

# CRYOLİFE-ROSS KAPAKLI KONDUİTLERİNİN 34 OLGUDAKİ ERKEN VE ORTA DÖNEM SONUÇLARI

## EARLY AND MIDTERM RESULTS OF CRYOLİFE-ROSS PULMONARY XENOGRAFTS IN 34 CONSECUTIVE PATIENTS

Dr. Ahmet Şükrü MERCAN, Dr. Atilla SEZGİN, \*Dr. Kürşad TOKEL, \*Dr. Arda SAYGILI, \*Dr. Birgül VARAN, \*\*Dr. Aşlı DÖNMEZ, Dr. Sait AŞLAMACI

Başkent Üniversitesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, ANKARA  
\*Başkent Üniversitesi Pediatrik Kardiyoloji Bölümü, ANKARA  
\*\*Başkent Üniversitesi Anestezi ve Reanimasyon Anabilim Dalı, ANKARA

Adres: Dr. A. Şükrü Mercan, Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Fevzi Çakmak Cad. 10. Sokak no: 45, 06490 Bahçelievler / ANKARA

### Özet

Xenograft pulmoner konduitler, homograft konduitlerin bulunma zorluğu olan koşullarda iyi bir alternatif olarak gözükmektedir. Bununla beraber yakın zamanda kullanılmaya başlanan pulmoner arter xenograftları ile ilgili literatürde fazla çalışma bulunmamaktadır.

Ocak 1999 - Ekim 2000 tarihleri arasında Başkent Üniversitesi Kalp Damar Cerrahisi Kliniği'nde açık kalp ameliyatı olan 34 olguda Cryolife-Ross pulmoner kapaklı konduit kullanılmıştır. Olguların yaş ortalaması  $8.0 \pm 6.6$  yıl (4 ay - 28 yıl), ağırlık ortalaması  $22.7 \pm 15.3$  kg (4.4 - 54 kg)'dır. Dört olgu korrekted transpozisyon, 5 olgu çift çıkımlı sağ ventrikül (DORV), 5 olgu Fallot tetralojisi, 9 olgu büyük arterlerin transpozisyonu, 2 olgu trunkus arteriosus, 5 olgu pulmoner atrezi, 2 olgu pulmoner kapak yokluğu, 1 olgu da Shone kompleksi tanıları almışlardır. Bir diğer olgu ise ventriküler septal defekt, pulmoner bantta infektif endokardit tanıları ile ameliyata alınmıştır. Ameliyatlarda aort klemp süresi  $105.0 \pm 37.0$  dk (34-196 dk), kardiyopulmoner bypass süresi ise  $163.1 \pm 70.1$  dk (62-390 dk) olarak bulunmuştur. Altı olguda total sirkuluar arreste girilmiştir. Ameliyat sonrası erken dönemde 6 olgu kaybedilmiştir. Bu olgulardan 3'ü pulmoner atrezi, 2'si trunkus arteriosus, 1'i ise Shone kompleksi tanısı alan olgulardır. Geç dönemde Brusella endokarditi gelişen bir DORV olgusu da kaybedilmiştir.

Konjenital kalp cerrahisinde konduit kullanımı birçok kompleks malformasyonlu olguya tam düzeltme ameliyatı şansı vermekle beraber, konduit replasmanına ihtiyaç göstermesi bakımından anomaliyi sonlandırıcı ameliyat özelliği taşımamaktadır. Xenograft ve homograft kullanım tercihleri de henüz kesin sınırlarla ayrılmış değildir. Çalışma grubumuzdaki 34 olguda xenograft disfonksiyonu ameliyat sonrası erken dönemde görülmemiş, geç dönem sonuçları için ise olgular izleme alınmışlardır.

Anahtar kelimeler: Ksenograft, homograft, pulmoner konduit, konjenital kalp cerrahisi

### Summary

Newly used pulmonary xenografts seem to be good alternatives for homograft conduits, although in the literature there are only a few studies for early and late results of these xenografts. In Başkent University Hospital, from January 1999 to October 2000, 34 patients underwent open heart surgery for

Cryolife-Ross xenograft valved conduit implantation. The mean age and weight of the patients were  $8.0 \pm 6.6$  years old (4 months - 28 years old), and  $22.7 \pm 15.3$  kg (4.4-54 kg), respectively. The diagnoses were corrected transposition of great arteries in 4 patients, double outlet right ventricle in 5 patients, tetralogy of Fallot in 5 patients, transposition of great arteries in 9 patients, truncus arteriosus in 2 patients, pulmonary atresia in 5 patients, absence of pulmonary valve in 2 patients, and Shone complex in 1 patient. The last patient had ventricular septal defect with vegetations in the pulmonary artery at the previous pulmonary banding site. The mean aortic cross clamp time was  $105.0 \pm 37.0$  min (range, 34 to 196 min), and the mean cardiopulmonary bypass time was  $163.1 \pm 70.1$  min (range 62 to 390 min). In 6 patients circulatory arrest was used. In the early postoperative period 6 patients died; 3 of them had pulmonary atresia, 2 patients had truncus arteriosus, and one patient had Shone complex. In the intermediate postoperative period one patient who had double outlet right ventricle repair died because of Brusella endocarditis. In congenital heart surgery, the use of valved conduits permits repair of complex congenital heart malformations but conduit dysfunction brings the necessity to replace them for a certain period of time. There was early dysfunction among these 34 patients and they have been followed for the long term results.

Keywords: Xenograft, homograft, pulmonary conduit, congenital cardiac surgery

### Giriş

Konjenital kalp cerrahisinde konduit kullanımı 1966 yılında başlamış ve o zamana kadar palyatif müdahaleler dışında ameliyat şansı olmayan birçok kompleks malformasyonlu olgu başarı ile ameliyat edilmiştir [1]. Konduitlerin belirli süre sonunda değiştirilme ihtiyaçlarının olması günümüzde de çözülemeyen sorundur. Konduit kullanımı 1966 yılında antibiotikli solüsyon ile taze hazırlanmış homograft ile başlamış, daha sonraki yıllarda ışınlanarak kriyopreserve edilmiş homograftlar kullanılmış, sonuçların yeterli olmaması üzerine porcine xenograftlar kullanılmıştır. Günümüzde ise antibiotikli solüsyon ile taze hazırlanmış homograftlar ve kriyopreserve edilmiş homograftlar daha çok kullanılmaktadır [2,3]. Homograft alternatifi ise glutealdehit ile korunmuş pulmoner xenograftlardır [3]. Literatürde homograftların xenograftlara karşı dejenerasyon açısından belirgin üstünlüğü olmasına rağmen, belirtilen xenograftlar genel olarak dacron tüp grefte implante edilen xenograft kapaktan meydana gelen

xenogreft konduitlerdir [4]. Bu çalışmada kullanılan xenogreftler ise gluteraldehit ile korunan porcine pulmoner arterlerdir. Kliniğimizde 1999 yılı başında homogreftlerin ülkemizde bulunma sıkıntısı da gözönüne alınarak konduit takılma ihtimali olan olgulara klinik takip ve palyatif müdahale yerine bulunabilirse xenogreft, homogreftin bulunmadığı koşullarda ise xenogreft kapaklı konduit takılarak tam düzeltme ameliyatları yapılmasına karar verilmiştir. Bu karar neticesinde yapılan ameliyatlara ait sonuçların bir kısmı daha önce yayınlanmış [5], bu çalışmada ise Cryolife-Ross xenogrefti kullanılan 34 olgunun ameliyat sonrası erken ve orta dönem sonuçları incelenmiştir.

## Materyal ve Metod

Ocak 1999 - Ekim 2000 tarihleri arasında hastaneye ilk defa başvuran veya daha önceden klinik izleme alınmış toplam 34 olgu ameliyata alınarak Cryolife-Ross porcine kapaklı konduitleri kullanılmıştır. Olguların 16'sı kız, 18'i erkektir. Yaş ortalaması  $8.0 \pm 6.6$  yıl (4 ay-28 yıl), vücut ağırlık ortalaması  $22.7 \pm 15.3$  kg (4.4-54 kg)'dır. Dört olguda korrekted transpozisyon (cTGA) (Tablo 1), 5 olguda çift çıkımlı sağ ventrikül (DORV) (Tablo 2), 5 olguda fallot tetralojisi (TOF) (Tablo 3), 9 olguda büyük arterlerin transpozisyonu (TGA) (Tablo 4), 5 olguda pulmoner atrezi (PA) (Tablo 5), 2 olguda trunkus arteriosus (TA), 2 olguda pulmoner kapak yokluğu, 1 olguya da Shone kompleksi tanısı konmuştur; bir olgu ise ventriküler septal defekt (VSD) ve infektif endokardit tanıları ile ameliyata alınmıştır (Tablo 6).

Olgu	Yaş (yıl)	Ek anomali	Geçirilmiş op.	Konduit no.
1	20	ASD,PS		17 mm
2	10	PS		15 mm
3	28	ASD,PS	Valvotomi	21 mm
4	7	VSD,PS		15 mm

Tablo 1: Corrected TGA'lı 4 olgu

ASD= atrial septal defekt; PS= pulmoner stenoz; VSD= ventriküler septal defekt

Olgu	Yaş (yıl)	Ek anomali	Geçirilmiş op.	Konduit no.
1	6	Remote VSD,PS		15 mm
2	8	SIDX,VSD,PS (side-by-side ilişki)		13 mm
3	7	VSD,PS	Sol BT shunt RVOTR	15 mm
4	7	VSD,PS koroner anomali	RVOTR	15 mm
5	14	VSD,PS	Sağ-sol BT shuntlar Median sternotomi ile explorasyon	19 mm

Tablo 2: DORV tanısı alan 5 olgu

VSD= ventriküler septal defekt; PS= pulmoner stenoz; SIDX= situs inversus dextrokardi; BT= blalock-taussing shunt; RVOTR= sağ ventrikül çıkım yolu rekonstrüksiyonu

Olgu	Yaş (yıl)	Ek anomali	Geçirilmiş op.	Konduit no.
1	2,5	LAD RVOT'i		13 mm
2	8	LAD RVOT'i	Sol BT	15 mm
3	17	LAD RVOT'i	Rekanstrüksiyon	19 mm
4	4	LAD RVOT'i	Median sternotomi ile explorasyon	15 mm
5	10/12	PY	TOF tam düzeltme	13 mm

Tablo 3: Fallot Tetralojisi'li 5 olgu

LAD=sol anterior descendan koroner arter; BT=blalock-taussing shunt; RVOT=sağ ventrikül çıkım yolu; RVOTR= sağ ventrikül akım yolu rekanstrüksiyonu

Olgu	Yaş (yıl)	Ek anomali	Geçirilmiş op.	Konduit no.
1	5	VSD,PS	Pulm.Valvotomi	15 mm
2	7	VSD,PS, Sol juxtapoziyon		19 mm
3	1,5	VSD,PS	Sol BT	13 mm
4	6	Remote VSD,PS Sol juxtapoziyon		15 mm
5	4,5	VSD,PS	Sol BT	13 mm
6	8	Restriktif VSD,PS		17 mm
7	3,5	VSD,PS, Side-by-side ilişki		15 mm
8	15	Residüel VSD, Konduit stenozu	Rastelli	19 mm
9	7	Restriktif VSD,PS	Sağ BT+BH septektomi	15 mm

Tablo 4: TGA'lı 9 olgu

VSD=ventriküler septal defekt; PS=pulmoner stenoz; BT=blalock-taussing shunt; BH=blalock-hanlon

Olgu	Yaş (yıl)	Ek anomali	Geçirilmiş op.	Konduit no.
1	16	VSD	Sağ-sol BT. Median sternotomi ile explorasyon	17 mm
2	9	VSD	Sol BT shunt	19 mm
3	4	VSD,PDA	Sağ BT shunt	15 mm
4	4,5	Ebstein,cTGA,VSD		15 mm
5	2,5	VSD	Sağ-sol unifokalizasyon	15 mm

Tablo 5: Pulmoner Atrezi'li 5 olgu

VSD=ventriküler septal defekt; BT=blalock-taussing shunt; PDA=patent ductus arteriosus; cTGA= korrekted transpozisyon

## Ameliyatlarda aort klemp süresi ortalama $105.0 \pm 37.0$ dk

Olgu	Yaş (yıl)	Ek anomali	Geçirilmiş op.	Konduit no.
1.Truncus arteriosus	5 / 12	VSD		11 mm
2.Truncus arteriosus	4 / 12	VSD		13 mm
3.Pulmoner kapak yokluğu	17		VSD kapatılması	19 mm
4.Pulmoner kapak yokluğu	20		VSD kap.PS gideril	21 mm
5.Shone kompleksi	6 / 12			13 mm
6.Infektif endokardit	3	Çift VSD	Pulm. Band (iki defa)	19 mm

Tablo 6: Diğer 6 olgu

VSD= ventriküler septal defekt; PS= pulmoner stenoz

(34-196 dk), kardiyopulmoner bypass (CPB) süresi ise ortalama  $163.1 \pm 70.1$  dk (62-390 dk)'dır. Altı olguda total sirkulatuvar arreste (TSA) girilmiş olup, TSA süresi ortalama  $19.8 \pm 12.3$  dk (8-35 dk)'dır. Olgularda kullanılan konduit seçimi olgu ağırlığı ve vücut yüzeyine göre belirlenmiş [6], toraksa sığabilecek ve pulmoner arteri deforme etmeyecek en büyük numaralı konduit kullanılmıştır. Beş olguda (2 cTGA, 2 TGA, 1 PA) xenogreft konduit, Hemashield tubuler greft ile devamlılık sağlayacak şekilde pulmoner ventriküle anastomoz edilmiş, bu sayede konduit kapağı mümkün olduğunca sternum basısından uzak tutulmaya çalışılmıştır. Morfolojik sağ ventrikül ile pulmoner arter arasında konan konduitlerin sağ ventrikül anastomozu ise outlet septuma yapılarak konduit ventrikül yüzeyine bir miktar gömülmüş ve sternum basısı engellenmeye çalışılmıştır. Konduitlerin ventriküler anastomozlarının anteriorunda otojen perikard, porcine perikard ve bovine perikard kullanılarak anastomoz tamamlanmıştır. İki olguda (1 TGA, 1 DORV) remote VSD uzakta olduğu için, sol ventrikül tübüler Hemashield greft ile aorta ağızlaştırılmıştır. DORV'lu bir olguya ameliyat sonrası birinci günde yapılan anjiyografide daha önce BT shunt yapılan sağ pulmoner arterdeki deformasyonun yeterince giderilemediği görülmüş ve tekrar ameliyata alınarak sağ pulmoner arter genişletilmiştir. cTGA, DORV ve TOF olgularında nativ pulmoner ventrikül çıkım yolu da olabildiğince genişletilmiş, böylece pulmoner akım konduit ile beraber iki yoldan sağlanmıştır.

## Sonuçlar

Ameliyat sonrası erken dönemde 6 (%17.6) olgu kaybedilmiştir. Bunlardan 3'ü pulmoner atrezi, 2'si trunkus arteriosus, 1'i ise Shone kompleksi tanısı alan olgulardır. Kaybedilen PA'lı olgulardan ilki önce sağ-sol unifokalizasyon, daha sonra tam düzeltme yapılan olgu olup, CPB sonrası pulmoner arter basıncı sistemik düzeyde ölçülmüş, sağ ve sol pulmoner hilus seviyelerindeki basınç ölçümleri de supra sistemik düzeyde ölçülünce olguda intraparenkimal pulmoner vasküler yapının yetersiz olduğu düşünülmüştür. İkinci olgu cTGA morfolojisinde ve sol atrioventriküler kapakta Ebstein anomalisi olan olguydu, ameliyat sonrası birinci günde cerebrovasküler olay nedeni ile kaybedilmiştir. Üçüncü olgu ise 16 yaşında, daha önce sağ ve sol Blalock-Taussing Shunt yapılan ve median sternotomi ile eksplore edilen ancak, uzun süreli hipokside yaşayan olguydu, bu olguda da pulmoner vasküler yatağının yetersiz olduğu ve kardiyak fonksiyonun uzun süreli hipoksi nedeni ile bozulduğu düşünülmüştür. Trunkus arteriosuslu bu iki olgu hastaneye geç başvurma nedeniyle geç dönemde ameliyat edilebildiklerinden pulmoner hipertansif kriz nedeni ile kaybedilmişlerdir. Orta dönemde de (ameliyat sonrası 8. ayda) Brusella endokarditi gelişen bir DORV olgusu, ventrikül içindeki verrüler sebebi ile ameliyata alınmadan kaybedilmiştir. Bütün olgulara taburcu olmadan ameliyatın 7-10. gününde yapılan ekokardiyografik kontrollerde pulmoner çıkım yolunda ortalama  $13.8 \pm 9$  mm mm Hg gradiyent ölçülmüş, 5 olguda ise 25 mm Hg üzerinde gradiyent bulunmuştur.

Ortalama  $13.3 \pm 7.6$  (2-24 ay) aylık izlem sonunda yapılan kontrol ekokardiyografik ölçümlerde ise pulmoner çıkım yolunda ortalama gradiyent  $18.7 \pm 8.6$  mm Hg olarak bulunmuş, 9 olguda da gradiyent 25 mm Hg üzerinde ölçülmüştür. Bir olguda 1. derece, 4 olguda minimal düzeyde pulmoner yetmezlik saptanmış, bir olgu dışında neointimal proliferasyonu düşündürecek bulgu saptanmamıştır.

## Tartışma

Konjenital kalp cerrahisinde ekstrakardiyak kapaklı konduit kullanımı 1966 yılında başlamış ve o zamandan beri birçok klinikte konduit hazırlanması, kullanımı, korunması ve değişim teknikleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır [7-11]. Cerrahi sonuçlar konduitlerin sonlandırıcı ameliyatlarda belirli bir süre sonra fonksiyon bozukluğundan dolayı değiştirilmeleri gerektiğini göstermiştir. Tarihsel gelişim içinde ilk olarak antibiyotikli koruma solüsyonu içinde taze hazırlanmış homogreftler kullanılmış, daha sonra ışınlanarak kriyopresipite edilen homogreftler ve porcine xenogreftler kullanılmıştır. Günümüz koşullarında ise kriyopreserve edilen homogreftler, antibiyotikli koruma solüsyonu ile taze hazırlanmış homogreftler, homogreft bulunmasının sorun olduğu durumlarda ise gluteraldehit ile korunan xenogreftler kullanılmaktadır. Yapılan birçok çalışmada homogreftler xenogreftlere göre uzun dönem takiplerinde belirgin üstünlük sağlamışlardır [2,3,12,13]. Çalışmalar incelendiğinde ise xenogreft'lerin dacron tüp greft içine implante edilmiş xenogreft kapaklardan oluştuğu görülmektedir. Dacron tüpte oluşan neointima konduit obstrüksiyonlarının başlıca sebeplerindedir [4,14]. Kliniğimizde yapılan çalışmada kullanılan xenogreft konduitler porcine pulmoner arterlerinin bütün olarak çıkartılıp kullanılması şeklindedir. Literatürde

uzun dönem sonuçları ile ilgili çalışmaya rastlanılamamış, sadece kısa dönem sonuçları ile ilgili çalışmalar vardır [3,5]. Dittrich ve arkadaşlarının [3] yaptığı çalışmada porcine xenogreftler ile homogreftlerin pulmoner arter pozisyonundaki kısa süreli takiplerinde birinci yıl sonunda xenogreftlerde reoperasyon oranı %23, homogreftlerde ise %7 olarak bulunmuştur (istatistiksel olarak anlamlı değil), transkateter girişimde ise bu oran %16 ve %0'dır (istatistiksel olarak anlamlı). Bizim çalışmamızda ortalama izlem süresi bir yılı aşmasına rağmen 39 mm Hg üzerinde gradiyent saptanmamıştır. Bu gradiyentte uzak VSD'li bir olgudaki ameliyat sonrası erken dönem bulgusudur. Dittrich ve arkadaşlarının [3] yaptığı çalışmadaki bir başka gözlem ise xenogreftlerde stenoz distal anastomozda neointimal proliferasyon şeklinde olmasına rağmen, homogreftlerde stenoz kalsifikasyon ve kapak dejenerasyonu şeklindedir, bu farklı stenoz yerlerinin immunité ile ilgili olabileceği belirtilmiştir. Kliniğimizde yapılan çalışmada ise neointimal gelişme bir olguda dikkati çekmiştir. Klinik deneyimimizde darlığın daha çok distal anastomoz bölgesine denk düştüğü görülmüş, ancak izlemdeki gradiyent artışı istatistiksel önem oluşturmayacak düzeyde kalmıştır.

Konduit kullanımının uzun takiplerinde konduit yapısının önemi kadar ameliyat tekniği de önemlidir. Konduit büyüklüğü hakkındaki cerrahi genel düşünce olgulara toraks boşluğuna sığabilecek en büyük boy konduit koymak, bu sayede konduit stenozunu geciktirmek ve olgular büyüdükçe konduitlere bağlı yetersizliğinin önüne geçmektir. Bizim olgu grubunda da aynı protokolü uygulamamıza rağmen, bu konuda yapılan bir çalışmada olguya göre büyük numaralı konduitlerin distal anastomozunun pulmoner arteri deforme etme riski oluşturduğu belirtilmiştir [4], boyu ve distal anastomoz açısı iyi ayarlanmış bir konduit ile bu problemin minimal olacağını düşünmekteyiz. Sternum basısı da konduitlerin erken stenozuna yol açan faktörlerden biridir. Sternumun özellikle kapağa olan basısını engellemek için kapak ile ventrikül arasına sentetik bir tüp greft konmuş, böylece kapak olabildiğince distal anastomozu yakın hale getirilmiştir [13]; bununla ilgili yapılan çalışmalarda ise eklenen sentetik tüp grefte oluşan neointimanın erken stenozu yol açabileceği belirtilmiştir [14]. Olgu grubumuzda, 2 cTGA, 2 TGA ve 1 PA dan oluşan 5 olguda xenogreft kapağını sternum basısından korumak için Hemashield tübüler greft yardımı ile distal anastomozu yakın hale getirilmiş, daha sonraki olgularda ise bu teknik kullanılmamıştır. Konduit pulmoner ventrikülün serbest duvarının iç yüzeyine yakın anastomoz edilmeye başlanmıştır. Pulmoner ventrikül sağ ventrikül morfolojisindeyse konduit outlet septuma anastomoz edilmiş, böylece sternum basısı engellenmeye çalışılmıştır.

TOF, DORV, cTGA gibi konduit konan ve ventrikülün nativ yolla da pulmoner sistemle ilgili olduğu olgularda nativ pulmoner çıkım yolu da olabildiğince serbestleştirilmeye çalışılmış, böylece bu olgularda pulmoner ventrikül ile pulmoner sistem arasında çift lümenli ilişki sağlanmıştır. Bu işlem sonrasında konduit stenozu sebebi ile reoperasyona kadar geçen sürenin uzayacağı düşünülmektedir, bu amaçla olgular izlem altına alınmışlardır.

Sonuç olarak xenogreft pulmoner kapaklı konduitler homogreftin kısıtlı bulunduğu durumlarda iyi bir alternatif olarak gözükmektedir. Olguları homogreft konduit için klinik izleme alıp paliyatif müdahalelerin mortalite ve morbiditesi ile karşı karşıya bırakmak veya kronik hipokside takip etmek yerine xenogreft konduit kullanıp, reoperasyonda homogreft şansını değerlendirmek daha uygun gözükmektedir.

## Kaynaklar

1. Ross DR, Somerville J. Correction of pulmonay atresia with a homogreft aortic valve. *Lancet* 1966;2:1446-7.
2. Stark J. The use of valved conduits in pediatric cardiac surgery. *Pediatr Cardiol* 1998;19:282-8.
3. Dittrich S, Alexi-Meskishvili VV, Yankah AC, et al. Comparison of porcine xenogrefts and homogrefts for pulmonary valve replacement in children. *Ann Thorac Surg* 2000;70:717-22.
4. Boyce SW, Turley K, Yee ES, et al. The fate of the 12 mm porcine valved conduit from the right ventricle to the pulmonary artery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;95:201-7.
5. Mercan S, Sezgin A, Gültekin B, et al. Xenogreft and homogreft transplantation in cardiac surgery at Baskent University hospital. *Transplantation Proceedings* 2000;32:1-2.
6. Haycock GB, Schwartz GJ, Wisotsky DH. Geometric method for measuring body surface area: A height-weight formula validated in infants, children and adults. *J Pediatr* 1978;93:62-6.
7. Baskett RJ, Ross DB, Nanton MA, et al. Factors in the early failure of cryopreserved homogreft pulmonary valves in children: Preserved immunogenicity. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112:1170-9.
8. Gerosa G, McKay R, Ross DN. Replacement of the aortic valve or root with a pulmonary autogreft in children. *Ann Thorac Surg* 1991;51:424-9.
9. Weerasena N, Lockie KJ, Butterfield M, et al. The hydrodynamic function and leaflet hemodynamics of aortic and pulmonary roots and valves: An in vitro study. *Eur J Cardiothorac Surg* 1992;9:350-6.
10. Fontan F, Choussat A, Deville C, et al. Aortic valve homogrefts in the surgical treatment of complex cardiac malformations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;87:649-57.
11. Cerfolio RJ, Danielson GK, Warnes CA, et al. Results of an autologous tissue reconstruction for replacement of obstructed extracardiac conduits. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:1359-68.
12. Sano S, Karl TR, Mee RBB. Extracardiac valved conduits in the pulmonary circuit. *Ann Thorac Surg* 1991;52:285-90.
13. Hawkins JA, Bailey WW, Dillon T, et al. Midterm results with cryopreserved allogreft valved conduits from the right ventricle to the pulmonary arteries.
14. Kobayashi J, Backer CL, Zales VR, et al. Failure of the Hemashield extension in right ventricle-to-pulmonary artery conduits. *Ann Thorac Surg* 1993;56:277-81.