



Çocuklarda Mekanik Dolaşım Desteği Tedavileri

Benan BAYRAKCI*

* Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi, ANKARA

Mechanical Circulatory Support in Pediatric Patients

Key Words: ECLS, ECMO, VAD, Cardiovascular support.

Anahtar Kelimeler: ECLS, ECMO, VAD, Dolaşım desteği.

Sistemik kan akımı ve/veya gaz değişiminin ihtiyacı karşılayamayacak şekilde aksadığı ciddi kalp ve/veya akciğer problemi olan hastalarda mekanik olarak sağlanan solunum ve dolaşım desteği uygulamaları ekstrakorporeal yaşam desteği (ECLS) olarak adlandırılır. Mekanik kardiyopulmoner destek yöntemleri ECLS başlığı altında çeşitli alt başlıklara ayrılır. Kalp ameliyatları sırasında veno-arteryel olarak kullanılması kardiyopulmoner by-pass (CPB) olarak adlandırılırken, ekstratorasik kanüller kullanılarak yapılan solunum ağırlıklı destek uygulamaları ekstrakorporeal membran oksijenasyon (ECMO), ekstrakorporeal akciğer desteği (ECLA) veya ekstrakorporeal karbon-dioksit temizlenmesi (ECCOR) olarak adlandırılır. Acil durumlarda, resüsitasyon amacıyla yapılan uygulamalar ise kardiyopulmoner destek (CPS) veya ekstrakorporeal kardiyopulmoner resüsitasyon (ECPR) olarak anılır. Ventri-

küler destek cihazları (VAD) ve yapay kalp (TAH) uygulamaları daha uzun süreli dolaşım desteği amacıyla kullanılan yöntemlerdir^[1].

Mekanik dolaşım desteği öncesinde şu soruların cevaplanması gerekir^[2];

1. Hasta geri dönüşü muhtemel bir tabloda mı?
2. İhtiyaç olursa transplant mümkün mü?
3. Uzun süreli destek sağlanabilecek mi?

Klinik olarak çeşitli sebeplerle ECLS desteğine ihtiyaç doğabilmektedir^[3].

• Miyokard için geçici destek: *bridge-to-recovery*,

Postkardiyotomi *stun*, akut miyokardit, sepsis, kalp travması vb.

• Transplantasyona destek: *bridge-to-transplant*,

Yazışma Adresi: Yrd. Doç. Dr. Benan BAYRAKCI
Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Yoğun Bakım Ünitesi
06100 Sıhhiye-ANKARA
e-mail: bbenan@yahoo.com

Makalenin Geliş Tarihi: 20.02.2006

Makalenin Kabul Tarihi: 28.02.2006

Postoperatif düşük kardiyak debi, rejeksiyon vb.

- Geçici pulmoner hipertansiyon,
- Kalp hastası + solunum yetmezliği,
- Preoperatif stabilizasyon,
- Resüsitasyon,
- Aritmi.

John H. Gibbon 1930'lu yıllarda kalp-akciğer makinesi tasarlamaya başlamış, ancak kullanılabilir hale 1953 yılında getirebilmiştir. Ekstrakorporeal yaşam desteği 1953 yılından günümüze kadar, kullanılan teknikte olsun, oksijen membranlarında olsun çeşitli gelişmeler göstermiştir^[4]. Pompa olarak rotator, sentrifügal, pnömatik, elektrik, aksiyal, hidrolik ve vida-plaka türünde çok çeşitli pompalar kullanılmıştır. Konfigürasyon olarak ise RVAD (sağ ventriküler destek), LVAD (sol ventriküler destek), BVAD (biventriküler destek) ve TAH (yapay kalp) uygulamaları mümkündür. Mekanik dolaşım desteği yerleşim yerine göre de ortotopik, heterotopik, ekstrakorporeal, parakorporeal ve transkütan yöntem olarak sınıflandırılabilir. Uygulama geçici (bridge-to-transplant, kardiyojenik şok, bridge-to-recovery) veya kalıcı (transplantasyon alternatifi tam veya yarı implant) olabilir. Zaman içerisinde "bubble, microphorus membran, hollow fiber" ve "non-phorus silicon rubber" olarak adlandırılan çeşitli oksijenatörler geliştirilmiştir. Bu membranlar seçilecek yöntem ve uygulama süresine göre çeşitlilik gösterir. Örneğin; hollow-fiber membran oksijenatörler gaz değişimi açısından ileri derecede etkin olmalarına rağmen en önemli dezavantajları plazma sızıntısı sebebiyle kısa olan ömürleridir. Hemodinamik açıdan yapay dolaşım desteği pulsatil ve non-pulsatil olarak iki gruba ayrılabilir.

Klasik ekstrakorporeal yaşam desteği kalbe yönelik planlanmamıştır, öncelikli olarak yenidoğanların pulmoner desteği amaçlanmıştır. ECLS 26.000'den fazla yenidoğan ve pediatrik hastada %68 başarı yüzdesi ile uygulanmıştır. Bunların %20'si kardiyak hastalardır. Kardiyak hastalarda sağkalım oranı %42 (37-57) ile solunum desteği için yapılan uygulamalara ve erişkin hastalardaki oranlara yakındır^[5].

Dolaşım desteği amacıyla veno-arteryel uygulama tercih edilse de veno-arteryel uygulamada dahi kalp desteği açısından problemler

vardır. Sağ kalpten venöz drenaj sağ kalbin yükünü hafifletmektedir, ancak doğrudan sağ ventriküle bir destek söz konusu değildir. Arteriyel dönüş ise arkus aorta düzeyinden olduğu için sol ventrikül dekomprese olmamakta ve daha da önemlisi koroner perfüzyon zayıf kalmaktadır. Bu sebeplerle kardiyak desteğin nasıl yönlendirileceği doğru tespit edilerek ekstrakorporeal dolaşım kararlaştırılmalıdır. Bu açıdan kalp lezyonlarını iki sınıfta irdelemek uygundur. Çift ventrikül onarımı gerektirenler (ventriküler septal defekt, Fallot tetralojisi, trunkus arteriozus, büyük damar transpozisyonu, çift çıkımlı sağ ventrikül ve kardiyak transplantasyon vb.) ve tek ventrikül onarımı gerektirenler (triküspid atrezisi, hipoplastik sol ventrikül, pulmoner atrezi intakt septum, tek sol ventrikül-çift inlet vb.). Çift ventrikül onarımları daha sık yapılmasına rağmen daha nadir ELS ihtiyacı gösterir. Bunun sebebi preoperatif olarak iyi anlaşılmalı olan morfoloji ve fizyoloji ile birlikte intraoperatif dolaşım desteği ve postoperatif uygun bakım olarak düşünülebilir. Çift ventrikül onarımı gerektiren hastalar preoperatif olarak pulmoner hipertansiyondan dolayı ELS gerektirebilecekleri gibi nadiren de trunkus arteriozus, büyük damar transpozisyonu gibi büyük ameliyatlardan sonra kardiyak stun sebebiyle ELS ihtiyacı doğabilir. Tek ventrikül onarımları sonrası ELS mortalitesi çok yüksektir (%85).

Kalp hastası çocuklarda, diğer tedavi seçeneklerinin yetersiz kaldığı durumlarda mekanik dolaşım desteği uygulaması gittikçe daha sık kullanılır olmaya başlamıştır. Erişkinlerde akut olarak gelişen sol kalp yetmezliği durumlarında intraaortik balon pompası (IABP) ve sol ventriküler asist cihazları sıklıkla uygulama alanı bulsa da çocuklarda izole sol ventrikül yetmezliği genellikle görülmediğinden söz konusu tekniklerin uygulama alanı kısıtlı kalmıştır^[6]. IABP kullanımını çocuklarda sınırlayan faktörlerden birisi pediatrik aortanın elastik oluşudur^[7]. Sol kalp yetmezliği çocuklarda genellikle sağ kalp yetmezliği, pulmoner hipertansiyon ve hipoksemiyle birlikte ortaya çıkar; bu sebeple de biventriküler mekanik dolaşım desteğine daha sık ihtiyaç duyulur. Bu amaçla en sık kullanım alanı bulan yöntem pediatrik uygulamaya en elverişli mekanik dolaşım desteği olan ECMO'dur^[6,8].

ECMO'nun mekanik dolaşım desteği amacıyla kullanılması, ilk kez solunum desteği için kullanıldığı 1970'li yıllara dayanır. Uzun süreli dolaşım desteği amacıyla ilk başarılı uygulama Soeter tarafından dört yaşındaki bir Fallot tetralojisi hastasında postoperatif olarak 48 saat süreyle gerçekleştirilmiş, bu hasta ameliyattan 13 gün sonra taburcu edilebilmiştir. "Extracorporeal Life Support Organization (ELSO)" verilerine göre dolaşım desteği amacıyla ECMO uygulaması toplam uygulamaların yaklaşık %20'sini oluşturmuştur. Bununla birlikte gün geçtikçe kardiyak amaçlı ECMO kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır^[6]. 1986-1998 yılları arasında kardiyak ECLS sonrası hayatta kalım oranları çocuklarda yaklaşık olarak %42'dir (%37-57). Bu rakamlar solunum desteği için ECLS kullanılmasıyla benzer oranlardadır (%54-68). Erişkin uygulamalarında da solunum veya kardiyak destek sonrası sağkalım %48 civarındadır. ECLS'nin erken dönemde (ilk birkaç gün) sonlandırılabilirdiği hastaların sağkalım oranları daha yüksekken, özellikle 200 saatten uzun ECLS ihtiyacı gösteren hastalarda sağkalım olasılığı çok düşmektedir. Postoperatif kardiyak ECLS'lerin başarısız olmasındaki sebepler araştırıldığında bunların büyük çoğunlukla kardiyak fonksiyonların toparlanmamasına bağlı olarak değil, komplikasyonlara bağlı olarak kaybedildiği görülmüştür. İntrakranial kanama, gastrointestinal kanama, konvülsiyon, böbrek yetmezliği, pnömotoraks, infeksiyonlar ve metabolik bozukluklar hasta kaybıyla ilişkili komplikasyonlar olarak ortaya çıkmıştır^[3].

Dolaşım desteği amacıyla veno-arteryel uygulama gerekirse de veno-venöz uygulama daha sık kullanılan yoldur. Ancak kalp hastası çocuklarda kliniği daha da olumsuz hale sokan hipoksi, pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül yetmezliği gibi klinik problemler veno-venöz uygulama ile de düzeltilebileceğinden kalp hastası çocuklarda faydalı olabilecek bir yöntemdir^[6]. Klasik kanülasyon yöntemi, venöz yol için internal juguler ven üzerinden sağ atriyumun, arteryel yolla kanın dönüşü için ise karotid arterin kullanılmasıdır. Kalp anomalilerinin özelliğine göre kanülasyon yollarında değişiklikler düşünülebileceği gibi açık toraks durumunda direkt olarak sağ atriyum ve aort da kanüle edilebilir. Sol ventrikül fonksiyonunun tamamen kaybedildiği, atriyal dekompresyon

gereken durumlarda doğrudan sol atriyal kanülasyon da yapılabilir. Büyük çocuklarda femoral damarların kullanılması da venöz drenaj ve arteryel perfüzyon için yeterli olabilir^[3].

ECMO uygulamalarında özellikle küçük çocuklarda roller pompalar sentrifügal pompalara tercih edilmektedir, böylece negatif basınca bağlı oklüzyon, kavitasyon ve hemoliz riski daha az olmaktadır. Genellikle set üzerinde geliş yoluna konan hazne sayesinde yer çekimi ile gelen kan biriktirilebilmekte, kan gelişi azaldığı takdirde set otomatik olarak klemlenebilmektedir^[6]. Set üzerinde bir pompa, bir solunum membranı, ısıtıcı, hava ve basınç dedektörleri ve konnektörler bulunur. Santral venöz kan öncelikle bir rezervuara alınır. Kan negatif basınç ile değil, yer çekimi ve spontan akışla sete girer. Pompa aracılığı ile kan solunum membranına iletilir, burada gaz değişimi sağlanır. Karbondioksitten arındırılıp oksijenlendirilmiş kan ısıtılarak santral artere gönderilir. Kardiyak ECLS için veno-venöz teknik nadiren kullanılır, sıklıkla veno-arteryel uygulama yapılır. Hastanın ihtiyacına göre ayarlansa da genellikle akım hızı 8-100 mL/kg/dakika olarak düzenlenir. Hedef sistemik perfüzyonu sağlayacak akımı sağlayabilmektir, bu amaçla venöz oksijen saturasyonu, kan basıncı ve organ fonksiyonları monitörize edilir. Veno-arteryel ECLS uygulanırken sistemik kan akımı azalır^[3]. Veno-arteryel uygulamalarda akım hızı pulmoner akım venöz dönüşün %25'inden az olmayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Mekanik ventilatör desteği hastanın pulmoner durumuna göre ayarlanmalıdır. Başlangıçta iyi sedasyon ve nöromusküler blokaj yapıp daha sonra yavaş yavaş azaltılabilir. ECMO sırasında koroner perfüzyon esas olarak sol ventrikülden sağlandığı için miyokard oksijenizasyonunun temini için mekanik ventilasyon ile pulmoner kanın yeterince oksijenlendirilmesi gereklidir^[3].

Böbrek perfüzyonu sağlandığı takdirde idrar çıkarımı olacaktır, idrar çıkışı diüretiklerle artırılabilir gibi, böbrek yetmezliği gelişen durumlarda ECLS setine diyaliz membranı da eklenebilir, ihtiyaca göre hemofiltrasyon veya diyaliz bu yolla uygulanabilir^[3].

Aktive edilmiş pıhtılaşma zamanları (ACT) yakın takip edilerek ve trombositler $125.000/mm^3$ üzerinde tutulmaya çalışılarak heparinizasyon

yapılmalıdır. Fibrinojen 100 mg/dL olacak şekilde plazma ve kriyopresipitat desteği de gerekebilmektedir. Postoperatif ciddi kanamaların önüne geçilebilmesi amacıyla epsilon amino-kaproik asit kullanılabilir^[3].

ECLS sırasında inotropik ajanların kullanılıp kullanılmaması hala bir soru işaretidir. Ventriküler ejeksiyonu destekleyip, aşırı distansiyon gelişmesini engelleyebileceğinden düşük dozlarda inotrop desteği gerekli olabilir, ancak öte taraftan miyokardın oksijen tüketimini arttırarak iyileşmesini geciktirici etkileri de olabileceğinden yüksek dozlarda inotrop uygulanmasından kaçınılmalıdır^[3].

ECMO desteğinin azaltılmasına ekokardi-yografi yardımıyla karar verilir. Kan akımı 25-40 cc/kg/dakika'ya kadar göreceli olarak azaltıldıktan sonra ventilatör ve inotrop destekleri arttırılarak arteriyel ve venöz kanüller klemplenir, cihaz bir süre köprü kanülüyle kendi içerisinde sirkülasyona devam ettirilirken hasta gözlenir, tolere ettiği takdirde pompadan tamamen ayrılır^[6].

Tedavisi mümkün olmayan malignansiler, geri dönüşümsüz çoklu organ yetmezlikleri, ileri derecede prematürite ve ciddi santral sinir sistemi hasarı ECMO uygulaması için kontrendikasyonlar olarak kabul edilmektedir^[6,9,10].

Kalp yetmezliğinin devam etmesi ve çoklu organ yetmezliği gibi düşük kardiyak debiye bağlı komplikasyonlar genel mortalite sebepleridir, olası komplikasyonlar Tablo 1'de özetlenmiştir^[6,11,12].

ECMO uygulamasına karar verirken transplantasyon gerekebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. ECMO'nun transplant öncesi köprü vazifesi görmesi kullanılma endikasyonlarından birisidir. Postoperatif dönemde de özellikle pulmoner vasküler rezistansın yüksek olduğu durumlarda ve rejeksiyon ataklarında da ECMO desteğinin devam ettirilmesi söz konusudur^[6].

Yoğun bakım ünitesine miyokardit tanısı ile yatırılan pek çok hasta sonuç olarak mekanik dolaşım desteğine ihtiyaç gösterebilir. Burada karar konservatif tedavi yöntemlerine hastanın cevabına göre verilir. Bu hastalarda ECMO uygulandığı takdirde görülebilecek en önemli komplikasyonlardan birisi sol kalp distansiyonu ve pulmoner ödemdir. Bu tablonun önüne geçilebilmesi için kateterizasyon ile atriyal septal defekt meydana getirilmelidir. Miyokarditli hastalarda mekanik dolaşım desteği ile sağkalım oranları göreceli olarak yüksektir (%58). Miyokarditte mekanik dolaşım desteği amacıyla VAD kullanılması da ECMO gibi başarılı olmuştur^[6,13,14].

Kalp hastalarında kardiyak arrest durumunda ECMO kullanılması beklenmedik düzeylerde başarıyla sonuçlanmıştır (%40). Ancak standart priming süreleri ECMO için 45 dakika kadar uzun sürdüğünden kardiyak arrest durumlarında acil olarak kullanılmak üzere hazır prime edilmiş setler yoğun bakım ünitelerinde bulundurulmalıdır. Standart kardiyopulmoner resüsitasyona 15 dakika boyunca ce-

Tablo 1. Komplikasyonlar.

Sistemik komplikasyonlar	Alete bağlı komplikasyonlar	Kardiyovasküler komplikasyonlar
• Kanama (kranial, gastrointestinal)	• Tromboemboli	• Kalp yetmezliği
• Böbrek yetmezliği	• Obstrüksiyon	• Aritmi
• İnfeksiyon	• Alet bozulması	• Siyanoz, PFO şantı
• Çoklu organ yetmezliği	• Hava embolisi	• İskemi
• Konvülsiyon	• Hemoliz	
• Anoksik beyin hasarı	• Aort kanülü dekonksiyonu	
• Pnömotoraks		
• Metabolik bozukluklar		
• İmmün sensitizasyon		

vap alınamayan hastalarda resüsitasyon ile eş zamanlı kateterizasyon yapılarak mekanik dolaşım desteği başlatılabilir. Kan ürünlerinin hazır olması için yeterli zaman olmamasına rağmen kristalloidlerle yapılacak ECMO desteği dahi hayatta kalım için yeterli olabilir. Harvard grubunda bu şekilde resüsite edilen 11 hastanın birisi dışında hepsi ECMO'dan ayrılabilmiş, 7 (%64)'si taburcu olabilmıştır. Pittsburgh'daki tecrübeye 11/17 hasta kardiyak arrest esnasında ECMO uygulanarak (6/11 hasta > 15 dakika kardiyak masaj sonrası) taburcu edilebilmişlerdir^[2,6,15].

“Cardiopulmonary support (CPS)” son 10 yıldır kullanılmakta olan bir teknolojidir. CPS yöntemi de ECMO gibi pompa ve membran oksijenatörden oluşsa da temel olarak farklılıkları vardır. CPS by-pass teknolojisi ile ECMO arasında bir yerde düşünülebilir, şöyle ki kullanılan membran mikropor oksijenatördür ve ömrü ECMO'dan kısadır. Altı saatten kısa süreli kardiyopulmoner destek için tasarlanmıştır. Bir diğer önemli fark ise ECMO'dan çok daha kısa sürede hastaya bağlanabilme imkanındır. CPS ile ilk uygulamalar miyokard infarktüsü ve pulmoner emboli hastalarında yapılmıştır. Günümüzde radyolojik olarak tanı ve tedavi yöntemine karar verilene kadar, yani ameliyat, ECMO veya kronik VAD implantasyonları öncesi köprü olarak da kullanılabilir. CPS sistemi sentrifügal pompa kullanır, ven arter arası köprü vardır, hastaya bağlandıktan sonra köprü kapatılır. CPS kısa süreli kardiyak destek için kullanılmalıdır. CPS'de mikropor membranlar kullanılır, kısa sürede protein sızıntısı ortaya çıkabilir. CPS sırasında kanama, ekstremitte iskemisi, hemoliz, sıvı kompartımanlarında şişme ve hemodilüsyon gibi komplikasyonlar söz konusudur. CPS'de weaning başarısız olursa veya altı saatten uzun süren CPS ihtiyacı olursa ECMO'ya geçmek gerekebilir. Gaz değişimi gerekmiyor ise IABP'ye veya sternotomi yapılarak VAD uygulamasına geçiş de mümkündür, ancak bu durumda sağ atriyum kanülasyonu sırasında CPS sonlandırılmazsa hava embolisine yol açılabilir. CPS endikasyonları Tablo 2'de özetlenmiştir^[4]. Pediatrik CPS etkili ve güvenilir bir mekanik dolaşım desteği yöntemidir^[16].

Ventriküler destek cihazları (VAD) da çocuklarda mekanik dolaşım desteği amacıyla kullanılabilir. Sağ (sağ atriyum-pulmoner ar-

Tablo 2. CPS endikasyonları.

Resüsitasyon amaçlı	Prosedürel amaçlı
• Kardiyak arrest	• Anjiyoplasti
• Kardiyojenik şok	• Pulmoner embolektomi
• Kardiyak travma	• Koroner by-pass
• Pulmoner yetmezlik	• Serebral arteriyovenöz malformasyon rezeksiyonu
• Status astmatikus	• Donör kalbi korunması
• Duman inhalasyonu	• Abdominal aorta grefti
• Hiperaleveoler proteinozis	• Konulması
• Zehirlenmeler	• Trakeal rekonstrüksiyon
• Pulmoner ödem	
• Masif pulmoner emboli	
• Hipotermi	

ter), sol (sol atriyum-aort) veya biventriküler destek sağlanabilir. Oksijenatör olmadığı için sadece kardiyak destek mümkündür. Ayrıca, yerleştirilebilmesi için mutlaka sternotomi gereklidir. Avantajı ise daha basit bir tubing gerektirmesidir. Biventriküler destek ECMO kullanıldığında sadece iki kanülasyon girişi ile mümkün iken, VAD için dört kanülasyon alanı gerekmektedir; bu durum büyük çocuklar için problem gibi görülme de özellikle yenidoğanlarda ECMO lehine tercih sebebidir^[6]. Günümüzde “Food and Drug Administration” onaylı kullanılan LVAD'ler: Novacor, Heartmate Pneumatic, Heartmate VE ve Thoratec'tir^[17].

Mevcut sistemler:

1. Parakorporeal: Abiomed, Thoratec ve Berlin Heart. Her üç sistem de pnömatik prensiple pulsatil akım üretir. Kanülle intrakorporeal, pompa ekstrakorporeal. Sağ ve/veya sol destek yapabilir. Çocuklarda da da 0.8 m² vücut alanı ölçülerine kadar kullanılabilir. Berlin Heart ile 10-30 mL atım hacmine kadar inilebilir.

2. İmplant edilebilir: Novacor (pusher plate), Heartmate (pnömatik). Abdominal yerleştirilir (preperitoneal veya peritoneal). Kontrol üniteleri ve piller vücut dışındadır. Sistemler iki yıla kadar uzun ömürlü ve pulsatil akım üretir.

3. TAH (total artificial heart): Göğüs boşluğunda kalbin yerine yerleştirilir. Cardiowest (pnömatik, biventriküler, pulsatil), Lionheart, PSU (roler screw pusher plate) Heartsaver (elektrohidrolik)^[18].

VAD sistemlerin çocuklarda kullanılmasındaki sıkıntı düşük akım hızlarından kaynaklanacak tromboembolik komplikasyonlardır. Asıl sorun kalp pompası olsa da konjenital kalp hastası çocuklar oksijenatöre de ihtiyaç duyabilir, bu da ECMO'nun VAD'a tercih edilme sebeplerinden olabilir^[2].

Sentrifügal pompalı (pulsatil olmayan) VAD kısa süreli (< 5 gün) kullanım için, pnömatikler daha uzun süreli destek için tercih edilir.

- Sentrifügal pompanın roller pompaya avantajları: Basit olması, priming süresinin kısa olması, daha az hemoliz olması, tubing yırtılması riski olmaması, transportunun daha kolay olması ve periferik dolaşıma göre akım ayarının daha hassas değiştirilebiliyor olmasıdır. Pnömatiklere üstünlüğü ise valv veya diyafram bulunmamasıdır.

- Roler pompanın avantajı: Negatif basınçla kaviteye (hava kabarcığı oluşumu) sebep olmaması, obstrüksiyon veya akım düşüklüğünde vakumlama sebebiyle güvenlik kollapsı olabilmemesidir.

- Pnömatik pompanın avantajı: Pulsatil akım üretmesidir^[2].

Pulsatil olmayan akım progresif arteriyel vazokonstriksiyona, kardiyak art yükün artmasına ve organ perfüzyonunun azalmasına neden olabilir. Karotid baroreseptörler bundan sorumlu tutulmuşlardır. Pulsatil akımın kaybı böbreklerden renin salgılanmasına ve böylece anjiyotensine bağlı vazokonstriksiyona sebep olabilir. Nitrik oksit ve tromboksan A₂ oluşumu da pulsatil akımda pulsatil olmayana göre daha fazladır. Ancak organ fonksiyonları non-pulsatil akım da kabaca korunmuştur, hemodinamik olarak belirgin fark yoktur. Sempatik tonus pulsatil olmayan akımda artsa da bunun oksijen taşınması veya tüketimine etkisi olmadığı gösterilmiştir^[19,20]. Barlett, pulsatil akımın düşük kan akımına bağlı gelişen sempatik cevabı perdelediğini söylemiştir. Yeterli kan akımı sağlandığında sempatik etki minimumdur, ancak akım düşüklüğü pulsatil olmayan akım ortamında söz konusu olursa sempatik cevap maksimum olarak ortaya çıkmaktadır^[21].

ECMO ve sentrifügal VAD bugün için, çocuklarda en sık kullanılan mekanik dolaşım

desteği cihazlarıdır. Ancak yeni teknoloji ürünü implante edilebilir, parakorporeal cihazların erişkin uygulamadan pediatrik uygulamaya kayması beklenmektedir^[22]. Berlin Heart adı verilen VAD pompası çocuklarda kullanılabilir, iki yaşında bir miyokardit hastasında, transplantasyona kadar uzun süre (109 gün) başarılı uygulama mümkün olmuştur^[23]. VAD kullanımı artık transplantasyona alternatif olarak görülmektedir. Aksiyal akımlı çok küçük pompaların kullanılması için çalışmalar devam etmektedir^[24]. Jarvik, Nimbus ve DeBakey isimleriyle anılan pompalar aksiyal akım üreten pompalardır.

Tarihsel süreç içerisinde fantastik bazı çalışmalar da yapılmış, epikardiyal kompresyon pompaları olarak adlandırılan cihazlar kullanılmıştır. Bunlar kanla doğrudan teması bağlı gelişen tromboembolik, hemolitik, hemorajik ve immün komplikasyonları azaltmak amacıyla tasarlanmış epikardiyak veya doğrudan kardiyak kompresörlerdir (DCC).

- Biyomekanik pompa; iskelet kası kalp kası etrafına sarılmak suretiyle otograft kullanılarak dinamik kardiyomiyoplasti uygulaması. Kardiyomiyostimülatör kullanılarak musküler flepin (latissimus dorsi) kalp kası ile birlikte kasılması sağlanır. Ancak iskelet kası mitokondri yoğunluğunun düşüklüğünden dolayı çabuk yorulur. Her ne kadar hız ve gücünden kaybetse de iskelet kasının kalan kuvveti de kalbi desteklemeye yeter. Erişkinlerde tecrübe edilmiştir, ejeksiyon fraksiyonunda %23-33 arası artış sağlayabilir, hastane mortalitesi %11-54 arasında değişirken, bir yıllık sağkalım %65-71 bulunmuştur. Postmortem greftlerde fibrozis ve yağlanma görülmüştür.

- Mekanik kompresörler, kalbin etrafını saran bir manşon ile ventriküler kontraksiyon oluşturmak amacıyla kullanılmışlardır. İlk kez 1965'li yıllarda denenmiş ama o zaman kasılmaları senkronize edebilecek teknoloji olmadığından başarısız olmuştur. Günümüzde hava kompresörlü ve epikarda yapıştırılarak şişirilmesi planlanan hidrolik sistemler üzerinde çalışmalar vardır. Klinik tecrübe ancak kardiyak arrest sonrası uygulamalarla elde edilebilmiş, açık kardiyak resüsitasyondan üstün bulunmuştur, 4/12 hasta başarıyla defibrile edilebilmiştir^[25].

Çocuklardaki solunum yetmezliğinin tedavisindeki başarısından sonra dolaşım desteği amacıyla da ECMO kullanılması oldukça umut verici olmuştur. Kalp transplantasyonuna hazırlık ve resüsitasyon sırasında kullanılması gibi yeni kullanım alanları dolaşım desteği açısından ECMO'ya olan ilgiyi arttırmıştır. Çocuklar için implante edilebilir kronik kullanıma uygun dolaşım destek cihazlarının, küçük, pulsatil akım üreten kardiyopulmoner destek ünitelerinin geliştirilmesinin önü açılmıştır.

KAYNAKLAR

- Zwischenberger JB, Barlett RH. An introduction to extracorporeal life support. ECMO extracorporeal cardiopulmonary support in critical care 2. Basımda. Zwischenberger JB, Steinhorn R, Barlett RH (eds). Extracorporeal life support organization 2000:23-41.
- Karl TR, Horton SB. Options for mechanical support in pediatric patients. Cardiac Asist Devices'da. Goldstein DJ, Öz MC. Futura (eds). New York: 2000:37-62.
- Kulik TJ, Moler FW. Pediatric cardiac support. ECMO extracorporeal cardiopulmonary support in critical care 2. Basımda. Zwischenberger JB, Steinhorn R, Barlett RH (eds). Extracorporeal life support organization 2000:563-76.
- Prichard PA, Kurusz M, Zwischenberger JB. Venous arterial perfusion for resuscitation and cardiac procedures: cardiopulmonary support. ECMO extracorporeal cardiopulmonary support in critical care 2. Basımda. Zwischenberger JB, Steinhorn R, Barlett RH (eds). Extracorporeal life support organization 2000:619-32.
- Lequier L. Extracorporeal life support in pediatric and neonatal critical care: A review. J Int Care Med 2004;19:243-58.
- Duncan BW. Extracorporeal life support for infants and children with cardiac disease. Overview and examples. ECMO extracorporeal cardiopulmonary support in critical care 2. Basımda. Zwischenberger JB, Steinhorn R, Barlett RH (eds). Extracorporeal life support organization 2000:577-99.
- Pollock JC, et al. Intraaortic balloon pumping in children. Ann Thorac Surg 1980;29:522-8.
- Jacobs JP, Ojito JW, McConaghey TW, et al. Rapid cardiopulmonary support for children with complex congenital heart disease. Ann Thorac Surg 2000;70:742-9; discussion 749-50.
- Weinhaus L, Canter C, Noetzel M, McAlister W, Spray TL. Extracorporeal membrane oxygenation for circulatory support after repair of congenital heart defects. Ann Thorac Surg 1989;48:206-12.
- Duncan BW, Hraska V, Jonas RA, et al. Mechanical circulatory support in children with cardiac disease. J Thorac Cardiovasc Surg 1999;117:529-42.
- Langley SM, Sheppard SV, Tsang VT, Monro JL, Lamb RK. When is extracorporeal life support worthwhile following repair of congenital heart disease in children? Eur J Cardiothorac Surg 1998;13:520-5.
- Walters HL 3rd, Hakimi M, Rice MD, Lyons JM, Whittlesey GC, Klein MD. Pediatric cardiac surgical ECMO: Multivariate analysis of risk factors for hospital death. Ann Thorac Surg 1995;60:329-36; discussion 336-7.
- Chang AC, Hanley FL, Weindling SN, Wernovsky G, Wessel DL. Left heart support with a ventricular assist device in an infant with acute myocarditis. Crit Care Med 1992;20:712-5.
- Kawahito K, Murata S, Yasu T, et al. Usefulness of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of fulminant myocarditis and circulatory collapse. Am J Cardiol 1998;82:910-1.
- Del Nido PJ, Armitage JM, Fricker FJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support as a bridge to pediatric heart transplantation. Circulation 1994;90(5 Pt 2):II66-9.
- Ojito JW, McConaghey T, Jacobs JP, Burke RP. Rapid pediatric cardiopulmonary support system. J Extra Corpor Technol 1997;29:96-9.
- Frazier OH, Fuqua JM, Helman DN. Clinical left heart assist devices: A historical perspective. Cardiac Asist Devices'da. Goldstein DJ, Öz MC. Futura (eds). New York, 2000:3-14.
- Sun B. Device selection. Cardiac Asist Devices'da. Goldstein DJ, Öz MC. Futura (eds). New York, 2000:27-36.
- DeRose JJ, Jarvik RK. Axial flow pumps. Cardiac Asist Devices'da. Goldstein DJ, Öz MC. Futura (eds). New York, 2000:359-76.
- Hines MH, Fauza D, Wilson JM. ECMO: Hemodynamics, perfusion and blood volume. ECMO extracorporeal cardiopulmonary support in critical care 2. Basımda. Zwischenberger JB, Steinhorn R, Barlett RH (eds). Extracorporeal life support organization 2000:97-112.
- Bartlett RH. Invited letter concerning: Nonpulsatile flow--a noncontroversy. J Thorac Cardiovasc Surg 1994;107:644-7.
- Duncan BW. Mechanical circulatory support for infants and children with cardiac disease. Ann Thorac Surg 2002;73:1670-7.
- Laliberte E, Cecere R, Tchervenkov C, et al. The combined use of extracorporeal life support and the Berlin Heart pulsatile pediatric ventricular assist device as a bridge to transplant in a toddler. J Extra Corpor Technol 2004;36:158-61.
- Lietz K, Miller LW. Left ventricular assist devices: Evolving devices and indications for use in ischemic heart disease. Curr Opin Cardiol 2004;19:613-8.
- Artrip JH, Burkhoff D. Epikardial compression mechanical devices. Cardiac Asist Devices'da. Goldstein DJ, Öz MC. Futura (eds). New York, 2000:387-402.