

# Saf Restriktif Solunum Sorunu Olan Hastalarda Sol Ventrikül Diyastolik Doluşu ve Sağ Ventrikül Tutulumunun Ekokardiyografik Olarak İncelenmesi

Uz. Dr. Zehra GÖLBAŞI\*, Uz. Dr. Nurten AKYÜREK\*\*, Uz. Dr. Filiz KOCABEYOĞLU\*\*\*,  
Uz. Dr. Mustafa ESEN\*\*

\*Ankara Numune Hastanesi Kardiyoloji, \*\*İç Hastalıkları ve \*\*\* Göğüs Hastalıkları Klinikleri, Ankara

## ÖZET

Saf restriktif solunum sorunu (SRSS) olan hastalardaki sağ ventrikül değişiklikleri bugüne dek geniş olarak çalışılmamıştır. Bu çalışmada SRSS olan hastalarda sağ ventrikül tutulumu ve sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının araştırılması amaçlandı.

**Metod:** Değişik etyolojileri olan 21'i erkek, 3'ü kadın toplam 24 SRSS olan hasta ile 23 sağlıklı kontrolde 2 boyutlu, M mod ve Doppler ekokardiyografi yapıldı. Sol ventrikül fonksiyonlarını etkileyecek hastalığı bulunanlar çalışma dışı bırakıldı. Çalışmaya katılan tüm bireylere solunum fonksiyon testi yapıldı ve arteriyel kan gazlarına bakıldı. Hastalar restriktif solunum sorununun ciddiyetine göre gruplara ayrıldı. Eko-Doppler ile sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ve sol ventrikül diyastolik doluş parametreleri, sağ ventrikül diyastol-sonu duvar kalınlığı ve alanı ile diyastolik doluş parametreleri ve pulmoner akselasyon zamanı ölçüldü, pulmoner akselasyon zamanı kullanılarak ortalama pulmoner arter basıncı hesaplandı (ortalama PAB =  $78 - [0.52 \times \text{pulmoner akselasyon zamanı}]$ ).

**Sonuç:** SRSS olan hasta grubunda sağ ventrikül alan indeksi kontrollerden daha yüksek bulundu (sırasıyla  $9,4 \pm 2,1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ,  $7,9 \pm 1,6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ,  $p < 0,05$ ). Sağ ventrikül duvar kalınlığı hafif-orta ve ciddi SRSS olan hastalarda kontrol grubuna göre anlamlı yüksek bulundu (sırasıyla  $8,3 \pm 0,6 \text{ mm}$ ,  $4,1 \pm 1,1 \text{ mm}$ ,  $2,8 \pm 0,4 \text{ mm}$ ,  $p < 0,001$ ). Ortalama pulmoner arter basıncı ciddi SRSS olan hastalarda hafif-orta SRSS olan hastalardan ve kontrol grubundan daha yüksek saptandı (sırasıyla  $19,8 \pm 4,3 \text{ mmHg}$ ,  $12,9 \pm 7,1 \text{ mmHg}$ ,  $10,2 \pm 5,1 \text{ mmHg}$ ,  $p < 0,05$ ). Transtriküspid akım örneklerinde SRSS olan hastalarda E/A oranı kontrol grubuna göre anlamlı düşük bulundu (sırasıyla  $0,81 \pm 0,40$ ,  $1,35 \pm 0,28$ ,  $p < 0,01$ ). SRSS olan hastalarda sol ventrikül izovolumetrik relaksasyon zamanı kontrol grubuna göre anlamlı uzun saptandı (sırasıyla  $93 \pm 21 \text{ ms}$ ,  $74 \pm 9 \text{ ms}$ ,  $p < 0,05$ ). Transmitral akım örneklerinde SRSS olan hastalarda E/A oranı kontrol grubuna göre daha düşük bulunmasına karşın fark istatistiksel olarak anlamlı değildi.

Sonuç olarak, saf restriktif solunum sorunu olan hastalarda sağ ventrikül duvar kalınlığında artış, sağ ventrikül dilatasyonu ve diyastolik doluş bozukluğu ve sol ventrikül relaksasyon anormallikleri saptandı.

**Anahtar kelimeler:** Ekokardiyografi, restriktif solunum bozukluğu, pulmoner hipertansiyon

Kronik akciğer hastalıklarında sağ ventrikülün etkilendiği, hipertrofi ve fonksiyonel bozukluklar gelişebildiği bilinmektedir (1). Pulmoner hipertansiyon varlığında sağ ventrikülün basınç yüküyle karşılaşması interventriküler septumun sola doğru kaymasına neden olarak sol ventrikül geometrisinde bozulma ve sol ventrikülün diastolik doluşu ile ilgili değişikliklere yol açabilmektedir (2). Kronik obstrüktif akciğer hastalığına ikincil pulmoner hipertansiyonda sol ventrikül izovolumetrik relaksasyon zamanının uzadığı ve diyastolik doluşunun azaldığı gösterilmiştir (2,3). Saf restriktif solunum sorununun sağ ventrikül üzerine etkileri az sayıda çalışmada araştırılmıştır (4). Sunulan bu çalışmada amaç, saf restriktif solunum sorunu olan hastalarda sağ ventrikül etkilenimi ve sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının incelenmesidir.

## MATERYAL ve METOD

Çalışma, saf restriktif solunum sorunu olan 24 hasta (yaş ortalaması  $37 \pm 10$  yıl, 21 erkek, 3 kadın) ile kontrol grubu olarak seçilen 23 sağlıklı bireyde (yaş ortalaması  $35 \pm 12$  yıl, 18 erkek, 5 kadın) gerçekleştirildi. Çalışma grubuna solunum fonksiyon testi ile saf restriktif solunum sorunu saptanan değişik etyolojili hastalar alındı. Çalışma ve kontrol grubu bireylerinin tümünün öyküsü alındı, fizik muayene, rutin kan biyokimyası, arteriyel kan gazı, dinlenim EKG'si, PA akciğer grafisi, solunum fonksiyon testi ile M-mod, 2-boyutlu ve Doppler ("pulsed", devamlı ve renkli) ekokardiyografi yapıldı. Koroner arter hastalığı, hipertansiyon, diabetes mellitus, kalp kapak hastalığı ve pri-

Alındığı tarih: 26 Haziran 1998, revizyon 17 Ağustos 1999  
Yazışma adresi: Dr. Zehra Gölbaşı, Yuva Sok. No: 20/2 Küçükesat, 06660, Ankara  
Tel.: (0 313) 310 30 30 / 3635 Fax: (0 312) 310 34 60  
Elektronik posta: golbasiz@anh.gov.tr

mer miyokardiyal hastalığı bulunanlar çalışma dışı bırakıldı. Kontrol grubuna ise herhangi bir hastalık öyküsü bulunmayan, fizik muayene bulguları normal olan ve yapılan incelemelerde patoloji saptanmayan sağlıklı bireyler alındı. Ayrıca ekokardiyografide yeterli görüntü elde edilemeyen hastalar (çalışma grubundan 5 hasta) çalışma dışı bırakıldı. Çalışma grubunu oluşturan saf restriktif solunum sorunu etyolojisinde şu hastalıklar bulunmaktaydı (hasta sayıları parantez içinde verildi): Skolyoz (12), quadripleji (9), respiratuvar kas hastalığı (2), diffüz interstisiyel akciğer hastalığı (1).

Solunum fonksiyon testi: Hasta ve kontrol grubu bireylerinin tümüne solunum fonksiyon testi yapıldı (ötopiroplup Minoto spirometre cihazı). Test doktor eşliğinde, saat 08-12 arasında uygulandı. Test 3 kez yineleni ve bunların ortalaması alındı.

Solunum fonksiyon testi sonucunda  $FVC \leq \%80$  ve  $FEV_1 / FVC > \% 80$  olanlar restriktif tipte solunum fonksiyon bozukluğu olarak kabul edildi.  $FVC \% 80 - 65$  arasında olanlar hafif derece,  $FVC \% 64 - 51$  arasında olanlar orta derece,  $FVC \leq \% 50$  olanlar ise ileri derecede restriktif solunum bozukluğu olarak kabul edildi (4).

Ekokardiyografi: Çalışma ve kontrol grubundaki tüm bireylere M mod, 2 boyutlu, PW, CW ve renkli Doppler incelemesi yapıldı (Toshiba SSH - 140A, 3.75 mHz transdüser). Parasternal yeterli görüntü elde edilemeyen hastalar çalışma dışı bırakıldı. Parasternal uzun aks M-mod görüntülerinde mitral kapağın hemen altından IVS, sol ventrikül arka duvarı, sol ventrikül sistol ve diyastol sonu çapları ölçüldü. Teicholz formülüne göre ejeksiyon fraksiyonu ve fraksiyone kısalma hesaplandı. Aynı görüntülerden sağ ventrikül duvar kalınlığı, apikal dört boşluk görüntülerden ise EKG'de QRS kompleksi başlamadan hemen önce diyastol sonunda sağ ventrikül alanı ölçüldü. Sağ ventrikül alan ölçümleri vücut yüzey alanına bölünerek alan indeksi elde edildi. Parasternal kısa aks görüntülerden "pulsed wave" Doppler ile, örnekleme noktası pulmoner kapağın proksimaline yerleştirilerek pulmoner akım örneği elde edildi. Bu akım üzerinden pulmoner akselerasyon zamanı (PAZ) ölçülerek,  $78 - (0.52 \times PAZ)$  formülüne göre ortalama pulmoner arter basıncı hesaplandı (5). Pulmoner akselerasyon zamanı pulmoner akımın başlangıcından tepe noktasına ulaşıncaya dek geçen süre olarak tanımlandı. Apikal dört boşluk görüntülerden örnekleme noktası mitral kapak ucunun hemen altına yerleştirilerek mitral akım örneği elde edildi. Pik erken doluş hızı (E), atrial doluş hızı (A) ölçüldü. E'nin deselerasyon zamanı, E'nin tepe noktasından sıfır çizgisine ininceye kadar geçen süre olarak tanımlandı (6). CW Doppler kürsörü sol ventrikül çıkış yoluna yerleştirilerek sol ventrikül giriş ve çıkış yolu akım örnekleri aynı trasede elde edildi. İzovolumetrik relaksasyon zamanı, aortik akımın bitiş noktası ile mitral akımın başlaması arasındaki süre olarak tanımlandı (6). PW-Doppler kürsörü örnekleme noktası triküspid kapağın hemen altına yerleştirilerek triküspid akım örneği alındı. Pik erken doluş hızı (E), atrial doluş hızı (A) ve E'nin deselerasyon zamanı aynı şekilde ölçüldü. Kapaklar üzerinde regürjitan akım araştırıldı. Triküspid yeterliliği varsa sistolik pulmoner arter basıncı bu akım üzerinden hesaplandı (Pulmoner arter basıncı = Triküspid yetersizliği sistolik gradiyenti + sağ atriyum basıncı (7); bu eşitlikte sağ atriyum basıncı değişik yöntem-

lerle hesaplanabilirse de biz sağ atriyum basıncını basitçe 10 mmHg almayı yeğledik).

### İstatistik

Veriler ortalama  $\pm$  SD olarak ifade edildi. İstatistiksel değerlendirmede anlamlılık sınırı  $P < 0,05$  olarak kabul edildi. Çalışma grubunun hafif, orta ve ileri derece restriktif solunum sorunu saptanan alt gruplarının kendi aralarında ve kontrol grubu ile karşılaştırılmasında Mann-Whitney-U testi kullanıldı. Hafif restriktif olanlarla birleştirilerek değerlendirmeye alındı. Hastalarda FVC ve  $FEV_1/FVC$  ile ekokardiyografik veriler arasındaki incelenmesinde Pearson korelasyon testi kullanıldı.

### BULGULAR

Çalışma grubuna alınan ve ekokardiyografide görüntü elde edilebilen 24 olgunun 21'i erkek, 3'ü kadın, yaş ortalamaları  $37 \pm 10$  yıl bulundu. Kontrol grubunu oluşturan 23 sağlıklı bireyin 18'si erkek, 5'i kadın, yaş ortalaması  $35 \pm 12$  yıl bulundu. Çalışma grubu hastalarının restriksiyonun derecesine göre oluşturulan alt gruplarında solunum fonksiyon testi ve kan gazı sonuçları kontrol grubuyla karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de verildi. Buna göre ileri restriktif solunum sorunu olan hastalarda arteriyel parsiyel oksijen basıncı (PO<sub>2</sub>), hafif ve orta restriktif solunum sorunu olan hastalarla kontrol grubuna göre anlamlı düşük bulundu ( $p < 0,05$ ). Arteriyel parsiyel karbondioksit basıncı (PCO<sub>2</sub>) değerleri açısından gruplar arasında fark saptanmadı.

Sağ ventrikül alan indeksi tüm hasta gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı yüksek bulundu ( $p < 0,05$ ) (Tablo 2). Sağ ventrikül alanı vücut yüzey alanı ile düzeltilmeden değerlendirildiğinde tüm hasta gruplarında kontrol grubuna göre yüksek olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Sağ ventrikül duvar kalınlığı tüm hasta gruplarında kontrollere göre anlamlı yüksek bulundu ( $p < 0,001$ ). Transtriküspid pik erken doluş velositesinin atriyal doluş velositesine oranı (E/A) tüm hasta gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı düşük bulundu ( $p < 0,01$ ). E'nin deselerasyon zamanı açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı. Ortalama pulmoner arter basıncı ileri derecede restriktif solunum sorunu olan hastalarda hafif-orta derecede restriksi-

**Tablo 1. Saf restriktif solunum bozukluğu olan hastalar ve kontrol grubunun solunum fonksiyon testi ve kan gazı sonuçları**

	Hafif + Orta Restriktif (n=16)	İleri Restriktif (n=8)	Toplam Hasta (n=24)	Kontrol (n=23)
PH	7,40±0,02	7,39±0,05	7,40±0,04	7,41±0,01
PO <sub>2</sub>	94,1±5,6	80,1±14,8*	89,4±11,2	93,0±5,0
PCO <sub>2</sub>	38,2±2,2	37,1±3,4	37,0±2,9	36,6±3,3
O <sub>2</sub>	97,5±1,1	96,2±2,1	97,0±1,4	97,4±0,9
FVC %	60,0±6,1	42,7±2,9	56,0±9,5	92,3±8,6

\*İleri derecede restriktif solunum sorunu olan hastalarda hafif+orta derecede restriktif solunum sorunu olan hastalar ve kontrole göre p<0,05 FVC: zorlu vital kapasite

**Tablo 2. Saf restriktif solunum sorunu olan hastalar ve kontrol grubunun sağ ventriküle ilişkin ekokardiyografi bulguları**

	Hafif + Orta Restriktif (n=16)	İleri restriktif (n=8)	Toplam Hasta (n=24)	Kontrol (n=23)
Sağ ventrikül alanı (cm <sup>2</sup> )	15,0±3,8	16,9±3,6	15,9±3,9	14,7±3,3
Sağ ventrikül alan indeksi (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	8,8±2,3#	9,8±2,4#	9,4±2,1#	7,9±1,6
Sağ ventrikül duvar kalınlığı (mm)	3,8±6,0*	4,1±1,1*	3,9±0,7*	2,8±0,4
E / A oranı	0,90±0,34 f	0,71±0,40 f	0,81±0,40 f	1,35±0,28
Deselerasyon zamanı (ms)	173±43	191±35	182±35	183±36
Ortalama pulmoner arter basıncı (mmHg)	12,9±7,1	19,8±4,3f	15,7±6,1	10,2±5,1

#kontrol grubuna göre p<0,05, \*kontrol grubuna göre p<0,001, f kontrol grubuna göre p<0,01, İleri restriktif solunum sorunu olan hastalarda hafif + orta restriktif ve kontrol grubuna göre p<0,05.

yonu olanlara ve kontrol grubuna göre anlamlı yüksek bulundu (p<0,05).

Restriktif solunum sorunu olan hastaların sol ventrikül ölçümleri ve diyastolik doluş parametreleri Tablo 3'de verildi. Buna göre izovolumetrik relaksasyon zamanı tüm hastalarda kontrol grubuna göre uzun bulundu (p<0,05). İnterventriküler septum ve posterior duvar kalınlığı, sol ventrikül sistol ve diyastol sonu çapları, fraksiyone kılalma, mitral E/A oranı ve E'nin deselerasyon zamanı, açısından kontrollere göre istatistiksel anlamlı fark bulunmadı. Mitral E/A oranı tüm hasta gruplarında kontrol grubundan daha düşük olmakla birlikte fark istatistiksel anlamlılıkta değildi.

## TARTIŞMA

Kalp birbirlerine pulmoner ve sistemik dolaşım yoluyla bağlanan iki müsküler pompadan oluşmakta-

dır. Bunların işlevsel bütünlükleri yalnız yanyana yerleşimleri ile değil aynı zamanda anatomik yapılarına ve perikardın varlığına da bağlıdır (8). Sağ ve sol ventrikülün birbirleriyle ilişkisinde esas rolü interventriküler septum üstlenmektedir. Normal koşullarda interventriküler septum her iki ventrikül arasında nispeten düz bir pozisyonda yerleşmiştir. Fizyolojik koşullarda sol ventrikülün sistolik ve diyastolik yüklenmesi sağ ventrikülünkinden daha fazla olmakta, bu da interventriküler septumu sol ventrikül kavitesinden bakıldığında konkav duruma getirmektedir (9).

Sunulan bu çalışmada sağ ventrikülün diyastol-sonu alan indeksi ve yine diyastol-sonu duvar kalınlığı saf restriktif solunum sorunu olan hastalarda kontrol grubuna göre anlamlı yüksek bulunmuştur (Tablo 3). Daha önce yapılan bir çalışmada 2 boyutlu ekokardiyografinin sağ ventrikül boyutlarının ölçümünde gü-

Tablo 3. Saf restriktif solunum sorunu olan hastalar ve kontrol grubunun sol ventriküle ilişkin ekokardiyografi bulguları

	Hafif + Orta Restriktif (n=16)	İleri Restriktif (n=8)	Toplam Hasta (n=24)	Kontrol (n=23)
İnterventriküler septum kalınlığı (cm)	0,86±0,2	0,80±0,2	0,84±0,1	0,76±0,1
Posteriyör duvar kalınlığı (cm)	0,86±0,1	0,78±0,2	0,84±0,1	0,78±0,1
Sol ventrikül diyastol sonu çapı (cm/m <sup>2</sup> )	2,7±0,5	2,8±0,3	2,8±0,4	2,4±0,6
Sol ventrikül sistol sonu çapı (cm/m <sup>2</sup> )	1,69±0,3	1,64±0,3	1,67±0,3	1,94±0,5
Fraksiyone kısalma (%)	39±4	35±6	37±5	39±4
E/A oranı	1,14±0,31	0,97±0,44	1,01±0,38	1,32±0,29
Desleryasyon zamanı (ms)	159±34	138±24	151±37	137±25
İzovolumetrik relaksasyon zamanı (ms)	88±17*	96±10*	93±21*	74±19

\*kontrol grubuna göre  $p < 0,05$

venilir bir yöntem olduğu (10), bir başka çalışmada ise sağ ventrikül alanının sağ ventrikül kitlesi ile uyumlu olduğu gösterilmiştir (11). Saf restriktif solunum sorunu olan hastalarda saptanan sağ ventrikül dilatasyonu ve duvar kalınlığındaki artış ortalama pulmoner arter basınç artışına bağlanabilir. FVC ile sağ ventrikül alan indeksi ve sağ ventrikül duvar kalınlığı arasındaki ilişki incelendiğinde korelasyon olduğu görülmüştür (sırasıyla  $r = -0,78$  ve  $CI \% 96$ ,  $r = -0,64$  ve  $I \% 78$ ). Ayrıca ileri derecede restriktif solunum sorunu olana hastalarda FVC ile ortalama pulmoner arter basıncı arasında da korelasyon olduğu görülmüştür ( $r = -0,64$  ve  $CI \% 75$ ). Saf restriktif pulmoner sorunu olan hastalarla yapılan bir başka çalışmada sağ ventrikül duvar kalınlığı ile FVC arasında ilişki saptanmamıştır ( $r = -0,14$ ) (4). Bu çalışmada, FVC değerleri beklenenin  $\leq \% 56$  olan hastalarda sağ ventrikül duvar kalınlığının artmış olduğu belirlenmiştir.

Sunulan bu çalışmada sol ventrikül diyastolik doluşunun erken diyastolden geç diyastole kaydığı (fark istatistiksel anlamlılıkta değil) ve izovolumetrik relaksasyon zamanının kontrollere göre uzadığı saptanmıştır. Literatürden edinebildiğimiz bilgilere göre SRSS olan hastalarda sol ventrikülün Doppler bulguları çalışılmamış olduğundan çalışma bulgularını karşılaştırmak mümkün olmadı. Sağ ventrikülün sistolik yüklenmesinin sol ventrikülde sistol sonunda ciddi geometrik değişikliğe neden olması beklenir. Sağ ventriküldeki bu sistolik yüklenme interventri-

kül septumun konkavitesinin düzleşmesine, hatta tersine dönmesine ve böylece sol ventrikülün sistol sonunda kompresyonuna yol açar (12). Sağ ventrikül sistolik yüklenmesinin ayrıca, sol ventrikül izovolumetrik relaksasyon zamanında uzama ve sol ventrikül diyastolik doluşunun erken doluş fazından geç doluş fazına kaymasına neden olduğu gösterilmiştir (2,12). Bu çalışmalardan birinde (2) sol ventrikül diyastolik disfonksiyonunun sağ ventrikül diyastolik kompliyansındaki azalma, perikardiyal etkileşim ya da sağ ventrikülün sol ventriküle kompresyonu gibi doğrudan etkilerine bağlanamayacağı daha çok pulmoner hipertansiyonun varlığı ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ise Janicki'nin perikardın, sol ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonunun sınırlandırılmasında önemli rol oynadığı sonucu ile uyumlu görünmemektedir (8).

Sol ventrikül diyastolik fonksiyonunu etkileyecek bir sol ventrikül hastalığının olmadığı durumlarda sağ ventrikül anormallikleri hangi mekanizma ile sol ventrikül diyastolik fonksiyonunda değişiklik oluşturmaktadır? Sistolik basınç artışına bağlı sağ ventrikül hipertrofisi ya da interventriküler septumun sola deviyasyonu ile sol ventrikülün kompresyonu ve duvar katılığında oluşan değişiklik bunlar arasında sayılabilir (12). Diğerleri ise artmış pulmoner arter basıncı nedeniyle oluşan sağ ventrikül kan atımındaki azalmanın sol ventrikül ön yükünde ve böylece erken doluşta azalmaya neden olmasıdır (13). Bizim çalışmamızda diyabetes mellitus, hipertansiyon gibi

sol ventrikül diyastolik fonksiyonunu etkileyebilecek durumların bulunduğu hastalar çalışma dışı bırakılmakla birlikte, diyastolik fonksiyonları etkileyebildiği bilinen aterosklerotik kalp hastalığı hastaların öykü ve elektrokardiyografik bulguları ile dışlanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada saf restriktif solunum sorunu olan hastalarda sağ ventrikülde genişleme ve duvar kalınlığı artışı olduğu, bunun ortalama pulmoner arter basıncı artışı ile ilişkili olduğu, sol ventrikül diyastolik doluşunda geç doluş fazına kayma ve sol ventrikül izovolümetrik relaksasyon zamanında uzama olduğu saptanmıştır.

#### KAYNAKLAR

1. Paditz E: Echocardiographic diagnosis of pulmonary hypertension in chronic lung disease. *Pneumologie* 1992; 46: 131
2. Stojnic BB, Brecker SJD, Xiao HB et al: Left ventricular filling characteristics in pulmonary hypertension: a new mode of ventricular interaction. *Br Heart J* 1992; 68: 16-20
3. Iwase M, Nagata K, Izawa H, et al: Age-related changes in left and right ventricular filling velocity profiles and their relationship in normal subjects. *Am Heart J* 1993; 126: 419-26
4. Shivkumar K, Ravi K, Henry JW, Etchenhorn M, Stein PD: Right ventricular dilatation, right ventricular wall thickening, and Doppler evidence of pulmonary hypertension in patients with pure restrictive ventilatory impairment. *Chest* 1994; 106: 1649-53
5. Beard JT, Newman HJ, Loyd JE, Byrd BF III: Doppler estimation of changes in pulmonary artery pressure during hypoxic breathing. *J Am Soc Echocardiogr* 1991; 4: 121-30
6. Choong CY: Left ventricle V: Diastolic function- its principles and evaluation. In: Weyman AE, editor, *Principles and Practice of Echocardiography*, Lea&Febiger, 1994; 721-80
7. Chan KL, Currie PJ, Seward JB, Hagler DJ, Mair DD, Tajik AJ: Comparison of three Doppler ultrasound methods in the prediction of pulmonary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1978; 9: 549-54
8. Janicki JS: Influence of the pericardium and ventricular interdependence on left ventricular diastolic and systolic function in patients with heart failure. *Circulation* 1990; 81 (Suppl III): III-15
9. Lima JAC, Guzman PA, Yin FCP: Septal geometry in the unloaded living human heart. *Circulation* 1986; 74: 463-68
10. Bommer W, Weinert L, Neumann A, Neef J, Mason DT, DeMaria A, Determination of right ventricular size by two dimensional echocardiography. *Circulation* 1979; 60: 91-100
11. Horan LG, Flowers NC, Havelda CJ: Relation between right ventricular mass and cavity size: an analysis of 1500 human hearts. *Circulation* 1981; 64: 135-38
12. Louie EK, Rich S, Levitsky S, et al: Doppler echocardiographic demonstration of the differential effects of right ventricular pressure and volume overload on left ventricular geometry and filling. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 84-90
13. Louie EK, Rich S, Brundage BH: Doppler echocardiographic assessment of impaired left ventricular filling in patients with right ventricular pressure overload due to primary pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol* 1986; 6: 1298-306