

Ekokardiyografik Olarak Ölçülen Pulmoner Arter Çaplarının Fallot Tetralojisinin Tüm Düzeltmesindeki Yeri

Prof. Dr. Muhsin SARAÇLAR, Prof. Dr. Süheyla ÖZKUTLU, Y. Doç. Dr. Ergün ÇİL, Dr. Sevim ÇİÇEK, Doç. Dr. Metin DEMİRCİN, Prof. Dr. A. Yüksel BOZER

Hacettepe Üniv. Tıp Fakültesi Pediatrik Kardiyoloji Ünitesi ve Toraks-Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET

Fallot tetralojisinde, pulmoner arter çaplarının küçük olduğu durumlarda, tüm düzeltme ameliyatından sonra sağ ventrikül basıncının yükseldiği ve düşük kalp debisine yol açabildiği bilinmektedir. Bu konuya açıklık getirebilmek amacıyla ekokardiyografik olarak ölçülen sağ ve sol pulmoner arter çaplarının toplamının diyafragma düzeyinde ölçülen inen aorta çapına bölünmesiyle elde edilen pulmoner arter indeksinin tüm düzeltme ameliyatının mortalitesine etkisi araştırıldı. Fallot tetralojili 120 hastanın pulmoner arter ve inen aorta çapları ekokardiyografik olarak ölçüldü. Ölüm nedeni kanama ve ventriküler fibrilasyon olarak kabul edilen üç hasta çalışmaya dahil edilmedi. Pulmoner arter indeksi 1.5 ve üzerinde olan 68 hastanın hepsi sağ kalırken (grup I), 1.5'in altında olan 49 hastanın ise altısı (% 12.2) erken dönemde düşük kalp debisi nedeniyle kaybedildi (grup II).

Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). Gerçi ikinci grupta indeks ölenler ve yaşayanlarda anlamlı farklı bulunmadıysa da, pulmoner arter indeksi 1.5'in altında olan Fallot tetralojili hastalarda tüm düzeltme yerine önce palyatif ameliyatların tercih edilmesinin uygun olacağı sonucuna varıldı.

Anahtar kelimeler: Fallot tetralojisi, ekokardiyografi, pulmoner arter çapları

Fallot tetralojisinin cerrahi tedavisinde 1945 yılında Blalock ve Taussig tarafından uygulanan şant ameliyatından bu yana sürekli gelişme mevcuttur.

Bir yandan ameliyat tekniğinde, diğer yandan cerrahi tedavi kriterlerinde gelişmeler olmuş ve bu şekilde hastane mortalitesi önemli ölçüde düşürülmüştür (1-3).

Alındığı tarih: 6 Nisan 1993
Yazışma adresi: Prof. Dr. Muhsin Saraçlar, Atatürk Bulvarı 158/20 06680-Ankara

Bununla birlikte bazı konularda halen tartışmalar sürmektedir. Bunlardan biri, pulmoner arter çaplarının tüm düzeltme ameliyatının mortalitesine etkisinin olup olmadığıdır. Bazı yazarlar pulmoner arter çaplarının küçük olduğu durumlarda ventriküler septal defektin (VSD) kapatılmasıyla tüm düzeltme sonrasında sağ ventrikül basıncının önemli ölçüde yükseldiği ve buna bağlı olarak kardiyak debinin düştüğü ve sağ kalp yetmezliği geliştiğini öne sürmekte iken (3-6), buna karşın bazı yazarlar tüm düzeltme ameliyatında pulmoner arter çaplarının engel teşkil etmeyeceğini savunmaktadırlar (7-9).

Bu konuya açıklık getirebilmek amacıyla ekokardiyografik olarak ölçülen sağ ve sol pulmoner arter çaplarının inen aorta çapına oranını bularak tüm düzeltme ameliyatının sonuçlarına etkisini araştırmayı amaçladık.

MATERYEL ve METOD

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatrik Kardiyoloji Ünitesi'nde 1988-1992 yılları arasında izlenen ve tüm düzeltme ameliyatına verilerek fakültemiz Toraks-Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'na ameliyat edilen 120 olgu çalışmaya alındı. Daha önce şant ameliyatı olanlar, atriyal septal defekt (ASD) dışında önemli ek anomali saptananlar, ekokardiyografik olarak pulmoner arter ve aorta çapları ölçülemeyenler, pulmoner atrezi veya pulmoner kapak yokluğu saptananlar ile sol ventrikül diyastol sonu çapı normalin % 66'sından düşük olanlar çalışmaya alınmadı (10).

Tanı öykü, fizik muayene, telekardiyografi, elektrokardiyografi, M-mode, iki boyutlu, Doppler ekokardiyografi, gerektiğinde uygulanan kalp kateterizasyonu ve anjiyokardiyografi ile konuldu. Ekokardiyografik incelemeler Toshiba Sonolayer S-SSH 60A ekokardiyografi cihazı ile yapıldı, 3.7 mHz, 5.0 mHz ve Doppler incelemeleri için 2.5 mHz transduserler kullanıldı.

Ekokardiyografik olarak sağ ve sol pulmoner arter ile inen aorta iç çapları ölçülerek milimetre cinsinden kaydedildi. Sağ ve sol pulmoner arter çapları genellikle subkostal kısa ekseninde, inen aorta ise diyafragma seviyesinde subkostal kısa ekseninde ölçüldü. Pulmoner arter ve çaplarının ölçümü başlama noktalarından birkaç mm distalden yapıldı (10-12). Şüpheli durumlarda kalp kateterizasyonu yapılarak bulgular anjiyografik ölçümlerle de karşılaştırılarak teyit edildi. Bulunan sağ ve sol pulmoner arter çapları toplanarak, diyafragma düzeyinde ölçülen inen aorta çapına bölündü ve elde edilen oran pulmoner arter indeksi olarak kabul edildi. Ekokardiyografi ile ölçülebilir sınırlarda (minimum 3 mm) pulmoner arterleri olan hastalar tüm düzeltme için ameliyata verildi.

Tüm düzeltme ameliyatına alınan hastalarda sistemik ve topikal hipotermi ve soğuk K⁺ kardiyoplejisi, median sternotomi ve aortik kanülasyon uygulandı. Sağ ventrikül çıkış yolu yaşa göre uygun bujimin geçmediği durumlarda infundibuler veya transanüler dış yama konarak genişletildi.

Pulmoner arter indeksi 1.5 ve üstünde olanlar grup I, 1.5'dan düşük bulunanlar grup II olarak ayrıldı ve birbirleri ile karşılaştırıldı. Ayrıca grup II'deki vakalar yaşayanlar ve eksitus olanlar şeklinde ayrılarak birbirleriyle karşılaştırıldı. Hastane mortalitesi olarak ameliyattan sonraki ilk bir aylık süre içindeki ölümler incelendi. İstatistiksel değerlendirmelerde Student-t testi ve Fisher'in Ki-kare testi kullanıldı.

BULGULAR

Belirlenen kriterlere uyan ve tüm düzeltme ameliyatı uygulanan 120 vaka çalışmaya alındı. Hastaların 72'si (% 59) erkek, 48'i (% 41) kız idi. Ameliyat sırasında hastaların yaşları 1 ile 14 yıl arasında değişmek olup ortalama 4.4±2.3 yıl (medyan: 3.5 yaş) idi. Vücut ağırlıkları ise 8.5 ile 35 kg arasında değişmekte olup ortalama 14.9±5.6 kg bulundu. Hastaların ekokardiyografik olarak ölçülen sağ pulmoner arter çapları ortalama 8.6±2.5 mm (dağılım: 4-18 mm), sol pulmoner arter çapları ortalama 8.4± 2.5

mm (dağılım: 4-19 mm), abdominal aorta çapları ise ortalama 11.1±3.0 mm (dağılım: 6-20 mm) bulundu. Sağ ve sol pulmoner arter çaplarının toplamının abdominal aorta çapına oranı (pulmoner arter indeksi) 71 hastada (% 59) 1.5 ve üstünde iken (grup I), 49 hastada (% 41) 1.5'in altında idi. Pulmoner arter indeksi ortalama 1.67±1.36 (dağılım: 1.0-2.8) olup medyan değer 1.75 idi.

Ameliyat sırasında 45 hastada (% 37.5) PFO, 26 hastada (% 21.6) ASD, dört hastada (% 3.3) PDA, üç hastada (% 2.5) koroner arter anomalisi (sol anterior desending arterin sağ koroner arterden çıkarak sağ ventrikül çıkış yolunu çaprazlaması), üç hastada (% 2.5) persistan sol superiyor vena kava bulunduğu görüldü.

Grup I ve grup II'yi oluşturan hastalar Tablo 1'de görüldüğü gibi yaş, cins, ağırlık ve dış yama gereksinimi yönünden karşılaştırılmış olup her iki grup arasında anlamlı farklılık saptanmadı. Grup II'deki vakalar, yaşayanlar ve eksitus olanlar şeklinde ayrılarak yapılan karşılaştırmada yaş, cins, ağırlık ve pulmoner arter indeksi yönünden anlamlı fark bulunmadı (Tablo 2).

Ameliyat sonrasında 9 hasta (% 7.5) kaybedildi. Ölüm nedenleri ve ölüm zamanları Tablo 3'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi ölümlerin altısı (% 67) kardiyak debi düşüklüğü, ikisi (% 22) postoperatif iyatrojenik kanama, biri ise (% 11) tedaviye cevapsız ventriküler fibrilasyona bağlı idi. İyatrojenik kanama ve ventriküler fibrilasyon nedeniyle görülen ölümlerin pulmoner arter çapları ile ilişkisi olmadığı düşünülerek bu üç hasta çalışmanın istatistiksel hesaplamalarına dahil edilmedi.

Tablo 1. Pulmoner arter indeksine göre hastaların sınıflandırılması

| | Yaş (yıl) | Cins | | | Ağırlık (kg) | Dış yama | Ölüm oranı |
|------------------|---------------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|------------|
| | | Erkek | Kız | Toplam | | | |
| Grup I > 1.5 | 4.3±2.1 (1.1-14) | 39 (% 57) | 29 (% 43) | 68 (% 58) | 14.55.9 (9-35) | 51 (% 75) | % 0 |
| Grup II < 1.5 | 4.4±2.5 (1-10) | 31 (% 63) | 18 (% 37) | 49 (% 42) | 13.84.2 (8.5-28) | 39 (% 80) | % 12.2 * |
| Toplam | 4.4±2.3 (1-14) | 70 (% 59) | 47 (% 41) | 117 (% 100) | 14.3±5.6 (8.5-35) | 90 (% 77) | % 7.5 |

* p < 0.05

Tablo 2. Pulmoner arter indeksi, 1.5'in altında olan hastaların prognoza göre sınıflandırılması

| | Yaş (yıl) | Cins | | | Ağırlık (kg) | Pulmoner arter indeksi |
|-----------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------------------------|
| | | Erkek | Kız | Toplam | | |
| Eksitus olanlar | 4.1±2.2 (1-7) | 3 (% 50) | 3 (% 50) | 6 (% 12) | 13.7±3.2 (8.5-15) | 1.15±0.13 (1±1.3) |
| Yaşayanlar | 4.6±2.6 (1.4-10) | 28 (% 65) | 15 (% 35) | 43 (% 88) | 13.9±4.4 (9-28) | 1.23±0.15 (1-1.4) |

* $p > 0.2$

Tablo 3. Eksitus olan hastaların ölüm nedenleri ve ölüm zamanları

| Vaka | Yaş (yıl) | Transanüler yama | Pulmoner arter indeksi | Postop. ölüm günü | Ölüm nedeni |
|------|-----------|------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 5 | + | 2 | 2 | İyatrojenik kanama |
| 2 | 11 | + | 1.8 | 21 | İyatrojenik kanama |
| 3 | 2.5 | + | 1 | 1 | Kardiyak debi düşüklüğü |
| 4 | 3 | - | 1 | 1 | Kardiyak debi düşüklüğü |
| 5 | 3 | + | 2.8 | 1 | Ventriküler fibrilasyon |
| 6 | 3 | + | 1.3 | 3 | Kardiyak debi düşüklüğü |
| 7 | 4 | + | 1.2 | 2 | Kardiyak debi düşüklüğü |
| 8 | 7 | + | 1.3 | 3 | Kardiyak debi düşüklüğü |
| 9 | 1 | + | 1.1 | 2 | Kardiyak debi düşüklüğü |

Birinci grubu oluşturan ve pulmoner arter indeksi 1.5 ve üstünde olan 68 hastanın hepsi yaşarken (% 0), ikinci grubu oluşturan ve çaplar oranı 1.5'in altında olan 49 hastanın ise 6'sı (% 12.2) kaybedildi. İki grup arasında hastane mortalitesi açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlendi ($p < 0.05$). Ancak pulmoner arter indeksi < 1.5 olan ikinci grupta ölenler ile yaşayanlardaki oranların dağılımı istatistiksel yönden anlamlı değildir ($t=1.21x$, $p < 0.20$).

TARTIŞMA

Fallot tetralojisinin mortalitesi cerrahi tedavisindeki son gelişmelerle giderek düşürülmüş ve bazı merkezlerde % 2'ye kadar ulaşılmıştır (1-3). Bununla birlikte mortaliteyi daha da düşürmek amacıyla cerrahi yöntem ve hasta seçiminde uyulması gereken kriterler konusunda tartışmalar devam etmektedir. Örneğin 1970'li yıllarda tüm düzeltme yaşı olarak 4-5 yaş ve üzeri kabul edilirken (13,14), günümüzde bu sınır bazı merkezlerde komplike olmayan vakalar için 6 ay ve hatta daha da aşağısına düşürülmüştür (1,8).

Fallot tetralojili hastaların tüm düzeltme ameliyatlarından sonra sık rastlanan ve korkulan komplikasyonlardan biri kardiyak debi düşüklüğüdür. Bunun önde gelen nedenlerinden biri sol ventrikül volümü-

nün yetersiz oluşudur. Fallot tetralojisinde sol ventrikül genellikle normale göre daha küçüktür (10). Sol ventrikül hacminin belli bir sınırın altında olduğu durumlarda tüm düzeltmenin düşük kardiyak debiye yol açacağı bildirilmiştir (15,16).

Daha önce bizim yaptığımız bir çalışmada, sol ventrikül diyastol sonu çapının normalin % 66'sından daha fazla olduğu durumlarda, tüm düzeltmenin başarısının diğerlerine göre daha yüksek olduğu gösterilmişti (10). Bu nedenle sol ventrikülün hacim olarak yetersizliğinin tüm düzeltmenin başarısını etkileyebileceği ve araştırmanın amacını saptırabileceği düşünüldüğü için sol ventrikül hacmi normalin % 66'sının altında olanlar çalışmaya alınmamıştır.

Kardiyak debi düşüklüğünün diğer nedenleri arasında infundibuler, valvüler ve pulmoner arterler düzeyindeki rezidüel darlıklara bağlı postoperatif sağ ventrikül basıncının yükselmesi ve bunun sonucunda gelişen kalp yetmezliği bulunmaktadır (17). Bu komplikasyondan kaçınmak ve mortaliteyi düşürmek amacıyla araştırmacılar, hasta seçiminde bazı kriterler geliştirmeyi ve bu kriterlere uymayan hastalara önce palyasyon ameliyatı uygulamayı denemektedirler. Bu nedenle araştırmacılar tüm düzeltme için pulmoner arterlerin uygun olup olmadığını preope-

ratif olarak saptamak amacıyla bazı yöntemler geliştirmişlerdir. Örneğin Blackstone ve ark. (18) anjiyografik olarak sağ ve sol pulmoner arter çaplarının toplamının diyafragma düzeyinde ölçülen abdominal aorta çapına bölünmesiyle elde edilen pulmoner arter indeksinin kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

Kirklin ve ark. (4) ise bu oranın 1.5'in üzerinde bulunduğu hastalarda iyi bir sağ ventrikül çıkış yolu rekonstrüksiyonu ile tüm düzeltme ameliyatından sonra ölçülen sağ ventrikül/sol ventrikül basınç oranlarının genellikle 0.7'nin altında kaldığını göstermişlerdir. Bununla birlikte bazı yazarlar ise pulmoner arter çaplarını tüm düzeltmeye engel olarak görmekte-dirler (7-9).

Bizim çalışmamızda ekokardiyografik olarak pulmoner arter çapları ölçülebilen ve tüm düzeltmeye verilen 120 hasta incelendi. Çalışmaya alınan 120 hastanın 9'u hastanede yattığı sırada, ameliyatı izleyen ilk bir ay içinde kaybedildi ve hastane mortalitesi % 7.5 olarak bulundu. Kaybedilen hastaların altısı (% 5) ilk üç gün içinde tedaviye refrakter kardiyak debi düşüklüğü nedeni ile eksitus oldu. Düşük kardiyak debi gelişen hastalarda en önemli neden sağ ventrikül ve pulmoner arter arasında rezidüel gradient kalmasıdır (17,18). Transanüler yama veya valvli kondüit kullanılmayan hastalarda kapak, anulus ve ana pulmoner arterin de rezidüel gradiente katkıda bulunduğu bildirilmektedir (18,19).

Bunların dışında sağ ve sol pulmoner arterlerin çaplarının düşük olması da rezidüel gradiente neden olarak düşük kardiyak debi sendromuna yol açabilmektedir (18,20). Tüm düzeltme yapılan bizim hastalarımızda ameliyat sırasında sağ ventrikül çıkış yolunun tam rekonstrüksiyonunun yapılması ve gerektiğinde yaşa göre uygun buji geçebilecek şekilde yama ile genişletilmesi nedeniyle ölümler sağ ventrikül çıkış yolundaki rezidüel darlıklara bağlanması muhtemeldir. Başka bir ölüm nedeni tespit edilemeyen bu hastalarda kardiyak debi düşüklüğünün pulmoner arter yatağının yetersiz olmasına bağlı olduğu düşünüldü.

Düşük kardiyak debi nedeni ile kaybedilen altı hastada da pulmoner arter indeksinin 1.0 ile 1.3 arasında değişmekte oluşu bu düşüncemizi desteklemektedir. İki hastada (% 1.6) ise ölüm nedeni iyatrojenik kanama idi. Geniş ve yaygın kollateralleri bulunan

bu hastaların her ikisi de ikişer kez revizyon ameliyatına alınmasına karşın kanamaları durdurulamadı ve kaybedildiler. Hastalardan biri (% 0.8) postoperatif birinci günde aniden ventriküler fibrilasyona girdi ve defibrilasyona cevap vermedi. İyatrojenik kanama ve ventriküler fibrilasyon nedenleri ile eksitus olan üç hasta genel mortalite kapsamına alınmış olmakla birlikte ölüm nedenlerinin pulmoner arter çapları ile ilgisi olmadığı düşünülerek oluşturulan hasta gruplarına alınmadılar.

Ekokardiyografik olarak elde ettiğimiz pulmoner arter indeksine göre hastalar iki gruba ayrılarak birbiri ile karşılaştırıldı. Her iki grup da yaş, cins, ağırlık ve dış yama ihtiyacı yönünden karşılaştırıldı ve benzer olduğu görüldü. Tablo 1'de görüldüğü gibi pulmoner arter indeksi 1.5 ve üzerindeki hastalardan oluşan grup I'de hiç ölüm görülmez iken (% 0), pulmoner arter indeksi 1.5'un altındaki hastalardan oluşan grup II'de düşük kardiyak debi nedeni ile altı hasta kaybedildi (% 12.2).

Grup II'deki vakalardan yaşayanlar ve eksitus olanlar, Tablo 2'de görüldüğü gibi ayrı ayrı değerlendirilip istatistiksel olarak karşılaştırıldıklarında pulmoner arter indeksi yönünden aralarında anlamlı fark bulunmadığı görüldü ($p < 0.05$). Bu sonuca göre grup II'deki vakaları, pulmoner arter indeksini kullanarak yaşayabilecekler ve eksitus olabilecekler şeklinde tekrar ayırmanın mümkün olmadığı söylenebilir. Bununla birlikte Tablo 1'de görüldüğü gibi grup I ve grup II'nin mortalite oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p < 0.05$). Buna dayanarak pulmoner arter indeksi 1.5'in altında olan vakaların düşük kardiyak debi yönünden riskli hastalar olabileceklerini söyleyebiliriz.

Sonuç olarak pulmoner arter indeksinin 1.5'in altında olduğu Fallot tetralojili hastalarda tüm düzeltme ameliyatının rizikosu 6/49 ile % 12.2 olan bu grupta önce palyatif ameliyatların tercih edilmesinin uygun olacağı düşünüldü.

KAYNAKLAR

1. Kirklin JW, Blackstone EH, Colvin EV, McConnell ME: Early primary correction of tetralogy of Fallot. Ann Thorac Surg 45:231, 1988
2. Presbitero P, Demarie D, Aruta E, et al: Results of total correction of tetralogy of Fallot performed in adults. Ann Thorac Surg 46:297, 1988

3. Sanchez HE, Cornish EM, Feng CS, et al: The surgical treatment of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 37:431, 1984
4. Kirklin JW, Blackstone EH, Pacifico AD, Kirklin JK, Bargeron Jr LM: Risk factors for early and late failure after repair of tetralogy of Fallot, and their neutralization. *Thorac Cardiovasc Surg* 32:208, 1984
5. Hammon Jr JW, Henry Jr CL, Merrill WH, Graham Jr TP, Bender Jr HW: Tetralogy of Fallot: Selective surgical management can minimize operative mortality. *Ann Thorac Surg* 40:280, 1985
6. Nakata S, Imai Y, Takanashi Y, et al: A new method for the quantitative standardization of cross-sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart diseases with decreased pulmonary blood flow. *J Thorac Cardiovasc Surg* 88:610, 1984
7. Groh MA, Meliones JN, Bove EL, et al: Repair of tetralogy of Fallot in infancy, effect of pulmonary artery size on outcome. *Circulation Suppl* 84:III-208, 1991
8. Jacobs ML: Early primary repair of tetralogy of Fallot (letter). *Ann Thorac Surg* 46:711, 1988
9. Gustafson RA, Murray GF, Warden HE, Hill RC, Rozar Jr GE: Early primary repair of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 45:235, 1988
10. Özkutlu S, Saraçlar M, Özme Ş, Yurdakul Y: Echocardiographic left ventricular size in the selection of surgical treatment in patients with tetralogy of Fallot. *Turkish J Pediatr* 29:187, 1987
11. Tinker DD, Nanda NC, Harris JP, Manning JA: Two-dimensional echocardiographic identification of pulmonary artery branch stenosis. *Am J Cardiol* 50:814, 1982
12. Saraçlar M, Özkutlu S, Özme Ş, et al: Surgical treatment in tetralogy of Fallot diagnosed by echocardiography. *Int J Cardiol* 37:329, 1992
13. Puga FJ, DuShane JW, McGoan DC: Treatment of tetralogy of Fallot in children less than 4 years of age. *J Thorac Cardiovasc Surg* 64:247, 1972
14. Chiariello L, Meyer J, Wukasch DC, Hallman GL, Cooley DA: Intracardiac repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 70:529, 1975
15. Jarmanaki JMM, Graham TP, Canet RV, Jewett PH: Left heart function in children with tetralogy of Fallot before and after palliative or corrective surgery. *Circulation* 46:478, 1972
16. Ebert PA, Sabiston DC Jr: Surgical management of the tetralogy of Fallot: Influence of previous systemic-pulmonary anastomosis on the results of open correction. *Ann Surg* 165:806, 1967
17. Goor DA, Smolinsky A, Mohr R, Caspi H, Shem-Tov A: The drop of residual right ventricular pressure 24 hours after conservative infundibulectomy in repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81:897, 1981
18. Blackstone EH, Kirklin JW, Bertranou EG, Labrosse CJ, Soto B, Bargeron LM: Preoperative prediction from cineangiograms of postrepair right ventricular pressure in tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 78:542, 1979
19. Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD: Decision-making in repair of tetralogy of Fallot based on intraoperative measurements of pulmonary arterial outflow tract. *J Thorac Cardiovasc Surg* 77:526, 1979
20. Alfieri O, Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD, Bargeron LM: Surgical treatment of tetralogy of Fallot with pulmonary atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 76:321, 1978