

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi





Bölüm Adı

PERÜZYON(LİSANS)

Dersin Adı

Kardiyak anestezi 2

Dersin Haftası: **1. Hafta**

Dersin Öğr. Üyesinin Adı: **Dr. Ali Rıza Cenal**

E-Posta: **arcenal@gelisim.edu.tr**

Telefon: **05325700196**



Geçen Ders Hakkında



DERS BİLGİLERİ

Ders Günü ve Saati

25 şubat 1921 Perşembe saat 15.10

Dersin Kredisi

GBS Linki

Görüşme Gün ve Saatleri

Dersin Öğretim Üyesinin Konumu



Haftalık Akış

KARDİYOPULMONER BYPASS'A GİRİŞ, STANDART KPB,ACİLLER

PERFÜZYON HAZIRLIĞI

Hasta Bilgisi

Ameliyattan önce, hastanın bilgileri “perfüzyon kayıt formu”na işlenir.

Perfüzyonist, hastanın dosyasını inceleyerek, gerektiğinde anestezi uzmanı ve cerrah ile görüşerek hasta hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olur. Bu bilgi:

Hastanın kimlik bilgileri, yaşı, kilosu, BSA. $BSA = \text{Boy} \times \text{kilo} / 3600$



**Patoloji ve yapılacak ameliyatın cinsi,
aciliyet durumu,
reoperasyon olup olmadığı,
cerrahi yaklaşım,
olası ameliyat süresi,
hemofiltrasyon gerekliliği,
uygulanacak hipotermi derecesi,
pulsatil flow istenip istenmediği,**



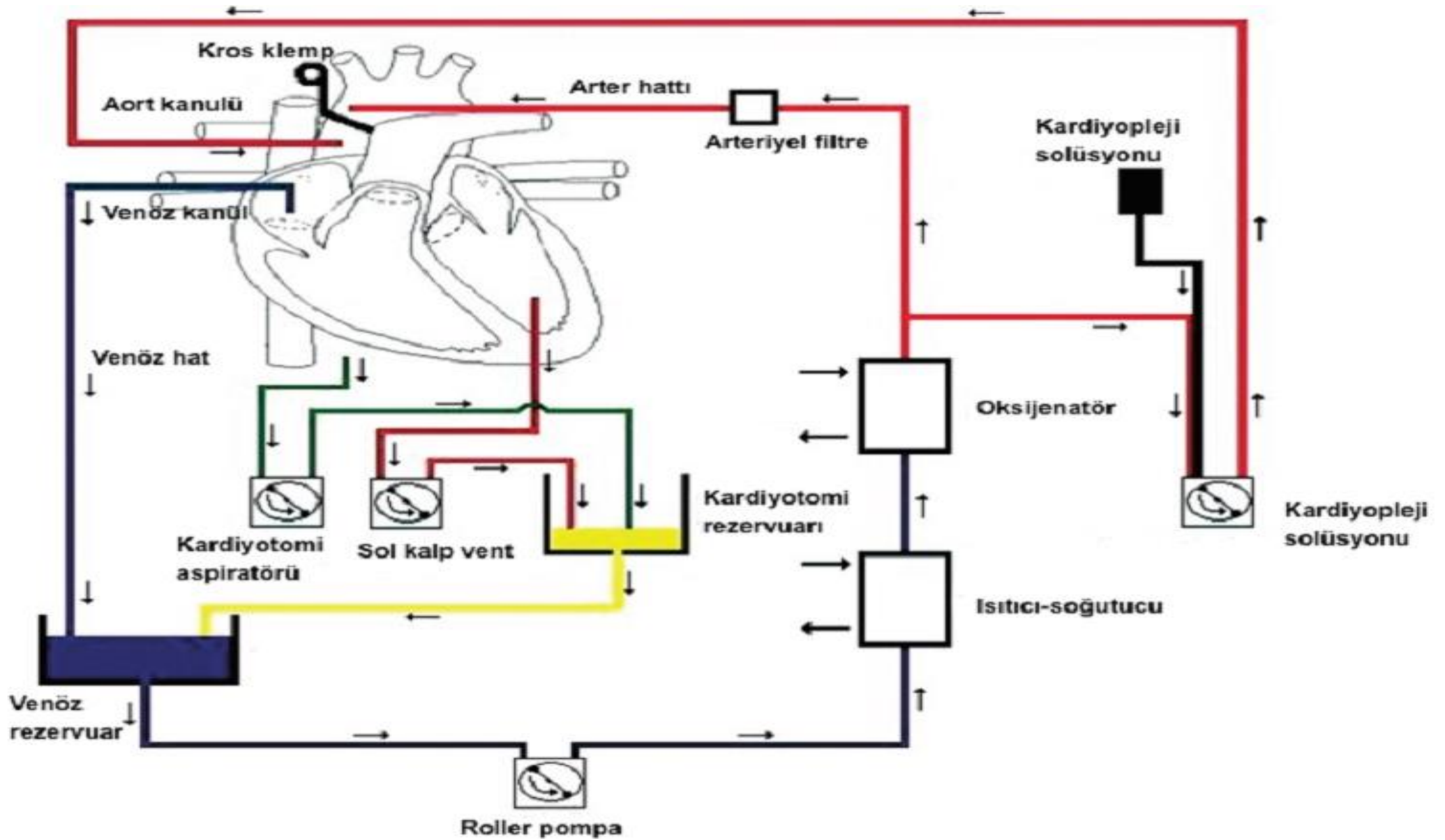
**kanülasyon şekli,
kardiyopleji yöntemi,
kullanılacak malzeme ve protezler
hastanın Htc düzeyi
trombosit düzeyi
PT, INR, aPTT,
Seroloji, kan ve kan ürünleri hazırlığı,**



KPB sistemi temel olarak kanüller ve hatlar (tubing), rezervuar, oksijenatör, ısı değiştirici, pompa, filtreler ve bubble tuzakları, ara bağlantılar, kardiyopleji setleri ve sistemi ile hemofiltrasyon cihazından oluşmaktadır.



Günümüzde, KPB'ye bağlı morbidite ve mortalitenin azaltılması amacıyla KPB sisteminde bir takım değişiklikler yapılmış (mini ve kaplamalı devreler) ve bu değişikliklerin bir çoğu klinik kullanıma girmiştir.



KPB Ekipmanları



Venöz kanül hastanın venöz kanının ekstrakorporeal sistemde yer alan venöz rezervuara uygun bir şekilde taşınması için gereklidir. Venöz direnaja temel prensip kanın, yerçekimi etkisini kullanarak, hasta seviyesinden 40 ile 70 cm daha aşağıya yerleştirilen rezervuara direne edilmesidir.



Venöz kanülasyon için kullanılan kanüllerin boyutu hastanın vücut yüzey alanına göre hesaplanır ve bu hesaplama sırasında KPB sırasında hedeflenen akım esas olarak kabul edilmelidir.



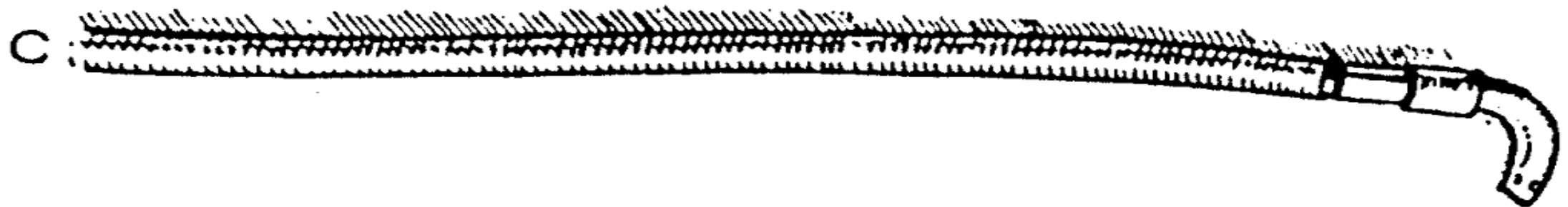
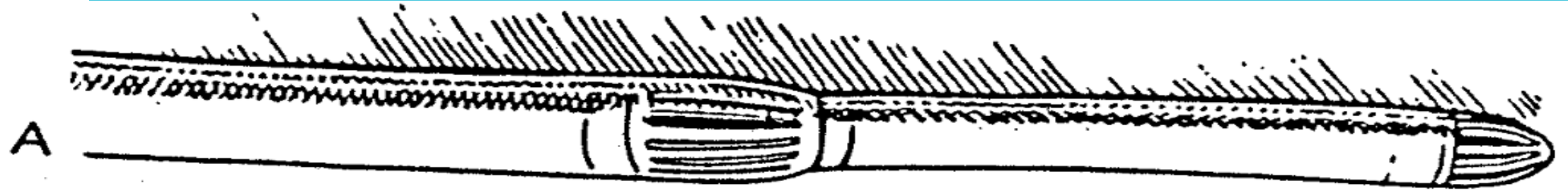
Venöz kanülasyon, santral ve periferik olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilir. Santral venöz kanülasyon, sağ atrium veya vena kavalardan yapılabilir. Kanülasyon için iki aşamalı(two stage) tek venöz kanül kullanılarak (atriyokaval kanülasyon) ya da selektif olarak tek aşamalı venöz kanüller kullanılarak superior ve inferior vena kavalardan (bikaval kanülasyon) yapılabilmektedir.

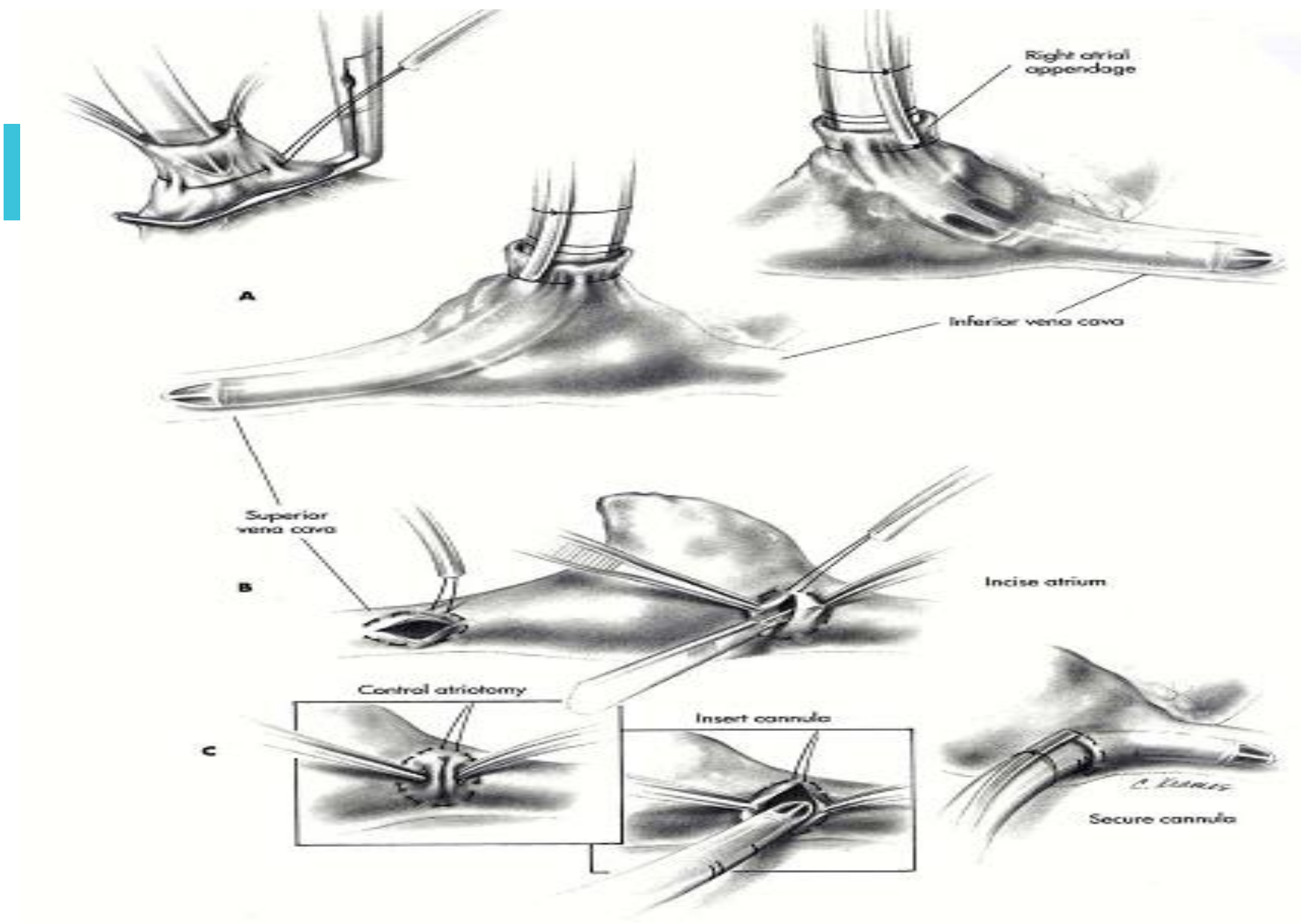


Atriyokaval kanülasyon genellikle koroner arter bypass cerrahisi ve aort kapak replasmanı gibi operasyonlarda tercih edilirken pediyatrik kalp cerrahisinde, kapak cerrahisinde ve diğer intrakardiyak girişimlerde genellikle selektif venöz kanülasyon tercih edilmektedir.



Periferik venöz kanülasyon ise genellikle minimal invazif uygulamalarda ve reoperasyonlarda tercih edilmekte ve en sık femoral ve internal jugüler venler kullanılmaktadır. Periferik kanülasyon yapılan hastalarda, venöz drenajı kolaylaştırmak için rezervuar sistemine 40 cmH₂O negatif basınç uygulanmaktadır.







Arteriyel kanülasyon santral olarak çıkan-arkus aortadan ya da femoral, aksiller veya karotis arter gibi periferik arterlerden yapılabilir. Kullanılacak aort kanülünün çapı, hastanın vücut yüzey alanına ve KPB sırasında hedeflenen akıma göre belirlenmelidir.



Aort kanülünün en dar olan bölümü uç kısmı olup bu bölgede oluşan yüksek hızdaki jet akımlar ateroemboli, diseksiyon, kavitasyon ve hemolize sebep olabilir.

Aort kanülasyonu sırasında görülebilecek en önemli komplikasyonlardan birisi de aort diseksiyonudur.

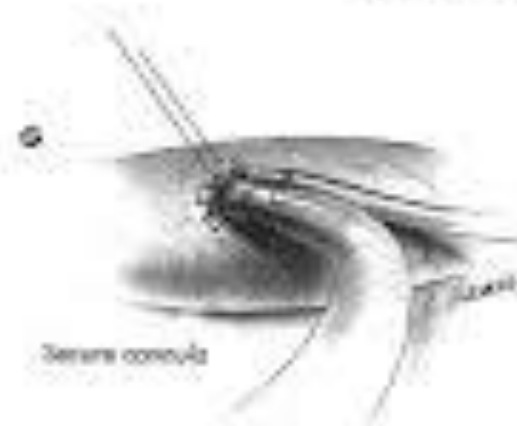


Bu komplikasyon nadir görülmekle birlikte (%0.001 ile %0.009 sıklıkta) özellikle aort kökünde ve çıkan aortada ateroskleroza bağlı dejenerasyon veya dilatasyon olan hastalar risk altındadır.

Aort kanülasyonundan hemen sonra kanülasyon yerine yakın yerlerde subadventisyal renk değişikliği, arter hattı basıncında artış, venöz dönüşte ani azalma ile kendini gösterir.



Transözofageal ekokardiyografi önemli bir tanı aracıdır. Aort kanülasyonuna bağlı diseksiyonlarda aort kanülü periferik bir artere alınmalı, hasta 18-20°C kadar soğutulmalı ve kan basıncı farmakolojik olarak kontrol edilmelidir. Diseke olan aort segmentinin replasmanı temel tedavi yöntemidir. Aort kanülasyonuna bağlı aort diseksiyonunda erken mortalite yaklaşık olarak %50 civarındadır.

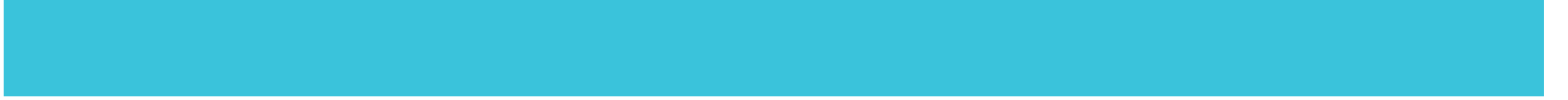


Venöz Rezervuar



Kardiyopulmoner bypass sistemine yerleştirilen venöz rezervuarın temel amacı bu sistemde volümün toplanacağı bir odacık bulundurmasıdır. Arteriyel pompanın hemen öncesinde yer alır. En önemli fonksiyonları; venöz direnajın kolaylaştırılması, venöz hatlardaki havaların tahliyesi, sisteme kolay sıvı ve ilaç eklemelerinin yapılabilmesidir. Ayrıca venöz direnajın aniden bozulduğu durumlarda burada bulunan volüm belli bir süre arteriyel akımın devamını sağlayabilir. Rezervuarlar, açık veya kapalı sistem olabilmektedir.

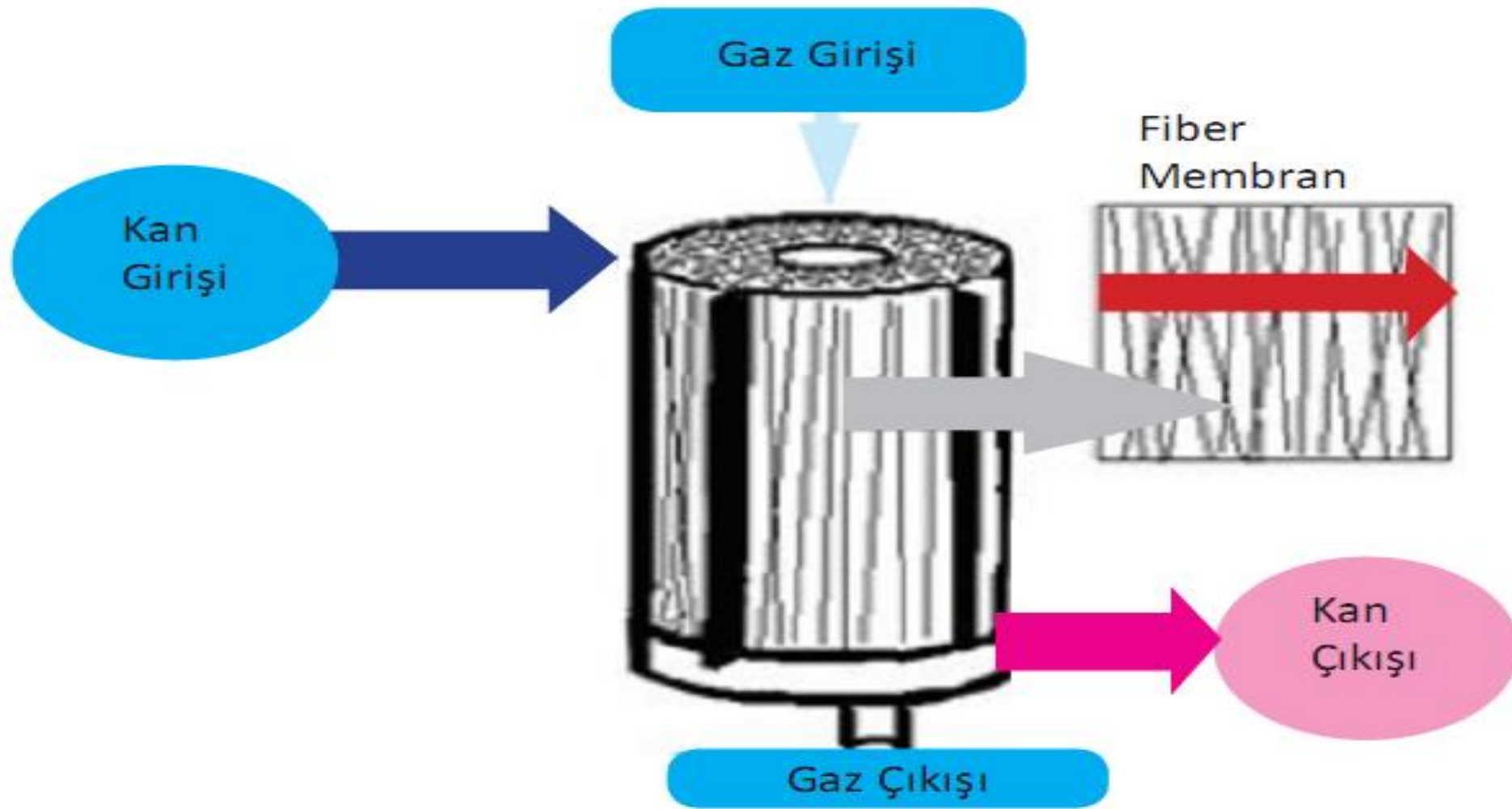
Oksijenatör



Çalışma prensiplerine göre bubble ve membran oksijenatör olmak üzere iki gruba ayrılır. Bubble oksijenatörler gaz embolisi, gaz-kan temas alanının yüksek olması ve buna bağlı gelişen enflamatuvar yanıttan dolayı günümüzde KPB uygulamalarının dışında kalmıştır.



Membran oksijenatörlerde kan ile gaz arasında ince silikon veya mikroporlu (0.3-0.8- μm) poliprolen membranların yerleştirilmesi ile oksijenasyon sağlanmaktadır .Plazmanın porlu yapı üzerini kaplaması O₂ve CO₂değişimini kolaylaştırmaktadır.





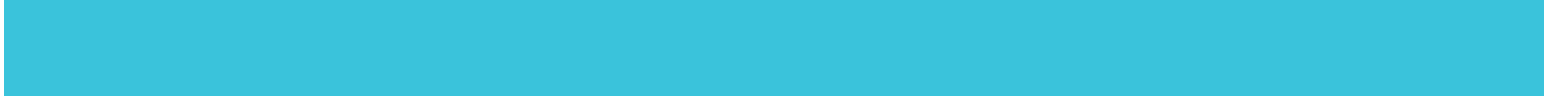
Oksijenin difüzyon kapasitesi karbondioksitle kıyasla düşük olduğundan yeterli düzeyde oksijenasyonun sağlanabilmesi amacıyla, gaz değişimi için oksijenatörde uygun yüzey alanı sağlanmalı ve oksijen parsiyel basıncı yüksek tutulmalıdır.

KPB sistemindeki oksijen parsiyel basıncını, gaz-kan karıştırıcısındaki fraksiyone O₂ miktarı (FiO₂) belirlerken, CO₂ miktarı gaz akım hızı ile kontrol edilmektedir.



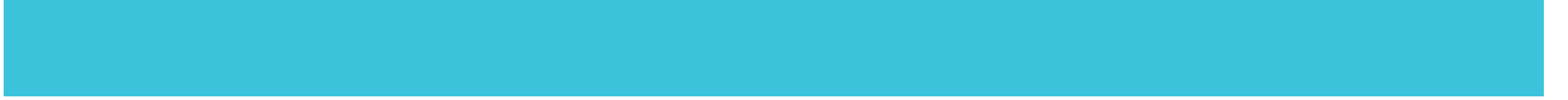
Son yıllarda venöz rezervuar, oksijenatör ve ısı değıştirici birleştirilerek entegre sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, anestezi ajan uygulamak amacıyla oksijenatöre vaporizatör eklenebilmektedir.

Isı değiştirici



KPB sistemi içerisinde dolaşan kanın ısıtılması veya soğutulması amacı ile kullanılır. Kalp akciğer pompası ile yapılan internal soğutma kalp cerrahisinde oksijen tuketimini ve son organ hasarını azaltmak amacı ile sıklıkla kullanılmaktadır. Isınma sırasında kanın sıcaklığı genelde 37°C'ye kadar ısıtılmakta ve 40°C geilmemektedir. Hasta ile pompa sıcaklığı arasındaki farkın 5-10°C arasında tutulması gaz embolisinin engellenmesi için önemlidir.

Pompalar



KPB için iki tip pompa kullanılır. Roller pompalar sentrifugal pompalara oranla daha fazla tercih edilmektedir. Sentrifugal pompalarda, yeldeğirmeni şeklinde kanatları olan bir pervane yapısı vardır. Bu yapının rotasyonu ile merkez kaç kuvveti oluşturulur ve bu güç kanı iterek pompa fonksiyonu gerçekleştirilir. Bu pompanın sağlamış olduğu arteriyel akım miktarı pompaya gelen venöz akım ile yakından ilişkilidir.



Arteriyel akımı engelleyen unsurlar (arteriyel hatlarda katlanma ve tıkanıklık gibi) pompa akımının sıfırlanmasına sebep olur. KPB sistemlerinde arter hattından hastaya gönderilen akım mutlaka monitörize edilmelidir.

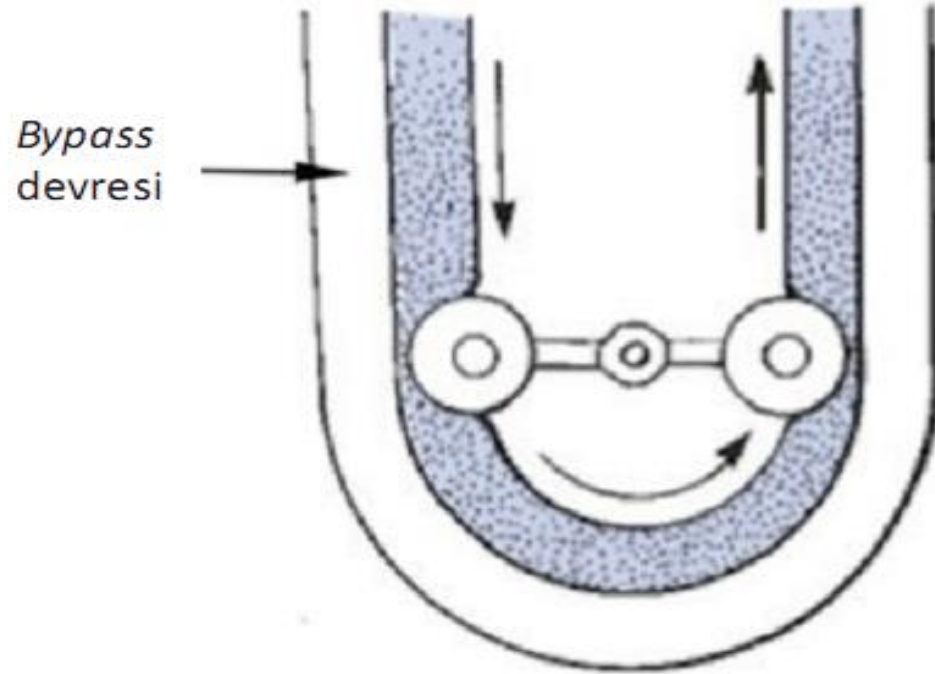


Senrifugal pompalar kalp ameliyatlarında KPB için kullanılabildikleri gibi daha çok bir mekanik dolaşım desteği olan ekstrakorporeal membran oksijenasyon (ECMO) sistemi ile torakoabdominal anevrizma ve kompleks koarktasyon operasyonlarında ise parsiyel dolaşım desteği amacı ile kullanılmaktadır.

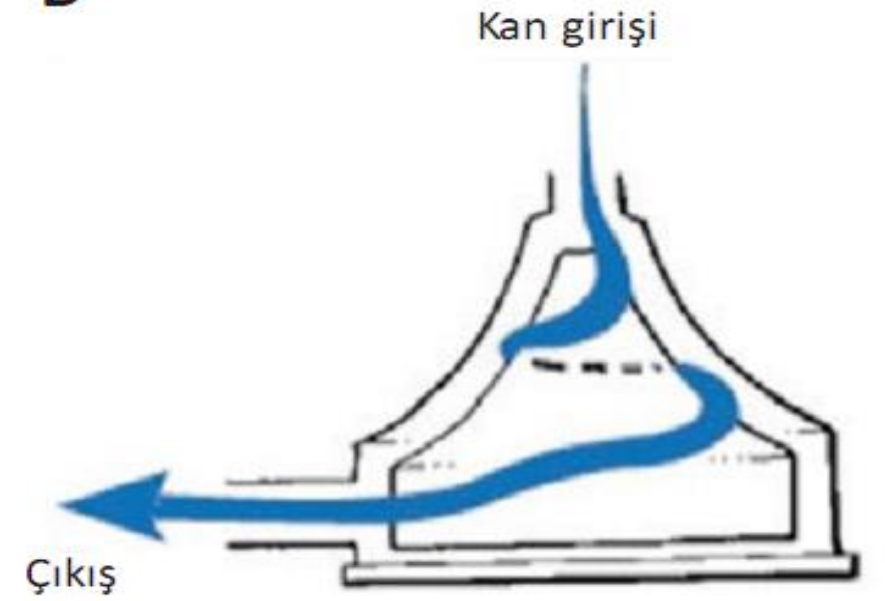


Konvansiyonel KPB sisteminde kullanılan roller pompalarda ise devre içindeki kan birbirinden 180 derece açı ile yerleştirilmiş iki silindirik başlığın sürekli rotasyonu ile itilir. Sentrifugal pompaların aksine bu pompalar belli bir miktardaki kanı basınçla sürekli ileri doğru iter.

A



B



 A; Roller ve B; sentrifugal pompalar

Tablo 1: Roller ve sentrifugal pompaların karşılaştırılması

	Roller pompalar	Sentrifugal pompalar
	<i>Oklüzif pompa Afterload bağımsız akım</i>	<i>Oklüzif olmayan pompa Afterload bağımlı akım</i>
Avantaj	<i>Düşük prime hacmi gereksinimi Ekonomik Arteriyel akımda geri kaçak riski yok</i>	<i>Akım hastanın pozisyonundan bağımsız Güvenli aralıkta pozitif ve negatif basınç Masif hava emboli riski az Uzun süreli kardiyak destek için ideal</i>
Dezavantaj	<i>Sistem içerisinde aşırı pozitif ve negatif basınç oluşma riski Yakın takip gerektirmesi Kavitasyon Kan hücrelerinde mekanik hasa ve hemoliz</i>	<i>Yüksek prime hacmi gereksinimi Yüksek maliyet Arteriyel akımda geri kaçak riski</i>

Filtreler ve bubble tuzakları



KPB sırasında gaz ya da partiküllere bağlı mikroemboli sıklıkla görülmekte ve operasyon sonrası morbidite ve mortaliteye sebep olabilmektedir. Gaz emboli kaynakları intravenöz yollarda kullanılan üç-yollu musluk, mayi hatları içerisindeki hava, kanülasyon amacıyla kullanılan torba ağzı (purse) dikişinin gevşek geçilmesi, pompada soğuk kanın hızlı ısıtılması, pompa sisteminde oluşan kavitasyon, venöz rezervuar seviyesinin düşük olması ve oksijenatör olarak sıralanabilir.



Partikül embolisinin sebepleri ise KPB’de trombüs oluşumu, vasküler yatağı tutan aterotrombotik yapılar, hemoliz, denature proteinler ve yağ partikülleridir. Ayrıca, operasyon sırasında kullanılan yapıştırıcı materyaller, dikişler, kardiyak ve vasküler yapıların manipölasyonu da diğer mikroemboli oluşturabilecek etkenlerdir.



Mikroemboliye en duyarlı olan organlardan biri beyindir. KPB sırasında mikroemboliyi azaltmak amacıyla kullanılan yöntemler membran oksijenatör ve santrifugal pompaların kullanılması, yeterli antikoagülasyon yapılması, kan CO2 basıncının azaltılması, kan-perfüzat sıcaklık farkının 8-10 C geçmemesi, cerrahi alandan aspire edilen kanın yıkandıktan sonra KPB sistemine verilmesi, hipotermi, aterosklerotik ana vasküler yapıların aşırı manipülasyonundan kaçınılması ve bypass devresinde filtrelerin ve bubble tuzakları olarak sıralanabilir.

Konnektörler ve devre (tubing) sistemi



KPB devrelerinde kullanılan devreler toksik olmayan, kan ile uyumlu, esnek, transparan, sterilize edilebilen, katlanma ve ezilmeye karşı dirençli olan materyallerden yapılmalıdır. Bu amaçla, KPB devrelerinde en yaygın olarak kullanılan madde polivinilklorid iken konnektörlerde polikarbonat tercih edilir.

Kullanılan prime solüsyonunun miktarının azaltmak için devrelerin uzunluğu mümkün olduğunca kısa olmalı ve kanın akış yolunda daralma ve genişlemeler olmamalıdır.



Partikül embolisinin sebepleri ise KPB’de trombüs oluşumu, vasküler yatağı tutan aterotrombotik yapılar, hemoliz, denature proteinler ve yağ partikülleridir. Ayrıca, operasyon sırasında kullanılan yapıştırıcı materyaller, dikişler, kardiyak ve vasküler yapıların manipölasyonu da diğer mikroemboli oluşturabilecek etkenlerdir.



Mikroemboliye en duyarlı olan organlardan biri beyindir. KPB sırasında mikroemboliyi azaltmak amacıyla kullanılan yöntemler membran oksijenatör ve santrifugal pompaların kullanılması, yeterli antikoagülasyon yapılması, kan CO2 basıncının azaltılması, kan-perfüzat sıcaklık farkının 8-10 C geçmemesi, cerrahi alandan aspire edilen kanın yıkandıktan sonra KPB sistemine verilmesi, hipotermi, aterosklerotik ana vasküler yapıların aşırı manipülasyonundan kaçınılması ve bypass devresinde filtrelerin ve bubble tuzakları olarak sıralanabilir.

Konnektörler ve devre (tubing) sistemi



KPB devrelerinde kullanılan devreler toksik olmayan, kan ile uyumlu, esnek, transparan, sterilize edilebilen, katlanma ve ezilmeye karşı dirençli olan materyallerden yapılmalıdır. Bu amaçla, KPB devrelerinde en yaygın olarak kullanılan madde polivinilklorid iken konnektörlerde polikarbonat tercih edilir.

Kullanılan prime solüsyonunun miktarının azaltmak için devrelerin uzunluğu mümkün olduğunca kısa olmalı ve kanın akış yolunda daralma ve genişlemeler olmamalıdır.

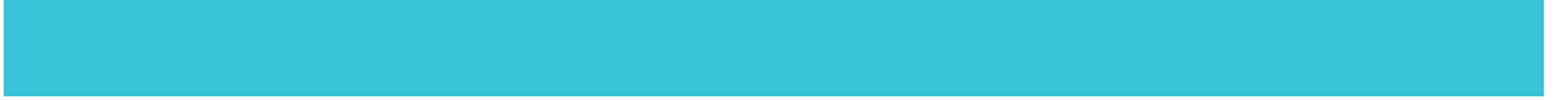


Devrelerin heparin ile kaplanması son yıllarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu uygulamanın klinik olarak sistemik heparin dozunun azaltılması, kanama veya trombotik komplikasyonların azaltılması gibi bazı avantajları çeşitli çalışmalarda gösterilse de henüz bir fikir birliği oluşturulamamıştır.



Heparin kaplı devreler, KPB’de artan ve trombotik-enflamatuvar komplikasyonların önemli nedeni olan kompleman faktörlerinin (C3a ve C5b) konsantrasyonunu azaltırken, KPB’nin sebep olduğu enflamatuvar yanıt üzerinde herhangi bir koruyucu etkisi gösterilememiştir. Devre sisteminin kaplanmasında kullanılan diğer maddeler ise fosforilkolin, trillium, albumin ve diğer sentetik proteinler olarak sıralanabilir.

Kardiyotomi rezervuarı ve cerrahi alan aspirasyonu



Cerrahi alandan aspire edilen kan, köpükten arındırılmak (defoaming), filtre edilmek ve depolanabilmek amacıyla kardiyotomi rezervuarında toplanır. Direnaji hızlandırmak amacıyla rezervuara negatif basınç uygulanabilir.



Kardiyotomi rezervuarı ve cerrahi saha aspirasyonun kullanılması, KPB sırasında ortaya çıkan hemoliz, partikül, yağ ve gaz embolisi, hücresel agregatların oluşumu, trombosit hasarı, trombin üretimi ve fibrinoliz gibi komplikasyonların en önemli sebebidir. Cerrahi saha aspirasyonu sırasında aspire edilen hava, kanın aktive olmasına ve hasar görmesine sebep olur.



Kardiyotomi rezervuarı ve cerrahi saha aspirasyonunun sebep olduğu komplikasyonları ortadan kaldırmanın bir diğerk yolu ise cerrahi alandan aspire edilen kanın kullanılmamasıdır. Ancak bu yöntem allojenik kan transfüzyon miktarlarında arttırdığından pek tercih edilmemektedir.

Sol kalp odacıklarının boşaltılması (venting)



Cerrahi sırasında kalp kasılmasının olmadığı dönemlerde ya da ventrikül fibrilasyonu sırasında en önemli problem, özellikle sol ventrikül distansiyonuna bağlı olarak gelişebilen subendokardiyal miyokard iskemisidir. Bu nedenle, cerrahi sırasında kalp boşlukları (özellikle sol ventrikülün) boşaltılmalıdır.



Bypass sırasında sağ atriumdan, koroner sinüs ve tebaşıyan venlerden pulmoner arteriyel sisteme antegrad akım devam eder. Bunlara ek olarak bronşıyal arter ve venlerden gelen kan akımı, sol persistan vena kava, patent duktus arteriozus ve patent foramen ovale gibi yapıların varlığı da sol ventrikül distansiyonunun nedenlerindendir.



Konjenital kalp cerrahisinde ise pulmoner sisteme açılan aortapulmoner kollateraller sol ventrükülün distansiyonuna sebep olabilecek temel unsurlardır. Cerrahi sırasında sol kalbin boşaltılması amacıyla aort kökü, sağ superior pulmoner ven,pulmoner arter ve ventriküler apeks en sık kullanılan yerlerdir.



İntrakardiyak cerrahi yapılan hastalarda sıklıkla fossa ovalisten yapılan küçük bir insizyon ya da mevcut bir patent foremen ovaleden sol kalp boşaltma işlemi yapılır. Bunların dışında, alternatif olarak sol ventrikül apeksine dışardan yerleştirilen bir kateter ile sol kalp boşaltılabilir.

Hemofiltrasyon / Ultrafiltrasyon



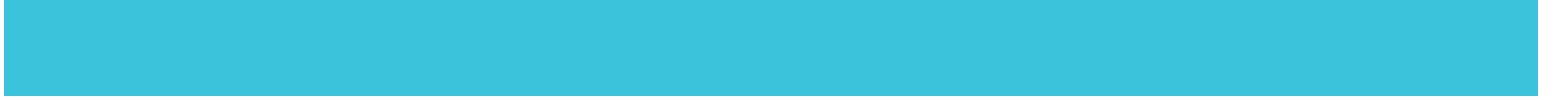
Yarı geçirgen membranlardan oluşan hemokonsantratör sistemleri suyun ve elektrolitlerin KPB sisteminden uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Hemokonsantratör, arteriyel ya da venöz hatlara veya bu sistemdeki bir rezervuara bağlanabilmektedir. Arteriyel hat dışındaki yerlere bağlandığında yeterli basıncı sağlamak için roller bir pompanın kullanılması gerekebilir.

KPB sırasında kullanılan güvenlik kitleri



KPB sırasında en sık kullanılan güvenlik aparatları
venöz rezervuar seviye sensörü,
arter basınç hattı manometresi,
makrobubble dedektör,
arteriyel hat filtresi
ve arter ve venöz hatlardan saturasyon tayini yapabilen sensörler
olarak sınıflandırılabilir.

KPB Sisteminin Hazırlanması



KPB sisteminin kalp cerrahisi için hazır hale getirilmesinden perfüzyonist ekibi sorumludur. Bu sistemde kullanılan tubing seti, oksijenatör ve diğer ekipmanlar steril, tek kullanımlık paketler halinde bulundurulur.



Genellikle KPB sisteminin kurulması 10-15 dakikalık bir zaman alır ve kapalı sistem prime yapılmazsa yaklaşık 7 gün muhafaza edilebilir. Sistemin tamamının sıvı ile doldurulması ve hava partiküllerinden tamamen temizlenmesi işlemlerine sırasıyla “priming” ve “deairing” denir ve yaklaşık olarak 15 dakikada yapılabilir.



Sistem prime edildikten sonra 8 saat içerisinde mutlaka kullanılmalıdır. Yetişkin hastalarda prime için yaklaşık olarak 1.5-2 litre dengeli elektrolit solüsyonuna ihtiyaç vardır (laktatlı ringer ya da plasmalyte). Prime solüsyonu hastanın total kan volümünün yaklaşık olarak 1/3'ü kadardır.



Kullanılan prime solüsyonu nedeniyle KPB sonrası hastanın hematokrit değeri bypass öncesine göre 1/3 oranında azalır.

Dolayısıyla, preoperatif hematokrit değeri düşük olan hastalarda prime solüsyonuna kan eklenmesi KPB sırasında yaşanabilecek ciddi hematokrit düşüklüğünün engellenmesinde önemlidir.



Yetişkin hastalarda hemodilüsyonunun kan volümü üzerindeki etkisi %30 iken pediyatrik hastalarda bu etki %200-300 düzeylerindedir. KPB sırasında hedeflenen hematokrit değeriine göre aşağıda belirtilen formül ile prime solüsyonundaki kristalloid solüsyon ve kan miktarı belirlenmelidir.



$S = (VA \times KV) \times (\text{Hastanın Hematokriti} / \text{İstenen He-matokrit}) - (VA \times KV)$
(S: Prime solüsyonunda kullanılacak dengeli elektrolit miktarı, VA: Vücut ağırlığı (kg), KV: Total vücut kan volümü (ml))

Tablo 2: Pediyatrik hastalarda vücut ağırlığı ile total kan hacmi arasındaki ilişki

<i>Ağırlık (kg)</i>	<i>Total kan hacmi (ml/kg)</i>
<i><10</i>	<i>85</i>
<i>11-20</i>	<i>80</i>
<i>21-30</i>	<i>75</i>
<i>31-40</i>	<i>70</i>
<i>>41</i>	<i>65</i>



Genellikle sisteme verilen her bir ünite eritrosit süspansiyonu için 1500-2000 ünite heparin eklenerek KPB sistemi içerisindeki kana bağlı gelişebilecek trombotik komplikasyonlar engellenmeye çalışılır. KPB sırasında ideal hematokrit konusunda ortak bir konsensus oluşturulamamış olup genellikle %18-25 olarak belirtilmektedir ve %18 gibi düşük değerler ancak orta ya da derin hipotermi durumlarında kabul edilebilmektedir.



Hemodilüsyonla kan viskozitesinin azalması mikrosirkülasyondaki akımın düzelmesini sağlar. KPB sırasındaki hemodilüsyonal anemi derinliğinin klinik sonuçları çeşitli çalışmalarda sorgulanmış ve çoğunda yetişkin hastalarda aneminin derinliği ile peroperatif istenmeyen sonuçlar arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir.



Bazı çalışmalarda, KPB sırasındaki hematokrit seviyeleri ile intraaortik balon pompası ihtiyacı ve hastane mortalitesinin ilişkili olduğunu ,KPB sırasında hematokrit seviyesi azaldıkça operasyona bağlı erken ve geç mortalite ile beraber kaynak kullanımının arttığını gösterilmiştir. Bu çalışmalarda KPB sırasında hematokrit değerinin özellikle %22'nin altına düşmesinin artmış peroperatif mortalite ve morbidite açısından önemli olduğu vurgulanmıştır.



Yine benzer çalışmalarda KPB sırasında düşük hematokrit ile postoperatif inme, renal disfonksiyon ve artmış transfüzyon ihtiyacı arasında bağlantı gösterilmiştir.



Hemodilüsyonun bahsedilen zararlı etkilerini engellemek amacıyla kan ve kan ürünlerinin transfüzyonu transfüzyona bağlı bilinen risklerin dışında peroperatif enflamasyon şiddetinin artması, artmış postoperatif pnömoni ve hastane kalış süresine sebep olmaktadır.

Ayrıca allojenik kan transfüzyonu kalp cerrahisi sonrası erken ve geç mortaliteyi de arttırmaktadır.



Prime solüsyonu, hemodilüsyonal anemiye sebep olarak kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Bu nedenle, KPB sırasında periferik dokularda oksijen sunumunu optimize etmek için hasta hematokrit değeri yakından izlenmelidir.

Priming için alternatif olarak allojenik banka kanı ya da otolog kan kullanılabilir. Allojenik kan kullanımı genellikle transfüzyona bağlı bilinen risklerden dolayı pek tercih edilmemektedir.



Otolog kan kullanımı, KPB sisteminin hastanın kendi kanı ile prime edilmesi ile yapılır.

Bu işlem, KPB için arteriyel ve venöz kanülasyon yapıldıktan ve uygun antikoagülasyon sağlandıktan hemen sonra ya venöz kanülden (retrograd otolog prime) ya da arteriyel kanülden (antegrad otolog prime) yapılabilir.



Prime solüsyonunda albumin ve hetastarch gibi kolloidlerin kullanılması konusunda ortak bir fikir birliği oluşturulamamıştır. Teorik olarak, kolloidler plazma onkotik basıncın hemodilüsyona bağlı azalmasını engellemekte ve böylece KPB'ye bağlı gelişen kapiller kaçak sendromunu engellemektedir.



Özellikle yenidoğan ve süt çocuğu döneminde prime solüsyonuna eklenen albumin ve nişasta gibi kolloidlerin KPB'ye bağlı enflamatuvar yanıt, renal ve miyokard hasarını azalttığı bildirilmiştir.

Ayrıca kullanılan kolloid solüsyonlarına bağlı ortaya çıkabilecek kanama komplikasyonu da göz ardı edilmemelidir.

Rutin bir uygulama olmamakla beraber KPB sistemine değişik oranlarda (25-50 gr) mannitol eklenerek operasyon sırasında yeterli diürez sağlanması hedeflenir.



İstenilen Htc = Hastanın RBC volümü + Prime RBC volümü /Total kan volümü + Prime volümü

Hastanın RBC (red blood cell) volümü = Total kan volümü x Hastanın Htc

Prime RBC volümü = Prime volümü x Prime Htc

Total kan volümü= Kg x kan volümü



Örnek : Hasta 10 kg. ve Htc: 30 Hastanın pompadaki Htc seviyesinin 25 olması isteniyor. Kullanılacak olan oksijenatör ve tubing set için toplam prime volüm: 400 cc. Hastanın total kan volümü: $85 \times 10 = 850$ cc. Hastanın RBC volümü: $0,30 \times 850 = 255$ cc.

Formül: $0,25 = 255 + \text{PRBC} / 850 + 400$

$0,25 = 255 + \text{PRBC} / 1250$

$0,25 \times 1250 = 255 + \text{PRBC}$

$312,5 = 255 + \text{PRBC}$

$57,5 = \text{PRBC}$



Formüle göre PRBC (prime volüm RBC miktarı 57,5 cc. dir. Bu RBC miktarı, Htc seviyesi yaklaşık % 70 olan bir eritrosit süspansiyonu (ES) kullanılarak karşılanacak ise, Alınacak ES miktarı = $57,5 / 0,7 = 82$ cc. dir.

KPB'nin Başlatılması



KPB'nin başlatılması anesteziyolog, cerrah ve perfüzyonistin ortak kararı ve fikir birliği ile olur. Bypass başladıktan hemen sonra venöz direnaj ve arteriyel basıncın yeterliliği kontrol edilmeli, uygun oksijen saturasyonu sağlanmalıdır. Bu parametreler uygunsa KPB başladıktan 2-3 dakika sonra akciğerler ventilatörden ayrılmalı ve sistemik soğutma işlemi başlatılmalıdır.



Aortaya kros klemp uygulamasından hemen sonra kardiyopleji verilerek diyastolik arest sağlanmalıdır. Kardiyopleji solüsyonları içeriklerine göre kan, kan + kristalloid (3:1 ya da 4:1 oranında karışım) ve kristalloid olmak üzere üç gruba ayrılır. Rutin uygulama da kalbin durdurulması amacıyla (kardiyopleji indüksiyonu) 20-30 ml/kg antegrad kardiyopleji verilir.

KPB Sırasında Akım



KPB sırasında, tüm organlarda optimal perfüzyonun sağlanması esastır. Genel olarak normotermik şartlarda istenen KPB akımı yenidoğanda 120-200 ml/kg/dakika, infantta (10 kg'a kadar) 100-150 ml/kg/dakika, çocuklarda 80-120 ml/kg/dakika ve yetişkin hastalarda ortalama 2.4 L/m²/dakika olmalıdır.



KPB sırasında başta beyin olmak üzere organ perfüzyonu için yeterli olan akım miktarının belirlenmesinde dikkate alınması gereken noktalar;

- 1. Vücut yüzey alanı**
- 2. Hipotermi derinliği**
- 3. Asit-baz dengesi**
- 4. Tüm vücut oksijen tüketimi**
- 5. Nöromusküler blokajın derecesi**
- 6. Kandaki oksijen miktarı**
- 7. Anestezi derinliği**
- 8. Organların iskemiye karşı toleransı olarak sıralanabilir.**



KPB sırasındaki organ perfüzyonunun optimal olduğunu gösteren en önemli parametrelerden biri **oksijen sunumudur (DO2)**. DO2 aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

DO2 = pompa akımı X (hemoglobin konsantrasyonu X hemoglobin saturasyonu X 1.36) X (0.003 X arteriyel oksijen basıncı)



Formülden de anlaşıldığı gibi dokulara oksijen sunumunu etkileyen en önemli faktörler pompa akımı, hematokrit düzeyi ve oksijen satürasyonudur.

DO₂'nin normal değeri 350-450 mL/dak/m²'dir. KPB'ye bağlı gelişen hemodilüsyon kan viskozitesini azaltmakta ve kanın oksijen miktarı yaklaşık olarak 20 ml/dL'den 12 ml/dL'ye düşmektedir.



Maksimum oksijen ekstraksiyonuna ulaşıldıktan sonra akımda meydana gelen azalma VO_2 'nin azalmasına sebep olur ve laktik asidoz başlar. Bu dönem ise “akıma bağımlı oksijen tüketimi” olarak isimlendirilir.



KPB sırasında kritik DO2 değeri ile ilgili çalışmaların sonuçları yeterince kabul görmemiştir. KPB sırasında DO2 değerini optimize etmek için inspire edilen oksijen düzeyinin (FiO2) %100 yapılması ve allojenik eritrosit süspansiyonu verilmesi rakamsal olarak DO2 değerini arttırsa da doku seviyesindeki etkisi gösterilememiştir.



Değişen pompa akımının organlardaki DO2 değerlerine etkisini araştıran bir çalışmada, normotermik perfüzyon sırasında akımın 2.3'den 1.4 lt/dak/m²'ye düşmesinin beyin DO2 değerini etkilemediğini ancak böbrek, pankreas ve iskelet kası DO2 değerlerinde önemli azalmalara sebep olduğunu göstermiştir.

Bu bulgu, DO2 için hiyerarşik sıralamada beyin dokusunun birinci sırada olduğunu göstermektedir.



Hipotermi, KPB sırasında sık kullanılan bir uygulamadır. Genellikle sistemik sıcaklıkta her 10°C'lik azalma oksijen tüketiminde %50 oranında bir azalmaya sebep olur.

KPB sırasındaki sistemik hipotermi böylece oksijen tüketimini (VO₂) azaltmakta ve perfüzyon güvenliğini arttırmaktadır.



Sistemik sıcaklığın 37°C'den 17°C'ye düşmesi ile VO₂ değeri %80-85 azalmaktadır.

Sistemik sıcaklık 30°C iken güvenli akım 1.8 L/dak/m² iken 18°C'de 1.0 L/dak/m² olarak belirtilmektedir.

KPB sırasında hafif (30-35°C), orta (25-30°C) veya derin hipotermi (12-25°C) uygulanabilir.

<i>Hipotermi (°C)</i>	<i>İstenen Htc (%)</i>	<i>Akım (L/dak/m²)</i>
32-36	30-32	2.4-2.6
28-31	25-28	1.8-2.2
24-27	22-25	1.6-2.0
17-23	20-22	1.4-1.8



KPB sırasındaki yetersiz akım en erken beyin dokusunu etkiler. Bir çalışma hipotermik KPB'nin serebral akım-basınç oto-regülasyonunu bozduğunu ve ısınma (rewarming) işleminin bu bozulmayı arttırdığını göstermiştir. Aynı çalışmada, soğuma ve ısınma sırasında oto-regülasyondaki bozulma ile postoperatif nörolojik olay arasında ilişki olduğu belirtilmiştir.



Serebral perfüzyon ortalama arter basıncı (OAB) 55-60 mmHg'nın üzerinde tutulduğu sürece KPB sırasındaki akım değişikliklerinden etkilenmez.

Bununla beraber, serebrovasküler hastalık varlığında, hipertansif ve yaşlı hastalarda serebral oto-regülasyon bozulmakta ve bu grup hastalarda KPB sırasında optimal beyin perfüzyonu için en az 70 mmHg OAB sağlanmalıdır.



KPB sırasında hipotansiyon ($OAB < 55-60$ mmHg) gelişmesi istenmeyen bir durumdur. Yenidoğan ve süt çocuğı için istenilen KPB perfüzyon basıncı 20-50 mmHg iken yetişkin hastalarda bu değeri 55-80 mmHg arasındadır.



**KPB sırasında ortalama arteriyel basıncın tutturulamaması
uygunsuz basınç ölçümü,
pompa akımının az olmasına,
KPB'ye bağlı gelişebilecek sistemik vazodilatasyona
ve aort kanülasyonunun bir komplikasyonu olan
aort diseksiyonuna
sekonder gelişebilir.**



KPB sırasındaki ideal hematokrit ve sıcaklık konusunda kesin bir görüş bulunmamaktadır.

KPB sırasında hematokritin düşük tutulması (%18-22) kan viskozitesinin ve kanın oksijen taşıma kapasitesinin azalmasına sebep olduğundan düşük hematokritin olumsuz etkilerini azaltmak için genellikle değişik

derecelerde hipotermi uygulanması gereklidir.



KPB sırasında yüksek hematokrit (%26-28) özellikle sistemik hipotermi uygulanmayan hastalarda ve konjenital kalp cerrahisinde nörolojik hasarı engellemede önemlidir.



KPB sırasında olması gereken ideal sıcaklık hala tartışmalıdır. Sistemik hipotermi beyin başta olmak üzere tüm organların iskemiye toleransını arttırmakta, bypass sırasındaki düşük akım ve hematokrit değerlerinin tolere edilmesini sağlamaktadır.



Buna karşın sistemik hipotermi enzimatik fonksiyonları olumsuz etkilemekte, trombosit fonksiyon bozukluğuna ve kanamaya sebep olmakta ve sistemik vasküler rezistansı arttırmaktadır.

Bunlara ek olarak hipotermiye bağlı gelişen nörokognitif bozukluklar ve ısınma sırasında gelişebilecek serebral hipertermi operasyona bağlı morbidite ve mortalitenin artmasına sebep olmaktadır.



Güvenli perfüzyon ve miyokard koruması için pediyatrik ve yetişkin hastalar arasında kardiyak ve sistemik dolaşımla ilgili anatomik ve fizyolojik farklılıkların bilinmesi gereklidir. Bu farklılıklar:

1. Pediyatrik hastalarda vücut ağırlığı/yüzey alanı (BSA) oranı daha yüksek olduğundan hemodilüsyonun hematokrit üzerindeki etkisi yetişkin hastalara oranla daha önemlidir.



2. Yenidoğanlarda ve infantlarda serebral vasküler oto-regülasyon gelişmemiştir.

KPB sırasında hızlı soğuma veya ısınmaya bağlı serebral hasar riski daha fazla olduğundan soğuma ve ısınma sürelerinin hızlı olmaması, en az 20-25 dakikada yapılması önemlidir.



3. Çocuklarda yetişkin hastalara kıyasla kardiyak indeks yaklaşık %25 oranında daha yüksektir.

4. Siyanotik konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda aortopulmoner ve bronşiyal kolleterallerin varlığı bu hastalarda hem aortik kros klemp sırasında miyokard korumasını olumsuz yönde etkileyebilir hem de sistemik akımdan çalarak hipoperfüzyon yapabilir.



5. Yapısal olarak yenidoğan kalbinde miyofibriller düzensiz ve daha az kontraktıl eleman içermek-tedir. Organeller ve kontraksiyon için gerekli enzim sistemleri de tam olarak gelişmemiştir. Miyositler yuvarlaktır. Organeller ortada toplanmıştır. Gelişimle beraber organeller perifere kayar ve kontraktıl elemanlar daha aktif hale gelir.



6. Yenidoğan döneminde her iki ventrikölün boyutları birbirine eşit ve kompliansları düşüktür. Bir ventrikölün fonksiyonlarının bozulması süratle diğer ventrikölü de etkiler. Atım hacminin göreceli olarak sabit oluşu ve ventriköl kompliansının düşük olması nedeniyle yeterli kalp debisi için kalp hızı ve sinüs ritmi önemlidir.



**Afterload veya preload değişikliklerinden çabuk etkilenir.
Özelikle yenidoğan ve erken süt çocukluğu döneminde miyokard
kontraktilitesi sınırlıdır ve katekolaminlere yanıtı azalmıştır. Frank starling
cevabı sınırlıdır.
T tubülleri iyi gelişmemiştir ve kontraksiyon için gerekli olan kalsiyum,
sınırlı miktarda depolanabilir.**



7. Kalbin otonomi inervasyonu tamamlanmamıştır. Sempatik sistem tam olarak gelişmemişken parasempatik sistem yetişkindeki gibidir.



8. Doğumdan hemen sonra pulmoner vasküler rezistans yüksektir. 4-6 hafta içerisinde hızla düşer. Yetişkin değerlere ulaşması 4 yılı bulur. Pulmoner kan akımını arttıran hastalıklar pulmoner sistemin gelişimini engeller. Sağlıklı çocuklarda bile doğumdan sonra ilk 1-2 ay pulmoner yatak çok labildir. Doğumsal kalp hastalıklarında özellikle soldan sağa şant yapan ve pulmoner basıncı arttıran patolojilerde pulmoner **hipertansif kriz riski yüksektir.**



9. Erişkinlerde miyokard metabolizması için esas enerji kaynağı serbest yağ asitleri ve palmitattır ve 129 mol adenosin trifosfat (ATP) açığa çıkar. Yenidoğan kalbinde ise glukoz kullanılır ve 1 mol ATP açığa çıkar. Yağların kullanılamamasının sebebi mitokondri içerisinde yeteri miktarda asetil CoA enziminin olmamasıdır.



10. Yenidoğanlarda kalp glikojen depoları yüksektir. Yağ metabolizması artıkça glikojen depoları azalır. Dolayısıyla iskemi sırasında süratle aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş sağlanır. Bu da yenidoğan kalbinin iskemiye karşı olan direncini artırır.

Pulsatil ve pulsatil olmayan KPB



KPB sırasındaki tartışmalı konulardan biri de pulsatil perfüzyondur. Çeşitli çalışmalarda, hem erişkin hem de pediyatrik hastalarda pulsatile perfüzyonunun beyin başta olmak üzere vital organlara kan akımını arttırdığı, KPB'ye bağlı gelişen sistemik enflamatuvar yanıtı ve buna bağlı mortaliteyi azalttığı iddia edilse de rutin klinik uygulamaya girmemiştir.



Özellikle, pediyatrik hastalarda arteriyel kanül boyutlarının küçülmesi ve pompanın oluşturduğu pulsatil akımın önemli bir oranının kanül ucunda kaybolup arteriyollere ulaşmaması, enflamatuvar yanıt ve perfüzyon üzerinde iddia edilen olumlu etkilerinin olmaması, bu yöntemin eleştirildiği noktalardır.

pH Yönetimi



Hipotermik KPB sırasında pH/PCO₂ yönetimi için iki farklı politika vardır: pH-stat ve alfa-stat.

Derin hipotermi ve total sirkülatuvar arrestin sık uygulandığı neonatal ve infant kalp cerrahisi vakalarında pH-stat yönetimi daha iyi bir nörolojik koruma sağlarken yetişkin kalp cerrahisinde genellikle alfa-stat tercih edilmektedir.



pH-stat yönetiminde tüm vücut sıcaklıklarında kan pH değeri 7.40 civarında tutulmaya çalışılır ve bu değeri sağlamak için sisteme sürekli CO₂ eklenir. Parsiyel CO₂ basıncının artması serebral vasküler yapılarda vazodilatasyon yaparak serebral perfüzyonu arttırır.



Alfa-stat yönetiminde sistemik soğuma ile beraber CO₂'in kandaki çözünürlüğü artmaya başlar ve respiratuvar alkaloz gelişir. Hipotermi derecesine göre ortaya çıkan alkaloz normal kabul edilir.



pH-stat yönetiminde hasta soğutuldukça sisteme CO₂ eklenmesi ile kan CO₂ düzeyi artar ve artmış CO₂ serebral vazodilatasyon yaparak serebral kan akımını arttırır. Alfa-stat yönetiminde ise serebral kan akımı sistemik soğutma sonucunda azalan serebral metabolizma ile beraber azalma gösterir.



Pediyatrik hastalarda KPB ilişkili minör ve majör nörolojik olaylarda en önemli etken hipoperfüzyon olduğundan hipotermik KPB sırasında serebral kan akımını arttıran pH-stat yönetimi izlenir.

Yetişkin kalp cerrahisinde ise peroperatif nörolojik sorunlardan daha çok embolik olaylar sorumlu tutulduğundan alfa-stat yönetimi tercih edilir.

ACİLLER



Masif hava embolisi:

- 1. KPB sırasında sistemik dolaşıma hava girmesi katastrofik bir komplikasyon yaratır. Dolaşıma hava geçişi arteryel, venöz, kardiyopleji veya intrakardiyak suction line' ları yolu ile olabilir.**
- 2. Masif hava embolisi fark edilir fark edilmez KPB acilen durdurulur.**

- 
- 2. Hasta trendelenburg pozisyonuna alınır. KPB line' larındaki hava hızla çıkarıldıktan sonra, KPB yeniden başlatılır.**
 - 3. Bu esnada hastaya serebral koruma amaçlı steroid ve barbiturat verilir. Baş çevresine buz torbaları konur.**
 - 4. Hasta derin hipotermiye (20 – 22 °C) kadar soğutulur.**
 - 5. Bu esnada ascendan aortadan kardiyopleji kanülü ile suction yapılır.**

- 
- 3. Hasta trendelenburg pozisyonuna alınır. KPB line' larındaki hava hızla çıkarıldıktan sonra, KPB yeniden başlatılır.**
 - 4. Bu esnada hastaya serebral koruma amaçlı steroid ve barbiturat verilir. Baş çevresine buz torbaları konur.**
 - 5. Hasta derin hipotermiye (20 – 22 °C) kadar soğutulur.**
 - 6. Bu esnada ascendan aortadan kardiyopleji kanülü ile suction yapılır.**

- 
- 7. Serebral vaskülatürden havanın çıkarıldığından emin olunduktan sonra, antegrad perfüzyon tekrar başlatılır ve hasta ısıtmaya başlanır.**
 - 8. Ameliyat sonunda ısıtma 34 – 35 °C seviyesinde durdurulurak KPB sonlandırılır. Hasta hipotermik olarak yoğun bakıma alınır.**



9-Her türlü girişime rağmen masif hava embolisi çok yüksek mortalite ve morbidite sebebidir. Masif hava embolisinin en önemli sebepleri, teknik sebeplerin yanı sıra, venöz dönüşün bozularak rezervuar seviyesinin kritik seviyeye düşmesi ve suction line' larından ters akım ile hava gönderilmesidir. Bu nedenle, bu komplikasyonun oluşmaması için, her türlü tedbir önceden alınmalıdır.



oksijenatör arızası

KPB sırasında meydana gelen oksijenatör arızası önemli bir sorundur. Bu durumda oksijenatörün değiştirilmesi gerekmektedir ve zaman çok kısıtlıdır.

KPB sırasında ortaya çıkan oksijenatör arızaları, KPB'nin durdurulması ve hastanın bir süre sirkulatuar arrestte kalması gerektiğinden, kalıcı hasar yada ölümlerle sonuçlanabilir.



Oksijenatör arızasının en yaygın nedeni oksijenatörde oluşan anormal basınç gradientidir. Ancak oksijenatör kaçağı gibi mekanik arızalarda da oksijenatör değişimi gerekebilir.



Patolojik trombosit-fibrin trombüs oluşumu oksijenatör içindeki basınç artışının en yaygın nedenidir.
Trombüs oluşumu yeterli antikoagulasyona rağmen meydana gelebilir ve
ensık KPB'ın başlangıcında görülür.



Soğuma aşamasında ısı değiştirici ile hasta arasındaki ısı farkı 10 C'nin üzerinde olduğunda, protein S ve antitrombin III eksikliğinde oksijenatörde anormal basınç gradienti daha sık ortaya çıkmaktadır. Heparin kaplı oksijenatör ve hatlar kullanıldığında bu durum daha az görülür.



Protamin yapıldıktan sonra tekrar KPB'ya girilmesi gerektiğinde heparin yapılmasına rağmen dolaşımdaki protamin heparini nötralize ederek yetersiz antikoagülasyona neden olabilir.

Sonuçta oksijenatörde trombüs oluşabilir. Protamin başladıktan sonra pompa ventleri ile perikardiyal kan aspirasyonunun devam etmesi oksijenatör ve hatlarda trombüs oluşmasının diğer bir nedenidir.



Elektirik kesintisi

KPB sırasında elektirik arızaları ender görülmesine rağmen yaşamı tehdit eden bir durumdur. Günümüzde elektrik kesintilerine karşı ameliyat salonlarının çoğu merkezi jeneratör, kesintisiz güç kaynakları ve şarj edilebilen cihazlarla donatılmıştır. Ancak buna rağmen yaklaşık her 1000 açık kalp cerrahisinde 1 hastada elektrik arızasına bağlı sorunla karşılaşılabilir.



Bunun için kalp akciğer makinesinin pillerinin durumu belli aralıklarla kontrol edilmelidir.Yedek ışık kaynağı bulundurulmalıdır.Kalp akciğer makinesinin elle çevrilmesi durumunda hava embolisini önlemek için perfüzyonistin hatların dönüş yönüne çok dikkat etmesi gerekir.



Haftalık Öğrenim Kazanımları

KPB'ın temel öğelerini öğrendik



Uygulama Zamanı



Haftanın Özeti



Soru ve Öneriler



Önerilen Haftalık Çalışmalar



Başvurulan Kaynaklar



Bir Sonraki Ders Hakkında

Katılımınız İçin

Teşekkür Ederiz.

