İSTANBUL
GELİŞİM
ÜNİVERSİTESİ

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

# İstanbul Gelişim Üniversitesi

www.gelisim.edu.tr

gelisimedu igugelisim

Bölüm Adı

# Perfüzyon(lisans)

Dersin Adı

# Kardiyak anestezi 2

Dersin Haftası: **2. Hafta**

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

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

Telefon: **0532 570 01 96**

# Geçen Ders Hakkında

# Ders Bilgileri

Ders Günü ve Saati

**22 Şubat 2021 Perşembe saat 15.40**

Dersin Kredisi

GBS Linki

Görüşme Gün ve Saatleri

Dersin Öğretim Üyesinin Konumu

Haftalık Akış

# MİYOKARD KORUMA,İSKEMİK REPERFÜZYON HASARI

Kalp cerrahisinde **intraoperatif miyokard hasarına** bağlı kardiyak fonksiyon bozukluğu **postoperatif mortalite ve morbiditenin önemli bir belirleyicisidir**.
**Yetersiz miyokardiyal koruma, iskemi-reperfüzyon hasarı** sonrası kardiyak fonksiyon bozukluğuna yol açabilir. Miyokard, aortaya konulan kros-klemp sonrası gelişen iskemi-reperfüzyon hasarı sonucu ciddi zarar görebilir.

Bu nedenle kalp cerrahisinde **üzerinde en fazla durulan** ve **araştırılmaya devam edilen** konulardan birisi de **miyokardiyal korunmadır**.

İlk elektif hiperkalemik kardiyak arrestin 1955 yılında Melrose tarafından yapılmasından bu yana kardiyak metabolizmayı yavaşlatan ve iskemi sırasında miyokardın korunmasını sağlayan maddeler ve çevre şartları çeşitli kombinasyonlarla çalışmalarda uygulanmışlardır .

**Kardiyopleji** solüsyonları **kalp-akciğer makinesinden sonraki en önemli buluştur** ve bu sayede güvenli kalp cerrahisi süresi uzamıştır.

Açık kalp cerrahisi esnasında cerraha **gevşek ve hareketsiz** bir ameliyat sahası sağlamak için kalbin geçici bir süre durdurulması gerekir.
Kalbin durdurulmasını takiben vücuda oksijenli kan pompalamak ve **myositlerin de canlılığını korumak gereklidir.**

Miyokardın canlılığını koruyup kros klemp kaldırıldıktan sonra normal faaliyetine geçmesi için açık kalp ameliyatlarında **hipotermi, kardiyopleji ve venting** uygulamaları geliştirilmiştir.

Kalbin oksijen ihtiyacı, **kalbin elektromekanik aktivitesinden, bazal metabolik hızından ve duvar geriliminden** etkilenmektedir.

Bundan dolayı **myokardiyal korumanın temelini**, **kardiyopleji solüsyonuyla oluşturulan elektromekanik arrest, hipotermi ile sağlanan bazal metabolik hızda azalma ve dekompresyon oluşturur.**

**Sadece hipotermi ile myokard koruması sağlanamaz**. Soğutma esnasında fibrilasyon gelişebilir, bu durum kalp hücrelerinin enerji gereksinimini artırır. Bundan dolayı hipotermi kardiyoplejiyle birlikte uygulanırsa kalp daha iyi korunur.

## Myokardial Oksijen Tüketimi (ml/100g/dk)

| ISI | 37⁰ C | 32⁰ C | 28⁰C | 22⁰ C |
|---|---|---|---|---|
| Atan Kalp | 5.5 | 5.0 | 4.0 | 2.9 |
| Kardiyopleji | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.3 |
| Fibrillasyon | 6.5 | 3.8 | 3.0 | 2.0 |

Miyokard koruması ile ilgili olarak özel bir metodu ilk kimin düşündüğünü kesin olarak saptamak oldukça zordur.
Swan ve ark. tarafından **1953'te ''hipotermik** arrest'' ve Melrose ve ark. tarafından 1955 yılında ortaya sürülen ''**elektif kimyasal kardiyak arrest**'' önerileri **kalbi korumak için değil, kansız ve rahat operasyon sahası elde etmek için yapılmıştır.**

1967 yılında Taber ve ark., kalp cerrahisi sonrası erken dönemde ölen hastaların **sol ventriküllerinin yaklaşık %30'unu içine alan miyokard nekroz** alanları tanımlamışlardır.

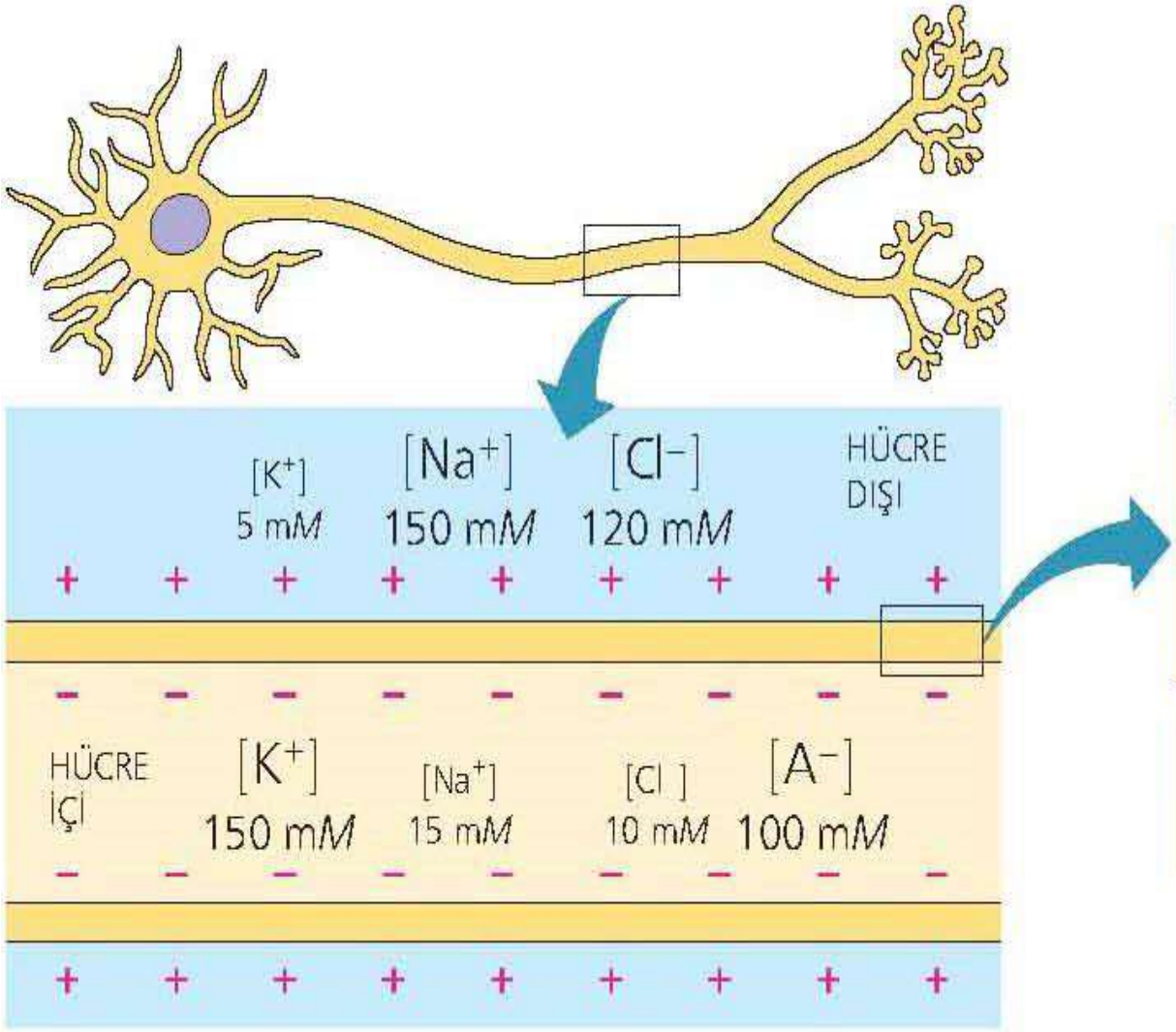
Najafi ve ark. 1969 yılında kapak replasmanı sonrası erken dönemde **ölen hastaların kalbinde akut diffüz subendokardiyal miyokard infarktı alanları** saptamış ve bunu intraoperatif yönetim metodlarıyla ilişkilendirmiştir.

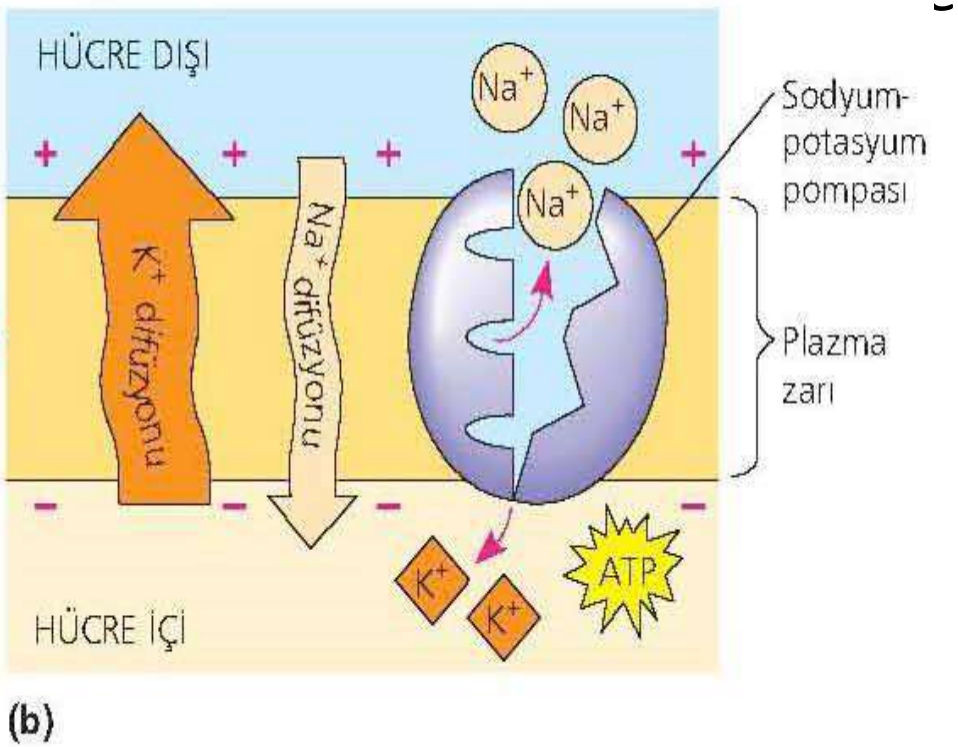
Koroner arter bypass greftlemenin yaygınlaştığı 1970'li yıllarda hastalarda önemli oranda **perioperatif transmural miyokard infarktüsü** saptanmış, 1973 yılında ise **normal koroner** arterleri olan ve çeşitli nedenlerle açık kalp cerrahisi geçirecek hastalarda, **%7 oranında transmural miyokard infarktüsü** olduğu gösterilmiştir.

Bu gelişmelerle beraber **iskemik hasar, nekroz ve ''stone heart''** terimlerinden bahsedilir olmuş, sonrasında ''**stunning**'' terimi daha açık hale gelmeye başlamıştır.

**İskemi-reperfüzyon hasarının patofizyolojisi, çeşitli hücresel mekanizmalar, inflamatuvar süreç** gibi durumların giderek daha anlaşılır olması hasarı önlemek veya azaltmak için çeşitli yöntemlerin doğmasına neden olmuştur.

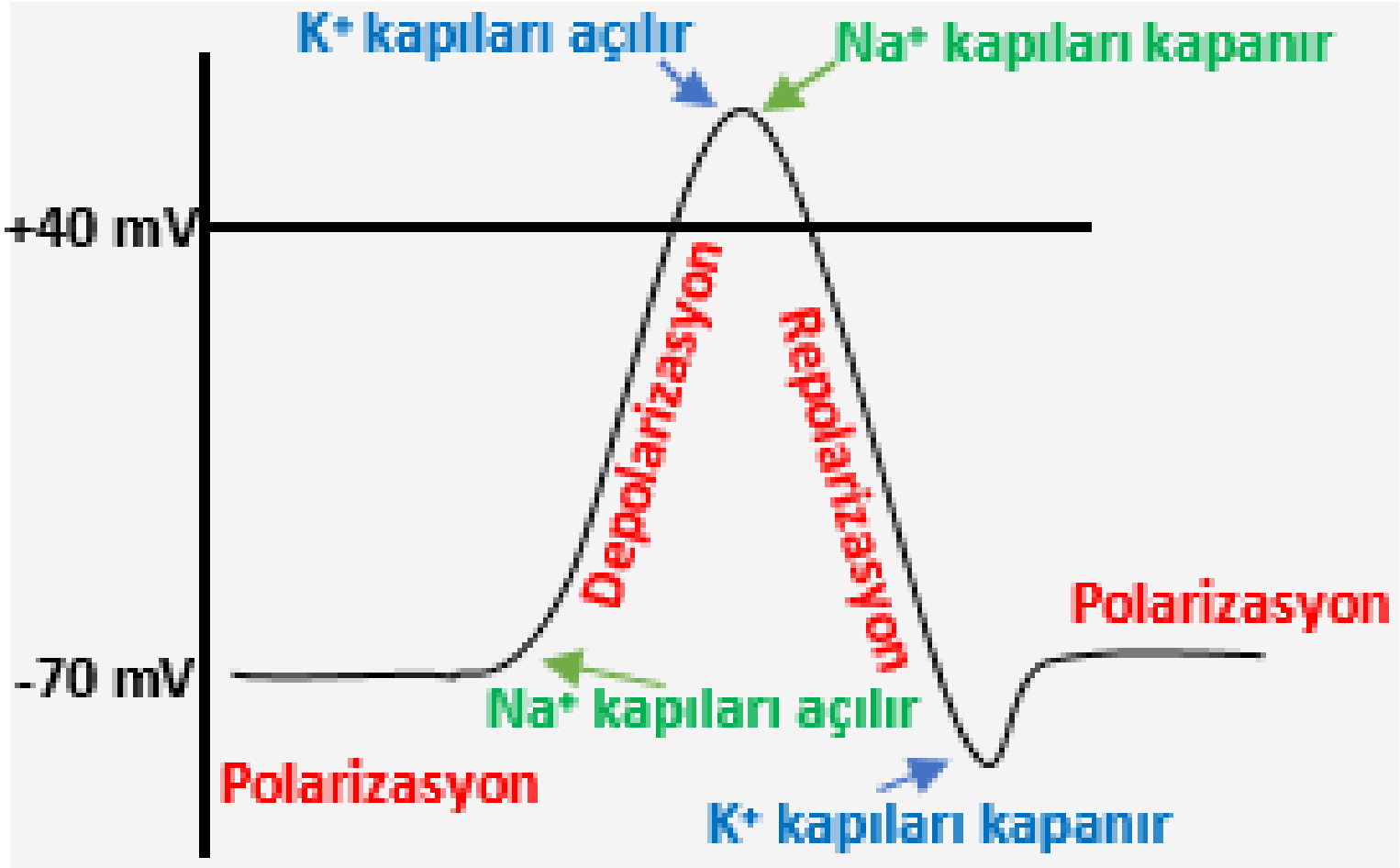
er


[K+]
5 mM
[Na+]
150 mM
[Cl−]
120 mM
HÜCRE DIŞI
HÜCRE İÇİ
[K+]
150 mM
[Na+]
15 mM
[Cl−]
10 mM
[A−]
100 mM


HÜCRE DIŞI
Na+
Na+
Na+
K+ difüzyonu
Na+ difüzyonu
Sodyum-potasyum pompası
Plazma zarı
K+
K+
ATP
HÜCRE İÇİ

(b)

# Aksiyon potansiyeli



# Kardiyopleji

Soğuk kristalloid kardiyopleji
Kan kardiyoplejisi
-soğuk
-ılık
-normotermik
-izotermik

**Soğuk kristalloid kardiyopleji**

1- **ekstraselüler tip**(depolarizasyonu etkiler)(ekstraselüler plazmaya K ilave et)

Na,Ca,Mg oranları daha **yüksek(del Nido,plegisol,St Thomas,Buckberg**)

**multidoz(20-30 dk'da** bir tekrar)

**2-intraselüler tip**(polarizasyonu etkiler)(ekstraselüler sıvıdan Na'u çıkar)

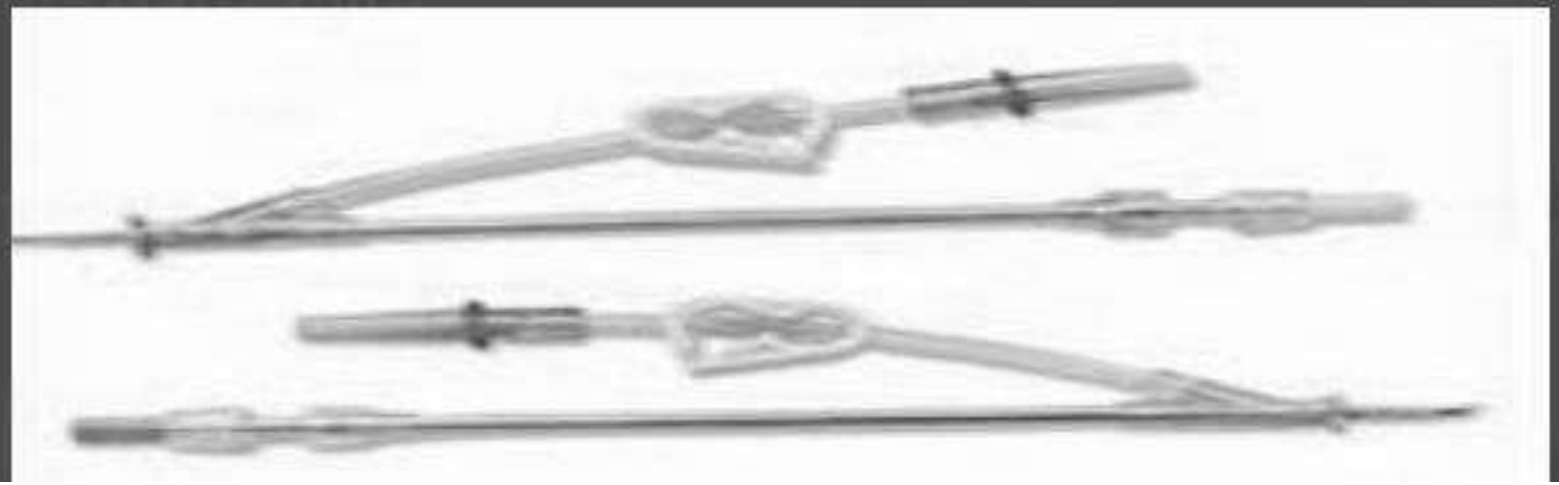
Na ve Ca konsantrasyonları çok düşük veya hiç yok

(**Bretschneider,Custodiol,HTK**)

**Tek doz(90-120 dk)**

- Kristalloid solüsyonlara eklenen diğer maddeler; tamponlar ( tromethamine, bikarbonat, histidin), osmotik ajanlar ( mannitol, dekstroz, albümin), metabolitler ( glukoz, riboz, aa, krebs siklüsü elemanları), ATP ve öncüleri, ATP sentezi ve katabolizmasını kontrol eden enzimler, O2 radikallerini yok eden maddeler ve antioksidanlar

- Soğuk kristalloid kardiyopleji, CPB' ta genellikle orta hipotermide ( 28-33 °C ) uygulanır.
- Sıklıkla antegrad yol ile 1000 ml ' yi aşmayan volümde uygulanır ve iskemi süresinin uzamasının istendiği durumda 300-500 ml arasında bir veya birkaç kez tekrarlanabilir.



**Histidin-Triptofan-Ketoglutarat (HTK)solüsyonu** , öncelikli olarak kardiyopleji solüsyonu olarak kullanıma giren, sonradan organ koruyucu özellikleri de ön plana çıkan ve bu nedenle **transplantasyon cerrahisinde** de yaygın kullanım alanı bulan bir kardiyopleji solüsyonudur.HTK solüsyonunun içerdiği histidin tampon görevi görürken, triptofan membran stabilizasyonunda rol oynamaktadır.

Ketoglutarat ise reperfüzyon aşamasında yüksek enerji üretimini teşvik etmektedir. HTK solüsyonu düşük kalsiyum ve sodyum konsantrasyonu sayesinde membran potansiyelinin, dinlenim membran potansiyeli değerine yakın durmasını sağlar. Bu şekilde oluşturulan polarize arrest ile hiperkalemik solüsyonun dezavantajından kaçınılabileceği düşünülmektedir.

**Kan kardiyoplejisi(ekstraselüler tip)**

İlk olarak Melrose ve arkadaşları tarafından yüksek konsantrasyonlu **potasyum sitrat** solüsyonu (77 mmol/L) **kana eklenerek** kardiyoplejik solüsyon olarak kullanılmıştır. İyi sonuçlar bildirilmişse de gerek **yüksek doz potasyumdan gerekse sitrat** kullanılmasından nekroza kadar giden **myokard hasarları görülmüştür**. Bu nedenle **20 yıl gibi uzun bir süre hiperkalemik solüsyonlar kullanılmamıştır.**

Bu sürede elektriksel uyarıyla **ventriküler fibrilasyon** ve değişik yöntemler kullanılmış olup, cerrahi tekniklerin iyi olmasına rağmen **mortalite oranları (%10-%20) yüksek** seyretmiştir.Ekstrakorporeal dolaşım esnasında fibrilasyon oluşursa subendokardiyal kan akımının azalmasına ve myokardın oksijen kullanımının artmasına neden olduğundan zararlıdır. Bundan dolayı günümüzde açık kalp ameliyatlarında elektriksel uyarımla ventriküler fibrilasyon pek kullanılmıyor.

Günümüzde altın standart olarak kullanılan **hiperkalemik** kardiyopleji solüsyonu biyokimyacı David Hearse'ün kalp cerrahlarıyla işbirliği yapmasıyla geliştirilmiş olup, potasyum klorid ile hazırlanmıştır. Kardiyopleji solüsyonlarındaki optimal **K** miktarı litrede **15-30 mMol** arasında değişir.

**Daha yüksek K miktarları kalp hücrelerine kalsiyum iyonu girişini artırarak ATP tüketiminin artmasına ve koroner endotelde bozulmaya yol açar .**

İşte ilk dönemlerde başarısızlığın nedeni K miktarının bu optimal değerlerin üzerinde olmasıydı.

**İzotermik kan kardiyoplejisi**

En sık kullanılan kardiyoplejidir.

Pompadan alınan kana **15-30 mmol/Lt potasyum** ve bikarbonat ilave edilir.

**Kan kardiyoplejisinin faydaları**:

- Kullanımı kolaydır
- Daha az hemodilüsyona sebep olur
- Tampon etkisi daha fazla
- Elektrolit içeriği ve pH fizyolojik sınırlarda
- Antioksidan içeriği nedeni ile reperfüzyon hasarının önlenmesinde etkisi daha fazla

Kardiyopleji uygulaması yumuşak ve geri dönüşümlü bir diyastolik kardiyak arrest oluşturarak hareketsiz bir cerrahi alan sağlar.

**Kardiyopleji kalbin arrestini sağlamasından başka myokardın enerji talebini de karşılar**; böylece anabolik metabolizmayı da azaltır ve kalp iskemik dönemde korunmuş olur .

**Hipotermi** sistemik ve topikal olarak uygulanabilir.

Hipoterminin kardiyak korumada temel etkisi, **myokardın bazal metabolik hızında ve oksijen talebinde azalma sağlamasıdır.** Ancak, hipotermi ne kadar derin olursa olsun **hiçbir vakit metabolizmayı sıfıra indiremez.**

**Hipotermi** tek başına myokardal oksijen tüketimini %10 düşürürken, **hiperkalemik kardiyoplejik arrest ile birlikte uygulandığında düşme %97'yi bulmaktadır**. Bu da kardiyoplejinin önemini gösterir. Myokardiyal oksijen tüketimindeki bu azalmanın en fazla kısmı 37º C ile 28º C arasındaki soğutmalarda olur, **28º C'nin altındaki soğutmalar oksijen tüketimini pek fazla düşürememekte üstelik soğutma ile ilgili komplikasyonlara yol açabilmektedir.**

Topikal kardiyak hipotermi, myokard metabolizmasını yavaşlatarak enerji ihtiyacını azaltır. Topikal kardiyak soğutma ile birlikte aralıklı soğuk kardiyopleji uygulanması, elektromekanik olarak hareketsiz ve kansız bir ortam sağlar. Ancak, **topikal soğutmanın membran stabilitesinde azalma, hücre içi kalsiyum sekestrasyonunda artış, azalmış glukoz yararlanımı ve buna bağlı bozulmuş ATP üretimi ve dokuya oksijen alımında azalma gibi olumsuzlukları da vardır**.

Ayrıca, **topikal kardiyak hipotermi** özellikle hipertrofik ventrikülde daha fazla olmak üzere **epikard ile endokard arasında ısı gradienti oluşturur**. Oluşan bu gradient subendokardiyal ve septal tabakalarda hasara neden olabilir ve **hipertrofik ventriküllerde hedeflenen uniform ısı düşmesi de elde edilemeyebilir.** Ayrıca, Topikal hipotermiye bağlı olarak **diyafragmatik sinir hasarı ve subepikardiyal nekroz da gelişebilir.**

Kalbin korunmasında soğutmak **kadar ventrikülü dekomprese etmeninde yararı çoktur.**

**Myokardın oksijen talebini** belirleyen üç faktör vardır: **elektromekanik aktivite, kalp hızı ve duvar gerginliğidir**. Oksijenin çoğu (%95) elektromekanik aktivite esnasındaki aerobik metabolizma için kullanılır. Ana enerji üretimi serbest yağ asitlerinden (%70) sağlanır; geri kalanın %20'si glukoz'dan, %6'sı ise aminasitlerden ve laktat'dan sağlanır.

Kardiyoplejik solüsyonlar(ekstraselüler) hiperpotasemiye bağlı olarak membran potansiyelini depolarize ederek etki gösterirler . Tüm dünyada kardiyoplejik solüsyonun terkibi (kristaloid veya kan kardiyoplejisi olması), uygulama yolları (antegrad, retrograd veya kombine) ve ısısı hakkında **değişik görüşler** vardır. **Hangisinin üstün olduğu halen tartışmalıdır**. Kristaloid kardiyoplejinin viskozitesi daha düşük olduğundan hızlı kardiyak arrest sağlar.

Ancak, kan kardiyoplejisiyle myokardın ultrastrüktürü ve ATP düzeyleri daha iyi korunmaktadır . Kan kardiyoplejisi, oksijen, doğal tamponlayıcı ajanlar, anti-oksidanlar, serbest radikalleri ortamdan uzaklaştıran maddeleri kapsar. Kan kardiyoplejisi ile kalp arrest olduğunda aynı zamanda oksijenlenmekte ve böylece ATP gereksinimi karşılanabilmekte ve yıkım ürünleri uzaklaştırılabilmektedir . Ancak, +4 º C'nin altında da kristaloid kardiyoplejinin daha uygun olduğu bildirilmiştir.

**Sıcak kardiyoplejik** solüsyonlar ile yapılan ameliyatlarda sol ventrikül global fonksiyonunun, klemp kaldırıldıktan sonra daha hızlı normale döndüğü ve kan akışkanlığındaki (viskozite) düzelme ile koroner kan akımının daha iyi olduğu bildirilmektedir. Ayrıca, sarkoplazmik retikulum fonksiyonlarının da daha iyi korunduğu ve Ca-ATPaz enzim aktivitesinin normale yakın seviyelerde tutulabileceği bildirilmektedir .

Kros kaldırılmadan verilen sıcak kan kardiyoplejisinin **(hot shot)** aerobik metabolizmayı düzelttiği ve diyastolik kompliyansı arttırdığı görülmüştür. Bu faydalı etki ısıya dayalı mitokondriyal respirasyon ve ATP oluşumunun daha erken başlamasından dolayı olabilir.

Devamlı sıcak kan kardiyoplejisi uygulanmasıyla myokardın enerji depolarının korunduğu, laktat oluşumunun inhibe olduğu ve aerobik metabolizmanın sürdüğü gösterilmiştir . Sıcak kan kardiyoplejisi, soğuk kan kardiyoplejisine göre myokardı daha iyi korur (ATP sentezi daha etkin ve myokard tüm enzimatik aktivitesini sürdürür). Ancak sıcak kan kardiyoplejisiyle serebral ve renal komplikasyon oluşma riski fazladır.

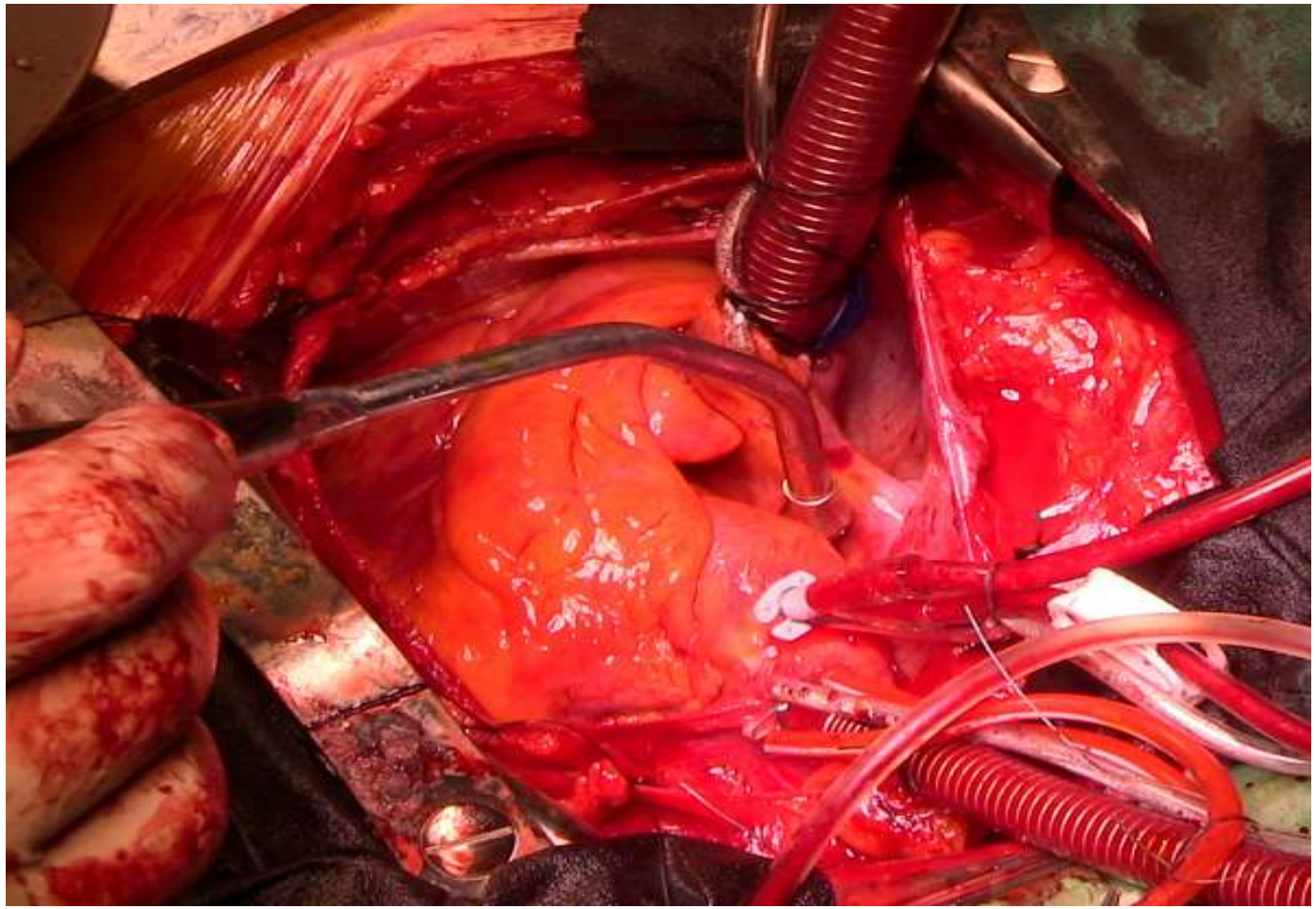
# Antegrad Kardiyopleji uygulaması

Antegrad kardiyopleji kros klemp konduktan sonra asendan aortaya yerleştirilen kanülden  veya aortotomi yapıldıktan sonra direkt sol ve sağ koroner ostiyumlardan verilir. Antegrad kardiyopleji verirken **basınç 70-90 mmHg** arasında olmalıdır. Kardiyoplejinin miktarı kadar verilme süresi de önemlidir. Çünkü kalp verilen solüsyondaki oksijeni dozdan bağımsız olarak belli bir zaman dilimi içerisinde almaktadır.

Aynı dozdaki kardiyopleji **bir dakika içinde verilmesi halinde kalp kandaki oksijenin %20'sinden yararlanırken, 5 dakika içinde verilmesi halindeyse 5 kat daha fazla yararlanabilmektedir.** Bundan dolayı hesaplanan kardiyopleji dozu **en az 3 dakika süreyle verilmelidir.**

İlk 1000 mL pompa kanına **20-30 mEq potasyum klorid ve 10 mEq sodyum bikarbonat ve 1 amp MgSO4 eklenir**. İlk kardiyopleji solüsyonu 10-15 mL/kg dozunda dakikada 250-300 mL olarak en az 3-5 dakika süreyle aort kökünden antegrad olarak verilir. Daha sonra potasyum dozu yarıya düşürülerek 15-20 dakika aralıklarla tekrarlanır.

Kardiyoplejinin seri tekrarları sonucu potasyum düzeyinde yükselme olabileceğinden idame safhasında verilecek olan potasyum dozu 10-20 mEq/L olacak şekilde ayarlanmalıdır



Antegrad kardiyoplejinin totale yakın tıkalı koroner arterlerde bile yeterli koruma sağladığını bildirenlerde vardır . Ancak, hipertrofik ventrikülde, ciddi sol ana koroner lezyonlarında antegrad kardiyopleji yetersiz olabilir. Bu durumda retrograd kardiyopleji  daha uygundur.

# Retrograd Kardiyopleji uygulaması

**Sol ventrikülün hipertrofiye** olduğu hastalarda koroner rezerv ve birim ventrikül kitlesine düşen kan akımı azalmış ve ventrikülün metabolik ihtiyaçları artmıştır. Ayrıca, aort kapak hastalıklarında olduğu gibi **ventrikül duvar kalınlığı ve sol ventrikül diyastol sonu basıncının artması koroner kan akımını sınırlar** ve kardiyoplejinin yetersiz dağılımına neden olabilir . Tüm bunlardan dolayı **aort yetmezliğinde ve darlığında veya kombinasyonunda kardiyopleji verilmesi özel bir dikkat gerektirir.**

Retrograd kardiyopleji verirken koroner sinüs basıncının 60 mmHg'nın üzerinde olması kapillerler ve venüllerde hasara neden olabileceğinden **20-40 mmHg** arasında bir basınçla uygulanmalıdır. Koroner sinüs basıncının 40 mmHg'dan fazla olması perivasküler hemoraji, myokard ödemi ve koroner sinüste yaralanmaya yol açabilir.

Basınçla verilen retrograd kardiyoplejilerde her zaman risk mevcuttur. Retrograd yoldan basınçla kardiyopleji verilirken, kalp üzerinde manipülasyonlar yapılırsa vasküler pasajın okluzyonundan dolayı basınç kaçınılmaz olarak yükselebilir ve zararlı olabilir.

Yer çekimi etkisiyle olan pasif infüzyon myokarda zararlı olacak yüksek bir basınçtan kaçındığından emniyetli ve güvenilir bir yöntem olup, basınç ortalama 20-25 mmHg civarında seyreder. Retrograd kardiyopleji esnasında 200 mL/dak civarında bir akım hızı önerilmiş ise de **100 mL/dak** civarında sürekli bir retrograd kardiyopleji uygulamasının myokardı yeterli derecede koruduğu bildirilmiştir .

Sonuç olarak, **retrograd izotermik kan kardiyoplejisinin** yerçekimine bağlı olarak pasif infüzyonu myokard üzerine aşırı basınç uygulanmasına neden olabilen basınçlı uygulamaların aksine yüksek basınçların olumsuz etkisine neden olmaz ve yeterli myokard koruması sağlar.

Torbaya kan kardiyoplejisi doldurulurken hipotansiyon ve prime volüm eksilmesi görülebileceği, bunun önlenmesi içinde perfüzyonistin düşük seviyede pompayı çevirerek gereksiz yere risk aldığı iddia edilmiştir.

Bu nedenle perfüzyon esnasında fazla volüm ihtiyacı gerektirmeyen **minikardiyopleji** yöntemiyle oksijenatörden alınan ¼ hat ayrı bir pompa başından geçirildikten sonra 50 cm3'lük enjektör pompasına bağlanarak kardiyopleji uygulanması önerilmiştir.

Bu uygulamayla ayrı bir pompa başından ve basınçla kardiyoplej verileceğinden dolayı özellikle retrograd kardiyopleji verilirken manipülasyon yapılırsa komplikasyonlara neden olabileceğini veya gereksiz yere operasyon süresini uzatacağını ve gereksiz masraflara neden olacağını düşünenler de vardır.

**Köpekler üzerinde yapılan deneysel** çalışmalarda retrograd kardiyoplejinin sağ ventrikül serbest duvarını ve interventriküler septumun bazal kısmını yeterli perfüze etmediği görülmüştür . Köpeğin sağ ventrikülü, anterior kardiyak ven ile direk olarak, sağ atriyuma ayrıbir orifis ile açılmaktadır. Bu nedenle köpeklerde retrograd kardiyoplejiyle sağ ventrikül iyi perfüze olmamaktadır . Ancak, insan ile köpeğin anatomik farklılıkları olduğunu da göz önüne almalıyız.

Ekstrasellüler potasyum konsantrasyonunun 10 mmol/L yükselmesi myositlerin istirahat membran potansiyelini -85 mV'dan -65 mV'a kaydırır ki bu seviyede voltaj-bağımlı sodyum kanalı inaktive edilir ve böylece depolarize arreste neden olan myokardiyal aksiyon potansiyelinin iletimi bloke olur. Ekstrasellüler **potasyumun daha da artması** membran potansiyelinin daha fazla depolarizasyonuna neden olacaktır. Buda ısının artmasına ve **kalsiyum yüklenmesine** neden olur.

İstirahat membran potansiyeli  ekstrasellüler potasyum 30 mmol/L civarında iken -40 mV'a ulaşır ki bu durumda L-tip kalsiyum kanalı aktive olacaktır ve kalsiyum aşırı yüklenmesi ve myosit içine kalsiyum akışına yol açacaktır. Böylece eksrasellüler potasyum yüklenmesinin yararlı etkileri nispeten dar konsantrasyon aralığında (10 ile 30 mmol/L aralığında) sıkışacaktır. Halbuki, depolarizasyonun bu seviyelerinde bile diğer iyonik akımlar aktif kalır. **Myosit içine kalsiyum yüklenmesinin artması kontraktüre ve hücre ölümüne neden olur.**

Bundan dolayı hiperkalemik kardiyoplejinin ideal bir kardiyopleji olamayacağı iddia edilmektedir .

Bu nedenle membran depolarizasyonundan ve onun zararlı etkilerinden kaçınmak için non-depolarize arrest sağlayan alternatif kardiyoplejik solüsyonların, hiperkalemik kardiyoplejilerden daha üstün olabileceği düşünülerek araştırmalar yapılmış ve **intraselüler tip,polarize arrest sağlayan ,tek doz kardiyopleji solusyonları geliştirilmiştir.**

Hiperkalemik kardiyopleji solüsyonları içindeki ekstra-sellüler **magnezyumun artmasının** myokardiyal iskemi ve reperfüzyon esnasında kalsiyum aşırı yüklenmesine karşı **koruyucu** olduğu gösterilmiştir.

# İskemi-reperfüzyon hasarı

Kros klemp konduktan ve kros klemp kaldırıldıktan sonra oluşan iskemi- reperfüzyon hasarı kalp cerrahisinde önemli sorunlara yol açmaktadır. İskemi-reperfüzyon hem **serbest radikallerin** salınımına neden olarak hem de renin angiotensin aldosteron sistemi ile trombositler üzerinde aktif rol oynayıp hücresel hasarın artmasına katkıda bulunur.

**İskemik dönemden sonra sağlanan reperfüzyon**, iskemik dokunun canlılığını sürdürmek için gerekliyse de, reperfüzyona bağlı hasarda oluşabilir. Reperfüzyon esnasında **serbest oksijen radikallerinin kalp hücre zarında lipid peroksidasyonu yapması** sonucu oluşan hasar ciddi aritmilere yol açabilir.

Başlıca, reperfüzyon hasarları; **stunning**, **mikrovasküler disfonksiyon** ve **öldürücü reperfüzyon hasarlarıdır.**

Miyositlerdeki sarkoplazmik retikulum,kardiyak siklus sırasında kalsiyum absorbe  edip salan bir sünger gibi davranır.

İskemik hiperkalsemik sistolik arrest “**stone heart”** olarak da bilinir ve hemen hemen geri dönüşü yoktur.

Açık kalp operasyonlarında serbest oksijen radikallerinin (superoksit anyonu, hidroksil radikali ve hidrojen peroksit, vs**)** **ilk salınımı kros klemp kaldırıldıktan sonra olur**. İkinci salınım evresi ise **lipid peroksidasyonu sonucu** oluşan maddelerin bir sonucudur.

**Protamin verilmesinden hemen sonra kompleman tarafından aktive olmuş nötrofiller nedeniyle** oluşur.

Serbest oksijen radikalleri kardiyak sarkoplazmik retikulumun fonksiyonu üzerine direkt negatif bir etkisiyle kardiyak fonksiyonları bozabilirler. Bu **reaktif oksijen türleri yağ asitlerine saldırarak hücrelere sitotoksik** olabilir. Buna bağlı olarak hücre zarlarında **lipid peroksidasyonu, aminoasitlerin oksidasyonu ve tahribi, sulfidril gruplarının oksidasyonu ve polipeptid zincir ayrılmasını da kapsayan proteinlerin reaksiyonu** oluşabilir.

Bu sitotoksik oksijen türlerinin potansiyel kaynakları **ksantin oksidaz** yolu, aktive olmuş **nötrofiller**, mitokondri ve **araşidonik asit metabolizması** olup, iskemi ve reperfüzyon'da serbest radikallerin başlıca kaynağı henüz çözümlenmemiştir.

Kalbin operasyon esnasında yeterli korunamaması nedeniyle oluşan iskemi-reperfüzyon hasarı postoperatif erken dönemde, **yüksek doz inotropik gereksinimine, intraaortik balon pompası kullanımına** neden olabilir.

**Eğer koruma çok yetersiz ise ölüm de kaçınılmazdır.** Hasta yaşasa bile geç dönemde myokardiyal fibrozis oluşumuna neden olabilir.

Myokard iskemisi sırasında yağ asiti metabolizması bozulur ve doku **karnitin** seviyesi azalır. Myokard karnitin sentezi yapamadığından reperfüzyon esnasında karnitin varlığının myokard fonksiyonunda önemli olabileceği için kardiyopleji solüsyonu içine karnitin'de eklenmiştir. Karnitin mitokondride ATP yapımını uyarır ve myokardın enerji ihtiyacını sağlamaya yardımcı olur.

Karnitin gibi, **glutamat ve aspartat'da** mitokondride ATP yapımını uyardığından kardiyopleji solüsyonlarına eklenmektedir. Aspartat ve glutamat mitokondride ATP yapımını stimule eder. Aspartat ve glutamat eklenen kan kardiyoplejisi verilen olgularda **NO(nitrik oksit)** değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur .

NO’nun vazodilatatör etkisi myokardın önemli bir korunma mekanizmasıdır.  Diyastolik kardiyak arrest esnasında glutamat ve aspartat ortamdan uzaklaştığından bu iki aminoasitin kardiyoplejiye eklenmesinin metabolik düzelme sağlayacağı varsayılmıştır.

# Başvurulan Kaynaklar

İSTANBUL
GELİŞİM
ÜNİVERSİTESİ

Katılımınız İçin

# Teşekkür Ederiz.

www.gelisim.edu.tr

gelisimedu igugelisim