



**TÜRK ÇOCUK ACIL TIP
VE YOĞUN BAKIM
DERNEĞİ**

POSTOPERATİF PEDIATRİK KARDİYAK YOĞUN BAKIM PROTOKOLÜ 2025

Hazırlayanlar

Prof. Dr. Ayşe Berna Anıl
Uzm. Dr. Gökçen Özçifçi
Doç. Dr. Merve Havan
Doç. Dr. Filiz Yetimakman
Doç. Dr. Mehmet Çeleğen
Doç. Dr. Nagehan Aslan
Prof. Dr. Mehmet Boşnak
Prof. Dr. Murat Kanğın
Prof. Dr. Tanıl Kendirli

Katkıda Bulunanlar: Prof. Dr. Oğuz Dursun, Prof. Dr. Dinçer Yıldızdaş

Türk Çocuk Acil Tıp ve Yoğun Bakım Derneği Pediatrik Kardiyak Yoğun Bakım Çalışma Grubu

© 2024 Türk Çocuk Acil Tıp ve Yoğun Bakım Derneği

İzin alınmadan kopyalanamaz, kullanılamaz.

DİKKAT: Bu protokolda yer alan bilgiler bir hekimin profesyonel görüşünün yerine geçmez; tanı veya tedavi için tek başına kullanılamaz; sadece genel bilgi amacıyla verilmektedir.

İçindekiler

1. Giriş
2. Preoperatif Hasta Değerlendirilmesi
3. Ameliyathaneden Çocuk Yoğun Bakım Ünitesine Transport
4. Operasyon Sonrası Çocuk Yoğun Bakım Ünitesine Hasta Kabulü
5. Postoperatif Dönem Çocuk Yoğun Bakımda Hasta Takibi
6. Postoperatif Kardiyopulmoner Etkileşimler ve Mekanik Ventilasyon
7. Postoperatif Sedasyon ve Analjezi
8. Postoperatif Komplikasyonlar ve Yönetimi
9. Kaynaklar

Giriş

Konjenital kalp hastalığı (KKH), kalbin yapısal ve fonksiyonel hastalıklarını kapsamaktadır. Yaşamla bağdaşmayan kusurlar nedeniyle fetal kayıplar ve yaşamın erken döneminde asemptomatik kalan bazı kalp lezyonları (biküspid aort kapağı ve patent duktus arteriozus) nedeniyle gerçek insidansı tam bilinmemekle birlikte yaklaşık %1 prevalans ile en yaygın konjenital anomali grubunu oluşturmaktadır.

Siyanotik KKH: Intrakardiyak veya ekstrakardiyak şant yoluyla sistemik dolaşımda oksijensiz kanın dolaşmasına izin veren lezyonları içerir.

Duktus bağımlı KKH: Pulmoner veya sistemik kan akışını sağlamak veya paralel dolaşım [büyük arter transpozisyonu (BAT)] arasında oksijenli ve oksijensiz kanın yeterli miktarda karışımını sağlamak için patent duktus arteriozusa (PDA) bağımlı olan KKH'leri kapsar.

Kritik KKH: Yaşamın ilk yılında cerrahi veya kateter bazlı müdahale gerektiren lezyonları kapsar. Bu kategori, duktus bağımlı ve siyanotik lezyonların yanı sıra yenidoğan döneminde operasyon gerektirmeyen ancak yine de yaşamın ilk yılında müdahale gerektiren büyük bir ventriküler septal defekt (VSD) veya atriyoventriküler septal defekt (AVSD) gibi KKH formlarını içerir. Kritik KKH, tüm KKH'lerin yaklaşık olarak %25'ini oluşturur.

Son yıllarda, KKH'de teşhis, perioperatif izlem, kardiyak kateterizasyon, kardiyopulmoner bypas (KPB) teknikleri ve minimal invaziv prosedürlerde önemli gelişmeler olmuştur. Operasyon olacak hastalarda cerrahi programın başarısı için preoperatif dönemden başlayarak özenle belirlenmiş bir bakım planı ve multidisipliner ekip çalışması esastır. Bu süreçte postoperatif dönem çocuk yoğun bakım (ÇYB) takibi de çok önemlidir.

Preoperatif Hasta Değerlendirilmesi

Preoperatif bakımda öncelikle kardiyopulmoner bozukluğun boyutu, hava yolu anormallikleri ve ilişkili ekstrakardiyak konjenital anomalilerin de değerlendirildiği ayrıntılı bir öykü ve fizik muayene gereklidir.

İdeal bir preoperatif bakım şunları içerir:

1. İlk stabilizasyon, hava yolu yönetimi ve yeterli vasküler erişimin sağlanması
2. Anatomik defektlerin tam ve kapsamlı olarak noninvaziv yöntemle (ekokardiyografi) değerlendirilmesi ve miyokard fonksiyonunun ne derecede etkilendiğinin belirlenmesi
3. İkincil organ hasarının (özellikle beyin, böbrekler ve karaciğer) değerlendirilmesi ve tedavisi
4. Gerekirse kardiyak kateterizasyon
 - a. fizyolojik değerlendirme
 - b. balon atriyal septostomi veya valvotomi gibi girişimsel prosedürler
 - c. ekokardiyografi ile görülemeyen anatomik lezyonların [sağlam ventriküler septumlu pulmoner atrezide koroner arter dağılımı veya pulmoner atrezili fallot tetralojisinde (TOF) aortikopulmoner kollateraller] belirlenmesi.

Preoperatif dönemde çocuk kalp damar cerrahisi, çocuk kardiyoloğu, çocuk yoğun bakım uzmanı, anestezi uzmanı, özel durumlarda ise diğer branş uzmanları, perfüzyonist ve organ nakil koordinatörlüğünün katıldığı bir konsey yapılmalıdır. Bu konseyde hastanın tıbbi öyküsü, lezyonun anatomisi, ekokardiyografi bulguları, anjiyografi görüntüleri, öncelikler, uygun zamanlama, ameliyathane ve ÇYB uygunluğu, cerrahi yöntem, olası komplikasyonlar ve operasyon sonrası hedefler değerlendirilmelidir.

Preoperatif Tetkikler

- Telegrafi/Akciğer grafisi ile kalp boyutu, pulmoner vasküler yatak, hava yolu ve konsolidasyon veya atelettazi alanları değerlendirilir.

- Elektrokardiyogram (EKG) ile ritim bozuklukları ve ventriküller üzerindeki fizyolojik olmayan basınç veya hacim yüklerini gösteren bulgular (ST ve T dalgası değişiklikleri) değerlendirilir.

- Laboratuvar tetkikleri (tam kan, biyokimya, akut faz reaktanları, koagülasyon parametreleri) ve özellikle kalp yetmezliği ve tedavisinden kaynaklanabilecek elektrolit anormallikleri operasyon öncesinde değerlendirilmelidir (Tablo 1).

- Hastanın alerji öyküsü ve kullandığı ilaçlar (digoksin, aspirin, klopidogrel, ACE inhibitörleri) dikkatlice gözden geçirilmeli ve perioperatif dönem göz önünde bulundurularak hastanın medikal tedavisi tekrar düzenlenmelidir. Bu hastalarda akut böbrek hasarı daha sık oluşabileceğinden, renal fonksiyonların ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi önemlidir.

- Küçük çocuklarda intrakardiyak anatomik özellikler ekokardiyografi ile belirlenir. Bununla birlikte, ekokardiyografi ve doppler tekniklerinin mevcut sınırlamalarının farkında olunmalıdır. Ekokardiyografi, distal pulmoner arter stenozunu görüntüleme ve sağ ventrikülden pulmoner artere giden dar kanal gibi uzun segmentlerdeki gradientleri değerlendirmede güvenilir olmayabilir. Atrioventriküler (AV) kapak yetersizliğinin derecelendirilmesi subjektif olabilir, kantitatif olmayabilir. Transtorasik ekokardiyografinin doğruluğu, obez hastalarda, daha büyük çocuklarda ve bazı postoperatif hastalarda yetersiz görüntüleme nedeni ile sınırlanabilir. Bu hastalarda transözofageal veya epikardiyal ekokardiyografinin kullanılması yardımcı olabilir. Ek olarak, üç boyutlu ekokardiyografinin kullanımı, kapak yetersizliği mekanizmasının tanımlanması veya karmaşık anatomik özelliklerin görselleştirilmesinde faydalıdır. Anatomik defektlerin ekokardiyografik tanısı, basınç gradientleri ve kapak fonksiyonunun doppler ölçümleri ne kadar iyi olursa olsun, diğer klinik bilgiler belirsiz veya çelişkili olduğunda fizyolojinin değerlendirilmesi için standart yöntem kalp kateterizasyonudur.

- Kateterizasyon ile anatomik lezyonların değerlendirilmesi, pulmoner kan akımının sistemik kan akımına oranı (Qp:Qs), şant ve ventilasyon perfüzyon uyumsuzluğunun belirlenmesi, sağ ve sol kalp için sistemik ve pulmoner arter basınçlarının karşılaştırılması, şantlardaki basınç gradientlerinin ölçümü, anjiyografik veriler, ventrikül duvar hareketleri, büyük damarlar ve kalp boşluklarındaki kan akışı modellerinin ve pulmoner hipertansiyonunun (PH) değerlendirilmesi sağlanır.

- Günümüzde KKH değerlendirilmesinde magnetik rezonans görüntüleme (MRG), MRG anjiyografi ve EKG ile senkronize MRG (EKG gated MRG) kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle ventrikül hacimleri, kapak yetersizlikleri, kalp ve büyük damarlardaki kan akışı ölçülür. Ayrıca, ekstrakardiyak vasküler anatominin daha iyi tanımlanması ve önceki skar dokusunun değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

Operasyon Öncesi Hazırlık

KKH, bazı durumlarda karmaşık ve kategorize edilmesi zor olabilir. Bazı hastalarda izole lezyonlar görülse de birçoğunda birbiriyle ilişkili birden çok lezyon vardır. Bu nedenle preoperatif dönemde hastaların cerrahi riski, prognoz ve mortalite tahmini için skorlamalarının yapılması önemlidir.

Skorlama Sistemleri: KKH yönetiminde hastanın mevcut hastalığının ve yapılacak cerrahi işlemlerin değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli skorlama sistemleri mevcuttur ve merkezler farklı skorlama sistemlerini kullanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan skorlar:

- **RACHS-1 (Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery) Skoru:** Cerrahi prosedürlerin karmaşıklığını ve risk düzeyini belirlemek için kullanılır. Altı kategoriden (kategori 1-6) oluşan skorda, cerrahi müdahalenin türüne ve karmaşıklığına göre hafiften yüksek riskli prosedürlere doğru skorlama kategorisi artar. Bu kategorilere göre beklenen mortalite oranları tahmin edilir. RACHS skoru, hastanelerin ve cerrahi ekiplerin performanslarını değerlendirmek ve farklı prosedürler arasında karşılaştırma yapmak için de kullanılır.
- **STAT Mortalite Skoru (The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database) Mortalite Skoru:** KKH'lerin cerrahi müdahalelerinin mortalite riskini tahmin etmek için kullanılır. RACHS skoruna benzer şekilde, cerrahi prosedürleri belirli risk kategorilerine ayırır.
- **Aristotle Comprehensive Complexity (ACC) Skoru:** Aristotle Basic Complexity (ABC) skorunun daha kapsamlı bir versiyonudur. Cerrahinin yanı sıra, hastanın önceden mevcut olan durumları (komorbiditeler), prosedürle ilgili ek zorluklar ve cerrahın deneyimi gibi faktörleri de içerir.

Değerlendirmede her bir anatomik kusurun yönetimini ayrı ayrı belirlemeye çalışmak yerine, patofizyolojik mekanizmalar açısından bir yaklaşımda bulunmak benimsenmelidir. Bu yaklaşımda preoperatif ve postoperatif dönemde karşılaşılabilecek ana problemler belirlenmeli, aşağıdaki ana sorunlar değerlendirilmeli ve tedavileri preoperatif dönemden başlanılarak planlanmalıdır.

- Şiddetli hipoksemi,
- Aşırı pulmoner kan akımı ve pulmoner hipertansiyon,
- Konjestif kalp yetmezliği (KKY), sol kalpten kan akışının engellenmesi (art yükün artması) ve zayıf ventriküler fonksiyon

Preoperatif dönemde aile; lezyonun yapısı, cerrahi gereksinim ve oluşabilecek tüm komplikasyonlar hakkında ayrıntılı şekilde bilgilendirilmeli ve aileden aydınlatılmış onam cerrahi ekip tarafından alınmalıdır. Hasta operasyon öncesinde tekrar değerlendirilmeli ve ekokardiyografi tekrar edilmeli, ÇYB ekibi tarafından da görülmelidir. Operasyon öncesi hastanın ne zaman hastaneye yatırılacağı hastanın klinik durumuna göre ayarlanmalıdır. Uzun yatış sürelerinde hastane florası ile kontaminasyon riski gözardı edilmemelidir. Hastanın pulmoner hipertansiyonu varsa buna yönelik tedavi devam edilmelidir. Hasta için uygun kan ürünü hazırlığı cerrahi ekip ile görüşülerek önceden yapılmalıdır.

Tablo 1. Operasyon öncesi yapılması gereken rutin tetkikler

Laboratuvar	Kan grubu Hemogram (gerekirse periferik yayma) Elektrolitler Böbrek fonksiyon testleri Karaciğer fonksiyon testleri Koagülasyon parametreleri (INR, PT, aPTT, Fibrinojen) HIV ve hepatit markerları, β HCG (>12 yaş, kız hasta) Tiroid fonksiyon testleri (Down sendromu)
Kardiyak tetkikler	EKG Ekokardiyografi
Görüntüleme	Telegrafi, Akciğer USG
Spesifik çalışmalar (gerektiğinde)	Kalp kateterizasyonu MRG, MRA

(EKG: elektrokardiyogram, HIV: insan immün yetmezlik virüsü, INR: uluslararası normalleştirilmiş oran, PT: protrombin zamanı, aPTT: aktif parsiyel tromboplastin zamanı, MRG: manyetik rezonans görüntüleme, MRA: manyetik rezonans anjiyografi)

Kalp operasyonları gibi büyük cerrahi işlemler, enfeksiyon açısından yüksek risk taşır. Operasyon öncesinde **sefazolin** veya **sefuroksim** gibi geniş spektrumlu sefalosporin grubu ilaçların başlanması tercih edilir. Uygulama zamanı cerrahiden **30-60 dakika öncedir**. Eğer hastada metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) taşıyıcılığı tespit edilmişse veya hasta yüksek risk grubundaysa, **vankomisin** ve intranasal mupirosin kullanılabilir. Vankomisin gibi ilaçların infüzyonu daha uzun sürdüğünden, bu antibiyotikler cerrahiden yaklaşık **60-120 dakika önce** başlanmalıdır. Mupirosin, nazal sürüntü kültürü pozitif çıkan veya yüksek risk grubunda [sıralı operasyon gereksinimi olan hastalar (hipoplastik sol kalp sendromu, girişimsel kardiyolojik işlemler), daha önce çoklu hastane yatışı olan hastalarda mevcut hastane kontaminasyonu] olan hastalarda nazal taşıyıcılığı azaltmak için kullanılır. Operasyondan önce başlanıp genellikle beş gün süreyle günde iki kez kullanılır.

Cilt temizliği, enfeksiyon riskini en aza indirmek için son derece önemlidir. Operasyondan bir gün önce tüm vücut banyo yapılmalı, antibakteriyel sabunla cerrahi alan temizlenmelidir. Operasyon sabahında cerrahi alanın tekrar temizlenmesi ve gerekli durumlarda tekrar banyo yapılması gerekebilir. Cerrahi alanın tıraşı gerekli olduğunda genellikle ameliyathanede yapılır. Evde tıraş yapılması ciltte küçük kesilere neden olabilir ve enfeksiyon riskini artırabilir. Hastanın tırnakları kesilmiş ve temiz olmalıdır. Operasyon öncesi cilde herhangi bir losyon, krem veya yağ uygulanmamalıdır, bu ürünler antiseptik solüsyonların etkisini azaltabilir.

Oral alımın kesilme süresi, hastanenin veya cerrahi ekibin protokollerine göre belirlenmelidir. Operasyon öncesinde hastalar ve aileleri, bu konuda net talimatlar almalıdır. Katı gıdalar genellikle **operasyondan 6-8 saat önce**, şeffaf sıvılar (su, elma suyu, berrak çay gibi) genellikle operasyondan **2 saat önce**, süt ve süt ürünleri operasyondan 6 saat önce, anne sütü operasyondan 4 saat önce, formül mama alımı ise **operasyondan 6 saat önce** kesilmelidir. Diyabet gibi özel durumu olan hastalarda, oral alım ve insülin/hipoglisemik ilaçlar için özel bir plan yapılmalıdır.

KKH olan hastalarda operasyon öncesi premedikasyon uygulanması kaygıyı hafifletebilir. Uygun olan hastaların anne kucağında transportu ve gerekli görülen hastalarda ise preoperatif dönemde sedasyon (benzodiazepin) kullanılabilir.

Bu süreçte kateter takılması, cerrahi sırasında ve sonrasında hastanın izlenmesi ve tedavisi için gerekli olan önemli bir adımdır. Cerrahi ekibin kararı doğrultusunda, hangi tip kateterin kullanılacağı (santral venöz kateter, arteriyel kateter) ve nereye yerleştirileceği operasyon bölgesi ve olası komplikasyonlar gözönünde bulundurularak belirlenir. Postoperatif dönem inotrop ve çoklu ilaç kullanımı göz önünde bulundurularak santral venöz kateterin lümen sayısının fazla olması tercih edilir.

Operasyon sırasında çocuk yoğun bakım ünitesinde (ÇYBÜ) hasta için oda hazırlığı (monitör, mekanik ventilatör, intravenöz sıvı perfüzörleri, kan transdüser setleri, ısıtma-soğutma battaniyeleri ve gerekli durumlarda nitrik oksit cihazı) yapılmalıdır.

Ameliyathaneden Çocuk Yoğun Bakım Ünitesine Transport

Kardiyak müdahale geçirmiş çocukların, transport sırasında yaşanabilecek hemodinamik ve ventilasyondaki değişikliklerden etkilenme olasılığı daha yüksektir; bu hastalardaki hızlı fizyolojik bozulma potansiyeli, deneyimli personel tarafından yakın izlemi gerektirmektedir. Bu hastaların transportunda multidisipliner bir yaklaşımla sağlık ekibinin (kalp cerrahisi, anestezi uzmanı ve ameliyathane transport hemşiresi) koordinasyonu gereklidir.

- Operasyon bitmeden önce ÇYB ekibi hastanın klinik durumu ve aldığı medikasyon [intravenöz sıvı, inotrop ilaçlar, nitrik oksit tedavisi, ekstrakorporeal membran oksijenizasyonu (ECMO)] açısından bilgilendirilmeli ve ÇYBÜ hastanın bu ihtiyaçlarına hazırlıklı olmalıdır.
- Operasyon odasından ÇYBÜ'ye standardize edilmiş bir devir teslim yapıldığında, bakım başarısızlıkları azalır. Bu nedenle merkezin standardize edilmiş bir transport protokolü olmalıdır.
- Transportta kullanılan perfüzörler standardize edilmiş olmalı; vazoaaktif, inotrop, inodilatör ilaçlar için ortak bir dil oluşturulmalı ve bu ilaçların kesintisiz bir şekilde devam etmesi sağlanmalıdır. Özellikle vazoaaktif ve inotrop ilaç tedavisi alan hastaların transfer süresince hemodinamik instabilite yaşamaması için perfüzörlerin ameliyathane ile uyumlu olması ve ilaç dozlarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle hasta ameliyathaneden mümkünse ÇYBÜ'nün perfüzör cihazları ile

alınmalı, transport sırasında perfüzör değişimi yapılmamalı, tedavinin devamlılığının sağlanması konusunda dikkatli olunmalıdır.

- Hastalar transport sırasında titizlikle monitörize edilmelidir. Sürekli elektrokardiyogram veya ritim takibi, kalp hızı, oksijen satürasyonu (SpO₂), genellikle invaziv kan basıncı, vücut sıcaklığı, gerekli durumlarda end-tidal karbondioksit (EtCO₂) ölçümü ve transport ventilatör kullanılmalıdır.
- Manuel modda çalıştırılabilen, ideal olarak transtorasik pacing özelliği olan, bir defibrilatörün transport sırasında kullanılması önerilmektedir.
- Transport sırasında acil durumlarda hava yolu, solunum ve dolaşımı yönetmek için hastanın yaşına uygun malzemeleri içeren standart bir acil çantası mevcut olmalıdır.

Operasyon Sonrası Çocuk Yoğun Bakım Ünitesine Hasta Kabulü

Hasta mümkünse ameliyathaneden ÇYB yatağı ile getirilmelidir. ÇYBÜ'ye alındıktan sonra ayrıntılı bir postoperatif değerlendirmenin yapılması zorunludur ve tedavi buna göre belirlenir. Operasyon sonrası hastanın değerlendirilmesi muayene, monitörizasyon, vital bulguların takibi ve görüntülemeye dayanır. Hasta stabilize edildikten sonra, devir: herkesin duyabileceği şekilde ÇYB uzmanı, hemşiresi, anestezi ve kalp damar cerrahisi uzmanının katılımı ile yapılır. Burada ÇYB ekibinin operasyonla ilgili aşağıda verilen bilgileri ayrıntılı şekilde devralması gereklidir.

- Anestezi bilgisi, tipi ve seyri
- Anestezi komplikasyonları
- Aldığı ilaçlar (inotrop, vazodilatör ilaç), dozları ve süresi
- KPB süresi, hipotermik arrest süresi, kros-klemp süresi, uygulanan kardiyopleji türü
- KPB'den ayrılırken sorun yaşanıp yaşanmadığı, mevcut durum, hemodinamik stabilite
- Operasyon sırasında aritmi gelişip gelişmediği
- İntravenöz sıvı ve kan ürünü desteği ve miktarı, tahmini kan kaybı miktarı
- Pansumanlar, tüp, drenler, cerrahi bölgelerin durumu ve gelen sıvı miktarı
- Cerrahi komplikasyonlar ve müdahaleler, kardiyak arrest olup olmadığı
- İntraoperatif yapılan transözofageal ekokardiyografi sonucu
- Uygulanmış cerrahi yöntemin şekli, gerekirse cerrahi grafik resim

Kardiyak Bypass süresi: Kanın yabancı yüzey ile temas ettiği süredir, sistemik inflamatuvar yanıt ile ilişkilidir.

Kros-klemp (Cross-clamp) süresi: Miyokardın iskemik kaldığı, iskemi-reperfüzyon hasarı nedeni ile fonksiyon bozukluğu riski olan zamandır.

Kardiyopleji: Kalbi hızlı bir şekilde diastolde durdurma işlemidir. İskemi reperfüzyon hasarına karşı güvenli bir koruma sağlamak amacıyla solüsyon verilerek uygulanan bir işlemdir.

Arrest süresi: Vücuda kalp tarafından kan akımının sağlanmadığı süredir.

Hasta ÇYBÜ'ye kabulden sonra hızlı bir şekilde monitörize edilmeli ve stabilizasyon sağlanmalıdır. ÇYBÜ'ye kabulden sonra hastaların:

- Hemodinamik fonksiyonları, kalp, akciğer, böbrek, karaciğer ve merkezi sinir sistemi gibi hayati organları sürekli izlenmelidir.
- Normalden sapmalar belirlendiğinde, normal işlevi geri getirmek için hızlı ve uygun müdahalelerin uygulanması gereklidir.

Operasyon sonrası yapılması gereken rutin işlemler Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Operasyon sonrası yapılması gereken rutin işlemler

Hızlı monitörizasyon ve stabilizasyon	Kalp hızı ve ritmi monitörizasyonu SpO ₂ ölçümü Vücut sıcaklığı Arter kan basıncı monitörizasyonu (Mümkünse invaziv kan basıncı ölçümü), Alt-üst ekstremitel basınç farkının (aort koarktasyonu) değerlendirilmesi Santral venöz basınç (SVB) ölçümü EtCO ₂ ölçümü NIRS (near-infrared spektroskopi) monitörizasyonu
Fizik muayene	Hastanın bilinç durumunun ve ışık refleksinin değerlendirilmesi Sedasyon ve analjezi ihtiyacının değerlendirilmesi Vital bulguların yaşa ve altta yatan duruma uygunluğunun değerlendirilmesi ve buna göre aldığı vazookatif tedavilerin ayarlanması
	Solunum muayenesi a) Solunum seslerinin değerlendirilmesi Entübe ise; b) Entübasyon tüpünün yerinde olup olmadığının ve mekanik ventilatör ile uyumun değerlendirilmesi c) Her iki akciğerin havalanmasının kontrol edilmesi buna göre entübasyon tüpünün numarası ve seviyesinin değerlendirilmesi d) Patolojik solunum seslerinin değerlendirilmesi
	Kardiyovasküler sistem muayenesi a) Kalp seslerinin değerlendirilmesi (aritmi, üfürüm, derinden gelen kalp sesi) b) Kalp hızı ve ritmi, pace gereksinimi, pace varsa ayarları, pilleri ve tellerin yalıtımı kontrol edilmeli c) Santral ve periferik nabızların ayrıntılı muayenesi d) Kapiller dolum zamanının değerlendirilmesi e) Santral-periferik ısı farkının değerlendirilmesi
	Batın muayenesi a) Organomegalinin (özellikle hepatomegali) değerlendirilmesi b) Bağırsak seslerinin değerlendirilmesi (Özellikle Aort koarktasyonu operasyonlarından sonra) c) Distansiyon, ödem açısından değerlendirme
	Cilt ve Ekstremiteler a) Patolojik muayene bulgusu (siyanoz, soğuk-suluk, benekli görünüm) açısından değerlendirilmesi
İnvaziv aletlerin kontrol edilmesi ve stabilizasyonu	a) Nazogastrik sonda b) Foley sonda c) Arter kateteri d) Santral venöz kateter e) Göğüs tüpü, drenler f) Pace telleri

Laboratuvar tetkikleri	a) Kan gazı (laktat, iyonize kalsiyum) b) Hemogram c) Böbrek ve karaciğer fonksiyon testleri d) Kan şekeri, elektrolitler ve albumin e) Koagülasyon parametreleri (PT, aPTT, d-Dimer, fibrinojen) f) Kardiyak markerlar (troponin, BNP) (Lüzum halinde) g) Tam idrar tetkiki
Görüntüleme	PA akciğer grafisi (pnömotoraks, hemotoraks, atelektazi, ETT yeri) Toraks Ultrasonu (POCUS)
Kardiyak değerlendirme	Elektrokardiyogram (12 veya 15 derivasyonlu), ekokardiyografi

Postoperatif Dönem Çocuk Yoğun Bakımda Hasta Takibi

Bu hastalarda yüksek morbidite ve mortalite riski nedeniyle uygulanan cerrahi prosedür kadar postoperatif izlem süreci de önem arz etmektedir. Özellikle cerrahi sonrası ilk 24 saat en riskli ve en yakın takip gerektiren dönemdir. Kanama, ritim bozuklukları, ani hemodinamik değişimler, solunum yetmezliği gibi hayatı tehdit eden komplikasyonlar bu dönemde görülebilir. Tüm komplikasyonların erken saptanması ve doğru yönetimi çok önemlidir. Deneyimli hemşire ve doktor tarafından tekrarlanan dikkatli klinik gözlemlerin, tüm izlem sürecinde temel olduğu akılda tutulmalıdır. Bu hastaların izlem ve tedavisi, multidisipliner bir ekiple ortaklaşa yapılır. İzlem cihazları belirsiz sonuçlar gösterdiğinde, dikkatli bir klinik muayene genellikle sorunu çözer.

Postoperatif klinik seyir, olağan iyileşme beklentisinden sapıp komplike bir hal aldığına, ilk yapılması gereken preoperatif tanının doğruluğunu ve cerrahi onarımın yeterliliğini doğrulamaktır. Örneğin, Fallot Tetralojisi (TOF) cerrahi onarımından sonra asidoz, hipotansiyon ve siyanoz gelişimi; KPB'nin iskemi/reperfüzyon hasarına veya geçici bir durum olan sağ ventrikülün postoperatif restriktif fizyolojisine (gevşeme/uyum bozukluğu) bağlı olabilir. Bu aşamada ayrıca, operasyon öncesinde tespit edilmemiş ve bu nedenle kapatılmamış ek bir VSD'nin varlığı, cerrahi yama çevresinde rezidü bir VSD veya sağ ventrikül çıkış yolu darlığı olabileceği de düşünülmelidir. Bu durumda doğru bir postoperatif değerlendirmenin yapılması zorunludur ve tedavi buna göre yapılır. Tanının doğruluğu ve onarımın yeterliliği saptandıktan sonra hastada Düşük Kardiyak Debi Sendromu (DKDS) düşünülmeli ve tedavi ona göre düzenlenmelidir. Ciddi sağ ventrikül bozukluğu ve pulmoner hipertansiyon varlığında selektif pulmoner vazodilatasyon sağlayan inhale nitrik oksit tedavisi başlanabilir. Postoperatif hastada kardiyak debiyi desteklemek için dengeli bir tedavi düzenlemek esas hedef olmalıdır.

Postoperatif normoterminin sağlanması, mümkünse erken ekstübasyon, erken enteral beslenme, kateter, tüp ve drenlerin mümkün olduğunca çabuk çıkarılması, erken mobilizasyon, mümkünse opioid dışı ilaçların kullanılması, deliryum monitörizasyonu ve önlenmesi, tüm süreçlerin prognoz açısından takibi esastır.

Postoperatif akciğer grafisi ile kardiyomegali, mediasten genişliği, pulmoner vaskülarite, atelektazi, pnömotoraks, efüzyon varlığı ve endotrakeal tüpün, nazogastrik sondanın, göğüs ve mediasten tüpünün, santral venöz kateterin yerleri değerlendirilmelidir.

Drenlerden gelen miktar ve gelen sıvının özelliği (hemorajik, serohemorajik, seröz, şilöz) ve foley sondadan gelen idrar miktarı yakından (saatlik) takip edilmelidir. Postoperatif dönemde cerrahi alan, kateter ve dren bölgeleri sık aralıklarla (en fazla 48 saat arayla) kontrol edilmelidir ve enfeksiyonun önlenmesi için mümkün olan en kısa sürede dren, sonda ve kateterler çıkarılmalıdır. Drenler çekildiğinde akciğer grafisi çekilmelidir. Pansumanlar cerrahi ekip ile birlikte takip edilmeli, enfeksiyon açısından kontrol yapılmalıdır.

Hastanın alınan ilk kan tetkiklerinden sonra ikinci saat hemogram ve kan gazı, klinik duruma göre 4. veya 6. saatte kan gazı (laktat, iyonize kalsiyumu içeren), hemogram, biyokimya, koagülasyon (d-Dimer ve fibrinojen dahil) tetkikleri alınmalıdır. Yine duruma göre 4-6 saat ara ile gerekli kan tetkikleri tekrarlanmalıdır.

Ekstrakorporeal Membran Oksijenizasyonu (ECMO)

KPB'den ayrılmada başarısızlık, DKDS veya operasyondan sonraki ilk günlerde konvansiyonel tedaviye yanıt vermeyen şiddetli hipoksemi ve ekstrakorporeal kardiyopulmoner resüsitasyon (ECPR) durumunda ECMO başlatılır. Santral kanülasyon, KPB'den ayrılma başarısız olduğunda operasyon sırasında tercih edilir. Bu durumda devreyi mevcut kanüllere bağlamak genellikle basit bir işlemdir. Uzun süreli ECMO desteği bekleniyorsa, periferik kanülasyon önerilir. Bu, daha güvenilir bir destek sunar, kanama riskini azaltır ve göğsün kapatılmasını sağlar.

Özellikle önemli kanama durumlarında düşük veya hiç heparin kullanılmadan ECMO çalıştırma protokolleri kullanılabilir. ECMO devresinin kısa, minimum bağlantılı olması trombojeniteyi en aza indirmeyi amaçlar. Kanama durumunda, agresif ürün yönetimi tromboelastogram tarafından yönlendirilmelidir. Hastaların yaklaşık %60'ı ECMO'dan başarılı bir şekilde ayrılmasına rağmen, genel olarak %50 civarında yüksek bir hastane içi mortalite vardır. En sık görülen komplikasyon kanamadır. Hemodinamik instabilite ve ECMO'dan ayrılma zorluğu durumunda rezidü lezyonlar tespit edilip cerrahi veya kateter bazlı prosedürlerle onarılmalıdır. Kateterizasyon, ekokardiyografi ile ECMO'dan ayrılma başarısızlığının nedeni bulunamadığı durumlarda yapılmalıdır.

Monitörizasyon

Elektrokardiyografik monitörizasyon

Elektrokardiyografi (EKG), İdeal olarak 24 saatlik gerçek zamanlı bellek işlevine sahip, üç uçlu (lead) elektrokardiyografik monitörizasyon zorunludur. Aritmi ve bradi/taşikardinin erken tespitine olanak sağlar. Şüphelenilen herhangi bir patolojide 12 lead EKG kaydedilir.

Atriyal EKG, genellikle intraoperatif olarak yerleştirilen geçici kalp pilinin ilgili transkutanöz uçları veya özofageal EKG probu aracılığıyla elde edilebilir. Unipolar veya bipolar bir atriyal EKG, yatak başı EKG monitörünün beşli portunu veya 12 uçlu bir EKG makinesini kullanarak elde edilebilir. Teller, tanımlanamayan bir ritimde, yüzey EKG'sinde P dalgası belirsiz veya gizlenmiş olduğunda atriyal elektriksel aktiviteyi tespit etmeyi sağlar. Atriyal EKG'ler, QRS kompleksine göre P dalgasını daha belirgin hale getirerek P dalga-QRS kompleksi arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılır. Atriyal disritmilerin tanısında atriyal EKG kullanmanın, standart EKG kaydını kullanmaktan daha doğru olduğu gösterilmiştir.

Nabız Oksimetresi

Nabız oksimetresi, hastada klinik olarak siyanoz görülmeden önce hipoksiyi tespit eder. Nabız oksimetresinin kullanımında ana kısıtlamalar şunlardır: %80'in altındaki satürasyon değerlerinde nabız oksimetrelerinin yüksek hata potansiyeli vardır. Siyanotik KKH'lerde palyatif girişimlerle şantın devam ettiği hastalarda SpO₂ %75-85 arasında beklenir. Nabız oksimetresinin değeri her zaman kan gazı PaO₂ analizleriyle karşılaştırılmalı ve daha çok bir trend göstergesi olarak değerlendirilmelidir. %90-95'in üzerindeki satürasyonlarda, oksijen dissosiyasyon eğrisi düzleşir, bu nedenle PaO₂'deki büyük değişiklikler nabız oksimetrede küçük değişikliklere neden olur. Nabız oksimetresi ile hiperoksi tespit edilemez. Bu gerçek, hastalarda hiperoksiyi önlemede göz önünde bulundurulmalıdır.

Kan Basıncı İzlemi

Noninvaziv kan basıncı ölçümünün doğruluğu, doğru manşon boyutuyla ilişkilidir. Eğer manşon küçük ise kaydedilen basınç yanlışlıkla yüksek olacaktır, eğer büyükse düşük ölçülebilir. Şişirilebilir balonun genişliği, ekstremite çevresinin yüzde 40'ı olmalı, uzunluğu ise genişliğinin iki katı olmalıdır. Noninvaziv kan basıncı izlemi, düşük kardiyak debi, hipotansiyon, kan basıncında atımdan atıma değişim gösteren

aritmler, vazokonstrüksiyon ve ciddi ödem olan hastalarda yetersizdir. Bu nedenle, KPB sonrası hastalarda, invaziv arteriyel kan basıncı ölçümü zorunludur.

Sistemik arteriyel kan basıncının sürekli izlenmesini sağlamak ve aralıklı arteriyel kan gazı analizi yapmak için intraarteriyel kateter kullanılır. Sıklıkla radial ve femoral arterler kullanılır. Gerekirse dorsalis pedis ve posterior tibial arterler de kullanılabilir. Daha az tercih edilmekle beraber, brakial arter ve yenidoğanlarda umbilikal arter kullanılabilir. Genellikle perkütan giriş mümkündür, ancak bazen cutdown işlemi gerekebilir. Hematom, kanama, tromboz ve enfeksiyon gibi girişim yeri komplikasyonları ortaya çıkabilir. Komplikasyon oranları düşük olsa da arteriyel kateter yerleştirilmesinde potansiyel olarak ciddi bir yaralanma riski vardır ve endikasyonun doğru değerlendirilmesi gerekir. Enfeksiyonu önlemek için, kapalı bir sürekli yıkama sistemi, tek kullanımlık bir transdüser izleme sistemi ile kullanılır; tüm bileşenler steril tutulmalı ve basınç izleme sistemindeki manipülasyon ve giriş sayısı en aza indirilmelidir. İnvaziv arteriyel kan basıncı ölçümü sistolik, diyastolik ve ortalama arter basıncı (OAB) değerlerini gösterir ve basınç eğrisinin şekli önemli ek bilgiler sağlar. OAB takibi, organ perfüzyonunun değerlendirilmesinde daha önemlidir. OAB: Diyastolik basınç + (Sistolik basınç-Diyastolik basınç)/3 formülü ile hesaplanır. Yaşa göre beklenen OAB Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Ortalama arter basıncının yaşa göre normal değerleri

Yaş	Ortalama arter basıncı (mmHg)
Yenidoğan	35–45
Süt çocuğu	40–45
Okul öncesi yaş	45–55
Okul çağı	50–65
Adolesan yaş	60–75

Santral Venöz Basınç (SVB), Santral Venöz Oksijen Saturasyonu (SvO₂)

Santral venöz kateter (SVK), santral venöz basıncı (SVB)'yi ölçme, sürekli infüzyon tedavilerini veya yüksek osmolariteye sahip beslenme solüsyonlarını verme ve santral venöz oksijen saturasyonunu (SvO₂) izleme imkanı sunar. SVK için genellikle internal juguler, subklavyen veya femoral venler kullanılır. Arteriyel veya ventriküler seviyede şant olan hastalarda, hat yıkama veya bolus uygulaması sırasında dikkatli olunmalıdır. Çünkü ilaç verilmesi sırasında hava veya pıhtı infüzyonu sistemik emboliye neden olabilir. Glenn operasyonu geçirmiş tek ventrikül fizyolojisine sahip bir hastada, kaval venin trombozu veya tıkanması pulmoner kan akışını kısıtlayacağından, venöz hatlar internal juguler ven yerine femoral vene yerleştirilmelidir. Alt bölgelerden yerleştirilen kateterlerle SVB'nin doğru değerlendirilebilmesi için kateterin ucu inferior kaval-atriyal birleşim noktasına ulaşmalıdır. Santral venöz hatların neden olduğu en yaygın komplikasyonlar tromboz ve enfeksiyondur. Kateter ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonlarını önlemek için SVK, ihtiyaç ortadan kalktığı anda, mümkün olduğunca erken dönemde çıkarılmalıdır.

SVB izlenmesi, basit prosedürlü operasyonlar (PDA ligasyonu, aort koarktasyonu onarımı, hafif hipotermi uygulanan kısa süreli KBP) dışında kalp cerrahisi sonrası birçok hasta için rutindir. SVB normal değeri: 3-10 cmH₂O; SvO₂ normal değeri ise %70'in üzerindedir.

SvO₂ ve arteriyel-venöz oksijen saturasyon farkı (SaO₂ – SvO₂), genellikle kardiyak debisi ve oksijen sunumunu değerlendirmek için kullanılır. İntrakardiyak şanti olan hastalarda, SvO₂'nin en iyi tahmini süperior vena kava saturasyon değerinden elde edilir. Düşük SvO₂ ve SaO₂ – SvO₂, düşük sistemik kan akımı ve yetersiz oksijen sunumu için duyarlı göstergelerdir; SaO₂ – SvO₂'nin 40 mmHg'den büyük olması, kardiyak debisi bozukluğunu ve yeterli doku oksijen sunumunda önemli bir sorunu işaret eder. Süperior vena kava saturasyonunun izlenmesi, özellikle Norwood palyasyonu sonrasında yararlıdır, çünkü bu hastalarda sistemik debisi, hem miyokardiyal performans hem de sistemik ve pulmoner kan akışının dengesine dayanır. Norwood prosedüründen sonra, mutlak SvO₂ %30'un altına düştüğünde anaerobik metabolizma ve metabolik asidoz daha sık görülür.

Postoperatif dönemde intrakardiyak şanti olmayan ve yeterli kardiyak debisi olan hastalarda, sağ atrium oksijen saturasyonunda yaklaşık %60'a kadar hafif bir azalma olabilir. Düşük sağ atrium oksijen saturasyonu her zaman düşük kalp debisini göstermez. Artmış sağ atrium oksijen saturasyonu genellikle

atriyal seviyede olan soldan sağa şantın (sol atriyumdan, anormal pulmoner venden veya sol ventrikülden sağ atriuma şant) sonucunda oluşabilir. Sol atriumdaki kanın oksijen saturasyonu yaklaşık %100'dür. Düşük sol atrium oksijen saturasyonu, atriyal seviyede sağdan sola şant veya anormal gaz değişiminden kaynaklanan pulmoner venöz desaturasyon nedeniyle olabilir.

Atriyal Basınçların İzlemi

Karmaşık işlemler geçirenlerde transtorasik intrakardiyak hatlarla atriyal basınçlar izlenebilir.

Sağ taraf dolmuş basınçlarının yüksek olmasının nedenleri:

- * TOF gibi belirgin sağ ventrikül hipertrofisi ile ilişkili lezyonların onarımından sonra sıklıkla görülen sağ ventrikül diyastolik disfonksiyon
- * Ciddi pulmoner stenoz veya yetmezlik
- * Triküspit stenozu (seyrek)
- * Pulmoner hipertansiyon

Sağ taraf dolmuş basınçları sadece dolaylı olarak pulmoner arter basıncını yansıtır.

Sol atriyal basıncın sürekli ölçümü için intraoperatif olarak yerleştirilen intrakardiyak hatlar, özellikle hemodinamik olarak stabil olmayan hastalarda erken postoperatif dönemde, atriyal disritmilerin aydınlatılması ve atrioventriküler senkroninin değerlendirilmesinde yardımcı olur. Sol atriyal kateterler özellikle ventriküler fonksiyon bozukluğu, koroner arter perfüzyon anormallikleri veya mitral kapak hastalığı olan hastaların yönetiminde faydalıdır. Ortalama sol atrium basıncı tipik olarak ortalama sağ atriyal basınçtan 1- 2 mmHg daha yüksektir. İntrakardiyak hatlar, hastanın durumu düzeldiğinde mümkün olan en kısa sürede çıkarılmalıdır.

Artmış dolmuş basınçları patolojik durumların göstergesi olabilir (Tablo 4).

Tablo 4. Yüksek dolmuş basınçlarında altta yatan nedenler ve sonuçları

	Nedenleri	Sonuçları
Yüksek sol atrium basıncı	Sistemik ventriküler disfonksiyon Artmış sol-sağ şant Kapak disfonksiyonu	Pulmoner venöz hipertansiyon Artmış pulmoner arter basıncı Kavopulmoner anastomoz işlevinde bozukluk
Her iki atriumda yüksek dolmuş basınçları	Primer miyokardiyal disfonksiyon Bir ventrikül yetmezliğine bağlı septumun yer değiştirmesi ile biventriküler yetmezlik Kardiyak tamponad	Kalp yetmezliği, şok

Her iki atriumdaki yüksek dolmuş basınçları kardiyak tamponad olasılığını da düşündürmelidir, ancak kardiyak tamponad, kardiyak dolmuş engelleyen yerel bir kan veya sıvı birikimi varsa yüksek dolmuş basınçları olmadan da ortaya çıkabilir. Dalgaların dikkatli analizi, miyokard performansını, AV kapakların durumunu veya kalp ritmini anlamamıza yardımcı olabilir. Atriyumun kapalı bir AV kapağa karşı kasılması meydana gelene kadar cannon a dalgaları, AV senkronizasyonu olmadığında ve ciddi kalp bloğunda, nodal ritimler veya atriyal flutter varlığında ortaya çıkabilir. Büyük a dalgaları, AV kapak yetmezliğini gösterebilir.

Pulmoner Arter Basınç İzlemi

Pulmoner arter (PA) kateterleri günümüzde nadiren kullanılmaktadır. Pulmoner arter basınç izlenmesi, intraoperatif olarak yerleştirilen intrakardiyak hat veya yatak başında pulmoner arter Swan-Ganz kateteri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ortalama pulmoner arter basıncı 10-17 mmHg'dir. Modern pulmoner arter kateterleri, sağ atriyal, sağ ventriküler, pulmoner arteriyel basıncı ve sol atriyal basıncı yansıtan pulmoner kapiller wedge basıncının doğrudan, eşzamanlı ölçümünü sağlar. Kateterde termistör mevcutsa, kardiyak debi termo-dilüzyon tekniğiyle ölçülebilir. Soldan sağa şantların yokluğunda, PA oksijen saturasyonu, gerçek SvO₂'nin en iyi göstergesidir. TOF veya VSD onarımı sonrası ve sistemik-pulmoner arter kollateralleri olan hastalarda PA oksijen saturasyonunun yüksek değerleri soldan sağa şant varlığını gösterir.

End Tidal CO₂ (EtCO₂) İzlemi

Normal pulmoner fonksiyonu olan ve ventilasyon-perfüzyon uygunsuzluğu olmayan hastalarda, EtCO₂ izlemi PaCO₂'nin doğru tahminini sağlar. Kapnometreler, kızılötesi spektroskopi kullanarak soluk gazında CO₂ içeriğini analiz eder. ÇYB'de, mainstream monitörler genellikle endotrakeal tüpün proksimal ucuna yerleştirilebildikleri için yaygın olarak kullanılır, fakat sidestream monitörler de kullanılabilir. PaCO₂ ve EtCO₂'nin korelasyonu, postoperatif kardiyak hastada önemli bilgiler sunar. EtCO₂ artışı nedenleri:

- *kardiyak debide artış
- *bikarbonat solüsyonunun enjeksiyonu
- *hipoventilasyon

EtCO₂ azalma nedenleri:

- * hiperventilasyon
- * kardiyak debide azalma
- * ventilasyon-perfüzyon eşleşmesinde uyumsuzluk
- * endotrakeal tüpün tıkanması

Near İnfrared Spektroskopi (NIRS)

Alın derisine yerleştirilen problarla, bölgesel olarak beyin dokusunun oksijenasyonundaki değişiklikler sürekli, noninvaziv bir yöntem ile ölçülür. Bölgesel beyin oksijenasyonu, siyanotik ve asiyanotik KKH'li çocuklarda kardiyak kateterizasyonda, kalp cerrahisi sırasında ve sonrasında, ayrıca kritik hasta yenidoğanlarda izlenir ve SvO₂ ile korelasyonu gösterir. Glenn şant sonrası veya Ekstrakorporeal Life Support (ECLS)'deki hastalar gibi özel durumlarda beyin kan akımının değerlendirilmesinde çok faydalı olması nedeniyle postoperatif kardiyak yoğun bakımda giderek rutin hale gelmiştir. Düşük postoperatif SvO₂ ile serebral iskemide arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Çocuklarda normal değerleri bildirmek için kesin kanıtlar olmamakla beraber %60'ın altındaki değerler anormal kabul edilebilir. %40'ın altındaki değerler nörolojik morbidite ile ilişkili bulunmuştur ve öncelikli değerlendirme gerektirir. NIRS değeri yanında trendin izlenmesi de önemlidir. Bazal değerden %20 ve daha fazla düşme olması anlamlıdır. NIRS değerinde düşme, dokuya oksijen sunumunda azalma veya dokuda artmış oksijen kullanımına bağlı olabilir. Serebral ve renal NIRS değerleri arasında %10'dan fazla fark bulunması ve sağ-sol NIRS değerleri arasında %10-20 fark olması lokal hipoksiye işaret edebilir. Serebral NIRS değerinin %95'in üzerinde olması dokuda oksijen kullanımını azaltan serebral hasarın göstergesi olabilir. Asiyanotik KKH hastalarında SaO₂>%95 iken SvO₂>%65, Serebral NIRS>%55, Renal NIRS>%65 değerleri referans olarak önerilmektedir. Siyanotik hastalarda daha yüksek iskemide ve hipoksi riski nedeniyle SaO₂~%75-80 iken SvO₂ %45-50, Serebral NIRS>%40, Renal NIRS>%50 beklenmektedir. Büyük çocuklarda serebral NIRS değerleri renal NIRS değerlerine göre hafif düşük bulunabilir. Bunun nedeni kalp debisinin böbreklere daha yüksek oranda ulaşıyor olması ve böbreklerin beyne göre daha düşük oksijen tüketimidir.

Kalp Atım Hacmi İzleme

Her yoğun bakım hastasında yeterli doku oksijen sunumu (DO₂) sağlanması hedeflenir. DO₂'nin bileşenleri arasında kalp atım hacmi, kan hemoglobin konsantrasyonu ve hemoglobin molekülünün oksijen satürasyonu derecesi bulunur (DO₂ = kalp atım hacmi x 1.34 x hemoglobin konsantrasyonu x oksijen satürasyonu). Kalp atım hacmi ölçümleri asla izole olarak yorumlanmamalı veya tedavi edilmemelidir, ancak kan laktat, SvO₂, idrar çıkışı, kapiller dolum zamanı gibi akımın yeterliliğini gösteren kalitatif göstergelerle birlikte kullanılmalıdır.

Hemodinamik açıdan yüksek riskli hastaların uygun sıvı ve inotrop-vazopresör-inodilatör tedavisinin planlanmasında kardiyak debi takibi oldukça önemlidir. Konjenital kalp cerrahisi vakalarında özellikle DKDS'nin mortalite artışıyla ilişkili olduğu bilindiğinden peroperatif dönemde dikkate alınması gereken en önemli hemodinamik parametrelerden biri de kalp debisidir.

İnvaziv Kalp Atım Hacmi İzleme Yöntemleri

Dilüzyon Teknikleri:

İnvaziv kalp atım hacmi belirleme genellikle bir indikatör tekniğiyle yapılır. Bu teknik, bir indikatör maddenin santral venöz yoldan enjeksiyonu sonrasında zaman içinde indikatör konsantrasyonundaki

değişikliğinin ölçülmesiyle, kan akışının hesaplanabileceği prensibine dayanır. Pulmoner arter termodilüsyonu en yaygın kullanılan yöntemdir. Transpulmoner termodilüsyon tekniklerinde termistor perkütan olarak büyük bir artere (femoral veya brakial arter) yerleştirilir. Bu tekniğin çocuklarda validasyonu yapılmıştır. Otomatik sistemler yetişkinlerde doğru ve güvenilir ölçümler sunar, ancak çocuklarda doğruluk açısından değerlendirilmelidir. Tüm dilüsyon teknikleri kardiyak hastada sınırlı değere sahiptir çünkü intrakardiyak şantların veya önemli kapak yetersizliklerinin varlığında doğru sonuç vermez.

Fick Yöntemi:

Fick prensibine göre birim zamanda tüketilen oksijen miktarı, arteriyel ve venöz kan arasındaki oksijen içeriği farkıyla orantılıdır. Bu orantı birim zamanda pompalanan kan miktarına veya kalp atım hacmine bağlıdır. Bu nedenle, kalp atım hacmi aşağıdaki denklemle hesaplanabilir:

Kalp Atım Hacmi = Sistemik oksijen tüketimi / (sistemik arteriyel O₂ satürasyonu - sistemik venöz O₂ satürasyonu)

Bu teknik, entübe ve ventilatördeki hastada oksijen tüketimi ölçmek zor olduğundan kısıtlıdır. Fick yönteminin avantajı, intrakardiyak şant varlığında kullanılabilmesidir. Pulmoner arter veya sağ atriyuma yerleştirilen fiberoptik bir kateter ile sürekli venöz oksijen satürasyonu takibi yapılarak kalp atım hacminin dolaylı olarak değerlendirilmesi yapılabilir. Intrakardiyak şantların varlığında, süperior kaval venin satürasyonu izlenerek kalp atım hacmi tahmin edilebilir.

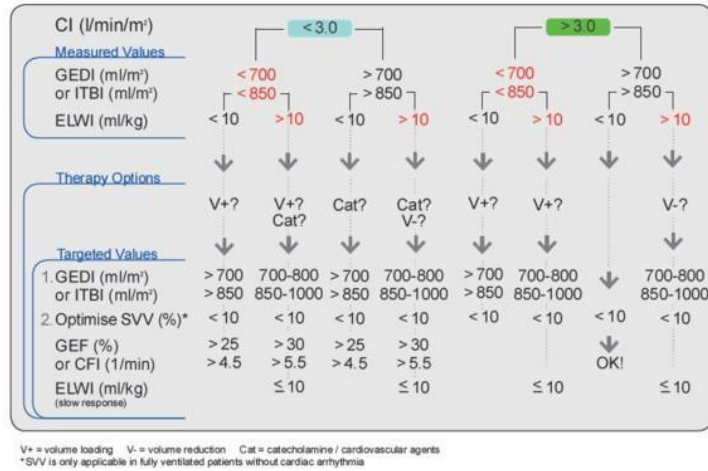
İnvaziv hemodinamik monitörizasyon ve kalp atım hacmi belirleme tekniklerinden PiCCO (Pulse Contour Cardiac Output), transpulmoner termodilüsyon ve nabız kontur analizi tekniklerinin kombinasyonudur. PiCCO sistemi, kardiyak debi, ön yük, miyokardiyal kasılma, art yük hakkında bilgi elde edilmesine olanak verir. Girişimsel bir işlem olmasından dolayı pediatrik yaş grubu için kısıtlı kullanımı mevcuttur. Nabız kontur analizi sürekli kardiyak debi ve kardiyak indeks ölçümü sağlarken, transpulmoner termodilüsyon, sistemi kalibre etmek için kullanılır. Kalibrasyon esnasında eğri altında kalan alan ile kardiyak debi hesaplanır. Ölçüm, standart termodilüsyon tekniği ile başlar ve arter trasesi üzerinden nabız kontur analizi ile sürekli kardiyak debi izlenir. Hemodinamik açıdan dengede olmayan ve volüm durumu belirsiz olan hastalarda endike olan PiCCO teknolojisi, sürekli kardiyak debi ve kardiyak indeks ölçümü yaparak uygulanacak sıvı ve inotrop tedavisinin planlanmasında yoğun bakımcılara yol göstermektedir. Sürekli kardiyak debi izlemi yanı sıra PiCCO, global diyastol sonu indeks ölçümü ile ön yük hakkında, sistemik vasküler rezistans indeksi ölçümü ile art yük hakkında, ekstrasvasküler akciğer sıvı indeksi ölçümü ile pulmoner ödem hakkında ve global ejeksiyon fraksiyonu ölçümü ile kardiyak sistolik fonksiyon hakkında klinisyene bilgi sağlar ve sunduğu karar modeli ile tedavi yönlendirilmesine yardımcı eder (Resim-1). İleri hemodinamik monitörizasyon parametreleri için normal değerler Tablo-5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. İleri hemodinamik monitörizasyon parametreleri normal değerleri

Değişken	Formül	Normal değer	Birim
Kİ	Kİ = kardiyak debi/vücut yüzey alanı	3.5-5.5	L/min/m ²
Si	Kİ/kalp hızı	30-60	mL/m ²
SVRİ	80 × (ortalama arteriyel basınç–santral venöz basınç)/Kİ	800-1600	dyne-s/cm ⁵ /m ²

Kİ: kardiyak indeks, Si: strok indeksi, SVRİ: sistemik vasküler rezistans indeksi

This decision model is not obligatory. It cannot replace the individual therapeutic decisions of the treating physician.



Noninvaziv Kalp Atım Hacmi İzleme Yöntemleri

Transözofageal Doppler Yöntemleri

Bu minimal invaziv teknikte, Doppler prensibini ve nabız kontur analizini kullanarak bir özofagus probu aracılığıyla inen aorttaki kan akımı değerlendirilebilir. Bu teknikte, 3 kg veya daha fazla vücut ağırlığına sahip hastalarda kullanılan pediatrik Doppler probu ve bir pediatrik nomogramla, atım hacmi ve kardiyak debi saptanabilir.

Biyoempedans

Bu teknikte, voltaj algılayan ve akım ileten elektrotlar göğse yerleştirilir ve her kalp atışında kan hacmi ve hızındaki değişikliklerle birlikte empedansı değişen bir iletken olarak görev yaparlar. Postoperatif kardiyak hastada cilt ödemi varlığında tekniğin doğruluğu sınırlıdır.

Elektriksel Kardiyometri™ yöntemi ICON, atım hacmi (SV), kalp debisi (CO) ve diğer hemodinamik parametrelerin non-invaziv olarak belirlenmesinde yardımcıdır ve termodilüsyon yöntemi ile validasyon yapılmıştır. Boyun ve toraksın sol tarafında dört adet deri sensörü ile toraks içinde elektriksel iletkenlik değişiklikleri sürekli olarak ölçülür. Düşük amplitüdü, yüksek frekanslı bir elektrik akımı toraks içinden gönderilerek, akımın karşılaştığı direnç ölçülür. Gelişmiş filtreleme teknikleri aracılığıyla dolaşım sistemi tarafından oluşturulan iletkenlik değişikliklerini izole edebilir. Aort içindeki kan pulsatil akışa maruz kaldığında iletkenlikte önemli değişiklik saptanır. İletkenlikteki değişim hızından kan akım hızı hesaplanır ve algoritma tarafından atım hacmi elde edilir.

Postoperatif Kardiyak Değerlendirme

Transtorasik ekokardiyografi (TTE)

Transtorasik ekokardiyografi (TTE), kardiyovasküler patolojilerin tanısında kullanılan, kolay uygulanabilen, sık tekrarlanabilen noninvaziv bir tekniktir. TTE, hemodinaminin ve monitörizasyonun gerçek zamanlı ve noninvaziv değerlendirilmesi ile uygun ve etkin tedavilerin yapılmasına olanak sağlar. Postoperatif TTE, bandajlar, drenler, ventilasyon durumu ve obezite ile zorlaşsa da kardiyovasküler durumu değerlendirmede önemlidir. Sağ ve sol ventrikül fonksiyonu, kalp kapaklarının fonksiyonları, sağ ve sol ventrikül çıkış yolu tıkanıklıkları, rezidü defektler, yapay bağlantıların ve bantların durumu, sağ ventrikül basıncı, perikardiyal/plevral efüzyon, perikardiyal tamponad, hemodinamik durum değerlendirilir.

Transözofageal Ekokardiyografi (TEE)/Transözofageal Doppler (TÖD)

Transözofageal ekokardiyografi (TEE), ucuna transducer monte edilmiş fleksibl bir endoskop ile kalbe çok yakın bir akustik pencere olan özofagustan yapılan elektrokardiyografik incelemedir. TEE, hem kardiyak cerrahi sırasında hem de hemodinamik olarak stabil olmayan hastaların perioperatif tedavisi için hızlı bir tanı aracıdır ve güncel kılavuzlarda konjenital kalp cerrahilerinde kullanımı kesin olarak

önerilen minimal invaziv bir metoddur. Perioperatif tanımı doğrulamak ve ek patolojilerin saptanması, hastanın volüm durumu, akut hemodinamik durum değişikliklerinin tanısının konması, postoperatif rezidü defekt varlığının saptanması gibi pek çok fayda sağlamaktadır. Ayrıca kateter bazlı intrakardiyak girişimlerde kanülasyonların yerinin doğrulanması, buna bağlı oluşabilecek travmaların saptanmasında da TEE önerilmektedir.

TTE ile yeterli görüntü elde edilmesine engel olan durumlarda, kalp boşluklarının, kalp kapaklarındaki patolojilerin ve KKH'lerin daha net görüntülenmesi için TEE kullanılır.

Transözofageal Doppler (TÖD) ile ise suprasternal çentikten çıkan aort akımı ölçülüp kalp debisi hesaplanabilmektedir. Bu yöntem ile aynı mantıkla çalışan daha yeni bir yöntemde ise entübasyon tüpünün ucuna ultrasonografi probu yerleştirilerek transtrakeal olarak kalp debisi ölçülebilmektedir. Büyük ölçüde kullanıcı bağımlı olmakla beraber özofagusa yerleştirilen prob ile aort çapı ve kan akımı ölçümü ile kalp debisi hesaplanabilmektedir.

Sıvı Tedavisi

Konjenital kalp cerrahisi sonrası sıvı yönetimi, hemodinamik stabilitenin sağlanması ve komplikasyonların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu süreçte, hastanın yaşına, kilosuna, cerrahi müdahalenin türüne ve mevcut kardiyak patolojiye göre (her bir kardiyak hastalığın farklı fizyolojik ve hemodinamik gereksinimleri vardır) sıvı tedavisinin bireyselleştirilmesi gerekmektedir.

KPB'den sonra kardiyak debiyi etkileyen ön yük (preload), art yük (afterload), miyokardiyal kontraktilite, kalp hızı ve ritim gibi faktörler sürekli olarak değerlendirilmelidir. Atriyal basınç ve atriyal basınçtaki değişikliklere verilen ventriküler yanıt izlenmelidir. Ventriküler yanıt, sistemik arteriyel basınç, kalp hızı, cilt rengi, periferik ekstremitelerde sıcaklığı, periferik nabız dolgunluğu, idrar çıkışı, santral vücut sıcaklığı ve asit-baz dengesi, postoperatif ekokardiyografi sonuçları ile değerlendirilir.

KPB sonrası sıvı dengesini sağlamak için izotonik ve dengeli sıvı tedavisinin ayarlanması, ameliyathanede yapılmış olan ultrafiltrasyonun dikkate alınması, optimal hematokrit düzeyinin sağlanması ve diüretiklerin veya vazopresörlerin ihtiyaca göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu dönemde hipotonik sıvı verilmesi önerilmemektedir. Bu hastalarda perioperatif dönemde kolloid ve kristalloid kullanımının postoperatif sonuçlar üzerindeki etkisini değerlendiren bir meta-analizde, her iki sıvı türünün de mortalite, kan transfüzyonu ihtiyacı, akut böbrek hasarı ve atriyal fibrilasyon oranları, postoperatif kanama miktarı, hastanede ve yoğun bakım ünitesinde kalış süresi açısından benzer etkiler gösterdiği, bununla birlikte, kristalloid kullanan grupta postoperatif drenaj miktarının anlamlı derecede azaldığı saptanmıştır.

KPB'den sonra aort perfüzyonunu sürdürmek ve kalbin kasılma durumunu iyileştirmek hedeflenir. Nadiren, atriyal seviyede sağdan sola şanta izin vermek, sol ventrikülün ön yükünü optimize edebilir. Katekolaminlerden destek alırken yüksek dozların hipotermik bir KPB'den sonra özellikle yenidoğan ve infantların miyokardında zararlı etkiler oluşturabileceği unutulmamalıdır.

Hastanın sıvı dengesi, idrar çıkışı, drenajlar, gelenler, elektrolit ve asit-baz dengesi ve hemodinamik parametreler düzenli olarak izlenmelidir. Sistemik perfüzyonun yeterliliği serum laktat düzeyi ve arteriyel kan gazında parsiyel oksijen basıncının (PaO₂) takibi ile yapılmalıdır. KPB sonrasında art yükü azaltmanın faydalı olduğu bilinmektedir, ancak aşırı olması halinde hipotansiyon, koroner yetmezlik ve kardiyovasküler kollaps ile sonuçlanabilir. Kalbin pace ritmi ile hızlanması hemodinamik açıdan stabilizasyon sağlayabilir, ancak aynı zamanda uyumsuz bir kalp kasılmasına katkıda bulunabilir veya başka aritmiye neden olabilir. Bu nedenle postoperatif dönemde ritim takibine dikkat edilmelidir.

Postoperatif dönemde idrar çıkışı saatlik olarak takip edilmelidir. İnfant ve küçük çocuklarda >1 ml/kg/saat idrar çıkışı olmalıdır. Kompleks kardiyak cerrahi sonrası özellikle ilk 12-18 saatte oligüri olabilir, yetersiz perfüzyon bulguları varlığında DKDS'ye dikkat edilmelidir. Tüm hastalar akut böbrek hasarı açısından takip edilmelidir. Diürez için günümüzde en yaygın olarak kullanılan diüretik olan furosemid 0.5-1 mg/kg/doz (3-4 dozda, maksimum 10mg/kg/gün) ve uygun şartlarda infüzyon şeklinde (0.1-0.3 mg/kg/saat) başlanabilir.

Günümüzde yoğun bakım uzmanlarının konjenital kalp cerrahisi sonrası sıvı yönetimi uygulamalarında belirgin bir çeşitlilik vardır. Tablo 6'da konjenital kalp cerrahisi sonrası farklı hastalık gruplarına göre önerilen sıvı yönetimi stratejileri özetlenmiştir.

Tablo 6. Konjenital kalp cerrahisi sonrası hastalık gruplarına göre sıvı yönetimi stratejileri

Hastalık Grubu	Sıvı Yönetimi Stratejisi
Düşük Kardiyak Debi Sendromu	<p>Ventriküler ön yükün optimize edilmesi, kontraktilitenin desteklenmesi ve art yükün azaltılması</p> <p>İzotonik kristalloidler tercih edilmelidir</p> <p>Hemodinamik parametrelerin sıkı takibi ve gerekirse inotrop ajan desteği</p>
Hipoplastik Sol Kalp Sendromu	<p>Ön Yük (Preload) Dengesi: Sistemik dolaşımın sağlanması için yeterli ventriküler dolum basıncını korumak amacıyla sıvı tedavisi dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Aşırı sıvı yüklenmesi pulmoner konjesyona neden olabileceği için sıvı kısıtlaması gerekebilir</p> <p>Total sıvı alımı, özellikle ilk postoperatif günlerde, genellikle 60-80 mL/kg/gün arasında tutulur</p> <p>Pulmoner ve Sistemik Akım Dengesinin Sağlanması (Qp:Qs): Pulmoner (Qp) ve sistemik (Qs) kan akımı oranının dengede tutulması hedeflenir (genellikle 1:1 oranı idealdir). Fazla sıvı yükü pulmoner vasküler direnci azaltarak pulmoner hiperperfüzyona yol açabilir, bu durum sistemik perfüzyonu tehlikeye atar</p> <p>Kristalloid ve Kolloid Kullanımı: Genellikle izotonik kristalloidler (%0.9 NaCl veya Ringer Laktat) tercih edilir. Albümin gibi kolloidler, hipoalbuminemi durumunda veya intravasküler volümü artırmak gerektiğinde kullanılabilir</p> <p>Diüretik Tedavi: Sıvı yükü önlenmelidir. Aşırı diürezden kaçınılarak hipotansiyon ve hipovolemi önlenmelidir</p>
Şilotoraks	<p>Orta zincirli trigliseritlerden zengin bir diyet veya total parenteral beslenme (TPN)</p> <p>Diüretik tedavi ile sıvı yükünün önlenmesi</p>
Akut Böbrek Hasarı	<p>Sıvı ve elektrolit dengesinin dikkatli izlenmesi</p> <p>Gerektiğinde diüretik veya renal replasman tedavisi</p> <p>Nefrotoksik ajanlardan kaçınılması</p> <p>Elektrolit dengesinin sağlanması için özel sıvı formülleri tercih edilebilir</p>
Pulmoner Hipertansiyon	<p>Sıvı yüklenmesinden kaçınılması</p> <p>Pulmoner vasküler direnci artırabilecek faktörlerin (sıvı yükü) önlenmesi</p> <p>Uygun inotrop ve vazodilatör tedavisi</p>

Postoperatif Dönemde Beslenme

Tüm hastalar beslenme açısından değerlendirilmelidir. Hemodinamik olarak stabil ve kontrendikasyon olmadığı sürece, beslenmeye mümkün olduğunca erken dönemde (ilk 24-48 saatte) başlanmalıdır. Enteral beslenme başlanması sırasında bazı özel durumlar mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle aort koarktasyonu operasyonu sonrasında beslenmeye dikkat edilmelidir. Aort koarktasyonu sonrası erken dönemde gelişebilecek mezenter iskemi nedeni ile, bu hastalarda hipertansiyon kontrol altına alındıktan ve barsak sesleri normale geldikten sonra, genelde postoperatif 48-72. saatte beslenmeye başlanılabilir. Öncelikle enteral beslenme tercih edilmelidir. Total sıvı yükü ve kalori ihtiyacına göre beslenme planlanmalıdır. Hastalarda konjestif kalp yetmezliği bulguları varsa su-tuz kısıtlamasına dikkat edilmelidir. Fontan operasyonu sonrası sıvı kısıtlaması faydalı olabilir. Enteral beslenmeye başlanamayacağı düşünüüyorsa yeterli kalori desteği sağlanması için parenteral beslenme başlanması düşünülmelidir.

Yoğun Bakımdan Servise Transfer

Takipte bilinci açık, hemodinamik açıdan stabil, kan gazı, elektrolitleri ve renal fonksiyonları normal olan, solunum sıkıntısı, ritim problemi ve beslenme intoleransı olmayan, drenaj tüpleri çekilen hastalar yoğun bakımdan servise devredilebilir.

Postoperatif Kardiyopulmoner Etkileşimler ve Mekanik Ventilasyon

Intratorasik basınçtaki değişimlerin kalbin ön ve art yükü üzerine olan etkileri Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. İntratorasik basınçtaki değişimlerin kalp üzerine etkisi

1) Artmış İntratorasik Basıncın Etkisi	
Sağ ventrikül önyük	İntraplevral basıncın artması ile sağ atrium transmural basıncı azalır ve atriumun basıncı yükselir, venöz dönüş azalır, sağ ventriküle gelen kan volümünün azalması sonucunda sağ ventrikülün önyükü azalır
Sağ ventrikül artyük	Artmış intratorasik basınç alkalozu neden olursa pulmoner vasküler direncin azalması ile artyük azalabilir. Ayrıca intratorasik basınçtaki değişiklik fonksiyonel rezidüel kapasiteyi etkilerse bu durum sağ ventrikül artyükünün artmasına neden olabilir
Sol ventrikül önyük	Sağ ventrikül önyük azalması, sol ventrikül önyükünü de azaltır
Sol ventrikül artyük	Sol ventrikül artyükü aortun sistolik basıncı ile intratorasik basınç arasındaki farka eşittir, dolayısı ile intratorasik basınçtaki pozitif yöndeki artmalar artyükü azaltır
2) Azalmış İntratorasik Basıncın Etkisi	
Sağ ventrikül önyük	İntraplevral basıncın azalması ile sağ atriumun transmural basıncı artar ve atriumun basıncı düşer, venöz dönüş artar, sağ ventriküle gelen kan volümünün artması sonucunda sağ ventrikül önyükü artar
Sol ventrikül önyük	Sağ ventrikül önyükünün artması, sol ventrikül önyükünü de genelde artırır
Sol ventrikül artyük	Sol ventrikül artyükü aortun sistolik basıncı ile intratorasik basınç arasındaki farka eşittir, dolayısı ile intratorasik basınçtaki negatif yöndeki artış artyükü artırır

Kardiyak Hastalarda Solunumun Kardiyovasküler Fonksiyon Üzerine Etkileri

Sistolik Fonksiyon Bozukluğu

Sistolik fonksiyon bozukluğu, yüksek ventriküler hacimlere rağmen küçük atım hacimleri ve düşük kardiyak debi ile karakterizedir. İntratorasik basınçtaki değişikliklerin sol ventrikül art yükü üzerindeki etkileri, venöz dönüş üzerindeki etkilerden daha baskındır. Ventriküler dolum basıncı korunduğu sürece,

pozitif basınçlı ventilasyon sol ventrikül art yükünü azaltarak ventriküler boşalmayı iyileştirir ve kardiyak atım hacmini artırır.

Diyastolik Fonksiyon Bozukluğu

Diyastolik fonksiyon bozukluğu, yetersiz ventrikül dolumundan kaynaklanan küçük atım hacimleri ve düşük kardiyak debi ile karakterize olan kalbin sistolik fonksiyonlarının korunduğu kalp yetmezliğidir. Hipertrofik kardiyomiyopati hastalarda gösterildiği gibi, venöz damarların kapasitesi büyük önem taşımaktadır. Pozitif basınçlı ventilasyonun venöz dönüş ve ventrikül dolumu üzerindeki etkileri, ventrikül artyükü üzerindeki etkilerinden daha baskındır. Pozitif basınçlı ventilasyondan negatif basınçlı ventilasyona dönüldüğünde sağ ventrikül debisinde önemli artışlar gösterilmiştir. Diyastolik fonksiyon bozukluğu olan hastalarda mümkün olduğunca fizyolojik olan negatif basınçlı ventilasyonun sürdürülmeye çalışılması kardiyak debi ve doku oksijenizasyonu için önemlidir.

Konjenital Kalp Cerrahisi Sonrası Solunum Desteği

Yüksek Akışlı Nazal Kanül Oksijen Tedavisi (YANKOT)

Yüksek akışlı nazal oksijen tedavisi (YANKOT), son yıllarda sıklıkla kullanılan bir noninvaziv solunum destek yöntemidir. YANKOT kullanımının postoperatif konjenital kalp cerrahisi hastalarında tekrar entübasyonu azalttığı bildirilmektedir.

Noninvaziv Pozitif Basınçlı Ventilasyon

Çocuklarda solunum sıkıntısı ve solunum yetmezliğinde sıklıkla kullanılmaktadır. Konjenital kalp cerrahisi sonrası, sol kalp yetmezliği olan hastalar invaziv mekanik ventilasyondan ayrılınca artan intratorasik negatif basınç artyük artışına neden olur. Bu durumda noninvaziv ventilasyon uygun maske ve uygun basınçlarla solunum iş yükünü azaltır, gaz değişimi ve oksijenizasyonu iyileştirir, tekrar entübasyonu azaltabilir.

Normalde diyafram global oksijen tüketiminin %3, kardiyak debinin de %5'inden daha azını almaktadır. Artan solunum iş yükü diyaframın tükettiği oksijeni, total tüketilen oksijen miktarının %50'sinin üzerine çıkarabilir. Aşırı oksijen gereksinimi veya sınırlı oksijen sunumu durumunda solunum pompası yeterli çalışmayabilir. Mekanik ventilasyon hem kalp kasını hem solunum kasını destekleyerek düşük kardiyak debi yönetiminde hayati bir rol oynar.

Erken Ekstübasyon

Erken ekstübasyon genellikle ameliyathanede veya operasyondan sonraki birkaç saat (4-8 saat) içinde ekstübasyon yapılmasıdır. Ekstübasyon planlanırken aşağıdaki faktörleri göz önünde bulundurup, ekstübasyon kararını tüm parametreler değerlendirildikten sonra vermek gereklidir.

- Hasta ile ilgili: Sınırlı kardiyorespiratuar rezerv, spesifik KKH'lerin patofizyolojisi, cerrahinin zamanlaması ve preoperatif yönetim
- Anestezi ile ilgili: Premedikasyon, hemodinamik stabilite, ilaç dağılımı, KPB sırasında uygulanan idame anestezi tedavisi, postoperatif analjezi yönetimi
- Cerrahi ile ilgili: Cerrahi rezidüel defektlerin kapsamı ve karmaşıklığı, kanama riski ve dikiş bölgelerinin korunması
- KPB ile ilgili: Hipotermi derecesi, hemodilüsyon seviyesi, miyokardiyal koruma, inflamatuvar yanıtın modülasyonu ve reperfüzyon hasarı
- Postoperatif dönem hasta yönetimi ile ilgili: Miyokardiyal fonksiyon, kardiyorespiratuar etkileşimler, nörolojik (bilinç) durumunun değerlendirilmesi, analjezi yönetimi

Erken ekstübasyon ile hastanın sedasyon ihtiyacı azalır, oral beslenme erken başlar, erken mobilizasyon imkanı sağlanır. Laringospazm, ventilatör ilişkili akciğer hasarı, nazokomial enfeksiyon ve aspirasyon ile indüklenen pulmoner hipertansiyon riski azalır. Yoğun bakım ve hastanede kalış süresi kısalmır. Klinik gereklilik halinde hastalar ekstübasyondan sonra YANKOT veya noninvaziv solunum desteği ile takip edilebilir. Erken ekstübasyon ile negatif basınçlı solunum fizyolojisine geçiş, özellikle Glenn ve Fontan operasyonları için çok önemlidir. Erken ekstübasyonun başarısız olmasında bilinen en önemli risk

faktörü preoperatif entübasyon süresidir. Erken ekstübasyon için majör kontrendikasyon, olası pulmoner hipertansif krizden dolayı preoperatif pulmoner hipertansiyondur. Erken ekstübasyon başarısızlığını engellemek için postoperatif sedasyon analjezi tedavisi de oldukça önemlidir.

Uzamış Entübasyon

Entübasyon süresinin 24 saatten uzun olması, uzamış entübasyon olarak tanımlanmaktadır. Prematürite, preoperatif ventilasyon desteği gereksinimi, uzamış KPB ve aortik kros klemp süreleri, fonksiyonel tek ventrikül fizyolojisi olan patolojiler, rekürren laringeal sinir hasarı, erken postoperatif sıvı yüklenmesi, yüksek vazoaaktif ilaç desteği veya fizyolojik sınırların üzerinde ventilasyon desteği, entübasyon süresinin uzaması açısından olası risk faktörleridir. Uzamış entübasyon, küçük çocuklarda laringotrakeal travma, planlanmamış ekstübasyonlar, pulmoner enfeksiyon, solunum problemleri gibi birçok komplikasyona yol açar. Ayrıca uzamış sedasyon geri çekilme sendromuna neden olabilir.

Glenn ve Fontan Operasyonlarında Ventilasyon Stratejisi

Glenn ve Fontan operasyonları, tek ventrikül patolojisindeki operasyonlardır. Akciğerlere venöz dönüş, Glenn prosedüründe pulmoner arter ile superior vena kava arasında oluşturulan anastomozla pasif olarak sağlanırken, Fontan operasyonunda pulmoner arter ile inferior vena kava arasında oluşturulan anastomoz ile sağlanmaktadır. Kalp debisi bu pasif pulmoner kan akışına bağlıdır, intratorasik basınç ve pulmoner vasküler dirençteki değişikliklere karşı çok hassastır. Artan intratorasik basınç, venöz dönüş için basınç gradyanını etkiler, pulmoner kan akışını azaltır ve dolayısıyla kalp debisi azalır. Pozitif basınçlı ventilasyon venöz dönüşü azaltır. Spontan solunum ise, inspirasyonla birlikte negatif intratorasik basınç oluşturarak sistemik venöz dönüşü artırarak hemodinamiyi optimize eder. Mümkünse, Glenn ve Fontan operasyonu olan bir hastada hiperkarbiden kaçınıldığı sürece spontan ventilasyon sürdürülmelidir. PEEP ekleyerek fonksiyonel rezidüel kapasitenin sürdürülmesi PaO₂'yi optimize eder, atelektaziye en aza indirir ve hipoksik vazokonstrüksiyonu önler. Pulmoner vasküler dirençteki artışlar akciğerlere giden pasif kan akışını azaltır ve kalp debisini etkiler. Pulmoner vasküler dirençteki perioperatif artışların en yaygın nedenleri ağrı, hipotermi, hiperkarbi, asidoz, vazoaaktif ajanlar ve artmış intratorasik basınçtır. Düşük solunum hızı, kısa inspirasyon süresi, düşük PEEP ve 5-6 mL/kg tidal hacim, yeterli pulmoner kan akışına, normokarbiye ve düşük pulmoner vasküler dirence izin verir. Tablo 8'de Kavopulmoner Anastomozda mekanik ventilatör yaklaşımı özetlenmiştir.

Tablo 8. Kavopulmoner Anastomoz Mekanik Ventilatör Yaklaşımı

	Glenn ve Fontan Operasyonu
Erken Ekstübasyon	+
PEEP	İdeal FRC'ye göre en düşük PEEP'i ayarla
Solunum sayısı	Düşük
İnspiryum süresi	Kısa
Tidal Volüm	5-6 ml/kg
PaCO ₂	Normokarbi

FRC: Fonksiyonel Rezidüel Kapasite

Pulmoner Hipertansiyonda Ventilasyon Stratejisi

Pulmoner hipertansiyonlu hastalar, pozitif basınçlı ventilasyon ile ilişkili hemodinamik değişiklikleri tolere edemeyebilir, mümkün olduğunca erken ekstübe etmek gereklidir. Pozitif basınçlı ventilasyon, pulmoner vasküler direnci artırarak sağ ventrikül ön yükünün azalmasına dolayısıyla kardiyak atım hacminin azalmasına neden olur. Pulmoner hipertansiyonlu hastalarda PEEP'in aşırı artırılması da benzer hemodinamik değişiklikler görülmesine neden olabilir. Pulmoner vasküler direnç fonksiyonel rezidüel kapasitede en düşük düzeydedir, daha düşük hacimler atelektazi ve hipoksiye neden olur, daha yüksek hacimler alveoler damarların sıkışmasına neden olarak pulmoner vasküler direnci artırabilir. Spontan ventilasyon sırasında aşırı hipoksi ve hiperkarbi oluşturmaktan kaçınılmalıdır. Bunların her ikisi de pulmoner vasküler direnci artırır. Ağrı ve asidoz da pulmoner basınçlarda akut artışlara neden olabilir.

Açık göğüs yönetimi

Açık Göğüs ve Gecikmeli Sternum Kapama, yetişkinlerde kardiyotomi içeren cerrahi prosedürlerin %1-4'ünde kullanılır. Pediatrik hastalarda daha yaygın olarak uygulanmaktadır.

Sternum kapamanın, miyokardiyal ödem, ventriküler disfonksiyon ve hemodinamik olarak önemli aritmiler gibi olumsuz sonuçlar doğurma riski bulunmaktadır. Bu durumlar genellikle kalp kompresyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkar ve kardiyopulmoner fonksiyon üzerinde tamponada benzer bir etki yaratır. Bu etki küçük çocuklarda daha çok olmaktadır, çünkü kalp boyutunun mediastinal yapılara oranı erişkinlerden daha büyüktür. Cerrahiden hemen sonra sternumun açık bırakılması, diastolik dolumu, koroner perfüzyonu ve miyokardiyal oksijen sunumunu iyileştirerek miyokard fonksiyonunu artırmaktadır. Ayrıca, sternumun açık bırakılması, intratorasik, intraplevral ve perikardiyal basınçlardaki artışları sınırlamaya yardımcı olur, ventriküler uyumu kolaylaştırarak kardiyak dolumu iyileştirir. Sternumun açık bırakılmasının diğer önemli faydaları, kanama kontrolü için mediastinal erişimin kolay olması, elektriksel kardiyoversiyon gereksinimi durumunda acil erişim imkanı ve ECMO kurma işlemlerinin hızlanmasıdır.

Açık göğüs genellikle şeffaf steril bir pansuman ile kapatılır. Gecikmeli sternum kapama, hasta kalp fonksiyonları, ritim ve solunum açısından stabil hale geldikten ve negatif sıvı dengesi sağlandıktan sonra yapılır. Göğüs kapatılırken hemodinamik bozulma olabileceği akılda tutulmalı ve ileri yaşam desteği açısından hazırlıklı olunmalıdır. Göğüs kapatıldıktan sonra hasta özellikle ilk 24-48 saat DKDS açısından yakın izlenmelidir. Açık göğüs ile izlenen hastalarda enfeksiyon oranı daha yüksek ve yoğun bakım kalış süreleri daha uzundur.

Açık göğüsde akciğerler, göğüs duvarından gelen karşıt kuvvetle kısıtlanmayacağından, mekanik ventilasyonda hiperinflasyon ve volutravma gelişebilir. Tepe inspirasyon basıncı çok yükselmeden zararlı tidal hacimler oluşabilir, bu konuda klinisyen dikkatli olmalıdır. Açık göğüste 8-10 ml/kg tidal hacim uygundur. Bu hastalarda tidal hacmi azaltmak ateletaziye yol açabilir. Akciğerin ekshalasyon sırasında kapanmasını önlemek için PEEP, normalden biraz daha yüksek, genellikle 5-7 cmH₂O aralığında ayarlanmalıdır. Fakat sternum kapatıldığında hava yolu basınçlarının yükseleceği unutulmamalı, ventilasyonda buna dikkat edilmelidir.

Postoperatif Sedasyon ve Analjezi

Çocuk yoğun bakım hastasında aileden ayrılma, anksiyete, yabancı ve gürültülü ortam, gece-gündüz döngüsünün bozulması, uyku bozukluğu, mekanik ventilasyon ve çeşitli invaziv uygulamalar ağrıya neden olur.

Postoperatif ağrı, cerrahi travma ile başlayan ve dokunun iyileşmesi ile giderek azalan akut bir ağrıdır. Postoperatif dönemde akut ağrı ile birlikte çeşitli sistemleri içeren birçok fizyolojik yanıt gelişir. Postoperatif stres cevabı ile hiperdinamik dolaşım, oksijen tüketiminde artış, immün fonksiyonda bozulma, pozitif sıvı balansı, hiperkoagülopati, hiperglisemi, artmış vasküler geçirgenlik ortaya çıkar. Kardiyak cerrahi sonrası bu stres yanıtı özellikle miyokardiyal rezervleri sınırlı, pulmoner hipertansiyon açısından labil olan vakalarda, aortik kross klemp süresi ve KPB süresinin uzun olduğu kompleks onarım uygulanan hastalarda daha belirgindir. Pompa sonrası miyokardiyal hasar gelişen hastalarda bu hasarın yarattığı taşikardi ventrikül duvar gerilimini artırır. Derin sedasyon analjezi, endojen katekolamin salınımı ve miyokardiyal işi azaltabilir. Labil pulmoner hipertansiyonda (total anormal pulmoner venöz dönüş ve atriyoventriküler kanal defekti gibi) cerrahi sonrası pulmoner hipertansif kriz riski artar. Bu nedenle pulmoner reaktiviteyi azaltmak için sedasyon analjezi önem taşımaktadır. Ek olarak kardiyak cerrahi sonrası uygulanması gereken endotrakeal aspirasyon, torasentez, kardiyoversiyon, transözofageal ekokardiyografi gibi bazı prosedürler sırasında da sedasyon analjeziye ihtiyaç duyulur. Sedasyon analjezide hedeflerimiz hastada ağrı ve anksiyetenin, oksijen ve kalori tüketiminin azaltılması, hastanın mekanik ventilasyonla senkronizasyonunun sağlanarak hava yolu travmasının ve spontan ekstübasyon riskinin azaltılmasıdır. Etkin bir sedasyon analjezi ile hastada uygun monitörizasyon sağlanır, hastanın intravenöz yol ve santral kateterleri korunur, personel ve aile anksiyetesi de azaltılmış olur. Bu amaçla sedatifler, analjezikler ve bunların çeşitli kombinasyonları kullanılmaktadır.

Yetersiz sedasyon analjezi ile postoperatif bir kardiyak cerrahi hastasının solunum iş yükü ve oksijen tüketimi artar, ventilatör ile senkronizasyonu bozulur. Buna bağlı hipoksi, hiperkarbi gelişir, pulmoner vasküler direnç artar ve pulmoner hipertansiyon tetiklenir. Hastanın ajitasyon ile endotrakeal tüp, toraks tüpü, santral kateter, foley sonda gibi aletleri çekip çıkarma olasılığı artar ve girişim/drenaj yerlerinden kanama riski artar. Yetersiz sedasyon analjezi uygulanan hastalar yeterli kompensatuar yanıtı gösteremezler ve morbidite-mortalite riski yükselir.

Tam tersi şekilde aşırı sedasyon uygulandığında mekanik ventilasyondaki hastanın mekanik ventilasyon ve yoğun bakım yatış süresi uzar, buna bağlı ventilatör ilişkili pnömoni gibi nozokomiyal enfeksiyonlar ve kritik hastalık polinöromiyopatisi gibi uzamış yoğun bakım yatışı ilişkili komplikasyonlar artar. Aşırı sedasyon uygulanan ekstübe bir hastada ise hipoksi, hiperkarbi, solunumsal arrest gibi durumlar ile beraber yine yoğun bakım yatış süresi uzar, komplikasyon riski artar.

Çocuk yoğun bakım ünitelerinde sedasyon analjezi uygulanacak hastalarda hazırlık aşaması çok önemlidir. Hastanın uygun monitörizasyonu, ağrı ve ajitasyonun altta yatan nedenleri olarak hipoksi, hiperkarbi, serebral hipoperfüzyon gibi durumların mutlak ekartasyonu gerekmektedir. Her ünitenin bir sedasyon analjezi protokolü oluşturup, bu protokol dahilinde ekip olarak aynı dili konuşması iyi klinik sonuçlar elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Postoperatif kardiyak hastada sedasyon analjezi için ajan seçimi hastanın; hemodinamik ve solunumsal durumu, uygulanan cerrahi girişimin tipi, kalbin anatomisi, fizyolojisi, planlanan sedasyon düzeyi, planlanan mekanik ventilasyon süresine göre yapılmalıdır. Hasta fizyolojik etkiler yönünden yakın izlenmeli, tolerans gelişimi gibi durumlarda gerektiğinde ilaç dozu artırılmalı veya diğer bir ilaca geçilmeli ya da farklı ilaç kombinasyonları denenmelidir.

Mekanik ventilatördeki tüm çocuklarda günde en az bir kez, mümkünse 2 saatte bir onaylanmış bir sedasyon değerlendirme yöntemi ile sedasyon derinliği değerlendirilmelidir. Sedasyon değerlendirmesi amacıyla COMFORT, COMFORT-B, RAMSAY, Brüksel sedasyon skalası gibi çeşitli sedasyon skorumları sistemleri kullanılabilir. Günlük sedasyon kesintisi, sedasyon tatilleri önerilmemektedir. Postoperatif hastalarda sedasyonun azaltıldığı dönemde cihazların yanlışlıkla çıkarılması riskini azaltmak için sedasyon takibi sıklığı artırılmalıdır. Sedasyon kesilmesi protokol dahilinde planlanmalıdır. Bu yaklaşımın sedasyon analjezi gününü ve yoğun bakım kaynak kullanımını azalttığı akılda tutulmalıdır. Çocuklarda ağrı şiddetini öngörmede hastanın kendi ifadesi ve kendini ifade edemeyen hastalarda gözlemsel skalalar kullanılabilir. Kendini ifade edebilen 3-8 yaş arası çocuklarda Wong-Baker yüzleri ağrı skalası, 8 yaşından büyük hastalarda vizüel analog skalalar kullanılır. NIPS (Neonatal Infant Pain Scale) yenidoğan döneminde hastaların ağrı cevabını 6 objektif parametreyle değerlendirmektedir. FLACC (Face, Legs, Activity, Cry, Consolability) skalası 2 ay ile 7 yaş arası çocuklarda kullanılır.

Sedasyon ve analjezi sağlamak için nonfarmakolojik ve farmakolojik yöntemler kullanılmaktadır. Nonfarmakolojik yöntemler Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 9. Nonfarmakolojik sedasyon analjezi yöntemleri

İşık, ses uyarısını azaltmak
Anne veya bakım verenin kucaklaması
Oral sükröz solüsyonu
Emzik vermek
Müzik dinletmek
İletişim kurma
Kundaklama
Uygulanacak bakım ve girişimsel işlemler esnasında ebeveyn varlığının kolaylaştırılması
Düzenli gürültü ölçümleri, kulaklık veya kulak tıkacı kullanılması
Erken mobilizasyon

Farmakolojik yöntemlerde ideal tek bir sedatif ya da analjezik ajan yoktur. Sedasyon ve analjezi uygulamaları hastaya göre kişiselleştirilmelidir. Çoğu vakada opioidler ile analjezi başlanılır. Son yıllarda midazolamın deliryum riskinde artışa sebep olduğunun gösterilmesi sonrasında sedatif ajan olarak Deksmetomidin ilk kullanılacak ajan konumuna gelmeye başlamıştır. Konjenital kalp cerrahisi geçiren

hastalar özellikle kardiyovasküler yan etkiler açısından yakın izlenmeli ve ilaç tercihi hemodinamik alt yapıya göre yapılmalıdır. Sedasyon ve analjezi ajanları tablo 10'da özetlenmiştir. Sedasyon analjezi uygulanan hastalarda; Tolerans, Bağımlılık, Yoksunluk, Deliryum gelişimi açısından dikkatli olunmalı ve yakın takip yapılmalıdır.

Tablo 10. Sedasyon-analjezi ajanları

İlaç	Etki	Endikasyon	Doz	Yorum
Asetaminofen	Non-opioid analjezik, antipiretik Hipotalamusta siklooksijenazı azaltarak prostaglandin oluşumunu engeller	Hafif postoperatif ağrı, hipertermi	10-15 mg/kg/doz IV 4-6 saatte bir (Maksimum 75/mg/kg/gün, 4 gr/gün) IV 15 dakika infüzyon sonrası pik düzeye ulaşabilir	Karaciğer ve böbrek yetmezliğinde dikkat Hepatotoksisite
Non-steroid anti-enflamatuvar ilaçlar (NSAİ)	Non-opioid analjezik, antipiretik, antiinflamatuvar Siklooksijenazı nonselektif inhibe eder	İbuprofen ve ketorolak postoperatif hastalarda opioid ihtiyacını azaltır	İbuprofen 5 mg/kg/doz 6-8 saatte bir oral Ketorolak her 6 saatte bir 0,5 mg/kg/doz IV	Kardiyak cerrahi sonrası; renal, gastrointestinal ve kardiyovasküler sistem yan etkileri belirgin, pek tercih edilmez Kanama durumunda tercih edilmez PDA bağımlı durumlarda kontrendike Küçük çocuklarda 3 gün, iki yaşın üzerinde ise 5 günden uzun süre kullanılması önerilmemektedir
Deksmedetomidin	α_2 adrenerjik reseptör agonisti Sedasyon, analjezi, hipnotik, anksiyolitik, sempatolitik Antiaritmik etki mekanizması vagal uyarıdaki artışa bağlı olabilir	Postoperatif kalp cerrahi hastalarında birincil sedasyon ilacı Postoperatif JET'te hem koruyucu hem tedavi edici	IV yükleme: 0,5-1 mcg/kg/doz 10 dakikadan uzun sürede uygulanır Sürekli IV infüzyon: 0,2-2,5 mcg/kg/saat	Böbrek yetmezliğinden etkilenmez. Karaciğer yetmezliğinde dikkat Yan etkiler: Hipo/hipertansiyon Bradikardi (infantlarda yükleme dozundan kaçın) Digoksin gibi AV noda etki eden ilaç kullananlarda ve kalpte ileti sistemi bozukluğu olanlarda kontrendike
Morfin	Opioid analjezik	Orta-ağır ağrı	IV yükleme: 0,05-0,2 mg/kg, pik etki 20 dk sonra ortaya çıkar Etki süresi tek doz 2-4 saat İnfüzyon: 10-40 µg/kg/saat	Yan etkiler: solunum depresyonu, hipotansiyon, bulantı, kusma, gastrointestinal motilitenin azalması, konstipasyon, üriner retansiyon ve kaşıntı Karaciğer ve böbrek yetmezliğinde doz azalt ECMO'da doz artırma gerekebilir Hemodinamisi stabil olmayan kritik kardiyak

				hastalarda morfin dikkatli kullanılmalıdır Konjenital kalp cerrahisi sonrası morfin klirensi azalır, morfin başlangıç dozu normale göre daha az olmalıdır Kontrendikasyon: şiddetli böbrek yetmezliği, astım, gastrointestinal sistem obstrüksiyonu
Fentanil	Sentetik opioid analjezik, morfine göre 70-100 kat daha potent	Orta-ağır ağrı (Postoperatif dönemde en sık tercih edilen analjezik)	IV puşe: 1-2 µg/kg Etkisi hızlı başlar (30 sn), ancak etki süresi kısadır (30-45 dk) İnfüzyon: 1-3 µg/kg/s	Aktif metaboliti yok, Histamin salınımı yapmaz Hemodinamik açıdan stabil olmayan hastalarda morfine göre daha iyi ECMO'da doz artırma gerekebilir Uzamış klirens Hızlı boluslarda bradikardi ve göğüs duvarı rijiditesi yapabilir. Bu durumda Naloksan (Opioid antagonisti) ve kas gevşetici uygulanmalıdır
Remifentanil	Opioid analjezik	Orta-ağır ağrı	IV puşe: 1-3 µg/kg İnfüzyon: 0,4-1 µg/kg/dk	Hızlı klirens Hepatik ve böbrek yetmezliğinden etkilenmez Maliyet ve ilaç toleransı yüksek
Tramadol	Atipik bir opioid Santral etkili sentetik bir analjezik	Postoperatif ağrı	IV 1-2 mg/kg, 4-6 saat ara ile uygulanır İnfüzyon dozu: 0,2-0,4 mg/kg/saat	< 12 yaş kontrendike Solunum depresyonu az, hemodinamik yan etki az
Midazolam	Benzodiazepin grubu sedatif, hipnotik Etkisi hızlı başlar ve yarı ömrü kısa	Kısa müdahale, uzamış mekanik ventilasyon	Oral, rektal: 0,5-0,75 mg/kg İntranasal, sublingual: 0,2-0,5 mg/kg IV puşe: 0,025-0,1 mg/kg İnfüzyon: 0,05-0,2 mg/kg/saat	Deliryum, Tolerans, Yoksunluk riski KC ve böbrek yet. doz azalt Bolus doz ve hipovolemik hastada hipotansiyon riski Postoperatif kardiyak hastalarda kardiyak debi ve splenik perfüzyon düşük ise, hepatik metabolizma azalabilir ve birikime yol açabilir Yağda çözünürlüğü fazla olduğu için uzun süreli infüzyon alan

				hastalarda infüzyon kesildikten sonra klinik etkileri uzun süre devam edebilir
Ketamin	Santral sinir sisteminde N-metil D-aspartat (NMDA) reseptörlerini bloke ederek sedasyon, analjezi, antegrad amnezi ve disosiyatif anestezi (hava yolu refleksleri korunur)	Kısa müdahale, Sedasyon, analjezi için güvenli alternatif bir ajan	İM 3-7 mg/kg IV puşe: 0,5-2 mg/kg İnfüzyon: 0,7-3 mg/kg/saat Etkisi hızlı başlar, etki süresi 10-15 dk	Kardiyovasküler sistem fonksiyonlarını korur Ketamin doz ile ilişkili kan basıncını artırabilir (endojen katekolamin salınımı) Solunum sistemine etkisi minimal Halüsinojen etkisi mevcut Bronkodilatasyon yapar, sekresyon artırır QT'yi uzatabilir (amiodaron tedavisi sırasında dikkat)
Propofol	Sedatif/amnestik Hızlı etkili	Kısa müdahale, kısa (<48 saat) mekanik ventilasyon	IV yükleme: 0,5-1 mg/kg, infüzyon: 125-300 µg/kg/dk	Yükleme sonrası solunum depresyonu Hipovolemik hastalarda hipotansiyon Siyanotik kalp hastalığında sistemik vasküler rezistansı düşürüp ani desatürasyon <i>Propofol infüzyon sendromu:</i> Metabolik asidoz, bradikardi, disritmi, rabdomyolizis ve ölümcül kalp yetmezliği (48 saatten uzun süreli kullanım ve 4 mg/kg/saatten fazla dozlarda gelişebilir)
Kloral hidrat	Enteral yolla kullanılan bir sedatif-hipnotik ajan Hızlı etkili	Kısa müdahale	Enteral 25-50 mg/kg/doz günde 4-6 kere uygulanabilir Maksimum 200 mg/kg/gün	Yan etkiler: En sık gastrik irritasyon, Ajitasyon Etki süresi ve gücü belirsiz Taşikardi, aritmi, katekolamin tedavisi sırasında, renal-hepatik-kalp yetmezliğinde, intrakraniyal basınç artışında kontrendike

Postoperatif Komplikasyonlar ve Yönetimi

Konjenital kalp cerrahisi sonrası görülen komplikasyonlar, mortaliteyi, morbiditeyi ve yoğun bakım yatış sürelerini etkileyen ana etkenlerdendir. Tüm komplikasyonların erken dönemde saptanması ve doğru yönetimi çok önemlidir.

Komplikasyonlar için risk faktörleri:

- Konjenital kalp hastalığının ve yapılan cerrahi işlemin kompleks olması
- Operasyon sırasında komplikasyon görülmesi
- Disritmi görülmesi
- Düşük kardiyak debi sendromu olmasıdır.

Görülen komplikasyonlar kardiyak (düşük kardiyak debi sendromu, kardiyak arrest, disritmi ve kardiyak tamponad) ve ekstrakardiyak olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. Kardiyak ve kardiyak dışı komplikasyonlar tablo 12 ve 13'de özetlenmiştir.

Düşük kardiyak debi sendromu (DKDS)

Düşük kardiyak debi sendromu (DKDS), KKH nedeniyle düzeltici veya palyatif kalp cerrahisi geçiren pediatrik hastaların yaklaşık dörtte birinde görülür ve dokulara yetersiz oksijen temini sonucunda organ disfonksiyonuna yol açar.

Etiyolojik faktörler KPB ilişkili ve KPB ilişkisiz olmak üzere ikiye ayrılır:

1. KPB ilişkisiz:
 - a. Rezidü lezyonlar
 - b. Tanı alamayan kalp defektleri
 - c. Anatomik kalp defektine spesifik sebepler (TOF, Total anormal pulmoner venöz dönüş (TAPVD), BAT)
 - d. Pulmoner hipertansiyon
2. KPB ilişkili:
 - a. KPB ile tetiklenen (inflamasyon, kompleman sistemi, lökosit aktivasyonu, inflamatuvar mediatör salınımı)
 - b. Aortik-kross klemp ilişkili miyokardiyal iskemi
 - c. Hipotermi
 - d. Reperfüzyon hasarı

Düşük kardiyak debi sendromu (DKDS), operasyon sonrası dönemde taşikardi, oligüri, azalmış cilt perfüzyonu, inotrop ihtiyacında bazale göre %10'dan fazla artış, metabolik asidoz, arteriyel-venöz oksijen satürasyon farkında artma, vazopressör ihtiyacı olan hipotansiyon ve/veya şok durumu olarak tanımlanmaktadır. Tipik olarak operasyondan 6-18 saat sonra ortaya çıkar. Organ yetmezliğine, hastanede ve yoğun bakımda yatış süresinin uzamasına, kaynak kullanımının artmasına ve mortaliteye neden olan DKDS, en korkulan hatta klinisyenler tarafından 'gece yarısı kâbusu' olarak tanımlanan bir komplikasyondur. Erken tespiti hayati önem taşımaktadır. SvO₂, pH ve laktat doku perfüzyonunu değerlendirmek için kullanılan laboratuvar ölçümleridir.

Bu hastaların yönetiminde DKDS'nin altta yatan nedeni saptanarak düzeltilmesi asıl hedef olmalıdır. Hastanın sıvı durumu değerlendirilerek yeterli ön yükü sağlamak amacıyla gerekirse sıvı replasmanı yapılmalıdır. Miyokard kontraktilesini desteklemek amacıyla inotrop destek verilmeli ve klinik duruma göre vazoaaktif ajanlar, inodilatörler kullanılmalıdır. Çalışmalarda postoperatif dönemde en sık kullanılan ajanlar milrinon, adrenalin, dopamin ve dobutamin olarak gözükmektedir.

Inotrop ajanlar: Adrenalin, dopamin, dobutamin gibi inotrop ajanlar β_1 , β_2 , α_1 ve dopaminergic reseptörleri aktive ederek kasılma gücünü ve atım hacmini artırır. Katekolaminler, taşikardi, artmış ventriküler diyastol sonu basınçları ve artmış miyokardiyal oksijen tüketimi gibi olumsuz etkiler gösterebilir. Dopamin kullanımı artmış mortalite, aritmiler ve enfeksiyon riski ile ilişkilendirilmiştir. Sepsis rehberleri de dopamin yerine adrenalin ve noradrenalin tercih edilmesini önermektedir. Meta-analizler, sepsis ve kardiyojenik şokta dopamin alan hastalarda daha yüksek mortalite oranları göstermektedir.

Inodilatör ajanlar: Milrinon, dobutamin ve levosimendan, KPB'den sonra DKDS'yi önlemek için kullanılan ajanlardır. Bu ilaçlar, sistemik, pulmoner ve koroner damarlar üzerinde vazodilatör, miyokard üzerinde ise inotrop ve lusitropik etkiler gösterir. Fosfodiesteraz III enzim inhibitörlerinden milrinon hem orta düzeyde inotrop desteği sağlamakta hem de pulmoner ve sistemik vasküler direnç düşürmektedir. İnotropların sistemik vasküler direnç üzerine olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amaçlı milrinon ile kombine tedavi oldukça sık uygulanmaktadır. Dobutamin; böbrek fonksiyon bozukluğu olan hastalarda milrinona göre daha çok tercih edilir. Milrinon ile karşılaştırıldığında, etkinlik açısından belirgin bir fark bulunmamıştır. Son yıllarda profilaktik levosimendan ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Bu araştırmalar, milrinon ve levosimendanın kardiyak debi açısından benzer etkinliğe sahip olduğunu

göstermiştir. Her üç ilaç da DKDS yönetiminde önemli rol oynar, ancak seçim, hasta özelliklerine ve yan etkilere bağlı olarak yapılmalıdır.

Vazopressör ajanlar: V1 reseptörünü uyaran vazopressin, DKDS ve vazopleji vakalarında sıvı resüsitasyonu ve inotrop desteği gereksinimini azaltır. Katekolaminlerle karşılaştırıldığında, vazopressin daha düşük bir aritmi riski ile ilişkilidir. Noradrenalin, dopaminle karşılaştırıldığında daha az aritmi ve daha düşük mortalite ile ilişkilidir. Gözlemsel veriler, noradrenaline bir inodilatör eklenmesinin mortaliteyi azaltacağını desteklemektedir.

Ancak literatürde postoperatif dönemde kullanılan ajanların birbirine üstünlüğünü gösteren veya rutin profilaktik kullanım önerisi yapan bir veri bulunmamaktadır.

Pozitif basınçlı ventilasyon ile solunum desteği, solunum iş yükünü azaltarak kardiyak debinin artırılmasında faydalı olabilir. Bu hastalarda vücut sıcaklığı öncelikle normotermide tutulmalıdır. Medikal tedavilerle hemodinamik hedefler yakalanamıyorsa bu hastalarda ECMO hayat kurtarıcı olmaktadır.

Disritmiler

Konjenital kalp cerrahisi sonrası disritmi %50'lere varan oranlarda görülebilmektedir. Bu disritmilerin bir kısmı hastalarda herhangi bir hemodinamik bozukluğa yol açmazken bazıları hemodinamiyi bozarak hastaların yönetimini zorlaştırmakta, mekanik ventilasyon ve yoğun bakımda kalış süresini uzatmaktadır. Erken postoperatif dönemde en sık junctional ektopek taşikardi (JET) ve atrioventriküler blok (AV blok) görülürken geç postoperatif dönemde daha çok ventriküler aritmiler görülmektedir.

➤ Sinüs nod disfonksiyonu

Sinüs bradikardisi, sinüs arresti, sinüs düğümü çıkış bloğu ve bradi-taşiaritmilerin dahil olduğu bu grup, atriyal cerrahiden sonra, özellikle sinüs venosus defekti onarımı, Mustard, Senning veya hemi-Fontan operasyonları gibi sinüs düğümü etrafındaki operasyonlardan sonra sıklıkla görülür. Genel olarak %1-10 arasında görülürken hemi-Fontan operasyonları sonrası daha yüksek oranda görülebilmektedir. Operasyon sonrası takip sürecinde tamamı düzelmektedir.

➤ AV blok

Atriyum ile ventrikül arasında iletimde kayıp, aralıklı blok veya gecikme ile karakterize bir durumdur. AV blok için en yüksek risk subaortik kas rezeksiyonu yapılan sol ventrikül çıkım yolu darlığı olan hastalar, VSD ve TOF düzeltme operasyonu yapılan hastalardır. Yine büyük arterlerin L-transpozisyonu olan hastalarda yüksek oranda spontan AV blok gelişir.

Tam AV blok gelişen hastalarda geçici kalp pili ile hedeflenen kalp hızı oluşturulur. Operasyon sonrası görülen tam AV blokların (şekil 1) çoğu 10-14 gün içinde düzelmektedir. Daha uzun süren bloklarda kalıcı kalp pili düşünülmelidir.

➤ Primer atriyal taşikardiler

Düzenli P dalgalarıyla birlikte olan ektopek atriyal ve intraatriyal reentran taşikardi (IART), testere dışı dalgaları olan atriyal flutter, disorganize atriyal aktiviteye sahip atriyal fibrilasyon ve kaotik atriyal taşikardi görülebilir.

KKH'li büyük çocuklarda, IART terimi genellikle normal görünümlü P dalgalarına neden olan daha yavaş ritmi tanımlamak için kullanılır. IART geç postoperatif mortalite ve morbiditeden sorumlu olabilir. Fontan operasyonu sonrası görülen en sık ritim problemlerinden biridir (%17-50). IART ablasyon ile %90 başarı oranlarında tedavi edilebilir. Yine medikal tedavide amiodaron veya sotalol etkilidir.

Atriyal flutter tipik testere dışı EKG görüntüsüyle tanınır. Sağ atriyal hipertrofi veya dilatasyon yapan KKH'lere eşlik edebilir. Postoperatif atriyal flutter persistan hemodinamik bozukluk ile direkt ilişkilidir. Atriyal fibrilasyon; atriyal miyokardit, reentran supraventriküler taşikardiye (SVT) ikincil veya santral venöz kateter işleminde mekanik uyarıyla ortaya çıkabilir. Çocuklarda çok nadir görülür. Hemodinamisi bozuk olan hastalarda kardiyoversiyon uygulanmalıdır. Hemodinamisi stabil hastalarda beta blokör, propafenon, sotalol veya amiodaron gibi ajanlar etkilidir.

➤ Junctional ektopik taşikardi

AV nod veya proksimal His demeti içerisinde ektopik uyarı ile ortaya çıkar (şekil 2). JET'in EKG bulgusu, aritmi döngüsü uzunluğuna, ventriküloatriyal ilettime ve aritmi süresine (sürekli veya paroksizmal) bağlı olarak değişebilir. Sürekli olan formu; 1:1 ventriküloatriyal iletili, düzenli, kısa RP, dar kompleksli SVT'dir. VA iletimi olmayan paroksizmal JET formu; aralıklı sinüs yakalama atımlarının neden olduğu düzensiz dar kompleks taşikardi olarak ortaya çıkabilir.

JET'i diğer SVT formlarından ayırt etmek zordur. Elektrofizyolojik çalışma ile kesin olarak ayırt edilebilir. Ancak kesin olmasa da ayırt edici bazı özellikler bulunmaktadır. Atriyal prematür atım veya PR uzaması ile başlamayan kısa RP taşikardi patlamaları JET lehinedir. Kalp hızı genellikle diğer SVT formlarından daha düşük olmakla birlikte 160- 220/dk kadardır. Ayrıca JET genellikle adenozin uygulamasına yanıt vermez. Direkt atriyal EKG kayıtları ile AV senkronizasyonun olmadığına görülmesi ayırıcı tanıda önemlidir.

En sık TOF düzeltme operasyonu sonrası izlenmektedir. Postoperatif dönemde genelde 2-4 gün sürer ve AV blok eşlik edebilir. Atriyum ile ventrikül arasında koordinasyon kaybı olduğundan kardiyak debiyi düşürür, özellikle postoperatif hasta çocuklarda miyokardiyal disfonksiyon yapabilir. Küçük yaş, düşük magnezyum düzeyi, daha uzun KPB süresi ve KPB sırasında daha yüksek vücut sıcaklığı JET insidansında artış ile ilişkilidir.

Yönetiminde öncelikle beta agonist etkisi olan inotrop ajanları mümkün olduğunca azaltmak, hipertermiyi önlemek (34-35 C gibi hafif hipotermi yapılabilir), elektrolit bozukluklarını düzeltmek (magnezyum >1.6 mmol/L, potasyum >4 mmol/L, iyonize kalsiyum >1.2 mmol/L hedeflenmeli), yeterli sedasyon ve analjeziyi sağlamak gibi konvansiyonel destek tedavileri uygulanmalıdır. Sedasyon amaçlı kullanılan deksmedetomidinin JET için hem koruyucu hem tedavi edici etkinliği bulunmaktadır. Bu tedavilerle kontrol altına alınamayan hastalarda amiodaron ilk tedavi seçeneğidir. Esmolol ve propafenon dirençli vakalarda kullanılabilir alternatif antiaritmik ajanlardır. Ayrıca atriyal pacemaker ile "burst pacing" yapılabilir. JET, genellikle burst pacing ile sonlandırılmazsa da, JET hızından daha yüksek bir hızda atriyal pacing, JET çözülene veya farmakolojik olarak kontrol edilene kadar AV senkronizasyonu arttırarak genellikle hemodinamiyi iyileştirir. Hiçbir yonteme klinik yanıt alınmadığı durumlarda ECMO ile ritim normale dönene kadar hastaya hemodinamik destek sağlanabilir.

➤ Ventriküler taşikardiler

İzole prematür ventriküler kontraksiyonlar gibi benign ventriküler ektopi formları, erken postoperatif dönemde sık görülmekle birlikte birçoğu hipokalemi ile ilişkilidir. Sürekli ventriküler taşikardi (VT) çok sık görülme de kalp cerrahisi sırasında yaşanan miyokard iskemisi sonrası izlenebilmektedir (şekil 3). Geç postoperatif dönemde görülen VT genellikle miyokarddaki skar dokusu kaynaklı ve monomorfik VT formundadır. Özellikle TOF düzeltimi sonrası geç dönemde sağ ventrikül basınç yüksekliği nedeniyle ventriküler taşikardiler izlenebilir. Torsades de pointes tipik olarak uzun QT sendromu olan hastalarda görülse de global iskemi veya aşırı asit-baz ve elektrolit bozukluklarında da görülebilir. Polimorfik bir VT çeşididir.

Hemodinamisi bozuk hastalarda VT'ye senkronize kardiyoversiyon ile müdahale edilmelidir. Hemodinamisi stabil olan hastalarda farmakolojik tedaviler uygulanır. Farmakolojik tedavi seçenekleri öncelikle lidokain veya amiodarondan oluşmaktadır. Yine sotalol, prokainamid veya beta blokör kullanılabilir. Torsades de pointes yönetiminde öncelikle magnezyum sülfat 25 mg/kg dozda uygulanmalıdır. Bu ritimde lidokain faydalı olup, prokainamid ve amiodaron repolarizasyonu uzattığından kaçınılmalıdır.

Şekil 4'de taşikardi algoritması verilmiştir.

Tablo 15 ve 16'da konjenital kalp cerrahisi sonrası sık kullanılan ilaçlar ve tedaviler verilmiştir.

➤ Geçici kalp pili ayarları

Geçici kalp pili ayarları Tablo 11'de gösterilmiştir.

1. Mod seçimi:

- İlk harf PACE yapılan (uyarı verilen) yer: V (ventrikül), A (atriyum), D (dual, ventrikül ve atriyum)

- b. İkinci harf SENSE edilen (algılanan) yer: V (ventrikül), A (atriyum), D (dual, ventrikül ve atriyum), veya O (algılama yok)
- c. Üçüncü harf sens olduğunda cihazın ne yapacağı: T (triggered, uyarı), I (inhibited, inhibisyon, sense varsa pace yapılmasını inhibe eder), D (dual, triggered or inhibited), veya O (algılama yok)
2. RATE (kalp hızı) ayarla:
 - a. Altta yatan ritmin 10 bpm üzeri ya da
 - b. Yaşa göre kalp hızı; yenidoğan: 100-205, 1-12 ay: 100-180, 1-2 yaş: 98-140, 3-5 yaş: 80-120, 6-11 yaş: 75-118, 12-15 yaş: 60-100
3. Sensitivite gir:
 - a. 3 mV den başla
 - b. Sens ışığı yanıp sönene kadar önceki değeri yükselt
4. Output (çıkıtı) gir:
 - a. 5 mA den başla
 - b. EKG'de atriyal ise P dalgası, ventriküler ise QRS oluşturuncaya kadar değeri yükselt
5. Sensitivite ayarla:
 - a. RATE'i alttaki ritim çıkana kadar azalt
 - b. Output'u en az sayıya düşür
 - c. Sensitivite değerini sens ışığı yanmayana kadar arttır
 - d. Sensitivite değerini yeniden sens ışığı yanana kadar azalt
 - e. Bulunan sensitivite sayısını yarısına kadar azaltarak ayarla
 - f. RATE ve outputu eski değerlerine getir
6. Output ayarla:
 - a. RATE ve sensitiviteyi değiştirme (AF'de VVI'da rate 100 olsun, işlem sonrası ilk ayara dön)
 - b. Output değerini EKG'de pace yapmayana kadar azalt
 - c. Output değerini EKG'de 1:1 yakalama olana kadar arttır
 - d. Output değerini bulunan değerin 2 katı sayıya ayarla
 - e.

Tablo 11. Geçici kalp pili ayarları

	AOO	VOO	AAI	VVI	DOO	DDD	DDI
Atriyal ve/veya ventriküler indikatör	A	V	A	V	A+V	A+V	A+V
Pace ve/veya Sense	PACE (A)	PACE (V)	PACE (A) + SENSE (A)	PACE (V) + SENSE (V)	PACE (A) + PACE (V)	PACE (A) + SENSE (A) VE PACE (V) + SENSE (V)	PACE (A) + SENSE (A) VE PACE (V) + SENSE (V)
A OUTPUT	On	Off	On	Off	On	On	On
V OUTPUT	Off	On	Off	On	On	On	On
A Sensitivity	ASYNC	-	On	-	ASYNC	On	On
V Sensitivity	-	ASYNC	-	On	ASYNC	On	On
A Tracking	-	-	-	-	-	On	Off
Endikasyon	Hasta sinüs sendromu, sinüzal bradikardi	AF+3° kalp bloğu	Sinüs düğümü işlev bozukluğunun bir sonucu olarak semptomatik bradikardi	Semptomatik bradikardi ile sabit atriyal aritmiler (AF), AV blok	3° kalp bloğu	AV blok, sinüs düğümü disfonksiyonu, Kardiyak debiyi en üst düzeye çıkarmak için AV senkronizasyonu ihtiyacı	SVT+3° kalp bloğu, Önemli PSVT varlığında çift odacıklı pacing ihtiyacı

A: atriyum, O: algılama yok, V: ventrikül, I: inhibisyon, D: dual, AV: atrioventriküler, AF: atriyal fibrilasyon, SVT: supraventriküler taşikardi, PSVT: paroksizmal supraventriküler taşikardi.

Kardiyak tamponad

Küçük çocuklarda tamponad bulguları ilk başta belirsiz olsa da dakikalar içerisinde kardiyovasküler yetmezlik oluşabilir. Erken postoperatif dönemde kanamaya bağlı, geç postoperatif dönemde hidrostatik etkilerden kaynaklı (özellikle Fontan operasyonu sonrası) tamponad gelişebilir. Tamponad göstergeleri; taşikardi, hipotansiyon, nabız basıncında daralma, idrar çıkışında azalma, kalbin hem sol hem sağ boşluklarında yüksek dolum basıncıdır. Düşük kan basıncı, boyun venlerinde dolgunluk ve kalp seslerinin derinden gelmesi Beck Triad'ı olarak adlandırılan kardiyak tamponad bulgularıdır. Oksijen saturasyonu ve invaziv kan basıncı eğrilerinde büyük miktarda fluktuasyonlar görülür. Mediasten

dreninden gelmekte olan sıvının aniden kesilmesi kardiyak tamponad açısından uyarıcı olmalıdır. Kesin tanı ekokardiyografi ile konulur. Tedavi acil yaklaşımla perikardiyosentez yapılmasıdır. Tamponad, mediasten dreni varken gerçekleşirse cerrahi olarak perikardiyal sıvının boşaltılması gerekir.

Postperikardiotomi sendromu (PPS): Artan veya yeni gelişen perikardiyal ve/veya plevral efüzyon oluşumu, perikardiyal sürtünme, nefes darlığı ile birlikte olan veya olmayan göğüs ağrısı, ateş ve yüksek inflamatuvar belirteçlerden oluşan klinik bir sendromdur. Genellikle cerrahiden 1-6 hafta sonra gelişir.

Postoperatif kanama

İnfant ve çocuklarda kalp cerrahisi sonrası kanama riski ve transfüzyon ihtiyacı yüksektir. Çalışmalarda ilk gün ciddi kanama insidansı %8-16 arasında değişmektedir. KPB; pıhtılaşma faktörlerinin tüketilmesi ve trombosit disfonksiyonu nedeniyle koagülopati oluşturan bir durumdur. Kanama yönetiminde tanısal testler içerisinde en ayrıntılı bilgiyi tromboelastogram veya tromboelastometri vermektedir. Operasyon sonrası göğüs drenleri genellikle kanamayı izlemek ve yönetmek için kullanılır. Drenaj miktarı genellikle operasyon sonrası ilk 6 saat içinde azalmaya başlayarak 24-48 saat içinde minimum düzeyine gelir. Başlangıçta drenaj hemorajik olabilir ve iyileşme ilerledikçe yavaş yavaş seröz hale gelir. Bu geçişin kesin zamanı, hastaya özgü faktörlere ve cerrahinin türüne bağlı olarak değişebilir de 18-24 saat içinde çoğu hastada bu değişiklik olur. İlk saat göğüs tüpünden 10 mL/kg veya ilerleyen saatlerde 5 mL/kg hemorajik gelenlerin olması kanamanın fazla olduğunun göstergesidir. Bu durumda taze donmuş plazma, trombosit replasmanı ve traneksamik asit gibi farmakolojik tedaviler uygulanmalıdır. Kanama devam ederse fibrinojen konsantrisi, protrombin kompleks konsantrisi veya faktör 7 kullanılabilir. Önemli miktarda kanama olması durumunda hücre kurtarıcı (cell saver) tekniği ile hastanın kendi kanının yeniden kullanılmasını sağlanabilir. Bütün medikal desteklere rağmen kanama devam ediyorsa cerrahi eksplorasyon gerekli olabilir.

Solunumsal komplikasyonlar

Kalp cerrahisi sonrası morbidite ve mortalitenin en yaygın nedenlerinden biri %6-76 arasında değişen oranları ile solunumsal komplikasyonlardır. Görülen solunum komplikasyonları; atelektazi, pnömoni, pulmoner ödem, plevral efüzyon, diyafram paralizi/parezisi ve şilotorakstir. Solunum komplikasyonları tablo 14'de özetlenmiştir. Öncesinde mekanik ventilasyon desteği, pulmoner hipertansiyon, kullanılan genel anestezi, cerrahi insizyon, KPB süresi ve dren sayısı gibi faktörler solunum komplikasyonları ile ilişkili olabilmektedir.

➤ Diyafram paralizi/parezisi

Frenik sinir hasarı, özellikle pulmoner arter dalları ile ilgili operasyonlarda (TOF düzeltme), orta hatta ark rekonstrüksiyonu yapılan operasyonlarda (Norwood operasyonu), vena kava superior ile ilgili işlemlerde (Glenn şantı), veya perkütan santral venöz girişim sonrasında ortaya çıkabilir. Özellikle reoperasyonlarda adezyon ve skar dokularından dolayı risk daha yüksektir. Diyafram paralizi, diğer solunum komplikasyonları, uzamış mekanik ventilasyon süresi, uzamış hastane yatış süresi ve mortalitede artış ile ilişkilidir. Özellikle tekrarlayan başarısız ekstübasyonlarda diyafram paralizi aklı gelmeli ve bu açıdan tanısal değerlendirme yapılmalıdır. Solunum iş yükünde artış olması, hiperkarbi ve direk grafide hemidiyafram yüksekliği diyafram disfonksiyonunun göstergeleridir. Diyafram disfonksiyonu, diyafram hareketinin inspirasyon sırasında floroskopik değerlendirilmesiyle doğrulanır. Ancak, bu işlem için hastaların kateterizasyon laboratuvarına taşınması ve iyonize edici radyasyona maruz kalması gerekir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, diyaframın ultrasonografik değerlendirilmesinin, floroskopiye benzer sensitivite ve spesifiteye sahip olduğunu göstermiştir. USG ile diyafram hareketi, amplitüd, kuvvet, kontraksiyon hızı, özel hareket paternleri ve inspirasyon sırasında diyafram kalınlığındaki değişim gibi farklı parametreler değerlendirilerek tanı konulur. Mekanik ventilatöre bağlı hastalarda USG ile tanı daha zordur. Bu hastalarda USG yapılırken kas gevşetici ilaçların kullanılmaması ve spontan solunuma izin veren modlar ile izlenmesi şarttır. Genellikle diyafram disfonksiyonu geçicidir. Ancak bazı hastalarda kalıcı olup akciğer hacmini belirgin azaltmaktadır. Bu hastalarda cerrahi olarak diyafram plikasyonu gerekebilir.

➤ Plevral efüzyon

Plevral efüzyon özellikle Fontan, TOF düzeltme ve Truncus arteriozus operasyonları sonrası meydana gelebilir. İnfantlarda sağ kalp yetmezliğinde artmış intertisyel akciğer sıvısı ile plevral efüzyon gelişebilir. Bu durum, sistemik venöz basıncın artması ve lenfatik dönüşün venöz dolaşıma engel olmasıyla

ilişkilidir. Plevral sıvı drenajı bu hastalarda hem solunum iş yükünü hafifletir hem de genel olarak sıvı yükünü azaltır.

➤ **Şilotoraks**

Konjenital kalp cerrahisi sonrası şilotoraks %0,25-9,2 arasında görülmektedir. Uzamış yoğun bakım ve hastane yatış süresi, mortalitede artış ile ilişkilidir. Genel olarak travmatik ve non-travmatik olarak sınıflandırılır. Kalp cerrahisi sonrası iki şekilde de görülebilir. Santral venöz basıncın arttığı durumlar (sağ ventrikül diyastolik disfonksiyon ve Fontan fizyolojisi gibi), subklavyen ven, internal juguler ven veya vena cava superiorda tromboz durumlarında non-travmatik şilotoraks gelişebilir.

Direk grafi ve toraks ultrasonografisi ile plevral effüzyon anlaşıldıktan sonra torasentez ile plevra sıvı analizi yapılarak şilotoraks tanısı konulabilir. Şilotoraks etiyojisi için vasküler ultrasonografi ve kalp kateterizasyonu yapılabilir. Tipik olarak cerrahi sonrası enteral beslenme başlandıktan sonra tek taraflı süt renginde plevral sıvı oluşması ile anlaşılmaktadır. Plevra sıvısında trigliserid >110 mg/dL olması tanıyı kesinleştirir. Enteral beslenen hastalarda trigliserid <50 mg/dL olması tanıyı ekarte ettirir. Trigliserid 50-110 mg/dL arasında ise şilomikronları gösteren lipoprotein analizi yapılmalıdır. Şilotoraksta plevra sıvısında lenfosit ağırlıklı (%80) beyaz küre sayısı >1000/µL, düşük laktat dehidrogenaz düzeyi, yüksek protein (>20g/L), yüksek immunglobulin içeriği bulunur.

Uzamış şilotoraks, enfeksiyon riskini artırır, yara iyileşmesini geciktirir, malnütrisyon riskini artırır ve sıvı-elektrolit dengesizliklerine yol açar. Postoperatif şilotoraks drenaj hacmine göre düşük volümlü (≤20 mL/kg/gün) veya yüksek volümlü (>20 mL/kg/gün) olarak ayrılır. Düşük volümlü şilotoraksta orta zincirli trigliserid (MCT) zengin ve lipidden fakir diyet ile hasta beslenir, 7 güne kadar yanıt beklenir. Yanıt veren hastalarda 6 hafta kadar diyetle devam edilir. Yanıt vermeyen hastalarda veya yüksek volümlü şilotoraksta enteral beslenme kesilerek total parenteral beslenme desteği ile intravenöz oktrotid infüzyonu uygulanır. 2 hafta medikal tedaviye yanıt yoksa cerrahi ile lenfatik hasarın onarılması veya torasik duktusun ligasyonu yapılır. Daha dirençli vakalarda plörodez veya plevraperitoneal şant gibi uygulamalar denenebilir. Perkütan torasik duktus embolizasyonu cerrahi tedaviye göre daha az invaziv olan alternatif bir yöntemdir. Bu süreçte albümin desteği (2,5 g/dL üzeri hedeflenir), IVIG desteği (Ig G düşüklüğünde) ve multivitamin gibi destek tedavileri yapılmalıdır.

➤ **Diğer**

Pulmoner ödem, pnömoni ve atelektazi, konjenital kalp cerrahisi sonrası sık görülen diğer solunum komplikasyonlarıdır. Ortak semptomları alveolar gaz değişiminde bozulma ve hipoksemidir. Pulmoner ödem yönetiminde diüretikler ve art yükü azaltıcı tedaviler faydalıdır. Atelektazi için hastalara yeterli analjezi sağlanması ve yaşına uygun göğüs fizyoterapisi uygulanması gereklidir. Pnömoni açısından uygun antibiyotik yaklaşımı yapılmalıdır.

Nöro-psikiyatrik komplikasyonlar

Prenatal dönemde kritik kalp lezyonları olan hastalarda beyine giden oksijen miktarında azalma ve serebral vasküler dirençte görülen değişiklikler sonucu periventriküler lökomalazi sık görülmektedir.

Operasyon öncesinde nörolojik değerlendirme, konjenital kalp cerrahisi hastalarında oldukça önemlidir. Bu değerlendirme, operasyon sırasında ve sonrasında karşılaşılabilecek nörolojik risklerin daha iyi yönetilmesini ve operasyon sonrası herhangi bir yeni nörolojik değişikliğin tanınmasını sağlar. Ayrıca hem ailelerin bilgilendirilmesi hem de cerrahi ekibin hastayı değerlendirmesi açısından kritik bir rol oynar. Operasyon sırasında beyin hasarı açısından risk oluşturan etmenler; KPB süresi, hematokrit <%20 olacak şekilde hemodilüsyon olması, hipotermi derecesi ve süresi, asit-baz bozukluğu, dolaşımsal arrest süresi, KPB sırasında kullanılan kanül pozisyon ve fonksiyonlarıdır.

Postoperatif dönemde yine hipoksi, hipo/hiperperfüzyon durumları, biyokimyasal anormallikler, mikroembolizasyonlar, kullanılan sedasyon ve analjezi ilaçlarıyla yoğun bakım yatış sürelerinin uzaması gibi nedenlerle nörolojik problemler ortaya çıkabilmektedir.

Nörolojik komplikasyonlar konjenital kalp cerrahisi sonrası %1,5-25 oranında görülmektedir. Konvülsiyon, bilinç değişikliği, serebral enfarkt, kanama gibi ciddi komplikasyonların yanı sıra konuşma bozuklukları, dil gelişimi ve okul başarısında geri kalma, travma sonrası stres bozukluğu gibi psikososyal komplikasyonlar da görülebilir. Nörolojik komplikasyonlarda genel olarak nedene yönelik tedaviler uygulanır. Konvülsiyonlar mümkün olduğunca hızlı şekilde kontrol altına alınmalıdır. Bu nedenle antiepileptik ajanlar kullanılmalıdır.

➤ **Deliryum**

Postoperatif yoğun bakım sürecinde deliryum da ortaya çıkabilir. Deliryum kalp cerrahisi sonrası daha kısa sürede ve daha yüksek oranda görülebilir. Bu açıdan en iyi yaklaşım ağrı ve sedasyon skorları ile hastaları sık izleyerek sedasyon analjezi uygulamalarını minimize etmek, non-farmakolojik yaklaşımları uygulamaktır. Alfa-2 agonist deksmedetomidin; hem sedatif hem analjezik, hem de nöroprotektif özelliği ile öne çıkan, konjenital kalp cerrahisi sonrası kullanılan önemli bir ajandır.

Akut böbrek hasarı

Konjenital kalp cerrahisi sonrası böbrek hasarı için risk faktörleri; preoperatif renal disfonksiyon, uzamış KPB süresi, hemoliz, DKDS ve kardiyak arrest öyküsüdür. Postoperatif izlemde nefrotoksik ajan kullanımı yine böbrek hasarına katkı sağlayan faktörlerdendir. Akut böbrek hasarı değerlendirilmesinde KDIGO ve pRIFLE gibi sınıflama sistemleri kullanılmaktadır. Ayrıca akut böbrek hasarını öngörmek için geliştirilmiş bir klinik skorlama aracı olan renal anjina indeksi de bu hastalarda kullanılabilir. Daha erken ve daha doğru tanı amaçlı umut vaadeden belirteçler [nötrofil jelatinaz ilişkili lipokalin (NGAL), böbrek hasar molekülü-1 (KIM-1), sistatin c, üriner interlökin-18, karaciğer tipi yağ asit bağlayıcı protein (L-FABP), insülin benzeri büyüme faktörü bağlayıcı protein-7 (IGFBP7), metaloproteinaz-2 doku inhibitörü (TIMP-2)] bulunsa da rutin kullanıma girmemişlerdir.

Kalp cerrahisi sonrası hastalarda sıvı yönetimi böbrek hasarı açısından çok önemlidir. Bu hastalarda KPB ilişkili inflamatuvar yanıt olduğundan kapiller kaçak ve interstisyel sıvı birikimi ilk 24-48 saatte sık görülmektedir. Bu nedenle total vücut sıvılarında artış olur ki bu durum böbrek hasarını arttırmaktadır. Kalp cerrahisi sonrası genelde idame sıvı uygun dolun basınçlarını sağlayacak şekilde yeterli ancak kısıtlı tutulmalıdır. Genellikle kalp cerrahisi sonrası ilk 24-48 saatte diüretik ihtiyacı sıktır. Diüretiklere yanıtız volüm yükü ve akut böbrek hasarında, periton diyalizi, hemodiyaliz veya sürekli renal replasman tedavisi kullanmak gerekebilir.

Gastrointestinal sistem

Çocuklarda konjenital kalp cerrahisi sonrası gastrit, ülser ve üst gastrointestinal sistem kanaması gelişebilir. Yoğun bakım kliniklerinde proton pompa inhibitörü, H2 reseptör blokörleri, sükralfat veya oral antiasit kullanımları sık olmasına rağmen bu hasta grubunda profilaktik kullanımlarının etkinliğine dair net çalışmalar bulunmamaktadır.

Akut karaciğer yetmezliği, özellikle Fontan operasyonu sonrası görülebilmektedir. Karaciğer enzimlerinde artış, koagülopati ve hiperamonyemi ile kendini gösterir. Akut karaciğer yetmezliği genel tedavi yaklaşımları uygulanmalıdır.

Yenidoğan döneminde kalp cerrahisi sonrası nekrotizan enterokolit tablosu gelişebilir. Sol taraf obstrüktif lezyonları, umbilikal veya femoral arter kateterizasyonları, hipoksemi, geniş nabız basıncı oluşturan lezyonlar (sistemik-pulmoner şant, ağır aort yetmezliği gibi) risk faktörüdür. Yönetiminde nazogastrik sonda ile sürekli intestinal dekompresyon, parenteral beslenme, geniş spektrumlu antibiyotikler kullanılır. Intestinal eksplorasyon veya rezeksiyonlar gerekebilir. İzlemde intestinal perforasyonlar oluşabilir.

Enfeksiyon

Kalp cerrahisi sonrası 3-4 gün boyunca ateş ve akut faz reaktanlarında artış, enfeksiyon olmasa da görülebilmektedir. Bu ateş genellikle aksiller <38,5°C olur. Fakat enfeksiyonların kalp cerrahisi sonrası sık olduğu da unutulmamalıdır. Özellikle KPB uygulanan hastalarda ikincil immün yetmezlik durumu ve invaziv aletlerin çok olması nedeniyle risk daha fazladır. Bu hastalarda yara yeri enfeksiyonu sıklığı %2-5 arasındadır. Tüm yoğun bakım hastalarında olduğu gibi el hijyeni başta olmak üzere enfeksiyonlardan koruyucu önlemler alınmalıdır. Down sendromu ve Di George sendromu gibi immün yetmezlik durumunun eşlik edebileceği hastalarda enfeksiyonlar açısından daha dikkatli olunmalıdır.

Kalp cerrahisi sonrası mediastinit yaklaşık %2 oranında izlenmektedir. Risk faktörleri; gecikmiş sternal kapama (özellikle 6 günden uzun), kanama için eksplorasyon ve yeniden operasyon ihtiyacıdır. Persistan ateş yüksekliği, lökositoz, sternotomi, yara yerinde kızarıklık-ayrılma veya pürülan akıntı ve sternumda instabilite tipik bulgularıdır. En sık etken stafilokoklar olup tedavide debridman ve irrigasyon ile uygun antibiyoterapi uygulanır.

Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu

Konjenital kalp cerrahisi sonrası görülen bir diğer komplikasyon KPB ilişkili sistemik inflamatuvar yanıt sendromudur (SIRS). Genellikle cerrahi sonrası ilk 24-48 saatte pediatrik sepsis rehberlerinde kullanılan SIRS kriterleri ile belirlenmiş klinik durumda KPB ilişkili SIRS tanımı kullanılmaktadır. İnsidansı çeşitli çalışmalara göre %7-22 arasındadır. KPB süresi, küçük yaş ve düşük vücut ağırlığı riski arttıran durumlardır. Sitokin salınımı ile ilişkili kapiller kaçak, damar içi volümde azalma, jeneralize ödem, dolaşım yetmezliği, patofizyolojik mekanizmalarıdır. İnflamatuvar süreç akciğer, miyokard, böbrek, karaciğer, intestinal ve santral sinir sistemi tutulumu ile seyreden çoklu organ yetmezliğine yol açabilir. Yönetiminde organ yetmezlikleri açısından destek tedavileri önerilmektedir. KPB ilişkili SIRS gelişimini önlemek amacıyla preoperatif veya intraoperatif steroid kullanılabilir. Ancak yapılan çalışmalarda herhangi bir koruyuculuğu gösterilememiştir. Yine literatürde postoperatif dönemde tedavi olarak kullanılmasının da etkili olduğuna dair yeterli kanıt yoktur.

Tablo 12. Kardiyak komplikasyonlar

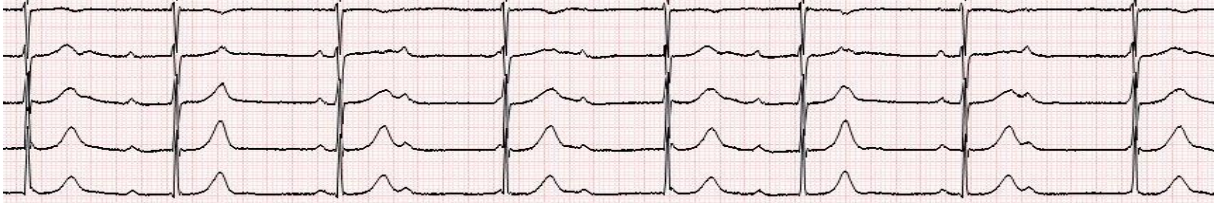
Komplikasyon	Tanı	Yönetim
Düşük kardiyak debi sendromu	<ul style="list-style-type: none">• Taşikardi, oligüri, azalmış cilt perfüzyonu bulguları• İnotrop ihtiyacında bazale göre %10'dan fazla artış• Metabolik asidoz• Arteriyel-venöz oksijen satürasyon farkında artma• Vazopressör ihtiyacı olan hipotansiyon ve/veya şok durumu	<ul style="list-style-type: none">• Nedene yönelik tedavi• Yeterli önyük sağlamak• İnotropik destek, vazoaaktif ajanlar, inodilatatörler• Yeterli solunum desteği• Hipotermi veya hipertermiden korumak• Tedavilere dirençli ise mekanik dolaşım desteği
<i>Disritmiler</i>		
1°AV blok	<ul style="list-style-type: none">• EKG'de PR aralığı sabit uzun	<ul style="list-style-type: none">• İzlem, genellikle spontan düzelme
2°AV blok	<ul style="list-style-type: none">• Wenkebach (Mobitz tip 1): PR aralığı giderek uzar ve sonunda bir QRS kompleksi kaybolur• Mobitz tip 2'de ise her 2,3 veya 4 atımda bir QRS kaybı olur	<ul style="list-style-type: none">• İzlem, genellikle spontan düzelme• Bradikardi yapan ilaçlardan kaçınma
Tam AV blok	<ul style="list-style-type: none">• P dalgaları ile QRS sayıları eşit değil ve birbirinden bağımsız• RR araları düzenli ve sabittir.	<ul style="list-style-type: none">• Geçici kalp pili• 10-14 günden uzun sürerse kalıcı kalp pili
Primer atriyal taşikardiler	<ul style="list-style-type: none">• Düzenli P dalgalarıyla birlikte olan ektopik atriyal taşikardi ve intraatriyal reentran taşikardi• Testere dışı dalgaları olan atriyal flutter• Disorganize atriyal aktiviteye sahip olan atriyal fibrilasyon ve kaotik atriyal taşikardi	<ul style="list-style-type: none">• Hemodinamisi stabil hastalarda beta blokör, propafenon, sotalol veya amiodaron gibi ajanlar• Hemodinamisi bozuk olan hastalarda kardiyoversiyon
JET	<ul style="list-style-type: none">• Düzenli ve kalp hızı genellikle 160-220/dk• Negatif veya gözükmeyen P dalgası• AV dissosiasyon durumu atriyal EKG ile görünebilir	<ul style="list-style-type: none">• İnotropik ajanları azaltmak• Hipertermiyi önlemek• Elektrolit bozukluklarını düzeltmek• Yeterli sedasyon ve analjeziyi sağlamak• Deksmetomidin• Gereğinde hafif hipotermi uygulamak• Amiodaron• Dirençli olgularda esmolol, propafenon• Atriyal pacemaker ile "burst pacing"
Ventriküler taşikardiler	<ul style="list-style-type: none">• EKG'de QRS kompleksi normalden geniş• Kalp hızı 150-300/dk	<ul style="list-style-type: none">• Hemodinamisi stabil hastalarda farmakolojik ajanlar: lidokain, amiodaron• Hemodinamisi stabil olmayan hastalarda kardiyoversiyon• Alternatif ajanlar: sotalol, prokainamid veya beta blokör
Kardiyak tamponad	<ul style="list-style-type: none">• Taşikardi, hipotansiyon, nabız basıncında daralma, idrar çıkışında azalma• Kalbin hem sol hem sağ boşluklarında yüksek dolum basıncı• Kesin tanı ekokardiyografi ile	<ul style="list-style-type: none">• Perikardiyosentez• Cerrahi olarak perikardiyal sıvı boşaltılması

Tablo 13. Kardiyak dışı komplikasyonlar

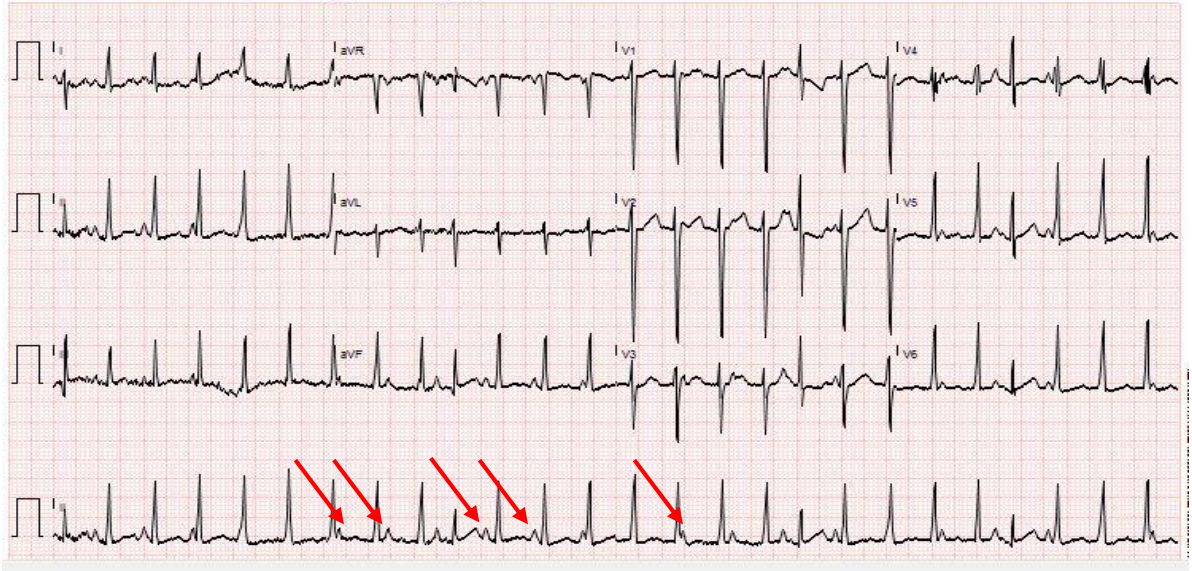
Komplikasyon	Tanı	Yönetim
Postoperatif kanama	<ul style="list-style-type: none">• İlk saat göğüs tüpünden ≥ 10 mL/kg veya ilerleyen saatlerde ≥ 5 mL/kg hemorajik gelenlerin olması• Tromboelastogram veya tromboelastometri ile değerlendirme	<ul style="list-style-type: none">• Taze donmuş plazma ve trombosit replasmanı• Traneksamik asit• Kanama devam ederse fibrinojen konsantrisi, protrombin kompleks konsantrisi veya faktör 7• Dirençli olgularda cerrahi eksplorasyon
Nörolojik komplikasyonlar	<ul style="list-style-type: none">• Bilinç değişikliği, konvülsiyon, yeni fokal nörolojik bulgu• Kraniyal görüntüleme ile etiyoloji saptaması	<ul style="list-style-type: none">• Konvülsiyonların kontrol altına alınması açısından antiepileptik ajanlar• Etiyolojiye yönelik tedavi• Uzun dönem nörolojik izlem
Akut böbrek hasarı	<ul style="list-style-type: none">• Oligüri, sıvı yükü ile ilişkili bulgular• KDIGO veya pRIFLE• Renal anjina indeksi	<ul style="list-style-type: none">• Uygun dolum basınçlarını sağlayacak şekilde yeterli idame sıvı• Diüretik ajanlar• Nefrotoksik ajanlardan kaçınma• Gerekli durumlarda periton diyalizi, hemodiyaliz veya sürekli renal replasman tedavisi
<u>Gastrointestinal durumlar</u>		
Gastrit, ülser, üst GIS kanaması	<ul style="list-style-type: none">• Nazogastrik sonda ile izlemde gelen içeriğin vasfı	<ul style="list-style-type: none">• Proton pompa inhibitörü• H2 reseptör blokörleri• Sükralfat veya oral antiasitler• Aktif kanama durumunda postoperatif kanamaya genel yaklaşımlar
Akut karaciğer yetmezliği	<ul style="list-style-type: none">• Fizik muayenede hepatomegali• Laboratuvar bulgularında karaciğer enzimlerinde artış, koagülopati ve hiperamonyemi	<ul style="list-style-type: none">• Uygun sıvı yönetimi• Elektrolit anormalliklerinin düzeltilmesi• Hiperamonyemi durumunda amonyak düşürücü tedaviler• Hepatik ensefalopati durumunda antiödem tedaviler• Ağır koagülopati durumlarında kanama açısından destek tedaviler
Nekrotizan enterokolit	<ul style="list-style-type: none">• Yeni gelişen beslenme intoleransı, abdominal distansiyon, kanlı gaita, asit• Non-spesifik ileus, sepsis bulguları• Metabolik asidoz, trombositopeni• Modifiye Bell Kriterleri ile sınıflama• Pnömatosis intestinalis, portal vende hava görünümü	<ul style="list-style-type: none">• Nazogastrik sonda ile sürekli intestinal dekompresyon• Parenteral beslenme• Geniş spektrumlu antibiyotikler• Gerekli durumlarda intestinal eksplorasyon veya rezeksiyonlar
<u>Enfeksiyöz komplikasyonlar</u>		
Hastane ilişkili enfeksiyonlar	<ul style="list-style-type: none">• Ateş yüksekliği, septik şok bulguları• Lökositoz, akut faz reaktanlarında artış• Kültürde üreme saptanması	<ul style="list-style-type: none">• İnvaziv aletlerden erken kurtulma, erken ekstübasyon gibi genel yaklaşımlar• Antibiyotik profilaksisi• Tedavi amaçlı uygun antibiyotik yaklaşımı
Mediastinit	<ul style="list-style-type: none">• Persistan ateş yüksekliği, sternotomi yara yerinde kızarıklık, ayrılma veya pürülan akıntı ve sternumda instabilite• Lökositoz• Akıntıdan alınan kültür antibiyogramı	<ul style="list-style-type: none">• Debridman ve irrigasyon• Uygun antibiyoterapi
Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu	<ul style="list-style-type: none">• İlk 24-48 saatte SIRS kriterlerinin olması	<ul style="list-style-type: none">• Organ yetmezlikleri açısından destek tedavileri

Tablo 14. Solunumsal komplikasyonlar

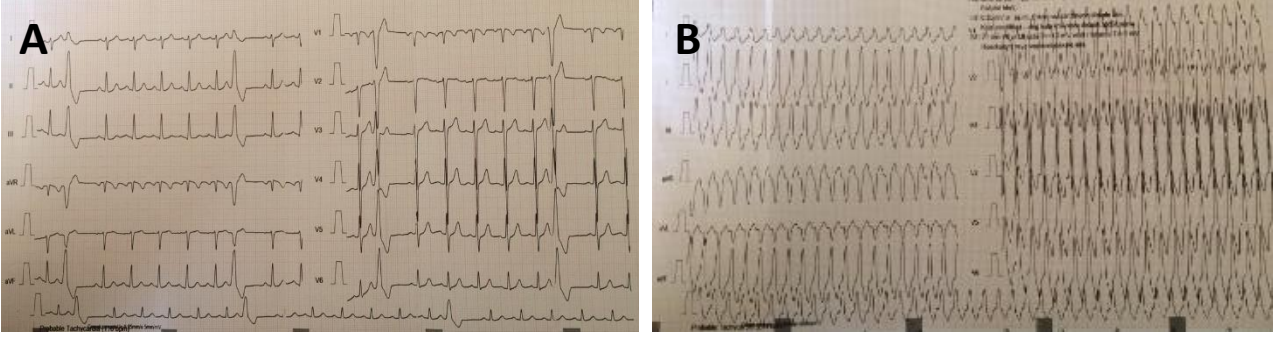
Komplikasyon	Tanı	Yönetim
Diyafram paralizi/parezisi	<ul style="list-style-type: none">• Solunum iş yükünde artış olması• Hiperkarbi• Direk grafide hemidiyafram yüksekliği• Ultrasonogorafi ile diyafram hareketinin değerlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">• Genellikle spontan düzelir• Kalıcı olanlarda cerrahi olarak diyafram plikasyonu
Plevral effüzyon	<ul style="list-style-type: none">• Solunum iş yükünde artış• Fizik muayenede havalanma azlığı• Direk grafi• Ultrasonografide diyafram komşuluğunda anekoik sıvı görülmesi ile kesin tanı	<ul style="list-style-type: none">• Diüretik ajanlar• Plevral sıvı drenajı
Pulmoner ödem	<ul style="list-style-type: none">• Solunum sıkıntısı• Alveoler gaz değişiminde bozulma ve hipoksemi• Direk grafide Kerley B septal çizgiler, plevral effüzyon, peribronşial kalınlaşma, sefalizasyon, kalp silüetinde büyüme• USG'de B çizgilerinde artış ve ileri derecede birbirinden ayırt edilemeyen B çizgileri ile beyaz akciğer bulgusu	<ul style="list-style-type: none">• Diüretik ajanlar• Art yük azaltıcı tedaviler• Yeterli ventilasyon desteği
Pnömoni	<ul style="list-style-type: none">• Solunum sıkıntısı• Alveoler gaz değişiminde bozulma ve hipoksemi, yeni gelişen solunum dinleme bulguları• Direk grafide yeni infiltrasyonlar• USG'de multipl B çizgileri, hipoekoik ve düzensiz hepatizasyon görünümü olan konsolidasyon alanı, A çizgilerinin kaybolması izlenebilir	<ul style="list-style-type: none">• Uygun antibiyotik yaklaşımı• Yeterli ventilasyon desteği
Atelektazi	<ul style="list-style-type: none">• Solunum sıkıntısı• Alveoler gaz değişiminde bozulma ve hipoksemi• Fizik muayenede solunum seslerinde azalma• Direk grafide interlober fissürlerin yer değiştirmesi, pulmoner opaklaşma ve/veya trakeal kayma (lezyon tarafına)• USG'de multipl B çizgileri, hipoekoik ve düzensiz hepatizasyon görünümü	<ul style="list-style-type: none">• Yeterli analjezi• Solunum fizyoterapisi• Yeterli ventilasyon desteği
Şilotoraks	<ul style="list-style-type: none">• Solunum sıkıntısı• Alveoler gaz değişiminde bozulma ve hipoksemi• Fizik muayenede solunum seslerinde azalma• Direk grafide kostofrenik ve kardiyofrenik açığı kapatan homojen hiperdansite görünümü• Toraks ultrasonografide plevral effüzyon• Torasentez ile plevral sıvının analizi ile kesin tanı	<ul style="list-style-type: none">• Düşük volümlü şilotoraksta orta zincirli trigliseridden (MCT) zengin, lipidden fakir diyet• Yanıt vermeyen hastalarda veya yüksek volümlü şilotoraksta total parenteral beslenme desteği• İntravenöz oktretid infüzyonu• Cerrahi ile lenfatik hasarın onarılması veya torasik duktusun ligasyonu• Daha dirençli vakalarda plörodez veya plevraperitoneal şant



Şekil 1. Tam AV blok

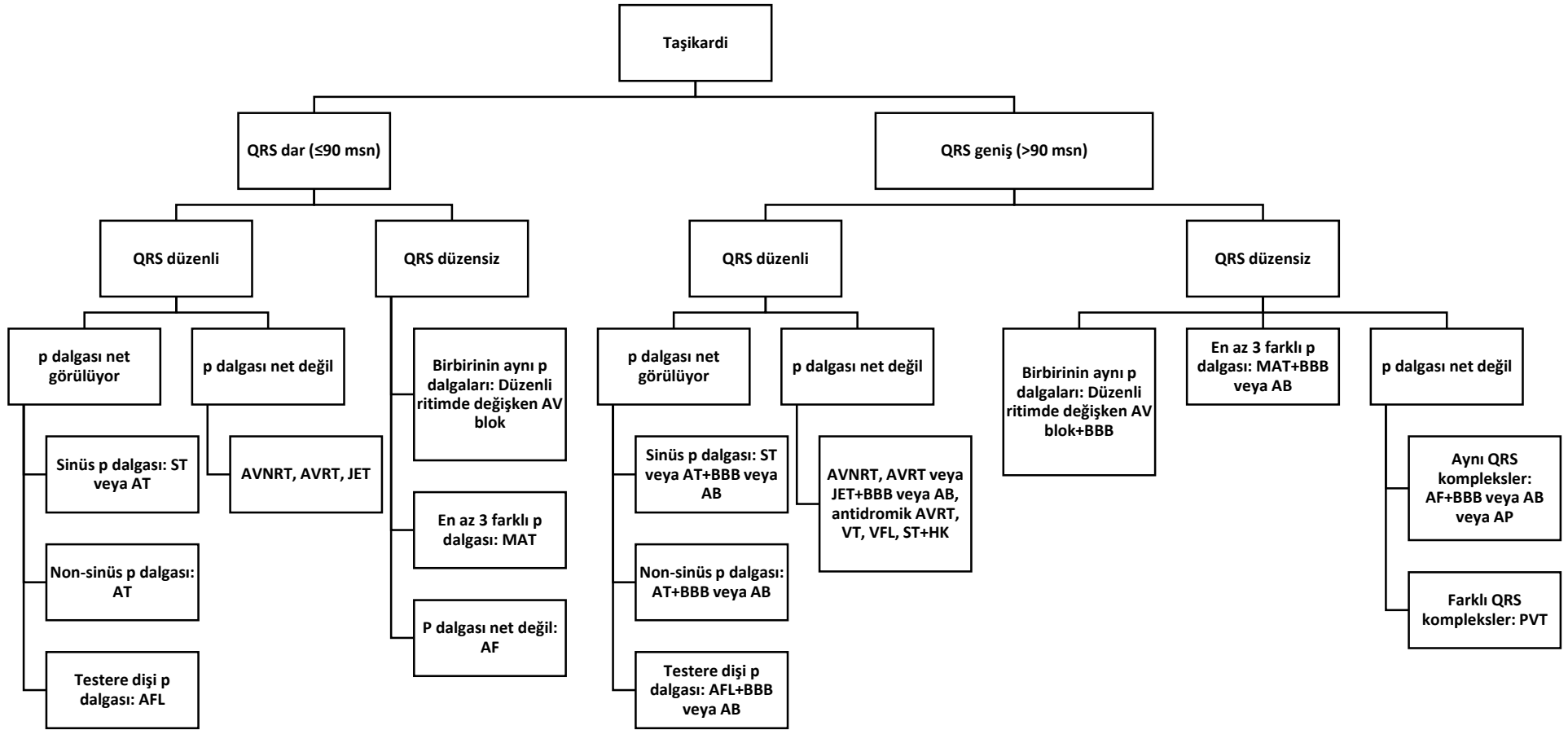


Şekil 2. Postoperatif JET, AV disosiyasyonu (oklar p dalgalarını göstermektedir)



Şekil 3. İzlemede önce ventriküler erken vurular (A) sonrasında gelişen VT atağı (B)

(EKG örnekleri SBÜ Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi arşivinden alınmıştır)



ST: sinüs taşikardisi, AT: atriyal taşikardi, AFL: atriyal flutter, AVNRT: atrioventriküler nodal reentran taşikardi, AVRT: atrioventriküler reentran taşikardi, JET: junctional ektopik taşikardi, MAT: multifokal atriyal taşikardi, AF: atriyal fibrilasyon, BBB: dal bloğu, AB: aberasyon, VT: ventriküler taşikardi, VFL: ventriküler flutter, HK: hiperkalemi, AP: aksesuar yolak, PVT: polimorfik ventriküler taşikardi.

Şekil 4. Taşikardi tanısal algoritma

Tablo 15. Konjenital kalp cerrahisi sonrası sık kullanılan antiaritmik ilaçlar ve elektriksel tedaviler

İlaç/ Tedavi	Etki mekanizması	Endikasyon/ Kontrendikasyon	Doz/ Uygulama	Yan etki
Adenozin	<ul style="list-style-type: none">• Spesifik potasyum kanal aktivasyonu• Potasyumun hücre dışına itilmesi• Kalsiyum akış inhibisyonu	<ul style="list-style-type: none">• Endikasyonlar: SVT'lerde hem tanı hem tedavide• Kontrendikasyonlar: Aktif bronkospazm ve bilinen hipersensitivite reaksiyonu• Dikkat edilmesi gereken durumlar: WPW'de dikkatli kullanılmalıdır	<ul style="list-style-type: none">• Başlangıçta 0,1 mg/kg IV hızlı bolus, Gerekirse 1-2 dakika arayla 0,1 mg/kg doz artışlarıyla maksimum 0,3 mg/kg' a kadar uygulanabilir (ilk doz maks:6 mg, sonraki dozlar 12 mg)• Adenozin büyük ve kalbe yakın bir damardan çok hızlı uygulanmalı (Çünkü eritrositler tarafından hızlı metabolize olur)	<ul style="list-style-type: none">• Bronkospazm• AV blok• Kardiyak iskemi
Amiodaron	<ul style="list-style-type: none">• Sınıf III antiaritmik• Anti-adrenerjik• Sinüs ve AV nod fonksiyonunda azalma• EKG'de QRS süresi ve QTc intervalini uzatır	<ul style="list-style-type: none">• Endikasyonlar: SVT'nin bütün formlarında ve VT'de kullanılır• Kontrendikasyonlar: İyodin hipersensitivitesi, hasta sinüs sendromu, 2° veya 3° AV blok, WPW, kardiyojenik şok, karaciğer enzim yüksekliği, pulmoner intersisiyel hastalıklar ve tiroid disfonksiyonu	<ul style="list-style-type: none">• IV yükleme dozu 5 mg/kg (maks:300 mg/doz) 60 dakikada, toplam yükleme dozu günlük 15 mg/kg'ı aşmamalıdır• Sürekli IV infüzyon dozu başlangıç 5 mcg/kg/dk, kademeli 15 mcg/kg/dk'ya kadar artırılabilir (maks günlük doz: 2200 mg/gün)• Refraktör VF/nabızsız VT'de IV/IO 5 mg/kg bolus (15 mg/kg'a kadar tekrarlanabilir)	<ul style="list-style-type: none">• Hipotansiyon, miyokardiyal depresyon• Kalp blokları• Hiper/hipotiroidizm• Akciğerlerde pnömoni, pulmoner alveoler hemoraji, ARDS ve fibrozis• Karaciğer toksisitesi• Korneada mikro birikintiler (en sık yan etki) ve fotofobi, optik nöropati• Proaritmik (torsades de pointes yapabilir)• Stevens-Johnson sendromu• Akut böbrek hasarı• Pansitopeni, aplastik anemi

Atropin	<ul style="list-style-type: none"> • Parasempatolitik 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: Anti-salivasyon amaçlı, antikolinerjik zehirlenmelerde, bradikardi, hızlı ardışık entübasyonda (rutin değil) • Kontrendikasyonlar: yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Bradikardi için oksijenasyon sağlanmış ve adrenaline yanıt vermeyen hastalarda IV/IO 0,02 mg/kg/doz (min:0,1 mg/doz, maks:0,5 mg/doz); 5 dakikada bir tekrar edilebilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistol, disritmiler, ektopik atımlar, ekstrasistoller, taşikardi • Ajitasyon • Terleme azlığı • Konstipasyon • Mesane distansiyonu • Pulmoner ödem, solunum yetmezliği, solunum düzensizlikleri
Esmolol	<ul style="list-style-type: none"> • Sınıf II antiaritmik • Beta adrenerjik blokör • Negatif inotrop, kronotropik ve dromotropik 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: Postoperatif dönemde hipertansiyon ve SVT • Kontrendikasyonlar: Bradikardi ve bütün AV bloklar, kardiyojenik şok, IV kalsiyum kanal blokörü kullananlar, pulmoner hipertansiyon • Dikkat edilmesi gereken durumlar: Metanol zehirlenmesinde kullanılmamalı 	<ul style="list-style-type: none"> • Postoperatif hipertansiyon: IV yükleme dozu 100-500 mcg/kg 1 dakikadan uzun sürede verilir sürekli IV infüzyon 100-500 mcg/kg/dk hızda başlanır. 1000 mcg/kg/dk'ya kadar arttırılabilir • SVT: IV yükleme dozu 100-500 mcg/kg 1 dakikadan uzun sürede verilir sürekli IV infüzyon 25-100 mcg/kg/dk hızda başlanır. 1000 mcg/kg/dk'ya kadar arttırılabilir 	<ul style="list-style-type: none"> • En sık yan etki hemodinamik bozulma • Hipotansiyon • Koroner vazospazm • Bulantı-kusma • Hiperkalemi • Renal tubuler asidoz • Hipo/hiperglisemi • Bronşial obstrüksiyon
Lidokain	<ul style="list-style-type: none"> • Sınıf Ib antiaritmik • Kardiyak miyositlerde faz 0 sırasında aksiyon potansiyelinin yükselişini yavaşlatarak etkin olan eşik potansiyeli artırır • Negatif inotrop 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: Akut VT ve refraktör VF/nabızsız VT • Kontrendikasyonlar: Bilinen hipersensitivite reaksiyonu, Adams-Stokes Sendromu, WPW, kalp pili olmayan tam AV blok 	<ul style="list-style-type: none"> • IV yükleme dozu 1mg/kg/doz; sürekli IV infüzyon 20-50 mcg/kg/dk aralığındadır. 15 dakikadan daha geç başlanacaksa ikinci kez yükleme yapılabilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Disritmi • Solunum depresyonu, bronkospazm • Konvülsiyon ve koma gibi SSS etkileri • Anafilaksi
Prokainamid	<ul style="list-style-type: none"> • Sınıf Ia antiaritmik • Negatif inotrop 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: SVT ve VT • Dikkat edilmesi gereken durumlar: Hepatik ve renal yetmezlikte dikkatli kullanılmalı 	<ul style="list-style-type: none"> • IV/IO yükleme dozu 10-15 mg/kg/doz 30-60 dakikada (maks:500 mg); sürekli IV infüzyon dozu 20-80 mcg/kg/dk (maks:2000 mg/gün) • Oral 15-50 mg/kg/gün 4-8 dozda (maks: 4000 mg/gün) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bradikardi, hipotansiyon • EKG'de QRS, QTc ve PR uzaması • Lupus eritematozis benzeri sendrom • Kemik iliği toksisitesi

Propafenon	<ul style="list-style-type: none"> Sınıf Ic antiaritmik ajan Sodyum kanal blokörü Miyokardiyal kontraktileteyi azaltır 	<ul style="list-style-type: none"> Endikasyonlar: SVT (özellikle ektopik atriyal atımlı olanlarda) Kontrendikasyonlar: Kullanım esnasında QRS %20'den fazla genişlerse kesilmeli 	<ul style="list-style-type: none"> IV yükleme dozu 0,2-0,5 mg/kg 10 dakika ara ile terkarlanabilir (maks: 2 mg/kg); sürekli IV infüzyon dozu 4-7 mcg/kg/dk Oral doz 150-200 mg/m²/gün 3 dozda veya 10-20 mg/kg/gün 3 dozda 	<ul style="list-style-type: none"> Bradikardi AV blok Ateş yüksekliği
Sotalol	<ul style="list-style-type: none"> Sınıf III antiaritmik Potasyum kanal blokör özelliği de olan non-kardiyoselektif beta blokör 	<ul style="list-style-type: none"> Endikasyonlar: SVT ve VT Kontrendikasyonlar: astım atağı, 2° veya 3° AV blokta kalp pili bulunmadığı durum, sol ventrikül hipertrofisi, uzun QTc sendromları ve düzeltilmemiş hipokalemi veya hipomagnezemi durumu Dikkat edilmesi gereken durumlar: Renal yetmezlikte doz ayarlaması 	<ul style="list-style-type: none"> Oral dozu ≤2 yaş k x 30 mg/m²/doz 3 dozda (k yaşa göre katsayı); >2 yaş 30 mg/m²/doz 3 dozda (maks: 60 mg/m²/doz 3 dozda, 320 mg/gün) Alternatif oral doz 2 mg/kg/gün 3 dozda başlanarak klinik duruma ve QTc aralığına göre kademeli artırılır (maks:10 mg/kg/gün 3 dozda, 320 mg/gün) 	<ul style="list-style-type: none"> QTc uzaması Bradikardi, hipotansiyon ve kalp yetmezliğinde kötüleşme Torsades de pointes, VT/VF gibi disritmiler Astım atak
Kardiyoversiyon	<ul style="list-style-type: none"> Enerjinin QRS kompleksi ile senkronize olarak iletilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Endikasyonlar: Hemodinamisi bozuk SVT, atriyal fibrilasyon, atriyal flutter veya palpabl nabızlı VT Dikkat edilmesi gereken durumlar: Elektrik çarpması ve yangın riski 	<ul style="list-style-type: none"> İlk doz 0,5-1 J/kg; maksimum 2 J/kg 	<ul style="list-style-type: none"> Disritmi Myokardiyal hasar Cilt yanıkları
Defibrilasyon	<ul style="list-style-type: none"> Asenkron enerji iletilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Endikasyonlar: VF ve nabızsız VT Dikkat edilmesi gereken durumlar: Elektrik çarpması ve yangın riski 	<ul style="list-style-type: none"> İlk doz 2 J/kg; devam eden durumda ikinci doz 4 J/kg devam eden durumda 4 J/kg veya daha yüksek doz (maks: 10 J/kg veya erişkin maks: bifazik 200 J, monofazik 360 J) 	<ul style="list-style-type: none"> Disritmi Myokardiyal hasar Cilt yanıkları

Tablo 16. Konjenital kalp cerrahisi sonrası sık kullanılan diğer ilaçlar

İlaç	Etki mekanizması	Endikasyon/ Kontrendikasyon	Doz/ Uygulama	Yan etki
Furosemid	<ul style="list-style-type: none">•Henle kulpunun çıkan kolunda bulunan Na/Cl geri emilimini inhibe eder	<ul style="list-style-type: none">• Endikasyonlar: Sıvı yükü ve ödem• Kontrendikasyonlar: Bilinen alerji öyküsü, hepatik koma, dehidratasyon• Dikkat edilmesi gereken durumlar: Primer adrenal yetmezlikte ve tiroid hormon bozukluklarında	<ul style="list-style-type: none">• IM/IV aralıklı uygulama dozu başlangıç için 0,5-2 mg/kg/doz 2-4 doz (maks:6 mg/kg/doz, adölesan yaşta 200 mg/doz)• Sürekli IV infüzyon dozu 0,05-0,4 mg/kg/saat• Oral doz 0,5-2 mg/kg/doz 1-4 doz (maks:6 mg/kg/gün, adölesan yaşta 600 mg/gün)	<ul style="list-style-type: none">• Hipovolemi, hiperürisemi• Hipokalemi, hipokalsemi, hiponatremi, hipomagnezemi• Hiperglisemi• Metabolik alkaloz• Vitamin K antagonistleri etkisini artırır• Anjioödem, ürtiker ve anafilaksi• Stevens-Johnson sendromu• Ototoksisite• Nefrotoksisite
Spirolakton	<ul style="list-style-type: none">•Aldosteron antagonisti	<ul style="list-style-type: none">• Endikasyonlar: diüretik amaçlı, hipertansiyon, primer aldosteronizm• Kontrendikasyonlar: Hiperkalemi ve Addison hastalığı• Dikkat edilmesi gereken durumlar: Akut böbrek hasarı	<ul style="list-style-type: none">• Diüretik amaçlı oral doz 1-3 mg/kg/gün 1-4 dozda başlanır; 4-6 mg/kg/gün 2-4 doza kadar çıkılabilir (maks:400 mg/gün)	<ul style="list-style-type: none">• Jinekomasti• Hiperkalemi ve hiponatermi• Menstrüel düzensizlikler
Aminofilin	<ul style="list-style-type: none">•Fosfodiesteraz inhibitörü•Adenozin reseptör antagonisti•Histon deasetilaz aktivatörü	<ul style="list-style-type: none">• Endikasyonlar: Pretermlerde apne önleme, diüretik, bronkodilatasyon• Kontrendikasyonlar: Hipersensitivite reaksiyonu	<ul style="list-style-type: none">• Diüretik amaçlı IV doz 1-6 mg/kg/doz (maks: 1125 mg/gün; kardiyak dekompanzasyon, kor pulmonale, çoklu organ yetmezliği olan şok durumunda 500mg/gün)	<ul style="list-style-type: none">• Taşikardi• Disritmi• Anafilaksi

Octreotid	<ul style="list-style-type: none"> • Polipeptid somatostatin analogu • Büyüme hormonu, insülin ve glukagon inhibitörü 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: Şilotoraks, akut gastrointestinal kanama, hiperinsülinizm • Kontrendikasyonlar: Hipersensitivite öyküsü 	<ul style="list-style-type: none"> • Şilotoraks için İV 1-10 mcg/kg/saat doz aralığı kullanılabilir • SC aralıklı dozu 1-40 mcg/kg/gün 2-3 dozda uygulanabilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Safra çamuru, kolelitiazis • Karaciğer enzimlerinde artış • Hipo/hiperglisemi • <2 yaş çocuklarda nekrotizan enterokolit • Hipertansiyon, sinüs bradikardisi • Hipotiroidizm • Anemi • Grip benzeri semptomlar • Pulmoner hipertansiyon
Traneksamik asit	<ul style="list-style-type: none"> • Plazmin kompleksi yoluyla fibrin tükenmesini engeller 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: Diffüz alveoler hemoraji, herediter anjiödem profilaksisi, perioperatif kanama, travmatik hemoraji • Kontrendikasyonlar: Aktif tromboembolik süreç ve hipersensitivite • Dikkat edilmesi gereken durumlar: Tromboz öyküsü ve hematüri 	<ul style="list-style-type: none"> • Perioperatif kanama için IV yükleme dozu 10-30 mg/kg sonrasında sürekli IV infüzyon 5-10 mg/kg/saat; serum konsantrasyonu ölçülebiliyorsa 20-70 mcg/mL hedeflenir 	<ul style="list-style-type: none"> • Anafilaksi • Retinal toksisite • Konvülziyon ve miyokloniler • Tromboembolik olaylar • Baş ağrısı • Karın ağrısı
Sukralfat	<ul style="list-style-type: none"> • Antiasit • Mukozada fiziksel bariyer, vizkositede artış • Mide ve duodenumda bikarbonat üretiminde artış • Doku büyüme faktörü ile rejenerasyon 	<ul style="list-style-type: none"> • Endikasyonlar: Stres ülser profilaksisi ve dispepsi • Kontrendikasyonlar: Hipersensitivite reaksiyonu, son dönem böbrek yetmezliği ve kontrolsüz diyabet 	<ul style="list-style-type: none"> • Oral dozu 40-80 mg/kg/gün 4 dozda (maks:1000 mg/doz) 	<ul style="list-style-type: none"> • En sık konstipasyon • Hiperglisemi • Anafilaksi

Pantoprazol	<ul style="list-style-type: none">•Geri dönüşümsüz olarak H⁺/K⁺ ATP pompasını inhibe eder•Gastrik asit sekresyonu ve pH'ı azaltır•Benzimidazol grubunda	<ul style="list-style-type: none">• Endikasyonlar: Stres ülser profilaksisi, özofajit, dispepsi• Kontrendikasyonlar: Hipersensitivite reaksiyonu	<ul style="list-style-type: none">• Oral/IV doz 1-2 mg/kg/gün tek dozda (maks:40 mg)	<ul style="list-style-type: none">• Diyare• Üst solunum yolu enfeksiyonu• Hipomagnezemi, hipokalsemi, hipokalemi (uzun süreli kullanımda)• Akut intersisyel nefrit• Anafilaksi
-------------	---	---	--	--

Kaynaklar

1. Alasti M, Mirzaee S, Machado C, Healy S, Bittinger L, Adam D, Kotschet E, Krafchek J, Alison J. Junctional ectopic tachycardia (JET). *J Arrhythm*. 2020 Jul 27;36(5):837-844. doi: 10.1002/joa3.12410.
2. Aslan N, Yildizdas D, Horoz OO, Coban Y, Demir F, Erdem S, et al. Comparison of cardiac output and cardiac index values measured by critical care echocardiography with the values measured by pulse index continuous cardiac output (PiCCO) in the pediatric intensive care unit: a preliminary study. *Ital J Pediatr* 2020; 46(1): 47.
3. Aslan N, Yildizdas D. Low cardiac output syndrome after cardiac surgery: A life-threatening condition from the perspective of pediatric intensivists. *Turk Kardiyol Dern Ars*. 2022;50(4):284-292.
4. Bartucca LM, Shaykh R, Stock A, et al. Epidemiology of severe bleeding in children following cardiac surgery involving cardiopulmonary bypass: use of Bleeding Assessment Scale for critically ill Children (BASIC). *Cardiology in the Young*. 2023;33(10):1913-1919.
5. Bastero P, DiNardo JA, Pratap JN, Schwartz JM, Sivarajan VB. Early perioperative management after pediatric cardiac surgery: review at PCICS 2014. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2015;6:565-74.
6. Boehne M, Sasse M, Karch A, Dziuba F, Horke A, Kaussen T, Mikolajczyk R, Beerbaum P, Jack T. Systemic inflammatory response syndrome after pediatric congenital heart surgery: Incidence, risk factors, and clinical outcome. *J Card Surg*. 2017 Feb;32(2):116-125.
7. Bozan G, Koçkuzu E, Korulmaz A, Altuğ Ü, Yıldızdaş D. Sedation-analgesia, Muscle Relaxant Applications in Pediatric Intensive Care Units and Guidelines for the Management and Environment Optimization of Clinical Statements Such as Withdrawal, Delirium Developed During These Applications. *J Pediatr Emerg Intensive Care Med* 2024; 11(1): 57-76.
8. Dennhardt N, Sümpelmann R, Horke A, Keil O, Nickel K, Heiderich S, Boethig D, Beck CE. Prevention of postoperative bleeding after complex pediatric cardiac surgery by early administration of fibrinogen, prothrombin complex and platelets: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol*. 2020 Dec 18;20(1):302.
9. Finnerty DT, Griffin M. Recent developments in cardiology procedures for adult congenital heart disease: the anesthesiologist's perspective. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;35:741-51.
10. Fogel MA, Anwar S, Broberg C, Browne L, Chung T, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance/European Society of Cardiovascular Imaging/American Society of Echocardiography/Society for Pediatric Radiology/North American Society for Cardiovascular Imaging guidelines for the use of cardiac magnetic resonance in pediatric congenital and acquired heart disease: endorsed by the American Heart Association. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2022;15:e014415.
11. Godart F, Houeijeh A. [Interventional cardiac catheterization in congenital heart disease]. *Presse Med*. 2017;46:497-508.
12. Gonzalez y Gonzalez MB. Cardiac Arrhythmias. In: Klauwer D, Thul J, Neuhaeuser C, Zimmermann R, eds. *A Practical Handbook on Pediatric Cardiac Intensive Care Therapy*. Springer Berlin Heidelberg. 2018:273-302.
13. Hamadah HK, Kabbani MS, Elbarbary M, et al. Ultrasound for diaphragmatic dysfunction in postoperative cardiac children. *Cardiology in the Young*. 2017;27(3):452-458.
14. Hernández-Madrid A, Paul T, Abrams D, et al. Arrhythmias in congenital heart disease: a position paper of the European Heart Rhythm Association (EHRA), Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), and the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Grown-up Congenital heart disease, endorsed by HRS, PACES, APHRS, and SOLAECE. *EP Eur*. 2018;20 (11):1719-53.
15. Hofer A, Haizinger B, Geiselseder G, et al. Monitoring of selective antegrade cerebral perfusion using near infrared spectroscopy in neonatal aortic arch surgery. *Eur J Anaesthesiol*. 2005;22:293–298.
16. Hoffman GM, Ghanayem NS, Kampine JM, Berger S, Mussatto KA, Litwin SB, et al. Venous saturation and the anaerobic threshold in neonates after the Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg* 2000;70(5):1515–1521.
17. Holinski P, Turi J, Allareddy V, Sivarajan VB, Rotta AT. Critical Care After Surgery for Congenital Cardiac Disease. In: Zimmerman JJ, Rotta AT, et al., eds. *Fuhrman & Zimmerman's Pediatric Critical Care*. 6th ed. Elsevier; 2022: 380-410.
18. Humes RA, Porter CJ, Puga FJ, et al. Utility of temporary atrial epicardial electrodes in postoperative pediatric cardiac patients. *Mayo Clin Proc*. 1989;64:516–521.

19. Jardin F, Vieillard-Baron A: Right ventricular function and positive pressure ventilation in clinical practice: From hemodynamic subsets to respirator settings. *Intensive Care Med* 2003; 29:1426–1434.
20. Jenkins, F.S., Morjan, M., Minol, JP. et al. Hydrogel-coated and active clearance chest drains in cardiac surgery: real-world results of a single-center study. *J Cardiothorac Surg* 19, 488 (2024). <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02987-2>.
21. Kirkham FJ. Recognition and prevention of neurological complications in pediatric cardiac surgery. *Pediatr Cardiol.* 1998 Jul-Aug;19(4):331-45.
22. Klauwer D. ECMO Therapy and the Heart-Lung Machine. Klauwer D, Neuhaeuser C, Thul J, Zimmermann R (Eds). In: *A Practical Handbook on Pediatric Cardiac Intensive Care Therapy*. 2019, Springer, Switzerland: 251-272.
23. Kojima T, Imamura T, Osada Y, Muraji S, Nakano M, Oyanagi T, Yoshida S, Kobayashi T, Sumitomo N. Efficacy of catheter interventions in the early and very early postoperative period after CHD operation. *Cardiol Young.* 2018;28:1426-30.
24. Kurth CD, Steven JM, Nicolson SC, Jacobs ML. Cerebral oxygenation during cardiopulmonary bypass in children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113(1):71–79.
25. Liang F, Senzaki H, Kurishima C, et al: Hemodynamic performance of the Fontan circulation compared with a normal biventricular circulation: A computational model study. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2014; 307:H1056–H1072.
26. Linton RA, Jonas MM, Tibby SM, et al. Cardiac output measured by lithium dilution and transpulmonary thermodilution in patients in a paediatric intensive care unit. *Intensive Care Med.* 2000;26:1507–1511.
27. Ma Y, Ma X, Chen J, Sun X, Yu X, Zhao B. Use of colloids and crystalloids for perioperative clinical infusion management in cardiac surgery patients and postoperative outcomes: a meta-analysis. *Perioperative Medicine.* 2024;13:1-11
28. Madsen NL, Marino BS, DiNardo JA, Thiagarajan RR. Fluid management practices after surgery for congenital heart disease: a worldwide survey. *Pediatr Crit Care Med.* 2019;20:340-9.
29. Masip J, Roque M, Sánchez B, et al: Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: Systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2005; 294:3124–3130
30. Medin DL, Brown DT, Wesley R, et al. Validation of continuous thermodilution cardiac output in critically ill patients with analysis of systematic errors. *J Crit Care.* 1998;13:184–189.
31. Mirtajaddini M. A new algorithm for arrhythmia interpretation. *J Electrocardiol.* 2017;50(5):634-639.
32. Mitchell JR, Whitelaw WA, Sas R. RV filling modulates LV function by direct ventricular interaction during mechanical ventilation. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2005;289:H549-H557.
33. Moffett BS, Price JF, Bradley J, Kaufman J. Pediatric dosing guidelines for loop diuretics. *Pediatr Nephrol.* 2011;26:189-95.
34. Nagdyman N, Fleck R, Barth S, et al. Relation of cerebral tissue oxygenation index to central venous oxygenation saturation in children. *Intensive Care Med.* 2004;30:468–471.
35. Orr RA, Kuch BA. Triage and transport of infants and children with cardiac disease. In: Munoz R, ed. *Critical Care of Children with Heart Disease: Basic Medical and Surgical Concepts*. London: Springer-Verlag; 2010:13-21.
36. Part IV--the dictionary of definitions of complications associated with the treatment of patients with congenital cardiac disease. *Cardiol Young.* 2008 Dec;18 Suppl 2:282-530.
37. Paula H, Jennifer T, Veerajalandhar A, Ben SV, Alexandre TR. Critical care after surgery for congenital cardiac disease. In: Zimmerman BJ, ed. *Pediatric Critical Care*. 6th ed. 2022:380-411.
38. Pinsky MR. Recent advances in the clinical application of heart-lung interactions. *Curr Opin Crit Care.* 2002;8:26-31.
39. Qiu L, Cao L, Lang Z, Li X, Lin H, Fan T. Preoperative sedation in children with congenital heart disease: 50% and 95% effective doses, hemodynamic effects, and safety of intranasal dexmedetomidine. *J Clin Anesth.* 2022;81:110908.
40. Ramnarayan P, Intikhab Z, Spenceley N, Iliopoulos I, Duff A, et al. Inter-hospital transport of the child with critical cardiac disease. *Cardiol Young.* 2017;27:40-6.
41. Ratnasamy C, Delaney A, Schibler A. Congenital and paediatric acquired heart disease in practice: fluid management. In: Ratnasamy C, Delaney A, Schibler A, eds. *Congenital and Paediatric Acquired Heart Disease in Practice*. Singapore: Springer; 2023:217-38.

42. Roeleveld PP, de Klerk JCA. The Perspective of the Intensivist on Inotropes and Postoperative Care Following Pediatric Heart Surgery: An International Survey and Systematic Review of the Literature. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2018 Jan;9(1):10-21.
43. Rose BD, Post TW. Diuretics: furosemide and other loop diuretics. In: Rose BD, Post TW, eds. *Clinical Physiology of Acid-Base and Electrolyte Disorders*. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2001:534-8.
44. Rossi AF, Seiden HS, Gross RP, Griep RB. Oxygen transport in critically ill infants after congenital heart operations. *Ann Thorac Surg* 1999;67(3):739–744.
45. Rossi AF, Sommer RJ, Lotvin A, Gross RP, Steinberg LG, Kipel G, et al. Usefulness of intermittent monitoring of mixed venous oxygen saturation after stage I palliation for hypoplastic left heart syndrome. *Am J Cardiol* 1994;73(15):1118–1123.
46. Rotta AT, de Carvalho WB. Mechanical Ventilation Following Cardiac Surgery in Children. *Current Respiratory Medicine Reviews*. 2012; 8:44-52
47. Sachdeva S, Gupta SK. Imaging modalities in congenital heart disease. *Indian J Pediatr*. 2020;87:385-97.
48. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *J Bras Pneumol*. 2020 Nov 20;46(6):e20200064.
49. Shekerdemian L, Bohn D. Cardiovascular effects of mechanical ventilation. *Arch Dis Child*. 1999;80:475–80.
50. Sheth S, McCarthy E, Kipps AK, Wood M, Roth SJ, et al. Changes in efficiency and safety culture after integration of an I-PASS-supported handoff process. *Pediatrics*. 2016;137:e20150166.
51. Singh Y, Villaescusa JU, da Cruz EM, Tibby SM, Bottari G, Saxena R et al. Recommendations for hemodynamic monitoring for critically ill children-expert consensus statement issued by the cardiovascular dynamics section of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care* 2020; 24(1): 620.
52. Smith HAB, Besunder JB, Betters KA, Johnson PN, Srinivasan V, Stormorken A, et al. 2022 Society of Critical Care Medicine Clinical Practice Guidelines on Prevention and Management of Pain, Agitation, Neuromuscular Blockade, and Delirium in Critically Ill Pediatric Patients With Consideration of the ICU Environment and Early Mobility. *Pediatr Crit Care Med* 2022; 23(2): 74-110.
53. Spaeder MC. Near-Infrared Spectroscopy Monitoring After Pediatric Cardiac Surgery: Time for an Intervention? *Pediatr Crit Care Med* 2018; 19(5): 496-7.
54. Starmer AJ, Spector ND, Srivastava R, West DC, Rosenbluth G, et al. I-PASS Study Group: Changes in medical errors after implementation of a handoff program. *N Engl J Med*. 2014;371:1803-12.
55. Taeed R, Schwartz SM, Pearl JM, Raake JL, Beekman RH, 3rd, Manning PB, et al. Unrecognized pulmonary venous desaturation early after Norwood palliation confounds Gp : Gs assessment and compromises oxygen delivery. *Circulation* 2001;103(22):2699–2704.
56. Teboul JL, Pinsky MR, Mercat A, et al. Estimating cardiac filling pressure in mechanically ventilated patients with hyperinflation. *Crit Care Med*. 2000;28:3631-3636.
57. Tennant PW, Pearce MS, Bythell M, Rankin J. 20-year survival of children born with congenital anomalies: a population-based study. *Lancet*. 2010;375(9715):649.
58. Tibby SM, Hatherill M, Marsh MJ, et al. Clinical validation of cardiac output measurements using femoral artery thermodilution with direct Fick in ventilated children and infants. *Intensive Care Med*. 1997;23:987–991.
59. Tibby SM, Hatherill M, Murdoch IA, et al. Use of transesophageal Doppler ultrasound in ventilated pediatric patients: derivation of cardiac output. *Crit Care Med*. 2000;28:2045–2050.
60. Tissot C, Singh Y, Sekarski N. Echocardiographic Evaluation of Ventricular Function-For the Neonatologist and Pediatric Intensivist. *Front Pediatr* 2018;6:79.
61. Tortoriello TA, Stayer SA, Mott AR, McKenzie ED, Fraser CD, Andropoulos DB, et al. A noninvasive estimation of mixed venous oxygen saturation using near-infrared spectroscopy by cerebral oximetry in pediatric cardiac surgery patients. *Paediatr Anaesth* 2005;15(6):495–503.
62. Udo Boeken, Alexander Assmann, Arash Mehdiani, Payam Akhyari, Artur Lichtenberg, Open chest management after cardiac operations: outcome and timing of delayed sternal closure, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, Volume 40, Issue 5, November 2011, Pages 1146–1150, <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.02.047>.

63. Uhlig K, Efremov L, Tongers J, Frantz S, Mikolajczyk R, Sedding D, Schumann J. Inotropic agents and vasodilator strategies for the treatment of cardiogenic shock or low cardiac output syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2020, Issue 11. Art. No.: CD009669.
64. Van Den Berg P, Jansen JR, Pinsky MR. Effect of positive pressure on venous return in volume-loaded cardiac surgical patients. *J Appl Physiol.* 2002;92:1223-1231.
65. Vieillard-Baron A, Loubieres Y, Schmitt J-M, et al. Cyclic changes in right ventricular output impedance during mechanical ventilation. *J Appl Physiol.* 1999;87:1644-1650.
66. Wang Q, Chen C, Wang L. Efficacy and safety of dexmedetomidine in maintaining hemodynamic stability in pediatric cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Pediatr (Rio J)* 2022; 98(1): 15-25.
67. Webb R, Ralston A, Runciman W. Potential errors in pulse oximetry.II. Effects of changes in saturation and signal quality. *Anaesthesia.* 1991;46:202–206.
68. Weiss M, Dullenkopf A, Kolarova A, et al. Near-infrared spectroscopic cerebral oxygenation reading in neonates and infants is associated with central venous oxygen saturation. *Paediatr Anaesth.* 2005;15:102–109.
69. Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, Agus MSD, Flori HR, Inwald DP, et al. Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Septic Shock and Sepsis-Associated Organ Dysfunction in Children. *Pediatr Crit Care Med* 2020; 21(2): 52-106.