

Türkiye'de doğuştan kalp hastalıkları cerrahisinde kullanılan tekniklerin ve malzemelerin seçimi için öneriler

Recommendations for the selection of techniques and components used in congenital heart surgery in Turkey

Akif Ündar,¹ Sertaç Haydın,² Ersin Ereğ,² Perihan Yivli,² Ender Ödemiş,² Mehmet Ağırbaşı,³ Tijen Alkan-Bozkaya,⁴ Ayda Türköz,⁵ Rıza Türköz,⁶ Ahmet Şaşmazel,⁷ Ali Rıza Karacı,⁷ Ali Ekber Çiçek,⁴ Yusuf Yalçınbaş,⁸ Atif Akçevin,⁹ Tayyar Sarıoğlu,¹⁰ İhsan Bakır²

¹Pediyatrik Kalp ve Damar Araştırma Merkezi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Cerrahi Anabilim Dalı, Biyomühendislik Bölümü, Penn State Milton S. Hershey Tıp Merkezi, Penn State Hershey Tıp Fakültesi, Penn State Hershey Çocuk Hastanesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Cerrahi Anabilim Dalı, Biyomühendislik Bölümü, Hershey, ABD

²İstanbul Mehmet Akif Ersoy Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye;

³Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye;

⁴İstanbul Bilim Üniversitesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye;

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, İstanbul Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi, ⁵Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, ⁶Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye;

⁷Dr.Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye;

⁸Acıbadem Bakırköy Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

⁹Amerikan Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Bölümü, İstanbul, Türkiye;

¹⁰Acıbadem Üniversitesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Ülkemizde kardiyopulmoner baypas sırasında kullanılan teknik ve mekanik malzemelerin (kalp-akciğer makinesi sistemi, oksijenatör, arteriyel ve venöz kanüller, arteriyel filtreler ve diğer özel olarak tasarlanmış malzeme ve cihazlar) seçimi standart değildir. Bu seçimde merkezin tercihinin yanı sıra, malzemenin fiyatı da büyük oranda rol oynayabilmektedir. Bilimsel verileri kullanarak malzeme seçimi yapan merkez sayısı çok azdır. Bilimsel gerekçelendirme olmaksızın yeni teknik ve malzemeleri uygulamanın, hastaların sağlığını kısa ve uzun vadede riske attığı, yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Bu makalenin amacı malzeme seçiminde kalite kontrol prosedürlerinin ve bilimsel verilerin nasıl kullanılacağını göstermek ve cerrahi sonrasında komplikasyon risklerini en aza indirmek için denenmiş son teknikleri paylaşmaktır.

Anahtar sözcükler: Kardiyopulmoner baypas; malzeme seçimi; çocuk kalp cerrahisi; Türkiye.

There is no standard for the selection of technical and mechanical components (heart-lung machine system, oxygenator, arterial and venous cannulae, arterial filter and other specifically-designed components and devices) used in cardiopulmonary bypass in Turkey. The cost of the component plays a significant role in the selection, as well as the preference of the facility. Only a limited number of hospitals decide which components to be used based on scientific data. Studies have confirmed that selected novel techniques and components having no basis of scientific justification may pose risk for the life of the patient in the short- and long-term. The objectives of this study are to show how to use quality-control procedures and scientific data for the selection of novel techniques and components and to share, also, recent techniques experienced to minimize the complication risk after surgery.

Key words: Cardiopulmonary bypass; component selection; pediatric heart surgery; Turkey.

Geliş tarihi: 3 Ekim 2011 *Kabul tarihi:* 9 Kasım 2011

Yazışma adresi: Dr. Akif Ündar, Pediyatrik Kalp ve Damar Araştırma Merkezi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Cerrahi Anabilim Dalı, Biyomühendislik Bölümü, Penn State Milton S. Hershey Tıp Merkezi, Penn State Hershey Tıp Fakültesi, Penn State Hershey Çocuk Hastanesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Cerrahi Anabilim Dalı, Biyomühendislik Bölümü, Hershey, Pennsylvania 17033-0850 ABD.
Tel: +01 717 5316706 e-posta: aundar@psu.edu

Gerek her hasta için kullanılan açık kalp makinalarının seçimi ve gerekse tek kullanımlık olarak kullanılan (oksijenatör, venöz kardiyotomi rezervuarları, arteriyel ve venöz kanüller ve arteriyel filtreler) malzemelerin kalitesi ve seçimini sadece ve sadece güvenilir bilimsel yayınlar esas alınarak belirlemek hastanın sağlığı açısından çok önemlidir. Tarafsız bilim adamlarının çalışmaları içeren yayınlar özellikle incelenmeli ve malzemenin kalitesi kriter olarak esas alınmalıdır. Üniversitenin veya hastanenin araştırma imkanları uygun ise ilk kez kullanılacak olan malzemelerin mutlaka ilk önce hayvan deneyleri yapılarak, laboratuvar bazında seçilmesi en ideal olanıdır.

Bu konuda araştırma yapan merkezlerden biri olan, Penn State Tıp Fakültesi Pediatrik Kardiyovasküler Araştırma Merkezi'nin ana hedeflerinden ilki, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde Sağlık Bakanlığı'ndan onay almış pediatrik kardiyovasküler malzemelerin birebir karşılaştırılmalarını yapmaktır. İkincisi, elde edilen bilimsel sonuçlara göre yeni malzemeleri pediatrik kalp cerrahisi hastalarında kullanmaktır. Aynı zamanda ulaşılabilen bilimsel çalışmaların sonuçlarını yayınlamak ve konferanslarda sunma yoluyla bilim dünyasıyla paylaşmaktır.^[1]

Bu makaleyi yazmamızdaki amacımız:

1. Halen ameliyat olabilen çocukların ameliyatları sırasında kullanılan malzemelerin kalite kontrollerinin ve seçimlerinin bilimsel yönden nasıl yapılabileceğini göstermek.
2. Ameliyat sonrası oluşabilecek komplikasyon risklerini en aza indirmek için denenmiş yeni yöntemleri paylaşmaktır.

KALİTELİ MALZEMELERİ BİLİMSEL VERİLERİ KULLANARAK SEÇMEK İÇİN YÖNTEMLER

Kardiyopulmoner baypas pompalarının seçimi

Yeni üretilen roller pompaların tamamı (Jostra HL-20, Stockert S3 veya S5, Terumo System 1) pediatrik hastalar için uygundur. Bu pompaların aralarında genel olarak fazla bir fark yoktur. Sadece satın alan merkez araştırmaya yönelik projeler düşünüyor ise buna uygun modüllerin seçimi yapılmalıdır. Bu sistemleri alırken hasta güvenliği yönünden özellikle unutulması gereken iki önemli özellik;

1. Bu sistemlerin hepsinde "bubble detector" olması gereklidir ve her olguda kardiyopulmoner baypas (KPB) süresince arteriyel hatta hava sensörünün takılması hastanın güvenliği açısından çok önemlidir. Bu detektörün görevi (sensörün seçiciliğine göre) eğer mikroemboli-

nin çapı 200 mikrondan büyük ise arteriyel pompayı otomatik olarak durdurması, bu sayede havanın hastaya gitmesini önlemesidir.

2. Pompaların bakım ve kalibrasyonlarının belirli aralıklarla (en az yılda bir kere, merkezin yoğunluğuna göre de her altı ayda bir) düzenli olarak yapılması çok önemlidir.

Yeni olmayan (en az 8-10 yıllık) pompalar ile açık kalp ameliyatlarının güvenilir şekilde yapılması için elektronik kalibrasyonlarının her altı ayda bir tekrarlanması şarttır. Elektronik kalibrasyonun önemi hastaya giden kanın debisinin tam olarak doğru bilinmesidir. Özellikle yenidoğanlarda ve düşük debinin gerektiği olgularda pompa debisindeki %25 hata, hastada ameliyat sonrası ortaya çıkabilecek nörolojik, renal ve diğer sistemlerdeki komplikasyonların bir nedeni olabilir. Bunun gibi "önlenebilir" hataların olmaması için yapılması gereken düzenli elektronik kalibrasyon ve arteriyel hatta (arteriyel filtreden sonra) konacak bir akım (flow) sensörüdür.

Oksijenatörlerin seçimi

Hasta güvenliği yönünden oksijenatörün seçimi de pompa kadar önemlidir. Oksijenatörün kanı oksijenlendirmesinin yanı sıra kanı filtre etme görevi de vardır.

Kaliteli bir oksijenatör yüksek basınç gradiyenti (oksijenatöre giren arter hat ile çıkan arter hat arasında) oluşturmamalıdır. Buna ilave olarak, mikroembolileri mümkün olduğunca tutarak geçirmemesi istenir. Yani düşük basınç farkı olan ve aynı zamanda daha çok emboliyi tutabilen oksijenatörler tercih edilmelidir. Yeni çıkan oksijenatörlerin bazılarının kendi içinde arteriyel filtresi bulunmaktadır (Capiiox-FX veya Quadrox-id; Jostra, Hirrlingen, Germany gibi).^[2,3] Her iki oksijenatör de Penn State Hershey Pediatrik Kardiyovasküler Araştırma Merkezi'nde yapılan araştırmalar sonucunda yenidoğan hastalarda kullanıma uygun görülmüştür. Ne yazık ki ülkemizde oksijenatör seçimi bilimsel özelliklerinden daha çok fiyatına göre belirlenmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda görülmektedir ki, basınç gradiyenti çok fazla bulunan ve emboliyi de çok fazla geçiren oksijenatörler daha ucuz oldukları için tercih edilmektedir. Oysa ki 2-3 saatlik bir doğuştan kalp ameliyatı sırasında daha fazla emboliyi (onbinlerce partikül) hastaya geçiren bir oksijenatör uzun vadede o pediatrik hastanın bütün geleceğinin tehlikeye girmesine neden olur. Hastaya giden embolinin sayısı ile ameliyat sonrası gelişebilen nörolojik bozukların bire bir ilişkili olduğu gösterilmiştir.^[4]

Ameliyattaki bu etkilenme, erken dönemde nörolojik bulgu vermese de ileri dönemde yaşlılarına göre

çocuğun öğrenme yeteneğinin daha geride olmasına neden olmaktadır.^[4]

Arteriyel filtrelerin seçimi

Kardiyopulmoner baypas sisteminin en son güvenlik noktası olan pediatrik arteriyel filtreler [mikroembolileri tutarak arter hattına girmesine engel olarak, tahliye hattı (purge line) ile tekrar venöz rezervuara geri gönderen], 20 ile 38 mikron arası iki ayrı gözenek büyüklüğüne göre değişik özelliklerde üretilmektedir. Hastaların güvenliği açısından son derece önemli olan bu arteriyel filtreler ne yazık ki ülkemizdeki birçok pediatrik merkez tarafından ek maliyetleri nedeniyle rutin olarak kullanılmamaktadır. Yukarıdaki oksijenatör bölümünde belirttiğimiz gibi yeni piyasaya sürülen oksijenatörler (Capiiox FX veya Quadrox-id, gibi) arteriyel filtreyi de içine alacak şekilde tasarlanmış ve klinik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip entegre oksijenatörlerde ayrıca devreye arteriyel filtre eklemeye gerek yoktur. Eğer içerisinde arteriyel filtre olduğu belirtilen oksijenatörler kullanılmayacaksa, her pediatrik olguda arteriyel filtrenin mutlaka rutin olarak eklenmesi şarttır.

Arteriyel kanüllerin seçimi

Hangi büyüklükte olursa olsun, arteriyel kanüllerin ucunun kalın olmamasına özen gösterilmelidir. Ayrıca farklı tipteki kanüllerin hastaya giden toplam enerji ile direkt bağlantısı olduğu gösterilmiştir.^[5]

Hemen hemen bütün kanülleri üreten şirketlerin kanülleri test ederken kullandıkları sıvı (primining solution) “su” dur. Ayrıca kanüller test edilirken KPB devresi kullanılmayıp, sadece bir tüp setinin içine konularak ölçümler yapılmaktadır. Bunun sonucunda şirketlerin kanül ile ilgili verdikleri akım-basınç eğrilerinin “gerçek” değerler olmadığı görülmektedir. İnsan kanı kullanılarak yapılan deneyler, az sayıda olsa da, literatürde bildirilmiştir.^[6] Son zamanlarda şirketlerin gliserin ve su ile insan kanına yakın viskozitede deneyler yaptıkları da gözlenmektedir.

KOMPLİKASYON RİSKLERİNİ EN AZA İNDİRGEMEK İÇİN DENENMİŞ YÖNTEMLERİ PAYLAŞMAK

(Bu bölümde makalenin yazarlarının deneyimleri ve uygulaması kolay yöntemleri paylaşılacaktır).

Bir önceki bölümde anlattığımız gibi tek kullanımlık aletlerin seçimi bilimsel veriler baz alınarak yapılırsa, hasta KPB sisteminden en az hasar ile çıkar. Ameliyat sırasında daha az emboli hastaya geçer. Sistemik enflamasyon oranı yine diğer devrelere göre çok daha az olur. Bunlara ek olarak aşağıdaki yöntemlerin pediatrik

hastalara yararları olduğunu gösteren önemli bilimsel kanıtlar elde edilmiştir.^[1-14]

Pulsatil akım

Kardiyopulmoner baypas sırasında “Pulsatil akım modu”nun kullanılmasının, KPB sırasında ve sonrasındaki yararlarını gösteren önemli bilimsel kanıtlar bulunmuştur. Bu konudaki bilimsel yayınların en geniş serilerinden biri ülkemizdeki araştırmacılar tarafından 289 pediatrik kalp hastası üzerinde yapılmıştır.^[7] Bu klinik çalışmada pulsatil akımın laktat, albümin ve tiroid hormonlar üzerindeki pozitif etkilerine ilave olarak, entübasyon zamanı, yoğun bakımda ve hastanede kalış sürelerinde %50’ye varan oranda bir azalmaya yol açtığı bulunmuştur. Diğer başka bir klinik çalışmada da 111 pediatrik hastada pulsatil akım kullanıldığı zaman hastaların beyin oksijenizasyonunun daha iyi ve hastaların serebral kan akımının daha fizyolojik olduğu saptanmıştır.^[8] Yine ülkemizde 60 olguluk yeni bir çalışmada pulsatil akım kullanıldığında splenik hipoksinin daha az olduğu gösterilmiştir.^[9]

Pulsatil akım uygulamak isteyen yeni merkezlere şu anda pulsatil akımı kullanan merkezlerle iletişim kurup onların deneyimlerinden yararlanmaları önerilebilir. Ayrıca pulsatil akım ile ilgili nelere dikkat edilmesi gerektiğini ayrıntılı olarak belirtilen makalelerden öğrenilebilir.^[10]

Kardiyopulmoner Baypas Sisteminden “Çalınan” Kan Akımının Debisi

Arteriyel filtre kullanılırken, tahliye hattı (purge line) açık olduğu için önemli bir özellik birçok merkez tarafından gözden kaçırılmaktadır. Kardiyopulmoner baypasta arter hattının basıncına bağlı olarak hastaya gitmesi gereken kan debisi, arteriyel filtrenin tahliye hattı ile tekrar venöz rezervuara geri dönmektedir. Arter hattının basıncı ne kadar fazla ise, tahliye hattı yolu ile hastadan “çalınan kan debisi” de o kadar fazla olmaktadır. Özellikle yenidoğan bebeklerin açık kalp ameliyatları sırasında devrenin basıncının 160 mmHg ve pompa debisi 200 ml/dk’da iken, debinin %76’sı, 300 ml/dk’da %50’si, 400 ml/dk’da %38’i, 500 ml/dk’da %29’u ve 600 ml/dk’da %24’ü hastaya ulaşmamaktadır.^[11] Hastaya giden pompa debisinin doğru olduğundan emin olmanın tek yolu, arteriyel filtreden sonra arter hattına bir akım sensörü koyarak o debiyi pompa debisi ile karşılaştırmaktır.

İkinci Kardiyotomi Rezervuarı

Özellikle yenidoğan bebeklerin açık kalp ameliyatları sırasında Penn State Tıp Fakültesi Çocuk Hastanesi’nde rutin olarak ikinci kardiyotomi rezervuarı kullanılmaktadır. Bu rezervuarın amacı, koroner emme

(suction) ile çekilen kanı tekrar devreye vermek yerine ikinci rezervuarda bekletip dinlendirildikten sonra kullanmanın yanı sıra ameliyatın sonunda bu rezervuarda kalan köpüklü ve bol bubble içeren az miktardaki kanı sisteme dahil etmeden atmaktır. Aspiratör ile ameliyat sahasından alınıp doğrudan dolaşıma eklenen kan çok fazla mikro bubble içermekte ve sistemik enflamasyonu önemli ölçüde tetiklemektedir.

Vakum yardımcı venöz drenaj sistemi

Vakum-destekli venöz drenaj (VAVD) sistemi, özellikle yenidoğan kalp cerrahisi veya minimal invaziv kalp cerrahisinde küçük venöz kanüllerin kullanılması sırasında venöz dönüşün yeterli olmadığı zaman gerekli olan bir sistemdir. Ancak sürekli olarak vakumu açık tutmak ve özellikle yenidoğan bebeklerde -30 mmHg'den daha fazla vakum uygulamak çok fazla mikroembolinin devreye girmesi riskini taşır.^[12] Vakum-destekli venöz drenaj sırasında oksijenatörün serbest hava çıkışı kısmının kapatılması gerekir. Vakum-destekli venöz drenaj sonlandırıldığında bu kısım açılmazsa oksijenatöre giren havanın sıkışması ile massif hava embolisi oluşabilir. Penn State Hershey Çocuk Hastanesi'nde bu sistem mümkün olduğunca kullanılmamakta ve kullanıldığı zaman ise -20 mmHg'nin altına inilmemektedir.

Ameliyat sırasında ve sonrasında serebral monitörizasyon

Günümüzde gelişmiş pediatrik kalp merkezlerinin çoğunda ameliyat sırasında ve sonrasında nöromonitörizasyon uygulanmaktadır. Özellikle kızılötmesine yakın spektroskopik (NIRS; near-infrared spectroscopy) artık rutin olarak hemen hemen her merkezde kullanılmaktadır. Penn State Hershey Tıp Fakültesi Çocuk Hastanesi'nde NIRS'ye ilave olarak transkraniyal Doppler ultrasound ve elektroensefalografi (EEG) her olguda rutin olarak kullanılmaktadır.^[13] Bunlara ilave olarak KPB sisteminin güvenliği açısından mikroemboli miktarı özel bir ultrasound kullanılarak devamlı olarak izlenmekte ve kayıt edilmektedir.^[14] Bu sayede perfüzyonun emniyeti artırılacağı gibi, serebral perfüzyonda oluşabilecek sorunların anında tespiti ve giderilebilmesi yönündeki önlemlerin ivedilikle alınması da mümkün olabilmektedir. Aynı şekilde NIRS somatik problemleri ile de renal ve mezenterik perfüzyon takibi de yapılabilmekte, bu sayede distal perfüzyondan çalan majör aortopulmoner kollateral arterler (MAPCA) varlığında daha yüksek debilere çıkarak veya sistemik hipotermi derecesi artırılarak distal perfüzyon korunabilmektedir.

Güvenlik Listeleri (Check lists)

Ameliyat öncesi ve sırasında kullanılması zorunlu olan güvenlik listeleri, sadece perfüzyon için değil, aynı zamanda cerrahi ve anestezi için de gereklidir.^[15-22] Bu

güvenlik listeleri hasta sağlığı açısından çok önemlidir. Her birim kendi özel güvenlik listesini oluşturmalı ve kullanılmalıdır. Ülkemizde bu güvenlik listeleri ilgili bilimsel dernekler tarafından yapılmalı ve kullanımı önce teşvik edilmeli daha sonra da rutin hale getirilmelidir. Hasta güvenliği ve kaliteli hizmetin bir parçası da bu listelerdir.

Ekip içindeki koordinasyon

Pediyatrik açık kalp ameliyatlarının sonuçlarını ve hastaların sağlıklarını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri ekip içindeki koordinasyon ve birbirine olan güvendir. Cerrahi, anestezi, perfüzyon, yoğun bakım ve kardiyoloji ekipleri hep birlikte ve uyumlu bir şekilde çalışmadığı zaman, ekip üyelerinden birinin hata yapma riski çok fazladır. Bu durum, hastanın hayatının riske atılmasına ve harcanan bütün emek ve kaynakların (maddi ve manevi) boşa gitmesine neden olur. Her ekip kendi içinde rutin olarak düzenli bir şekilde toplanmalı ve sorunları yapıcı bir diyalog içerisinde çözmeye gayret etmelidir. Eğer yeni bir teknik veya yöntem uygulanacaksa önceden tüm ekibe eğitim vermek gereklidir.^[23]

Miyokard Korunması

Pediyatrik kalp ile erişkin kalbi arasında fonksiyon, metabolizma ve iskemiye tolerans açısından büyük farklılıklar vardır. İmmatür miyokardiyumun iskemiye toleransı daha fazla olmasına rağmen korunması daha zordur. Günümüzde pediatrik kalp ameliyatlarının büyük kısmı kardiyoplejik arrest altında yapılmaktadır. Son yıllarda kan kardiyoplejisinin kristaloid kardiyoplejiye göre daha avantajlı olduğunun erişkin hastalarda kesin olarak kanıtlanmasından sonra pediatrik hastalarda da avantajları gösterilmiştir.^[24-27] Kan kardiyoplejisinin avantajları; doku iskemisine karşı fizyolojik bir taşıyıcı (eritrositler) ile oksijen taşınması, ATP sentezi, fizyolojik tamponlama, onkotik basınç ortamı sağlaması ve daha az hemodilüsyon oluşturmasıdır. Kristaloid kardiyoplejinin avantajı ise ucuz ve basit olması, pediatrik hastalarda genellikle bir kere verilmesidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde kalp ameliyatlarında son yıllarda kan kardiyoplejisinin kullanımı daha siktir.^[28] Kan kardiyoplejisinin dezavantajı ise çoğu zaman ilave cihaz gerektirmesi ve kan kardiyoplejisi sisteminin maliyetidir. Kan kardiyoplejisi tek kullanımlık kardiyopleji sistemi kullanılmadan da mini kardiyopleji sistemi ile veya torbaya alınarak da uygulanabilmektedir. Kan kardiyoplejisi uygulama yöntemleri klinikler arasında büyük farklılıklar göstermektedir ve halen dünyada da standart hale gelmemiştir. Kardiyoplejinin ana bileşeni potasyumdur (K⁺) ve kardiyopleji solüsyonu içerdiği yüksek K⁺ ile diyastolik arrest oluşturur. Potasyuma ilave olarak çeşitli substratlar (Magnezyum, glukoz, aspartat, glutamat, bikarbonat veya THAM vs.)

kardiyopleji solüsyonuna ilave edilebilir. Hipotermimin kardiyopleji ile birlikte yıllarca rutin olarak kullanılmasına rağmen son yıllarda ılık ve sıcak kan kardiyoplejisi birçok merkez tarafından yaygın olarak başarıyla kullanılmaktadır.^[29] Kan kardiyoplejisi yıllar içerisinde giderek daha az dilüe edilerek kullanılmaktadır.

Yenidoğan ve infant miyokardiyumunun korunmasında kardiyopleji prensipleri dışında ameliyat sonrası düşük kardiyak debinin diğer nedenleri; intrakardiyak ventin efektif kullanılmaması ile ventrikülün gerilmesi, ekartörlerin etkisi ile miyokardiyal hasar, ventrikülotominin etkisi veya koroner arter hasarları düşük kardiyak debiye yol açabilmektedir. Yenidoğan ve infant olgularında KPB'nin başlaması ile iyonize kalsiyum düzeyinin belirgin olarak düşmesi ve ilave olarak hipoterminin de etkisiyle kardiyak kontraksiyonlar süratle bozulabilir ve bradikardi oluşabilir. Eğer vent etkin olarak çalışmıyorsa, ventrikül ejeksiyonlarının azalması ile aort, sol ventrikül ve sol atrium basınçları eşitlenerek ventrikül gerilir (intrakaviter basınç artar). Ameliyatın başlangıç fazlarında miyokardiyal hasar ve akciğer hasarı oluşabilir. Yenidoğan ve infant miyokardiyumu, erişkin kalbine göre KPB sırasında çok daha kolay hasar görebilir.

Diğer bir miyokardiyal hasar nedeni de koroner arterler yolu ile koroner sisteme kaçan hava embolileridir. Bunun olmaması öncelikle koruma ile sağlanır ki bu da kardiyopleji verilmesi sırasında hava kaçırılmaması ve klemp kaldırılması öncesi uygun hava çıkarılması ile mümkündür. Burada uygulanabilecek bazı yöntemler vardır. Antegrad kardiyoplejinin idame dozlarını vermeden önce kalbin içerisinden gönderilecek olan kardiyoplejinin ilk kısmının bir açılı klemp ile aort kapak kompetensinin bozularak sol ventrikül içerisine akıtılması kullanışlı bir yöntemdir. Aort klempini açmadan önce tek doz, potasyumsuz ve 37 °C'de olan ılık kanın yine kardiyopleji hattı yolu ile koroner sinüsten retrograd olarak verilmesi ve koroner sistemin tersten yıkanması, aort kökünden hava çıkarılması diğer kullanışlı yöntemlerdir. Ayrıca klemp kaldırılmadan önce aort kökündeki kardiyopleji kateterinin vent olarak kullanılmadan çıkarılması ve kalan delikten havanın pasif olarak, hafif sol ventrikül kompresyonları ile çıkarılması da etkilidir. Vent olarak kullanılan aort kök kateterinin mevcut delikleri negatif basınç ile aort duvarına yapışık tüm havayı çekemeyebilir aynı zamanda klemp sonrası kontrolsüz bir çekiş ile debinin bir kısmını çalabilir. Tüm bunlara ilaveten klemp kalktıktan sonra aort kökünden hava çıkımı pasif olarak sürerken daha önce yerleştirilmiş olan transözofageal ekokardiyografi (TEE) probu ile sol ventrikül içerisindeki hava kabarcıkları görülüp, hava çıkarmanın erken sonlandırılması önlenebilir.

Anesteziadaki yenilikler

Yüksek doz opioid tekniği pediatrik kardiyak anestezi de en çok tercih edilen yöntemdir. Ancak son yıllarda yeni kullanıma giren kısa etkili anestezi ajanların, ideal doz ayarlarının teknik olarak daha kolay yapılabilmesi, anestezi derinliğinin ve beyin satürasyonunun sürekli monitörizasyonu ile erken ekstübasyon (fast-tracking: 6-8 saat) ön plana çıkmıştır.^[30] Bu yöntem, erken mobilizasyon, erken taburculuk ve beraberinde hem maliyetin hem de hasta morbiditesinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle yenidoğan ve infantlarda noninvaziv sürekli veya bifazik pozitif hava yolu basınçlı (CPAP/BIPAP) ventilasyon teknolojisinin gelişmesi erken ekstübasyon sonrası hafif solunum yetmezliğinde etkili olabilmektedir.^[30] Kardiyopulmoner baypas sırasında daha iyi doku perfüzyonu sağlamak amacıyla yenidoğan ve infantlarında dünyada yaygın olarak kullanılan bir alfa bloker olan fentolaminin Türkiye'ye ithalatında bazı sıkıntılar yaşanmaktadır.

Yine bu erken yaş grubunda pompa sonrası erken dönemde ve ameliyat sonrası yoğun bakımda ilk tercih olarak kabul edilen bir inotrop olan milrinone'da Sağlık Bakanlığının çalışmaları neticesinde artık günümüzde sorunsuz olarak temin edilebilmektedir. Doğuştan kalp ameliyatı yapılacak olguların ameliyat sırası monitörizasyonunda NIRS ile serebral oksijen satürasyonunun sürekli izlenmesi standart haline gelmiştir. Günümüzde FDA (U.S. "Food and Drug Administration") onayı olan üç noninvaziv serebral oksimetri cihazı mevcuttur.^[31] (i) INVOS serebral oksimetri (Somanetics Corporation, Troy, MI). (ii) FORE-SIGHT cerebral oksimetri (CAS Medical Systems, Branford, CT). (iii) NONIN bölgesel oksimetri (Nonin Medical Inc. Minnesota, MN). FDA onayı olmayan bir diğeri NIRO serisi NIRS (Hamamatsu, Photonic. Hamamatsu, Japan), Japonya'da ve Avrupa'da kullanılmaktadır. İnfant döneminde biventriküler tamire giden olgularda ameliyat sırası NIRS ile serebral satürasyonun uzun dönem düşük kalması ile beyin gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği gösterilmiştir.^[32] Bu çalışmada, özellikle ameliyat sırası serebral satürasyonu %45'in sürekli altında seyreden infantlarda, bir yaşında psikomotor gecikme ile patolojik beyin manyetik rezonans görüntüleme arasında ilişki bulunmuştur.

Tüm dünyada değişen genel eğilimle birlikte ülkemizde de artık pek çok merkezde, ameliyat sırası ve erken ameliyat sonrası dönemde açık kalp ameliyatına alınan hastalara kan ve kan ürünlerinin minimal kullanımı ile bunlara ilişkin komplikasyonların azaltıldığı görülmüştür. Yoğun bakım ve hastane kalış sürelerinin azalmasıyla birlikte gerekli ek teknik ve laboratuvar desteklerine olan gereksinimler de azalmış ve böylece maliyet oranları aşağı çekilebilmiştir.^[33]

Milli servetin israf edilmemesi

Hastanelerin kısıtlı maddi imkanlarının hastalar ve hastane için en iyi şekilde kullanılması temel kuraldır. Sadece ucuz olduğu için alınan (hasta için çok daha riskli olan) bir kullanımlık aletler olduğu gibi, bunun tam tersi de geçerlidir. Başka bir ifade ile ucuz olan bir santrifugal pompa başının, 30 kat daha pahalı olan bir santrifugal pompa başından çok daha kaliteli olduğu bilimsel açıdan ispatlandığı halde, pahalı olan pompa başını tercih eden hastaneler mevcuttur.^[34] Buna yetişkin kalp ameliyatlarını yapan merkezler de dahildir. Yılda 2.000'in üzerinde açık kalp ameliyatı yapan bir merkezde hergün kullanılan kalp-akciğer sistemlerinin en yenisi en az 10 yıllık olduğu, en eskisinin ise 20 yılı aşan bir süredir kullanımda olduğu ve elektronik kalibrasyonlarının hiç yapılmadığı bilinmektedir, bu hastanelerde kaynak bulunduğu anda ivedi olarak yapılması gereken, kullanım sürelerini doldurmuş olan pompaların yenilenmesidir. Eğer bu kaynaklar hastaların güvenliği açısından öncelikle bu amaçla kullanılmaz ise ameliyat edilen tüm kalp hastaları bu nedenle gereksiz bir şekilde riske atılmış olacaktır.

Bir başka örnek ise batılı ülkelerde satılan ekstrakorporeal membran oksijenatör devrelerdir, bu devreler ülkemizde çeşitli nedenlerle (yüksek gümrük vergileri, tek üretici firma vb.) 3-4 kat daha fazla fiyatla satılabilmektedir. Bu konuda ivedi olarak bir çalışma yapılmalıdır.

Sonuçlar

Ülkemizde şu anda kullanılan KPB sistemlerinde çok basit değişiklikler yaparak pediyatrik kalp hastalarının ameliyat sonrası komplikasyonlarını azaltmak mümkündür. Doğuştan kalp ameliyatları sırasında kullanılan malzemelerin kalitelerinin ve seçimlerinin bilimsel veriler baz alınarak yapılması hastaların güvenlikleri açısından son derece önemlidir.

Bunun için en önemli şart eğitimidir ve bu eğitimlere ülkemizde başlamış bulunuyoruz.^[23] Yeni teknolojiyi takip etmek ve pediyatrik kalp hastaları için ayrılmış milli servetin en uygun şekilde kullanılması ve israfın en düşük düzeye indirgenip (özellikle cihaz alımlarında) bu fonların hastalara ve hastaneye harcanması gereklidir.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Undar A. Penn State Hershey Pediatric Cardiovascular Research Center: 2011 update. *Artif Organs* 2011;35:358-60.
2. Salavitarab A, Qiu F, Kunselman A, Ündar A. Evaluation of the Quadrox-I neonatal oxygenator with an integrated arterial filter. *Perfusion* 2010;25:409-15.
3. Qiu F, Peng S, Kunselman A, Ündar A. Evaluation of Capiiox FX05 oxygenator with an integrated arterial filter on trapping gaseous microemboli and pressure drop with open and closed purge line. *Artif Organs* 2010;34:1053-7.
4. Su XW, Undar A. Brain protection during pediatric cardiopulmonary bypass. *Artif Organs* 2010;34:E91-102.
5. Rider AR, Ji B, Kunselman AR, Weiss WJ, Myers JL, Undar A. A performance evaluation of eight geometrically different 10 Fr pediatric arterial cannulae under pulsatile and nonpulsatile perfusion conditions in an infant cardiopulmonary bypass model. *ASAIO J* 2008;54:306-15.
6. Qiu F, Clark JB, Kunselman AR, Undar A, Myers JL. Hemodynamic evaluation of arterial and venous cannulae performance in a simulated neonatal extracorporeal life support circuit. *Perfusion* 2011;26:276-83.
7. Akçevin A, Alkan-Bozkaya T, Qiu F, Undar A. Evaluation of perfusion modes on vital organ recovery and thyroid hormone homeostasis in pediatric patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Artif Organs* 2010;34:879-84.
8. Su XW, Guan Y, Barnes M, Clark JB, Myers JL, Undar A. Improved cerebral oxygen saturation and blood flow pulsatility with pulsatile perfusion during pediatric cardiopulmonary bypass. *Pediatr Res* 2011;70:181-5.
9. Karaci AR, Sasmazel A, Aydemir NA, Saritas T, Harmandar B, Tuncel Z, et al. Comparison of parameters for detection of splanchnic hypoxia in children undergoing cardiopulmonary bypass with pulsatile versus nonpulsatile normothermia or hypothermia during congenital heart surgeries. *Artif Organs* 2011;35:1010-7.
10. Ündar A, Palanzo D, Qiu F, Alkan-Bozkaya T, Akçevin A, Talor J, et al. Benefits of pulsatile flow in pediatric cardiopulmonary bypass procedures: from conception to conduction. *Perfusion* 2011;26 Suppl 1:35-9.
11. Wang S, Miller A, Myers JL, Undar A. "Stolen" blood flow: effect of an open arterial filter purge line in a simulated neonatal CPB model. *ASAIO J* 2008;54:432-5.
12. Wang S, Undar A. Vacuum-assisted venous drainage and gaseous microemboli in cardiopulmonary bypass. *J Extra Corpor Technol* 2008;40:249-56.
13. Clark JB, Barnes ML, Undar A, Myers JL. Multimodality neuromonitoring for pediatric cardiac surgery: our approach and a critical appraisal of the available evidence. *World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery* 2012;3:87-95.
14. Clark JB, Qui F, Guan Y, Woitas KR, Myers JL, Ündar A. Microemboli detection and classification during pediatric cardiopulmonary bypass. *World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery* 2011;2:111-4.
15. Kurusz M. Perfusion safety: new initiatives and enduring principles. *Perfusion* 2011;26 Suppl 1:6-14.
16. American Society of Extra-Corporeal Technology website (2010). Available from: <http://www.amsect.org/sections/practice-articles/article1.html>. [Retrieved Nov 2010]

17. International Organization for Standardization. Technical specification. Cardiovascular implants and artificial organs-checklist for preoperative extracorporeal circulation equipment setup. Ref. no. ISO/TS 23810:2006(E), Jul 2006.
18. Weiser TG, Haynes AB, Lashoher A, Dziekan G, Boorman DJ, Berry WR, et al. Perspectives in quality: designing the WHO Surgical Safety Checklist. *Int J Qual Health Care* 2010;22:365-70.
19. Semel ME, Resch S, Haynes AB, Funk LM, Bader A, Berry WR, et al. Adopting a surgical safety checklist could save money and improve the quality of care in U.S. hospitals. *Health Aff (Millwood)* 2010;29:1593-9.
20. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, Lipsitz SR, Breizat AH, Dellinger EP, et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med* 2009;360:491-9.
21. Weiser TG, Haynes AB, Dziekan G, Berry WR, Lipsitz SR, Gawande AA, et al. Effect of a 19-item surgical safety checklist during urgent operations in a global patient population. *Ann Surg* 2010;251:976-80.
22. Society of Thoracic Surgeons Blood Conservation Guideline Task Force, Ferraris VA, Ferraris SP, Saha SP, Hessel EA 2nd, Haan CK, Royston BD, et al. Perioperative blood transfusion and blood conservation in cardiac surgery: the Society of Thoracic Surgeons and The Society of Cardiovascular Anesthesiologists clinical practice guideline. *Ann Thorac Surg* 2007;83:S27-86.
23. Undar A, Haydin S, Yivli P, Weaver B, Pauliks L, Cicek AE, et al. Istanbul Symposiums on Pediatric Extracorporeal Life Support Systems. *Artif Organs* 2011;35:983-8.
24. Buckberg GD. A proposed "solution" to the cardioplegic controversy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979;77:803-15.
25. Catinella FP, Cunningham JN Jr, Spencer FC. Myocardial protection during prolonged aortic cross-clamping. Comparison of blood and crystalloid cardioplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;88:411-23.
26. Caputo M, Modi P, Imura H, Pawade A, Parry AJ, Suleiman MS, et al. Cold blood versus cold crystalloid cardioplegia for repair of ventricular septal defects in pediatric heart surgery: a randomized controlled trial. *Ann Thorac Surg* 2002;74:530-4.
27. Amark K, Berggren H, Björk K, Ekroth A, Ekroth R, Nilsson K, et al. Blood cardioplegia provides superior protection in infant cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2005;80:989-94.
28. Cecere G, Groom R, Forest R, Quinn R, Morton J. A 10-year review of pediatric perfusion practice in North America. *Perfusion* 2002;17:83-9.
29. Durandy YD, Younes M, Mahut B. Pediatric warm open heart surgery and prolonged cross-clamp time. *Ann Thorac Surg* 2008;86:1941-7.
30. Mittnacht AJ, Hollinger I. Fast-tracking in pediatric cardiac surgery-the current standing. *Ann Card Anaesth* 2010;13:92-101.
31. Fischer GW, Silvey G. Cerebral oximetry in cardiac and major vascular surgery. *HSR Proceedings in intensive care and cardiovascular. Anesthesia* 2010;2:249-56.
32. Kussman BD, Wypij D, Laussen PC, Soul JS, Bellinger DC, DiNardo JA, et al. Relationship of intraoperative cerebral oxygen saturation to neurodevelopmental outcome and brain magnetic resonance imaging at 1 year of age in infants undergoing biventricular repair. *Circulation* 2010;122:245-54.
33. Mössinger H, Dietrich W, Braun SL, Jochum M, Meisner H, Richter JA. High-dose aprotinin reduces activation of hemostasis, allogeneic blood requirement, and duration of postoperative ventilation in pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2003;75:430-7.
34. Guan Y, Su X, McCoach R, Kunselman A, El-Banayosy A, Undar A. Mechanical performance comparison between RotaFlow and CentriMag centrifugal blood pumps in an adult ECLS model. *Perfusion* 2010;25:71-6.