



Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi

www.gelisim.edu.tr

[f](#) gelisimedu [@](#) igugelisim

Bölüm
Adı

Perfüzyon(lisans)

Dersin
Adı

KARDİYAK ANESTEZİ 2

Dersin Haftası: **3. Hafta**

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

E-Posta: arcenal@gelisim.edu.tr

Telefon: **05325700196**

Geçen Ders Hakkında

Ders Bilgileri

Ders Günü
ve Saati

1 mart 2022 Salı saat 15.40

Dersin
Kredisi

GBS
Linki

Görüşme
Gün ve Saatleri

Dersin Öğretim
Üyesinin Konumu

Kalp Cerrahisinde Sıvı Elektrolit Tedavisi

Vücut sıvı kompartmanları

Hücre içi sıvı:

(İntrasellüler sıvı) Total vücut sıvılarının **2/3** ünü oluşturur.

Temel elektrolitleri:

Potasyum

Fosfat

Magnezyum

Hücre dışı sıvı:

(Ekstrasellüler sıvı) Total vücut sıvılarının **1/3** ünü oluşturur.

Temel elektrolitleri:

Sodyum

Klor

Ekstrasellüler sıvı kompartmanı

Intravasküler alan veya Plazma :

Ekstrasellüler alanın $\frac{1}{4}$ ünü oluşturur.

Osmotik basınç sağlayan elemanı : **Sodyum** ve Kan Proteinleri özellikle **Albümin** dir.

İnterstisyel alan:

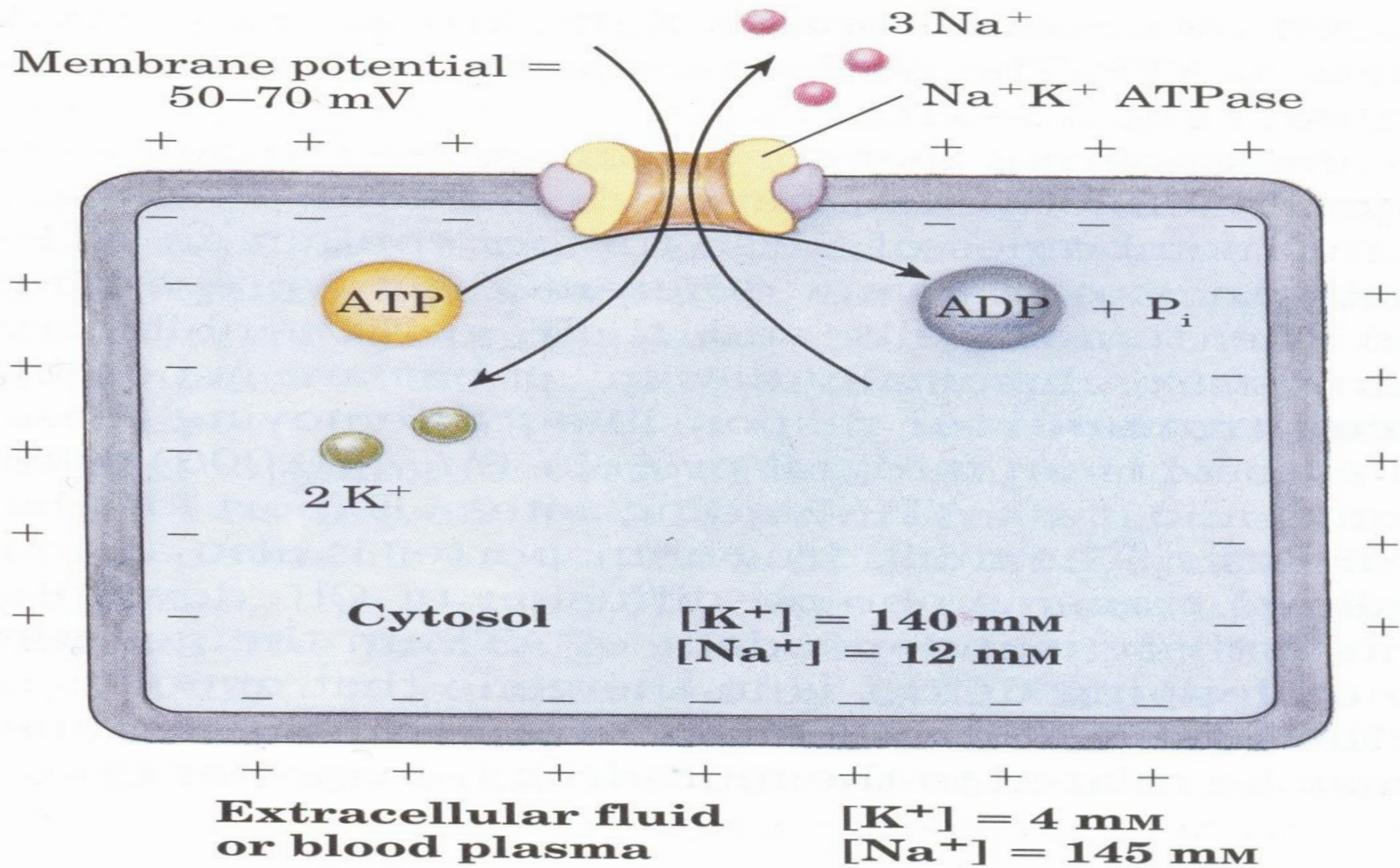
Ekstrasellüler alanın $\frac{3}{4}$ ünü oluşturur.

Osmotik basınç sağlayan elemanları: **hücre zarlarını geçemeyen** çeşitli maddelerdir.

İntrasellüler sıvı

- **Hücre zarı**, hücre içi sıvının hacmi ve bileşimi konusunda belirleyici aktiviteye sahiptir.
- Hücre zarında bulunan **Na - K ATP ase enzimi** sayesinde hücre içi ve dışı arasında **3:2 oranında Na : K değişimi** olur.
- **Proteinler hücre zarını geçemezler** ve ortamda osmotik basınç oluştururlar.
- **Na - K ATP ase** enziminin Na ve K üzerindeki bu kritik etkisi hücre içinin **hiperosmolaritesine engel** olur.
- **İskemi, hipoksi sepsis gibi** durumlarda hücreler seçici geçirgenliklerini kaybederek şişer.

Membrane potential =
50–70 mV



Starling güçleri

Kompartmanlar arasındaki **sıvı ve madde alış-verişini** etkileyen kuvvetler:

- **Kapiller basınç**
- **İnterstisyel sıvı basıncı**
- **İnterstisyel sıvı kolloid osmotik basıncı**
- **Plazma kolloid osmotik basıncı**

Tanımlar I

- **Mol:** Bir elementin 6.02×10^{23} adet molekülüne verilen addır.
- **Moleküler ağırlık:** Bir mol ün gram olarak ağırlığıdır.
- **Molarite :** Bir Elementin **bir litre** sıvıda bulunan Mol sayısıdır. Buna standart SI ünitesi de denir.
- **Molalite:** Bir Elementin **bir kilogram** sıvıda bulunan Mol sayısıdır
- **Ekivalan:** sıvıda iyonize olan maddeler için kullanılır. **Bir litre** sıvıdaki eriyen maddenin **mol sayısının değerlik** ile çarpımıdır.

- **Osmoz:** Suyun, yarı geçirgen zarlardan, zarın her iki tarafında bulunan ve zardan geçemeyen **maddelerin konsantrasyon farkına bağlı olarak geçiş** yapmasıdır.
- **Osmotik basınç:** bir solusyondaki zardan geçemeyen maddelerin kitlelerinden bağımsız olarak toplam molekül sayısıdır.
- **Osmol:** bir solusyondaki bir mol dissosiyeye olamayan maddenin yarattığı basınç
- **Osmolarite:** Bir litre sıvıdaki osmol sayısıdır.
- **Osmalalite :** Bir kilo sıvıdaki osmol sayısıdır.

Diffüzyon: Kompartmanlar arası geçiş

intraselüler sıvı ile interstisyel sıvı arası geçiş:

Her iki taraftaki diffüzyon yapamayan maddelerin oluşturduğu osmotik basınç farkına bağlı olarak su ,hipoosmolar alandan,hiperosmolar alana geçer.

Hücre membranının çift lipit tabakasından **direkt geçiş. (Oksijen,CO₂,su,lipitte eriyen maddeler.)**

Hücre membranı üzerinde bulunan **protein kanallarından** geçiş. (sodyum,potasyum,kalsiyum)

Kolaylaştırılmış diffüzyon: zarın her iki yönünde **taşıyıcı proteinler yardımı ile maddelerin** geçişi.(glukoz ve aminoasitler)

Tonus nedir?

Bir solusyonun vücuttaki bir **hücrenin hacmine** yaptığı etkidir.

- **İzotonik** solüsyon : **Hücre hacmi üzerinde etkisi olmayan** solüsyonlardır.
- **Hipotonik** solüsyon : **Hücre hacmini arttıran** solüsyonlardır.
- **Hipertonik** solüsyon: **Hücre hacmini azaltan** solüsyonlardır.

Ekstrasellüler sıvı

Temel fonksiyonu:

-hücreleri beslemek

-Hücre metabolizması sonucu oluşan atıkları uzaklaştırmak.

Ekstrasellüler sıvı miktarının muhafaza edilmesi **hayati fonksiyonların sürdürülebilmesi için kritik önemdedir.**

Ekstrasellüler sıvının **en önemli katyonu olan sodyum** bu sebeple yakından takip edilmelidir.

Intravasküler(plazma) ve intersitisyel(damar dışı hücreler arası) olarak ikiye ayrılır.

İnterstisyel sıvı(damar dışı hücreler arası sıvı)

İnterstisyel sıvının büyük kısmı hücre dışı **bağ dokusunun jel kıvamındaki proteoglikanlarında bağlı** olarak, **çok az kısmı da serbest sıvı** halindedir.

70 kg.lık bir yetişkinde yaklaşık olarak 10,5 litre dir. Vücut ağırlığının %15 i ve total vücut suyunun %25 ini oluşturur.

İnterstisyel sıvının basıncı genelde -5 mmHg olarak düşünülür.
Basınç artışı klinikte ödem olarak karşımıza çıkar.

Plazma proteinleri kapillerlerden minimal olarak interstisyel aralığa geçebilir. Lenfatik akım ile tekrar vasküler alana geri dönebilir.

Normalde interstisyel alanın protein içeriği 2gr /dL .

İntravasküler sıvı

Vasküler endotel ile kaplı alanda bulunan sıvı genelde **plazma** adı ile anılır.

Çoğu elektrolitler serbestçe plazma ve interstisyel alan arasında geçiş yapabilmesine rağmen plazma proteinleri özellikle de albümin geçişi engellenir.

İntravasküler alanda sıvı artışı olunca sıvı interstisyel alana geçer. İnterstisyel alan intravasküler alanın fazla sıvısını biriktirdiği deposu gibidir.Klinikte görülen doku **ödemidir.**

Kapiller sıvı geçişi

Arteriyel uç

kapiller hidrostatik basınç: **30 mmHg.**

30 mmHg.

interstisyel hidrostatik

basınç: **5mmHg**

interstisyel onkotik

basınç: **6mmHg.**

plazma onkotik basıncı:

28 mmHg.

NET: 13mmHg

Venöz uç

kapiller hidrostatik basınç: **10**

mmHg.

interstisyel hidrostatik basınç:

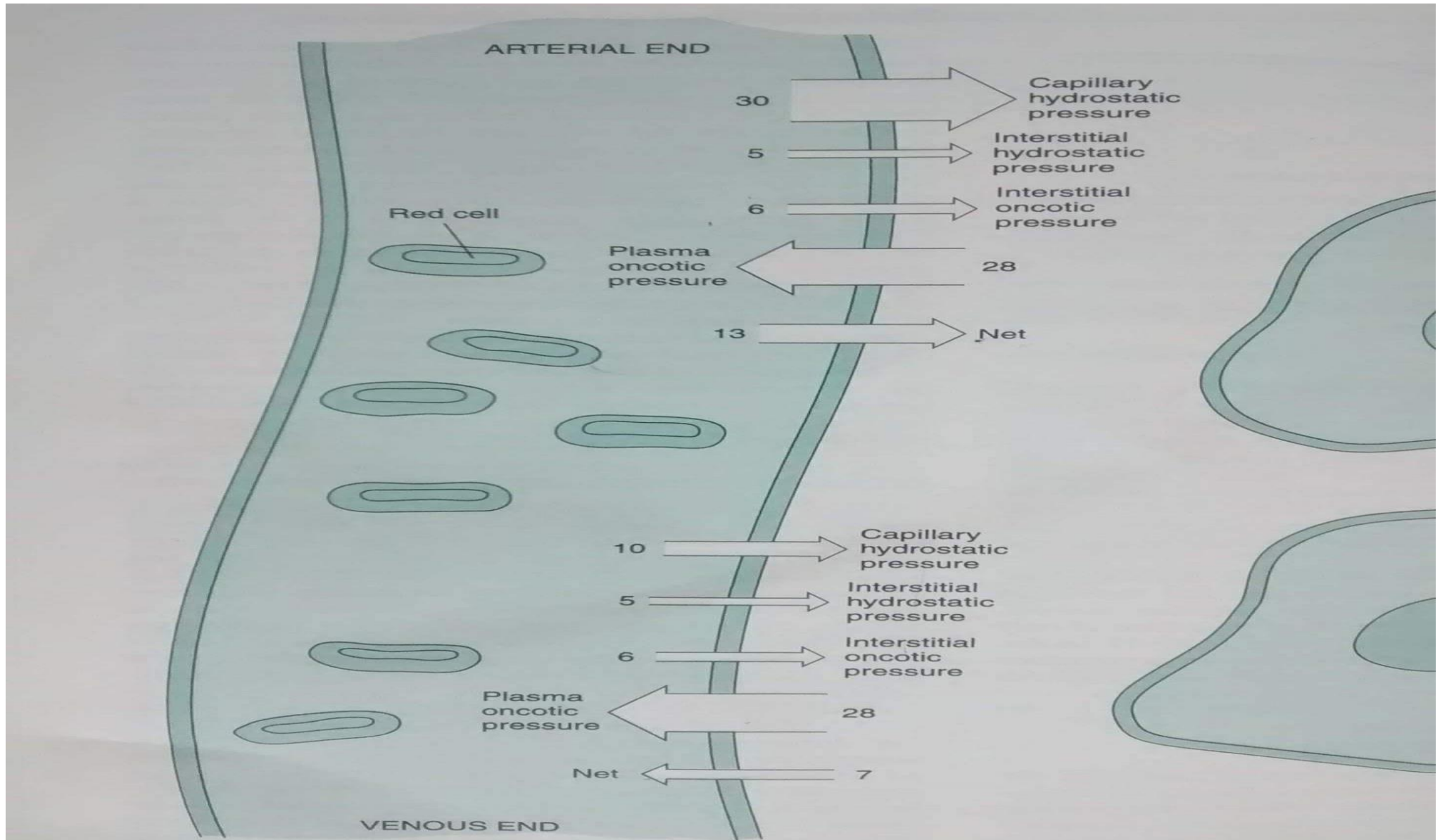
5mmHg

interstisyel onkotik basınç: **6mmHg.**

plazma onkotik basıncı: **28**

mmHg.

NET: 7mmHg



SU DENGESİ

- Normal yetişkin günlük sıvı alımı 2500 mL.
- Bu miktarın 300mL si metabolizma sonucu oluşan yan ürün olarak vücutta meydana gelir.
- Günlük sıvı kaybı 2500 mL.
- 1500mL. İdrar yolu ile
- 400mL.nefes yolu ile
- 400mL ciltten yolu ile
- 100mL. Ter yolu ile
- 100mL. Feçes yolu ile

Günümüzde cerrahi hastalarının perioperatif dönemde başarılı idaresinin, sıvı elektrolit dengesinin korunmasına bağlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kan, sıvı ve elektrolit değişikliklerinin doğru olarak değerlendirilmesi ve eksikliklerinin doğru olarak yerine konması çok önemlidir .

Ancak, cerrahi prosedürlerin neden olduğu bu akut sıvı değişikliğinin nedeni tam olarak bilinmediğinden gerekli önlemlerin alınması da güçleşmektedir.

Perioperatif dönemde gelişen bu hızlı sıvı-elektrolit değişikliklerinin **en önemli sonucu, böbrek yetmezliğidir.** Böbreklerin sodyum atılımındaki bu ani değişikliğin en önemli nedenlerinden birinin fonksiyonel **ekstraselüler sıvı volümündeki azalmanın** olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

Majör cerrahi operasyonların ilk 2 saati içinde fonksiyonel **izotonik ekstraselüler sıvının anlamlı bir kısmının, cerrahi kanamalardan bağımsız olarak, internal redistribüsyona bağlı azaldığı** (cerrahi alan bitişindeki bölgelerde ekstraselüler sıvı volümünün azaldığının, cerrahi alandan uzak örneğin splanknik bölgedeki ekstraselüler ve intraselüler sodyum retansiyonunun artığının, S3504 ile yapılan çalışmalarla) gösterilmiştir .

Fonksiyonel ekstraselülersıvı volümündeki azalmanın cerrahi travmanın büyüklüğü ile de korele olduğunun bilinmesi , **major cerrahi** hastalarının operasyonu sırasında cerrahi alandan anlamlı sıvı kayıpları olmasa da, bu hastaların **çok ciddi sıvı replasman tedavisine gereksinim duyabileceklerini** göstermektedir.

Kardiyak cerrahi hastalarında sıvı replasman tedavisinin daha da önemli ve zor olmasının **4 ana nedeni** vardır.

Birinci neden; volüm eksikliğinin kardiyak kompensasyonunun sınırlı olması ve bunun neticesinde **düşük kalp debisinin ve end organ hasarının oluşabilmesidir .**

İkinci neden ise KPB'ın birçok mediatörün salınımına neden olarak, **inflamatuvar olayın** başlamasını sağlayarak **endotelial bütünlüğün** bozulmasına, dolayısıyla **kapiller geçirgenliğin artmasına** neden olması ve bu değişikliklerin **intravasküler sıvının ekstrasvasküler alana geçişini kolaylaştırarak**, görünürde bir sıvı defisitinin olmamasına karşın, **intravasküler sıvı volümünün azalmasına (hipovolemi) neden** olmasındır.

Üçüncü neden ise; hastaların volüm durumunun değerlendirilmesinde kullanılan **basınç-volüm ilişkisinin kardiyak hastalarda azalmasına bağlı** olarak, rutinde kullanılan **santral venöz basınç (SVB) ve pulmoner kapiller uç basıncı (PkUB)** gibi parametrelerinin volüm durumunu yansıtmadaki duyarlılıklarının azalmasıdır .

Dördüncü neden; yukarıda bahsedilen nedenlere bağılı olarak, KPB'ın **endotel bütünlüğünü bozmasının**, replasman amaçlı seçilecek sıvının cinsinin belirlenmesindeki tartışmalara neden olmasındandır. Bu konudaki tek tartışma, **kolloid-kristaloid veya kolloidlerin kristaloidlere oranla daha avantajlı olduğu** değildir. Buradaki asıl sorun **hangi kolloid'in hangi hacimdeki miktarının hipovolemik hastaların tedavisinde en iyi olduğudur.**

Farmakokinetikleri ve farmakodinamikleri farklı olan sıvılar replasman amacı ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Kardiyak cerrahi hastalarında sıvı rejimi seçimi yapılırken sıvıların yalnızca **systemik hemodinamik etkileri değil** aynı zamanda **mikrosirkülasyon, pulmoner fonksiyonlar, eritrosit reolojisi ve koagülasyon sistemi üzerine olan etkileri de dikkate alınmalıdır.**

SIVI FİZYOLOJİSİ

Vücut ağırlığının (VA) yaklaşık % **60'**ı sıvıdır. **70 kg** ağırlığındaki bir insanın **42 litresi sudur.**

Intraselüler sıvı miktarı ise $VA \times \% 40$, yani **70 kg** ağırlığındaki birinin $70 \times \% 40 = \mathbf{28 \text{ litresi sudur}}$ (tüm sıvıların 2/3'ü).

Intraselüler alan ile ekstraselüler alan **hücre membranı** ile birbirinden ayrılmıştır. **Hücre membranı suya karşı geçirgen iken, birçok elektrolite karşı geçirgen değildir.**

Intraselüler volüm, hücre membranındaki **Na-K pompasının sodyumu dışarı, potasyumu içeri almasına bağlı olarak oluşur.** Bu sayede hücre içi ile hücre dışı arasında elektrolit farklılığı oluşmaktadır.

Kapiller membran ise ekstraselüler sıvıyı interstisyel sıvı(3/4) (VA x % 15) ve plazma (VA x % 5)(intravasküler sıvı.1/4) olmak üzere 2 bölüme ayırmaktadır.

Kapiller membranın porları protein dışındaki tüm ekstraselüler sıvıya oldukça geçirgendir.

Bu nedenle de **plazma ve interstisyel sıvının iyonik konsantrasyonu benzer fakat plazmanın protein içeriği daha fazladır.** Osmolariteye bakıldığında her 3 kompartmanın osmolaritesinin yaklaşık olarak **280 mOsm/l** olduğu görülür. Solüsyonların ozmotik basınçları, içerdikleri osmotik aktiviteye sahip parçacık sayısına bağlıdır.

Dolayısıyla **ozmolaritenin % 80'i interstisyel ve plazmada bulunan sodyum ve klor iyonları tarafından oluşturulmaktadır.**

İzotonik solüsyonların ozmolaritesi yaklaşık 280 mOsm/l olup, bu solüsyon içindeki hücrede şişme ve büzüşme olmaz. Eğer **solüsyonun ozmolaritesi <280 mOsm/l olursa hücrede şişme, Ozmolarite>280 mOsm/l olursa hücrede büzüşme olur.** İzotonik solüsyon intravenöz verildiğinde ekstraselüler sıvı alanlarına dağılımı hızlı olmaktadır.

Kapiller porlar sodyum ve kloro karşı yüksek oranda geçirgenken, hücre membranı ise bu iyonlara karşı geçirgen değildir, böylece tuz solüsyonu intraselüler alan dışında kalmaktadır.

Sağlıklı insanların dolaşımındaki sıvıların, kompartmanlar arasındaki geçişini belirleyen gücü **Frank-Starling yasası** ile açıklamaya çalıştığımızda, **basitçe hidrostatik basınç ile onkotik basınç farkı** olarak belirtebiliriz. Sıvı hareketini sağlayan güç= $K_f[(\text{kapiller hidrostatik basınç}-\text{intersitisyel hidrostatik basınç})]-\sigma[(\text{kapiller onkotik basınç}-\text{interstisyel onkotik basınç})]$.

Kf=suya geçirgenlik katsayısı, σ =proteine geçirgenlik katsayısı.
Değerleri formülde yerine koyduğumuzda, $[17,3-(-3)]- [28-8]=20,3-20=0,3$ mmHg'lık bir güç sıvının damar dışına çıkmasını sağlamaktadır. Bu güç tüm vücuttan dk.'da 2 ml sıvının damar dışına çıkmasını sağlamakta, ancak lenfatik sistem aracılığı ile bu sıvı tekrar damar içine alınmaktadır.

Kapiller hidrostatik basınç artışı ile damar dışına çıkan sıvı miktarı artabilmekte, ancak **lenfatik sistem normalin (2 ml/dk) 20 katı fazlasına kadar (40 ml/dk) olan sıvı kaçışlarını kompanse edebilmektedir.**

İnflamasyon varlığında kapiller porlar anlamlı oranda genişlemekte ve protein geçirgenlik katsayısı azalarak daha fazla sıvının damar dışına çıkışına neden olabilmektedir.

FARMAKOLOJİ

Kristaloid solüsyonlar küçük iyonik ve noniyonik partiküller içerir ve büyük çoğunluğu izotonik (izoosmolar)'dır. Büyük ve onkotik aktiviteye sahip partiküller içermediği için **mikrovasküler membrandan karşı alana (ekstravasküler) kolay geçiş gösterirler**. Kristaloid solüsyonların dağılımını belirleyen, kompartmanlar arasındaki sodyum konsantrasyonları farkıdır.

İzotonik konsantrasyonda sodyum içeren solüsyonlar hızlı bir şekilde ekstraselüler alana dağılırlar. **Kristaloidlerin volüm etkisine bakıldığında karışık olduğu ve farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu farklılığın, hastanın hipovolemik veya normovolemik olmasından kaynaklandığı bilinmektedir.**

Verilen kristaloid solüsyonun $\frac{3}{4}$ 'ü interstisyel alana geçmekte, ancak $\frac{1}{4}$ ise intravasküler alanda kalmaktadır. Bu nedenle 500 ml kan kaybının kristaloidlerle tamamlanması için 1500-2000 ml kristaloid solüsyonunun 1 saat içinde verilmesi gerekir.

Kristaloid solüsyon **ne kadar az sodyum içerirse, o kadar çok intravasküler alandan kaçışı olur**. Bu nedenle % 5 dekstroz ile volüm replasmanı yapılırsa, verilen sıvının total vücut sıvısına dağılımı artacağından (intravasküler alandan kaçışı artacağından) etkinliği azalır.

HİPERTONİK SALİNE

Yüzde 7,5'luk NaCl solüsyonunun osmolaritesi 2400 mOsm/l olup, resusitasyon (replasman) sıvısı olarak kullanıldığında, infüzyondan sonra çoğu kez **intravas-küler volümü geçici olarak artırdığı** görülmüştür . Hipertonik solüsyonun kardiyovasküler sistem (KVS) üzerine olan etkisine bakıldığında volüm ekspansiyonu ile sınırlı olmadığı, **kalp hızı ve kontraktilite artışı, sistemik vasküler direnç (SVR) azalması şeklinde etkilendiği bilinmektedir .**

KOLLOİD SOLÜSYONLAR

Kolloid sıvılar, mikrovasküler membrana karşı **onkotik basınç etkisi gösterecek büyüklükte partiküller** içermektedir. Kolloid sıvılar kristaloid sıvılarla **intravasküler alanda kalma süresi açısından karşılaştırıldığında, daha uzun süre kaldıkları** tespit edilmiştir.

Moleküllerin **intravasküler alanda kalma süreleri, büyüklüklerine, şekillerine ve iyon yüklerine göre değişiklik göstermektedir.**

Negatif yüklü moleküller (Albumin) negatif yüklü endotelial glikokaliks tarafından **itilme** eğilimindedirler. Albumin partikülleri **molekül ağırlığı uniform olan tek kolloid moleküldür**. Diğer kolloid moleküller polimer (değişik şekilde) yapıda ve değişik moleküler ağırlıkta (MA) partiküller içeren solüsyonlardır. Bu nedenle bu solüsyonların MA'ları belirtilirken, ortalama MA verilerek ifade edilmektedirler.

Bu durum kolloid solüsyonlarının intravasküler kalış sürelerinin güvenilirliğini azaltmaktadır. Ancak **ortalama MA sahip partikül sayısının da verilmesi (Mwn)**, intravasküler alanda kalma süresi açısından daha güvenilir bir değer oluşturmasını sağlamaktadır. Albumin, dekstran ve kan doğal kolloidlerdir.

Semisentetik kolloidler jelatin, HES ve hemoglobin solüsyonlarıdır.

Uygun kolloid seçiminde **maliyet, intravasküler yarılanma süresi ve koagülopati, anaflaktoid reaksiyon gibi yan etkileri göz önüne alınmalıdır.**

JELATİN SOLÜSYONLARI

Jelatin polipeptidleri **domuz kollajeninden** elde edilmektedir. Jelatin moleküllerinin intravasküler alanda kalmasını sağlamak için kimyasal modifikasyonlar uygulanarak erime noktası çok düşük olan **jel formasyonuna sokulmaktadır**. Üre köprülü jelatin solüsyonu olan **Haemaccel** (MWn 24,5 kDa) **sığır kemiğinden** alınan polipeptid yapıların üst üste katlanması (cross-linking) ile 12-15 kDa. ağırlığında yeni yapı oluşmasından elde edilir.

Suksinilli jelatin solüsyonu olan **Gelofusin**, (MWn 22,6 kDa) dana cilt kollojeninin parçalanmasından elde edilen 23 kDa'luk polipeptidlerden oluşur. Elde edilen polipeptid moleküllerine **süksinik asid'in ilave** edilmesi ile moleküler büyüklük artırılmaktadır.

Üre köprülü jelatin solüsyonlarının yaklaşık % 80'inin 20 kDa'dan daha küçük olduğu için **böbrekler yolu ile hızla atılırlar**. Üre köprülü jelatin solüsyonlarının intravasküler alanda kalma süreleri **2-3 saat olup, bu süre suksinilli jelatin solüsyonlarından daha kısadır**.

Değişik kolloid sıvılarında **anafilaktoid reaksiyon** görülme sıklığı farklı olup, bunun tahmini oldukça zordur. Bu oran **% 0.011-0.345** arasında değişmektedir.

DEKSTRAN

Polisakkaritlerin hidrolizi sonucu değişik moleküler ağırlıklı dekstran molekülleri oluşur. Bugün için kullanımda **% 6 dekstran 70** ve **% 10 dekstran 40** olmak üzere **iki form** vardır. Her 2 dekstran solüsyonununun % 0.9 ve % 5 dekstroz çözeltisindeki formları var. **Dekstran 40 hiperonkotik olup**, infüzyon başlangıcında daha fazla intravasküler volüm genişletme etkisi vardır. Fakat dekstran 40, dekstran 70 oranda **daha hızlı atılır**.

Dekstran molekülleri endojen dekstranase enzimi tarafından parçalanarak yaklaşık % 70'i böbreklerden olmak üzere atılır.

Dekstran molekülleri **kan vizkositesini ve trombosit adhesivitesini azaltmakta, fibrinolizisi ise artırmaktadır**. Dekstranın bu özelliği nedeni ile **tromboembolizm profilaksisinde kullanımı faydalı** olmakta, ancak dekstran dozu 1,5 mg/kg üzerinde olursa **kanama riski artmaktadır**.

Hipovolemik ve önceden renal fonksiyonları sınırlı olan hastalarda dekstran 40 kullanımını **böbrek yetmezliğine neden olabilmektedir**. İlk nesil dekstran ürünlerinin cross-matching testlerini etkilediği belirtildi, ancak modern dekstran ürünlerinde bu etkileşim söz konusu değildir. Dekstran'a bağlı anaflaktoid reaksiyon orta şiddette olurken, gelişen **anaflaksik reaksiyonların çok şiddetli** olduğu ve bunun dekstran karşı gelişen IgG yapısındaki antikörlara (DRAs) bağlı (Tip III allerjik reaksiyon) olduğu bilinmektedir.

HİDROKSİ ETİL NİŞASTA (HES)

HES, amilopektinin sentetik polimeridir. HES molekülleri amilaz enzimi tarafından parçalanmaktadır. HES solüsyonlarındaki her **10 glukoz ünitesine karşılık** gelen HES group oranı (substitisyon) 0.7 veya 7 gibi değerler olabilir. Bu **değer ne kadar yüksekse HES solüsyonunun damar içinde kalış süresi de o kadar uzundur.**

HES solüsyonunun **damar içinde kalış süresini belirleyen diğer faktör** ise glukoz halkasındaki ikinci ve altıncı pozisyondaki karbon atomlarının substitisyon **(C2/C6) oranının yüksekliğidir**. HES solüsyonları konsantrasyonlarına, **molekül ağırlıklarına, substitisyon oranlarına ve C2/C6 oranına göre sınıflara ayrılabilir**.

HES solüsyonlarının sınıflandırması

Konsantrasyon	Yüksek	% 10
	Düşük	%6
Molekül ağırlığı	Yüksek	450-480 kDa
	Orta	200 kDa
	Düşük	70 kDa
Substitisyon derecesi (yerine koyma katsayısı)	Yüksek	0,62-0,7
	Düşük	0,45-0,58
C2/C6 oranı	Yüksek	>8
	Düşük	<8

HES polimerlerinin molekül ağırlıkları 60 kDa'dan daha küçük ise böbreklerden atılımı (filtrasyonu) hızlı olmaktadır. **Polimerler büyük ise önce amilaz enzimi ile parçalanmakta sonra böbreklerle atılmaktadır.**

HES polimerlerinin **intertisyel alana geçen kısmı retikulo endotelial sistem (RES) hücreleri tarafından tutulmaktadır.**

Yüksek MA HES solüsyonları (450/0,7) daha uzun süre intravasküler alanda kalmakta, **24. saatte başlangıç miktarının % 38 hâlâ intravasküler alandadır.** RES hücrelerinde HES polimerlerinin birikmesi klinik açıdan önemli olmayan **kaşıntıya neden** olmaktadır.

Büyük MA HES solüsyonları **fak.VIII ve von Willebrand faktörünü etkileyerek pıhtılaşma sisteminin bozulmasına neden olabilir .**

Bu nedenle **büyük moleküler ağırlıklı HES** solüsyonlarının günlük kullanımında **doz kısıtlaması 20 ml/kg olarak belirlenerek**, bu istenmeyen kanama pıhtılaşma sistemi üzerine olan etkinin minimalize edilmesi ağlanmaktadır. Ayrıca travma hastalarına yüksek MA HES solüsyonlarının verilmesi önerilmemektedir.

Orta MA HES solüsyonlarının (200/0,5) koagülasyon sistemi üzerine olan etkisi oldukça azdır.

HES solüsyonlarının **pıhtılaşma sistemi** üzerine olan tam etkisi **substitisyon derecesine ve C2/C6 oranına** bağlıdır. Substitisyon derecesi düşük (200/0,5) olan solüsyonların yüksek doz kullanımları dışında kanama sistemi üzerine olan etkisi azdır.

Orta MA HES solusyonları için önerilen günlük maksimum doz 33 ml/kg'dır. Orta MA HES solüsyonlarının intravasküler alanda kalma süresi yaklaşık 4-6 saat'tir.

Düşük MA HES solusyonlarının kanama pıhtılaşma sistemi üzerine olan etkisi minimaldir.

Kolloidlerin birçoğu ki buna human albumin de dahil, yüksek konsantrasyonda **sodyum ve klor içeren (154 mmmol/l) fizyolojik olmayan çözeltilerdir.** Bu kolloid solüsyonlarının fazla miktarda kullanımı **hiperkloremik asidozun** gelişmesine neden olabilir.

Birinci kuşak HES solüsyonlarının bu özelliğinin çok belirgin olmasına karşın , **yeni kuşak HES solüsyonlarının dengeli solüsyonlarda** hazırlanan formu olan **Volulyte** (% 6 HES,130/0,4, 137 mmol/L Na+, 110 mmol/CL-, 4 mmol/L K+, 1,5 mmol/l Mg++ ve 34 mmol/l asetat) çok miktarda kullanıldıklarında da **asid-baz denge bozukluklarına, pıhtılaşma sistemi bozukluklarına, böbrek fonksiyon bozukluklarına daha az neden olacağı** umudunu vermektedir.

Kalp cerrahisinde sıvı replasmanı

Kalp cerrahisi sırasında **ekstrakorporeal dolaşımın kullanılması**, kalp cerrahisini diğer cerrahilerden farklı kılmaktadır. Bu farklılığın nedeni, KPB sırasında kanın **nonendotelial yüzeye temas etmesi** ve kan hücrelerinin duvarında sürtünmeye bağlı değişikliklerin oluşması (**shear stres**), uygun olmayan substratların salınmasına ve akımın non pulsatil olmasına bağlıdır.

KPB, oluşturduğu bu patofizyolojik değişiklikler nedeni ile **sepsise benzetilmekte** ve neden olduğu bu **sistemik inflamatuvar yanıt**, postoperatif **ciddi komplikasyonların** gelişmesine neden olabilmektedir.

Kalp cerrahisi sonrası ilk 24 saat içinde **kan volümünün ve plazma volümünün azaldığı bilinen bir gerçektir.**

Koroner baypas operasyonuna giden hastalarda yapılan çalışmada, preop yapılan ölçümlerle postoperatif yapılan ölçümler karşılaştırıldığında, **kan volümünün % 42 azaldığı** tespit edilmiştir . Ameliyat öncesi alınan **ilaçlar, anestezi, hipotermi, vazoaktif maddeler ve altta yatan hastalığa** bağlı olarak hastaların kan ve plazma volümlerinin değiştiği düşünülmektedir.

Kanama **gerçek** volüm defisitine neden olurken, vazodilatatör ilaçlar (anestetik ajanlar, nitroglisen, protamin) ve yeniden ısınma **rölatif** volüm defisitine neden olurlar.

Hipovolemi debinin değişmesine neden olarak **dolaşımın besleyici özelliğinin bozulmasına** neden olur.

Cerrahi strese bağlı olarak **fonksiyonları artan antidiüretik hormon (ADH), renin anjiotensin aldosteron (RAA) sistem ve santral sinir sistemi (SNS-Beyin natüretik peptid)** aditif(pozitif) etki oluşturarak **volüm kaybına karşı oluşturulan yanıtı belirlerler.**

ADH ve RAA sistem aktivitesi **izotonik kristaloid sıvı replasmanı ile baskılanır veya etkisi azaltılabilir.** ADH salınımı intraselüler ve ekstraselüler sıvılar tarafından düzenlenir.

Kristaloid solüsyonlarının kısıtlı oranda verilmesi mevcut olan sıvı açığını tamamlayabilir fakat **ADH ve diğer hormonların salınımının baskılanması için çok daha büyük hacimlerde kristaloid sıvı replasmanının yapılması gerekir. Dolayısıyla yalnız kristaloid sıvı replasmanı ile ADH ve RAA sisteminin baskılanmasının zor olduğu söylenebilir.**

Fakat **kristaloid, kolloid kombinasyonu** ile bu hedefe (ADH, RAA sisteminin baskılanması) varılmasının daha kolay olduğu söylenebilir.

Kristaloid, kolloid kombinasyonu ile hem eksik olan sıvı yerine konular hem de etkin bir plazma volümü sağlanabilir. Vücudumuzdaki biyolojik membranlar arasındaki sıvının geçişleri **Starling yasası** ile açıklanmıştır. Starling yasasına göre **kolloid onkotik basıncı (KOB) sıvı dengesinin korunmasında önemli bir etkiye sahiptir.** İntravasküler ile ekstravasküler alanlar arasındaki KOB farkı **hidrostatik basınca karşı güç oluşturarak** sıvıların **intravasküler alanda kalmasına destek oluşturmaktadır.**

Böylece **KOB'nın manüpile edilmesi ile dolaşımın intravasküler volümünün garanti edilmesi sağlanabilir.**

Volüm replasman tedavilerinde **replasman miktarı ve replasman süresi**, plazma yerine konulan sıvının **su tutma kapasitesine ve intravasküler alanda kalma süresine** bağlıdır.

Kolloidlerin farklı fizikokimyasal yapıları ile KOB'a sağladıkları katkı, başlangıç volüm genişletme etkileri ve intravasküler alanda kalma süresi nedeni ile önemli **avantaja sahip** oldukları ve bu nedenle de yaygın kullanıldıkları bilinmektedir.

Kalp cerrahisi uygulanacak hastalarda ideal volüm tedavisinin sağlanabilmesi için süreci **3 bölümde** incelemek yararlı olacaktır.

- 1) KPB öncesi dönem,**
- 2) KPB'ın başlangıç (priming) volümü,**
- 3) KPB sonrası ve YBÜ dönemi olarak 3 periyotta incelenir.**

KPB başlangıç (priming) solüsyonu:Hem KPB'ın kendisi hem de yerine **başlangıç solüsyonunun yapısı, metabolik ve patofizyolojik yanıtın oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır.**

KPB'ın ilk yıllarında daha fizyolojik olacağı düşüncesi ile başlangıç solüsyonunun **kanla hazırlanması** düşünülmüş, ancak pulmoner fonksiyonlar başta olmak üzere (pump lung) birçok organ disfonksiyonunun görülmesi nedeni ile **terk edilmiştir.**

Değişik başlangıç solüsyonu kompozisyonları bildiren çalışmalar olup, **sonuçları birbirinden oldukça uzaktır.** İyi planlanmış birkaç çalışmada başlangıç solüsyonunun etkileri araştırılmıştır .

Bu çalışmalar yalnızca **kristaloid kolloid karşılaştırması** şeklinde değil, aynı zamanda **hangi kolloid sorusuna** da yanıt verecek şekildedir.

Hipotonik sıvılarla (yalnızca kristaloid) oluşturulan başlangıç solüsyonları kullanımında, genel olarak **interstisyel sıvıda artış ve buna bağlı organ ödemleri** görülebilmektedir.

Yalnızca kristaloid ile hazırlanan başlangıç solüsyonu kullanılan hastalarda **postoperatif kilo artışları olurken**, kristaloidlere **kolloid de ilave** edilerek başlangıç sıvısı hazırlandığında **postop sıvı dengesindeki artışın azaldığı tespit edilmiştir** .

Kristaloidlerin priming solüsyonu olarak **daha yaygın kullanım nedeni, diüretik kullanımı ile atılımlarının kolay** olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, kristaloid sıvılar kullanılırken **şeker içermeyen kristaloidler tercih edilmekte**, çünkü dekstrozu solüsyonlar intraoperatif hiperglisemi riskini artırmakta, **hiperglisemi de nörolojik sonuç parametrelerini olumsuz yönde etkilemektedir**

Sonuç olarak, kristaloid kolloid karışımı priming solüsyonunun sıvı artışı yönü ile kristaloidlerden daha avantajlı olduğu görünse de, iki uygulama genel sonuç parametreleri açısından karşılaştırıldığında, **birinin diğerine anlamlı bir üstünlüğünün olduğu açık olarak gösterilememiştir .**

Ancak, yine de **birçok merkez priming solüsyonunda rutin olarak kolloid kullanmaya devam** etmektedir.

İngiltere’de sağlık bakanlığına bağlı 35 merkezde yapılan araştırmada, merkezlerin % **54’ünün yalnızca kristaloid priming** solüsyonunu kullandığı, % **44’ünün ise kristaloid solüsyonuna sentetik kolloid ilave ettikleri** tespit edilmiştir.

Albumin ile ilgili çalışmalarda, sonuç parametrelerinde anlamlı bir üstünlüğün gösterilememesi ve pahalı olması nedeni ile, başlangıç solüsyonuna konulmasının **gerekmediği fikri genel kabul görmektedir.**

Başlangıç solüsyonu seçiminde dikkate alınması gereken diğer kriterler ise, **sıvıların kanama-pıhtılaşma sistemi üzerine olan etkisi ve oluşturdukları plazma kolloid onkotik basıncıdır.**

Bazı çalışmalarda **yalnız kolloid içerikli başlangıç sıvısı kullanımının önemli yararlarının (entüasyon süresinde, kan kullanım oranlarında azalma vb.) olduğunun gösterilmesine rağmen, diğer birçok çalışmalarda başlangıç solüsyonu kompozisyonunun sonuç parametrelerini etkilemediğinin gösterilmesi, günümüzde hâlâ başlangıç solüsyonunun kompozisyonuna müdahalede bulunup bulunmama tartişmasının devam etmesine neden olmaktadır.** Halen bu konu ile ilgili randomize kontrollu ve **yeterli olgu sayısına sahip bir çalışma bulunmamaktadır.**

Sıvı replasmanı

EKD'ın sonuna doğru hastaların yeniden ısıtılmaları (re-warming), rezervuardaki tüm kanın alınabilmesi amacı ile nitrogliserin gibi vazodilatatör ajanların kullanılması, heparinin nötralizasyonu amacı ile protamin verilmesi ve postoperatif dönemdeki kan kaybına (drenaj) bağlı olarak **hipovolemi ve hipotansiyon oluşma riski çok fazla olduğundan, bu dönemde hastaların sıvı açıklarının yakın takip edilmesi gerekmektedir.**

Postoperatif kardiovasküler stabilitenin korunması amacı ile değişik sıvılar kullanılabilir. Postoperatif dönemde kullanılan sıvılarla ilgili olarak **çok sayıda prospektif randomize çalışma vardır .**

Ancak, bu çalışmalardaki hasta sayılarının çok az olması (7 ile 20 arasında değişmekte), volüm replasmanı kriterlerinin tek tip (üniform) olmaması, başlangıçta belirlenen günlük dozların çok farklılıklar göstermesi ve en önemlisi bir grup çalışmada ilave **verilecek sıvı miktarı hemodinamik parametrelerle belirlenirken (SVB, PCWB, OAB, KH), diğer çalışmalarda ise belli bir kriter baz alınmaksızın sabit miktar sıvının verildiği hasta gruplarından oluşması tüm bu sonuçların yorumlanmasını güçleştirmektedir.**

Açık kalp cerrahisi uygulamalarında sıvı tedavisini cerrahi teknik, perfüzyon ekipmanı ve monitorizasyon ile bir bütün olarak değerlendirmek gerekmektedir.

KPB'ın çeşitli mekanizmalarla neden olduğu, sepsis benzeri patofizyolojik kimyasal ve hormonal değişiklikler nedeni ile, **sıvı tedavisinin yalnızca makrodolaşım ve oksijen sunumu dikkate alınarak yapılmasının doğru olmadığı, mikrodolaşım ve organ perfüzyonlarının yeterliliğinin dikkate de alınarak yapılması gerektiği çok açıktır.**

KARDİYAK HASTADA VOLÜM TEDAVİSİ NASIL MONİTÖRİZE EDİLMELİDİR ?

Basınç-volüm ilişkisi

Hipotansiyon, kalp cerrahisi hastalarında perioperatif dönemde en sık rastlanılan hemodinamik bozukluklardan biridir. **Arteriyal hipotansiyonu olan hastaların çoğunda nedenin kesin veya rölatif intravasküler volüm eksikliği olduğu bilinmektedir.**

Bu hastalarda yeterli ön yükün (preload) sağlanması, kardiyak performans ve diğer organ perfüzyonları açısından çok önemlidir. Ancak, perioperatif dönemde bozulan **kontraktiliteye bağlı hipotansiyon gelişme olasılığının da varlığı, sıvı replasmanı sırasında daha dikkatli olunmasını gerektirmektedir.** Çünkü miyokardiyal komponentin ön planda olduğu (düşük EF) hipotansif hastalara volüm replasmanı yapıldığında, kalp debisinde artış olmamakta, ancak **kardiyopulmoner fonksiyonlar bozulabilmektedir.**

Bu nedenle hangi hastanın sıvı tedavisine yanıt vereceği, hangi hastanın sıvı tedavisine yanıt vermeyeceğinin **önceden doğru olarak tahmin edilmesinin önemi çok fazladır**. Bu amaçla rutinde statik ölçüm parametreleri olarak santral venöz basınç (**CVP**) ve pulmoner kapiller uç basınç (**PCWP**), pulmoner arter ortalama basıncı (**PAOB**), volümetrik parametreler olarak intratorasik kan volüm indeksi (**ITBI**) ve sol ventrikül diastol sonu alan indeksi (**LVEDAI**) sıklıkla kullanılan parametrelerdir .

Son zamanlarda kullanıma giren ve sıvı replasmanı sırasında daha güvenilir bilgi verdiği inanan dinamik parametreler ise, **nabız basıncı değişikliği [pulse pressure variation (PPV)]** ve **atım volümü değişikliği [stroke volume variation (SVV)]'dir .**

Kalp cerrahisi hastalarında sıvı tedavisinin şekillendirilmesinde, kardiyak doluş basınçların kullanılması günümüzde hala yaygın olan uygulamalar olmakla beraber, bu konuda **ciddi tartışmalar vardır** .

Birçok klinik çalışmada da gösterildiği gibi **kardiyak doluş basınçlarının, ventriküler doluş volümünün, kardiyak performansın ve sıvı tedavisinin hemodinamik etkinliğinin değerlendirilmesinde yetersiz kaldığı gösterilmiştir** .

Ayrıca mekanik ventilatöre bağlı hastalarda, **ventilatör tarafından oluşturulan pozitif hava yolu basıncının**, her iki ventrikül ön yükünü değiştirerek, sol ventrikül atım volümü varyasyonunun (SVV) ve sistolik arteriyel basınç varyasyonunun (SPV) değişmesine neden olduğu da bilinmektedir.

Pulmoner arter kateterinin (PAK) bu etkilenmeler nedeni ile verdiği doluş basınçlarının güvenilirliği (basınç-volüm ilişkisi) tartışılsa bile, PAK yolu ile elde edilen karışık ven kanı örneğinden, **kan gazı analizi ile oksijen parsiyel basıncının ve saturasyonunun ölçülebilmesinin**, klinisyene **doku perfüzyonunun yeterliliği** hakkında önemli bir bilgi verdiği gözardı edilmemelidir.

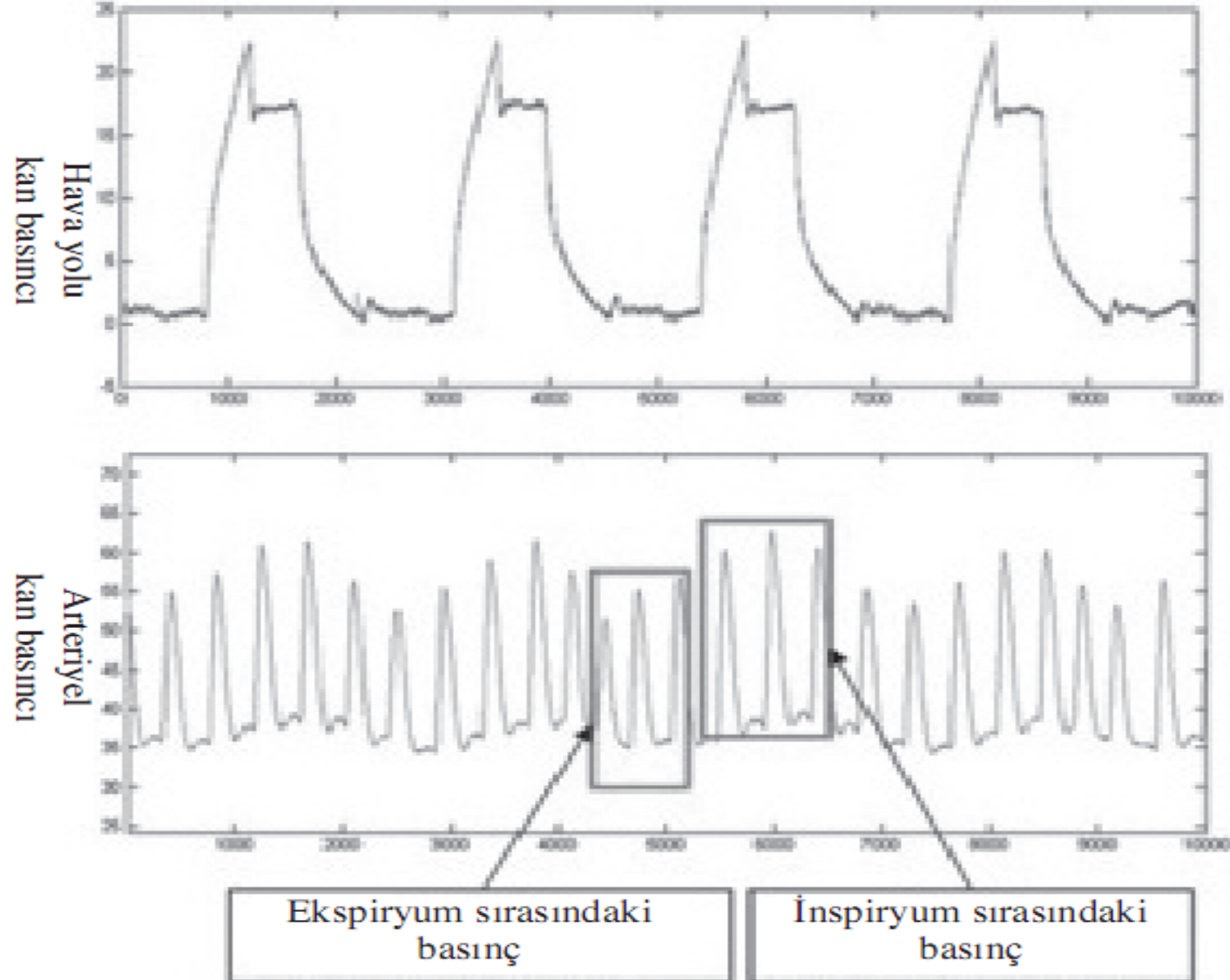
Kritik hastalara sıvı replasmanı yapılırken hastanın sıvı replasmanına yanıt verip vermeyeceğinin önceden bilinmesi çok önemlidir. Bunun belirleyicileri kalp debisinin artması ve oksijenasyonun düzelmesidir . Dolayısıyla CVP bu amaç için kullanılacak iyi bir parametre değildir. Bu nedenle sıvı tedavisi planlanırken, özellikle de pozitif basınçlı ventilasyonun uygulandığı hastalarda, **CVP dışında başka parametrelerle sıvı tedavisinin düzenlenmesinin artık bir zorunluluk olduğu çok açıktır.**

Bu amaçla günümüzde değişik dinamik parametreler kullanılmakta olup, bunlardan biri **PPV(nabız basıncı değişikliği)**'dir . PPV ile yapılan birçok çalışmada volüm replasmanına yanıt veren hastalarla, vermeyen hastaların ayırt edilmesinde yararlı olduğu gösterilmiştir . Daha önce yapılan çalışmalarda PPV, arter trasesinin izlendiği monitörden alınan arter trasesi dokümünden manuel olarak hesaplanıyordu veya spesifik kardiyak debi monitörleri olan **PiCCO, LiDCO** gibi cihazlarla ölçülmekteydi.

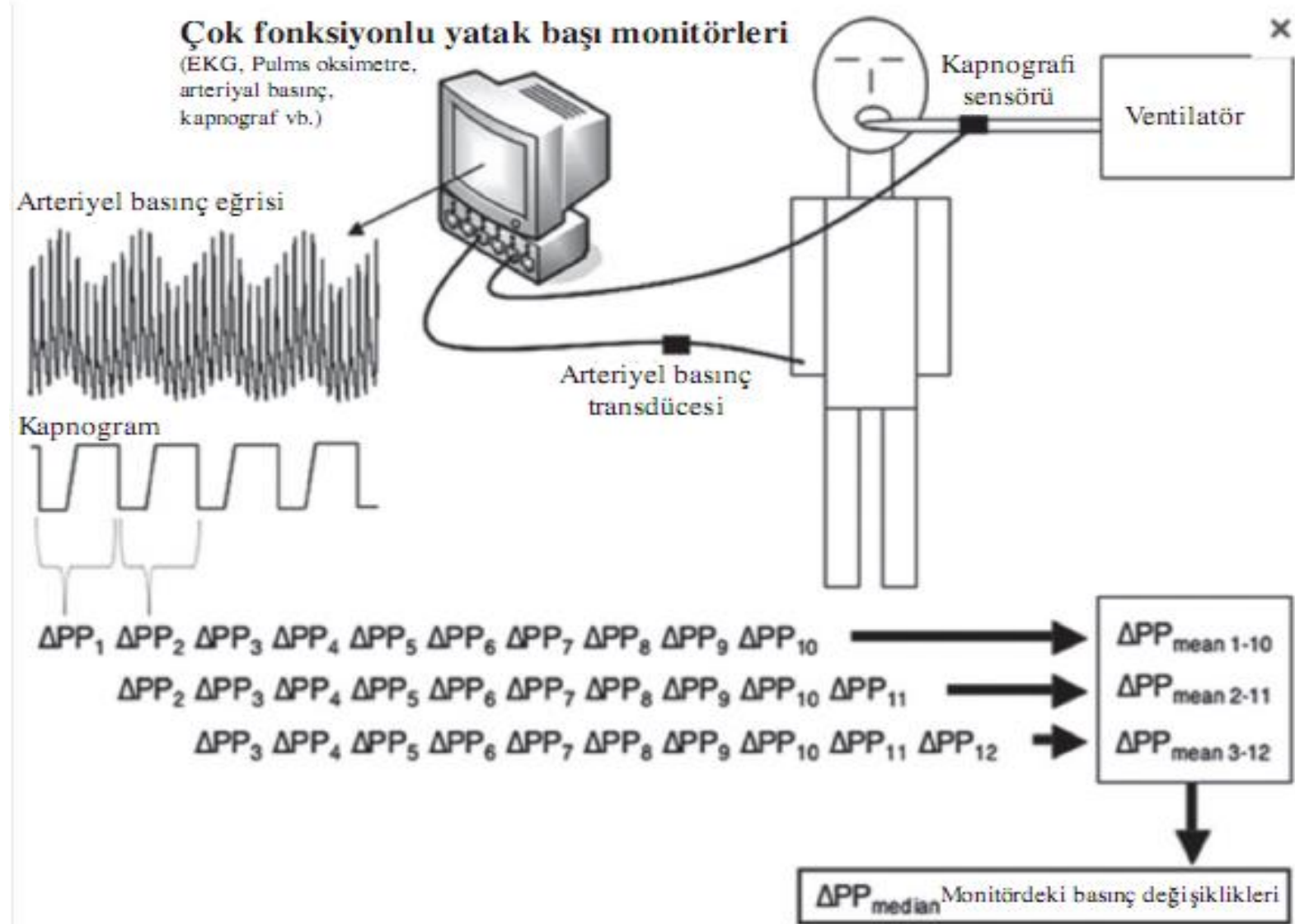
Ancak, bu cihazlarda (PiCCO, LiDCO) soluk sonu karbondioksit veya solunum siklusunu gösteren herhangi bir parametre bağı olmadığı için ölçümler solunum siklusunun farklı dönemlerinde olabileceğinden sonucun etkilenme olasılığı yüksekti. Bugün ise yeni geliştirilen metodla **otomatik olarak ölçüm yapan ve aynı zamanda soluk sonu karbondioksit ölçümü ile solunum siklusunun hep aynı döneminde ölçüm yapabilen cihazlar mevcuttur .**

Kardiyak cerrahi hastalarında sıvı replasmanına alınan yanıtın değerlendirilmesinde, manuel olarak hesaplanan PPV değerlerinin sensitivitesi % 85-100, spesifisite % 87-100 olarak bulunurken, PPV değerleri % 9,4-17 aralığında olduğunda duyarlılığının daha fazla olduğu belirtilmektedir . **Yatak başında otomatik olarak ölçüm yapan gelişmiş cihazlarda, sensitivite ve spesifisite değerleri sırasıyla %97, %95 olarak daha yüksek bulunmaktadır.**

Nabız basıncı değişiklikleri

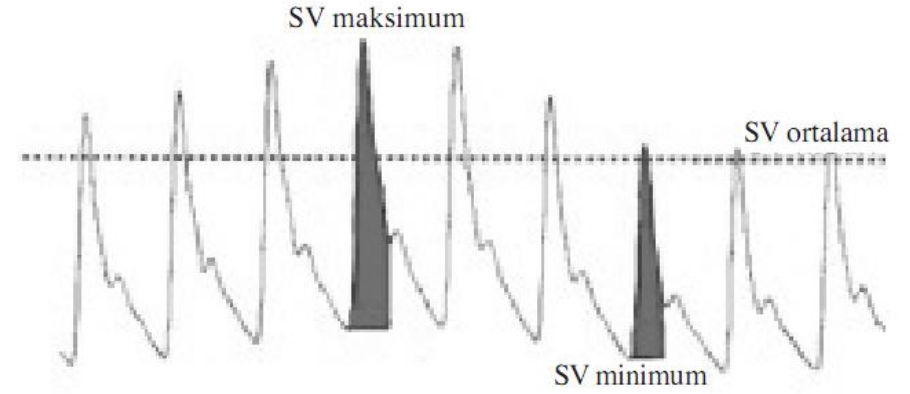


Yatak başı nabız basıncı değişikliğini (pulse pressure variation) ölçen cihaz



Sıvı tedavisinin düzenlenmesinde kullanılan bir diğer dinamik parametre **strok volüm varyasyonu (SVV)**'dur. SVV; mekanik ventilatöre bağlı hastalarda kalp akciğer etkileşimine bağlı strok volümdeki ardı sıra değişiklikleri yansıtarak volüm hakkında bilgi vermektedir . Günümüzde kullanıma hazır anlık ve devamlı ölçen cihazlar mevcuttur PPV de olduğu gibi, SVV ninde sıvı replasmanına alınan yanıtın değerlendirilmesinde değerli bir parametre olduğu gösterilmiştir . **Yapılan bir çalışmada SVV ile PPV arasında linear regresyon analizinde çok ciddi bir korelasyon bulunmuştur (r=0,89 p<0,001)**

Stroke volüm varyasyonunu ölçen cihaz



PiCCO (Pulse Contour Cardiac Output) Transpulmoner termodilüsyon yöntemi ile çalışan ve PAK gerektirmeyen **sürekli kalp debisinin (KD)** ve diğer hemodinamik parametrelerin ölçüldüğü bir monitördür. Ölçümler artere yerleştirilen bir kateter aracılığı ile yapılmaktadır. Ölçüm işlemi termodilüsyon tekniği (standart Stewart-Hamilton) ile başlar ve arter dalgası üzerinden pulse contour analizi ile KD'si sürekli izlenir.

KD ölçümü yanında ITBV ve EVLW değerlerini ölçerek önyük ve akciğer sıvısı hakkında da çok değerli bilgiler vermektedir. EVLW ve pulmonary vasküler permeabilite indeksi (PVPI) değerlerinin ölçümü, özellikle mekanik ventilasyon desteğindeki hastaların, sıvı tedavisinin yönlendirilmesi açısından çok önemlidir .

LIDCO (Lithium Dilution Cardiac Output) Santral veya periferik venden bolus izotonik lityum klorid (0.002-0.004 mmol/kg) verilerek, bunun bir arter hattında bulunan lityum iyonuna özel elektrot aracılığı ile algılanıp, dolaşımdaki lityum yoğunluğunun belirlenerek eğriden hesaplanması esasına dayanır. Yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda sonuçların birbirine yakın, anlamlı ve güvenilir olduğu bulunmuştur. **Daha az invazif olan bu tekniğin yaygın kullanımını, yüksek doz kas gevşeticilerin lityum duyarlılığını etkilemesi nedeni ile sınırlanmaktadır.**

PiCCO ve LiDCO spesifik cihazlar olup, ekonomik nedenlerden dolayı yaygın kullanılmazlarken, ekstrakorporeal dolaşımın uygulandığı kalp cerrahisi olgularında invazif arter kanülünün kullanımının rutin bir uygulama olmasından yararlanarak, manuel olarak veya yatak başı ölçüm yapan monitörler kullanarak, **PPV** % değerlerinin hesaplanması, **sıvı tedavisinin yönlendirilmesinde çok yararlı bir uygulama olacağı çok açıktır.**

Geçen birkaç yıl da bu parametrelerin dışında başka parametrelerle de sıvı tedavisinin yönlendirilmesine çalışılmıştır.

Bunlar arasında **vena kava çapı değişikliği** , **solunumla aortik akım değişikliği** , **ejeksiyon öncesi süre değişiklikleri** ve **subkütan doku parsiyel oksijen basıncının (PscO₂)** izlenmesidir.

Subkütan doku parsiyel oksijen basıncının (PscO2) izlenmesi

Oksijen sensörlü bir mikrokateterin (miniature Clark electrode/tonometer system and oxygen monitor LICOX PO2 Computer, Medical System Corp, Greenvale, NY) üst kol arka kısmına subkütan olarak yerleştirilmesi ile ölçülen subkütan doku parsiyel oksijen basıncının (PscO2) fizyopatolojik değişimine baktığımızda, normal şartlar altında saturasyon % 100 iken, **Fio2 artırılına PscO2 artışı şeklinde bir yanıt oluştuğunu, PaO2 300 mmHg ulaşınca kadar PscO2 ile PaO2 arasındaki ilişkinin lineer olduğunu görmekteyiz.**

Perfüzyonun normal olduğu durumda 100 ml kandan 0,7 ml oksijen subkütan dokuya bırakılmaktadır. Fakat kalp debisi azaldığında, 100 ml kandan subkütan dokuya bırakılan oksijen miktarı 0,7 ml'den büyük olduğunda, Fio2 artışına alınan PscO2 yanıtı azalır. Destek oksijen tedavisi-ne (Fio2 artışı) alınan yanıtın azalması (PscO2 artışında azalma), oksijen bırakma (ekstraktion) oranında artmanın ve **kötü doku perfüzyonunun göstergesi olarak kabul edilmektedir.**

Başvurulan Kaynaklar

Derleme

Kalp Cerrahisinde Sıvı Elektrolit Tedavisi

Fevzi TORAMAN

GKDA Derg 19(2):53-66, 2013 doi:10.5222/GKDAD.2013.053

Bir Sonraki Ders
Hakkında

Kan gazı



Katılımınız için

Teşekkür ederiz.

www.gelisim.edu.tr

[f](#) gelisimedu

[@igugelisim](#)