

Romatizmal Mitral Kapak Hastalarında Renkli M-mod Doppler Ekokardiyografi ile Pulmoner Arter Basıncının Değerlendirmesi

Uz. Dr. Bülent MUTLU, Doç. Dr. Muzaffer DEĞERTEKİN, Uz. Dr. Cem ERMEYDAN,
Uz. Dr. Kenan SÖNMEZ, Uz. Dr. Nuri KURTOĞLU, Dr. Elif EROĞLU,
Doç. Dr. Yılmaz CİNGÖZBOY*, Doç. Dr. Yelda BAŞARAN, Prof. Dr. Fikret TURAN

Koşuyolu Kalp Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği, *GATA Haydarpaşa Hastanesi Kardiyoloji Kliniği, İstanbul

ÖZET

Pulmoner arter basıncının (PAB) non-invazif olarak ölçülmesi hastaların takip ve değerlendirilmesinde önemlidir. Ekokardiyografi, PAB ölçümünde konvansiyonel Doppler'den yararlanılarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada amacımız; PAB'ni yeni bir yaklaşımla, renkli M-mod Doppler'den yararlanarak hesaplamaktır.

Çalışmaya sağ ventrikül sistolik fonksiyonu normal olarak değerlendirilen ve kardiyak kateterizasyon ile PAB'i ölçülmüş 68 olgu (38K,30E yaş ortalaması= 36.2±15.8 yıl) dahil edildi. Ekokardiyografi işleminde renk skalası "aliasing" oluşturacak şekilde ayarlandı. M-mod imleci akıma mümkün olduğunca paralel olacak şekilde pulmoner kapakların üzerine yerleştirilerek renkli M-mode Doppler görüntüleri kaydedildi. Pulmoner akım renkli M-mode Doppler görüntüden oluşan "aliasing" eğimleri (flow propagation velocity (FPV) cm/sn) ölçüldü. Pulmoner arterden elde edilen FPV ölçümü, 59 hastada (%87) başarıyla gerçekleştirildi. Hastaların pulmoner arter basınçları ekokardiyografik olarak pulmoner arter akım hızlanma zamanı (PAHZ) ve triküspid yetersizliği (TY) jeti hızı kullanılarak da hesaplandı.

Ortalama PAB değerleri 33.0±14.2 mmHg, 37.2±12.7mmHg ve 33±16.6 mmHg olarak sırasıyla renkli Doppler M-mod, PAHZ ve kateterizasyon yöntemleri ile elde edildi. FPV yöntemi ile elde edilen değerler ile PAHZ ve TY ekokardiyografik yöntemlerinden elde edilen ölçümler arasında sırasıyla, r=0.79, p<0.0001, r=-0.71, p<<0.0001 korelasyon katsayıları saptandı. FPV değerleri ile kateterizasyondan elde edilen ortalama PAB'leri arasında lineer regresyon eşitliği y=-0.41x+58.3, SEE=6.5mmHg olarak bulundu. Regresyon analizinde FPV ile Kateterizasyon PAB değerleri arasında iyi derecede negatif korelasyon elde edildi (r=-0.85, p<0.0001).

Sonuç olarak; renkli M-mod Doppler ile PAB hesaplanmasının, non-invazif, güvenilir ve pratik olarak kullanılacak bir alternatif bir yöntem olduğu saptandı.

Anahtar kelimeler: Pulmoner arter basıncı, renkli M-mod, ekokardiyografi

Pulmoner arter basıncının (PAB) non-invazif olarak ölçülmesi mitral kapak hastalarının klinik takip ve girişim zamanının belirlenmesinde önemlidir. Ekokardiyografide PAB değerlendirilmesi, triküspid yetersizliği (TY) jeti hızından pulmoner arter akım hızı akselerasyon zamanından (PAHZ) ve sağ ventrikül sistolik zaman interval oranlarından yapılmaktadır (1-5). Bu yöntemler klinikte yaygın olarak kullanılmasına rağmen kendi içlerinde teknik ve uygulama sınırlılıkları vardır (1-5).

Renkli M-mod Doppler, sol ventrikül (LV) diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde son dönemde sıkça kullanılan yöntemlerden biridir (6-10). Ayrıca LV diyastol sonu ve pulmoner kapiller uç basıncı tahmininde kullanıldığı çalışmalar da yayınlanmıştır (11-12). Renkli akımın zaman içindeki ilerlemesine dayanan bu yöntemi kullanarak pulmoner akımı inceleyen ve basınç değerlendirmesini yapan araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada amacımız; renkli M-mod Doppler yönteminin PAB ölçümündeki değerini araştırmak ve mevcut ekokardiyografik yöntemler yanında alternatif bir parametre olarak güvenilirliğini değerlendirmektedir.

MATERYEL ve METOD

Hasta grubu

Çalışmaya mitral kapak hastalığı nedeniyle takip edilen 68 olgu dahil edildi. Çalışmaya alınan hastaların 35'inde mitral darlığı (MD), 16'sında mitral yetersizliği (MY) ve 17'sinde MD+MY bulunmaktaydı. Hastaların 44'ünde (%65) NSR, 24'ünde (%35) atriyal fibrilasyon saptandı. Sağ ventrikül sistolik disfonksiyonu, çıkış yolu gradienti ve pulmoner kapak darlığı olanlar çalışma dışı bırakıldı (Tablo1).

Ekokardiyografi

Vingmed GE sistem V ve CFM 800 ekokardiyografi cihazları ile 3.25 MHz transtorasik probalar kullanıldı. Hasta-

Tablo 1. Tüm vakaların ve kateter ile ölçülen ortalama PAB göre yapılan grupların demografik, elektrokardiyografik, hemodinamik ve ekokardiyografik ölçüm değerleri ve özellikleri

	Tüm Vakalar	PAB ort < 20 mmHg	PAB ort 20-40 mmHg	PAB ort < 40 mmHg
Hasta Sayısı	68	22	27	19
Yaş	36.2±15.8	24.1±10.23	38±14.3	43.6±16.9
Cins (kadın/erkek)	38/30	9/13	17/10	12/7
Ritm (% sinüs ritmi)	65	95	56	42
PAB katater ortalama (mmHg)	33±16.6	14.8±2.9	29.2±6.9	51.9±9.4
PAB katater sistolik (mmHg)	49.4±20.2	27.3±4.2	44.1±8.4	73.1±11.6
Triküspid kaçak akım hızı (m/sn)	3.1±0.7	2.2±0.21	3.0±0.45	3.5±0.65
PAHZ (msn)	92.9±25.7	123.6±11.4	90.2±18.4	69.8±13.9
FPV (cm/sn)	61.1±34.3	110±23.4	52.5±14.6	33.5±8.9

PAB: Pulmoner arter basıncı, PAHZ: Pulmoner arter akım hızlanma zamanı, FPV: Akım yayılım hızı

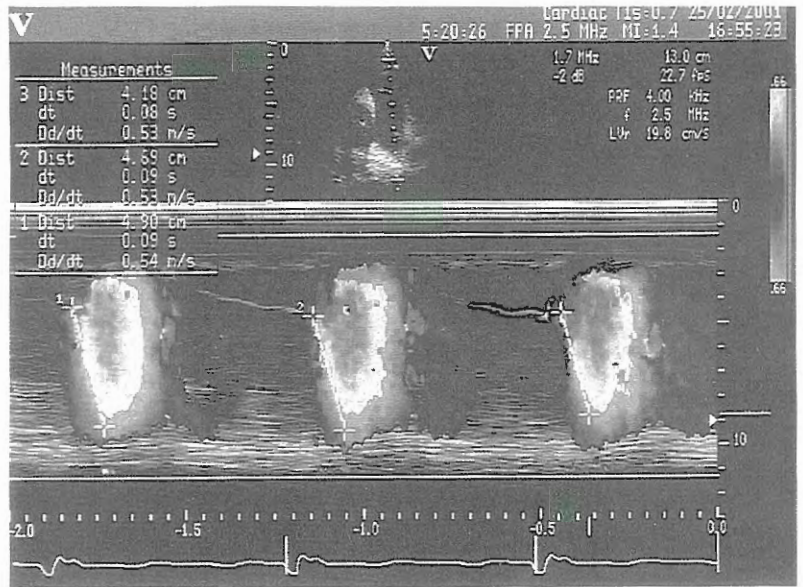
lara sol lateral dekubitus pozisyonunda ekokardiyografik inceleme yapıldı. Ekokardiyografik ölçüm ve değerlendirmede Amerikan Ekokardiyografi Cemiyeti'nin önerdiği yöntemlere uyuldu (13). Tüm transtorasik ekokardiyografik incelemelerin video kayıtları alındı.

Pulmoner arter renkli M-mod Doppler yöntemi

Pulmoner akım ölçümleri parasternal kısa eksen kesitlerde yapıldı. Renkli M-mod Doppler ölçümleri öncesinde cihazın renk skalası "aliasing" oluşturacak şekilde ayarlandı. M-mod çizgisi pulmoner arter içerisinde akıma mümkün olduğunca paralel olacak şekilde yerleştirildi. Görüntülerin net olarak izlendiği en dar sektör açısı seçilerek yüksek görüntü yenileme hızında çalışıldı ve renkli M-mod Doppler kayıtları alındı. M-mod geçiş hızı 100mm/sn olarak ayarlandı ve tüm görüntüler video kasete kaydedildi. Pulmoner kapakların üzerinde izlenen renkli M-mod Doppler görüntüsünde oluşan "aliasing" eğimleri (akım yayılım hızı "flow propagation velocity" (FPV) cm/sn) ölçüldü (Şekil 1). NSR olan vakalarda 3, AF'da 5 ardışık FPV ölçümünün ortalaması alındı.

Triküspid yetersizliği jetinden PAB ölçümü

Triküspid yetmezlik jeti değerlendirmesinde apikal, subkostal ve parasternal kesitler kullanıldı. Sıralanan kesitlerde renkli Doppler ile değerlendirilen TY jetine paralel olarak girilerek, devamlı akım Doppler'i ile spektral akım örnekleri sistematik olarak incelendi (14,15). Spektral akım örnekleri içerisinde TY jet akımının zarfı tam oluşturduğu en uygun kayıt içerisinden, en yüksek akım hızı örneklerinin sinüs ritminde 3, AF'da 5 ardışık atımın ortalaması alındı. Modifiye Bernolli eşitliği $4v^2$ (v = akım hızı, cm/sn) kullanılarak triküspid kapağa ait sağ ventrikül ile atriyum arası sistolik gradiyent hesaplandı. Bu gradiyente 10 mmHg'lık



Şekil 1. Pulmoner arter renkli m-Mode Doppler görüntüsüne oluşan "aliasing" eğimleri (flow propagation velocity (FPV) cm/sn) ölçümü.

sağ atriyal basınç Currie ve ark.(15) tarafından tanımlandığı şekilde sabit olarak ilave edilerek PAB hesaplandı.

Pulmoner arter akım hızlanma zamanından PAB ölçümü

Transduser sol ikinci veya üçüncü interkostal bölgeye yerleştirilerek, parasternal kısa aks görüntüleri alındı. Bu görüntülerde ana pulmoner arterin en net olduğu alan seçilerek M-mod çizgisi pulmoner akıma paralel olacak şekilde yerleştirildi. Pulsed-wave Doppler imleci sağ ventrikül çıkış yolunun merkezine ve pulmoner kapakların hemen üzerindeki, spektral akım örnekleri yatay akış hızı 100mm/sn olarak kaydedildi. Spektral Doppler sistolik pulmoner arter akımının başladığı nokta ile en yüksek akım hızı arası süre (PAHZ) ölçüldü (16). Mahan ve ark.(17) tarafından sunulan regresyon eşitliği kullanılarak "PAB = 79 - 0.45 PAHZ" ortalama PAB hesaplandı. Vaka grubu-

muzda kalp hızı 120 atım/dk'nın üzerinde olan olgu bulunmaması nedeniyle kalp hızlarına göre düzeltme yapılmadı.

Kardiyak kateterizasyon

Hastalar TTE sonrası ortalama 60 dakika içerisinde kateterizasyon laboratuvarına alındı. Femoral yaklaşımla sağ sol kalp kateterizasyonu uygulandı. Hastaların pulmoner arter basınç değerlendirmesinde Swan-Ganz kateter kullanıldı. Ölçümler Siemens CD-7000 monitör kullanılarak 50 mm/sn hızında EKG, basınç kayıtları yapıldı ve NSR'de 3, AF'da 5 ölçümün ortalaması esas alındı.

Olgular kateterizasyonda ölçülen ortalama pulmoner arter basınçları 20 mmHg altı (Grup1: normal PAB 22 vaka, 13 erkek, yaş ortalaması:24.1±10.2), 20-40 mmHg (Grup2: Hafif pulmoner hipertansiyon, 27 vaka, 10 erkek, yaş ortalaması:38±14.3) ve 40 mmHg üstü (Grup3:Orta-ileri pulmoner hipertansiyon, 19 vaka, 7 erkek, yaş ortalaması: 43.6±16.9) olmasına göre üç gruba ayrıldı.

İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesinde "SPSS for windows" paket programı kullanılmıştır. Tüm parametrelerin ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplandı. Her üç gruba göre kantitatif değişkenler için student-t testi, kalitatif değerlerin karşılaştırması için Ki-kare testi kullanıldı. Sınır değerlerin saptanması, sensitivite, spesifisite, pozitif ve negatif kestirim değerlerinin hesaplanmasında "Medcal" paket programı kullanıldı. Gözlemciler arası ve içi değişkenlik lineer regresyon ile Bland-Altman analizi kullanılarak değerlendirildi. Tüm değerler ± 1 standart sapma olarak verildi, "p" değerinin < 0.05 olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Sağ kalp kateterizasyonu uygulanan 68 vakanın sistolik PAB 21-95 mmHg (ortalama 49.4±20.2) ve ortalama PAB 8-75 mmHg (ortalama 33±16.6) ölçüldü. Olguların 22'sinin ortalama PAB değeri < 20 mmHg, 27'si 20-40 mmHg ve kalan 19'unun ise > 40 mmHg bulundu.

Tablo 2. Kataterle ölçülen ortalama ve sistolik basınçlarla (mmHg) pulmoner arter akım hızlanma zamanı (PAHZ), TY jeti hızı (m/sn) ve renkli M-mode Doppler ile ölçülen FPV (cm/sn) değerlerinin karşılaştırmasından elde edilen korelasyon katsayıları

	Kateter Ortalama PAB (mmHg) ile korelasyon katsayısı	Kateter Sistolik PAB (mmHg) ile korelasyon katsayısı
PAHZ (sn)	-0.7	-0.65
TY jeti velositesi (m/sn)	0.78	0.83
FPV (cm/sn)	-0.85	-0.78

PAB: Pulmoner arter basıncı, PAHZ: Pulmoner arter akım hızlanma zamanı, TY: Triküspid yetmezliği, FPV: Akım yayılım hızı

Pulmoner arter renkli M-mod Doppler değerlendirme

FPV, 68 olgunun 59'unda (%87) net olarak değerlendirildi ve ölçüm alındı (Şekil 1). Olgularda FPV 19-142 cm/sn (61.1±34.3 cm/sn) arasında değişirken, PAB 20 mmHg altında olan grupta 110±23.3, 20-40 mmHg arası 52±14.7 ve 40 mmHg üzerinde 33.5±8.9 cm/sn olarak hesaplandı. FPV değerleri ile ekokardiyografik parametreler karşılaştırıldığında, TY jeti hızı ile $r=-0.71$, $p<0.0001$ ve PAHZ ile $r=0.79$, $p<0.0001$ korelasyonları saptandı. Kardiyak kateterizasyondan elde edilen verilerle karşılaştırılmasında ise sistolik PAB ile $r=-0.78$, $p<0.0001$ ve ortalama PAB ile $r=-0.85$, $p<0.0001$ korelasyon katsayıları saptandı. Tüm veriler içerisinde en yüksek korelasyon saptanan kateter ortalama PAB'nın ritme göre yapılan sub-grup analizinde NSR'de $r=-0.81$, $p<0.0001$ ve AF'da $r=-0.78$, $p<0.0001$ bulundu. Kateter ortalama PAB değerlerinin FPV ile lineer regresyon eşitliği $y=-0.41x+58.3$, $r=-0.85$, $p<0.0001$, SEE=6.5 mmHg olarak hesaplandı (Şekil 2). Verilerin grafiksel dağılımları değerlendirilerek yapılan logaritmik regresyon analizinde ise $y=-28.3Ln(x)+145.6$, $r=-0.90$, $p<0.0001$, SEE=1.2 mmHg denklemi ve yüksek korelasyon katsayısı saptandı (Şekil 3). FPV değerleri kateterizasyon ortalama PAB verilerine göre gruplandırılarak (20 mmHg altı ile 20 mmHg ve üstü, 40mmHg: altı ile 40 mmHg ve üstü) ROC eğrileri çizildi, sınır değerleri saptandı ve bu değerler için sensitivite spesifisite, pozitif ve negatif kestirim değerleri hesaplandı (Tablo 3).

Triküspid yetersizlik jetinden PAB ölçümü

Triküspid yetersizlik jeti 47 (%69) vakada saptandı ve 43 (%63) vakada TY jetinden net Doppler spektral zarf görüntüsü alınarak en yüksek akım hızı ölçüldü. Ortalama PAB 20 mmHg altında olan grupta 8 (%36), 20-40 arasında 17 (%62) ve 40 mmHg üzerinde ise 18 (%94) vakada TY jetinden PAB hesaplanması yapılabildi. TY akım hızı 2-4.6m/sn (ortalama 3.1±0.7 m/sn) arasında değişmekteydi. TY jetinden hesaplanan sistolik PAB değerleri ile kateter sistolik PAB değerleri arasında iyi bir korelasyon bulundu ($r= 0.82$, $p< 0.0001$, SEE= 6.4 mmHg).

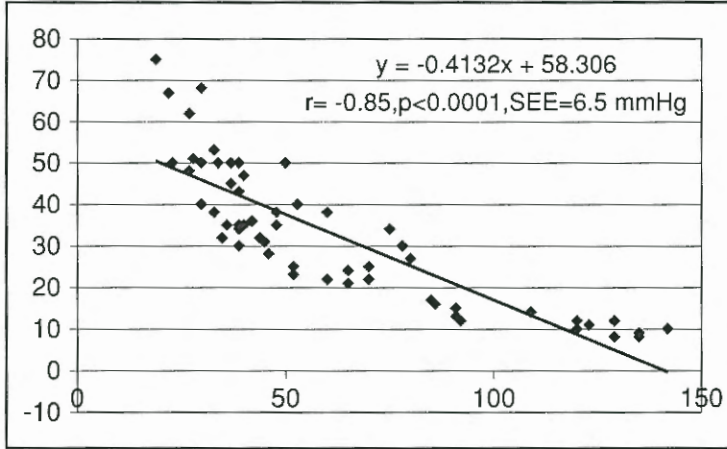
Pulmoner arter akım hızlanma zamanından PAB ölçümü

Olguların 63'ünde (%92) net pulse-wave Doppler sinyalleri sağ ventrikül çıkış yolundan kaydedildi.

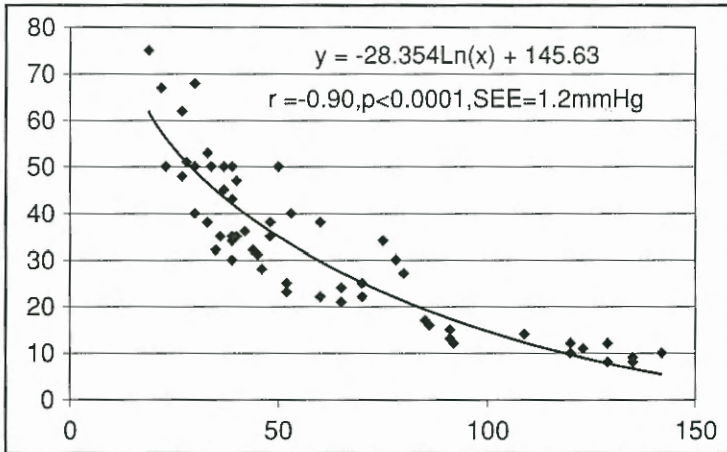
Tablo 3. Kateter ortalama basıncına göre yapılan gruplamaya göre renkli M-mode Doppler ile ölçülen FPV (Akım yayılım hızı, cm/sn) için hesaplanan sınır, sensitivite, spesifisite, pozitif ve negatif kestirim değerleri

Gruplar kateter ortalama PAB (mmHg) değerleri	FPV (cm/sn) Sınır değeri	Sensitivite %	Spesifisite %	Pozitif Kestirim Değeri %	Negatif Kestirim Değeri %
<20 ile > ve =20	80	93	100	100	97
<40 ile > ve =40	40	82	89	94	71

PAB: Pulmoner arter basıncı, FPV: Akım yayılım hızı



Şekil 2. Renkli M-mode Doppler ile ölçülen FPV (cm/sn) ile kateter ile ölçülen ortalama PAB değerlerinin lineer regresyon analizi ve denklemi.
X eksen: Renkli M-mode Doppler ile ölçülen FPV (cm/sn)
Y eksen: Kateter ile ölçülen ortalama PAB (mmHg)



Şekil 3. Renkli M-mode Doppler ile ölçülen FPV (cm/sn) ile kateter ile ölçülen ortalama PAB değerlerinin logaritmik regresyon analizi ve denklemi.
X eksen: Renkli M-mode Doppler ile ölçülen FPV (cm/sn)
Y eksen: Kateter ile ölçülen ortalama PAB (mmHg)

PAHZ ve ortalama PAB arasında doğrusal negatif korelasyon saptandı ($r = -0.70$, $p < 0.001$). Mahan formülü ile hesaplanan PAB değerinin "Standard Error of Estimate" değeri $SEE = 13.1$ mmHg olarak hesaplandı, bu vaka grubunun ortalama PAB'nın basıncının %39'na eşitti. PHZ verileri vaka grubu ritme gö-

re bölünerek incelendiğinde, AF olan grupta korelasyon değeri $r = -0.59$, $p < 0.01$ olacak şekilde azaldı.

Değerlendirme değişkenliği

Rastgele seçilmiş 15 hastanın FPV ölçümü aynı kişi tarafından farklı zamanlarda (gözlemci içi değişkenlik) ve aynı vakalar birbirinden habersiz farklı kişiler tarafından (gözlemciler arası değişkenlik) değerlendirildi.

FPV değerlerinin gözlemci içi değişkenliği 4.4 ± 8.5 cm/sn, gözlemciler arası değişkenliği 7.9 ± 11.2 cm/sn, FPV ölçümleri ile tahmin edilen ortalama PAB değerlerinin gözlemci içi değişkenliği 1.8 ± 3.5 mmHg, gözlemciler arası değişkenliği 3.2 ± 4.6 mmHg olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde saptandı.

TARTIŞMA

Pulmoner arter basıncının ölçümünde yararlanılan ekokardiyografik yöntemlerin kullanım kolaylığı yanında birtakım kısıtlamaları vardır (1-5). En sık kullanılan yöntemlerden biri olan TY jeti özellikle PAB normal grupta (< 20 mmHg) %30 oranında bulunduğundan bu yöntemle olguların önemli bir kısmında PAB ölçümü yapılamamaktadır (18,19). Pulmoner arter basıncı yükseldikçe TY jeti görülme sıklığı artmaktadır. Ancak bu yöntemle hesaplanan PAB kateterizasyon sonuçları ile karşılaştırıldığında sistolik PAB ile iyi bir korelasyon elde edilirken, ortalama PAB değerlendirmesinde korelasyon azalmaktadır (18,19). TY jetinden elde edilen basınç gradientine sağ atriyum basıncı ampirik olarak eklenerek PAB'nın hesaplanması, invazif olarak elde

edilen verilerle korelasyonunu azaltan nedenlerden biri olarak gösterilmektedir (18,19). Bu yöntem PAB hesaplanmasında pratik bir yaklaşım olmasına karşın tüm hastalara uygulanamaması ve kateterizasyonla ölçülen ortalama PAB ile korelasyonunun yüksek olmaması sınırlayıcı noktalardır.

Çalışmamızda TY jetinden pulmoner arter basıncı olguların %65'inde hesaplandı. Yöntemin uygulanabilirliğinin grup1'de %36, grup 2'de ise ancak %63'e ulaştığı saptandı. Kateterizasyonla elde edilen ortalama ve sistolik PAB değerlerine göre karşılaştırmada sırasıyla $r = 0.78$, $p < 0.0001$ ve $r = 0.83$, $p < 0.0001$ korelasyonları saptandı. TY jetinden ölçülen ortalama PAB'nın, sistolik PAB'na göre daha düşük korelasyon göstermesi literatürle uyumlu bulundu. Renkli M-mode Doppler yöntemi ise olguların %87'de başarı ile uygulandı ve yöntemin uygulanabilirliğinin gruplar arasında farklılık göstermediği saptandı (sırasıyla, grup1 %82, grup2 %89 ve grup3 %89).

Pulmoner akım hızlanma zamanı, literatürle benzer oranda (%88-93) olguların %93'ünde ölçüldü ve PAB basıncı hesaplandı (16,17). Sonuçlar kateterizasyonla elde edilen ortalama ve sistolik PAB karşılaştırıldığında sırasıyla $r = -0.70$, $p < 0.001$ ve $r = -0.65$, $p < 0.001$ korelasyonları bulundu. Bu sonuçlar, yöntemin uygulamasının başarı ile gerçekleştiğini ancak hesaplanan PAB değerinin kateterizasyonla orta derecede bir korelasyon gösterdiği bulundu. Literatürde PAHZ ile özellikle ortalama PAB arasında korelasyon ($r = 0.85$) yüksek bulunmuştur. Bu yüksek oranın saptandığı çalışmalarda PAHZ kalp hızına göre düzeltilmiş ve seçilen grupta ileri TY bulunan vakalar çalışma dışı bırakılmıştır (16-18). Çalışmamızda PAHZ ile PAB hesaplanmasında kalp hızına göre düzeltme yapılmaması ve vakaların önemli kısmında (%69) TY jeti bulunması literatüre göre daha düşük bulunan korelasyon değerini açıklayabilir. Bunun yanında PAHZ ile PAB arasındaki korelasyonun özellikle AF grubundaki vakalar incelendiğinde oldukça azaldığı saptanırken aynı grup için FPV korelasyonunun oldukça yüksek olması, AF sub-grubunda da FPV yöntemin daha güvenilir bir şekilde kullanılabilirliğini göstermektedir ($r = -0.59$ vs $r = -0.78$).

Pulmoner arter basıncı ölçümünde Zeiher ve ark.(20) alternatif bir yöntem olarak kontrast M-mod ekokardiyografi yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemde, kontrast madde ile ana pulmoner arter M-mod gö-

rüntülerinde oluşan çizgilenmelerin eğiminden PAB'ını hesaplamışlardır. Bu çizgilenmelerin sistol periyotları içinde oluşturduğu eğimlerin ortalaması ile PAB ve pulmoner vasküler rezistans arasında iyi bir korelasyon ($r = -0.80$, $p < 0.001$) elde edilmiştir (20). Sınırlı hasta (30 olgu) sayısı ile yapılan bu çalışmada elde edilen M-mod eğim değerleri ortalaması PAB'ı yüksek olan olgularda 34.2 cm/sn normal olanlarda ise 65.4 cm/sn olarak bulunmuştur. FPV değerlerinde PAB azaldıkça meydana gelen artış renkli M-mod Doppler ile elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik gösterdi. Çalışmamızda ise ortalama PAB 20 mmHg'dan yüksek olanlarda FPV 43.6 cm/sn, normal olanlarda ise 110 cm/sn olarak bulundu. Her iki yöntemde de basınç artışı ile FPV'nin azaldığı izlenmesine rağmen, elde edilen değerler arasındaki farklılıkların, çalışmaya dahil edilen olguların ortalama PAB'larının eşit olmaması, görüntü kalitesi ve kontrast maddenin hemodinamik özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünüldü.

Kontrast M-mod yönteminde işlemin ön hazırlık (IV kanülasyon ve kontrast maddenin hazırlanması) nedeniyle uzun sürmesi, hastalara uygulanma başarısının sınırlı olması ve kontrast madde kullanımını gerektirmesi nedeniyle yaygın kullanım olanağı bulamamıştır. Buna karşılık çalışmamızda renkli Doppler M-mod yöntemi hastaların %87'de başarı ile uygulanmıştır, kontrast madde gerektirmemektedir ve kateterle ölçülen PAB değerleri ile daha yüksek korelasyonlar elde edilmiştir ($r = -0.85$ vs -0.80).

Çalışmamızda olgular PAB'larına göre normal, orta derecede pulmoner hipertansiyon (PHT) ve ileri PHT şeklinde gruplandırılarak sınır değerler (cutoff point) hesaplandı. Bu sınır değerleri ile normal olguların PHT'lulardan ayrımı sağlandı. Benzer şekilde PHT'lu hastaların kendi içinde PAB yüksekliğine göre (>40 mmHg ve <40 mmHg) gruplandırılması kolaylıkla ve yüksek doğruluk değerleriyle yapıldı. Normal PAB'ı olan hastaları (20mmHg altı) göstermede 80cm/sn'lik FPV değerinin sensitivitesi %93, spesifisitesi %100, 40 mmHg için 40cm/sn'lik FPV değerinin sensitivitesi %82, spesifisitesi %89' olarak bulundu (Tablo 3).

Renkli M-mod Doppler ile FPV ölçümü ilk olarak sol ventrikül diyastolik fonksiyon değerlendirmesinde kullanılmıştır. Sol ventrikül diyastolik disfonksi-

yonu ve kompliyans bozukluklarında FPV'de azalma ve akım ilerleme süresinde uzama olduğu saptanmıştır. Bu ilişkiye bağlı olarak sol ventrikül diyastol sonu basınç tahminleri yüksek doğrulukla elde edilmiştir (6-9).

Pulmoner arter akımı, PAB ile ilişki halindedir ve sistol başında hızla pulmoner arter içinde ilerlerken mid-sistol ve geç sistolik dönemde pulmoner vasküler duvarda oluşan "stifness" ve artan pulmoner direnç nedeniyle bu hızını kaybeder (21-22). PAB artıkça, ana pulmoner arterde azalan kompliyans, pulmoner arter çapında genişleme ve empedans artışı akım dalgalarının ilerleme süresinde değişikliklere neden olmaktadır (23). Bu değişiklikler sol ventrikül kompliyans bozukluğunda alınan sonuçlarla benzer şekilde pulmoner arterden elde edilen renkli Doppler M-mod görüntülerine ve beraberinde FPV'ne basınçla ilişkili olarak yansımaktadır. Çalışmamızda sol ventrikül kompliyans bozukluklarında izlenen FPV değişiklikleri ile benzer şekilde yüksek PAB'de ana pulmoner arterdeki akım değişikliklerine bağlı olarak FPV'de azalma izlendi. FPV'de azalmaya bağlı olarak renkli M-mod Doppler aliasing akım çekirdeği eğiminin yataylaştığı ve akım hızının azaldığı görüldü (Şekil 1). Bu ilişkiden yararlanarak tahmin edilen PAB ile kateterizasyondan elde edilen ortalama PAB değerleri arasında iyi bir korelasyon saptandı ($r=0.85$).

Renkli M-mod Doppler (flow propagation velocity - FPV) yönteminin pulmoner kapiller uç ve sol ventrikül diyastol sonu basıncı değerlendirilmesinde kullanılabileceği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (9,10). Bu çalışmalarda düşük basınçlı ortamlarda ve nispeten düşük akımlarda çalışılmıştır. Bizim çalışmamızda ise bu yöntemin benzer doğrulukla daha yüksek akım ve basınç ortamlarında da uygulanabileceği gösterildi.

Çalışmamızda renkli M-mod akım eğrisi ile pulmoner arter basıncı arasında kuvvetli doğrusal bir korelasyon bulundu (Grafik 1). Bu ilişkinin logaritmik regresyon ile gösterilmesinde daha yüksek bir korelasyon saptanmaktadır ve bu durumda özellikle normal pulmoner arter basıncı bulunan grubun basınç tahmininin doğruluğu daha da artmaktadır (Grafik 1,2). Ancak doğrusal ilişkinin gösterilmesi ve uygulanmasının logaritmik regresyona göre daha pratik olduğu unutulmamalıdır.

LİMİTASYONLAR

Ekokardiyografik ve kardiyak kateterizasyon ölçümleri arasındaki süre ortalama 60 dk arasında değişmekteydi. Farklı zamanlarda yapılan işlemler arasındaki süre uzun olmamasına rağmen simültane uygulanması elde edilen değerlerin doğruluğu artabilirdi. Hastaların renkli M-mod Doppler ölçümlerini sadece PAB değerleri ile karşılaştırıldı. Pulmoner arterioler rezistansa (PAR) bakılmaması diğer bir sınırlanma olarak görülebilir ancak yapılan çalışmalarda PAB ve PAR'ın birlikte ölçüldüğü olgularda elde edilen korelasyon değerlerinin benzer olduğu görülmüş ve aralarında istatistiksel olarak farklılık saptanamamıştır (19,24).

Çalışmaya alınan olguların ölçümleri sırasındaki kalp hızı aralığı 52-108 atım/dk arasında değişmekteydi daha yüksek kalp hızı olan hastalarda yöntemin doğruluğunu değerlendiremedik. Bu durumun ileride değerlendirilmesi ile elde edilecek sonuçlar özellikle pediatrik hastalarda bu yöntemin uygulanmasında yardımcı olacaktır.

Renkli M-mod yöntemini klinik uygulama açısından değerlendirdiğimizde; ölçümlerin pratik olarak yapılması, önemli zaman kaybına neden olmaması, olgularda uygulanma başarısının yüksek olması ve kateterle elde edilen PAB ile yüksek korelasyon göstermesi önemli avantajlar oluşturmaktadır. Yöntemin cihazla ilgili faktörlerden etkilenmemesi, gözlemciler arası değişkenliğinin yüksek olmaması, tekrarlanabilirliği ve ilk bakışta özellikle PAB yüksek olan vakaların belirlenmesinde olanak verdiği için acil koşullardaki değerlendirmelerde de tamamlayıcı bir yöntem olarak ve klinik kullanımda yaygın ve pratik olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S: Echocardiographic patterns of pulmonary valve motion with pulmonary hypertension. *Circulation* 1974;50:905-10
2. Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. *Circulation* 1975;52:642-50
3. Riggs T, Hirschfeld S, Borkat G, Knoke J, Liebman J: Assessment of the pulmonary vascular bed by echocardiographic right ventricular systolic time interval. *Circulation* 1978;57:939-47
4. Gullace G, Savola MT, Ravviza P, Locatelli V, Ada-

miaro P, Ranzi C: Contrast echocardiographic features of pulmonary hypertension and regurgitation. *Br Heart J* 1981;46:963-6

5. Hatle L, Angeisen AJ, Tromsdal A: Noninvasive estimation of pulmonary artery systolic pressure with Doppler ultrasound. *Br Heart J* 1981;45:157-65

6. Duval AM, Dupouy P, Brun P, et al: Alteration of left ventricular diastolic function during coronary angioplasty-induced ischemia: A color M-mode Doppler study. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:1246-55

7. Brun P, Tribouilloy C, Duval AM, et al: Left ventricular flow propagation during early filling is related to wall relaxation: A color M-mode Doppler analysis. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:420-32.

8. Stugaard M, Smiseth OA, Risoe C, Ihlen H: Intraventricular early diastolic filling during acute myocardial ischemia: assessment by multigated color M-mode Doppler echocardiography. *Circulation* 1993;88:2705-13

9. Stugaard M, Risoe C, Ihlen H, Smiseth OA: Intracavitary filling pattern in the failing left ventricle assessed by color M-mode Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 199;24:663-70

10. Takatjusi H, Mikami T, Urasawa K, et al: A new approach for evaluation of left ventricular filling flow propagation by color M-mode Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:365-71

11. Vichez FG, Ares M, Ayuela J, Alonso L: Combined use of pulsed and color M-mode Doppler echocardiography for the estimation of pulmonary capillary wedge pressure: an empirical approach based on an analytical relation *J Am Coll Cardiol* 1999;34:515-23

12. Nagheh SF, Kopelen HA, Quinones MA: Assessment of left ventricular filling pressure by Doppler in presence of atrial fibrillation. *Circulation* 1996;94:2138-45

13. Henry WL, De Maria A, Framiak R, et al: Report of the American Society of Echocardiography Committee on nomenclature and standards in two dimensional echocardiography. *Circulation* 1980;62:212-7

14. Yack PG, Popp RL: Noninvasive estimation of right

ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* 1984;70:657-62

15. Curri PJ, Seward JB, Chan K-L, et al: Continuous wave Doppler determination of right ventricular pressure: a simultaneous Doppler-catheterization study in 127 patients. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:750-6

16. Kitabake A, Inoue M, Asao M, et al: Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by pulsed Doppler technique. *Circulation* 1983;68:302-9

17. Mahan G, Dabestani A, Gardin J, Allfie A Burn C, Henry W: Estimation of pulmonary artery pressure by pulsed Doppler echocardiography (abstr). *Circulation* 1984;70(supplI):II-363

18. Chan K-L, Curri PJ, Seward JB, Hagler DJ, Mair DD, Tajik AJ: Comparison of three Doppler ultrasound methods in prediction of pulmonary artery pressure. *J Am Coll Cardiol* 1987;9:549-54

19. Tramarin R, Trobicki A, Marchandise J, Morpurgo L, Morpurgo M: Doppler echocardiographic evaluation of pulmonary artery pressure in chronic obstructive pulmonary disease. A European multicentre study. *Eu Heart J* 1991;12:103-11

20. Zeiher MA, Bonzel MD, Wollschlaer H, Hohnloser S, Hust MH, Just H: Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by quantitative contrast M-,mode echocardiography. *Am Heart J* 1986;111:297-306

21. Milnor WR, Conti CR, Lewis KB, O'Rourke MF: Pulmonary arterial pulse wave velocity and impedance in man. *Circ Res* 1969;25:637-42

22. Reuben SR: Compliance of the human pulmonary arterial system in disease. *Circ Res* 1983;106:1394-9

23. Weyman AE: Principles and practice of echocardiography. Philadelphia, second edition Lea & Febiger, Publishers 1994,p881-2

24. Duran RM, Larman M, Trugeda A, De Prada JAV, et al: Comparison of Doppler alevated pulmonary arterial pressure with pressure measured at cardiac catheterization. *Am J Cardiol* 1986;57:859-63