

Mitral Darlığı Vakalarında Ekokardiyografi İle Mitral Kapak Alanının Hesaplanmasında Akım Yaklaşım Bölgesi Yönteminin (PISA) Değeri

Dr. Dilek URAL, Prof. Dr. Barış İLERİGELEN

Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Kocaeli,
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZET

Akım yaklaşım bölgesi yöntemi (PISA), devamlılık prensibini temel alan ve orifis alanı ölçümlerinde kullanımı halen geliştirilme aşamasında olan yeni bir tekniktir. Çalışmamızın amacı bu yöntemin mitral darlığı vakalarında mitral kapak alanı (MKA) ölçümündeki yerini belirlemek, sonuçları klasik ekokardiyografik yöntemler olan planimetri ve Doppler basınç yarılanma zamanı ile karşılaştırmak ve MKA ölçümlerini etkileyen faktörleri değerlendirmektir.

Mitral darlığı tanısı ile ekokardiyografi laboratuvarına gönderilen 30 ardışık hastada (yaş ort. 43±1-14, 25 kadın, 5 erkek) MKA planimetri, Doppler ve PISA ile ölçülmüş ve ölçüm sonuçları bağıntı katsayısı (r) ile karşılaştırılmıştır. Hastalar ekokardiyografik görüntü kalitesi, mitral darlığına eşlik eden atriyal fibrilasyon, mitral yetersizliği ve aort yetersizliği gibi ek faktörlerin varlığına göre ayrıca değerlendirilmiştir.

PISA ile ölçülen kapak alanları klasik ekokardiyografik yöntemlerle, özellikle planimetriyle oldukça uyumlu sonuçlar vermiştir. Bu yöntemle planimetri ve Doppler sonuçlarının bağıntı katsayısı sırasıyla $r=0,86$ ve $r=0,68$ olarak hesaplanmıştır. PISA ile MKA'nın hesaplanmasında en önemli sorunun görüntü kayması yarıçapının (r) doğru belirlenmesi olduğu, PISA'nın diğer yöntemlerle uyumsuz sonuçlar verdiği vakalarda r'nin 1 cm'den küçük ölçüldüğü gözlenmiştir. Atriyal fibrilasyon, mitral yetersizliği ve aort yetersizliği varlığında planimetri ile daha uyumlu sonuçları veren yöntemin PISA olduğu, buna karşılık görüntü kalitesinin sorun yaratmasıyla planimetrisinin güvenilirliğinin azaldığı durumlarda PISA ölçümlerinin etkilendiği ve bu kez Doppler'e daha yakın sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Sonuç olarak PISA'nın mitral darlığında MKA ölçümünde yararlı bir teknik olduğu, klasik MKA ölçüm yöntemlerinin güvenilir olmadığı durumlarda PISA'nın üçüncü bir ekokardiyografik yöntem olarak uygulanabileceği kanıtına varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Akım yaklaşım bölgesi, mitral darlığı

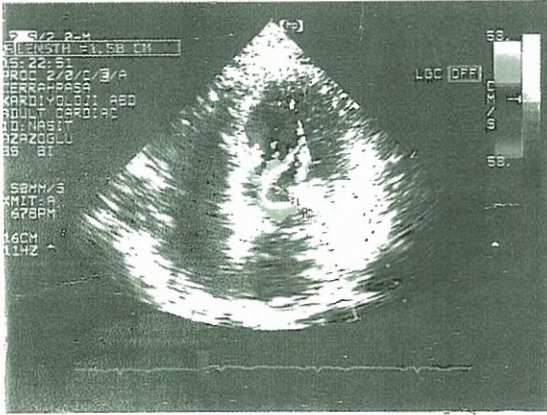
Mitral darlığı hastalarında, doğru tedavi yaklaşımı için darlığın şiddetinin belirlenmesi, bu amaçla

transvalvular basınç gradiyentinin, akım miktarının ve kapak alanının (MKA) doğru ölçülmesi büyük önem taşımaktadır (1). Ekokardiyografi, hastaların izlenmesinde en önemli yeri tutmaktaysa da, MKA ölçümlerinde rutin olarak kullanılmakta olan planimetri ve Doppler basınç yarılanma zamanı ölçümlerinin yetersiz kaldıkları durumlar da söz konusudur. Bu nedenle kapak alanını gerçeğe en uygun şekilde tayin edebilecek teknikler geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Renkli akım görüntülemesinin klinik kullanımı, yakın zamana kadar kapak darlıkları, yetersizlikleri ve şant lezyonlarına ait türbülant akımların gösterilmesiyle sınırlı kalmıştır. 80'li yılların sonuna doğru, sıvı mekaniği prensiplerinin ve renkli akım görüntülemesinin teknik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasıyla, bu yöntemin akımlar hakkında "kantitatif" bilgiler edinme amacıyla da kullanılabileceği düşünülmüş (2,3), 1991 yılında Recusani, regürjitan orifislerden geçen geri-akım hacminin ve orifis alanının sol ventrikül içerisinde oluşan akım yaklaşım bölgesi (PISA) ile hesaplanabileceğini göstermiştir (4). Diğer yandan akım yaklaşım bölgesinin daralmış orifislerin proksimalinde - örneğin mitral darlığında sol atriyum içerisinde - de oluştuğu fark edilmiş ve geri-akımlar için geçerli olan formüllerin burada da uygulanabileceği fikri doğmuştur (5-7). 1993 yılından beri PISA'nın özellikle mitral darlığı vakalarında kullanım olanakları araştırılmakta ve kapak alanının en doğru şekilde hesaplanabilmesi amacıyla formülde yeni uyarlamalar yapılmaktadır (8-10).

Akım yaklaşım bölgesi yöntemi, PISA (proximal isovelocity surface area), devamlılık prensibine dayanan yeni bir tekniktir (11,12). Temel prensibi kısaca şöyle açıklanabilir: Hidrodinami kurallarına göre dar bir orifise doğru akan kanın hızı orifise yaklaştıkça artar. Renkli Doppler vuruğu (pulsed) sistem olduğu

için, akımın hızı Nyquist sınırını aşınca görüntü kayması (aliasing) başlar ve orifisin proksimalinde renk değişimleri görülür. Kırmızıdan maviye değişen konsantrik, sirküler halkalar oluşur (Şekil 1). Orifisin merkezine eşit uzaklıktaki noktaların hızları da birbirlerine eşit olduğu için, her halka bir eş hız alanını oluşturur (isovelocity). Devamlılık kuralına göre orifisin proksimalindeki akım ile orifisten geçen akım birbirine eşit olduğu için, eş hız alanındaki akımın ölçülmesiyle mitral kapaktan geçen akım ve mitral kapak alanı hesaplanabilir.



Şekil 1. Renkli akım görüntülemesinde sol atriyum içerisinde akım yaklaşım bölgesi

Çalışmamızın amacı, renkli akım görüntülemesinden yararlanarak PISA yöntemiyle mitral kapak alanının ölçülmesi, sonuçların planimetri ve Doppler basınç yarılanma zamanı ile elde edilen ölçümlerle karşılaştırılması ve mitral yetersizliği, aort yetersizliği ve atriyal fibrilasyon gibi klasik ekokardiyografik yöntemlerin sonuçlarının etkilendiğini bildiğimiz durumlarda PISA'nın güvenilirliğinin incelenmesidir.

YÖNTEM ve GEREÇLER

Hastalar. Haziran 1995 ile Ocak 1996 tarihleri arasında, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim dalında, romatizmal mitral darlığı tanısı ile ekokardiyografi laboratuvarına gönderilen, yaş ortalaması 43 ± 13.6 (aralık 17 - 73), 5'i erkek (17%), 25'i kadın (83%) toplam 30 hasta çalışma grubuna alındı. Hastalar herhangi bir dışlanma kriterine tabi tutulmadan ardışık olarak incelendi.

Yöntem. Her hastaya, Hewlett Packard 1500 ekokardiyografi cihazı ile 2.5 mHz'lik transduser kullanılarak, iki boyutlu ekokardiyografi, devamlı akım Doppler'i ve renkli Doppler incelemeleri yapıldı. Renkli Dopplerde 30° lik renkli akım sektörü kullanıldı, kare hızı 11-18 Hz idi.

İki boyutlu ekokardiyografiyle, standart parasternal kısa eksen görüntülerinde planimetriyle mitral kapakın erken diyastolik alanı belirlendi.

Devamlı akım Doppler'i akımın mitral kapaktan geçtiği sıradaki maksimum hızı (V_p), mitral zirve gradiyenti (grad), basınç yarılanma süresi (pht) ve MKA ölçüldü.

Renkli akım görüntülerinin ve PISA'nın değerlendirilmesinde eş hız halkalarının incelenmesi için en uygun konum olan apikal dört boşluk görüntüsü kullanıldı. Diyastolün başındaki en büyük görüntü kayması alanı belirlendi ve bu resimde mitral yaprakçıkları arasındaki açı (α) her hasta için ayrı ayrı ölçüldü. Yarıçap (r) ölçümü sırasında orifisin yeri, renkli akım jetinin yaprakçıkların ucunda en fazla daraldığı bölge olarak alındı ve orifis ile ilk eş hız halkası arasındaki uzaklık belirlendi.

Akım yaklaşım bölgesindeki ilk eş hız halkasından geçen kanın hacmi (F) yüzey alanı ($PISA = 2\pi R^2$) ile görüntü kayması hızının (V_n) ve α açısının çarpımı ile hesaplandı: $F = 2\pi R^2 * V_n * \alpha / 180$. MKA devamlılık denklemine göre $MVA = F / V_p$ formülü ile bulundu.

Görüntü kayması yarıçapı ve açısı, iki boyutlu ekokardiyografi ve devamlı akım Doppler'i sonuçlarını bilmeyen bir gözlemci tarafından ölçüldü. Her ölçüm en az üç kez, atriyal fibrilasyon varlığında beş kez tekrarlandı. Hastalar görüntü kalitesi, kalp ritmi, eşlik eden mitral ve aort yetersizliğine göre ayrıca değerlendirildi. Mitral ve aort yetersizliği renkli akım görüntülemesi ile hafif, orta ve ileri derece yetersizlik şeklinde sınıflandı.

İstatistik analizi. Klasik ekokardiyografi ölçümleri ve PISA ile hesaplanan kapak alanları, ortalama değer ve SD ile verildi, sonuçlar bağıntı katsayısı (r) ve doğrusal regresyon analizi kullanılarak karşılaştırıldı. Elde edilen sonuçlar t testi ile değerlendirilerek $p < 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edildi. Gözlemcinin tekrarlanan ölçümleri arasındaki fark bağıntı katsayısı ve eşleştirilmiş t-testi ile değerlendirildi.

BULGULAR

Planimetrik inceleme iki hastanın görüntü kalitesinin uygun olmaması nedeniyle 28 hastada (93%) yapılabildi. Bu vakaların 26'sında (86%) net görüntü elde edilebildi. Planimetrik MKA ortalama 1.4 ± 0.4 cm² olup, minimum değer 0.8 cm² maksimum değer 2.4 cm² idi.

Doppler tetkiki tüm hastalarda yapıldı. 27 hastada (90%) çalışmaya elverişli bir görüntü elde edilebilirken, atriyal fibrilasyonu olan 3 hastada sağlıklı ölçüm yapmaya uygun görüntü alınamadı. Mitral zirve gradiyenti ortalama 14.8 ± 6.17 mmHg (4.14 - 34.3 mm Hg) idi. Basınç yarılanma zamanı ortalama 177 ± 57 msn olarak bulundu. MKA ortalaması ve standart sapması, 1.4 ± 0.4 cm² idi ve planimetrideki değerlerle oldukça uyumluydu. Planimetri ile Doppler

kapak alanları arasındaki bağıntı katsayısı $r = 0.79$ olarak hesaplandı, $p < 0.001$ idi.

Renkli Doppler incelemesinde 26 vakada (90%) kaliteli görüntü elde edildi. Mitral yaprakçıkları arasındaki açı (α) ortalama $118 \pm 19^\circ$ idi, en dar açı 80° ve en geniş açı 160° olarak ölçüldü. Cihazın Nyquist limiti 20 hastada (67%) 58 cm/sn, 9 hastada (30%) 71 cm/sn, 1 hastada 80 cm/sn hızında idi. Akım yaklaşım bölgesinin yarıçapı 0.99 ± 0.17 cm (0.71 - 1.43) idi. Akım yaklaşım bölgesi yöntemine göre hesaplanan MKA 1.4 ± 0.53 cm² (0.5 - 3.1) olarak bulundu.

Planimetriyle PISA arasında bağıntı çok iyi derecede idi ($r = 0.86$, $y = 1.14x + 0.2$, SE 0.28 cm²), p değeri 0.001 bulundu (Şekil 2). Doppler basınç yarılanma zamanı ile hesaplanan MKA ile PISA bağıntı katsayısı iyi idi ($r = 0.68$, $y = 0.86x + 0.24$, SE 0.40 cm²), p değeri 0.001 olarak hesaplandı. Hastalar görüntü kayması yarıçapı değerlerine göre $r \geq 1.0$ cm ve $r < 1.0$ cm olarak gruplandırılarak bağıntı katsayıları tekrar değerlendirildiğinde yarıçapın 1 cm'den büyük olduğu vakalarda PISA'nın diğer yöntemlerle daha uyumlu sonuçlar verdiği ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ($p < 0.05$) (Tablo 1).

Tablo 1. Görüntü kayması yarıçapına göre PISA ile diğer ölçüm yöntemleri arasındaki bağıntı katsayıları

	$r \geq 1.0$ cm	$r < 1.0$	Genel
	PISA	PISA	PISA
Planimetri	0.93	0.69	0.86
Doppler (pht)	0.8	0.57	0.68

r görüntü kayması yarıçapı

Hastaların 18'inde (60%) sinus ritmi mevcuttu, 12'inde (40%) atriyal fibrilasyon saptandı. Kalp hızı sinus ritmindeki hastalarda ortalama 83/dakika (69 ile 96) idi, atriyal fibrilasyonlu hastalarda ise ortalama ventrikül yanıtı 100/dakika civarında seyretti. Sinus ritmindeki hastalarda ölçüm yöntemleri arasındaki bağıntı katsayıları genel olarak daha yüksek idi ancak, atriyal fibrilasyonun ölçümlere anlamlı etkisi olmadı. Atriyal fibrilasyon varlığında bağıntı katsayısı planimetriyle PISA için $r=0.84$, Doppler ile PISA için $r=0.56$ bulundu. Sinus ritmi hastalarla atriyal fibrilasyonlu hastalar arasında bağıntı katsayıları

açısından fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ve $p > 0.2$ olarak kaldı (Tablo 2).

Hastaların 12'sinde (40%) mitral yetersizliği yoktu, 12'sinde (40%) hafif, 6'sında (20%) orta derecede mitral yetersizliği vardı. Mitral yetersizliği olan ve olmayan hastalarda tüm ölçümler arasındaki bağıntı değişmemişti (Tablo 2).

Tablo 2. Mitral darlığına eşlik eden patolojilerin varlığında ölçüm yöntemleri arasındaki bağıntı katsayıları

	PISA		Doppler (pht)	
	Sinus Ritmi	Atr Fib	Sinus Ritmi	Atr Fib
Planimetri	0.90	0.84	0.79	0.69
Doppler (pht)	0.76	0.56		
	Mit. Yet. (-)	Mit. Yet. (+)	Mit. Yet. (-)	Mit. Yet. (+)
Planimetri	0.83	0.84	0.55	0.75
Doppler (pht)	0.51	0.64		
	Aort Yet. (-)	Aort Yet. (+)	Aort Yet. (-)	Aort Yet. (+)
Planimetri	0.85	0.87	0.83	0.66
Doppler (pht)	0.74	0.61		

Atr fib atriyal fibrilasyon, *mit. yet.* mitral yetersizliği, *aort yet.* aort yetersizliği. (-) yok, (+) var

Mitral darlığına eşlik eden aort yetersizliği 6 vakada (20%) hafif, 6 vakada (20%) orta derecede idi. Aort yetersizliği varlığında planimetri ile PISA arasındaki bağıntı değişmezken, her iki yöntemin Doppler basınç yarılanma zamanı ile bağıntısı istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azaldı ($p > 0.2$).

Gözlemcinin tekrarlanan ölçümleri arasındaki bağıntı son derece iyiydi ($r=0.96$). Eşleştirilmiş t testinde, ölçümler arasındaki fark anlamlı bulunmadı ($p > 0.05$).

TARTIŞMA

PISA'nın klinik uygulamada kullanımı: PISA ile mitral kapak alanı belirlenmesi yönündeki klinik çalışmalar son 4-5 yıldır sürmekte ve yöntemin geçerliliği çeşitli deneysel ve klinik araştırmalarda sınırlanarak formülde bazı değişiklikler yapılmaktadır. Özellikle eşsiz alanlarının ölçümünde seçilecek en uygun geometrik model (hemisferik, hemieliptik, koni kesmesi) konusunda araştırmalar sürmektedir (13,14).

Çalışmamızda kullanılan PISA formülü, mitral orifisinin düzgün bir daire, PISA'nın da bu daire etrafında yarımküre şeklinde (hemisferik) bir bölge olduğu varsayılarak düzenlenmiştir. Ancak daralmış mitral orifisi genellikle düzgün bir daire değil, elips, üçgen, yıldız veya dikdörtgen gibi çeşitli şekiller alabilen bir alandır. Bu gözlemden yola çıkarak hemieliptik PISA kavramı ortaya atılmıştır (15,16). Hemieliptik PISA'nın hesaplanabilmesi için tek bir yarıçapın ölçülmesi yeterli değildir. Uzun eksen görüntüsündeki yarıçapın yanısıra ikinci bir yarıçap için kısa eksen görüntüsüne ve üçüncü bir yarıçap için de 90° kısa eksen görüntüsüne ihtiyaç vardır. Buna karşılık klinik uygulamada üç aynı yarıçap ölçmek olanaksızdır. Biri apikal dört boşluk, diğeri parasternal kısa eksen olmak üzere sadece iki görüntüde yarıçap ölçülebilir ki, parasternal kısa eksende görüntü kayması yarıçapını ölçmek de her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca birden fazla yarıçap ölçümüyle çalışmak hem zaman alıcıdır, hem de hata olasılığını artırır.

Son yıllarda in-vitro araştırmalar, çapı 6-15 mm olan küçük orifislerde, başka bir deyişle orifis alanının 0.6 - 2.0 cm² arası olması halinde, görüntü kayması hızı düşürüldüğünde PISA'nın hemisferik olduğunu bildirmektedir (17-19). Çalışma grubumuzdaki hastaların kapak alanları genellikle bu değerler arasında olduğu için (0.8 ve 2.4 cm²), bu durum, hemisferik modele ait formülün vakalarımızda geçerli olduğunu düşündürmektedir.

PISA yarıçapının doğru ölçülmesi bu yöntemle kapak alanının hesaplanmasında en önemli sorundur. Proksimal akım yaklaşım bölgesi küçük bir alan olduğu için, bu bölge üzerinde doğru ölçüm yapmak zordur (8). Eşsiz halkasıyla orifis arasındaki mesafe çok kısaysa r'nin hatalı ölçülme olasılığı artar. Bu durum, orifis etrafındaki yapıların ultrason ışını yansıtması sonucu, akım halkalarının sınırlarının belirsizleşmesiyle ilgilidir. Görüntü kayması yarıçapı yanlış ölçüldüğü zaman, formülde r² kullanıldığı için hata oranı iyice artar. Örneğin r'nin 0.9 cm yerine 1.1 cm olarak ölçülmesi halinde mitral kapak alanı 1.0 cm²'den 1,5 cm²'ye çıkar.

PISA sonuçlarının diğer yöntemlerin sonuçlarıyla uyumsuz olduğu vakalarda görüntü kayması yarıçapı 1 cm'den küçüktür. Bu vakalar değerlendirmeye

alınmadığında PISA ile planimetri ve Doppler arasındaki bağıntı anlamlı olarak yükselmiştir.

Akım yaklaşım bölgesini görüntü kayması hızını azaltarak büyütme mümkündür (baseline shifting) (8). Ancak Nyquist sınırının çok düşük tutulması halinde r'nin gereğinden fazla büyümesi ve yine yanlış sonuçlar vermesi riski vardır. Standart Nyquist sınırları 11 ile 39 cm/sn arasındadır (20). Çalışmamızda kullanılan Nyquist sınırları (58 cm/sn ve 71 cm/sn) oldukça yüksektir, ancak hastaların çoğunda görüntü kayması bölgesi ve r rahatlıkla belirlenebilmiştir. PISA yarıçapının yeterince belirgin olduğu vakalarda, 1 cm'in üzerinde yarıçap elde edilmişse, görüntü kayması hızı azaltılmadan da doğru ölçümler yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Atriyal fibrilasyon varlığında, kapaktan geçen akım her kalp siklusunda değişiklik gösterdiği için bütün yöntemlerin güvenilirliği azalır. Gerçek kapak alanını belirleyebilmek için ölçümlerin birçok kez tekrarlanması gerekir. Renkli akım görüntülemesinde renkli Doppler resim sayısı sınırlı olduğu için, maksimum görüntü kayması çapı atlanabilir (15,21). Bu da r'nin düşük çıkmasına, akım hacminin ve mitral kapak alanının düşük bulunmasına neden olabilir. Ancak çalışmamızda yüksek kare hızıyla (frame rate) çalışıldığı için böyle bir etki gözlenmemiştir.

PISA'nın uygulanmasında karşılaşılan sorunlar. PISA henüz inceleme aşamasında olan standardize edilmemiş bir yöntemdir. Akım yaklaşım bölgesinin yarıçapının ve (α)'nın renkli akım görüntülemesiyle belirlenmesi, ancak akımın orifisteki maksimum hızının spektral Doppler ile ayrıca hesaplanması hem aynı akıma ait ölçülerinin alınmaması, hem de zaman alıcı bir işlem olması nedeniyle dezavantajdır. Bunun dışında daha önce de belirtildiği gibi yarıçap ölçümündeki milimetrik hatalar sonuçları önemli miktarda etkilemektedir. Doğru ölçümlerin yapılması deneyim gerektirmektedir.

Mitral kapak alanı ölçümlerini etkileyen faktörler. Görüntü kalitesi özellikle iki boyutlu ekokardiyografide önemli bir sorundur. Çalışmamızda planimetri vakaların %93'üne uygulanabilmiş ve %86'sında incelemeye elverişli kalitede görüntü elde edilebilmiştir. Bu oran daha önce bildirilen oranlardan (%95) daha düşüktür (22-23). Görüntü kalitesi kötü olan vakalarımızda kapak kalsifikasyonunun fazlalığı, ileri

kapak darlığı, ileri yaş, atriyal fibrilasyon ve geçmiş yıllarda valvüloplasti işleminin uygulanmış oluşu gibi nedenler söz konusudur. Doppler yöntemiyle ölçüm sonuçlarının güvenilir olmadığı vakalarımızda ise başlıca neden atriyal fibrilasyonun varlığıdır. Bu tür vakalarda PISA üçüncü bir ekokardiyografik yöntem olarak kolaylıkla uygulanabilmiştir.

Doppler ölçümleri sol atriyum, sol ventrikül kompliyansı değişikliklerinden (aort darlığı, hipertansiyon, 65 yaş üstü kişiler) ve aort yetersizliği gibi eşlik eden faktörlerden etkilenmektedir (11,22,24,25). Buna karşılık PISA ile MKA hesaplanırken, kapağın proksimalindeki laminer akım ve bu akımın orifisin içinden geçtiği andaki hızı ölçüldüğü için yukarıdaki durumların varlığında PISA sonuçları etkilenmez (8). Nitekim çalışmamızda mitral ya da aort yetersizliği bulunan vakalarımızda, bu tür hastalarda güvenli sonuçlar verdiği bilinen planimetri ile PISA arasındaki bağlantının değişmediği görülmüştür.

Kalp kateterizasyonu ve Gorlin formülü, kapak alanı ölçümünde altın standarttır. Çalışmamızda kateterizasyon yapılan hasta sayısı az olduğu için bu yöntem ile ilgili sağlıklı istatistiksel değerlendirmeler yapmak mümkün olamamıştır. Ancak Gorlin formülünün kalp debisi ve akım değişikliklerinden etkilendiği bilinmektedir (26-27). Son yıllardaki çalışmalar planimetrik ölçümlerin de anatomik orifis alanı ile son derece uyumlu olduğunu ($r=0.95$) ve altın standart olarak kabul edilebileceğini göstermiştir (28-29). Kalp kateterizasyonu sonuçlarının doğruluğunun şüpheli olduğu durumlarda ya da herhangi bir nedenle kateterizasyon yapılamayan hastalarda ek ölçüm yöntemi olarak PISA kullanılabilir.

Çalışmamızda da görüldüğü gibi, PISA mitral darlığında mitral kapak alanı ölçümünde yararlı olabilecek bir yöntemdir. Planimetri, Doppler yöntemi ve kalp kateterizasyonu sonuçlarının güvenilir olmadığı vakalarda dördüncü bir yöntem olarak uygulanabilir. Bu konuda daha geniş kapsamlı çalışmaların sürdürülmesi ile yakın bir gelecekte günlük uygulamada PISA'nın önemli bir yer tutacağı kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Nishimura R, Rihal C, Tajik J, Holmes D: Accurate measurement of the transmitral gradient in patients with mitral stenosis: A simultaneous catheterization and Dopp-

ler echocardiographic study. J Am Coll Cardiol 1992; 24: 152-158

2. Yoganathan A, Cape E, Sung H, Williams F, Jimoh A: Review of hydrodynamic principles for cardiologist: Applications to the study of blood flow and jets by imaging techniques. J Am Coll Cardiol 1988; 12: 1344-1353

3. Sahn D: Instrumentation and physical factors related to visualization of stenotic and regurgitant jets by Doppler color flow mapping. J Am Coll Cardiol 1988; 12: 1354-1365

4. Recusani F, Bargiggia G, Yoganathan A et al: A new method for quantification of regurgitant flow rate using color Doppler flow imaging of the convergence region proximal to a discrete orifice. Circulation 1991; 83: 594-604

5. Chen C, Koschyk D, Brockhoff C, Heik S, Hamm C, Bleifled W, Kupper W.: Noninvasive estimation of regurgitant flow rate and volume in patients with mitral regurgitation by Doppler color flow mapping of accelerating flow field. J Am Coll Cardiol 1993; 21: 374-384

6. Sarano M, Miller F, Hayes S, Bailey K, Tajik J, Seward J: Effective mitral orifice area: Clinical use and pitfalls of the proximal isovelocity surface area method. J Am Coll Cardiol 1995; 25: 703-709

7. Vandervoort P, Rivera M, Mele D, Palacios I, Dinsmore R, Weyman A, Levine R, Thomas J: Application of color flow Doppler mapping to calculate effective regurgitant orifice area. Circulation 1993; 88: 1150-1156

8. Rodriguez L, Thomas J, Monterroso V, Weyman A, Harrigan P, Lueller L, Levine R: Validation of the proximal flow convergence method. Circulation 1993; 88: 1157-1165

9. Rifkin R, Harper K, Tighe D: Comparison of proximal isovelocity surface area method with pressure half-time and planimetri in evaluation of mitral stenosis. J Am Coll Cardiol 1995; 26: 458-465

10. Levine R, Rodriguez L, Cape E, Vesier C, Thomas J, Weyman A, Cagniot A, Yoganathan A: The proximal flow convergence method for calculating orifice flow rate requires correction for surrounding leaflet geometry. J Am Coll Cardiol 1991 (2); 17: 359 A

11. Feigenbaum H: Echocardiography. 5th ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1994. p. 238-248

12. Thomas J, Davidoff R, Cade E: Fluid dynamics of regurgitant jets and their imaging by color Doppler. Weyman AE. Principles and Practice of Echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Lea&Febiger, 1994. p. 234-255

13. Simpson I, Shiota T, Gharib M, Sahn D: Current status of flow convergence for clinical applications: Is it a leaning tower of PISA? J Am Coll Cardiol 1996; 27: 504-509

14. Görenek B, Ata N, Esen H, Ünalır A, Dokumacı B, Amangane M, Kılıç M, Erzurum Y, Timuralp B: Yeni "PISA" yöntemlerinin mitral darlığında kapak alanı ölçümünde kullanımı. Türk Kardiyol Dern Arş 1996; 24: 337-345

- 15. Utsunomiya T, Ogawa T, Doshi R, Patel D, Quan M, Henry W, Gardin J:** Doppler color flow "proximal isovelocity surface area" method for estimating volume flow rate: effects of orifice shape and machine factors. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 1103-1111
- 16. Utsunomiya T, Doshi R, Patel D, Mehta K, Nguyen D, Henry W, Gardin J:** Calculation of volume flow rate by the proximal isovelocity surface area method: simplified approach using color Doppler zero baseline shift. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 277-282
- 17. Rodriguez L, Anconina J, Harrigan P, Levine R, Monterrose V, Weyman A, Thomas J:** Nyquist limit and orifice area independently affect the accuracy of proximal isovelocity surface area estimation of flow rate: an in vitro study. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15 (2): 109 A
- 18. Rodriguez L, Flachskampf F, Abascal V, Levine R, Harrigan P, Thomas J:** Regurgitant flow rate calculated by proximal isovelocity surface area is independent of orifice shape. *Circulation* 1989; 80 (4): Suppl II 2269
- 19. Utsunomiya T, Quan M, Doshi R, Patel D, Gardin J:** Effect of flow rate, orifice size and aliasing velocity on volume calculation using Doppler color proximal isovelocity surface area method. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15 (2): 89 A
- 20. Deng YB, Matsumoto M, Wang XF, Liu L, Takizawa S, Takekoshi N, Shimizu T, Mishima K:** Estimation of mitral valve area in patients with mitral stenosis by the flow convergence region method: selection of aliasing velocity. *Circulation* 1994; 24: 683-689
- 21. Cape E, Levine R, Muralidharan E, Heinrich R, Yoganathan A:** Increased heart rate can cause underestimation of regurgitant flow by proximal isovelocity surface area (PISA). *Circulation* 1992; 86 (4): Suppl I 3201
- 22. Flachskampf F, Weyman A, Gillam L et al.:** Aortic regurgitation shortens Doppler pressure half-time in mitral stenosis: Clinical evidence, in vitro simulation and theoretic analysis. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 396-404
- 23. Martin R, Rakowski H, Kleiman J, Beaver W, London E, Popp R:** Reliability and reproducibility of two dimensional echocardiographic measurements of the stenotic mitral valve orifice area. *Am J Cardiol* 1979; 43: 560-568
- 24. Nakatani S, Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A, Fujii K, Kamada T:** Value and limitations of Doppler echocardiography in the quantification of stenotic mitral valve area: comparison of the pressure half-time and the continuity equation methods. *Circulation* 1988; 77: 78-85
- 25. Abascal V, Moreno P, Rodriguez L, et al.:** Doppler pressure half-time in mitral stenosis: inaccurate in the elderly? *J Am Coll Cardiol* 1994; 1A-484A, 894-17
- 26. Fredman C, Pearson A, Labovitz A, Kern M:** Comparison of hemodynamic pressure half-time method and Gorlin formula with Doppler and echocardiographic determinations of mitral valve area in patients with combined mitral stenosis and regurgitation. *Am Heart J* 1990; 119: 121-129
- 27. Segal J, Lerner D, Miller C, Mitchell S, Alderman E:** When should Doppler determined valve area be better than the Gorlin formula?: Variation in hydraulic constants in low flow states. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 1294-1305
- 28. Smith M, Handshoe R, Handshoe S, Kwan OL, De Maria AN:** Comparative accuracy of two-dimensional echocardiography and Doppler pressure half-time methods in assessing severity of mitral stenosis in patients with and without prior commissurotomy. *Circulation* 1986; 73 (1): 100-107
- 29. Faletra F, Pezzano A, Fusco R, et al.:** Measurement of mitral valve area in mitral stenosis: Four echocardiographic methods compared with direct measurement of anatomic orifices. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 1190-1197