

## PULMONER HİPERTANSİYONDA SAĞ VENTRİKÜL DİYASTOLİK FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gülendam Koçak\* • Semra Atalay\*\* • Hasan Ercan Tutar\*\*  
Halil Gümüş\*\* • Ayten İmamoğlu\*\*

### ÖZET

Çalışmamızda pulmoner hipertansiyonlu (PHT) çocuklarda ekokardiyografik yöntemle sağ ventrikül hipertrofinin ve sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi amaçlandı. Soldan sağa şantlı konjenital kalp hastalığı olan 21 PHT'lu çocuk (4,3±5,1 yıl) ve 20 kontrol hastası (4,1±4,2 yıl) çalışıldı.

PHT lu hastalarda kontrol grubuna göre interventriküler septum ve sağ ventrikül ön duvar kalınlığının önemli derecede artmış olduğu gösterildi. Sağ ventrikül diyastolik fonksiyon parametrelerinden IVRTc hasta grubunda 114±30 ms, kontrol grubunda ise 70±17 ms bulundu ( $p<0,001$ ). Hasta grubunda E velositesi artmış, AcT süresi kısalmış bulunurken, A velositesi, E/A oranı DecT süresi yönünden iki grup arasında fark saptanmadı. Hasta grubunda 13 hastada triküspit yetmezliği saptandı.

Çalışmamızda izovolemik relaksasyon zamanının hasta grubunda önemli oranda artmış bulunması sağ ventrikül relaksasyon paterninde bozulmanın başladığını göstermektedir. Bununla birlikte çalışmamızda olduğu gibi triküspit yetmezliğinin eşlik ettiği durumlarda belirgin sağ ventrikül hipertrofinine rağmen diyastolik fonksiyonlarda hipertrofiye görülmesi beklenen tipik relaksasyon örneğinin görülmeyebileceği sonucuna vardık.

**Anahtar Kelimeler:** Pulmoner hipertansiyon, çocukluk çağı, sağ ventrikül diyastolik fonksiyonları, ekokardiyografi

### SUMMARY

#### **Echocardiographic Assessment of Right Ventricular Diastolic Function in Children With Pulmonary Hypertension**

To evaluate right ventricular hypertrophy and diastolic function with echocardiography, a study was made on 21 children with pulmonary hypertension (PHT) (4,3±5,1 year). All patients had congenital heart diseases with left to right shunts. Results were compared to 20 normal children (4,1±4,2 year). Interventricular septal thickness and right ventricular anterior wall thickness were significantly increased, revealing right ventricular hypertrophy. Echocardiographic diastolic filling parameters, isovolumic relaxation time (IVRT), E and A velocity, acceleration and deceleration time were measured. Corrected IVRT was significantly different between groups, which shows right ventricular filling abnormalities in children with PHT (patients with PHT: 114±30 ms; normal subjects: 70±17 ms,  $p<0,001$ ). Patients had increased E velocity and decreased acceleration time; however A velocity, E/A ratio and deceleration time were not significantly different between groups. Tricuspid regurgitation (TR) was observed in 13 patients. We could not find typically relaxation pattern, which we expected in patients with RV hypertrophy. We suggest that this is because TR, which effects RV filling by increasing right atrial pressure.

**Key Words:** Pulmonary hypertension, childhood, right ventricular diastolic dysfunction, echocardiography

Pulmoner hipertansiyon (PHT), pulmoner vasküler yatağın yapı ve fonksiyon bozukluğu sonucu ortaya çıkan, sıklıkla kalp ve akciğer hastalıklarına sekonder olarak gelişen patolojik bir durumdur. Çocukluk çağında PHT'a yol açan etkenlerin başında soldan sağa şantlı konjenital kalp hastalıkları gelir. Tedavi edilmiş büyük şantlı hastalarda zamanla akciğerlerde geri dönüşümsüz hasar meydana gelirken, aynı zamanda sağ ventrikülde basınç yükünün yol açtığı fonksiyon bozuklukları da gelişir. Kronik basınç yükü sağ ventrikülde duvar stresinin artmasına, kompensatuar hipert-

rofi ve subendokardiyal iskemi gelişmesine ve zamanla ventrikül fonksiyonlarının bozulmasına yol açar (1). Sağ ventrikül fonksiyonlarının bozulması durumunda, bu duruma yol açan kardiyak defekt kapatılsa bile hastanın postoperatif dönemde istenen yaşam kalitesine erişmesi mümkün olmaz (2).

Son yıllarda konjenital kalp hastalıklı çocukların operasyona "en uygun zamanda ve optimum şartlarda" verilmesi üzerinde önemle durulmaktadır. Bu görüş doğrultusunda PHT riski olan hastaların preoperatif, perioperatif ve postoperatif dönemde değerlendiril-

\* Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Denizli

\*\* Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalı, Ankara

mesi pediatrik kardiyologların en önemli işlevlerinden birisi haline gelmiştir. Bunların içerisinde pulmoner arter basıncının yakın izlemi yanısıra PHT'un sağ ventrikülde yol açtığı fonksiyon bozukluklarının değerlendirilmesi de yer almaktadır. İzlemede amaç, pulmoner basınç tehlikeli sınırlara ulaşmadan ve sağ ventrikülde anatomik ve fonksiyonel değişikliklere yol açmadan hastayı cerrahiye vermektir.

Bu çalışmanın amacı PHT gelişmiş soldan sağa şantlı konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda sağ ventriküldeki hipertrofik değişiklikleri ve sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarını ekokardiyografik yöntemle değerlendirmek ve sonuçları sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırmaktır.

### GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma Ocak 1997-Aralık 1998 tarihleri arasında hastanemiz pediatrik kardiyoloji kliniğinde izlenen PHT'lu 21 hasta çocuk üzerinde gerçekleştirildi (9 kız, 12 erkek). Kontrol grubu olarak kardiyak yönden yakınması olmayan, elektrokardiyografik (EKG) ve telekardiyografik incelemeleri normal olan 20 çocuk çalışmaya alındı (8 kız, 12 erkek). Hasta ve kontrol gruplarının ailelerine çalışma hakkında bilgi verilerek izinleri alındı. Soldan sağa şantlı konjenital kalp hastalıklı çocukların oluşturduğu hasta grubunun tümüne tanısal amaçla kalp kateterizasyonu yapıldı ve pulmoner arter sistolik, ortalama ve diyastolik basınçları kaydedildi. Kateterizasyon sonrası ilk 24 saat içerisinde hastalara ekokardiyografik inceleme yapıldı. Kontrol grubunu oluşturan çocuklar yalnızca ekokardiyografik çalışmaya alındılar.

Ekokardiyografik inceleme Toshiba SSH 140-A model, renkli Doppler ekokardiyografi cihazı ile 3,75 ve 5 MHz problar kullanılarak yapıldı. Sağ ventrikül hipertrofisini değerlendirmek amacıyla sağ ventrikülün duvarı ve interventriküler septum kalınlığı ölçüldü. Sağ ventrikülün duvar kalınlığı subkostal görüntülemeye iki boyutlu ekokardiyografi ile diyastol sonunda ölçüldü. Interventriküler septum kalınlığı ise parasternal uzun eksen M-mode ekokardiyografi ile yine diyastol sonunda ölçüldü.

Sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarının ölçümü apikal dört boşluk görüntülemeye pulsed-Doppler ekokardiyografi ile yapıldı. EKG ile monitörize edilen hastalarda Doppler örnek volümü triküspit kapak orifisi hizasına ve akıma paralel olacak şekilde yerleştirildi. Ölçümler maksimum velosite elde edilerek gerçek-

leştirildi. Diyastolik fonksiyon parametrelerinden izovolemik relaksasyon zamanı (IVRT), E velositesi, A velositesi, aselerasyon zamanı (AcT) ve deselerasyon zamanı (DecT) ölçüldü. IVRT, pulmoner kapağın kapanması ile triküspit kapaktaki diyastolik akımın başlangıcı arasındaki süre olarak hesaplandı (pulmoner kapağın kapandığı zaman olarak EKG'deki T dalgasının sonu alındı). E velositesi; sağ ventrikülün hızlı doluş fazının pik velositesi, A velositesi; atriyal kontraksiyonun yol açtığı yavaş ventrikül doluş akımının pik velositesi olarak alındı. AcT; diyastolik akımın başlangıcı ile pik E velositesi arasındaki süre, DecT; pik E velositesi ile hızlı doluşun sona erdiği nokta arasındaki süre olarak ölçüldü. Solunum ile sağ ventrikül diyastolik fonksiyon parametreleri değiştiği, fakat E/A oranı değişmediği için ölçümlerimiz solunum fazı dikkate alınmadan yapıldı (3,4). Kalp hızına göre standardizasyon sağlamak amacıyla IVRT, AcT ve DecT değerleri kalp hızına göre düzeltilti (IVRTc, AcTc, DecTc). Diyastolik parametrelere etkisi olması nedeniyle renkli Doppler ekokardiyografi ile triküspit yetmezliği araştırıldı.

İstatistiksel analiz: Veriler ortalama±SD olarak verildi. Ortalamaların karşılaştırılmasında eşlenmemiş t-testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık için p değerinin 0,05'den küçük olması gereği kabul edildi.

### BULGULAR

Hasta grubunu oluşturan 21 çocuğun yaş ortalaması 4,3±5,1 yıl (0,3-16 yıl), kontrol grubunda ise 4,1±4,2 yıl (0,4-16 yıl) bulundu. Hasta grubunda vücut ağırlığı ortalaması 13,5±11,5 kg (3,3-44 kg), kontrol grubunda ise 14,5±10,4 kg (4,5-44 kg) bulundu. Yaş ve vücut ağırlığı yönünden hasta ve kontrol grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark yoktu (p>0,05).

Hasta grubunun tümünü soldan sağa şantlı konjenital kalp defektli hastalar oluşturuyordu. Hastalarda kalp kateterizasyonu ile elde edilen ortalama pulmoner arter basınç değerleri; sistolik basınç 78,7±15,5 mmHg (53-112 mmHg), diyastolik basınç 35,0±15,6 mmHg (14-72 mmHg), ortalama basınç 55,8±14,7 mmHg (34-94 mmHg) bulundu. Tablo 1'de hastaların demografik özellikleri, konjenital kalp hastalığı ve pulmoner arter basınçları gösterilmiştir.

İnterventriküler septum kalınlığı hasta ve kontrol grubundaki tüm çocuklarda ölçülebilirken, sağ ventrikülün duvar kalınlığı hasta grubunda dört çocukta

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri; kalp hastalığı ve pulmoner arter basınçları

Hasta no	C	Yaş (yıl)	VA (kg)	Tanı	Pulmoner Sistolik	Arter Diastolik	Basıncı* Ortalama
1	K	0,3	3,3	VSD	72	23	44
2	K	0,5	4,8	VSD	86	27	56
3	E	0,7	6,5	VSD	78	24	47
4	K	1	5,1	VSD	53	14	34
5	E	12	22	ASD, PDA	92	41	65
6	E	14	44	VSD	85	65	75
7	K	10	31	VSD	100	40	66
8	E	11	21,5	ASD, TAPVD	79	32	54
9	E	0,8	5,8	VSD	68	27	46
10	E	4	14	AVSD	112	60	80
11	E	16	37	Opere VSD	81	37	55
12	E	0,6	6,2	VSD	82	29	55
13	K	0,4	6,1	PDA	65	30	48
14	E	6	16	VSD, PDA	76	47	59
15	E	2,3	10,5	VSD	67	26	41
16	K	1,2	7,2	VSD	84	36	60
17	K	1,1	5	ASD,VSD,PDA	78	32	57
18	K	0,8	6,5	VSD	65	42	59
19	E	0,7	7,2	VSD	64	17	41
20	E	0,9	7	VSD	57	14	36
21	K	7	18,5	PDA	109	72	94

C: cinsiyet; K: kız; E: erkek; VA: vücut ağırlığı; VSD: ventriküler septal defekt; ASD: atriyal septal defekt, PDA: patent duktus arteriozus; TAPVD: total anomal pulmoner venöz dönüş; AVSD: atriyoventriküler septal defekt; \*Pulmoner arter basınçları " mmHg" olarak gösterilmiştir.

(%19), kontrol grubunda ise üç çocukta (%15) net görünümlü elde edilememesi nedeniyle ölçülemedi. Hasta grubunda sağ ventrikülün duvar kalınlığının ortalama değeri  $7,6 \pm 2,6$  mm (4,1-14,2 mm), kontrol grubunda ise  $4,2 \pm 0,7$  mm (3,2-5,8 mm) bulundu ( $p < 0,001$ ). İnterventriküler septum kalınlığının ortalama değeri hasta grubunda  $6,7 \pm 2,2$  mm (3,2-11,3 mm), kontrol grubunda ise  $5,3 \pm 1,3$  mm (3,1-7,9 mm) bulundu ( $p < 0,05$ ) (Tablo 2).

Pulsed-Doppler ekokardiyografi ile triküspit kapak diyastolik akım örneğinden elde edilen diyastolik fonksiyon parametreleri Tablo 3'de, hasta ve kontrol grubunun aynı parametreler yönünden karşılaştırılması ise Tablo 4'de gösterilmiştir. PHT'lu hasta grubunda E velositesinin arttığı fakat A velositesi ve E/A oranında anlamlı değişiklik olmadığı görülmektedir. IVRTc'nin hasta grubunda arttığı ( $p < 0,001$ ), AcTc süresinin kısaldığı ( $p < 0,01$ ), düzeltilmiş DecT değerinde ise iki grup arasında fark olmadığı görüldü ( $p > 0,05$ ). Triküspit yetmezliği hasta grubunda 13 hastada (% 62) saptanırken kontrol grubunda hiçbir hastada görülmedi (Tablo 3).

## TARTIŞMA

Ekokardiyografik yöntemle ventrikül diyastolik fonksiyonları hemodinamik önemi nedeniyle daha çok sol ventrikülde çalışılmış, sağ ventrikülde ise yeterince çalışma yapılmamıştır (5-10). Sağ ventrikül diyastolik fonksiyonları sol ventrikülde olduğu gibi başlıca atriyal ve ventriküler kontraksiyon, relaksasyon, komplians ve yüklenme durumlarından etkilenir (5,6). Bu faktörlerin etkisi ile sağ ventrikül diyastolik fonksiyonları iki farklı şekilde bozulma gösterir; bunlar restriktif tipte bozulma ve relaksasyon paterninde bozulmadır. Restriktif tipte diyastolik fonksiyon bozukluğu tipik olarak restriktif kardiyomyopatide görülse de ön yükün arttığı triküspit yetmezliği ve kalp yetmezliğinde de görülebilir (5,7). Relaksasyon paternini etkileyen diyastolik fonksiyon bozukluğu ise ventrikül relaksasyonunun azaldığı hipertrofik ve dilate kardiyomyopatide, aynı zamanda sağ ventrikülde hipertrofiye yol açan diğer kalp hastalıklarında da görülmektedir (5,7).

Pulmoner basınç yükseldiğinde sağ ventrikülde önce dilatasyon sonra hipertrofi gelişir (2,11). Basınç yü-

**Tablo 2. Hasta ve kontrol grubunda interventriküler septum ve sa ventrikül ön duvarı kalınlıkları**

Olgu No	HASTA		KONTROL	
	IVS (mm)	SVÖD (mm)	IVS (mm)	SVÖD (mm)
1	5,4	7,9	5,8	-
2	4,8	9,6	6,1	-
3	5,8	6,9	3,1	3,6
4	6,6	7,2	3,2	4,3
5	11	11,5	5,3	4,1
6	6,9	9,6	4,3	-
7	10	3,8	3,5	-
8	7,9	-	6,6	4,9
9	7,5	5,8	4,9	5,2
10	3,8	5,8	5,4	5
11	9,5	14,2	5,5	3,8
12	5,8	6,3	6,1	3,6
13	7,6	4,1	7,9	5,8
14	6,9	5,4	6,3	3,6
15	5	-	3,4	3,4
16	5,8	-	6,9	4,7
17	3,2	-	6,9	5
18	5,5	7,2	4,3	3,4
19	6,9	4,9	5,5	3,2
20	4,6	6,3	5	4,7
21	11,3	7,2		
<b>Ort±SS</b>	<b>6,75±2,22</b>	<b>7,64±2,59</b>	<b>5,31±1,33</b>	<b>4,22±0,78</b>

IVS: interventriküler septum, SVÖD: sa ventrikül ön duvarı.

küne karşı geliştirilen bu yanıt sol ventrikülden farklıdır; sistemik hipertansiyonda sol ventrikülde önce hipertrofi sonra dilatasyon gelişir (2). Bu farklı yanıtın nedeni sağ ventrikülün daha ince duvarlı ve daha komplan oluştudur, bu özelliğinden dolayı sağ ventrikül basınç yükünü volüm yükü kadar kolay tolere edemez (2). Çalışmamızda PHT'lu hastalarda sağ ventrikülün duvarı ve interventriküler septum kalınlığının kontrol grubuna göre anlamlı derecede artmış olduğunu gördük (hasta ve kontrol grupları arasında yaş ve ağırlık yönünden fark bulunmadığı için değerler direkt olarak birbiriyle karşılaştırıldı). Bu bulgu hasta grubunda belirgin derecede sağ ventrikül hipertrofisi geliştiğini göstermektedir. Sağ ventrikül ön duvar kalınlığındaki artış septuma göre daha belirgindi ( $p<0,001$  ve  $p<0,05$ ). Literatürde de PHT'da sağ ventrikülün duvar kalınlığındaki artışın septumdan daha fazla olduğu gösterilmiştir (11-13). Bunun nedeni ön duvarın sağ ventriküle spesifik oluşu, interventriküler septumun ise hem sağ hem sol ventrikülün anatomik ve fonksiyonel komponenti olmasıdır. Hastalarımızda görülen belirgin sağ ventrikül hipertrofisi nedeniyle ventrikül kompliansında azalma ve sonuç olarak diyastolik

**Tablo 3. Hasta grubunda sa ventrikül diyastolik fonksiyon değerleri**

Hasta No	E Vel (m/s)	A Vel (m/s)	E/A	IVRT <sub>c</sub> (ms)	A <sub>c</sub> T <sub>c</sub> (ms)	DecT <sub>c</sub> (ms)	TY
1	1,06	0,63	1,68	135	73	86	+
2	0,97	0,43	2,25	153	129	110	+
3	0,91	0,54	1,68	114	76	177	+
4	0,93	0,36	2,58	101	63	101	-
5	0,61	0,36	1,69	125	80	91	-
6	0,62	0,73	0,85	101	48	28	-
7	0,68	0,54	1,26	117	78	126	-
8	0,56	0,53	1,05	82	92	82	-
9	0,78	0,36	2,16	162	67	108	+
10	0,80	0,31	2,58	70	117	305	+
11	1,23	0,54	2,27	94	79	110	+
12	0,95	0,74	1,28	69	63	51	+
13	0,52	0,23	2,26	95	143	167	-
14	1,04	0,90	1,15	105	64	105	+
15	0,75	0,45	1,66	141	105	176	+
16	0,89	0,36	2,47	86	110	160	+
17	1,22	0,52	2,34	95	83	179	+
18	0,66	0,34	1,94	179	143	179	-
19	0,66	0,36	1,83	157	109	133	-
20	1,60	1,30	1,23	119	83	96	+
21	0,71	0,57	1,24	106	106	149	+
<b>Ort±ss</b>	<b>0,86±0,26</b>	<b>0,52±0,24</b>	<b>1,78±0,54</b>	<b>114±30</b>	<b>92±26</b>	<b>129±58</b>	

E VEL: E velositesi, A VEL: A velositesi, IVRT<sub>c</sub>: izovolemik relaksasyon zamanı, -c: kalp hızına göre düzeltilmiş değer, AcT<sub>c</sub>: akselerasyon zamanı, DecT<sub>c</sub>: deselerasyon zamanı, m/s: metre/saniye, ms: milisaniye, TY: triküspit yetmezliği.

**Tablo 4. Hasta ve kontrol grubunda sağ ventrikül diyastolik parametrelerinin karşılaştırılması**

Parametre	Hasta (n=21)	Kontrol (n=20)	p.
E Vel (m/s)	0,86±0,26	0,64±0,20	p<0,01
A Vel (m/s)	0,52±0,24	0,40±0,15	p>0,05
E/A	1,78±0,54	1,64±0,36	p>0,05
IVRTc (ms)	114,5±30,5	70,8±17,4	p<0,001
AcTc (ms)	91,0±26,9	124,6±36,4	p<0,01
DecTc (ms)	129,4±58,6	125,1±43,3	p>0,05

E vel: E velositesi, m/s: metre/saniye, A vel: A velositesi, IVRT: izovolemik relaksasyon zamanı, ms: milisaniye, -c: kalp hızına göre düzeltilmiş değer, AcT: akselerasyon zamanı, DecT: deselerasyon zamanı.

fonksiyonlarda relaksasyon paterninde bozulma gelişmesi beklenir.

Sağ ventrikül diyastolik fonksiyon parametrelerinde en önemli değişiklik IVRT intervalinde görüldü. Çalışmamızda IVRTc intervali hasta grubunda 114±30 ms, kontrol grubunda ise 70±17 ms bulundu (p<0,001). Pulmoner arter basıncı arttıkça IVRT intervalinin uzadığını gösteren pek çok çalışma vardır (14-

16). IVRT'nin uzaması sağ ventrikülde relaksasyon bozukluğu şeklinde diyastolik fonksiyon bozukluğu olduğunu göstermektedir. Diğer diyastolik parametreleri araştırdığımızda hasta grubunda sağ ventrikül E velositesi artmış, AcTc süresi kısalmış bulunurken; A velositesi, E/A oranı ve DecTc süresinin değişmediği görüldü. Pik E velositesinin başlıca diyastol başındaki sağ atriyum basınç düzeyinden etkilendiği bilinmektedir (5). Sağ atriyum basıncı yüksek ise pik E velositesi artar ve pik velositeye ulaşma zamanı (AcT) kısalır (3,5). Hastalarımızın % 62'sinde belirgin triküspit yetmezliği olduğu, triküspit yetmezliğinin sağ atriyum basıncını artırarak hasta grubunda E velositesinde artış ve AcT süresinde kısaltmaya yol açtığını düşündük. Benzer şekilde sol ventrikülde yapılan bir çalışmada mitral yetmezliği olan hastalarda, yetmezliğin sol atriyum basıncını yükselterek erken doluş velositesini artırdığı gösterilmiştir (6). Triküspit yetmezliğine bağlı E velositesinin artması, ventrikül relaksasyon bozukluklarında beklediğimiz yönde diyastolik fonksiyon bozukluklarının (A velositesinde artış ve E/A oranında azalma) ortaya çıkmasını maskeleyebilir.

## KAYNAKLAR

1. Chaudry KR, Ogawa S, Pauletto FJ ve ark. Biplane measurement of left and right ventricular volumes using wide-angle cross sectional echocardiography. *Am J Cardiol* 1978; 41: 391-404
2. Hines R. Right ventricular function and failure: A review. *J Biol Med* 1991; 64: 295-307
3. Jiang L, Wiegers SE, Weyman AE. Right ventricular inflow tract. In: Principles and Practice of Echocardiography. 2nd ed. Pennsylvania: Lea and Febiger, 1994: 824-62
4. Riggs TW, Snider AR. Respiratory influence on right and left ventricular diastolic function in normal children. *Am J Cardiol* 1989; 63: 858-61
5. Snider AR, Serwer GA. Methods for obtaining quantitative information from the echocardiographic examination. In: Echocardiography In Pediatric Heart Disease. St Louis: Mosby-Year Book, 1990: 78-133
6. Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM ve ark. Pulsed Doppler echocardiographic study of left ventricular filling in dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1986; 58:143-7
7. Cohen GI, Pietrolungo JF, Thomas JD ve ark. A practical guide to assessment of ventricular diastolic function using Doppler echocardiography. *JACC* 1996; 27: 1753-60
8. Meliones JN, Snider AR, Serwer GA ve ark. Pulsed Doppler assessment of left ventricular diastolic filling in children with left ventricular outflow obstruction before and after balloon angioplasty. *Am J Cardiol* 1989; 63:231-6
9. Pearson AC, Goodgold H, Labovitz AJ. Comparison of pulsed Doppler echocardiography and radionuclide angiography in the assessment of left ventricular filling. *Am J Cardiol* 1988; 61: 446-54
10. Snider AR, Gidding SS, Rocchini AP ve ark. Doppler evaluation of left ventricular diastolic filling in children with systemic hypertension. *Am J Cardiol* 1985; 56: 921-6
11. Bertoli L, Rizzato G, Sala G ve ark. Echocardiographic and hemodynamic assessment of right heart impairment in chronic obstructive lung disease. *Respiration* 1983; 44:282-8
12. Jiang L, Wiegers SE, Weyman AE. Right ventricle. In: Principles and Practice of Echocardiography. 2nd ed. Pennsylvania: Lea and Febiger, 1994: 901-22
13. Zenker G, Forche G, Harnoncourt K. Two-dimensional echocardiography using a subcostal approach in patients with COPD. *Chest* 1985; 88: 722-5
14. Hatle L, Angelsen BAJ, Tromsdal A. Non-invasive estimation of pulmonary artery systolic pressure with Doppler ultrasound. *Br Heart J* 1981; 45: 157-65
15. Tramarin R, Torbicki A, Marchandise B ve ark. Doppler echocardiographic evaluation of pulmonary artery pressure in COPD. A European multicentre study. *Eur Heart J* 1991; 12: 103-11
16. Marangoni S, Quadri A, Dotti A ve ark. Noninvasive assessment of pulmonary hypertension: A simultaneous echo-Doppler hemodynamic study. *Cardiology* 1988; 75: 401-8