörünün azalmasına neden olabilir, bu nedenle jelatin birincil hemostazı bozabilir (15).

Hidroksietil Nişasta (HES): HES'nin Hemostaz üzerindeki olumsuz etkileri dekstrana benzerdir. Dolaşım faktörü VIII ve von Willebrand faktör (vWF) seviyelerinde azalma, vWF trombosit yapışması için gereklidir) ve trombosit fonksiyonunun azaltılması kısmi tromboplastin zamanı (PTT) ve uzamış kanama süresidir. Hidroksietil nişastanın hemostaz üzerindeki önleyici etkileri, Mw ve ikame derecesi ile ilişkili görünmektedir. Daha yüksek moleküler ağırlıklı bir HES, hemostaz

üzerinde düşük moleküler ağırlıklı HES'den daha büyük bir bozulma ile ilişkilendirilmiştir ve daha yüksek molar ikameyle kanama süresi daha büyük olacaktır. Üçüncü nesil HES (düşük moleküler ağırlık 130 / 0.4) kardiyopulmoner baypas için hazırlama çözeltisi olarak kullanıldığında, yüksek Mn nişastası veya jelatinden daha iyi hemostatik profillerle ilişkilidir (14).

## **2.6. Kardiyopulmoner Baypassta Kan Kullanımını Azaltan Mekanik Yöntemler**

### **2.6.1. Ototransfüzyon**

Ototransfüzyon (cell saver) cihazı aspiratör yöntemi ile ameliyat alanında kaybedilen kanı toplamak ve tam kandan ayırmak için, kırmızı kan hücrelerini hastaya geri vermek amaçlı kullanılan makinedir (16,22).

Kullanım endikasyonları, nadir bulunan kan gruplarında, cerrahi işlem sırasında beklenen kan kaybı büyükse, hastanın kanama için risk faktörleri var ya da düşük preoperatif hemoglobin değerine sahipse ve hastalar dini veya başka nedenlerle (örneğin Yahova Şahitleri) donör kanı almak istemiyorlarsa ototransfüzyon sistemi kullanılabilir.

Kullanım kontrendikasyonları, hastada orak hücre hastalığı veya anormal kırmızı hücre bozuklukları varsa, hastanın malign hücreleri varsa ve bakteriyel enfeksiyonlarla kontamine olmuş kan ya da cerrahi alanda gastrointestinal içeriklerle kontamine olmuş kan (sisteme aspire edilen gastrointestinal içerikler enzimatik hemolize neden olabilir) gibi durumlarda ototransfüzyon (cell saver) kullanılmaz (17,25).

Ototranfüzyon toplamak, ayırıştırmak, yıkamak ve geri verme gibi dört ana işlem aşamasında çalışır. Toplama aşamasında kan, çift lümenli bir emme borusu kullanılarak ameliyat alanından aspire edilir. İki bölümden oluşur, daha büyük lümen kan emilmesini sağlamak için rezervuarla bağlanır ve daha küçük lümen heparinize (30.000 IU \ L) normal salin (% 0.9 NaCl)' takılır. Antikoagüle kan, bir toplama haznesine düşük vakum ile aspire edilir. Rezervuarda kan filtreden geçer ve pıhtıları, vücut dokularını, hasarlı trombositleri ve diğer hücre kalıntıları ayırır. Antikoagüle kan santrifüj istenene kadar saklanır (18,41).

Ayırıştırmada süzölen antikoagüle kan, santrifüj kafaya pompalanır. Santrifüj kafa kanı, bileşenlerin diferansiyel yoğunluklarına bağı olarak bileşenlerine ayırır. Kanın en yoğun bileşeni kırmızı kan hücreleridir, bu nedenle kabın dibine çökecektir. Daha düşük yoğunluklu bileşenler (plazma, kalan bileşenler ve antikoagölan) kafanın merkezine doğru yükselir. Hazneden gelen RBC bileşeninden daha hafif olanlar atık torbasına atılır.

Yıkama aşamasında santrifüj kafa, kırmızı kan hücreleri ile dolduktan sonra, kırmızı kan hücreleri normal bir salin ile infüze edilerek yıkanır. Santrifüj kabına çözelti (% 0.9 NaCl) geri kalan atık maddelerin yerini alması için kırmızı hücre içinden dolaştırılır ve plazma antikoagölanlardan ayırır. Kalan bileşenler ve fazla normal salin (%NaCl) çıkış ağızından atık torbasına atılır. Yıkama döngüsü bittikten sonra santrifüj durdurulur. Yıkanan kırmızı kan hücreleri giriş portundan aspire edilir ve bir toplama torbasına pompalanır. Bu kanın hematokriti % 60 kadar yüksek olabilir (16,17).

Geri verme işlemi sırasında yıkanmış kırmızı kan hücreleri yalnızca eser miktarda beyaz kan hücreleri (WBC) ve trombosit bulunan RBC'leri içerir, ancak tüm pıhtılaşıma faktörlerinden yoksundur. Yıkamış kırmızı kan hücreleri genellikle toplandıktan hemen sonra tekrar infüze edilir ve daha fazlası için 4 saat oda sıcaklığında ve 6 C °de

saklandığında 24 saat kan geri verilebilir. Transfer torbasına tarih ve saat ile birlikte hasta bilgileri kaydedilir (10,17).

### **2.6.2. Hemofiltrasyon**

Hemokonsantratörler (ultrafiltre) kan filtresi, su ve elektrolitlerin kandan bir filtrat odasına ve atık torbasına geçişine izin vermek için esas olarak içi boş elyaf yarı geçirgen bir zardan oluşan cihazlardır. Hemokonsantratörler ekstrakorporal dolaşım sırasında aşırı sıvı ve elektrolitleri (örneğin aşırı potasyum seviyeleri) atmak, üretilen enflamatuar aracıları ayırtırmak ve hematokriti yükseltmek için kullanılır (22).

Hemokonsantratörler kan filtresi tarafından çıkarılan moleküllerin boyutu, hemokonsantratör zarının gözenek boyutuna bağlıdır, genellikle 20000 Dalton'a kadar olan moleküller çıkarılır (örneğin: Su, elektrolitler, heparin ve çeşitli enflamatuar aracılar).

Bununla birlikte, hemokonsantratörler filtresi plazma proteinlerini ve kan pıhtılaşma faktörlerini (albümin, AT III, immünoglobulinler) çıkaramaz çünkü plazma protein molekülleri kütlesi 65.000 Dalton'un üzerindedir, bu plazma kolloid onkotik basıncını korur. Hemokonsantratör normalde sisteme akış hattında veya portunda KPB devresine bağlanır ve kan, cihazdan kan pompalamak için bir itici güç (yüksek basınç) sağlar, burada kan hastaya geri gönderilmeden önce filtrelenir. Sıvının çıkarılma hızı genellikle 30 ila 50 ml/dakikadır ve hematokrit seviyesine, membran gözenek boyutuna ve hemokonsantratör membranındaki basınca bağlıdır (10,36).

Hemofiltrasyon, KPB sırasında veya sonrasında, hiperkalemiyi yönetmek için veya hematokrit düşüğe ve dolaşım hacmi yeterliyse hemokonsantrasyon için

kullanılabilir. 1.5 saati aşan uzun baypas süreleri için hemokonsantratörün kullanılması, ekstra devre hacmi olmasa bile, dolaşım hacmine dengeli bir elektrolit çözeltisi ekleyerek enflamatuvar araçlardan kurtulmak için bir avantajdır. Ayrıca, fazla devre hacmi olmayan yüksek potasyum seviyeleri, fazla potasyumu yıkamak için normal salin kullanılarak agresif ultrafiltrasyon ile yönetilebilir. Normal salin ve elektrolit çözeltisi nispeten asidotiktir, bu nedenle bu teknik kullanılırken asiditeyi tamponlamak için sodyum bikarbonat ilave edilmelidir (10,16).

Hemokonsantrasyonun avantajları, gerekli homolog kan ve kan ürünlerinin azaltmak, arteriyel oksijen içeriğini artıran ve vücuda yeterli oksijen iletimini sağlayan hematokrit düzeyini arttırmak, trombosit ve pıhtılaşma faktörleri koruyarak ameliyat sonrası kanamayı azaltmak ve plazma proteinlerini tutarak hücre içi su seviyesini kontrol ederek doku ödemi ve organ fonksiyon bozukluğunu azaltmaktır (18).

### **2.6.3. Modifiye ultrafiltrasyon**

Modifiye ultrafiltrasyon (MUF), hastanın dolaşımdaki kan hacmini ve KPB sonunda ekstrakorporal devrede kalan hacmi konsantre etmek için kullanılan bir tekniktir.

Ekstrakorporal devre, KPB sonunda bulunan önemli miktarda seyreltilmiş artık otolog tam kan içerir. Genellikle, bu kalıntı kan aşırı seyreltilmiş kan nedeniyle atılır ve önemli miktarda aktif aracı içerir. Modifiye edilmiş ultrafiltrasyon tekniği, ekstrakorporal devreden kalan kanı konsantre etmek ve yeniden infüze etmek için 1990'ların başında tanıtıldı.

Bu kan koruma tekniği, baypas sonlandırıldıktan sonra venöz rezervuar dahil ekstrakorporal devrede kalan tam kan ile birlikte hastanın dolaşımdaki kan hacminin hemokonsantrasyonuna izin verir (10).

Hemokonsantratör girişı arteriyel hatta ve çıkışı ise sağ atriyuma bağlanır. Kan, hemokonsantratörden kan akışının kesin kontrolünü sağlamak için ultrafiltre bağlı bir silindir pompası ile arteriyel kanülden venöz rezervuardan (membranlar boyunca) geriye doğru çekilir.

Filtrasyon hızını arttırmak için ultra filtreye negatif bir basınç uygulanabilir. Süzölen kan sağ atriyum yoluyla hastaya geri gönderilir. Baypastan sonra 10-20 dakika boyunca modifiye edilmiş ultrafiltrasyon kullanımı, hastanın hematokrit düzeylerini KPB sırasında% 25'ten % 35'e yükseltmeye izin verebilir.

Birçok merkez, modifiye ultrafiltrasyon için faydalı etkiler bildirmiştir ve şimdi hacim kontrolü ve kanı koruma aracı olarak uygulanmaktadır. Hematokrit düzeyi, kan basıncı, kardiyak output, arteriyel oksijen içeriği ve klinik sonuçta bir iyileşme belgelenmiştir. MUF'nin miyokard kontraktilesini arttırdığı, miyokardiyal ödemi azalttığı, kan kaybını ve transfüzyon gereksinimlerini azalttığı, postoperatif morbiditedeki iyileşmelerin plazma inflamatuvar mediatörlerinin çıkarılmasından kaynaklandığı gösterilmiştir (22,41).

#### **2.6.4. Vakum destekli venöz drenaj tekniği**

Vakum destekli venöz drenaj, venöz rezervuarda negatif basınç oluşturmak, yerçekimi drenajı yerine aktif venöz drenaj (kapalı venöz dönüş sistemi) uygulamak

için vakum veya negatif basınç kaynağı kullanılarak, sonuçta bindirme prensiplerini ortadan kaldıran bir tekniktir.

Uygulanan vakum miktarı genellikle - 20 ila - 80 mmHg negatif basınç arasındadır. Gereken vakum basıncını ayarlamak için bir vakum regülatörü kullanılır. Negatif basıncı düzenlemek için duvar (merkezi) vakum ile hazne arasındaki vakum hattında bir vakum regülatörü bulunur. Merkezi kaynak yaklaşık 170 mmHg negatif basınç sağlar, regülatör negatif basıncı rezervuar içinde 0 ila 80 mmHg'ye düşürür. Yeterli perfüzyon için gereken minimum vakum desteğinin kullanılması tavsiye edilir. Venöz dönüş seviyesini artırmak için gerekli vakumu artırılır ve -80 mmHg basıncı geçmemelidir.

Güvenlik için sisteme bir tahliye vanası ve vakum dengeleme vanası dahil edilebilir. Vakum dengeleyici valf, aşırı negatif basınca karşı korumaya çalışır, negatif basınç sistem içinde önceden belirlenmiş bir eşik değerine yükseldiğinde, vakum dengeleyici valf, negatif basınçtaki büyük artışı önlemek için sisteme hava üfler. Rezervuar içindeki basınç pozitif basınca yükselirse, tahliye vanası havanın hattan dışarı akması için açılır (10,18).

Daha fazla güvenlik için, PVC boru Y-konektöründen uzanan bir regülatör ile hazne arasına bir Y-konektörü (vakum tahliye kontrolleri) yerleştirilmelidir. PVC boru, kapalı koşulu (negatif basınç) uygulamak için cerrahi boru kelepçesi kullanılarak çalışma sırasında kelepçelenir. Bununla birlikte, kelepçenin serbest bırakılması, emme çok hızlı bir şekilde artarsa veya diğer koşullar vakumun sonlandırılması gerektiriyorsa, negatif basıncın hızlı bir şekilde kesilmesini sağlamak için sistemi atmosfere açar (17).

### 2.6.5. Heparin kaplı sistemler

Yüzey kaplamaları ekstrakorporal dolaşım prosedürlerinin tamamlayıcı olduğu ve lökosit aktivasyonunu indükler, endotoksin ve enflamatuar araçlar trombosit aktive edici faktörlerdir. Biyouyumlu kaplamaların kullanımının, baypasın istenmeyen etkilerini azalttığı, böylece trombosit aktivasyonunu azaltarak postoperatif kanamayı iyileştirdiği gösterilmiştir (16).

Yüzey kaplamalarının amacı, tromboz riskini azaltmak için kan ve ekstrakorporal devrenin çeşitli yapay yüzeyleri arasındaki biyouyumluluğu sağlamaktır. Yenidoğan grubu hastalar, ekstrakorporal devrenin daha büyük hacmi ve yabancı yüzey alanı nedeniyle inflamatuvar yanıtı çok daha duyarlıdır. Bu nedenle, daha biyouyumlu bir KPB devresi oluşturmak için kaplama türleri geliştirilmiştir. Polimer malzemeler yoluyla işlenmesi yoluyla modifiye edilerek bu yüzeyin kanla uyumluluğunu geliştirmek için KPB devresinin yüzey özelliklerinde bir başka gelişme, trombojenik veya inflamatuvar reaksiyonları azaltmak için etkili olabilir. Heparin, fosforilkolin (antitrombojenik), sentetik polimer, ve titanyum nitrür kaplama son zamanlarda kardiyopulmoner baypas üzerindeki inflamatuvar reaksiyonları azalttığı belirtilmektedir (10).

Heparin kaplama, KPB devresinin inflamatuvar yanıtı, kompleman aktivasyonunu ve trombosit aktivasyonunu azaltır. Heparin kaplamanın en büyük avantajı, daha düşük bir sistemik antikoagülasyon seviyesinin kullanılmasına izin veren gelişmiş trombosit direnci oluşturmasıdır. Bu, ameliyat sonrası kanamanın azalmasına neden olmaktadır.

Fosforilkolin kaplama, KPB devresinin amacı, doğal dış hücre zarını taklit ederek plazma proteinleri ve iç yüzey arasındaki etkileşimi azaltır. Böylece trombosit aktivasyonunu ve postoperatif kan kaybını azaltır (10).

Sentetik polimer kaplama, devrenin yabancı yüzeyine bağlanan, bu yüzeyleri hidrofilik yapan (suyu emme eğilimi olan) bir tabakadır. Bu, bu yüzeylerin hızlandırılmış ıslanmasına yol açar, hidrofilik taraf, kan proteinlerinin yapışmadan veya denatüre olmadan akabileceği bir pürüzsüzlük arayüzü oluşturur. Bu kaplamalar trombosit adezyonlarını ve aktivasyonunu en aza indirir ve performansı artırır.

Titanyum kaplama aşınmaya dayanıklıdır, sürtünmeyi azaltmak ve biyouyumluluğu artırmak için sert doku replasmanları olarak yaygın olarak ventriküler destek cihazında (VAD) kullanılır (17,18).

#### **2.6.6. Akut normovolemik hemodilüsyon**

Akut normovolemik hemodilüsyon (ANH), kan transfüzyonu ihtiyacını azaltmak için kullanılan stratejilerden biridir. Otolog kırmızı hücreler operasyondan önce veya operasyon sırasında elde edilebilir. Bir kan bankası veya akut normovolemik hemodilüsyon yoluyla otolog preoperatif bağış, operasyondan önce otolog kan elde etmek için kullanılan iki tekniktir. Hücre atma, ameliyat alanından kanı atarak otolog kırmızı hücreler sağlar. Bu stratejiler, operasyon sırasında allojenik transfüzyon ihtiyacını azaltmak veya ortadan kaldırmak için kombinasyon halinde kullanılabilir.

ANH ameliyattan hemen önce hastanın kırmızı hücre kütlelerini azaltarak operasyon sırasında kaybedilen kırmızı hücreleri azaltır. ANH'deki ilk adım, tam kanın akut, kontrollü olarak çıkarılmasıdır. Flebotomi sırasında hastanın intravasküler hacmi kırmızı hücre içermeyen solüsyonlarla korunur.

Operasyon sırasında, hastanın hematokriti işlem boyunca daha düşük olduğu için daha az sayıda kırmızı hücre (ve oluşan elementler) kaybolur. Operasyonun sonunda

otolog kan tekrar infüze edilir. Ameliyattan önce saklanan alyuvarların hacmi yeterliyse ve operatif kan kaybı önerilen kırmızı hücre kaybına neden olmazsa, daha sonra allojenik transfüzyon kullanılmadan kabul edilebilir bir hematokrit elde edilebilir. Hemodilüsyon kullanımı ile cerrahi kan kaybı miktarı önemli ölçüde değişmezken, hastanın akut anemisi nedeniyle daha az sayıda kırmızı hücre kaybedilecektir (16,38).

Hemodilüsyonun uygulanmasındaki temel kavramlardan biri, hastanın hematokrit için “güvenli” alt sınırını tanımlamaktır. Sağlıklı hastalar, kayda değer miktarda alyuvar rezervine sahiptir. Bu rezerv preoperatif dönemde akut kan geri kazanımının uygun bir tedavi seçeneği olmasının temel sebebidir. ANH'de hastalar iki kırmızı hücre kaybı kaynağı yaşarlar, hemodilüsyon ve operatif kan kaybı ile ilişkili kan kaybı. Bu nedenle operatif işlem sırasında nispeten derin bir anemi beklenir. Hemodilüsyon ile ilişkili akut anemi, klinik uygulamada gözlenen anemiden oldukça farklı olmasına rağmen, anemik hastalar için tanımlanan en düşük güvenli kırmızı hücre kütleleri, akut normovolemik hemodilüsyona rehberlik etmek için uygulanabilir (35,57).

Hemodilüsyonun büyüklüğü, hemodilüsyondan sonra daha düşük hematokritlere ulaşıldığında, cerrahi kan kaybının bir sonucu olarak daha az kırmızı hücre kaybı meydana gelecektir. Bu nedenle, ameliyattan önce ne kadar çok kan alınırsa, kırmızı hücre kayıplarını azaltmada daha fazla potansiyel etkinlik olur. Bununla birlikte, aynı zamanda, bu hemodilüsyon daha derin hemodinamik sonuçlara yol açar. Daha fazla kan alınırsa, operatif hematokrit daha düşük olacaktır ve sonuç olarak cerrahi diseksiyon sırasında daha az sayıda kırmızı hücre kaybedilecektir. Örneğin, derin bir hemodilüsyon (70 kg'lık sağlıklı bir hastada dört ünite tam kan), ana hücrelere büyük hacimlerde kırmızı hücre içermeyen çözeltilerin uygulanmasını gerektirir (38).

### **2.6.7. Mini kardiopleji (mikropleji)**

Ekstrakorperal dolaşım sırasında kalbi yüksek potasyum ile diastolik fazda durdurup, cerrahi için imkan sağlayan, miyokardı korumak ve beslemek amacıyla verilen tüm solüsyonlara kardiopleji solüsyonları denir. Kardiopleji çeşitleri ısı, teknik ve içerikleri ile farklı olabilir. Üç çeşide ayrılan kardiopleji, sade kan plejisi, kristalloid solüsyon plejisi ve kristalloid solüyon ile kan karışımından oluşmaktadır. Mikropleji sistemleri KPB sisteminin hemodilüsyonel etkilerini en aza indirmek için kullanılır. Bu sistemler yıllardır kullanılmaktadır. Kristalloid solüsyon ile kan karışımı veya sadece kristalloid solüsyon kardiopleji kullanmadan kişinin kendi kanını kullanarak kardiopleji verme çeşididir. Bu sayede kristalloid kardioplejinin oluşturduğu hemodilüsyon azaltılır ve hemodilüsyonel aneminin önüne geçilir. Mikropleji sayesinde kan ve kan ürünü kullanımı azaltılmaktadır (17,41).

### **2.6.8. Retrograd otolog prime (ROP)**

Ekstrakorperal dolaşım sistemine geçmeden önce sistemi doldurup havasını almak amacıyla kullanılan prime solüsyonun yerini kişinin kendi kanıyla yer değiştirilmesine retrograd otolog prime denir. Bu sayede kullanılan prime solüsyon miktarı minimuma indirilir ve prime solüsyonun oluşturduğu hemodilüsyon azaltılarak, hemodilüsyonel aneminin ve kan tranfüzyonunun önüne geçmeye yarayan bir yöntemdir (21,,23,22).

ROP tekniğini yapabilmek için KPB geçmeden önce pompa sistemine prime solüsyonu depolamak için torba eklenir. Eklenen bu torbaya hemodinami şartları müsaade ettiği miktarda prime solüsyon, pompa sisteminin hatlarından alınır ve yerine hastanın kendi kanı ile yer değiştirilmiş olur (24,27).

Yapılan Rop tekniği sayesinde prime solüsyon miktarı azaltılarak, oluşabilecek dilüsyonun önüne geçmeye çalışılır. ROP tekniği sayesinde kan ve kan ürünü kullanımının azaltılacağı bildirilmektedir. ROP, 1959 senesinde Panico ve Neptün tarafından teklifde bulunulan banka kanı dışında başlangıç solüsyonu olarak kullanılabilen düşük maliyetli tekniktir. ROP, 1998 senesinde Rosengart ve arkadaşları tarafından ilk olarak anlatılmıştır. İntraopeatif dönemde ve KPB sırasında kan ve kan ürünleri kullanımı ROP tekniği ile azaltılmış olup bütün açık kalp cerrahilerinde kullanılması önerilmiştir (47,50).

ROP yöntemine başlamadan önce hazırlanmış olan torba sistem içindeki prime solüsyonu direk alabilecek şekilde perfüzyon devresine bağlanır. ROP tekniği sırasında hemodinamide oluşabilecek ani bozulma komplikasyonuna karşı hemen KPB'a geçebilmek için tüm hazırlıklar yapıldıktan sonra başlanır (45,50).

Cerrahın istemesiyle anestezi tarafından hastaya heparin verilip üç dakika beklendikten sonra Aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı (ACT) kontrolü yapılır. ACT 300'ün üzerindeyken aort kanülasyonu ve aspiratörler çekebilirken 480'nin üzerinde KPB'a başlanabilir (51,53).

ROP işlemine aort kanülasyonu yapıldıktan hemen sonra başlanır ve aort kanülü ile hastaya bağlanmış arteriyel hattan hasta kanı alınmaya başlanır. Perfüzyon hatları hasta kanıyla dolarken, hat içerisindeki kristalloid veya kolloid olarak kullanılan prime solüsyonlar torbaya alınır. Bu teknikde amaç, sistemdeki prime solüsyonu alarak hemodilüsyon miktarını azaltmaktır. ROP tekniği sırasında KPB'ın her aşamasında olduğu gibi monitörizasyon gözlemi ve anestezi ekibi ile işbirliği çok önemlidir (39,51).

ROP süre olarak 5-10 dakika içinde yavaş yavaş yapılmalıdır. ROP sırasında sistolik arter basıncı 80 mmHg'nin üzerinde tutulmalıdır. Eğer basınç düşerse hastaya trendlenburg pozisyonu verilebilir ve vazokontrüktür ajanlarla desteklenebilir (29,30).

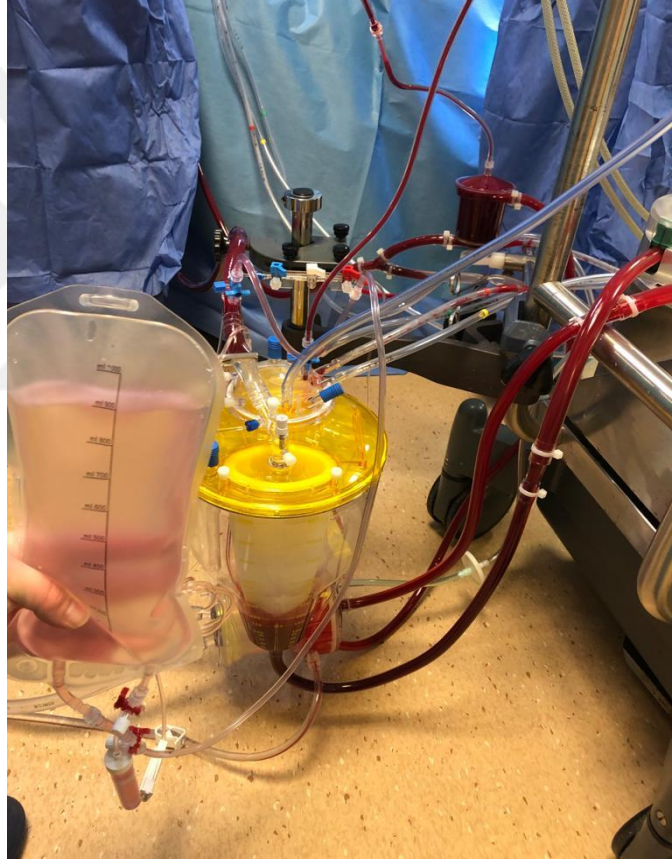
ROP hemodinamide ani değişikliklere sebep olduğunda işlem hemen sonlandırılarak KPB'ye geçilmelidir (32,47).

Aort kanülasyonundan arteriyel hat ve arteriyel filtredeki prime solüsyon yavaş ve kontrollü şekilde torbaya alınarak arteriyel hattın içerisine kişinin kendi kanı ile dolması sağlanır. Arteriyel hattın solüsyonu alındıktan sonra venöz hatta geçilir. Venöz kanülasyon yapıldıktan sonra venöz hat içerisineki prime solüsyon, venöz hatta yerleştirilen konnektöre bağlı torba hattı üç yollu musluk yardımıyla yavaş ve kontrollü şekilde yapılır (29).

Perfüzyonist isterse venöz hatta ki solüsyonu direk olarak torbaya almak yerine rezavuara alarak oradan roller pompa yardımıyla torbaya gönderebilir. Rezervuarın, roller pompa kafa hattının ve oksijenatör içerisindeki prime solüsyon torbaya yönlendirilerek ROP işlemi tamamlanır ve KPB'ye başlanır. Cerrahi işlem bittikten sonra KPB sonlandırılarak venöz kanül çekilir. Venöz hattaki kan rezavuara boşaltılarak hastaya verilir. Boşaltılan venöz hat klemlenerek, torbadaki depolanmış prime solüsyon lüelli konnektörden geri verilerek doldurulur ve acil bir duruma karşı hazır tutulur (27,29).

Torbadaki kalan prime solüsyon rezavuara alınır ve sistem içerisindeki kan tekrardan hastaya verilir. Tubing set ve oksijenatör içindeki hasta kanını değerlendirip tekrardan hastaya vermeye Antegrad Otolog Prime (AOP) denir (29).

AOP ile hasta kanının KPB sonrası arteriyel hat ve kanülde hava kontrolü yaptıktan hemen sonra aort kanülünden geri verilmesidir.KPB sonrası Ekstrakorporeal dolaşım sisteminde kalan kan posoperatif süreçte kanama olmadığı durumlarda anestezi veya yoğun bakımda da verilebilir. ROP tekniği, düşük maliyetle, kısa sürede hastaya ekstradan bir girişim olmadan gerçekleştirilen bir yöntemdir.Ekstrakorporeal dolaşım sisteminde kullanılan prime solüsyonların oluşturduğu hemodilüsyonu önlemekde,kan ve kan ürünü tranfüzyonunu minimum seviyeye indirerek azaltmakda veya hiç kullanılmamasını sağlamaktadır (29,37,53).



**Resim 2.6.** Rop Tekniği Uygulanmış KPB Sistemi

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma nicel araştırma yöntemi ve prospektif randomize kontrollü bir çalışma olarak yapıldı. Çalışmamız 03.10.2019 tarih 2019/15 sayılı Acıbadem Üniversitesi ve Acıbadem Sağlık Kuruluşları Tıbbi Araştırma Etik Kurulu (ATADEK) toplantısında görüşülmüş olup 2019-15/33 karar numarası ile tıbbi etik yönden uygun bulunmuştur.

Araştırmaya alma kriterleri; Kalp akciğer makinesine bağlanılarak açık kalp ameliyatına alınan hastalar, elektif şartlardaki ilk operasyonlar, altta yatan hemotolojik hastalığı ve bilinen bir kanama patolojisi olmayan, ejeksiyon fraksiyonu %35'in üzerindeki erişkin dönem hastalardır. Araştırmaya pediatrik dönem ve ototransfüzyon sistemi (cell saver) kullanılan hastalar alınmamıştır.

Örnekleme sayısını belirlemek amacıyla G\*Power (v3.1.9) programı kullanılarak güç analizi yapılmıştır. Çalışmanın gücü  $1-\beta$  ( $\beta$  = II. tip hata olasılığı) olarak ifade edilir. Zhao ve ark. (2010) makalesindeki yüzde değerlerinden (RAP grubu için: %0; kontrol grubu için: %30) yola çıkarak,  $\alpha=0.05$  düzeyinde %80 güç elde etmek için, yapılan hesaplamada örneklem büyüklüğünün toplamda en az 45 kişi olması gerektiği hesaplanmıştır.

Güç analizi sonrasında her hasta grubuna 40'ar kişi alınmıştır. Araştırmaya dahil olacak hastalar bilgisayar programı (random.org) üzerinden 1 ile 80 arasında rastgele numaralar çekilerek iki gruba bölündü. Kontrol grubu (n=40): KPB sırasında standart prime (ortalama prime volüm 1500 cc: 1250cc gelofusine ve 250cc mannitol ve 5000 Ü heparin) ve Çalışma grubu (n=40, ROP); KPB sırasında retrograd otolog prime (KPB başlamadan önce oksijenatör ve tubing setten oluşan perfüzyon sisteminde yer alan prime solüsyonların hemodinamik parametrelerin müsaade ettiği miktarda bir

torbaya alınarak hatların hastanın kendi kanı ile doldurulması ve prime solüsyonun mümkün olan en az seviyeye indirilerek hemodilüsyonun azaltılmaya çalışılması) yöntemi ile tamamlanmıştır. KPB sisteminde; membran oksijenatör, roller pompa, venöz rezervuar, arteriyel filtreli tubing set, arteriyel ve venöz kanüller kullanıldı.

Araştırmaya dahil olan hastalarda, her iki gruba standart prime uygulandıktan sonra birinci grup standart prime ile devam ederken ikinci gruba retrograd otolog prime uygulandı. İkinci gruptaki retrograd otolog prime yöntemini uygulayabilmek için KPB başlamadan perfüzyon sistemine bir hat ile 1000 ml kapasiteye sahip torba re-sirkülasyon (küçük dolaşım hattı: oksijenatör ile rezervuar arasındaki hat) hattına üç yollu musluk yardımı ile bağlandı ve sistem içerisindeki prime solüsyon bu hatta bağlı torbaya aktarıldı. Hemodinaminin müsaade ettiği miktarda sistem hastanın kendi kanı ile dolduruldu. ROP hızlı gerçekleştirildiğinde hemodinamde ani bozulmalara neden olabileceğinden yaklaşık 5-10 dakika içinde yavaş yavaş uygulandı. Sistolik arter basıncının 80 mmHg'nin altına düşmesine müsaade edilmedi.

İşleme önce arteriyel hattan başlandı. Arteriyel hat aortaya, aort kanülü kullanılarak bağlandıktan sonra prime torbalama hattının bağlı olduğu, re-sirkülasyon hattının klempini açılarak arteriyel hatta ve arteriyel filtrede bulunan prime solüsyon yavaş yavaş yerçekimi ve aortadaki basınçın etkisi ile torbalanarak hattın hastanın kanı ile dolması sağlandı. Hat hasta kanı ile doldurulduktan sonra klemp kapatıldı. Arteriyel filtreden rezervuara gelen tek yönlü hattın musluğu yavaş yavaş açılıp rezervuara hastanın kendi kanı ile doldurulup rezervuarda ki minimum tutulması gereken prime solüsyon ile roller pompaya yerleştirilen hattaki solüsyon oksijenatörün çıkışına tüp klemp konularak prime solüsyonların toplandığı torbaya gönderildi. Daha sonra venöz hat sağ atriuma venöz kanül ile bağlandı. Venöz hattın prime solüsyonu, venöz hat üzerinde bulunan lüelli konnektöre prime torbası bağlanarak yer çekiminin etkisiyle torbaya yönlendirildi. Bu bölüm perfüzyonistin tercihinine bağlı olarak direk torbaya yönlendirme veya rezervuara alınıp oradan torbaya yönlendirme şeklinde yapılabilmektedir. Klemp birden açılmayarak hastanın ani volüm kaybı ve

hemodinamik parametrelerin bozulması engellendi. Venöz hat hasta kanı ile doldurulduktan sonra torbalama hattının ve venöz hattın klempleri kapatıldı. Bütün işlemler tamamlandıktan sonra perfüzyona başlandı.

Her iki grubunda kan ve kan ürünleri ihtiyacı olup olmadığına karşı kan gazı takibi yapıldı. Yapılan kan gazı zaman aralıkları ; Preop, pompa girişi öncesi, ilk kardiyopleji sonrası, kross klemp kalktıktan sonra, pompa çıkışı sonrası ve yoğun bakımda kontrol edildi.

Tüm bu süreçler ve ameliyat bittikten sonra hastaların hemoglobin düzeyleri, hastaların peroperatif ve postoperatif kan ve kan ürünü kullanımları, KPB ve aortik kross klemp süreleri, 24 saatlik drenaj miktarları, ekstubasyon zamanları, yoğun bakım ve hastane kalış süreleri kayıt altına alındı.

### **3.1. Verilerin İstatistiksel Analizi**

İstatistiksel analizler için R vers. 2.15.3 programı (R Core Team, 2013) kullanıldı. Çalışma verileri raporlanırken minimum, maksimum, ortalama, standart sapma, standart hata, frekans ve yüzde kullanıldı. Nicel verilerin normal dağılıma uygunlukları Shapiro-Wilk testi ve grafiksel inceleme ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenlerin iki grup arası değerlendirmelerinde Bağımsız gruplar t testi kullanıldı. Normal dağılım gösteren nicel değişkenlerin grup içi karşılaştırmalarında Tekrarlı ölçümler varyans analizi ve ikili karşılaştırmaların değerlendirmelerinde Bonferroni düzeltmeli ikili değerlendirmeler kullanıldı. Nitel verilerin karşılaştırılmasında Pearson ki-kare test kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık  $p < 0.05$  olarak kabul edildi.

## 4. BULGULAR

**Tablo 4.1.** Hastaların Demografik Bilgileri ve Hasta Patolojileri ile Yapılan Operasyon Dağılımları (N=80)

	<b>Min-Mak</b>	<b>Ort±ss</b>
Yaş	41 - 87	64±9.22
Boy (cm)	150 - 192	171.64±7.41
Ağırlık (kg)	60 - 135	83.91±13.63
Vücut yüzey alanı (m <sup>2</sup> )	1.58 - 2.61	1.99±0.18
Ejeksiyon fraksiyonu	35 - 63	51.85±7.11
Pompa süresi (dk)	57 - 280	111.55±39.74
Kross klemp süresi (dk)	27 - 208	84.14±31.53
	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Cinsiyet</b>		
Erkek	67	83.8
Kadın	13	16.3
<b>Patoloji</b>		
İKH	65	81.3
AY	1	1.3
İKH+AAA	2	2.5
İKH+MY	5	6.3
MY	5	6.3
MY+AY+TY	1	1.3
MY+TY	1	1.3
<b>Operasyon</b>		
CABG	64	80.0
AVR	1	1.3
CABG+Ablasyon	1	1.3
CABG+MP	4	5.0
CABG+MVR	1	1.3
CABG+Subrakoroner	2	2.5
MP	2	2.5
MP+Ablasyon	1	1.3
MP+TP	1	1.3
MVR	2	2.5
MVR+AVR+TP	1	1.3

Hastaların %83.8'i (n=67) erkek, %16.3'ü (n=13) kadın olup yaş ortalamaları  $64\pm 9.22$  yıldır (41 – 87). Boyları ortalama  $171.64\pm 7.41$  santimetre (150 – 192) iken, ağırlıklarının ortalaması  $83.91\pm 13.63$  kilogramdır (60-135). Vücut yüzey alanları ortalama  $1.99\pm 0.18$  metrekaredir (1.58 - 2.61). Ejeksiyon fraksiyonu değerleri ortalama “ $51.85\pm 7.11$ 'dir” (35 – 63). Pompa süreleri ortalama  $111.55\pm 39.74$  dakika (57 – 280) iken, kross klemp süreleri ortalama  $84.14\pm 31.53$  dakikadır (27 – 208).

Patoloji ve geçirdikleri operasyona ilişkin dağılımlar Tablo 4.1'de sunulduğu şekildedir.

**Tablo 4.2.** Hastaların Kontrol Edilen Zamanlara Göre Hemaglobin Değer Aralıkları (N=80)

		Min-Mak	Ort±ss
Hemoglobin	Preop (g/dL)	10.6 – 16,6	13.73±1.33
	Pompa girişi öncesi (g/dL)	10.1 - 15.8	13.27±1.39
	İlk kardiyopleji sonrası (g/dL)	5.8 - 12.6	9.15±1.5
	Kross klemp kalktıktan sonra (g/dL)	7.1 - 12.4	9.34±1.32
	Pompa çıkışı sonrası (g/dL)	7 - 13.1	9.60±1.18
	Yoğun bakım (g/dL)	8.9 - 14.8	10.96±1.16

Olguların preop hemoglobin değerleri 10.6 g/dL ile 16.6 g/dL arasında değişmekte olup ortalama  $13.73\pm 1.33$  g/dL iken, pompa girişi öncesi değerleri 10.1 g/dL ile 15.8 g/dL arasında değişmekte olup ortalama  $13.27\pm 1.39$  g/dL, ilk kardiyopleji sonrası değerleri 5.8 g/dL ile 12.6 g/dL arasında değişmekte olup ortalama  $9.15\pm 1.5$  g/dL, kross klemp kalktıktan sonra değerleri 7.1 g/dL ile 12.4 g/dL arasında değişmekte olup ortalama  $9.34\pm 1.32$  g/dL, anestezi pompa çıkışı sonrası değerleri 7 g/dL ile 13.1 g/dL arasında değişmekte olup ortalama  $9.60\pm 1.18$  g/dL, yoğun bakım değerleri 8.9 g/dL ile 14.8 g/dL arasında değişmekte olup ortalama  $10.96\pm 1.16$  g/dL'dir.

**Tablo 4.3.** Hastaların Sıvı Düzeyleri ve Kullanılan Kan ve Kan Ürünleri (N=80)

	<b>Min-Mak</b>	<b>Ort±ss</b>
İdrar miktarı (cc)	400 - 2000	931.25±367.63
Drenaj miktarı (cc)	150 - 800	448.13±136.28
Pompa prime miktarı (cc)	600 - 1900	1191.88±433.59
Verilen toplam volüm miktarı (cc)	380 - 4800	3100.53±783.21
Total denge (cc)	200 - 1900	933.6±522.84
	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Pompada kullanılan ES (ünite)</b>		
0	73	91.3
1	6	7.5
3	1	1.3
<b>Pompada kullanılan TDP (ünite)</b>		
0	80	100.0
<b>Anestezi ES (ünite)</b>		
0	42	52.5
1	20	25.0
2	18	22.5
<b>Anestezi TDP (ünite)</b>		
0	57	71.3
1	18	22.5
2	5	6.3
<b>Anestezi TROMBOSİT (ünite)</b>		
0	71	88.8
1	8	10.0
2	1	1.3
<b>Yoğun Bakım ES (ünite)</b>		
0	42	52.5
1	31	38.8
2	6	7.5
3	1	1.3
<b>Yoğun Bakım TDP (ünite)</b>		
0	33	41.3
1	13	16.3
2	29	36.3
3	5	6.3
<b>Yoğun Bakım TROMBOSİT (ünite)</b>		
0	75	93.8
1	4	5.0
2	1	1.3
<b>Servis ES (ünite)</b>		
0	68	85.0
1	11	13.8
2	1	1.3
<b>Servis TDP (ünite)</b>		
0	78	97.5
1	2	2.5

(TDP = Taze donmuş plazma, ES= Eritrosit süspansiyonu)

Olguların idrar miktarı 400 ile 2000 cc arasında değişmekte olup ortalama  $931.25 \pm 367.63$  cc iken, drenaj miktarı 150 ile 800 cc arasında değişmekte olup ortalama  $448.13 \pm 136.28$  cc, pompa prime miktarı 600 ile 1900 cc arasında değişmekte olup ortalama  $1191.88 \pm 433.59$  cc, verilen toplam volüm miktarı 300 ile 4800 cc arasında değişmekte olup ortalama  $3100.53 \pm 783.21$  cc, total denge değerleri ise 200 ile 1900 arasında değişmekte olup ortalama  $933.6 \pm 522.84$ 'dir.

Hastalarda kullanılan kan ürünleri pompa (kardiyopulmoner baypas esnası), anestezi, yoğun bakım ve servis olarak gruplandırılmıştır. Kardiyopulmoner baypas çıkışı ile yoğun bakım bakım süreci arasında yapılan kan transfüzyonları Anestezi adı altında gruplandırılmıştır. Ameliyat öncesi hiç bir hastada Anestezi tarafından kan ve kan ürünü transfüzyonu yapılmamıştır.

Pompada kullanılan ES sayıları, olguların %7.5'inde (n=6) 1 ünite, %1.3'ünde (n=1) 3 ünitedir. Hastaların hiçbirinde pompada TDP kullanılmamıştır. Anesteziye kullanılan ES sayıları, olguların %25'inde (n=20) 1 ünite, %22.5'inde (n=18) 2 ünitedir. Anesteziye kullanılan TDP sayıları, olguların %22.5'inde (n=18) 1 ünite, %6.3'ünde (n=5) 2 ünitedir. Anesteziye kullanılan trombosit sayıları, olguların %10'unda (n=8) 1 ünite, %1.3'ünde (n=1) 2 ünitedir. Yoğun bakımda kullanılan ES sayıları, olguların %38.8'inde (n=31) 1 ünite, %7.5'inde (n=6) 2 ünite, %1.3'ünde (n=1) 3 ünitedir. Yoğun bakımda kullanılan TDP sayıları, olguların %16.3'ünde (n=13) 1 ünite, %36.3'ünde (n=29) 2 ünite, %6.3'ünde (n=5) 3 ünitedir. Yoğun bakımda kullanılan trombosit sayıları, olguların %5'inde (n=4) 1 ünite, %1.3'ünde (n=1) 2 ünitedir. Serviste kullanılan ES sayıları, olguların %13.8'inde (n=11) 1 ünite, %1.3'ünde (n=1) 2 ünitedir. Serviste kullanılan TDP sayıları, olguların %2.5'inde (n=13) 1 ünitedir.

**Tablo 4.4.** Hastaların Yoğun Bakım, Entübasyon ve Servis Süreleri (N=80)

	<b>Min-Mak</b>	<b>Ort±ss</b>
YB kalış süresi (saat)	18 - 51	23.96±6.11
Entübasyon süresi (saat)	4 - 23	8.88±2.95
Servis kalış süresi (saat)	78 - 215	128.89±26.36

Olguların yoğun bakım kalış süreleri 18 ile 51 saat arasında değişmekte olup ortalama 23.96±6.11 saattir. Olguların entübasyon süreleri 4 ile 23 saat arasında değişmekte olup ortalama 8.88±2.95 saattir. Olguların serviste kalış süreleri 78 ile 215 saat arasında değişmekte olup ortalama 128.89±26.36 saattir.

**Tablo 4.5.** Gruplararası Demografik Bilgilerin ve Pompa Sürelerinin Karşılaştırılması (N=80)

	<b>Kontrol</b>	<b>Çalışma</b>	<b>Test değeri</b>	<b><sup>a</sup>p</b>
	<b>Ort±ss</b>	<b>Ort±ss</b>		
Yaş	64.08±10.32	63.93±8.11	0.072	0.943
Boy	170.73±8.33	172.55±6.34	-1.103	0.274
Ağırlık	82.48±15.05	85.35±12.07	-0.943	0.349
VKI	28.2±3.85	28.67±3.87	-0.549	0.585
Vücut yüzey alanı	1.97±0.21	2±0.15	-0.874	0.385
Ejeksiyon fraksiyonu	49.95±7.18	53.75±6.58	-2.468	0.016*
Pompa süresi	107.48±34.55	115.63±44.39	-0.916	0.362
Kross klemp süresi	78.73±28.1	89.55±34.13	-1.549	0.125
	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>Test değeri</b>	<b><sup>b</sup>p</b>
<b>Cinsiyet</b>			0.092	0.999
Erkek	34 (85)	33 (82.5)		
Kadın	6 (15)	7 (17.5)		

<sup>a</sup>Bağımsız gruplar t testi

<sup>b</sup>Pearson ki-kare testi

\*p<0.05

Gruplar arasında yaş, boy, ağırlık, VKI, vücut yüzey alanı, pompa süresi ve kross klemp süresi değerleri ve cinsiyet dağılımları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0.05). Çalışma grubu olguların ejeksiyon fraksiyonu

değerlerinin kontrol grubu olguların değerlerinden daha büyük olduğu saptanmıştır (p=0.016).

**Tablo 4.6.** Gruplararası Zamana Göre Hemogloblin Değerlendirmeleri (N=80)

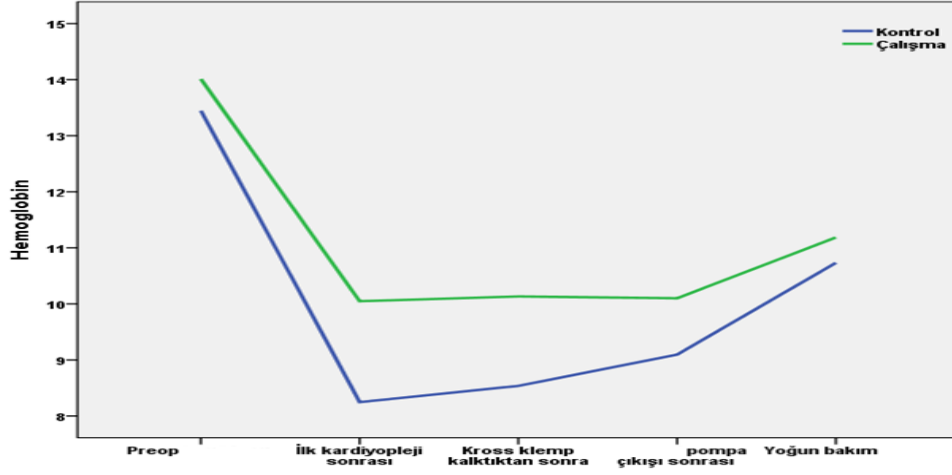
	Kontrol		Çalışma		Test değeri	p
	Ort±ss		Ort±ss			
Preop (P)	13.45±1.36		14.01±1.26		-1.926	0.058
İlk kardiyopleji sonrası (İKS)	8.25±1.19		10.05±1.23		-6.666	<0.001**
Kross klemp kalktıktan sonra (KKKS)	8.54±0.94		10.13±1.15		-6.774	<0.001**
Pompa çıkışı sonrası (PÇS)	9.1±1.13		10.1±1		-4.203	<0.001**
Yoğun bakım (YB)	10.73±1.09		11.19±1.19		-1.775	0.080
Değişimler	Ort±ss	<sup>d</sup> p	Ort±ss	<sup>d</sup> p		
İKS-P	-5.20±1.03	<0.001**	-3.96±1.03	<0.001**	-5.363	<0.001**
KKKS-P	-4.91±1.03	<0.001**	-3.88±1.10	<0.001**	-4.327	<0.001**
PÇS-P	-4.35±1.59	<0.001**	-3.91±1.15	<0.001**	-1.420	0.160
YB-P	-2.71±1.70	<0.001**	-2.82±1.32	<0.001**	0.329	0.743
KKKS-İKS	0.29±0.56	0.021*	0.09±0.56	0.999	1.648	0.103
PÇS-İKS	0.85±1.2	0.001**	0.05±0.82	0.999	3.474	0.001**
PÇS-KKKS	0.56±1.09	0.026*	-0.03±0.71	0.999	2.864	0.005**

<sup>c</sup>Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi  
\*p<0.05

<sup>d</sup>Bonferroni düzeltmeli ikili kıyaslamalar  
\*\*p<0.01

Gruplar arasında preop ve yoğun bakım hemogloblin değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0.05).

Çalışma grubu olguların hemogloblin değerlendirmeleri ilk kardiyopleji sonrası (10.05±1.23 g/dL, p<0.001), kross klemp kalktıktan sonra (10.13±1.15 g/dL, p<0.001), pompa çıkışı sonrası (10.1±1 g/dL, p<0.001) iken kontrol grubu olgularında ilk kardiyopleji sonrası (8.25±1.19 g/dL), kross klemp kalktıktan sonra (8.54±0.94 g/dL), pompa çıkışı sonrası (9.1±1.13 g/dL) elde edilen hemogloblin değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.1. Gruplarda Zamana Göre Hemogloblin Değerinin Değişimi

Tablo 4.7. Gruplararasıda Volüm Miktarları ile Kan ve Kan Ürünü Kullanımı Değerlerine İlişkin Kıyaslamalar (N=80)

	Kontrol Ort±ss	Çalışma Ort±ss	Test değeri	<sup>a</sup> p
İdrar miktarı	872.5±317.23	990±407.49	-1.439	0.154
Drenaj miktarı	490±116.68	406.25±142.86	2.872	0.005**
Pompa prime miktarı	1593.75±190.88	790±114.47	22.840	<0.001**
Verilen toplam volüm	3669.5±650.05	2531.55±394.87	9.463	<0.001**
Total denge	1360±346.82	507.2±245.93	12.686	<0.001**
Pompada kullanılan ES	0.23±0.58	0±0	2.467	0.018*
Anestezi ES	1.2±0.79	0.2±0.46	6.896	<0.001**
Anestezi TDP	0.55±0.64	0.15±0.48	3.160	0.002**
Anestezi Trombosit	0.23±0.48	0.03±0.16	2.504	0.016*
YB ES	0.78±0.77	0.38±0.54	2.696	0.009**
YB TDP	1.38±0.95	0.78±1	2.748	0.007**
YB Trombosit	0.08±0.27	0.08±0.35	0.000	0.999
Servis ES	0.18±0.45	0.15±0.36	0.275	0.784
Servis TDP	0.03±0.16	0.03±0.16	0.000	0.999
Toplam ES	2.37±1.55	0.72±1.04	5.602	<0.001**
Toplam TDP	1.95±1.13	0.95±1.24	3.769	<0.001**
Toplam Trombosit	0.30±0.52	0.10±0.38	1.975	0.052

<sup>a</sup>Bağımsız gruplar t testi  
YB: Yoğun bakım  
ES: Eritrosit süspansiyonu  
TDP: Taze donmuş plazma

Gruplar arasında idrar miktarı, yoğun bakımda uygulanan trombosit, serviste uygulanan ES, serviste uygulanan TDP ve toplamda uygulanan trombosit sayıları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ).

Her iki grup içinde intraoperatif süreçte hemoglobin 7 (g/dL)'nin altına düştüğünde, postoperatif süreçte ise hemoglobin 9 (g/dL)'nin altına düştüğünde kan tranfüzyonu yapılmıştır. Her iki grup içinde trombosit sayısı 70 binin altın da olan hastalara trombosit tranfüzyonu yapılmıştır. International Normalized Ratio (INR) 1,5'in üzeri olan ve saatte 100cc'den fazla drenaj görüldüğünde her iki hasta grubuna taze donmuş plazma (TDP) tranfüzyonu yapılmıştır.

Çalışma (ROP) grubu ve kontrol grubundaki olguların drenaj miktarı sırasıyla  $406.25\pm142.86$ ,  $490\pm116.68$ ; ( $p=0.005$ ), pompa prime miktarı  $790\pm114.47$ ,  $1593.75\pm190.88$ ; ( $p<0.001$ ), verilen toplam volüm  $2531.55\pm394.87$ ,  $3669.5\pm650.05$ ; ( $p<0.001$ ), total denge  $507.2\pm245.93$ ,  $1360\pm346.82$ ; ( $p<0.001$ ), pompada kullanılan ES  $0\pm0$ ,  $0.23\pm0.58$ ; ( $p=0.018$ ), anestezi ES ( $0.2\pm0.46$ ,  $1.2\pm0.79$ ; ( $p<0.001$ ), anestezi TDP  $0.15\pm0.48$ ,  $0.55\pm0.64$ ; ( $p=0.002$ ), anestezi trombosit  $0.03\pm0.16$ ,  $0.23\pm0.48$ ; ( $p=0.016$ ), yoğun bakım ES  $0.38\pm0.54$ ,  $0.78\pm0.77$ ; ( $p=0.009$ ), yoğun bakım TDP  $0.78\pm1$ ,  $1.38\pm0.95$ ; ( $p=0.007$ ), toplam ES  $0.72\pm1.04$ ,  $2.37\pm1.55$ ; ( $p<0.001$ ) ve toplam TDP  $0.95\pm1.24$ ,  $1.95\pm1.13$ ; ( $p<0.001$ ) değerleri bulunmuştur ve istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır.

**Tablo 4.8.** Gruplararası Yoğun Bakım Kalış Süresi, Entübasyon Süresi ve Serviste Kalış Süresinin Kıyaslanması (N=80)

	Kontrol	Çalışma	Test değeri	<sup>a</sup> p
	Ort±ss	Ort±ss		
YB kalış süresi (saat)	24.15±6.65	23.78±5.6	0.273	0.786
Entübasyon süresi (saat)	8.8±2.47	8.95±3.39	-0.226	0.822
Servis kalış süresi (saat)	131.45±29.57	126.33±22.79	0.868	0.388

<sup>a</sup>Bağımsız gruplar t testi

Gruplar arasında yoğun bakım kalış süresi, entübasyon süresi ve serviste kalış süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ).



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde KPB ile ilgili en çok tartışılan konuları arasında, kullanılan prime solüsyonların çeşidi, miktarı, prime solüsyonun oluşturduğu hemodilüsyonun avantajı – dezavantajı, oluşan hemodilüsyon sonucu ortaya çıkan kan ve kan ürünü gereksinimi ve transfüzyonlarının ortaya çıkardığı komplikasyonlar yer alır. Her ne kadar günümüzde KPB'nin ilk yıllarında ki kadar kan tranfüzyonu yapılmasa da açık kalp cerrahisi diğer cerrahilere kıyasla daha yüksek kan transfüzyon oranlarına sahiptir. Kan ve kan ürünü transfüzyonları bazı hastalıkların taşınmasına, inflamatuvar yanıt oluşmasına, alerjik reaksiyon gelişimine ve enfeksiyon riskinde artışa sebep olabilir, aynı zamanda hastane yatış süresi ve hastane maliyetlerini de arttırabilir (18,32). Bu nedenlerle gerekmedikçe kan tranfüzyonundan sakınılmalı, sadece kan hemoglobin seviyesi değil aynı zamanda diğer klinik ve labaratuvar parametreleri göz önünde bulundurularak kullanılmalıdır (19,37,57).

Yapılan çalışmalarda KPB sırasında kullanılan prime solüsyonlardan kaynaklı hemoglobin ve hematokrit değerlerindeki düşüşün ve ortaya çıkan hemodilüsyonel etkinin operasyon sırasında morbidite ve mortalite ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (34,37). Ortaya çıkan hemodilüsyon ile dokulara taşınan O<sub>2</sub> miktarlarında azalma görülmüştür (39).

Açık kalp ameliyatlarında rutin olarak uygulanabilecek, kan transfüzyonunu azaltma potansiyeline sahip tekniklerinden biri olan ROP yöntemi, uygulanmasında ek personele ve ekstra donanıma ihtiyaç duymayan, düşük maliyetli, dikkatli ve yakın takip edildiğinde yan etki barındırmayan, ekstra girişim gerektirmeyen güvenilir bir yöntemdir. 5-10 dakika gibi kısa sürelerde hazırlanabilen, ciddi zaman kaybı oluşturmayan, hemodilüsyonu oluştuktan sonra değil oluşmadan önce engellemeye çalışan, pratik ve basit uygulanabilen bir tekniktir (24,38).

Bu çalışmada KPB sırasında ROP yönteminin konvansiyonel prime solüsyonu uygulaması ile kıyaslandığında hemodilüsyonu ne ölçüde azalttığı, yöntemin standart Hb değerleri ile kan ve kan ürünü kullanımı üzerine olan etkileri araştırıldı.

Geliştirilen diğer kan koruma tekniklerinin çoğunun kan tranfüzyonunu azalttığı görülmüştür ancak ekstra donanımlara ve/veya yüksek maliyetler gerektirmektedirler. Ameliyat öncesi otolog kan donasyonu, normovolemik hemodilüsyon, ototransfüzyon (cell saver) ve vakumlu venöz drenaj kan koruma tekniklerinden bazılarıdır (33,48).

Kan koruma tekniklerinden biri olan ototransfüzyonun en büyük dezavantajı rutin kullanımı için fiyatınının yüksek olması ve geri ödeme koşulları nedeniyle her ameliyatta kullanılamamasıdır. Bir diğer dezavantajı ise trombosit, lökosit ve plazma proteinlerini yıkayarak kandan ayrıştırması sebebiyle postoperatif kanama ve enfeksiyon riski meydana getirebilmektedir (38).

Ultrafiltrasyon sistemi fazla sıvının vücuttan uzaklaştırılmasında kullanılan bir tekniktir. Ortaya çıkan hemodilüsyonun giderilmesi için yavaş gerçekleştirilir ve zamana ihtiyaç duyulur. Aynı zamanda ekstrakorporeal devresinde bir şant oluşturduğundan, pompa arter akımında artış gerektirir. Dilüsyonu ortaya çıktıktan sonra engellemeye çalışan, ekstra maliyet gerektiren bir tekniktir (38).

Vakumlu venöz drenaj sistemleri venöz hat mesafesini kısaltarak dolayısı ile prime solüsyonunu azaltarak kan korumasına yardımcı olabilir. Bu konu ile bugüne kadar en kapsamlı tek merkezli bir çalışmada 19.687 hasta irdelenmiş, normalde 1600 ml olan prime volüm vakum drenaj sistemi ile 900 ml'ye kadar azaltılmış ve sonuçta hastalara uygulanan kan transfüzyonu ve oluşan kanama miktarı azalmıştır (62). Goksedef ve arkadaşlarının (63) yaptığı bir diğer çalışmada ise yüksek basınçlı vakum

sisteminin belirgin hemolize neden olduğu ve olası mikroemboli risklerini arttırdığı belirtilmiştir.

Trapy ve arkadaşları (60) 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada hastalar üç gruba ayrılmış, ilk gruba standart prime, ikinci gruba ROP, üçüncü gruba ise mini devre kullanılmıştır. Mini devre kullanılan üçüncü grupta, KPB ve kros klemp süreleri diğer gruplara göre düşük bulunurken, hematokrit ve hemoglobin değerleri ise diğer gruplara göre KPB sırasında ve postoperatif dönemde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.

Rosengart ve arkadaşları (47) 1998 yılında 60 kişilik çalışmalarında, ROP uyguladıkları 30 kişiye ortalama  $880 \pm 150$  ml ROP uygulamışlar, en düşük hemoglobin değerini, kontrol grubunda 6,6 g/dL ROP grubunda ise 7,3 g/dL olarak tespit etmişlerdir. Hemodilüsyonun ve transfüzyon ihtiyacının, ROP uygulanan grupta azaldığını, ROP'un etkili ve güvenli bir teknik olduğunu bildirmişlerdir. Rosengart ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmadan sonra ROP tekniğine olan ilgi artmıştır.

Yaptığımız bu çalışmaya 80 hasta dahil edildi ve 40 kişilik gruba ROP uygulandı. İlk kardiyopleji sonrası alınan kan gazı kontrollerinde, ortalama hemoglobin değeri ROP grubunda  $10.05 \pm 1.23$  g/dL, kontrol grubunda ise  $8.25 \pm 1.19$  g/dL olarak bulundu. KPB öncesi ve KPB'in hemen sonrasında bulunan bu sonuç ROP yönteminin hemodilüsyonu belirgin azalttığını göstermektedir. ROP grubundaki hastalarda kros klemp kalktıktan sonra ve pompa çıkışında tekrar bakılan hemoglobin değerleri de anlamlı olarak yüksek bulundu. Bunun yanında pompa sırasında ROP grubunda hiç bir hastada eritrosit süspansiyonu kullanılmaz iken kontrol grubunda ortalama  $0.23 \pm 0.58$  ünite ( $p=0.018$ ) eritrosit süspansiyonu kullanıldı. Pompa sonrası anestezi tarafından yapılan ES tranfüzyonu ROP grubunda ortalama  $0.2 \pm 0.46$  ünite iken kontrol grubunda ise  $1.2 \pm 0.79$  ünite olarak tespit edildi. Bu süreçte sadece ES değil diğer kan ürünleri kullanımı da her iki grup arasında belirgin olarak farklıydı. Pompa sonrası anestezi

tarafından kullanılan TDP ve Trombosit miktarlarına bakıldığında, ROP grubunda ortalama TDP miktarı  $0.15\pm 0.48$  ünite iken kontrol grubunda  $0.55\pm 0.64$  ünite, ROP grubunda ortalama trombosit miktarı  $0.03\pm 0.16$  ünite iken kontrol grubunda ise  $0.23\pm 0.48$  ünite olarak saptandı.

Diğer taraftan Murphy ve arkadaşlarının (44) nispeten büyük hasta gruplu bir çalışmada (n=545), her ne kadar ROP uygulanan hastalarda kontrol grubuna göre KPB sırasında daha yüksek hematokrit düzeyleri gözlene de (%23.3 ; %30.5), kan transfüzyonu açısından bir fark gözlenmemiş ve kan koruma stratejisi adına ROP faydalı bir yöntem olarak gösterilmemiştir. Ancak retrospektif olarak gerçekleştirilen bu çalışmada ES transfüzyonu için oldukça restriktif bir yaklaşım izlenmiş, ES transfüzyon limiti KPB sırasında 6gr/dl, KPB sonrası ve yoğun bakım sürecinde ise 7 gr/dl olarak belirlenmiştir. Bunun yanında ROP grubunda ameliyat sırası ve sonrasında toplamda ortalama 3000 cc lik bir kristaloid uygulanması gözlenmektedir ki, bu da ROP un etkinliğini azaltmıştır. ROP yapılan hastalarda kan volümünde bir miktar azalma olması nedeni ile ROP hızlı bir şekilde yapılmamalı, hastanın hemodinamisi tolere ettiği müddetçe ROP'un hemodilüsyonel etkinliğinin azalmaması adına kaybedilen volüm hızlı bir şekilde kristaloid ile yerine konmamalı, gerekirse vazopressor ajanlarla müdahale edilmelidir. Tüm bu süreçte hemodinamik stabilitenin sağlanması açısından cerrah, perfüzyonist ve anestezi uzmanlığı oldukça önemlidir.

Koçoğlu ve arkadaşları (29) 2018 yılında yaptıkları bir çalışmaya 50 hasta dahil etmişler ve bunlardan 25'ine ROP uygulamışlardır. Her iki grupta da KPB başlangıç sonrası ortalama hemoglobin değerini kontrol grubunda  $7.79\pm 1.26$  g/dL, ROP grubunda ise  $9.67\pm 1.55$  g/dL olarak tespit etmişler, aynı zamanda ROP tekniğinin kan transfüzyonu ihtiyacını azalttığını belirtmişlerdir. Postoperatif süreçte drenaj miktarını kontrol grubunda  $1207.60\pm 704.90$  cc. ROP grubunda ise  $733.40\pm 599.05$  cc bularak hemostazda priming etkisini göstermişlerdir. Benzer şekilde, yapmış olduğumuz çalışmada postoperatif süreçte drenaj miktarı takiplerinde ROP grubu hastalarında  $406.25\pm 142.86$  ml, kontrol grubu hastalarında ise  $490\pm 116.68$  ml olarak gözlemlendi

( $p=0.005$ ). Drenaj miktarındaki bu farklılık koagülopatideki dilüsyonel değişiklikler ve pıhtılaşma faktörü konsantrasyonlarında mutlak azalma ile bağlantılanabilir (61).

Yapılan literatür taramasında Vandewielea ve arkadaşları (35) 2013 yılında yaptıkları çalışmaya 753 hastayı dahil etmişler, bu hastaların 498'ine ortalama  $475\pm 221$  ml ROP tekniği uygulamışlardır. Ameliyat sırasında ortalama kan tranfüzyonu miktarını ROP grubunda  $0.58\pm 1.11$  ünite, kontrol grubunda ise  $0.89\pm 1.42$  ünite bulmuşlar, ROP uygulamasının KPB'da kan transfüzyon miktarını azalttığını ve hemodilüsyonun olumsuz etkilerinden korunmaya yardımcı olduğunu bildirmişlerdir.

Diğer bir çalışmada Hwang ve arkadaşları (34) 2011 yılında 94 hastayı aldıkları bir çalışmada 46 hastaya ROP uygulanmış ve ROP grubunda serebral oksijenizasyonun ve hematokrit değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. ROP tekniğinin kontrol grubuna kıyasla nörolojik açıdan faydalı olabileceği öne sürülmüştür. KPB'da hemodilüsyonel anemi sebebiyle ortaya çıkan serebral oksijenizasyonda azalma nörolojik komplikasyon oluşmasına yol açabilecek önemli bir faktördür (34)

Yapılan diğer çalışmalarda kan ve kan ürünü kullanımının maliyeti artırdığı ve kan koruma yöntemlerin ise maliyeti düşürdüğü savunulmuştur (32). Kearsy ve arkadaşları (38) 2013 yılında 193 kişiyi dahil ettikleri çalışmada 101 kişiye ROP tekniği uygulamışlar, ROP grubu hastalarında hemoglobin değeri ortalamasını  $9.1$  g/dL kontrol grubu hastalarında ise  $7.8$  g/dL olarak bulmuşlardır. ROP grubunda hastane kalış sürelerinin anlamlı olarak düşük olduğunu tespit etmişler ve hastane kalış sürelerinin kısalmasının hastane enfeksiyonlarından hastaları koruyacağını ve hastane maliyetlerini azaltacağını öne sürmüşlerdir. Yaptığımız çalışmada iki grupta da ekstübasyon süreleri, yoğun bakım ve servis yatış süreleri takip edildi ancak anlamlı bir fark tespit edilmedi. Çalışmamızda maliyet analizi yapılmamıştır ancak gruplar

arasındaki kan kullanım miktarlarını ele alındığında maliyet ROP grubunda daha düşük olabilir.

Çalışmamızın güçlü yönleri prospektif randomize olması, tek cerrahi ekibin sonuçlarının değerlendirilmesi ve dolayısı ile sabit cerrahi tekniğin uygulanması, farklı kan koruma tekniklerinin kullanılmaması ve kan transfüzyon kriterlerinin çalışma öncesi belirlenerek uygulanması olarak sayılabilir. Güçlü yanlarının yanında literatür ile kıyaslandığında olgu sayısının nispeten az oluşu nedeniyle yukarıda üzerinde durulan ve çalışmada anlamlı bulunamayan ekstubasyon süreleri, yoğun bakım ve servis yatış süreleri gibi parametreler yeterli güçlü bir istatistiki sonuç elde edilmesine engel olmuş olabilir.

ROP tekniği ile KPB sırasında hemodilüsyonun daha az, intraoperatif hematokrit ve hemoglobin değerlerinin daha yüksek, intraoperatif ve postoperatif süreçlerde kan ve kan ürünü transfüzyon oranlarının daha düşük olduğu bulunmuştur. ROP bütün açık kalp cerrahisi merkezlerinde, KPB devresine modifiye edilen ekstra bir torba ile basitçe ve rutin olarak kullanılabilir. ROP, dikkatli bir şekilde kullanıldığı takdirde güvenle uygulanabilecek, etkili, kolay ve düşük maliyetli bir tekniktir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Örer A, Oto Ö. Dünden bugüne Kalp Cerrahisi. GKDC Dergisi. 1999; (7):1-6
2. Susak S, Redzek A, Rosic M, Velicki L, Okiljevic B. Development of Cardiopulmonary Bypass – A Historical Review. Srpski arhiv za celokupno lekarstvo. 2016; (11-12):670-675.
3. Buket S, Engin Ç, Uç H, Ayık F. Kalp ve Damar Cerrahisi 2. baskı. İstanbul, Medikal Network Nobel Kitabevi, 2013:139-203
4. Ürpermez E. Pulslu ve Pulssuz Akışın Kaplamalı Oksijenatörlerde Biyouyumluluğa Etkisinin Sem (Taramalı Elektron Mikroskop) ile İncelenmesi. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013 (Danışman: Doç. Dr. Mustafa Kocakulak)
5. Ghosh S, Falter F, Cook DJ. Cardiopulmonary Bypass 1. baskı. Ankara, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayınları No:114, 2014:1-110.
6. Tamtekin B. Kardiyopulmoner Baypas Kullanarak veya Çalışan Kalp Tekniği ile Yapılan Koroner Arter Baypas Operasyonları Sonrası Miyokard Hasarının Değerlendirilmesi. T.C. Bilim Üniversitesi, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2008 (Danışman: Prof. Dr. Belhhan Akpınar).
7. T.C Milli Eğitim Bakanlığı Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Kalp Akciğer Makinesi, Ankara 2013.
8. Vurgun B. Kardiyopulmoner Baypas (KPB) Sırasında İki Farklı Kardiyak İndeks Değerinin Serebral Oksijen Saturasyonu (NIRS) Üzerine Etkileri. Karabük Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 2020 (Dr. Öğr. Üyesi Erdem Çetin).
9. Erdoğan HB, Eren E, Yakut C. Kardiyopulmoner Bypass ve İdamesi. Türkiye Klinikleri J Cardiovascular Surgery. 2004;5(3):155-65.
10. Demirkılıç U. Ekstrakorporal Dolaşım 2. baskı. Ankara, Türkiye Klinikleri, 2015:4-608.
11. Bronicki RA, Anas NG. Cardiopulmonary Interaction. Pediatr Crit Care Med. 2009;10(3): 313-22.
12. Rigg L, Searles B, Darling ED. A 2013 Survey on Pressure Monitoring in Adult Cardiopulmonary Bypass Circuits: Modes and Applications. J Extra Corpor Technol. 2014;46(4):297-92.
13. Malmqvist G, Lingehall HC, Appelblad M, Svenmarker S. Cardiopulmonary Bypass Prime Composition: Beyond Crystalloids Versus Colloids. Perfusion. 2019;34(2):130-135.
14. Tiryakioğlu O, Yildiz G, Vural H, Gonca T, Ozyazicioglu A, Yavuz S. Hydroxyethyl Starch Versus Ringer Solution in Cardiopulmonary Bypass Prime Solutions (A Randomized Controlled Trial). J Cardiothorac Surg. 2008;12(3):45.
15. Boks RH, Herwerden LAV, Takkenberg JJ, Oeveren WV, Gu YJ, Wijers MJ, Bogers AJ. Is the Use of Albumin in Colloid Prime Solution of Cardiopulmonary Bypass Circuit Justified? Ann Thorac Surg. 2001;72(3):850-3.
16. Blandszun G, Butchart A, Klein AA. Blood Conservation in Cardiac Surgery. Transfus Med. 2018;28(2):168-180.
17. Avgerinos DV, Debois W, Salemi A. Blood Conservation Strategies in Cardiac Surgery: More Is Better. Eur J Cardiothorac Surg. 2014;46(5):865-70.

18. Khan JH, Green EA, Chang J, Ayala AM, Barkin MS, Reinys EE, Stanton J, Stanten RD. Blood and Blood Product Conservation: Results of Strategies to Improve Clinical Outcomes in Open Heart Surgery Patients at a Tertiary Hospital. *J Extra Corpor Technol.* 2017;49(4):273-282.
19. Chikwem JO, Mohammed I, Okara GC, Ukwandu NC, Ola TO. Prevalence of Transmissible Blood Infections Among Blood Donors at the University of Maiduguri Teaching Hospital, Maiduguri, Nigeria. *East Afr Med J.* 1997;74(4):213-6.
20. Schottstedt V, Tuma W, Bünger G, Lefevre H. PCR for HBV, HCV and HIV-1 Experiences and First Results From a Routine Screening Programme in a Large Blood Transfusion Service. *Biologicals.* 1998;26(2):101-4.
21. Vranken NPA, Babar ZUD, Montoya JA, Weerwind PW. Retrograde autologous priming to reduce allogeneic blood transfusion requirements: a systematic review. 2020; *Perfusion*:1-13.
22. Vretzakis G, Kleitsaki A, Aretha D, Karanikoas M. Management of Intraoperative Fluid Balance and Blood Conservation Techniques in Adult Cardiac Surgery. *The Heart Surgery Forum.* 2011; 14 (1): 28-39.
23. Demirkıran O. Otolog Kan Transfüzyonu ve Tranfüzyon Alternatifleri. *İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri.* 2011; 44: 247-262.
24. Ancheri SA, Rao SV. Retrograde Autologous Priming Reduces Transfusion Requirements During CPB. *Indian Journal Of Applied Research.* 2016; 8(6): 20-24.
25. Chu MWA, Losenno KL, Moore K, Berta D, Hewitt J, Ralley F. Blood conservation strategies reduce the need for transfusions in ascending and aortic arch surgery. *Perfusion.* 2013; 28(4): 315-321.
26. Avgerinos DV, Debois W, Salemi A. Blood conservation strategies in cardiac surgery: more is better. Published by Oxford University Press on behalf of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery. 2013;1-6.
27. Cheng M, Li JQ, Wu TC, Tian WC. Short-Term Effects and Safety Analysis of Retrograde Autologous Blood Priming for Cardiopulmonary Bypass in Patients with Cardiac Valve Replacement Surgery. *Cell Biochem Biophys.* 2015; (73):441-446.
28. Chilton VJ, Fricker P. Abstracts presented at the Autumn Meeting of the Association of Cardiothoracic Anaesthetists in Cambridge. *Anaesthesia.* 2007; (62):206-209.
29. Koçoğlu Y, Memmedov S, Kayan E, Arkan B, Bozkaya TA, Özyüksel A, Akçevin A. Retrograde Autologous Priming for Opposing the Adverse Effects of Extracorporeal Circulation during Open Heart Surgery. *Clinics in Surgery.* 2018; (29)3:1-5.
30. Eising GP, Pfauder M, Niemeyer M, Tassani P, Schad H, Bauernschmitt R, Lange R. Retrograde Autologous Priming: Is It Useful in Elective On-Pump Coronary Artery Bypass Surgery? *Perfusion.* 2003; (3)7:23-27.
31. El-Essawi A, Breitenbach I, Ali K, Jungebluth P, Brouwer R, Anssar M, Harringer W. Minimized perfusion circuits: an alternative in the surgical treatment of Jehovah's Witnesses. *Perfusion;* 2012; 28(1):47-53.

32. Hofmann B, Kaufmann C, Stiller M, Neitzel T, Wienke A, Silber RE, Treede H. Positive impact of retrograde autologous priming in adult patients undergoing cardiac surgery: a randomized clinical trial. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2018; 13(50): 1-8.
33. Hou X, Yang F, Liu R, Yang J, Zhao Y, Wan C, Ni H, Gong Q, Dong P. Retrograde autologous priming of the cardiopulmonary bypass circuit reduces blood transfusion in small adults: a prospective, randomized trial. *European Journal of Anaesthesiology*. 2009; 26(12):1061-1066.
34. Hwang J, Huh J, Kim J, Park S, Hwang J, Nahm FS, Hahn S. The Effect of Retrograde Autologous Priming of the Cardiopulmonary Bypass Circuit on Cerebral Oxygenation. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2011; 25(6):995-999.
35. Vandewielea K, Bove T, De Somer FM, Dujardin D, Vanackere M, De Smet D, Moerman AT, Bouchez S, François K. The effect of retrograde autologous priming volume on haemodilution and transfusion requirements during cardiac surgery. Published by Oxford University Press on behalf of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery. 2013; 16: 778-784.
36. Hirleman E, Larson DF. Cardiopulmonary bypass and edema: physiology and pathophysiology. *Perfusion*. 2008; 23:311-322.
37. Williams HC, Schiller W, Mellert F, Fimmers R, Welz A, Probst C. Retrograde autologous priming in surgery of thoracic aortic aneurysm. Published by Oxford University Press on behalf of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery. All rights reserved. 2019; 28(6):876-883.
38. Kearsey C, Thekkudan J, Robbins S, Ng A, Lakshmanan S, Luckraz H. Assessing the effectiveness of retrograde autologous priming of the cardiopulmonary bypass machine in isolated coronary artery bypass grafts. *Cardiothoracic*. 2013; 95:207-210.
39. Kiessling AH, Wedde S, Keller H, Reyher C, Stock U, Fernandez AB, Moritz A. Pre-filling of the extracorporeal circuit with autologous blood is safe, but not effective in optimizing biocompatibility in high-risk patients. *Perfusion*. 2015; 27(5):371-377
40. Thelander M. Retrograde Autologous Priming (RAP) increases transfusion requirement in the late postoperative period: a pilot study. Aarhus Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Aarhus, 2010 (Danışman: Anki Olsson, Anders Ericsson).
41. McKay C. Perfusion Approaches to Blood Conservation. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2014; 11(4):252-255.
42. Haydock MD, Krugar C, Willcox F, Haydock DA. Does Removing Mannitol and Voluven from the Priming Fluid of the Cardiopulmonary Bypass Circuit Have Clinical Effects?. *The Journal of ExtraCorporeal Technology*. 2014; 46(5):77-83.
43. Su Min JO, Ramzisham RA, Zamrin MD. Is 6% Hydroxyethyl Starch 130/0.4 Safe in Coronary Artery Bypass Graft Surgery?. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2009; 17(4):368-372.
44. Murphy GS, Szokol JW, Nitsun M, Alspach DA, Avram MJ, Vender JS, Votapka TV, Rosengart TK. The Failure of Retrograde Autologous Priming of the Cardiopulmonary Bypass Circuit to Reduce Blood Use After Cardiac Surgical Procedures. *Anesth Analg*. 2004; 9(7):1201-1207.

45. Murphy GS, Szokol JW, Nitsun M, Alspach DA, Avram MJ, Vender JS, DeMuro N, Hoff WJ. Retrograde Autologous Priming of the Cardiopulmonary Bypass Circuit: Safety and Impact on Postoperative Outcomes. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2006; 20(2):156-161.
46. Nanjappa A, Gill J, Sadat U, Colah S, Abu-Omar Y, Nair S. The effect of retrograde autologous priming on intraoperative blood product transfusion in coronary artery bypass grafting. *Perfusion*. 2013; 28(6):530-535.
47. Rosengart TD, DeBois W, O'Hara M, Helm R, Gomez M, Lang SJ, Altorki N, Ko W, Hartman GS, Isom OW, Krieger KH. Retrograde Autologous Priming For Cardiopulmonary Bypass: A Safe and Effective Means Of Decreasing Hemodilution And Transfusion Requirements. *Cardiopulmonary Support and Physiology*. 1998; 115(2):426-439.
48. Weiler P, Hamiko M, Mellert F, Roell M, Roell M, Welz C, Duerr GD. Impact of Crystalloid or Albumin Priming of the Heart–Lung Machine on Inhospital Outcome after Coronary Artery Bypass Surgery. *Thoracic and Cardiovascular Surgeon*. 2017; 20(19):1-9.
49. Richards R, Rajnish R, Khan A, Zeinah A, Farley K, Hughes D, Ashworth Y, Wilby A, Bose A, Walker A. Does Retrograde Autologous Priming Of The Cardiopulmonary Bypass Circuit Have An Impact on Haematocrit and Blood Transfusion In Uncomplicated Coronary Artery Bypass Graft Surgery? A Retrospective Analysis. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2015; 16(10):1-2.
50. Hofmann B, Kaufmann C, Stiller M, Neitzel T, Wienke A, Silber RE, Treede H. Positive impact of retrograde autologous priming in adult patients undergoing cardiac surgery: a randomized clinical trial. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2018; 13(50):1-8.
51. Saczkowski R, Bernier PC, Tchervenkov CI, Arellano R. Brief communication - Cardiopulmonary bypass Retrograde autologous priming and allogeneic blood transfusions: a meta-analysis. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2009; 25(24):373-376.
52. Severdija EE, Heijmans JH, Theunissen M, Maessen JG, Roekaerts PH, Weerwind PW. Retrograde autologous priming reduces transfusion requirements in coronary artery bypass surgery. *Perfusion*. 2011; 26(4):315–321.
53. Stammers AH, Mongero LB, Tesdahl E, Stasko A, Weinstein A, The effectiveness of acute normovolemic hemodilution and autologous prime on intraoperative blood management during cardiac surgery. *Perfusion*. 2017; 32(6):454–465.
54. Zheng J, Chen L, Qian L, Jiang J, Chen Y, Xie J, Shi L, Ni Y, Zhao H. Blood conservation strategies in cardiac valve replacement A retrospective analysis of 1645 patients. *Medicine*. 2016; 95(41):1-5.
55. Sun P, Ji B, Sun Y, Zhu X, Liu j, Long C, Zhenge Z. Effects of retrograde autologous priming on blood transfusion and clinical outcomes in adults: a meta-analysis. *Perfusion*. 2013; 28(3):238–243.
56. Teman NR, Delavari N, Romano MA, Prager RL, Yang B, Haft JW. Effects of autologous priming on blood conservation after cardiac surgery. *Perfusion*. 2014; 20(10):1-7.
57. Güler T. Kardiyak Cerrahide Transfüzyon Kararı. *GKDA Derg*. 2012; 18(2):27-45.
58. Vandewiele K. Effective Means of Decreasing Hemodilution And Transfusion Requirements. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1998; 115(39):783.

59. Kempen BV, Gasiorek JM, Bloemendaal K, Leeuwen SV, Bulder ER. Low-prime perfusion circuit and autologous priming in CABG surgery on a Jehova's Witness: a case report. *Perfusion*. 2002; 17(5):69–72.
60. Trapp C, Schiller W, Mellert F, Halbe M, Lorenzen H, Welz A, Probst C. Retrograde Autologous Priming as a Safe and Easy Method to Reduce Hemodilution and Transfusion Requirements during Cardiac Surgery. *Thorac Cardiovascular Surgery*. 2015;3(24).
61. Murray DJ, Pennell BJ, Weinstein SL, Olson JD. Packed red cells in acute blood loss: dilutional coagulopathy as a cause of surgical bleeding. *Anesth Analg*. 1995 Feb;80(2):336-42.
62. Gao S, Li Y, Diao X, Yan S, Liu G, Liu M, Zhang Q, Zhao W, Ji B. Vacuum-assisted venous drainage in adult cardiac surgery: a propensity-matched study. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2020 Feb 1;30(2):236-242.
63. Goksedef D, Omeroglu SN, Balkanay OO, Denli Yalvac ES, Talas Z, Albayrak A, Ipek G. Hemolysis at different vacuum levels during vacuum-assisted venous drainage: a prospective randomized clinical trial. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2012 Jun;60(4):262-8.

## 7. ÖZGEÇMİŞ



