

# Tek Ventrikül Fizyolojili Hastalarda Eksternal Şant ile Yapılan Bidireksiyonel Kavopulmoner Anastomozunun Erken Dönem Sonuçları

## THE EARLY RESULTS OF BIDIRECTIONAL CAVO-PULMONARY ANASTOMOSIS PERFORMED BY USING EXTERNAL SHUNTS IN PATIENTS WITH SINGLE VENTRICLE PHYSIOLOG

Dr. Yusuf Kalko, Dr. Faruk Hökenek, Dr . Vural Özcan, Dr. Murat Başaran, Dr. Emin Tireli, Dr. Ufuk Alpagut, Dr. Enver Dayioğlu, Dr. Ertan Onursal

*İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Kalp Damar Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul*

### Özet

**Amaç:** Bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz tek ventrikül fizyolojili hastalarda artarak kullanılan bir prosedür olmaktadır. Anastomozun konstrüksiyonu sırasında kardiyopulmoner bypasstan kaçınılması gerekli inotropik destek miktarını, mekanik ventilasyon süresini ve plevral effüzyon insidansını azaltmaktadır.

**Materyal ve Metod:** Kliniğimizde, yaşları 6-36 ay arasında, ağırlıkları 5-13.5 kg arasında değişen 17 tek ventrikül fizyolojili hastaya bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz prosedürü uygulanmıştır. Operasyonlar superior vena kava ve sağ atriyum arasına yerleştirilen geçici eksternal şant ile gerçekleştirilmiştir. Hastaların teşhisleri ise 11 hastada (%64) trikuspid atrezisi, 2 hastada (%12) büyük arter transpozisyonu + ventriküler septal defekt + pulmoner stenoz, 2 hastada (%12) büyük arter transpozisyonu + ventriküler septal defekt, 1 hastada (%6) double outlet sağ ventrikül + pulmoner stenoz ve 1 hastada (%6) Uhl anomalisi olarak saptanmıştır. Bilateral superior vena kavasını olan 4 hastaya bilateral kavopulmoner anastomoz yapılmıştır. Bütün hastalar prosedürü hemodinamik bir problem yaşamadan tolere etmişlerdir.

**Bulgular:** İki hasta erken dönemde kaybedilmiştir. Geri kalan hastalar operasyondan 6 saat sonra ekstübe edilmişlerdir. Yoğun bakımda kalış süreleri 1-3 gün arasında değişmiştir. Onarım sonrası arteriyel oksijen saturasyonu %87-95 (ortalama %91.8), pulmoner arter basıncı ise 13-18 mmHg (ortalama 16 mmHg) arasında bulunmuştur.

**Sonuç:** Bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz işlemi, superior vena kava ile sağ atriyum arasına yerleştirilen geçici bir şant ile efektif bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu prosedür, Fontan sirkülasyonunda basamak operasyon olarak başarı ile uygulanabilir. Geçici eksternal şant kullanımı ise bu başarı oranını arttırabilir.

**Anahtar kelimeler:** Tek ventrikül, eksternal şant, bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz

*Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg 2001;9:188-192*

### Summary

**Background:** Bidirectional cavopulmonary shunt has become an increasingly applied procedure in patients with single ventricle physiology. The avoidance of cardiopulmonary bypass during the construction of anastomosis decreases the necessity of inotropic support, the duration of mechanical ventilation and the incidence of pleural effusions.

**Methods:** In our institution, 17 patients with ages ranging from 6 to 36 months possessing single ventricle physiology underwent bidirectional cavopulmonary anastomosis. Their weight ranged from 5 to 13.5 kg. The operations were performed by using a transient shunt between the superior vena cava and right atrium. The diagnosis was tricuspid atresia in 11 patients (64%), transposition of the great arteries + ventricular septal defect + pulmonary stenosis in 2 (12%), transposition of the great arteries + ventricular septal defect in 2 (12%), double outlet right ventricle + pulmonary stenosis in 1 (6%), and Uhl's anomaly in 1 (6%). Bilateral cavopulmonary anastomosis was constructed in 4 patients who had bilateral superior vena cava. All of the patients tolerated the procedure well without any hemodynamic compromise.

**Results:** There were 2 early deaths. The remaining patients were extubated within 6 hours. The intensive care unit stay length ranged from 1 to 3 days. Postrepair mean arterial oxygen saturation was 91.8% (87-95%). Pulmonary arterial pressure ranged from 13 mmHg to 18 mmHg.

**Conclusions:** Bidirectional cavopulmonary anastomosis can be performed effectively by using a transient shunt between the superior vena cava and the right atrium. This procedure can be operated successfully as stage operation in Fontan circulation. Also the usage of temporary external shunt can achieve success rate.

**Keywords:** Single ventricle, external shunt, bidirectional cavopulmonary anastomosis

*Turkish J Thorac Cardiovasc Surg 2001;9:188-192*

**Adres:** Dr. Yusuf Kalko, SSK Bezmi Alem Valide Sultan Vakıf Gureba Eğitim Hastanesi, Kalp Damar Cerrahisi Kliniği, Çapa, İstanbul  
**e-mail:** ykalko@myynet.com

## Giriş

Fonksiyonel tek ventriküllü hastalarda en önemli sorun sistemik ve pulmoner dolaşım kanının tek bir ventrikülden pompalanmasıdır. Bu durumda mevcut tek ventrikül artan bir volüm yükü ile karşılaşmaktadır. Bu anomaliye sahip kalpler çift girişli-çıkışlı ventrikül (sağ, sol veya intermine) ya da atriyoventriküler bağlantı yokluğu ile karakterizedir. Bunların çoğunda gerçekte bir büyük, bir de küçük gelişmemiş ventrikül vardır [1]. Kalbin pompa fonksiyonu tek bir ventrikül tarafından üstlenildiği için fonksiyonel tek ventrikül olarak isimlendirilmektedir. Fonksiyonel tek ventrikül kavramı ana ventrikül morfolojisi, ventrikülo-arteriyel bağlantı tipi, ilave lezyonlar ve büyük damarların akım özelliklerine göre klinik ve hemodinamik açıdan farklılıklar gösteren heterojen bir gruba içine alır [2]. Tek ventrikül fizyolojili hastalarda ilk kavopulmoner anastomoz 1958'de Glenn [3] tarafından bildirilmiştir. Standart Glenn şantında divize edilen sağ pulmoner arter, superior vena kavanın (SVK) sol kenarına uç yan anastomoz edilir. Günümüzde bu şantın kullanımı sağ ve sol pulmoner arterin devamlılığının olmadığı durumlarda sınırlıdır [4]. Kısaca vena kava superiorun divize edilmeden sağ pulmoner artere uç yan anastomozu şeklinde tanımlayabileceğimiz bidireksiyonel kavo-pulmoner anastomoz (BKA), standart Glenn anastomozuna göre ventrikül fonksiyonları üzerine olumlu etkileri ve orta - uzun dönemdeki olumlu sonuçları nedeniyle son yıllarda kabul edilebilen bir girişim olmuştur. Bidireksiyonel kavo-pulmoner anastomozda akım her iki akciğere dağılır, pulmoner arterler arası bütünlük bozulmayarak anatomi korunmuş olur. Böylece venöz dönüşün bir bölümü direk olarak akciğerlere giderken mevcut tek ventrikül sadece sistemik dolaşıma pompa görevi görür. Pulmoner arterler düşük basınç ile perfüze edilirken ventrikül volüm yükü ile karşılaşmaz. Sonraki total kavopulmoner anastomoz (TKPA) için en uygun anatomik ve fizyolojik koşullar hazırlanır. Fontan sirkülasyonu için basamak olarak kabul edilmekle birlikte, aynı zamanda bazı olgularda TKPA'ya alternatif tedavi olarak görülmektedir [5]. Bidireksiyonel kavopulmoner anastomozun kesin kriterleri halen net değildir. Birçok cerrah pulmoner arter ortalama basıncını kriter olarak almakta ve bu değer de 18 mmHg'dan az olmasının ideal olacağını savunmaktadır [4]. Hatta pulmoner arter ortalama basıncının 15 mmHg'dan az olması gerekliliğini savunan otörler de mevcuttur [6]. Bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz, TKPA için yüksek risk taşıyan hastalarda TKPA'ya göre daha düşük morbidite ve mortaliteyle uygulanmaktadır [7]. Sistemik arter - pulmoner arter şant işlemine göre başka pulmoner kan akımı kaynağı bırakılmazsa venöz desatüre kan pulmoner artere ventriküle volüm yükü yüklemeye verilir. Düşük basınçlı venöz akım nedeniyle pulmoner vasküler rezistans (PVR) yükselmesi ihtimali azalır. Bidireksiyonel kavo-pulmoner anastomoz işlemi ile birlikte önceki sistemik-pulmoner arter şant kaldırılırsa, ventrikülün iş yükü ve atriyo-ventriküler (A-V) kapak regürjitasyonu azalır. Kardiyopulmoner bypass (KPB) altında veya KPB'ye girilmeden geçici kavotriyal şant ile uygulanabilir. Eksternal şant ile yapılacak olgularda restriktif olmayan atriyal septal defekt (ASD) olması, A-Vkapak yetersizliğinin olmaması veya hafif yetersizlik olması, korreksiyon gerektirecek intrakardiyak patolojinin olmaması gereklidir. Bidireksiyonel kavo-pulmoner

anastomozun KPB'ye girilmeden yapılması halinde, KPB'nin ventrikül fonksiyonu, pulmoner fonksiyon ve tüm vücut üzerindeki zararlı yan etkilerinden hasta korunmuş olmaktadır. Bu şekilde erken postoperatif dönemde daha iyi bir hemodinami, daha erken ekstübasyon, postoperatif süreçte daha az kan ve kan ürünü kullanımı sağlanmaktadır [8].

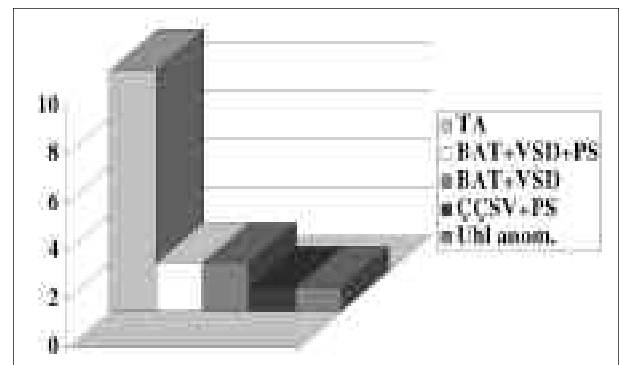
## Materyal ve Metod

Kliniğimizde son 3 yılda yaşları 6-36 ay arasında değişen 17 olguya fonksiyonel tek ventrikül tanısı ile BKA ameliyatı yapıldı. Olguların ağırlığı 5-13.5 kg (ortalama 8.4 kg) arasında değişmekte idi. Hastaların tümü preoperatif ekokardiyografi ile, 4 hasta (%24) ek olarak kardiyak kateterizasyon ile değerlendirildi. Onbir olgu triküspit atrezisi (TA), 2 olgu (%12) büyük arter transpozisyonu (BAT) + ventriküler septal defekt (VSD) + pulmoner stenoz (PS) + rudimenter sol ventrikül, 2 olgu (%12) BAT + VSD + rudimenter sol ventrikül, 1 olgu (%6) çift çıkışlı sağ ventrikül (ÇÇSV) + rudimenter sağ ventrikül + PS, 1 olgu (%6) Uhl anomalisi tanılarına sahipti (Şekil 1). Dört olguda persistan sol superior vena cava mevcuttu (Tablo 1). Vakalardan 7 tanesine (%41) neonatal dönemde sistemik - pulmoner şant, 2 olguya (%12) da pulmoner bandlama (PB) operasyonu yapılmıştı (Tablo 2). Bir olguda balon atriyal septostomi (BAS) uygulanmıştı. Yedi olguya (%41) ilk operasyon olarak BKA uygulandı. Olguların

Tablo 1. Hastalara ait veriler.

| İlave anomali                        | Infund. Stenoz      | PFO                 | Pers Sol SVC       |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|                                      | 3                   | 2                   | 4                  |
| Palyatif operasyon                   | mBT shunt           | Pulmoner Banding    | Atriyal septostomi |
|                                      | 7                   | 2                   | 1                  |
| Yapılan operasyon ve shunt kullanımı | Eksternal shunt (+) | Eksternal shunt (-) | (Pers Sol SVC)     |
| BKA                                  | 13                  | 4 (Bilateral)       |                    |

BKA = bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz; Infund = infundibiler; mBT = modifiye Blalock Taussig; Pers Sol SVC = persistan sol superior vena cava; PFO = patent foramen ovale

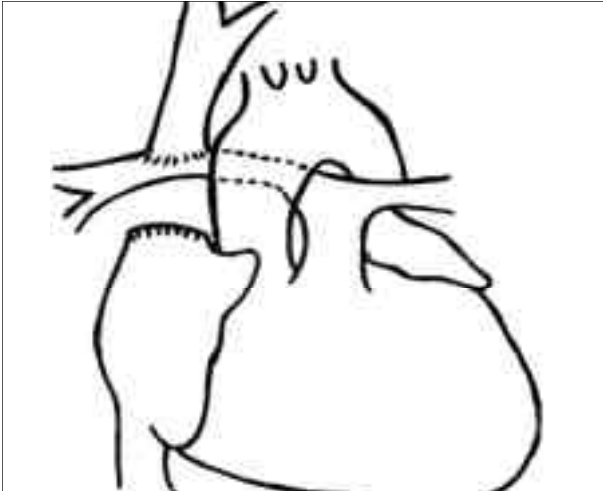


Şekil 1. Olguların dağılımı.

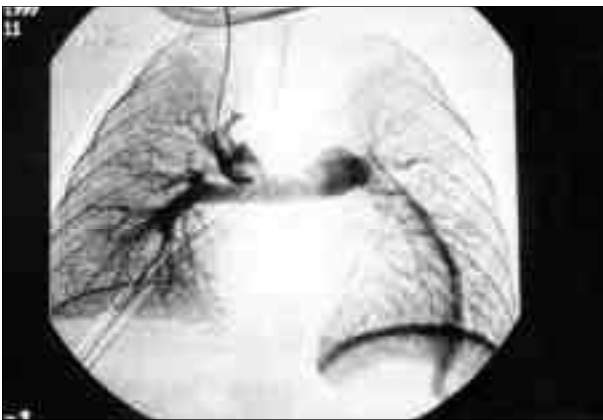
**Tablo 2.** Hasta tanılarına göre yapılan operasyonlar.

|                                  |  |       |
|----------------------------------|--|-------|
|                                  | 5 olgu TA + VSD + PS   | %41   |
| MBT şant yapılan hastalar        | 1 olgu TA + İVS + PA<br>1 olgu BAT + VSD + PS  |       |
| PB yapılan hastalar              | 1 olgu TA + VSD<br>1 olgu BAT + VSD  | %11.7 |
| BAS yapılan hastalar             | 1 olgu TA + PS + VSD   | %5.8  |
| Tek seansta BKA yapılan hastalar | 3 olgu TA + VSD<br>1 olgu TA + VSD + Dekstrokardi<br>1 olgu BAT + VSD + PS<br>1 olgu ÇÇSV + PS<br>1 olgu Uhl anomalisi | %41   |

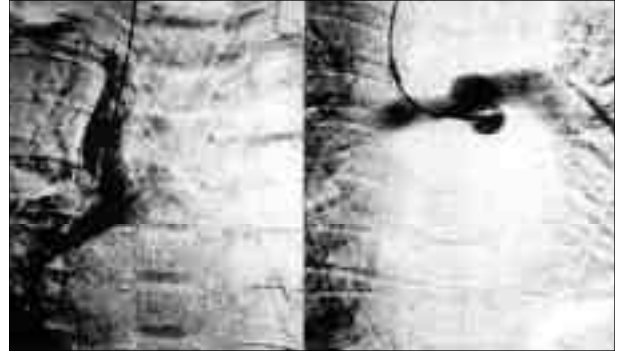
BAS = balon atriyal septostomi; BAT = büyük arter transpozisyon; İVS = intakt ventriküler septum; PA = pulmoner atrezi; PB = Pulmoner banding; PS = pulmoner stenoz; TA = triküspid atrezisi; VSD = ventriküler septal defekt



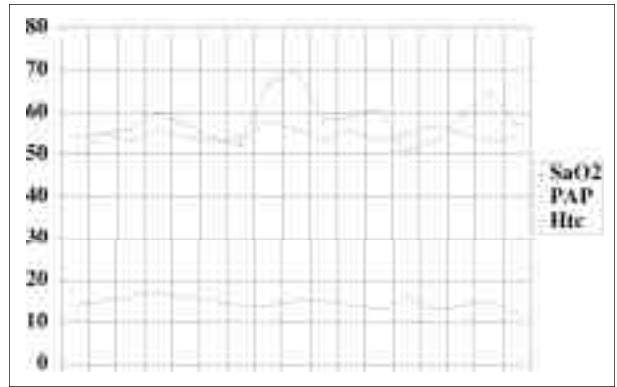
**Resim 1.** Glenn anastomozunun bitirilmiş halinin şematik görüntüsü.



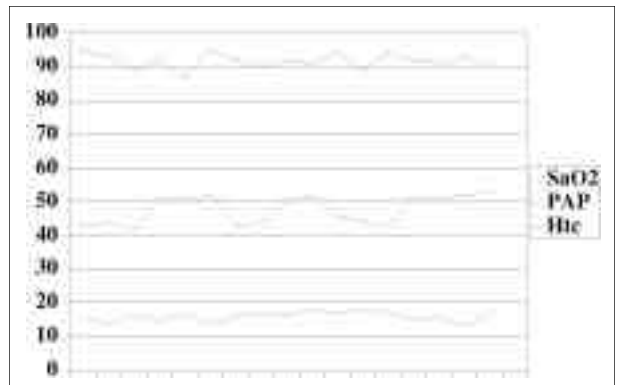
**Resim 2.** Bir olguya ait postoperatif anjiyo görüntüsü.



**Resim 3.** Farklı bir olguya ait postoperatif anjiyo görüntüsü.



**Şekil 2.** Olgulara ait preoperatif parametreler.



**Şekil 3.** Olgulara ait postoperatif parametreler.

preoperatif oksijen saturasyonu (SaO<sub>2</sub>) %50-71 (ortalama %57.8) idi. Preoperatif pulmoner arter basıncı (PAP) 12-17 mmHg (ortalama 14.5 mmHg), preoperatif ortalama hematokrit değeri (Htc) %52-58 (ortalama %54.6) idi (Şekil 2).

#### Cerrahi Teknik

Tüm olgulara medyan sternotomi ile yaklaşıldı. Daha önce modifiye Blalock Taussig (mBT) şant yapılmış olgularda şant prepare edilerek döndü. Önceden PB yapılmış olan olgularda band bölgesi prepare edildi. Aort, SVK (varsa sol superior vena

kava), innominate ven, gerekirse sol pulmoner arter prepare edildi. Azigos veni divize edildi. Tüm olgularda sağ pulmoner arter ve sol atriyum basınçları ölçüldü. Pulmoner arter çapı / SVK çapı oranı > 1/2 olmasına dikkat edildi. İnnominate ven - SVK bileşkesine ve sağ atriya burs dikişleri konarak 100 Ü/kg'dan i.v. heparinizasyondan sonra geçici kavoatriyal şant yerleştirildi. Klempajı takiben SVK sağ atriya giriş yerinden transekte edilerek atriyal taraf kendi üzerine dikildi. Sağ pulmoner arterin üst ön yüzüne yapılan arteriyotomiye 6/0 polipropilen dikişle SVK uç yan anastomoz edildi. Geçici şant kanülleri alınarak işlem sonlandırıldı (Resim 1). Sol superior vena kavası olan 4 olguda bilateral BKAYapıldı. Bu olgularda eksternal şant kullanılmadı. Önceden mBT şant yapılmış 7 olgunun tümünde işlem sonrası şantlar ligatüre edildi. Çift çıkımlı sağ ventrikül + PS'li bir olguda ana pulmoner arter ligatüre edildi. Önceden pulmoner bandlama yapılmış iki olgudan birinde band biraz daha sıkıldı. Diğer olgularda ana pulmoner artere dokunulmadı.

## Bulgular

İki olgu (%11,7) erken dönemde kaybedildi. Triküspid atrezisi tanısı ile opere edilen 1 olgu postoperatif 2. gün, Uhl anomalisi tanısı ile opere edilen 1 olgu postoperatif 1. gün düşük kalp debisi nedeniyle kaybedildi. Bir olguda geçici sağ diafram paralizi saptandı. Diğer olgularda morbidite olmadı. Olguların postoperatif hemodinamileri stabil seyretti. Tüm olgular postoperatif 2-12. saatlerde (ortalama 6. saatte) ekstübe edildi. Yoğun bakımda kalış süreleri 1-3 gün arasında değişti. Olguların postoperatif SaO<sub>2</sub> %87-95 (ortalama %91,8), PAP 13-18 mmHg (ortalama 16 mmHg), Htc %42-56 (ortalama %46) olarak ölçüldü (Şekil 3). Postoperatif erken dönemde hastalar düşük dozda heparinize edildiler. Daha sonra herhangi bir antiagregan veya antikoagulan verilmedi. Postoperatif erken dönemde uzayan plevral effüzyon görülmedi. Olguların 3 ay - 3 yıllık takiplerinde mortaliteye veya majör komplikasyona rastlanmadı (Resim 2,3).

## Tartışma

Bidireksiyonel kavopulmoner anastomoz bugün birçok merkez tarafından Fontan sirkülasyonunun sonuçlarını geliştirmede ve iyileştirmede bir strateji olarak kabul edilmektedir [6,7]. 1980'li yılların sonlarında BKA yapılmış hastalara ait iyi sonuçlar bildirilmeye başlanmıştır. Özellikle pulmoner arterlerin devamlılığının korunmasının Fontan sirkülasyonu için önemi ve bu operasyon için doğal bir basamak olduğu vurgulanmıştır [6]. 1992'de Norwood [9] hipoplastik sol ventriküllü hastalarda yaptığı seride total kavopulmoner anastomoz öncesinde yapılan BKA'nın ventrikül diyastolik fonksiyonlarını en iyi şekilde koruduğunu bildirmiştir. Kliniğimizde de BKA yapılan 17 olgudan 4'ünde (%24) ekstrakardiyak TKPA ameliyatı başarı ile uygulanmıştır. Bidireksiyonel kavo-pulmoner anastomozun KPB'ye girilmeden yapılması halinde KPB'nin ventrikül fonksiyonu, pulmoner fonksiyon ve tüm vücut üzerindeki zararlı yan etkilerinden hasta korunmuş olmaktadır [8]. Bizim tüm olgularımızda BKA, KPB'ye girilmeden geçici eksternal şantla yapılmıştır. Postoperatif dönemde stabil bir hemodinami ve 2-12 saat arasında ekstübasyon sağlandığı görülmüştür.

Akciğerlere yönelik ilave bir pulsatil akımın gerekliliği hala tartışmalı bir konudur. Mainwaring ve arkadaşlarına [10] göre ilave pulmoner akımı olmayan hastalar daha iyi bir yaşam kalitesine sahip olmakta, ilave pulmoner akım plevral effüzyon olasılığını ve hastanede kalış süresini arttırmaktadır Henry ve arkadaşları [11] 205 hastalık serilerinde aksesuar pulmoner akım kullandıkları hastaların hastane mortalite ve morbiditesinin kullanmadıkları gruba göre farklı olmadığını bildirmişlerdir.

Aksesuar pulmoner akım kullanılan olgularda, sistemik ve pulmoner kollateral gelişiminin daha az olduğu bildirilmiştir [12,13]. Bizim 1 olgumuzda (%6) ana pulmoner arter ligatüre edilmiştir. Önceden mBT şant yapılmış olgularımızda şantlar BKAsonrası ligatüre edilmiştir. Bandlama yapılmış bir olguda bant biraz daha sıkılmıştır. Diğer olgularda ana pulmoner artere dokunulmamıştır. Bu hastalarda erken ve orta dönemde morbidite hastanede kalış süreleri ve yaşam kalitesi açısından fark görülmemiştir.

Mendelson ve arkadaşları [14] BKAsonrası sol pulmoner arter çapında %13 azalma olduğunu, Reddy ve arkadaşları [15] ise BKA sonrası pulmoner arter gelişiminde sağ ile sol pulmoner arter arasında farklılık olmadığını ve BKA'nın Fontan sonuçları için risk oluşturmadığını bildirmişlerdir. Hastalarımızın ise pulmoner arter basınçlarında erken dönemde 1-3 mmHg artış görülmüştür. Postoperatif 3 hastada yapılan ölçümde değişiklik saptanmamıştır. Bidireksiyonel kavo-pulmoner anastomoz sonrası Freedom ve arkadaşları [16] %31 oranında sistemik venöz kollateral gelişimi izlemişlerdir. Bizim serimizde 3 ay - 3 yıllık takiplerde hastalarımızda siyanoz gelişimi gözlenmemiştir. Doff ve arkadaşları [12] BKA sonrası gelişen kollateralleri anjiyografik olarak görüntülemişler ve önceden sağ taraftan sistemik pulmoner arter şantı ve BKAöncesi düşük ventrikül enddiastolik basıncı olan, düşük pulmoner vasküler rezistanslı ve BKA operasyonu sırasında KPB kullanılmış olgularda daha yüksek oranda kollateral geliştiğini, kollateral gelişiminin uzayan plevral effüzyonla ilgili olmadığını bildirmişlerdir. Klasik Glenn sonrası %25 oranında görülebilen bu komplikasyon BKA sonrası çok daha düşük oranlarda bildirilmiştir [17,19]. Mc Elhinney ve arkadaşları [20] heterotaksi sendromlarında ve küçük yaşlarda Glenn anastomozu yapılan olgularda sistemik pulmoner kollateral gelişiminin daha sık gördüklerini bildirmişlerdir. Olgularımızın 3 ay - 3 yıllık takiplerinde aortopulmoner kollateral ya da pulmoner arteriyovenöz malformasyon gelişimine rastlanılmamıştır. Çeşitli serilerde operasyonun erken dönem mortalitesi %0-33 arasında değişmektedir [21]. Tek ventrikül fizyolojisindeki tüm hastalarda, pulmoner arterlerin küçük ve pulmoner vasküler rezistansın yüksek olduğu yaşamın ilk aylarında sistemik arteriyel pulmoner şant ile palyasyon sağlanabilir. Altı aydan sonraki dönemde ve total kavopulmoner anastomoz için riskli 12 aydan büyük çocuklarda BKA düşük mortalite ve morbidite ile yapılabilmektedir. TKPA adayı olan hastalarda ventrikül fonksiyonlarını koruyan, orta ve uzun dönemde iyi bir palyasyon sağlayan BKA'nın basamak operasyonu olarak başarı ile kullanılabileceği, geçici eksternal şant ile düşük mortalite ve morbiditeyle yapılabileceği kanısındayız.

## Kaynaklar

1. Barlow A, Parwade A, Wilkinson JL, Anderson RH. Cardiac anatomy in patients undergoing the Fontan procedure. *Ann Thorac Surg* 1995;60:1324-30.
2. Saylam GS, Sarioğlu A. Fonksiyonel tek ventriküllü hastalara yaklaşım ve tedavi seçenekleri. *Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg* 1996;1:15-27.
3. Glenn W. Circulatory bypass of the side of the heart. IV. şant between superior vena cava and distal right pulmonary artery: Report of clinical application. *N Engl J Med* 1958;259:117.
4. Mavroudis C, Backer CL, eds. *Pediatric Cardiac Surgery*. Missouri: Mosby-Year Book Inc. 1994:391.
5. Castaneda AR, Jonas RA, Mayer JE, Hanley FL, eds *Cardiac Surgery of the Neonate And Infant*. Philadelphia: WB Saunders Company, 1994:249-54.
6. Bridges ND, Jonas RA, Mayer JE, et al. Bidirectional cavopulmonary anastomosis as interim palliation for high risk Fontan candidates: Early results. *Circulation* 1990;82 (suppl IV): IV170-6.
7. Yeh T Jr, Williams WG, McCrindle BW, et al. Equivalent survival following cavopulmonary şant: With or without the Fontan procedure. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16:111-6.
8. Murthy KS, Coelho R, Naik SK, et al. Novel techniques of bidirectional Glenn shunt without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1999;67:1771-4.
9. Norwood WI, Jacobs ML. Fontan's procedure in two stages. *Am J Surg* 1993;166:548-51.
10. Mainwaring RD, Lamberti JJ, Uzark K, et al. Bidirectional Glenn. Is accessory pulmonary blood flow good or bad? *Circulation* 1995;92:294-7.
11. Henry JCM, Van de WAL, Ouknine R, et al. Bi-directional cavopulmonary shunt: Is accessory pulsatile flow, good or bad? *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16:104-10.
12. Doff B, Reddy VM, Tworetzky W, et al. Incidence and implications of systemic to pulmonary collaterals after bidirectional cavopulmonary anastomosis. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1222-8.
13. Kobayashi J, Matsuda H, Nakano S. Hemodynamic effects of bidirectional cavopulmonary shunt with pulsatile pulmonary flow. *Circulation* 1991;3:219-25.
14. Mendelson AM, Bove RL, Lupinetti FM. Central pulmonary artery growth patterns after bi-directional Glenn procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:1284-90.
15. Reddy VM, Mc Elhinney DB, Moore P. Pulmonary artery growth after bidirectional cavopulmonary shunt: Is there a cause for concern? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112:1180-92.
16. Freedom RM, Nykanen D, Benson LN. The physiology of the bi-directional cavopulmonary connection. *Ann Thorac Surg* 1998;66:664-7.
17. Triedman JK, Bridges ND, Mayer JE. Prevalance and risc factors for aortopulmonary collateral vessels after Fontan and bi-directional Glenn procedure. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:207-15.
18. Mc Faul RC, Tajik AJ, Mair DD. Development of pulmonary arterio-venous shunts after superior vena cava-right pulmonary artery (Glenn anastomosis). *Circulation* 1977;7:274-83.
19. Ichikawa H, Yagihara T, Kshimoto H. Extent of aortopulmonary collateral blood flow as risc factor for Fontan operations. *Ann Thorac Surg* 1995;59:433-7.
20. Mc Elhinney DB, Marieneschi SM, Reddy VM. Additional pulmonary blood flow with the bi-directional Glenn anastomosis: Does it make a difference ? *Ann Thorac Surg* 1998;66:668-72.
21. Hawkins JA, Shaddy RE, Day RW, et al. Mid-term results after bidirectional cavo-pulmonary shunts. *Ann Thorac Surg* 1993;56:833-7.