

# Radyonüklid Ventrikülografi ile Fallot Tetralojisi Olan Hastaların Sağ ve Sol Ventrikül Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi

Y. Doç. Dr. Belkıs ERBAŞ, Doç. Dr. İlhan PAŞAOĞLU, Prof. Dr. Şencan ÖZME,  
Prof. Dr. Coşkun F. BEKDİK, Prof. Dr. A. Yüksel BOZER

Hacettepe Üniv. Tıp Fak. Nükleer Tıp, Kalp-Damar Cerrahisi ve Pediatrik Kardiyoloji Anabilim Dalları, Ankara

## ÖZET

Ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi amacıyla Fallot tetralojisi tanısı almış pediatrik yaş grubundaki 16 siyanotik hastanın 10-15 mCi <sup>99m</sup>Tc ile işaretli eritrositler kullanılarak EKG-gated olarak radyonüklid ventrikülografi çalışması yapıldı. Sağ ve sol ventrikül fonksiyonları faz-amplitüd analizi ve zaman aktivite eğrisinin Fourier analizi yapılarak değerlendirildi. Ortalama sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF) %  $28 \pm 12$ , sol ventrikül EF'i %  $48.9 \pm 10$  olarak bulundu. % 50 hasta düşük sol ventrikül, % 80 hasta ise düşük sağ ventrikül EF'ine sahipti. Ayrıca sistolik ve diastolik fonksiyonlarla ilgili parametreler hesaplandı.

Sağ ventrikül 1/3 EF, 1/3 dolun fraksiyonu (FF), zirve ejeksiyon hızı (PER), 1/3 ejeksiyon hızı (ER), 1/3 dolun hızı (FR) değerleri normalden düşük idi ( $p < 0.005$ ). TPE (zirve ejeksiyon süresi)/TPF (zirve dolun süresi) ve PER/PFR oranları artmış idi ( $p < 0.05$ ). Sol ventrikül ise düşük 1/3 FF değerine sahipti ( $p < 0.5$ ). Sağ ventrikülün sistol süresi uzamış, sol ile sol ventrikül faz açısı farkı (ort:  $-20 \pm 12$ ) artmış ve sağ ventrikül faz histogramının standart deviasyonu genişlemişti. TPE/T değeri her iki ventrikül için de normalden yüksek iken TPF/T değerleri normal sınırlarda idi.

Elde edilen sonuçlarla, bu çalışmada kullanılan sistolik ve diastolik fonksiyon parametrelerinin sağ ve sol ventrikül fonksiyonlarının kantitatif olarak incelenmesinde faydalı olabileceği görüşüne varıldı.

**Anahtar kelimeler:** Fallot tetralojisi, radyonüklid ventrikülografi, ventrikül fonksiyonu

Konjenital kalp hastalıklarında kalp fonksiyonlarının noninvasif yöntemlerde incelenmesi hastaların klinik durumlarının belirlenmesi ve postoperatif takipleri için önem taşımaktadır.

Radyonüklid yöntemler, son yıllarda kısa yarı ömürlü radyofarmasötiklerin daha yaygın kullanılabilmesi ve bilgisayarlı gama kameraların gelişmesi ile kardiyolojik noninvasif yöntemler arasında daha sık kullanılır olmuştur. Sadece erişkinlerde değil, çocuklarda da güvenli kullanılabilecek kolay ve güvenilir metodlar geliştirilmiştir (1-3).

Konjenital kalp hastalıklarında işaretli eritrositler kullanılarak pre ve postoperatif dönemde radyonüklid ventrikülografi yöntemi ile ventrikül fonksiyonlarının kantitatif olarak değerlendirilmesi ve takibi mümkündür (4-6).

Bu çalışmada Fallot tetralojisi tanısı almış çocukların sağ ve sol ventrikül fonksiyonları çeşitli sistolik ve diastolik fonksiyon parametreleri kullanılarak incelenmiştir.

## MATERYEL ve METOD

Fallot tetralojisi tanısı almış ve preoperatif dönemde olan yaşları 3-8 arasında değişen 16 siyanotik hasta (10 erkek, 6 kız) çalışmaya alınmıştır. Otolog eritrositler i.v. olarak 10 mgr pirofosfat verilisinden 10-15 dakika sonra 10-15 mCi <sup>99m</sup>Tc-perteknetat enjekte edilerek in vivo yonteme göre işaretlendi. EKG-gated sintigrafik imajlar genel amaçlı, paralel delikli, düşük enerjili kolimator kullanılarak gama kamera (Toshiba 601 GCA) ile kaydedildi. Sırtüstü yatar pozisyonda anterior (ANT) ve interventriküler septumun en iyi

Alındığı tarih: 29 Kasım 1990

Yazışma adresi: Doç. Dr. İlhan Paşaoğlu, Hacettepe Üniv. Tıp Fak. Toraks, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, 06100- Sıhhiye-Ankara

görülebileceği sol anterior oblik (LAO) pozda gerekirse 10-15 derece kaudal eğim ile 64x64 matriksde görüntüler alındı. R-R süresi boyunca eş zamanlı 32 imaj total sayım 5 milyon count olacak şekilde kaydedildi. Çekim süresi verilen radyoaktivite miktarına bağlı olmak üzere 5-10 dakika sürdü.

Görüntülerin değerlendirilmesi kalitatif ve kantitatif olarak yapıldı. Kalitatif değerlendirme için sine modunda ANT ve LAO pozlar incelendi. Morfolojik olarak kalp boşlukları ve büyük damarlar, ventriküler kontraksiyonlar izlendi. Global veya bölgesel kontraksiyon bozukluğu varsa tesbit edildi.

Kantitasyon için faz-amplitüd analizi ve LAO pozda sol ve sağ ventrikülün zaman aktivite eğrisinin multi-harmonik Fourier analizi yapıldı. Faz-amplitüd analizi parametrik imajlar olarak elde edildi. Ayrıca sol ve sağ ventriküle ait bölgeler ROI (region of interest) ile belirlenerek bu bölgelere ait histogramlardan phase açısı ve phase histogramının standart deviasyonu hesaplandı.

Threshold (% .75) tekniği ile sol ve sağ ventrikül konturları semiotomatik olarak belirlendi ve background substraksiyon tekniği ile bir kalp siklusu boyunca zaman aktivite eğrileri elde edildi. Sol ve sağ ventriküle ait zaman aktivite eğrilerinin 3 harmonik kullanılarak Fourier analizi yapıldı. Yeni bulunan eğriden faydalanılarak her iki ventrikül için de ejeksiyon fraksiyonu, sistolik ve diastolik parametreler hesaplandı.

Ejeksiyon fraksiyonu (EF %), EFU % (sistolun ilk 100 milisn. süresindeki EF), sistolik ejeksiyon hızı (PER: peak ejection rate), 1/3 ER (sistolun ilk 1/3'ündeki ejeksiyon hızı), 1/3 EF (sistolun ilk 1/3'ündeki EF), diastolik dolun hızı (PER: peak filling rate), 1/3 FR (diastolun ilk 1/3'ündeki dolun hızı), 1/3 FF (diastolun ilk 1/3'ündeki dolun miktarı), sistol süresi (TES: time to peak endsystole), maksimum ejeksiyon zamanı (TPE: time to peak ejection), maksimum dolun zamanı (TPF: time to peak filling), TPE/T (T: bir kalp siklusu süresi), TPF/T, PER/PFR, TPE/TPF parametreleri kullanıldı.

Veriler ortalama değer ve standart deviasyon olarak kullanıldı. Korelasyon tespiti için basit regresyon analizi uygulandı. Eşler arası fark Wilcoxon testi ile analiz edildi. Normal değerler ile ortalama değerler arasındaki farkın önem kontrolü t-testi ile araştırıldı.

## BULGULAR

Çalışma sırasında hastaların ortalama kalp hızı  $118 \pm 22$  atım/dakika (78-170) idi. Ortalama fonksiyon parametreleri sağ ve sol ventrikül için Tablo 1'de verilmiştir.

### Ejeksiyon ve dolun fraksiyonları:

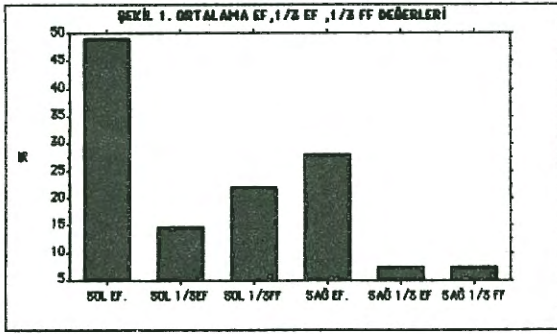
% 50 hastanın sol EF değeri alt sınır olarak kabul edilen % 50'nin altında idi (1-5 yaş grubunda normal

Tablo 1. Radyonüklid ventrikülografi ile hesaplanan sol ve sağ ventriküle ait fonksiyon parametrelerinin ortalama değerleri

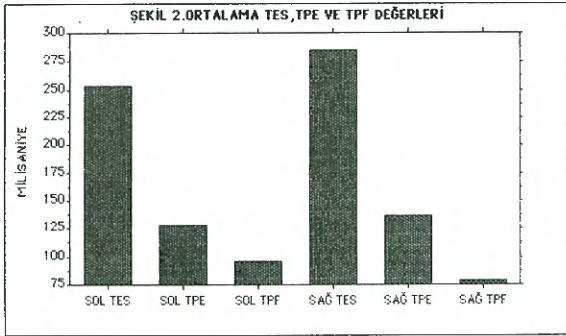
	Sağ Ventrikül	Sol Ventrikül
EF (%)	*28±11 (12-47)	*48.9±10 (28-67)
EFU (%)	*13.1±9.4 (1.5-30)	19±10 (1.8-48)
PER ( /sn)	*1.94±0.7 (0.6-3)	3±0.9 (2-4.5)
1/3 ER ( /sn)	*0.8±0.4 (0.18-1.2)	2±0.9 (0.2-3.6)
1/3 EF (%)	*7.3±3.3 (2.4-11.2)	14.89±6 (2.3-24)
PFR** ( /sn)	2.04±1.48 (0.3-4.3)	3.03±1.3 (1.1-6.2)
1/3 FR ( /sn)	*0.85±0.5 (0.13-1.92)	1.6±1 (0.5-4.17)
1/3 FF (%)	*7.5±4 (1.2-15.8)	*21.9±12 (0.6-46)
TPE/T	*27.3±9 (17.1-39.5)	*22.7±10 (6-43)
TPF/T**	15.7±4.9 (7.7-25.2)	18.5±6 (12.1-30.8)
TPE (msn)	136±43 (60-189)	127±76 (30-264)
TES (msn)	285±79 (193-469)	253±63 5156-388)
TPF** (msn)	79±27 (37-123)	96.4±30 (43.1-148)
Faz açısı	25.35±24 (-9+86)	5±19.5 (-21+67)
Faz S.D.	9.9±8 (2.5-39)	6.2±2.2 (3.3-12)
TPE/TPF	*1.92±1.1 (0.9-5)	1.28±0.7 (0.2-2.6)
PER/PFR**	*1.72±1.49 (0.5-5.1)	1.02±0.2 (0.6-1.4)

\* Normal değerlere göre fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0.05$  t-testi).

\*\* Sağ ve sol ventrikül arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız (Wilcoxon testi  $p > 0.05$ ).



Şekil 1. Ortalama EF, 1/3 EF ve 1/3 FF değerleri.



Şekil 2. Ortalama TES, TPE ve TPF değerleri.

değer %  $62 \pm 9$ , 5-10 yaş grubunda %  $69 \pm 8$ ). Sağ ventrikül EF'i ise hastaların % 80'inde alt sınırdan düşük idi (1-5 yaş grubunda  $53 \pm 7$ , 5-10 yaş grubunda %  $52 \pm 5$ ). Sol ve sağ ventrikül fonksiyonları arasında korelasyon mevcut değildir ( $r:0.025$   $p:0.9$ ). Aynı şekilde EFV değerleri de sol ile sağ ventrikül arasında anlamlı korelasyon göstermiyordu ( $r:0.4$   $p:0.17$ ).

Şekil 1'de EF, 1/3 EF ve 1/3 FF ortalama değerleri ve % 95 güvenlik sınırları izlenmektedir. Sol ventrikül 1/3 değeri normal değerden anlamlı farklılık göstermezken ( $p=0.06$ ), 1/3 FF değeri düşük idi ( $p<0.005$ ). Sağ ventrikül için ise her iki değer de normalden düşük bulundu ( $p<0.005$  ve  $p<0.01$ ).

**Sistolik ve diastolik zaman parametreleri:** Şekil 2'de TES, TPE ve TPF ortalama değerleri görülmektedir. Sağ ventrikül sistol süresi sola oranla belirgin ölçüde uzamış olarak izlenmektedir. TPE değeri de uzarken TPF değeri sola oranla kısalmıştır. Sağ ile sol TES arasındaki fark -39 ile 119 msn arasında değişmekte olup ortalama değer  $50 \pm 49$  idi. TPF farkı ise -110 ile +58 msn arasında (ort:  $-12 \pm 48$  msn), TPE farkı -30 ile +143 msn arasında (ort:  $42.7 \pm 56$  msn) arasında değişiyordu.

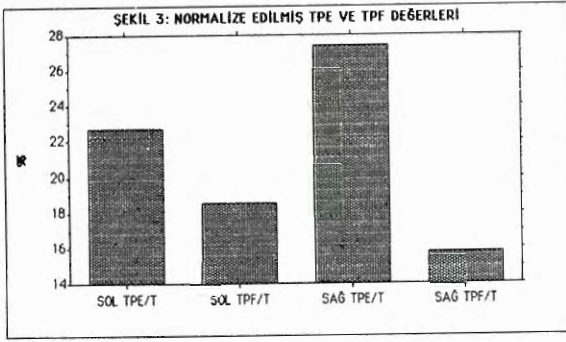
**Sistolik ejeksiyon ve diastolik dolun hızları:**

% 30 hastanın sol, % 60 hastanın ise sağ ventriküle ait PER değeri normal olarak kabul edilen 2.5/sn değerinin altında idi. PFR ise solda % 30 sağda ise % 50 düşük değer gösterdi. Sol ventrikülün 1/3 ER ve 1/3 FR değerleri normalden farklılık göstermedi ( $p=0.1$  ve  $p=0.9$ ). Sağ ventrikül için ise iki değer de düşük idi ( $p<0.05$  ve  $p<0.001$ ). Kullanılan parametrelerin kalp hızı ve ejeksiyon fraksiyonu ile gösterdikleri korelasyonlar Tablo 2'de verilmiştir. TES, PER ve 1/3 ER kalp hızı ile en yüksek korelasyonları göstermektedir. EFV, 1/3 EF, 1/3 ER, PFR, 1/3 FF ve 1/3 FR ise EF ile korele olarak iz-

Tablo 2. Sistolik ve diastolik fonksiyon parametrelerinin kalp hızı ve ejeksiyon fraksiyonu ile gösterdikleri korelasyon

	Kalp hızı		Ejeksiyon Fraksiyonu	
	Sağ Ventrikül	Sol Ventrikül	Sağ Ventrikül	Sol Ventrikül
EF	0.08	0.41		
TPE	0.28	0.56	0.07	-0.32
PER	0.54	0.60	0.87	0.74
EFV	0.42	0.16	0.84	0.51
TPE/T	0.11	-0.27	0.20	-0.04
1/3 EF	0.39	0.23	0.82	0.79
1/3 ER	0.64	0.57	0.70	0.71
TES	-0.73	-0.95	0.07	-0.11
TPF	0.39	-0.43	0.35	-0.25
PFR	0.33	0.42	0.88	0.72
TPF/T	0.21	0.04	0.64	-0.23
1/3 FF	-0.23	0.09	0.83	0.89
1/3 FR	0.40	0.38	0.8	0.74





Şekil 3. Normalize edilmiş TPE ve TPF değerleri.

lenmektedir. TPE/T ve TPF/T oranları ise kalp hızı ve EF ile korele gözükmemektedirler. Kalp hızına göre normalize edilmiş TPE/T değeri her iki ventrikül için de normale göre uzamış idi ( $p < 0.05$  ve  $p < 0.005$   $n = 16.96 \pm 3.6$ ). TPF/T değerleri ise normalden farklı değil idi ( $p = 0.6$  ve  $p = 0.1$   $n = 17.86 \pm 4.5$ ). Şekil 3'de ortalama değerleri izlenmektedir. TPE/TPF ve PER/PFR oranları sol ventrikül için normalden farklılık göstermiyordu ( $p = 0.1$  ve  $p = 0.2$ ). Sağ ventrikül için ise artmış olarak izleniyordu ( $p < 0.01$  ve  $p < 0.05$ ).

#### Faz amplitüd analizi:

Sağ ile sol ventrikül arasındaki faz açısı farkı  $-49$  ile  $0$  arasında değişim gösterdi (ort:  $-20 \pm 12$ ) ve bu değer normale göre artmış idi ( $p < 0.001$ ). Faz standart deviasyonu sağ ventrikülde genişlemişti.

#### TARTIŞMA

Bu çalışmada işaretli olog eritrositler kullanılarak radyonüklid ventrikülografi yöntemi ile sağ ve sol ventriküle ait fonksiyon parametreleri Fallot tetralojisi tanısı olan hastalarda incelenmiştir. Radyonüklid yöntemler noninvasif olması ve sonuçlarının diğer noninvasif metodlar ve kontrast ventrikülografi ile yüksek korelasyon göstermesi nedeniyle son yıllarda konjenital kalp hastalıklarında sık olarak kullanılmaktadır (8-10). Radyonüklid ventrikülografi ile ejeksiyon fraksiyonu ölçümü count prensibine dayalı volüm hesabı ile yapıldığı için normal geometrik patern göstermeyen sağ ventriküle ait ölçümlerde güvenle yapılabilir (11-13). Bu avantajından dolayı ana patolojinin sağ ventrikülde bulunduğu Fallot tetralojisi gibi durumlarda ventriküler fonksiyonların bu yöntemle değerlendirilmesi tanı ve takip amacıyla kullanılabilir (14-16).

Sağ ve sol ventriküle ait zaman aktivite eğrilerinin bilgisayar yardımı ile değerlendirilmeleri, faz ve amplitüd analizi ve multi-harmonic Fourier analizi ile sistolik ve diastolik parametreler hesaplanabilir (17, 18). Bu parametrelerin sensitivite ve spesifisiteyi artırdıkları bilinmektedir (19). İlk olarak Adam ve Bitter tarafından geliştirilerek kullanılan faz ve amplitüd analizi kontraksiyonların zaman ve amplitüd olarak homojen olup olmadığını parametrik imajlarla ifade eder. Bir kalp siklusu  $360^\circ$  olarak kabul edilerek ventrikül ve atriuma ait faz ve amplitüd histogramları da elde edilebilir. Ventriküler kontraksiyonun homojenliği ölçüsünde elde edilen histogramın standart deviasyonun küçülür. Deviasyonun artması kontraksiyon bozukluğu veya iletim bozukluğunu gösterir. Sol ventrikül için normal faz standart deviasyonu Botnitch (20) tarafından  $7.2 \pm 11$ , sağ ventrikül için ise  $8.8 \pm 11$  olarak bildirilmiştir. Itti (18) ise sol için bu değeri  $11 \pm 5$ , sağ için  $12 \pm 5$  olarak rapor etmiştir.

Sağ ventrikül daha geç kontraksiyon gösterir ve sağ ile sol ventrikül faz açıları arasında küçük bir fark vardır ( $1.9 \pm 0.6$ ). Bu farkın artması patolojiktir. Bu çalışmada izlenen sağ ventrikül ile sol ventrikül faz açısı arasındaki farkın artması ve sağ ventrikül standart deviasyonunun genişlemesi sağ ventrikülün performansının azaldığını vurgulamaktadır. Bu değerler hastaların postoperatif olarak takiplerinde kullanılabilir. Bozulmuş sağ ventrikül performansı artmış afterload'u veya intrinsik miyokardiyal fonksiyon bozukluğunu gösterir. Sağ ventrikül EF'i afterload'a bağlı olduğu için pulmoner arter sistolik basıncı veya pulmoner vasküler resistansın arttığı durumlarda bundan etkilenir. Daha az oranda olmak üzere ventrikül preload'ı ile ilişkilidir. Hasta grubumuzda % 80 düzeyinde düşük EF tesbit ettik. Sadece EF değil sistolik fonksiyon parametreleri olan 1/3 EF, PER, 1/3 ER değerleri de patolojik düzeylerdeydi. Sol ventrikülün de ejeksiyon fraksiyonu normalden düşük olmakla birlikte diğer sistolik parametreler düşük bulunmamıştır.

Sistolik ve diastolik zamansal parametreler kalp hızına bağımlılık gösterdikleri için bu değerlerin normalize edilerek kullanılmaları daha anlamlıdır. Bu çalışmada zirve ejeksiyon zamanı ve zirve dolun zamanının atım süresine oranları kullanıldı. Sağ ventrikül için sistol süresi uzamış ve diastolik periyod buna bağlı olarak kısalmış gibi görülmekle birlikte,

normalize edilmiş değerler ile zirve dolum süresinin normallerden farklılık göstermediği saptandı. Zirve ejeksiyon zamanı her iki ventrikül için de uzamış idi. Ejeksiyon hızı sistolik fonksiyon bozukluğu mevcut olduğunda düşer. Diastolik dolum hızı ise sistolik bozukluğun olmadığı durumlarda da spesifik olmamakla beraber sensitif olarak düşük bulunabilir. Koroner arter hastalıklarında, miyokardiyopatilerde, miyokardiyal hipertrofilere erken dönemde düşüş gösterir. Ancak ejeksiyon ve dolum hızları ile ejeksiyon fraksiyonu ve kalp hızı arasında pozitif bir korelasyon olduğu için kalp hızının yüksek olduğu durumlarda değerlendirilmesi sınırlı olabilir.

Özetle bu çalışmada Fallot tetralojili hastalarda sağ ventrikül sistolik fonksiyonları ile beraber diastolik fonksiyonlarının da bozulduğu, kontraksiyon süresinin uzadığı ve geciktiği saptanmıştır. Daha az oranda olmak üzere sol ventrikül sistolik ejeksiyon fraksiyonunda ve EF ile yüksek korelasyon gösteren 1/3 dolum fraksiyonunda düşüş izlenmiştir. Diğer erken sistolik fonksiyonları gösteren parametreler normal sınırlarda idi.

Bu ön çalışma sonucunda elde edilen deneyimle faz amplitüd analizi ve Fourier analizi ile hesaplanan sistolik ve diastolik parametrelerin noninvaziv olarak hastaların klinik durumlarının değerlendirilmesinde ve postoperatif takiplerinde kullanılabilceği görüşüne varılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Kuruc AR, Treves S: Pediatric cardiovascular nuclear medicine. In: Sottschalk A, Hoffer PB, Potchen EJ. (eds). Diagnostic Nuclear Medicine. Baltimore, William and Wilkins, 1988. p. 414
2. Brunotte F, Laurens MH, Marcon F, Cloez JL, Robert J, Pernot C: Current role of radionuclide imaging in pediatric cardiology. Arch Mal Coeur 80:470, 1987
3. Dilsizian V, Rocco TP, Bonow RO, Fischman AJ, Boucher CA, Strauss HW: Cardiac blood-pool imaging II: Applications in noncoronary heart disease. J Nucl Med 31:10, 1990
4. Harbert J: Congenital heart disease. In: Harbert J, Rocha AFG, (eds). Textbook of Nuclear Medicine. Clinical applications. Philadelphia, Lea and Febiger, 1984. p. 448
5. Schaffer MS, Gilday DL: Pediatric Cardiovascular Nuclear Medicine. In: Lyons KP. (eds). Cardiovascular Nuclear Medicine. Connecticut, Appleton and Lange, 1988. p. 239
6. Treves ST, Hurwitz R, Kuruc A, Strauss HW: In: Treves ST. (ed). Pediatric Nuclear Medicine. New York, Springer-Verlag, 1985. p. 145
7. Hurwitz RA, Treves S, Kuruc S: Right ventricular and left ventricular ejection fraction in pediatric patients with normal heart: First-pass radionuclide angiocardiology. Am Heart J 107:726, 1984
8. Baker EJ, Shubao C, Clarke SEM, Fogelman I, Maisey MH, Tynan M: Radionuclide measurement of right ventricular function in atrial septal defect, ventricular septal defect and complete transposition of the great arteries. Am J Cardiol 57:1142, 1986
9. Parrish MD, Boucek RJ, Burger J, Artman MF, Partain LC, Graham TP: Exercise radionuclide ventriculography in children: Normal values for exercise variables and right and left ventricular function. Br Heart J 54:509, 1985
10. Hurwitz RA, Caldwell RL, Mahony L, Girod DA, Wellman H: Role of radionuclide shunt studies in management of infants and children. Clin Nucl Med 11:781, 1986
11. Legrand V, Chevigne M, Foulon J, Rigo P: Evaluation of right ventricular function by gated blood-pool scintigraphy. J Nucl Med 24:886, 1983
12. Xue Q, Macnee W, Flenley DC, Hannan WJ, Adie CJ, Muir AL: Can right ventricular performance be assessed by equilibrium radionuclide ventriculography? Thorax 38:486, 1983
13. Martin W, Tweddel AC, McGhie I, Hutton I: Gated Xenon scans for right ventricular function. J Nucl Med 27:609, 1986
14. Zahka KG, Horneffer PJ, Rowe SA, et al: Long-term valvular function after total repair of tetralogy of Fallot. Circulation 78:14, 1988
15. Presbitero P, Demarie D, Aruto E, et al: Results of total correction of tetralogy of Fallot performed in adults. Ann Thorac Surg 46:297, 1988
16. Redington AN, Oldershaw PJ, Shinebourne EA, Rigby ML: A new technique for the assessment of pulmonary regurgitation and its application to the assessment of right ventricular function before and after repair of tetralogy of Fallot. Br Heart J 60:57, 1988
17. Morrison D, Marshall J, Wright AL, Daly M, Henry R: An improved method of right ventricular gated equilibrium blood-pool radionuclide ventriculography. Chest 82:607, 1982
18. Itti R, Casset D, Philippe L, Faucher JP, Cosnay P, Huguot R: Characterization of right or left ventricular contraction heterogeneity using Fourier phase analysis. Eur J Nucl Med 14:196, 1988
19. Hassan IM, Mohammed MMJ, Kouris K, Badrudoza M, Abdel-Dayem HM: Ventricular systolic and diastolic rate indices in patients with either normal or low resting left ventricular ejection fraction. Nucl Med Commun 10:669, 1989
20. Botnivick E, Frais MA, O'Connell W, et al: Phase image evaluation of patients with ventricular pre-excitation syndromes. J Am Coll Cardiol 3:799, 1986