

Renkli Doppler ve Sürekli Dalga Doppler Ekokardiografi ile Aort Yetersizliğinin Derecelendirilmesi

QUANTITATION OF AORTIC REGURGITATION BY CONTINUOUS WAVE AND COLOR CODED DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY

Dr.Aydın AKSOY, Yard.Doç.Dr.Mehmet METİN, Doç.Dr.Atıye ÇENGEL, Prof.Dr.Övsev DÖRTLEME/.. Prof.Dr.Halis DÖRTLEMEZ.

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji ABD, ANKARA.

ÖZET

Safaort yetersizliği olan 32 hastada, anjiyografik sonuçlar ile renkli Doppler ve sürekli dalga (CW) Doppler ekokardiografi sonuçları karşılaştırılarak, aort yetersizliğinin Doppler ekokardiografik tekniklerle kantitatif değerlendirilmesi amaçlandı. Aort kaçak jetinin genişliğinin, sol ventrikül çıkış yolu genişliğine bölünmesi ile renkli Doppler ölçümleri yapıldı ve CWSinyalleri ile deselerasyon eğimi hesaplandı. Renkli Doppler ve CWDoppler sonuçlarının ortalama değeri ve standart sapmaları sırası ile şu şekilde idi.

- I. Derece % 14.5 ± 5.5; 1.51 ± 0.24 m/sn²
- II. Derece % 29.5 ± 7.5; 2.44 ± 0.49 m/sn²
- III. Derece % 52.8 ± 6.7; 4.21 ± 0.63 m/sn²
- IV. Derece % 93.4 ± 7.9; 6.29 ± 0.87 m/sn²

Bu sonuçlara göre belirgin farklılık gösteren 4 ayrı aort yetersizliği grubu oluşmaktadır. Renkli Doppler sonuçları daha önce aynı yöntemi kullanarak yapılan çalışmalara kıyasla az farklı sayısal değerlerdedir. Buna karşın CW Doppler ile elde edilen deselerasyon eğimi değerleri önceki çalışmalarla oldukça benzerlik göstermektedir. Muhtemelen renkli Doppler tekniği, incelemeyi yapan operatöre, kullanılan makineye ve ayarlara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir; CW Doppler ise, renkli tekniğe kıyasla sayısal olarak değişkenlik göstermeyen bir yöntem olarak gözükmektedir ve güvenilir bir aort yetersizliği sınıflandırması mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aort yetersizliği, Doppler ekokardiografi, Renkli Doppler ekokardiografi

T Klin Kardiyoloji 1992,5:89-94

Geliş Tarihi: 9.11.1991

Kabul Tarihi: 27.12.1991

Yazışma Adresi: Dr.Aydın AKSOY
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Kardiyoloji ABD, ANKARA

SUMMARY

In 32 patients with pure aortic regurgitation color coded Doppler echocardiography and continuous wave Doppler echocardiography results were compared to angiographic results in order to obtain a quantification of aortic regurgitation by Doppler echocardiography techniques. The ratio of aortic regurgitant jet width to left ventricular outflow tract, was determined by color flow and deceleration slope was calculated by continuous wave Doppler. Mean results and standard deviations for color and CW techniques respectively were as follows:

- Grade I % 14.5 ± 5.5; 1.51 ± 0.24 m/sn²
- Grade II % 29.5 ± 7.5; 2.44 ± 0.49 m/sn²
- Grade III % 52.8 ± 6.7; 4.21 ± 0.63 m/sn²
- Grade IV % 93.4 ± 7.9; 6.29 ± 0.87 m/sn²

These results revealed four significant different groups. But color coded Doppler results were slightly different from previous studies done with the same calculation while CW Doppler results were quite similar to previous studies done by measuring deceleration slope in aortic regurgitation. It is possible that for different operators, color measurements may vary, also depending on equipment differences but CW Doppler might be a relatively constant and reliable technique for aortic regurgitation quantification.

Key Words: Aortic regurgitation, Doppler echocardiography, Color-coded Doppler echocardiography

Turk J Cardiol 1992, 5:89-94

Aort kaçak jetini ölçmek için yapılan çalışmalar Doppler ve renkli Doppler ekokardiografinin klinik kullanıma girmesi ile yeni boyutlar kazanmıştır

ve her iki yöntemle de çeşitli metodlar ile aort kaçağının derecelendirilmesi tanımlanmıştır. Bütün çalışmalarda esas kriter olarak anjiyografik sınıflandırma kabul edilmiştir.

Bu çalışmada anjiyografik olarak saptanmış ve sınıflandırılmış saf aort yetersizliği olgularında renkli Doppler ve sürekli dalga (continuous wave: CW) Doppler ekokardiyografi ile aort kaçağının derecelendirilmesi yapıldı ve halen tanımlanan metodların arasında anjiyografi ile en uyumlu gözükten yöntem araştırıldı.

MATERYEL VE METOD

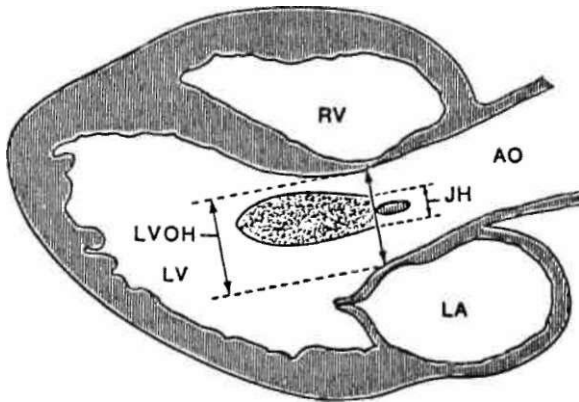
Saf aort yetersizliği olan (kateter ve anjiyografi ile saptanmış ek valvül lezyonu olmayan) 32 olgu çalışıldı.

Olguların onbiri kadın, yirmibiri erkek olup yaş aralığı 18-70 sene idi (ortalama 44.2).

Kardiak kateterizasyonda her hastaya aort kökü anjiyografisi uygulandı. Aort yetersizliğinin derecelendirmesi için Grossman sınıflandırması kullanıldı (1).

Kardiak kateterizasyon ve Doppler ekokardiyografik incelemeler arasında en fazla 5 gün geçti (ortalama 2.4). Doppler ekokardiyografik incelemelerin hepsi aynı seansta uygulandı ve tek ekokardiyografist tarafından yapıldı. Doppler uygulamalarında kullanılan cihaz Toshiba SSA-270 A idi.

Renkli Doppler ölçümlerinin tümü hasta sol lateral pozisyonda yatarken sol parasternal uzun eksen incelemesi ile yapıldı. Renk kazancı olarak her hastada renk artefaktlarının kaybolduğu değer seçildi. Renk olarak hız-türbülans Modu uygulandı ve 2.5



Şekil 1. Renkli Doppler tekniği ile aort kaçak jeti genişliğinin sol ventrikül çıkış yolu genişliğine bölünerek aort yetmezliğinin derecelendirilmesi. JH: Kaçak jeti genişliği. LVOH: Sol ventrikül çıkış yolu genişliği. LV: Sol ventrikül. AO: Aorta. LA: Sol atrium. RV: Sağ ventrikül.

MHz prob kullanıldı. Aort yetersizliği oranı sol ventrikül çıkış yolu genişliğinin (aort kapaklarının 1 cm altından), kaçak jeti genişliğine bölünmesi ile elde edildi (Şekil 1). Ölçümler geç diastolde yapıldı ve her hasta için 5 ölçüm yapılarak ortalaması alındı.

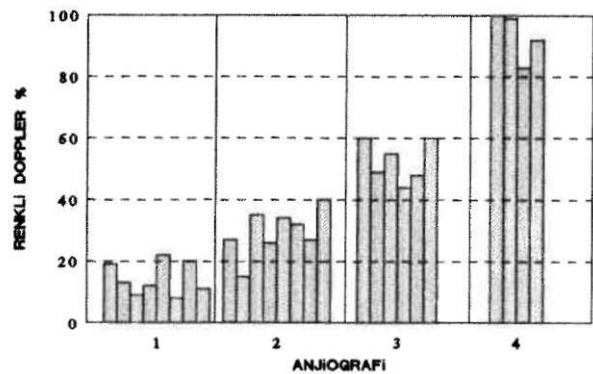
CW Doppler incelemesinde, hastalar sol lateral dekubitus pozisyonunda iken elde edilen apikal 5 boşluk görüntüsü kullanıldı. 3.5 MHz CW transducer ile yapılan incelemede, deselerasyon m/sn olarak ekran üzerinde spektral kayıtlardan ölçüldü. Her hastada 5 ayrı ölçüm yapıp ortalaması alındı. Transducer odio sinyallerinin katkısı ile en yüksek Doppler frekans kayması elde edilene kadar kaydırılarak, diastolik deselerasyon eğimi maksimum hız ile diastol sonu hızı arasındaki doğrunun eğimi olarak alındı.

Hastaların hepsi sinüs ritminde idi ve sol ventrikül disfonksiyonu ekokardiyografik ve anjiyografik olarak saptanmadı.

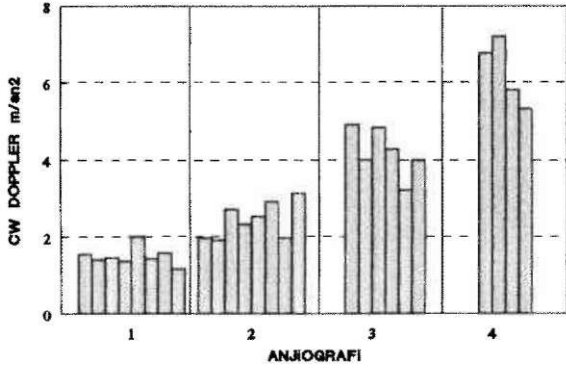
SONUÇLAR

Aort kaçağı jetinin genişliğini sol ventrikül çıkış yolu genişliğine bölmek için gereken uygun eksende parasternal görüntü elde etmek, programa alınan 32 aort yetersizliği olgusunun 26'sında mümkün oldu ve 6 olgu çalışmaya alınmadı.

Renkli Doppler çalışmasının sonuçları ve anjiyografi ile kıyaslanması Şekil 2'de gösterilmiştir. Anjiyografik olarak birinci derece bulunan 8 aort yetersizliği olgusu tarif edilen metod ile minimum %8, maksimum %22.3 değerleri gösterdi. Ortalama değer ve standart sapma 14.5 ± 5.5 olarak hesaplandı. Anjiyografik olarak ikinci derece aort yetersizliğinde renkli Doppler ile minimum % 15.4, maksimum %40 değerleri bulunurken ortalama değer ve



Şekil 2. Renkli Doppler ile incelenen olguların anjiyografi ile kıyaslanarak sınıflandırılması. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece kaçaklar arasındaki farklılık net olarak gözüküyor.



Şekil 3. CW Doppler ile incelenen olguların anjiyografi ile kıyaslanarak gnıplaiKırlılıması. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece kaçaklar arasındaki farklılık net olarak gözüküyor.

standart sapma $29,5 \pm 7,5$ idi. Üçüncü derece kaçaklarda minimum değer $44,4$ maksimum değer $60,4$, ortalama değer standart sapma $52,8 \pm 6,7$ idi. Dördüncü derecede minimum değer $82,8$, maksimum değer 100 idi. Ortalama değer ve standart sapma $93,4 \pm 7,9$ idi.

Bu çalışmada Kruskal-Wallis tek yönlü değişkenlik analiz testi kullanılarak yapılan istatistik] çalışma ile p değeri 0.001'den küçük bulundu (bir grubun diğerinden farklı olmasına dayanan anlamlılık).

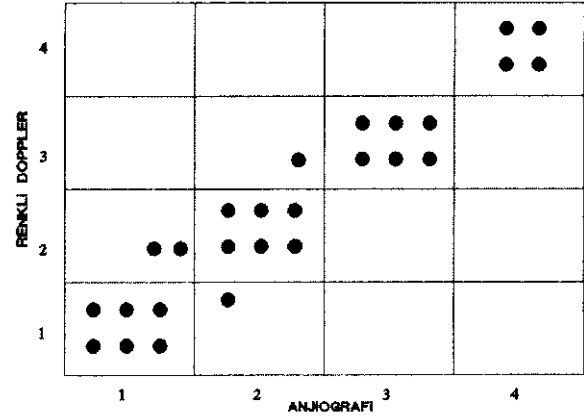
CW Doppler ile yapılan çalışmada aort yetersizliğinin derecesi arttıkça deselerasyon eğiminin arttığı gözlemlendi. Anjiyografi ile CW Doppler çalışmasının karşılaştırması Şekil 3'de görülmektedir. Birinci derece kaçak için deselerasyon eğiminin değeri minimum $1,18 \text{ m/sn}^2$, maksimum $2,02 \text{ m/sn}^2$, ortalama

değer ve standart deviasyon ise $1,51 \pm 0,24 \text{ m/sn}$ olarak bulundu.

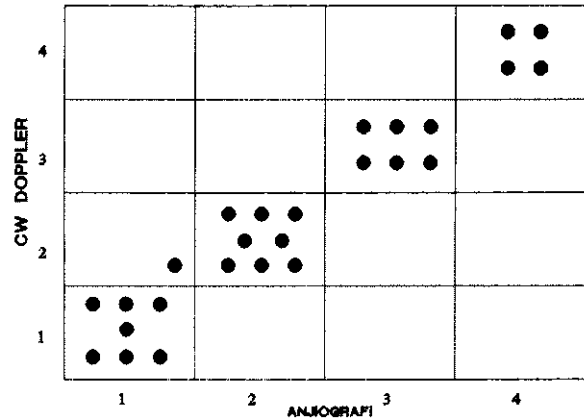
İkinci derece kaçak için minimum deselerasyon eğimi $1,91 \text{ m/sn}$, maksimum eğim $3,14 \text{ m/sn}^2$, ortalama değer ve standart sapma $2,44 \pm 0,49$ olarak bulundu. Üçüncü derece aort yetersizliğinde deselerasyon eğimi minimum değeri $3,22 \text{ m/sn}$, maksimum değeri $4,92 \text{ m/sn}$, ortalama değer ve standart sapma $4,21 \pm 0,63 \text{ m/sn}^2$ olarak bulundu. Dördüncü derece kaçakta ise minimum deselerasyon eğimi $5,33 \text{ m/sn}$, maksimum $7,22 \text{ m/sn}^2$, ortalama değer ve standart sapma $6,29 \pm 0,87 \text{ m/sn}^2$ idi. Kruskal Wallis tek yönlü değişim analizi ile yapılan istatistiki değerlendirme ile p değeri 0.00E'den küçük hesaplandı (bir grubun diğerinden farklı olmasını gösteren anlamlılık).

Renkli Doppler ile aort kaçığının derecelendirilmesinde sonuçlarımızdan geriye dönerek yapılan sınıflandırmada tarif ettiğimiz yöntemle birinci derece kaçakların %20'den küçük olduğunu, ikinci derece kaçakların %20-40 arasında, üçüncü derece kaçakların %40-60 arasında olduğunu ve dördüncü derece kaçakların %60'tan büyük olduklarını kabul edersek anjiyografik olarak birinci derece kabul edilen 8 aort yetersizliği olgusundan biri ikinci derece, biri ise sınırdadır. Anjiyografik olarak ikinci derecede kaçakların biri birinci derece, biri ise ikinci-üçüncü derecede sınırında bulunmaktadır. Üçüncü ve dördüncü derece kaçaklarda anjiyografi ile tam uyum gözükmemektedir (Şekil 4).

CW Doppler ile aort kaçığı, çalışmamıza göre şu değerlerde sınıflandırılabilir:



Şekil 4. Renkli Doppler ile derecelendirmenin anjiyografik sınıflandırmaya gösterdiği uyumluluk görülebilmektedir. Anjiyografik olarak birinci derece olan iki olgu ikinci derece, anjiyografik olarak ikinci derece olan bir olgu üçüncü derece, bir olgu da birinci derece gözükmemektedir. Diğer olguların hepsi anjiyografik sınıflandırmaya uygun dağılmaktadır.



Şekil 5. CW Doppler ile derecelendirmenin anjiyografik sınıflandırmaya gösterdiği uyumluluk görülebilmektedir. Anjiyografik olarak birinci derece olan bir olgu ikinci derece gözükmemektedir. Diğer olguların hepsi anjiyografik sınıflandırmaya uygun dağılmaktadır.

Deselerasyon eğimi 1.8 m/sn^2 'den küçük olanlar birinci derece, 1.9 m/sn^2 ile 3.2 m/sn^2 arasında olanlar ikinci derece, 3.2 m/sn^2 - 5 m/sn^2 arasında olanlar üçüncü derece, 5 m/sn^2 'nin üzerinde olanlar dördüncü derece. Bu sınıflandırmaya göre anjiyografik olarak birinci derece olan bir olgu 0.02 m/sn^2 gibi küçük bir farkla ikinci derece gözükmektedir. Diğer olguların hepsi anjiyografik sınıflandırmaya uygun dağılmaktadır (Şekil 5).

TARTIŞMA

Aort yetersizliğinin derecelendirilmesi amacı ile önceleri vurulu dalga (PW) Doppler tekniği kullanılmış ve kaçak jetinin sol ventrikül uzun ekseni boyunca ilerlemesi esas alınarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu şekilde yapılan çeşitli çalışmalarda (2-4) anjiyografi ile uyumlu ve az uyumlu veriler bildirilmiştir. Çalışmamızda aynı hasta grubuna uyguladığımız PW tekniği ile yapılan incelemede anjiyografiye kıyasla az uyumlu sonuçlar elde ettik (26 olgunun 4'ünde iki derece, 5'inde bir derece fazla, 5'inde bir derece az tahmin edildi). Bu inceleme şekli yanlış saptamalar yaptığı kadar oldukça zaman harcamak gerektiren bir tekniktir (2). CW Doppler tekniği ile deselerasyon eğiminin ölçülerek aort yetersizliğinin kantitatif değerlendirilmesi, son senelerde olumlu sonuçlar bildirilmiş bir inceleme yöntemidir (4-7). PW ile yapılan incelemeye üstünlüklerinin arasında zaman kazancı yanında PW ile görülen ve özellikle mitral darlığında öne çıkan mitral inflov ile aort kaçığının interferansı söz konusu değildir (8). Çeşitli merkezlerden yayınlanan deselerasyon eğimine göre sınıflandırmada genellikle 2 m/sn^2 'nin altındaki kaçaklar hafif (anjiyografik I.derece), $2-3 \text{ m/sn}^2$ arasında orta derecede (anjiyografik II. derece), 3 m/sn^2 'nin üzerinde ileri derecede (anjiyografik III. veya IV. derece) aort kaçığı olduğu ifade edilmektedir (4-6,9).

Bizim sonuçlarımız da bu raporlarla uyumlu gözükmektedir. Bu teknikle ilgili en önemli sınırlama yüksek kalitede kayıt elde etmek gerekliliği, buna karşın her hastada bunun için yeterli görüntü elde etmenin mümkün olmamasıdır. 32 hastadan 6'sını bu nedenle çalışma dışı bıraktık. Benzer problemler başka çalışmalarda da yayınlanmıştır (9,10). Deselerasyon eğimi aorta ile sol ventrikül arasındaki diastolik basınç gradientinin azalma oranını göstermektedir. Teorik olarak bu oran sol ventrikül diastolik basıncını arttıran ve aortik diastolik basıncı düşüren aort kaçak akımına ve sol ventrikül ve aortanın kompliansına bağlıdır. Bu boşlukların kompliansını değiştiren her faktör (yaş, ateroskleroz,

koroner arter hastalığı) aort yetersizliğinden bağımsız olarak deselerasyon eğimini etkileyecektir. Kalb hızının artması diastol süresini kısaltıp diastol sonu basıncını düşüreceğinden muhtemelen eğimi de azaltacaktır (2). Bu faktörler bu ölçümün hassasiyetini değiştirebilir. Şunu da göz önünde bulundurmak gerekir ki, anjiyografi de semikantitatif bir teknik olup teknik farklılıklara ve sübjektif yorumlamaya göre değişebilir ve aort yetersizliğinin düşük veya yüksek derecelendirmesi mümkündür (13,14). Sol ventrikülün genişliği, mitral yetmezliğinin varlığı, kontrast maddenin verilmiş hızı ve miktarı, kateterin pozisyonu bu tekniğin sınıflamada değişkenlik göstermesine yol açabilir (12,13).

Renkli Doppler ile aort yetersizliğinin sınıflandırılması için ise önceleri kaçak jetinin uzunluğu kriter olarak alınmıştır (2,15,16). Olumlu olan bu çalışmalar sonraki çalışmalar ile doğrulanmamıştır (17-19). Bazı araştırmacılar kaçak jetinin genişliğini kullanmışlardır (18-21). Bazı çalışmalarda ise kaçak jetinin uzun eksende alanının ölçülmesi kullanılmış fakat çelişkili sonuçlar yayınlanmıştır (17,19,20,22). Bu parametrelerin hemen hepsi valvüler lezyonun derecesinden başka faktörlere de dayanmaktadır. Diastolik basınç gradienti, kazanç ayarı, mitral kan akımı ve mitral darlığının olması, sol ventrikülün genişliği bu parametreleri değiştirebilmektedir (18,23). Son zamanlarda ise Svitzer ve arkadaşları (18) tarafından başlatılan ve diğer çalışmalarda da onaylanan kaçak jetinin genişliğinin aort kapaklarının hemen altında ölçülüp sol ventrikül çıkış yoluna oranlanmasının anjiyografi ile çarpıcı korelasyonu bildirilmiştir (21). Bir grup çalışmacı da kaçak jetinin her zaman sirküler olmayacağını varsayarak kısa eksenden kaçak jeti alanının aort kapaklarının hemen altında ölçülüp sol ventrikül çıkış yolu alanına bölünmesinin daha doğru olacağını savunmuşlardır (24,25). Renkli Doppler ile yapılan bu parametre hemen sadece valvüler defektin genişliğine bağlı olacaktır. Halbuki esas kriter olarak alınan anjiyografi, aortik kaçak hacmini etkileyen 3 ayrı faktöre bağlı olarak değişen sübjektif bir derecelendirme şeklidir. Bu faktörler; a) valvüler defektin genişliği, b) diastolik basınç gradienti, c) diastol süresidir. Basınç gradienti de sol ventrikül kompliansı ve periferik rezistans ile belirlenir. Yine de anjiyografik sınıflandırma şekli grupları net bir şekilde ayırabilmekte ve doğru sınıflamayı yapabilmektedir. Bu yüzden bu tetkik ile paralellik gösteren noninvaziv bir parametre esas kriter olarak

anjiyografi ile kıyaslanabilir. Kaldı ki renkli Doppler ekokardiografi hemodinamik değişkenlerden (kalb hızı, periferik rezistans gibi) etkilenmemektedir. Bizim çalışmamızda da anjiyografi ile renkli Doppler arasında belirgin bir uyumluluk gözükmemektedir. Ancak diğer çalışmalarda, elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında az da olsa sayısal değerlerde farklılık görülebilir. Bu konuda en geniş araştırmayı yapan Perry ve arkadaşlarının sonuçları (3) birinci derece aort yetersizliği için %1-%24, ikinci derece için %25-%46, üçüncü derece için %47-%64, dördüncü derece için %65-%100 şeklindedir. Bu çalışma bizim sonuçlarımız ile yaklaşık %5 değer farklılığı göstermektedir. Bu farklılık muhtemelen incelemeyi yapan operatöre, kullanılan makinenin cinsine ve teknik farklılığına (örneğin kazanç, Doppler frekansı, vuru tekrarlama frekansı-PRF, latéral rezolasyon, pixel derecesi) ve ayarlara bağlı olarak oluşmaktadır. Bazı çalışmalarda daha belirgin farklılık görülmektedir (23,26,27).

Özet olarak CW ve renkli Doppler teknikleri aort yetersizliğinin noninvaziv ve semikantitatif olarak derecelendirmesinde çok değerli ve güvenilir gözükmemektedir. PW Doppler tekniğine kıyasla her iki metodun üstünlükleri vardır. CW Doppler ile tarif edilen yöntem çeşitli merkez çalışmalarında oldukça uyumlu gözükmemektedir. Renkli Doppler ile tanımlanan yöntem de oldukça pratik ve güvenilir gözükmemektedir: bu yöntem için daha geçerli olmak üzere her iki yöntemde de ekokardiografi merkezlerinin kendi deneyimleri ve anjiyografik kıyaslamaları ile özgün sayısal değerlerini geliştirmesi faydalı olabilir.

KAYNAKLAR

- Grossman W, Dexter C. Profiles in valvular heart disease. In: Grossman W, ed. Cardiac catheterization and angiography; Philadelphia Lea & Febiger 1980; 321.
- Ciobanu M, Abbasi AS, Ailen M, Ilenner A, SpcUberg R. Pulsed Doppler echocardiography in the diagnosis and estimation of severity of aortic insufficiency. Am J Cardiol 1982; 49: 339.
- Perry GJ, Helmeke F, Nanda NC, Byard C, Soto B. Evaluation of aortic insufficiency by Doppler color flow mapping. J Am Coll Cardiol 1987; 9: 952.
- Pye M, Rae AP, Hutton I, Cabbe SM. Quantification of aortic regurgitation using continuous and pulsed wave Doppler echocardiography. Int J Cardiol 1990; 27: 101.
- Labovitz AJ, Ferrera RP, Kern MJ, Beryg RJ, Mrosek DG, Williams GA: Quantitative evaluation of aortic insufficiency by continuous wave Doppler Echocardiography. J Am Coll Cardiol 1986; 8: 1341.
- Masuyama T, Kodama K, Kttabotake A, Nanto S, Sato II, Ueinatsu M, Unoue M, Kamada T. Noninvasive evaluation of aortic regurgitation by continuous-wave Doppler echocardiography. Circulation 1986; 73: 460.
- Grayburn PA, Handshoe R, Smith MD, Harrison MR, De Maria AN. Quantitative assesment of the haemodynamic consequences of aortic regurgitation by means of continuous wave Doppler recordings. J Am Coll Cardiol 1987; 10: 135.
- Masuyaine T, Kitabotake A, Kodatna K, Ueinatsu M, Nakotani S, Kamada T. Semiquantitative evaluation of aortic regurgitation by Doppler echocardiography: Effects of associated mitral stenosis. Am Heart J 1989; 117: 133.
- Beyer WR, Ramirez M, Joseplison MA, Shell PM. Correlation of continuous wave Doppler assesment of chronic aortic regurgitation with hemodynamics and angiography. Am J Cardiol 1987; 60: 852.
- Teagtie SM, Ilcinsiiner JA, Anderson JL, Snblett K, Olson EG, Vayled WF, Thadani U. Quantification of aortic regurgitation utilizing continuous wave Doppler Ultrasound. JACC 1986; 8: 592.
- Laiiido S, Yellin EL, Yoran C, Strom J, Hon M, Gabbay S, Terdiman R, Froter DWM. Physiologic mechanisms in aortic insufficiency I. The effect of changing heart rate on flow dynamics II. Determinants of Austin Flint murmur. Circulation 1982; 66: 226.
- Menne! RG, Joyner CRJr, Thompson PD, Pyle RR, Macranrh II III. The preoperative and operative assesment of aortic regurgitation. Am J Cardiol 1972; 29: 360.
- Haut D, Baxley WA, Kennedy JW, Judge TP, Williams JE, Dodge III'. Quantitative evaluation of cineangiography in the assesment of aortic regurgitation. Am J Cardiol 1973; 31:696.
- Croft CM, Lipscomb K, Mathis K, et al. Limitations of qualitative angiographic grading in aortic or mitral regurgitation. Am J Cardiol 1984; 53: 1593.
- Oinato R. Acquired valvular diseases. Color atlas of real time two dimensional Doppler echocardiography, Tokyo. Shindon-To Chirgo Co.Ltd. 1984; 55.
- Bominer WJ, Mapes R, Miller L, Mason DT, De Maria AN. Quantitation of aortic regurgitation with two-dimensional Doppler echocardiography. Am J Cardiol 1981; 47: 412.
- Yock GP, Segal J, Teirstein PS, Schnittger I, Popp RL. Doppler color flow mapping: utility in valvular regurgitation. Circulation 1984; 70 (Suppl II): 11-38.
- Switzer DF, Yoganthan AP, Nenda NC, Woo YR, Ridgway AJ. In vitro evaluation of prosthetic aortic regurgitation by color Doppler. Circulation 1985; 72 (Suppl III): III-207.

19. Byard CE, Perry GJ, Raitinan DI, Nanda NC. Quantitative assessment of aortic regurgitation by color Doppler. *Circulation* 1985; (Suppl III): 111-146.
20. Vayral C, Auteur A, Gourtcluglauian C, Eessana A, Abitbol G, Kalamansan D. Calculation of pulsed Doppler left ventricular outflow tract regurgitant index for grading the severity of aortic regurgitation. *Am Heart J* 1984; 108: 507.
21. Helmeke F, Perry GJ, Soto B, Nanda NC. Correlation of angiographic and color Doppler parameters of aortic insufficiency. *Clin Res* 1986; 34: 307A.
22. Sahn DJ, Valdes-Cniz L, Seagnelli S, Tomizuka F, Elias W, Corell J. Two-dimensional Doppler color flow mapping for spatial localization and quantitation of aortic insufficiency: validation of a new diagnostic modality using an open chest animal model. *Circulation* 1984; 70 (Suppl II): 11-38.
23. Balger EF, Eigler NC, Pfaff JM, Maurer G. Relationship of color Doppler jet area to flow volume: reliability and limitations. *Circulation* 1986; 74 (Suppl III): III-100.
24. Baumgartner H, Krutzer It, Helinresch G, Kühn P. Quantitation of aortic regurgitation by colour coded cross-sectional Doppler echocardiography *Eur Heart J* 1988; 9: 380.
25. Perry GJ, Helmeke F, Nanda NC. Color Doppler assessment of aortic insufficiency in two orthogonal planes. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 101 A.
26. Stewart WJ, Schiavone WA, From JA, Castle T, Salcedo EE. In vitro studies of Doppler color flow mapping: dependence of spatial distribution on instrument settings. *Circulation* 1985; 72 (Suppl III): 111-98.
27. Baumgartner II, Helmreich G, Kratzer H, Kulm P. Critical evaluation of different color flow imaging methods for quantitation of aortic regurgitation (Abstr.). *Eur Heart J* 1987; 8 (Suppl 2): 70.