

# Pulmoner Stenozlu Erişkin Hastalarda Sağ Ventrikül Diastolik Fonksiyonlarının Balon Valvüloplastiden Önce ve Sonra Pulsed Doppler Ekokardiografik Araştırılması

PULSED DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY EVALUATION OF RIGHT VENTRICULAR DIASTOLIC FUNCTIONS IN ADULTS WITH PULMONARY VALVE STENOSIS BEFORE AND AFTER BALLOON VALVULOPLASTY

Uzm.Dr.Cevdet ERDÖL\*, Uzm.Dr.Ümit KURT\*\*, Doç.Dr.Celal GENÇ\*\*, Prof.Dr.Ertan DEMİRTAŞ\*\*, Doç.Dr.Hayrettin KARAEREN\*\*, Doç.Dr.Nazım ARSLAN", Doç.Dr.H.Fehmi TÖRE\*\*, Prof.Dr.Deniz DEMİRKAN\*\*

\* Mevki Hastanesi Kardiyoloji ABD, ANKARA

\*\* GATA Kardiyoloji ABD, ANKARA

## ÖZET

Vah/üler Pulmoner Stenoz (PS) tüm kongenital kalp hastalıklarının %10'una varan sıklıkta görülür. PS'un cerrahi tamirinin daralan pulmoner kapağın yol açtığı bozuklukların düzeltilmesinde etkili olduğu gösterilmiştir.

Son yıllarda daralan pulmoner kapaklara, transluminal balon valvüloplasti tekniği uygulanabilmektedir.

PS'lu hastalarda sağ ventrikül diastolik doluşunu araştırmak için 16 hasta (16 ile 23 yaşları arasında) pulmoner balon valvüloplasti (PBV)'den hemen önce ve sonra olmak üzere muayene edildi.

Bu çalışmada düşüncemiz sağ ventrikül hipertrofisi olan PS'lu hastalarda sağ ventrikül diastolik fonksiyon bozukluğu olabileceği idi. Ayrıca basınç ortadan kalktıktan sonra diastolik fonksiyon parametreleri araştırıldı. Bu amaçla PS'lu 16 hastada PBV'den hemen önce ve sonra sağ ventrikül diastolik fonksiyonları Pulsed Doppler Ekokardiografi yöntemi ile araştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Sağ ventrikül, Diastolik fonksiyon, Pulmoner balon valvüloplasti

T Klin Kardiyoloji 1993, 6:276-281

Ventriküler septumun sağlam olduğu valvüler Pulmoner Stenoz (PS) vakaları, tüm kongenital kalp hastalıkları arasında %10'a varan sıklıkta görülür (1). PS'un tedavisinde önceleri sadece cerrahi tedavi uygulanmakta idi ve elde edilen sonuçlar başarılı idi (2).

**Geliş Tarihi:** 25.8.1993

**Kabul Tarihi:** 20.12.1993

**Yazışma Adresi:** Dr.Cevdet ERDÖL  
Mevki Hastanesi Kardiyoloji ABD  
Dışkapı, ANKARA

## SUMMARY

Valvular Pulmonary Stenosis (PS) is a common congenital anomaly comprising as much as 10% of all congenital heart disease. Surgical repair of pulmonary valve stenosis has been shown to be effective in relieving the abnormalities caused by a stenotic pulmonary valve.

In recent years, the technique of transluminal balloon valvuloplasty has been applied to treatment of stenotic pulmonary valves.

To assess right ventricular diastolic filling in patients with pulmonary stenosis. Sixteen patients (ages between 16 and 23) were examined immediately before and after balloon valvuloplasty.

In this study, we hypothesized that patients with right ventricular hypertrophy caused by valvular pulmonary stenosis have abnormalities of right ventricular diastolic filling. Further, after relief of pressure, changes in the diastolic function parameters were evaluated. For this purpose, we assessed right ventricular diastolic function using Pulsed Doppler echocardiography in 16 patients with pulmonary stenosis, before and after balloon valvuloplasty.

**Key Words:** Right ventricle, Diastolic function, Pulmonary balloon valvuloplasty

Turk J Cardiol 1993, 6:276-281

Son yıllarda, daralan koroner, renal veya periferik damarlara olduğu gibi aort, koroner, renal veya periferik damarlara olduğu gibi aort, mitral ve/veya pulmoner kapaklara da transluminal teknikle balon dilatasyon işlemi yapılabilmektedir. PS'da balonla dilatasyonu ilk defa 1974 yılında Semb ve ark. (3) yapmışlardır. Kan (4), Lock (5) ve Rathke (6) bu tekniği geliştirdiler. Lima (7) ise Doppler akımı ile stenotik pulmoner kapaktaki gradienti güvenilir bir şekilde hesaplamıştır.

Perkütan yolla Pulmoner Balon Valvüloplasti (PPBV) işlemi halen birçok merkezde başarı ile yapılmaktadır.

maktadır (1,8,9-14). 1991 yılında Gureshi (15) tarafından lazerle dilatasyon başarılmıştır.

Genelde kabul edilen görüş; 50 mmHg gradientin altındaki olguları takibe almak ve 50-80 mmHg arasındaki olgulara PPBV yapmak, bunun üzerindeki ise cerrahi tedavi uygulamaktır (16).

VaSvüioplasti uygulanan hastaların takibinde Doppler ekokardiografi (DOPE)'deri oldukça faydalanılmaktadır. Sağ ventrikül diastolik fonksiyonları (SVDF) da DOPE ile tayin edilebilmektedir. Bunun için veriler triküspit kapak yoluyla elde edilmektedir.

PS'lu vakalarda SVDF'deki bozulma şu mekanizma ile izah edilmektedir. Tıpkı sol ventrikül yolum yüklenmelerinde olduğu gibi ventrikül duvarlarında hipertrofi olmaktadır. Hipertrofi ile sol ventrikülün diastolik doluşunda bozukluk olduğu gibi (17-20) sağ ventrikül yüklenmelerinde de bu olaylar sağ ventrikül (SV)'de olacaktır, SV hipertrofi diastolik fonksiyonların bozulmasına neden olmakta ve hipertrofi gerilediğinde diastolik fonksiyonlar da iyileşmektedir (21). Bu görüşten hareketle PS nedeniyle hipertrofiye uğrayan SV önündeki engel kaldırıldığında hipertrofi gerileyecek ve belki de SV'nün tüm fonksiyonları normale dönecektir. Bunu anlayabilmek için PPBV uygulanan vakaların uzun süreli takiplerinin bilinmesi gerekir. Diastolik fonksiyonların bozulmasının diğer bir sebebi olarak da subendokardial iskemi düşünülmektedir. Buna sebep olarak basınç yüklenmesi gösterilmektedir.

#### GEREÇ VE YÖNTEM

1990-1992 yılları arasında GATA Kardiyoloji kliniğinde gerçekleştirilen ardışık 18 PPBV olgusu çalışmaya alındı. Hastaların yaşları 16-23 arasında değişmekte olup ortalama  $19 \pm 2.1$  idi. PPBV öncesi hemodinamik olarak ölçülen pulmoner kapak gradient! 50-76 mmHg arasında değişmekte olup ortalama  $61 \pm 7$  mmHg idi. PPBV'den hemen sonra ise 4-22 mmHg arasında (ortalama  $20 \pm 8$ ) idi.

Araştırmada Hewlett-Packard Sonos 1000 modeli (USA) renkli Doppler cihazı kullanılmıştır. Ekokardiografik olarak SVDF'nin hesaplanması triküspit kapak yoluyla yapıldı. Bunun için hasta sol omuz üzerine yatmış ve başı hafifçe yukarıda olacak şekilde iken apikal 4 boşluk görüntüsü elde edilmiştir. Bu görüntüde iken Pulsed Doppler (PD) tekniği kullanılarak E peak, E deceleration, E area, A peak, A area, E peak / A peak, E area / A area ölçümleri yapıldı. PD tekniği ile yapılan bu çalışma hastalara hemen PPBV'den önceki iki gün içinde ve hem de sonrası erken dönemde (ilk iki gün içinde) yapıldı,

SVDF'na ait normal değerleri elde edebilmek için aynı yaşlara yakın ( $20.1 \pm 2.1$ ) 16 sağlıklı birey üzerinde aynı ölçümleri yapıldı,

PPBV'den önce standart premedikasyon ve lokal anestezi yapıldı ve sağ femoral ven'e transvenöz kateter yerleştirildi. Pulmoner kapak gradient! pull-back tek-

niği ile ve ventriküler prematüre atıma neden olmadan ölçüldü. Bu işlem PPBV'den yaklaşık 15 dakika sonra tekrarlandı. PPBV öncesi ve sonrasında anteroposterior ve lateral pozisyonlarda SV angiografileri alındı. Pulmoner annulus hakkında böylece bilgi edindikten sonra 0.38 inch exchange guidewire pulmoner arterlerden birine kadar kateter içinden gönderildi. Daha sonra evvelce gönderilen sheath ve kateter geri çekilerek balon kateter exchange guidewire üzerinden ilerletildi. Balonun yeri lateral pozisyonda seçildi ve %50 kontrast madde kapsayan sıvı balon içine gönderilerek 3-5 atmosfer kadar ve 10-60 sn süre ile balon şişirilerek dilatasyon yapıldı, işlem her hastada 2-5 kez uygulandı. Balon çapı pulmoner annulusun yaklaşık 1.1 ile 1.4 katı kadar şişirildi. Hiçbir hastada işlem esnasında veya sonrasında önemli komplikasyon gelişmedi.

İstatistiksel Analiz: PPBV öncesi ve sonrası kateter ile elde edilen gradientlerin karşılaştırılmalarında, Doppler değerlerinin, pre-PPBV ile post-PPBV değerlerinin karşılaştırılmasında paired Student t testi, kontroller ile pre-PPBV değerlerinin karşılaştırılmasında ise unpaired Student t testi uygulandı. Elde edilen tüm değerler ortalama + standart deviasyon olarak verildi.

#### BULGULAR

PPBV işlemi yapılan 18 hastanın işlemden önce ve sonra elde edilen SVDF'na ait değerler aynı yaşlardaki sağlıklı bireylerden elde edilenlerle kıyaslandı. E peak değerleri kontrollerde  $87.49 \pm 3.82$  cm/sn iken PPBV öncesi PS'lularda  $62.38 \pm 3.96$  cm/sn ( $p=0.0004$ ). PPBV sonrasında ise  $64.49 \pm 1.74$  cm/sn bulundu.

A peak değerleri kontrollerde  $32.18 \pm 3.43$  cm/sn iken, pre-PPBV  $59.32 \pm 2.37$  cm/sn bulundu ( $p=0.0003$ ). Post-PPBV değerler ise  $42.89 \pm 3.02$  cm/sn ( $p=0.0001$ ) bulundu (Tablo 1,2).

E peak/A peak kontrollerde  $2.11 \pm 0.21$  iken, pre-PPBV  $1.04 \pm 0.08$  ( $p=0.0002$ ), post-PPBV  $1.50 \pm 0.06$  bulundu ( $p=0.0003$ ).

E Area ölçümleri kontrollerde  $6.97 \pm 0.51$  cm<sup>2</sup> iken, pre-PPBV olarak  $7.03 \pm 0.39$  cm<sup>2</sup> ( $p=0.362$ , anlamsız) bulundu. Post PPBV ise  $7.24 \pm 0.57$  cm<sup>2</sup> ( $p=0.631$ , anlamsız) bulundu.

A Area ölçümleri kontrollerde  $3.16 \pm 0.15$  cm<sup>2</sup> iken, pre-PPBV olarak  $3.88 \pm 0.43$  cm<sup>2</sup> bulundu ( $p=0.0003$ ). Post-PPBV ise  $3.75 \pm 0.41$  cm<sup>2</sup> ( $p=0.563$ , anlamsız) bulundu.

E Area / A Area kontrollerde  $2.20 \pm 0.18$  iken, pre-PPBV olarak  $1.82 \pm 0.14$  ( $p=0.0002$ ), post-PPBV  $1.97 \pm 0.20$  bulundu ( $p=0.003$ ).

E Deceleration Time (ET) kontrollerde  $141.68 \pm 2.94$  msn iken, pre-PPBV olarak  $102.68 \pm 2.94$  msn ( $p=0.001$ ), post-PPBV ise  $127.78 \pm 10.37$  msn bulundu ( $p=0.0005$ ).

Kateterle elde edilen pre-PPBV pulmoner kapak gradient!  $61.12 \pm 7.20$  mmHg iken, post-PPBV olarak  $20.31 \pm 8.06$  mmHg olarak bulundu ( $p=0.0005$ ).

**Tablo 1.** Kontrol değerleri ile hastalara ait prevalvüloplasti değerlerinin karşılaştırılması.

Parametre	Kontrol	Prevalvüloplasti	p
E Peak cm/sn	67.49±3.82	62.38±3.96	0.0004
A Peak cm/sn	32.18±3.43	59.32±2.37	0.0003
E Peak/A Peak	2.11±0.21	1.04±0.08	0.0002
E Area cm <sup>2</sup>	6.97±0.51	7.03±0.39	0.3621*
A Area cm <sup>2</sup>	3.16±0.15	3.88±0.43	0.0003
E Area/A Area	2.20±0.18	1.82±0.14	0.0002
E Deceleration	141.68±2.94	102.11±3.42	0.001

\* Anlamsız

**Tablo 2.** Hastalara ait prevalvüloplasti ve postvalvüloplasti değerlerinin karşılaştırılması

Parametre	Prevalvüloplasti	Postvalvüloplasti	p
E Peak cm/sn	62.38±3.96	64.49±1.74	0.0155
A Peak cm/sn	59.32±2.37	42.89±3.02	0.0001
E Peak/A Peak	1.04±0.08	1.50±0.06	0.0003
E Area cm <sup>2</sup>	7.03±0.39	7.34±0.57	0.631*
A Area cm <sup>2</sup>	3.88±0.43	3.75±0.41	0.563*
E Area/A Area	1.82±0.14	1.97±0.20	0.003
E Deceleration	102.11±3.42	127.78±10.37	0.0005
PKG	61.12±7.20	20.31±8.06	0.0005

PKG Kateter ile elde edilen Pulmoner Kapak Gradienti

\* Anlamsız

Olgulardan elde edilen pre-PPBV değerler ile kontrollerin karşılaştırılması Tablo 1'de, post-PPBV değerler ile karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Pulmoner kapak sağ ventrikülün infundibulumu ile pulmoner arter arasındadır. Anulusun çevresi yaklaşık 7+1 cm.dir. Erkeklerde kadınlardan 0.5 cm. kadar daha geniştir (22). Erişkinde görülen kongenital kalp lezyonlarının %7'si pulmoner stenozdur (1). Pulmoner kapak üzerine yapılacak girişimsel olaylarda en önemli faktör transvalvüler gradienttir. Gradientin 70 mmHg üzerinde olduğu vakalarda cerrahi tedavi önerilmektedir. Bir diğer girişimsel tedavi yöntemi olan PPBV için gradient 50-70 mmHg arası olarak kabul edilmekle beraber bazı yazarlar 40 mmHg üzerindeki PS vakalarına PPBV önermektedirler (16). Buna karşın literatürde 90 mmHg üzerinde gradienti olan olgulara yapılan PPBV olguları yayınlanmıştır (8,14,23). Literatürden elde edilen veriler Tablo 3'de sunulmuştur.

PD ekokardiografi önceleri sistemik hipertansiyon, hipertrofik kardiyomyopati ve koroner arter hastalıklarında oluşan sol ventrikül diastolik fonksiyonlarını araştırmada kullanılmıştır (24,25). Mitral kapak yoluyla elde edilen Doppler verileri sineangiografi (18) ve radyonüklid angiografi (26,27) ile elde edilen ölçümlere

yakın değerler vermişlerdir. SV için de benzer olarak triküspit kapak yoluyla Doppler verileri elde edilmiştir (28). Triküspit kapak yoluyla elde edilen erişkinlere ait normal değerler yayınlanmıştır (29,30).

Çalışmada ele aldığımız parametreler dikkate alındığında, E area (alan) ölçümü dışındaki tüm parametrelerde kontrollere göre PS'lu vakalarda diastolik disfonksiyonu gösterecek şekilde istatistiksel olarak anlamlı bozulma vardır (Tablo 1,2). Bu bulgular, PS'lu olgularda muhtemelen oluşan SV basınç artışına bağlı olarak diastolik fonksiyonların bozulduğunu göstermektedir.

PPBV işleminde başarılı olup olunmadığını anlamak için, işlemin öncesi ve sonrasındaki pulmoner kapak gradientlerinin karşılaştırılması yeterli olacaktır. İşlem öncesinde 61.12±7.20 mmHg olan gradient ortalaması, sonrasında 20.31±8.06 mmHg'a inmiştir (p=0.0005).

Başarılı olan PPBV işleminden sonra, daha önce bozulmuş olduğunu tespit ettiğimiz SVDF'nda ne gibi değişikliklerin olduğunu anlayabilmek için yeniden PD ekokardiografik tetkikler yapılarak valvüloplasti öncesi elde edilen değerlerle kıyaslandı (Tablo 2).

Literatürde yapılan çalışmaya benzer sadece Vermillion (1)'un 1991 yılında çocuk hastalar üzerinde yaptığı çalışma vardır. Vermillion (1)'un bulduğu sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara benzerdir (Tablo 4). PPBV uygulanan çocuk hastalara ait uzun süreli takip esnasında SVDF'nda olan değişiklikleri 1990 yılında bir başka makalesinde yayınlayan Vermillion (31), fonksiyonlarda gittikçe bozulma olduğu kanaatine varmıştır.

Klein (32), 1990 yılında yapmış olduğu bir çalışmada kardiyak amiloidozlu vakalarda oluşan diastolik fonksiyon bozukluklarını göstermiştir. Bu konuyla direkt ilişkili olmamakla beraber vermiş olduğu kontrol vakalarına ait referans verilerin, kendi kontrol vakalarımızla karşılaştırıldığında birbirine yakın olduğu görüldü (Tablo 4).

Pye (27) 1991 yılında yayınlamış olduğu bir makalede SVDF'na ait normal parametreler vermiştir. Pye çalışmasına yaşları 26 ile 77 arasında değişen (ortalama 45), 74 normal (39 erkek ve 35 kadın) sağlıklı bireyi almıştır. Elde ettiği normal değerler literatürde daha önce yayınlanmış en geniş kontrol verilerini yansıtmaktadır. Bulgularımızı bunlarla karşılaştırdığımızda, E Peak ve E Peak /A Peak oranı farklılık göstermektedir (Tablo 4).

SVDF'nı göstermek için triküspit kapak yoluyla elde edilen veriler sol ventrikül outflow'unun tıkanıdığı vakalarda mitral kapaktan alınan verilerle yakın benzerliktedir (3,39).

Sol ventrikül üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar göstermiştir ki, ventriküldeki hipertrofi ile sol ventrikül doluş anormalliği (diastolik disfonksiyon) arasında yakın bir ilişki vardır (8,11,24). Bu çalışmada her ne kadar

Tablo 3. Pulmoner balon valvüloplastiden elde edilen erken sonuçlar.

Literatür	Hasta Sayısı	Yaş	Pulmoner Kapak Gradianti	
			Önce	Sonra
Kan	(4)	1	8	14
Lababidi	(35)	18	11 ay - 8 yaş	23
Rao	(36)	54	7 gün - 20 yaş	29
Beekman	(37)	56	4 - 6	35
Lamele	(38)	30	0.4 - 10	23+10
Feit	(39)	37	2 gün - 23 yaş	27
Baltesini	(40)	46	20 gün - 14 yaş	26±12
Ünal	(22)	18	13 - 17	36±12
Al- Kasab	(8)	21	15 - 37	26±12
Fawzy	(41)	22	16-45	15+8.8
Herrman	(42)	8	23-66	22±6
McCrindle	(12)	46	3 ay - 56 yaş	23±14
Sievert	(14)	26	17-72	43±19
Zacharisen	(1)	27	5 gün - 14 yaş	29+4.4
GATA (*)		16	16-23	20±8

(\*) Bu çalışma

Tablo 4. Bulguların literatürle karşılaştırılması

	Vermillion (21)	Vermillion (31)	Klein (32)	Pye (30)	GATA (1)
Peak E*	0.66±0.1	0.63±0.1	0.57±0.08	0.51 ±0.08	0.67±0.03
**	0.59±0.2	0.59±0.2			0.62±0.3
***	0.59±0.2	0.75±0.1			0.64±0.1
Peak A*	0.39±0.08	0.38±0.09	0.39±0.06	0.35±0.09	0.32±0.03
**	0.64±0.2	0.64±0.2			0.59±0.2
***	0.71 ±0.3	0.47±0.09			0.42±0.3
Peak E/A*	1.76±0.4	1.74±0.5	1.5±0.3	1.75±0.67	2.1H0.2
**	1.11±0.5	1.11±0.5			1.5±0.06
***	0.95±0.3	1.65±0.3			1.04±0.08
E Area*	0.70±0.02	0.71 ±0.08			0.69±0.05
**	0.70±0.03				0.70±0.03
	0.71 ±0.04				0.72±0.05
A Area*	0.30±0.01				0.31 ±0.01
**	0.50±0.03				0.38±0.04
***	0.60±0.02				0.37±0.04
E/A*	2.96±1.1	3.5±1.2			2.20±0.1
**	1.73H.0	1.73±1.0			1.82±0.1
***	1.29±0.7	2.48±0.8			1.97±0.2
E Dec.*		140±2	163±4		141.7±3.0
					102.U3.4
					127.8±10

1 Bu çalışma

\* Kontrol değerleri

\*\* Prevalvüloplastisi değerleri

\*\*\* Postvalvüloplastisi değerleri

SV kitlesinin ölçümünü (noninvaziv olarak kesin doğrulukta ölçemediğimizden dolayı) yapmamakla birlikte tüm olgularda ekokardiografik olarak SV hipertrofisi tespit edildi. Eğer sadece, hipertrofi yalnız başına diastolik fonksiyon bozukluğundan sorumlu olsaydı hipertrofi gerilemeden diastolik fonksiyonlar düzelmeye başlamaya-

caktı. Bu durumda ancak, hastaların çok uzun süreli takipleri sonunda diastolik fonksiyonların (PPBV'den sonra) düzelişip düzelenmediği hakkında yorum yapılabilecekti. Elde ettiğimiz sonuçlar PPBV öncesinde SVDF'nda bozukluk olduğu ve bu bozukluğun valvüloplastiden sonra düzelmeye başladığını göstermektedir.

Bu çalışmada her ne kadar PPBV'den sonra diastolik fonksiyonlarda düzelleme tespit edildiye de, hiçbir zaman uzun süreli takip sonuçlarının kıymeti inkar edilemez. Bu açıdan bakıldığında, çalışmadaki olguların uzun süreli takip sonuçlarının ileride yayınlanması oldukça faydalı olacaktır.

Kontraksiyon esnasında afterload, ventrikül kas liflerinin uzunluk oranları ve kasılmaları üzerine oldukça etkilidir. İşte, SV duvarındaki basıncı PPBV ile normalleştirmek, basınç nedeniyle oluşan hipertrofilerde görülen SV gevşeme bozukluklarının düzelmesindeki temel mekanizma olarak kabul edilmektedir (7,21). Basınç yüklenmesi nedeniyle subendokardial iskemi oluşması ve bu iskeminin diastolik fonksiyonlarda bozulmaya neden olduğu düşünülmektedir (39).

Sonuç olarak, PS'lu hastalarda PPBV'nin hem kolay ve hem de genel anestezi gerektirmeyen uygulanışı ile, uygun olgularda tercih edilebilecek bir işlem olduğu söylenebilir. Bütün bunlara ilave olarak SVDF'na olan olumlu etkisinin valvüloplasti sonrası erken dönemde başlaması ise işlemin faydalı olduğunun diğer bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

## KAYNAKLAR

- Zacharisen MC, Friedberg DZ. Percutaneous balloon pulmonary valvuloplasty in children. *Wisconsin Med J* 1991; 90:15-8.
- Kopecky SL, Gersh BJ, McGoon MD, Long-Term outcome of patients undergoing surgical repair of isolated pulmonary valve stenosis, follow-up at 20-30 years. *Circulation* 1988; 78:1150-56.
- Semb BKH, Tjonneland S, Stake G. Balloon valvulotomy of congenital valve stenosis with tricuspid valve insufficiency. *Cardiovasc Radiol* 1979; 2:239-41.
- Kan JS, White RI, Mitchell SE, Gardner TJ. Percutaneous balloon valvuloplasty: A new method for treating congenital pulmonary valve stenosis. *N Engl J Med* 1982; 370:540-2.
- Locak JE, Castaneda-Zuniga WR, Fuhrman BP. Balloon dilatation angioplasty of hypoplastic and stenotic pulmonary arteries. *Circulation* 1983; 67:962-7.
- Rathke W, Keane JF, Fellows KE. Percutaneous balloon valvotomy of congenital pulmonary stenosis using oversized balloons. *JACC* 1986; 8:909-15.
- Lima CO, Sahn DJ, Valdes-Cruz LM. Noninvasive prediction of transvalvular pressure gradient in patients with pulmonary stenosis by quantitative two-dimensional echocardiographic doppler studies. *Circulation* 1983; 67:866-71.
- Al Kasab S, Ribeiro PA, Al Zaibag MA, Halim M, Habbab MA, Shadid M. Percutaneous double balloon pulmonary valvotomy in adults: One-to two year follow-up. *Am J Cardiol* 1988; 62:822-4.
- Al Kasab S, Ribeiro PA, Al Zaibag MA. Use of Double Balloon technique for percutaneous balloon pulmonary valvotomy in adults. *Br Heart J* 1987; 58:136-41.
- Chow WH, Chow TC. Percutaneous pulmonary balloon valvuloplasty in adults. *Am J Cardiol* 1992; 69:1111-12.
- Khan MA, Yousef SA, Mullins CE. Percutaneous transluminal balloon pulmonary valvuloplasty for the relief of pulmonary valve stenosis with special reference to double balloon technique. *Am Heart J* 1986; 112:158-66.
- McCordle BW, Kan JS. Long-term results after balloon pulmonary valvuloplasty. *Circulation* 1991; 83:1915-22.
- Sherman W, Hershman R, Alexopoulos D, Cohen M, Midwall J. Pulmonic balloon valvuloplasty in adults. *Am Heart J* 1990; 119:186-90.
- Sievert H, Kober G, Bushman WD, Reuhl J. Long term results of percutaneous pulmonary valvuloplasty in adults. *Eur Heart J* 1989; 10:712-7.
- Qureshi SA, Rozenthal E, Tynan M, Anjans R, Baker EJ. Transcatheter laser-assisted balloon pulmonary valve dilatation in pulmonic valve atresia. *Am J Cardiol* 1991; 67:428-31.
- Rao PS. Indications for pulmonary valvuloplasty. *Am Heart J* 1988; 116:1661-62.
- Eichhorn P, Grimm J, Koch R, Hess O, Caroll J, Krayenbuehl HP. Left ventricular relaxation in patients with left ventricular hypertrophy secondary to aortic valve disease. *Circulation* 1982; 65:1395-1404.
- Fifer MA, Borow KM, Colan SD, Lorell BH. Early diastolic left ventricular function in children and adults with aortic stenosis. *JACC* 1985; 5:1147-54.
- Murakami R, Hess OM, Gage JE, Grimm J, Krayenbuehl HP. Diastolic filling dynamics in patients with aortic stenosis. *Circulation* 1986; 73:1162-74.
- Wind BE, Snider AR, Buda AG, Dilworth LR. Pulsed doppler assessment of left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease before and immediately after coronary angioplasty. *Am J Cardiol* 1987; 59:1041-46.
- Vermillion RP, Snider AR, Bengur AR, Meliones JN, Peters J, Merida-Asmus L. Pulsed Doppler Evaluation of Right ventricular diastolic filling in children with pulmonary valve stenosis before and after balloon valvuloplasty. *Am J Cardiol* 1990; 66:79-84.
- Unal S, Narin A. Percutaneous balloon valvotomy. *Istanbul. Renk Publ. Co.* 1991:135-52.
- Rao PS, Thapar MK, Kutayli F. Causes of restenosis after balloon valvuloplasty for pulmonary stenosis. *Am J Cardiol* 1988; 62:979-82.
- Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function. New insights from a combined hemodynamic and doppler echocardiographic study. *JACC* 1988; 12:426-40.
- Meliones JM, Snider AR, Serwer GA, Shaffer EM, Rocchini AP, Beekman RH. 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.
- 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.

27. Spirito P, Maron BJ, Bonow RP. Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function. Comparative analysis of doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques. *JACC* 1986; 7:518-26.
28. Riggs TW, Rodriguez R, Snider AR, Batton D. Doppler echocardiographic evaluation of right and left ventricular diastolic function in normal neonates *JACC* 1985; 13:700-5.
29. Pepine CJ, Gessner I, Feldman RL. Percutaneous balloon valvuloplasty for pulmonic valve stenosis in adults. *Am J Cardiol* 1982; 50:1442-45.
30. Pye MP, Pringle SD, Cobbe SM. Reference values and reproducibility of doppler echocardiography in the assessment of the tricuspid valve and right ventricular diastolic function in normal subjects. *Am J Cardiol* 1991; 67:269-73.
31. Vermillion RP, Snider AR, Bengur AR, Meliones JN. Long-term assessment of right ventricular diastolic filling in patients with pulmonic valve stenosis successfully treated in childhood. *Am J Cardiol* 1991; 68:648-52.
32. Klein AL, Hatle LK, Burstow DJ, et al. Comprehensive doppler assessment of right ventricular diastolic function in cardiac amyloidosis. *JACC* 1990; 15:99-108.
33. Colan SD, Sanders SP, McPherson D, Borow KM. Left ventricular diastolic function in elite athletes with physiologic cardiac hypertrophy. *JACC* 1991; 6:545-9.
34. Lorell BH, Grossman W. Cardiac hypertrophy. The consequences for diastole. *JACC* 1987; 9:1189-93.
35. Lababidi Z, Wu JR. Percutaneous balloon pulmonary valvuloplasty. *Am J Cardiol* 1983; 52:560-2.
36. Rao PS, Fawzy ME, Solymar L, Mardini MK. Long-term results of balloon pulmonary valvuloplasty of valvar pulmonic stenosis. *Am Heart J* 1988; 115:1291-96.
37. Beekman RH, Rocchini AP. Pulmonary valvuloplasty. Textbook of Interventional Cardiology in Topol EJ (ed) WB Saunders Co Philadelphia 1990:900-11.
38. Lamele JS, Sanmorti J, Carsaldaliga J, Antscherl N, Hebran HI. Pulmonary valvuloplasty and right ventricle hemodynamic and doppler follow-up (Abstr). *Eur Heart J* 1989; 10 (Suppl):1430.
39. Feit F, Davis K, Kennedy JW, NHLBI balloon valvuloplasty registry. Percutaneous balloon pulmonic and tricuspid valvuloplasty in adults (Abstr). *Circulation* 1990; 82(Suppl III):0306.
40. Ballerini L, Mullins CE, Cifarelli A, et al. Percutaneous balloon valvuloplasty of pulmonary valve stenosis, dysplasia and residual stenosis after surgical valvotomy for pulmonary atresia with intact ventricular septum: Long-term results. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 19:165-9.
41. Fawzy ME, Galal O, Dunn B, Shaikh A, Sriram R, Duran CMG. Regression of infundibular pulmonary stenosis after successful balloon pulmonary valvuloplasty in adults. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 21:77-81.
42. Herrmann HC, Hill JA, Krol J, Cleaveland JP, Pepine CJ. Effectiveness of percutaneous balloon valvuloplasty in adults with pulmonic valve stenosis. *Am J Cardiol* 1991; 68:1111-13.