

Sol Ventrikül Diyastolik Fonksiyonunun Değerlendirilmesinde Yeni Bir Yöntem: Doku Doppler Ekokardiyografi

Uz. Dr. Murat ÇAYLI, Prof. Dr. Ayhan USAL, Y. Doç. Dr. Mehmet KANADAŞI,
Y. Doç. Dr. Mesut DEMİR, Dr. Onur AKPINAR

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, Adana

Özet

Konjestif kalp yetersizliğinde ve hipertansiyonda diyastolik fonksiyon bozukluğu sık görülmektedir. Diyastolik fonksiyon bozukluğu ventrikülün normaldeki gibi düşük dolum basıncı ile dolmaması ve bunu kompanse etmek için zamanla atriyum basıncının artması olarak tanımlanabilir. Diyastolik fonksiyon bozukluğunun, gecikmiş relaksasyon, psödonormalizasyon ve restriktif patern olmak üzere 3 evresi mevcuttur. Diyastolik fonksiyon bozukluğu tanısında invazif ve non-invazif bir çok yöntem kullanılabilmesine karşın günümüzde en sık "klasik Pulsed wave Doppler (PWD) yöntemi" ile mitral ve pulmoner ven akımlarının incelenmesi kullanılmaktadır. Ancak PWD yönteminin ön yükten etkilenmesi, normal ve psödonormalizasyon ayrımının tek başına yapılamaması gibi sınırlamaları nedeniyle yeni yöntemlere gereksinim duyulmaktadır. Doku Doppler inceleme (DDİ) ise miyokardiyumun ve mitral anulusun sistolik ve diyastolik hızlarını ölçmemize yarayan yeni bir ultrasonografi metodudur. Diyastolik fonksiyon DDİ ile önyükten etkilenmeden kolayca değerlendirilebilir. Bu yöntemle PWD ile yapılamayan konstrüktif perikardit-restriktif kardiyomyopati ayrımı, normal-psödonormalizasyon ayrımı, atriyal fibrilasyonda diyastolik fonksiyon değerlendirilmesi kolayca yapılabilmektedir. Bu nedenle geleneksel yöntemlere ek olarak DDİ metodunun da kullanımı önerilmektedir. (Türk Kardiyol Dern Arş 2004; 32: 618-625)

Anahtar kelimeler: Diyastolik fonksiyon, doku Doppler inceleme

Summary

Assessment of Left Ventricular Diastolic Dysfunction with a New Method: Tissue Doppler Imaging

Diastolic dysfunction is frequent in patients with congestive heart failure and hypertension. It can be defined as "an abnormality of ventricular filling with low pressure like with normal cardiac function and compensatory increased atrial pressure". Diastolic dysfunction has 3 different categories: impaired relaxation, pseudonormalization and restrictive pattern. Although a lot of invasive and noninvasive methods could be used, classical pulsed wave Doppler (PWD) method which include mitral flow and pulmonary venous flow are the most used methods for assessment of diastolic dysfunction. Nonetheless, PWD is affected from preload and there are some difficulties distinction about of normal from pseudonormalization. Due to these limitations, there is necessity of new method for accurate assesment of diastolic dysfunction. Tissue Doppler Imaging (TDI) is a new method which allows assessment of systolic and diastolic function of myocardium and mitral annulus. Diastolic function could be easily evaluated with TDI independently from preload. This method allows differential diagnosis of diastolic dysfunction from constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy and also distinction of normal and pseudonormalization which it could be done by using PWD. Therefore, TDI method recently has been replaced to traditional methods. (Türk Kardiyol Dern Arş 2004; 32: 618-625)

Key words: Diastolic function, tissue Doppler imaging

Konjestif kalp yetersizliği tüm toplumlarda önde gelen sağlık problemlerindedir. Konjestif kalp yetersizliği vakalarının yaklaşık yarısında sol ventrikülün (SV) sistolik fonksiyon yeterlidir ve bu durum diyastolik fonksiyon bozukluğu ile izah edilmektedir ⁽¹⁾. Sol ventrikül diyastolik fonksiyon genellikle sistolik fonksiyon bozukluğundan önce başlar ⁽²⁾. Diyastolik disfonksiyonun maliyeti toplam konjestif kalp yetersizliği vakalarının %25'inden fazlasını oluşturduğu rapor edilmiştir. Sol ventrikül diyastolik disfonksiyonun prognozu daha iyi olup tedavi yaklaşımı da sistolik fonksiyon bozukluğundan farklıdır. Sol ventrikül sistolik fonksiyon bozukluğu ile ilgili standart tanı kriterleri ve tedavi yöntemleri ile ilgili kılavuzlar olmasına rağmen SV diyastolik disfonksiyon ile ilgili standart tanı kriterleri ve tedavi şekli belirlenemmiştir ^(1,2).

Sol ventrikül diyastolik disfonksiyonun saptanması, SV'yi etkileyen birçok hastalığın erken dönemde tanınmasına olanak sağlayabilir ^(3,4,5). Koroner arter hastalığı, hipertansiyon, konstriktif perikardit, hipertrofik kardiyomiopati, restriktif kardiyomiopati, kapak hastalıkları, amiloidozis, diabetes mellitus, miyokardit, akromegali, sistemik lupus eritematosus ve nöromusküler hastalıklar gibi durumlarda SV diyastolik fonksiyonu bozulabilir ^(3,6). Yaşla birlikte SV kas kitlesi arttığı ve miyokardiyumun elastik özelliği değiştiği için yaşlılarda diyastolik fonksiyonla ilgili parametreler değişiklik göstermektedir ve yaşlılarda rastlanan kalp yetersizliğinde sistolik fonksiyonlar genellikle normaldir ^(2,3,7).

Diyastolik Fonksiyon Tanımı ve Diyastolik Disfonksiyonun Fiziopatolojisi

Diyastolik fonksiyon düşük basınçta yeterli doluş hacmi sağlayabilmek olarak tanımlanır ⁽⁸⁾. Aktif enerji kullanımını gerektiren gevşeme, ventriküler kompliyans, miyokard gerginliği, atriyal kontraksiyon, perikardiyal sınırlama ve kalp hızı direkt veya indirekt olarak diyastolik fonksiyonu belirler ⁽⁹⁾. Sol ventrikül diyastolik

fonksiyon bozukluğu ise ventrikülün normaldeki gibi düşük basınçla dolmaması ve bunu kompanse etmek için sol atriyum basıncının artması demektir ⁽¹⁰⁾.

Diyastolik disfonksiyon tanısında invazif yöntemler ve ekokardiyografi (M-mod, Doppler, doku Doppler inceleme), MR inceleme, radyonüklid ventrikülografi gibi non-invazif yöntemler kullanılmaktadır ⁽³⁾. Halen SV diyastolik fonksiyonunu değerlendirmede en sık kullanılan ve en geçerli yöntem transmitral akımın Doppler ekokardiyografi ile incelenmesidir ^(11,12). Ancak global diyastolik fonksiyonu yansıtan mitral akımının PWD trasesi henüz normal iken, doku Doppler ekokardiyografi ile saptanabilen bölgesel diyastolik fonksiyon bozukluğu oluşabilmektedir ⁽¹³⁾. Ayrıca transmitral akımla diyastolik disfonksiyonun psödonormalizasyon alt grubunu normalden ayırmak için pulmoner ven akım verileri gibi ek ekokardiyografik verilere ve klinik bilgilere gereksinim duyulmaktadır ^(14,15). Doku Doppler inceleme (DDİ) miyokardiyumun ve mitral annulusun sistolik ve diyastolik hızlarını ölçmemize yarayan yeni ultrasonografi metodudur. Mitral annulusun DDİ miyokardın diyastolik performansı hakkında ön yükten bağımsız olarak direkt bilgi verir ^(16,17). Ayrıca geleneksel yöntemde normal ile ayırımı zor olan psödonormalizasyon evresi DDİ ile daha kolay tanınır ⁽¹⁸⁾.

Doku Doppler İnceleme

Doku Doppler inceleme esas olarak hareket eden dokudan gelen bilgilerinin kodlanmasını sağlayan yeni geliştirilmiş bir yöntemdir ^(12,19). İlk kez 1989 yılında Iseaz ve ark.⁽²⁰⁾ tarafından tanımlanan DDİ, 1992 yılında Mc Dicken ve ark.⁽²¹⁾ tarafından klinik kullanıma sokulmuştur.

Sol ventrikülün tüm fonksiyonları longitudinal ve sirkumferansiyel olarak düzenlenmiş miyokardiyal liflerinin kontraksiyonuna bağlıdır ⁽²³⁾. Sol ventrikülün "pulsed wave" DDİ paterni sistolik ve diyastolik fazik varyasyon gösterir ⁽²⁴⁾

(Şekil 1). Sistol 2 fazda incelenir; izovolümetrik kasılma zamanı ve sistolik kasılma fazı.

Diyastol ise 4 fazda incelenir;

İzovolümetrik gevşeme zamanı: İzovolümetrik gevşeme safhasında, ventriküllere kan akışı olmadan, yani volüm değişikliği olmadan basınç hızla düşmektedir (25). Bölgesel izovolümetrik gevşeme zamanı (İVGZ) sistolik hareketin sonunda başlar, erken diyastolik akım öncesinde sonlanır (26,27).

Erken hızlı doluş fazı: Miyokardiyal gevşeme sonucunda SV basıncının düşmesi, atriyoventriküler kapakların açılması ile SV'nin erken hızlı doluş fazı meydana gelir (25,28). Erken diyastolik akım (Ea dalgası) elektrokardiyografide T dalgasından sonra kaydedilir. Pulsed wave DDİ'de ilk dominant negatif olan dalgadır.

Diyastazis fazı: Miyokard gevşeme hareketinin devam ettiği, düşük bir akım hızında ventriküle doluşun sürdüğü döneme diyastazis fazı denmektedir (25).

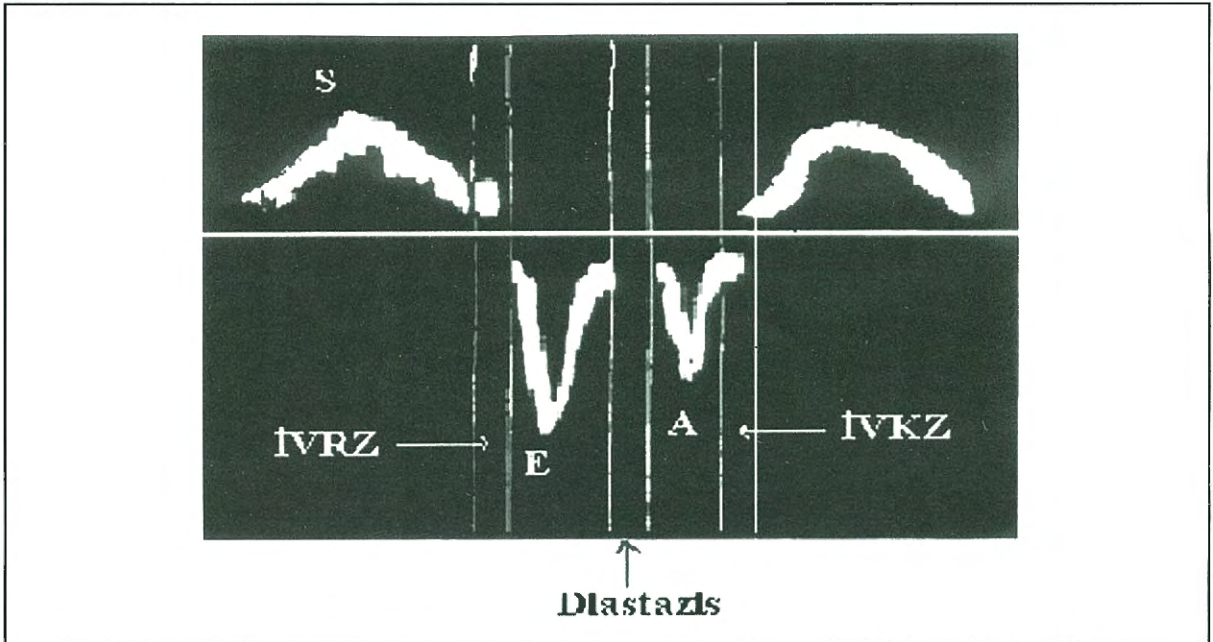
Geç diyastolik yavaş doluş fazı: Diyastazis safhasından sonra ventrikül doluşunun son dö-

nemi olan atriyal kontraksiyona ait doluş başlar. Bu dönem PW DDİ'de ikinci negatif dalga, Aa dalgası olarak görülür (25). Aa dalgası elektrokardiyografide P dalgasından sonra gelir (28). Elastik rekoilin azalması veya miyokardiyal sertliğin artması sonucu Aa dalga hızında artış gözlenmektedir (13,25).

Diyastolik Fonksiyonu Değerlendirmede Doku Doppler İnceleme

Doku Doppler inceleme miyokardın diyastolik performansı hakkında ön yükten bağımsız olarak direkt bilgi verir. Mitral anulusun longitudinal aks boyunca olan hareketi longitudinal olarak dizilen miyokardiyal liflerin hareketinin toplamıdır. Anuler hareketin bölgesel anormalliklerden daha az etkilendiği düşünülmektedir ve global diyastolik fonksiyonu daha iyi yansıtmaktadır (2). Septal ve lateral anulus arasında hemodinamik, fizyolojik, patofizyolojik davranış açısından fark olup olmadığı hakkında henüz bir konsensus oluşmuş değildir (2).

Ea dalgası ön yükten etkilenmez ve elastik rekoili gösterir (2,19). Lateral anulüste Ea dalga hızı septumdan daha yüksektir. Bu da gevşeme



Şekil 1. Pulsed wave doku Doppler ekokardiyografi ile alınan akım örneği

aktivitesinin lateral duvarda daha belirgin olduğunu göstermektedir. Miyokardiyal liflerin anatomik yerleşiminden dolayı apikal bölgede Ea dalgasının hızı düşüktür (19).

Shan ve ark.(29) sistolik miyokardiyal akım ve Ea dalga hızlarını belirleyen en önemli faktörün, miyokardiyal adrenerjik reseptör dansitesi ve interstisyel fibrozis oranının olduğunu bildirmişlerdir. Ea dalgası iskemiye karşı oldukça duyarlıdır. Koroner kan akımı azaldığında Ea hemen azalır (3).

Ea dalgası miyokardiyal gevşemenin güvenilir bir göstergesidir ve diyastolik fonksiyonu değerlendirmek için uygun bir parametredir (2). Yaş ilerlemesi, diyastolik fonksiyon bozukluğunda, SV hipertrofisinde Ea dalga hızı azalır. Rajagopalan ve ark.(30) mitral akım Doppler görüntüsü klinik bulguları benzer iki hastalık olan konstrüktif perikardit ve restriktif kardiyomiopati ayırımında Ea dalga hızının kullanılabileceğini yaptıkları geniş prospektif çalışmada göstermişlerdir. Bu çalışmaya göre Ea dalga hızı restriktif kardiyomiopattide <8 cm/s iken konstrüktif perikarditte >8 cm/sn olmaktadır. Sohn ve ark.(31) atriyal fibrilasyonda septal duvarda Ea dalga hızının ≤8 cm/s olmasının diyastolik fonksiyonu gösterdiğini ve bu yöntemin sensitivitesinin %73, spesifitesinin %100 olduğunu bildirmişlerdir.

Ea dalgası SV dolum basıncını tahmin etmede de kullanılmaktadır. Ommen ve ark.(32) özellikle SV ejeksiyon fraksiyonu korunmuş kişilerde septal anulüsten ölçülen E/Ea oranı <8 ise SV dolum basıncının normal, 8-15 arası ise yol gösterici değil, >15 ise SV dolum basıncının yükselmiş olduğunu göstermişlerdir.

Diyastolik fonksiyon için Ea dalgasının tek başına değerlendirilmesinden ziyade Ea/Aa'ya bakılması daha doğrudur. Normal sağlıklı genç bireylerde, tüm miyokardiyal segmentlerde Ea/Aa oranı daima birden büyüktür (2,28). Yaş ilerlemesi ile Ea dalgasında azalma, Aa dalgasında artma, İVGZ'de uzama, Ea/Aa oranında tersine

dönme gözlenmektedir. Kırk yaş altında Ea/Aa oranı <1 ise bu relaksasyon anomalisidir. Ea/Aa oranı normalde 40-60 yaş arasında yalnızca septal duvarda <1 olur. Lateral duvarda ise ancak 60 yaş sonrası <1 olur (Tablo 1).

Tablo 1. Sağlıklı insanlarda septal ve lateral anulüsten PW DDİ ile elde edilen Ea, Aa ve Ea/Aa oranlarının yaşlara göre değişimi

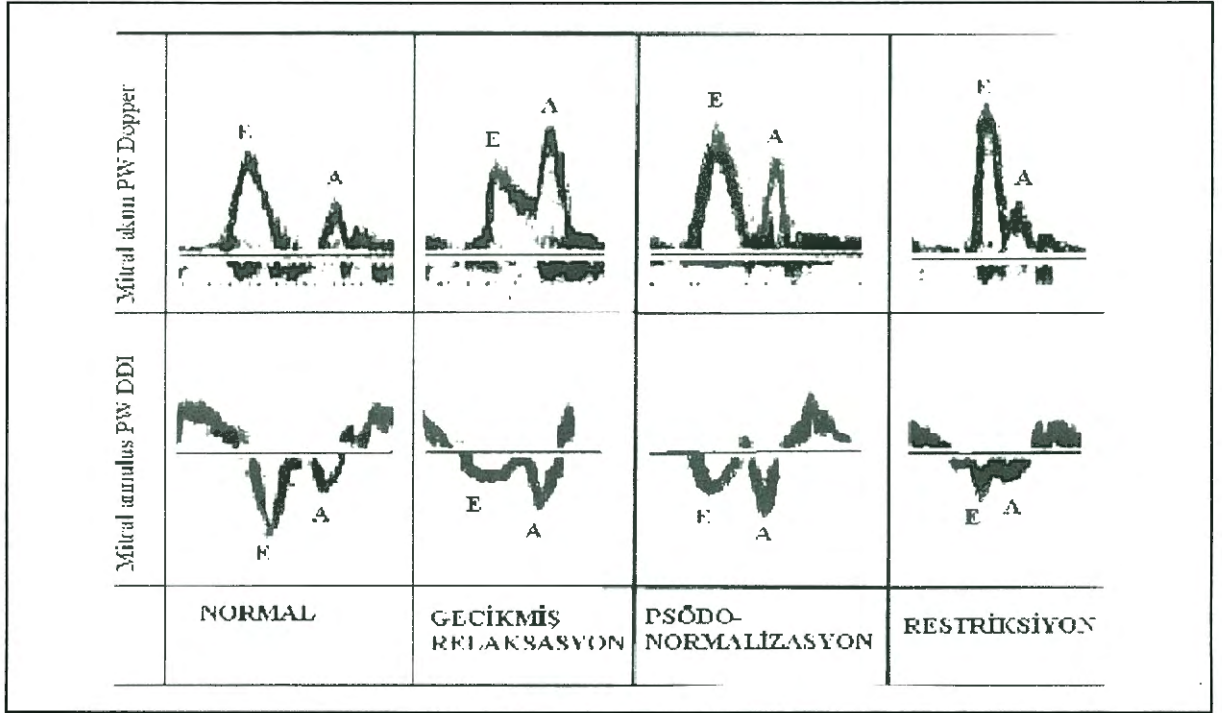
	Septal anulüs	Lateral anulüs
< 40 Yaş		
Ea	13.5 ± 2.2	17.3 ± 3.0
Aa	8.9 ± 2.0	8.7 ± 1.9
Ea/Aa	1.6 ± 0.4	2.1 ± 0.6
40-60 Yaş		
Ea	12.3 ± 2.6	16.0 ± 3.1
Aa	10.0 ± 2.0	10.0 ± 2.7
Ea/Aa	1.3 ± 0.4	1.7 ± 0.6
>60 Yaş		
Ea	10.0 ± 2.1	12.6 ± 3.0
Aa	11.8 ± 2.3	13.0 ± 3.4
Ea/Aa	0.85 ± 0.2	0.95 ± 0.5

Ea: "Peak" miyokardiyal erken diyastolik akım hızı.
Aa: "Peak" miyokardiyal geç diyastolik akım hızı

Diyastolik Fonksiyon Bozukluğunun Evreleri

Ea dalgası diyastolik fonksiyon bozukluğu ilerledikçe progresif azalma göstermektedir (33). "Pulsed wave" DDİ ile diyastolik fonksiyonlar direkt olarak miyokarddan yapılan ölçümlerle değerlendirilebilmekte ve normalden restriktif fiziyojjiye kadar birbiri ile karışabilecek patternler kolayca ayırt edilebilmektedir (12) (Şekil 2). Diyastolik fonksiyon bozukluğunun hafif (gecikmiş relaksasyon), orta (psödonormalizasyon) ve ciddi (restriksiyon) diyastolik fonksiyon bozukluğu olmak üzere 3 evresi mevcuttur (12). Tablo 2'de normal diyastolik fonksiyon ve diyastolik fonksiyon bozukluğunun evrelerine göre ekokardiyografik bulgular verilmiştir.

Normal diyastolik fonksiyon (2,12): Sol ventrikülün gevşeme hızı, kompliyansı ve dolum basıncı normaldir. Mitral akım E dalgası A dalgasından büyüktür (E/A>1). Deselerasyon zamanı <220 msn'dir. Pulmoner ven atriyal geri akım



Şekil 2. Normalden restriksiyona kadar olan diyastolik fonksiyon bozukluğu evrelerinin mitral akım Doppler paterni ile mitral anulus doku Doppler paternleri görülmektedir.

Tablo 2. Diyastolik fonksiyon bozukluğunun evrelerine göre ekokardiyografik bulgular

	E/A	DZ (msn)	İVGZ (msn)	PVAGAH (cm/s)	Ea (cm/s)	Ea/Aa
Normal	>1	<220	<100	<35	>8	>1
Gecikmiş relaksasyon	<1	>220	>100	<35	<8	<1
Psödonormalizasyon	>1	<220	<100	>35	<8	<1
Restriksiyon	>2	<150	<60	>35	<8	<1

DZ: Deselerasyon zamanı, İVGZ: İzovolumik gevşeme zamanı, PVAGAH: Pulmoner venatriyal geri akım hızı

hızı 35 cm/s'yi geçmez. Ea dalgası >8 cm/s'dir ve Ea/Aa tüm miyokardiyal segmentlerde >1'dir. E/Ea oranı <8'dir.

Gecikmiş relaksasyon (2,12): Yaşlanmanın normal bir bulgusu olabildiği gibi çeşitli patolojik durumların erken evresinde de görülebilir. Sol ventrikülün gevşeme hızı azalmıştır ancak kompliyansı ve dolum basıncı normaldir. Gevşeme hızının azalması İVGZ'nin uzamasına (>100 msn) neden olur. E dalgası küçülür ve deselerasyon zamanı uzar (>220 msn). Geç diyastolde sol atriyum volümü yüksek kaldığı-

dan atriyum kasılmasıyla büyük bir kompensatuar doluş olur ve bunun sonucunda da A dalgası büyür. Pulmoner venatriyal geri akım hızı 35 cm/s'yi geçmez. Pulsed wave DDI ile saptanan Ea dalgası <8 cm/s ve Ea/Aa oranı <1'dir.

Psödonormalizasyon (2,12): Diyastolik fonksiyonun daha da bozulduğunu gösterir. Relaksasyonun gecikmesine SV dolum basıncının ve sol atriyum basıncının yükselmesi eklenince mitral akım örneği normale benzer bir hal alır. PWD ile elde edilen E dalgası büyür (E/A>1). Deselerasyon zamanı 150-220 msn, İVGZ ise 60-100

msn arasındadır. Sol atriyum basıncının yüksek olmasından dolayı pulmoner ven sistolik ileri akım hızı azalır, atriyal geri akım hızı artar ve uzun süreli olur. Yalnızca PWD ile normal ve psödonormalizasyon ile ayırımı yapılamamaktadır. Normal ve psödonormalizasyon ayırımı için pulmoner ven atriyal geri akım hızından yararlanılabilir. Pulmoner ven atriyal geri akım hızı psödonormalizasyonda 35 cm/s'nin üzerindedir. Normal ve psödonormalizasyon ayırımında kullanılan en geçerli yöntemlerden biri de PW DDİ'dir. Psödonormalizasyonda Ea dalgası <8 cm/s ve Ea/Aa oranı <1'dir. E/Ea oranı >15'tir.

Restriksiyon (2,12): Bu patern diyastolik disfonksiyonun ileri evresidir. Miyokardın sertliği artmış, kompliyansı azalmıştır. Bu nedenle erken dolun döneminde SV diyastolik basıncı hızla yükselir ve kısa sürede sol atriyum basıncına eşitlenir. Bunun sonucu DZ kısalır. Sol ventrikül diyastol sonu basıncı yüksek olduğundan, atriyum kontraksiyonuyla SV'nin dolunu azalmıştır. A dalgası küçülür. Sol atriyumun basıncının yüksek olması nedeniyle İVGZ ve E dalgasının hızı yükselir. E/A >2, DZ <150 msn ve İVGZ <60 msn'dir. İleri derecede genişlemiş ve kontraktilesi azalmış bir sol atriyum gözlemlenebilir. Pulmoner ven atriyal geri akım hızı >35 cm/s'dir. Ea dalgası <8 cm/s ve Ea/Aa oranı <1'dir.

Doku Doppler görüntülemenin avantajları (2,19,22)

- 1- Transduser ile incelenen bölge arasındaki dokulardan minimal etkilendiği için, kötü iki boyutlu görüntüye rağmen iyi doku Doppler sinyalleri alınabilir.
- 2- Hareket halindeki bir dokunun 3 dinamiği olan hız, ivme ve yer değiştirme DDİ ile kantitatif olarak ölçülebilir.
- 3- "Pulsed wave" DDİ'nin yüksek zamansal rezolüsyonu nedeniyle hem sistolik hem de diyastolik hemodinamik olaylar kantitatif olarak analiz edilebilir.

- 4- Miyokardın hem global ve hem de segmental sistolik ve diyastolik fonksiyonu kantitatif olarak değerlendirilebilir.
- 5- Ön yük değişikliklerinden etkilenmez.

Doku Doppler görüntülemenin sınırlamaları (2,12)

1. Farklı segmentlerden aynı anda kayıt alınmaz.
2. Miyokardiyal Doppler hızları kalbin translasyon hareketi ve komşu segmentlerin "tethering" (akinetik segmentin normal komşu segmentin hareketinden etkilenmesi) etkisinden etkilenebilmektedir.
3. Kalbin rotasyon hareketinden etkilenmektedir.
4. En önemli dezavantajı açı bağımlı olmasıdır.
5. Belirgin duvar hareket bozukluğu varlığında bulgular olumsuz etkilenebilmektedir. Bu durumda 4 bazal segmentin ortalamasının alınarak değerlendirilmesi uygun bir yaklaşım olacaktır.
6. Ciddi valvüler hastalık (aort stenozu hariç) varlığında yanlış sonuç çıkabilir.
7. Belirgin intraventriküler iletim bozukluğu olması hatalı sonuçlara neden olabilir.

Sonuç

SV diyastolik fonksiyonunu değerlendirmede PW DDİ yöntemi güvenilir ve kolay uygulanabilir noninvazif bir yöntemdir. Bu yöntemle PWD ile yapılamayan konstrüktif perikardit-restriktif kardiyomyopati ayırımı, normal-psödonormalizasyon ayırımı, atriyal fibrilasyonda diyastolik fonksiyon değerlendirilmesi kolayca yapılabilmektedir. Bu nedenle geleneksel yöntemlere ek olarak DDİ metodunun da kullanımı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Vasan RS, Levy D: Defining diastolic heart failure: a call for standardized diagnostic criteria. *Circulation* 2000; 101:2118-21
2. De Boeck BW, Cramer MJ, Oh JK, van der Aa RP, Jansma W: Spectral pulsed tissue Doppler imaging in diastole: a tool to increase our insight in and assessment of diastolic relaxation of the left ventricle. *Am Heart J* 2003; 146: 411-9
3. Mandinov L, Eberli FR, Seiler C, Hess OM: Diastolic heart failure. *Cardiovasc Res* 2000; 45:813-25
4. Garcia-Fernandez MA, Azevedo J, Moreno M et al: Regional diastolic function in ischemic heart disease using pulsed wave Doppler tissue imaging. *Eur Heart J* 1999; 20:496-505
5. Bach DS, Armstrong WF, Donovan CL, Muller DW: Quantitative Doppler tissue imaging for assessment of regional myocardial velocities during transient ischemia. *Am Heart J* 1996; 132:721-5
6. Grossman W: Diastolic dysfunction in congestive heart failure. *N Engl J Med* 1991; 325:1557-64
7. Altınmakas S, Yıldız S, Oğuş T ve ark: Esansiyel Hipertansiyonda Sol Ventrikül Kitlesi ile Bölgesel Diyastolik Fonksiyon Arasındaki İlişki. *Türk Kardiyol Dern Arş* 2000; 28:148-52
8. Nishimura RA, Tajik AJ: Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: Doppler echocardiography is the clinician's Rosetta Stone. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30:8-18
9. DeMaria AN, Blanchard D: The hemodynamic basis of diastology. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:1659-62
10. Brutsaert DL, Sys SU, Gillebert TC: Diastolic failure: pathophysiology and therapeutic implications. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22:318-25
11. Dağdelen S, Eren N, Karabulut H ve ark: Sol ventrikül hipertrofisi ile diyastolik fonksiyonları arasındaki ilişkinin yeni ekokardiyografik yaklaşımlarla değerlendirilmesi. *Türk Kardiyol Dern Arş* 2001; 29:173-80
12. Garcia MJ, Thomas JD, Klein AL: New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32:865-875
13. Pai RG, Gill KS: Amplitudes, durations, and timings of apically directed left ventricular myocardial velocities: I. Their normal pattern and coupling to ventricular filling and ejection. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:105-11
14. Rossvoll O, Hatle LK: Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: relation to left ventricular diastolic pressures. *J Am Coll Cardiol* 1993;21:1687-96
15. Appleton CP, Galloway JM, Gonzalez MS, Graballa M, Basnight MA: Estimation of left ventricular filling pressures using two-dimensional and Doppler echocardiography in adult patients with cardiac disease. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22:1972- 82
16. Garcia MG, Rodriguez L, Ares M, Griffin BP, Thomas JD, Klein AL: Differentiation of constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy: assessment of left ventricular diastolic velocities in longitudinal axis by Doppler tissue imaging. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27:108-14
17. Sohn D-W, Chai I-H, Lee D-J, et al: Assessment of mitral annulus velocity by doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30:474-80
18. Lindstrom L, Wranne B: Pulsed tissue Doppler evaluation of mitral annulus motion: a new window to assessment of diastolic function. *Clin Physiol* 1999; 19:1-10
19. Isaza K: What are we actually measuring by Doppler tissue imaging? *J Am Coll Cardiol* 2000; 36:897-9
20. Isaza K, Thomson A, Ethovenot G, Cloez JL, Brembilla B, Pemot C: Doppler echocardiographic measurement of low velocity motion of left ventricular posterior wall. *Am J Cardiol* 1989; 64:66-75
21. McDicken WN, Sutherland GR, Moran CM, Gordon L: Colour Doppler velocity imaging of the myocardium. *Ultrasound Med Biol* 1992; 18:651-4
22. Pai RG, Gill KS: Amplitudes, durations, and timings of apically directed left ventricular myocardial velocities: I. Their normal pattern and coupling to ventricular filling and ejection. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998;11:105-11
23. Greenbaum RA, Ho SY, Gibson DG, Becker AE, Anderson RH: Left ventricular fiber architecture in man. *Br Heart J.* 1981; 45:248-63
24. Wallbridge DR, Zamorano J, Ge J, Drozd J, Erbel R: Assessment of cardiac physiology by tissue Doppler echocardiography: a comparison with pressure recording during heart catheterization. *Br Heart J* 1995; 73 (suppl3):85
25. Zamorano J, Wollbridge DR, Ge J, Drozd J, Nesser J, Erbel L: Noninvasive assessment of cardiac physiology by tissue Doppler echocardiography: a comparison with invasive hemodynamics. *Eur Heart J* 1997; 18:330-9
26. Oki T, Tabato T, Mistiuro Y, et al: Pulsed tissue Doppler imaging of Left ventricular systolic and diastolic wall motion velocities to evaluate differences between long and short axes in healthy subject. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12:308-13
27. Garcia-Fernandez MA, Azevedo J, Moreno M, et al: Segmental izovolumic relaxation time of the left ventricular myocardium by pulsed Doppler tissue imaging. A new index of regional diastolic function and normal pattern description. *Eur Heart J* 1996; 17 557:3050
28. Azevedo J, Garcia-Fernandez MA, Puerta P et al: Pattern of pulsed Doppler tissue imaging of regional ventricular wall diastolic velocities in a normal population: Its relation with the left ventricular Doppler inflow profile (abs). *Eur Heart J* 1995; 16: 451, 2640
29. Shan K, Bick RJ, Poindexter BJ, et al: Relation of tissue Doppler derived myocardial velocities to myocardial structure and beta-adrenergic receptor density in humans. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36:891-6

30. Rajagopalan N, Garcia MJ, Rodriguez L, et al: Comparison of new Doppler echocardiographic methods to differentiate constrictive pericardial heart disease and restrictive cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2001; 87: 86-94

31. Sohn D-W, Song J-M, Zo J-H, et al: Mitral annulus velocity in the evaluation of left ventricular diastolic function in atrial fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12:927-31

32. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, et al: Clini-

cal utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation* 2000; 102:1788-94

33. Wallbridge DR, Zamorano J, Ge J, Drozd J, Erbel R: Assessment of cardiac physiology by tissue Doppler echocardiography: a comparison with pressure recording during heart catheterization. *Br Heart J* 1995; 73 (suppl3):85